南海トラフ地震及び首都直下地震を対象とした
被害軽減に関する研究

南海トラフ地震部会
―まちづくり分科会―

研究調査最終報告書

2025 年 3 月

（公財）ひょうご震災記念 21 世紀研究機構

研究戦略センター研究調査部
研　究　体　制

【メンバー】

越山　健治	関西大学社会安全学部　教授（※まちづくり分科会リーダー）
牧　　紀男	京都大学防災研究所　教授
梶谷　義雄	香川大学創造工学部　教授
照本　清峰	関西学院大学建築学部　教授
澤田　雅浩	兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科　准教授
近藤　民代	神戸大学都市安全研究センター　教授
井若　和久	徳島大学人と地域共創センター　学術研究員
廣井　　慧	京都大学防災研究所　准教授

【研究員】

朴　　延	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構 研究戦略センター研究調査部　主任研究員
金　恩貞	同　主任研究員

【事務局】

行司　高博	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構研究戦略センター研究調査部長（R６年度）	
外嵜　良一	同	研究調査部研究調査課長（R４～６年度）
小平　幸生	同	研究調査部研究調査課主査（R５～６年度）
岩田　麻央	同	研究調査部研究調査課研究調査推進員（R４～６年度）
薮下　隆史	同	研究調査部長（R４～５年度）
井上　恭子	同	研究調査部研究調査課課長補佐（R４年度）

目次

第１部　まちづくり分科会　研究成果

第１章　将来性を加味した南海トラフ巨大地震の被害と復旧・復興（越山）
……1

第２章　基盤整備・生活再建から生業の再建へ（牧）
……17

第３章　南海トラフ巨大地震後の人口分布変化と生業の再生計画（梶谷）
……25

第４章　避難生活環境の整備・改善から復興段階に至る移行期の枠組みと課題（照本）
……31

第５章　居住の流動性をいかした地域復興へ：能登半島地震に学び、南海トラフ地震の備えを進める（近藤）
……39

第６章　復興するのか、しないのかが判断される時代（澤田）
……49

第７章　復興を支える情報通信インフラの要件と防災 DX の課題（廣井）
……60

１．将来性を加味した南海トラフ巨大地震の被害と復旧・復興

越山　健治

要約　本研究は、南海トラフ巨大地震における被害想定と復興戦略を、人口動態や建物統計に基づき複数のシナリオで検討したものである。まず 2035 年の全壊建物数は約 196 万棟と推定され、空き家や仮設住宅を含めても約 80 万棟が不足することを推定した。2040 年の仮住まい期には、供給量の違いと域外避難の程度を反映したシナリオ分析を行い、最大で約 8.9 万棟の供給不足が予測された。2045 年の恒久住まいの再建では、「全面再建」「都市部集中」「人口減少地域回避」の 3 シナリオを比較。結果は供給余力の偏在や地域間格差を浮き彫りにし、再建支援や広域計画の必要性を示した。最終的に、耐震化や津波対策の限界と、高齢化や社会的脆弱性の進行を背景に、災害復興の国家規模における戦略的な計画の構築が不可欠であると結論づけている。

1.1　はじめに

国による南海トラフ沖巨大地震の被害想定および防災対策の検討は，2001 年中央防災会議「東南海，南海地震等に関する専門調査会」（第 1 回）開催から数えると 20 年を超える年月となる．この間、東日本大震災が発生し，新たな被害様相に関する物理・社会データが加わり，その後計算手法や使用データの見直しを行った想定結果が公表され，さらに最新の被害想定が 2025 年 3 月に提示された. 今回は 10-20 年間の取組の評価や，将来に向けた減災効果をも示している．

地震の被害想定結果は，特に物理的な被害量については、その基礎データ設定の特性上，計算時点で「どのような被害が発生するか」をマクロかつ概算的に把握するものである．この結果から復旧・復興に向けた準備をすることは，被災前に必要な物量を設定することや，全体戦略を考案する基礎資料として重要である．しかし，地域の復旧・復興について，仮住まいやすまいの再建過程を論じるためには，発生するまでに被災地域がどのように変化するのか，という設定を加味することが必要となる．それは，地域の再建や復旧・復興が，被災時点で地域が有するポテンシャルだけでなく，被災後に向けた成長（縮退）ベクトルによって左右されるからである．

本章では，2016 年に公表された南海トラフ巨大地震の被害想定による被害量（焼失含む全壊棟数）を基礎材料として、2015 年の国勢調査を用いた将来人口推計、2015 年時点の建物統計データを用い、複数のシナリオ設定を設定し、発災可能性が予想される 2035 年における推定結果から、仮すまいの様子や 10 年後のまちづくりの状況を論じるものである。

1.2　2035 年を意識した建物被害量の推定

2016 年被害想定で計算された全壊建物棟数（津波，火災含む）と 2018 年発表の将来人口推計を用いて，2035 年時点の人口比により単純に全壊建物棟数を計算した結果，表 1-1 となった．計算領域内において、2016 年の総計で全壊建物棟数は約 236 万棟であるものが，2035 年で約 196 万棟と計算された．2016 年被害棟数の地域分布と比べると，2035 年時点では人口減少に伴い被害なし（居住無しも含む）のエリアが大幅に増加しており，また 500 棟を超える大規模被害地区も半減することが示された．

2015 年から 2035 年の被害棟数のメッシュ毎の変化量について分析したところ，-100 以上の変化があるメッシュが 434，-50～-99 の変化が 918 とカウントされており、変化量の大きいメッシュは全体の数%しかないことがわかる。またこのような変化量の大きいメッシュは都市部，人口集積部に存在している．

表 1-1　2035 年全壊建物棟数推計別　3 次メッシュ数の変化

被害棟数	2015被害想定	2035推計	2015→2035 変化数	2015→2035 変化率
被害なし	118,539	124,118	5,579	105%
10以下	34,903	32,597	-2,306	93%
100以下	24,832	22,509	-2,323	91%
300以下	4,709	4,114	-595	87%
500以下	882	699	-183	79%
500以上	365	193	-172	53%
合計	184,230	184,230		

計算条件：2016 年建物被害棟数×（2035 年時点人口推計　/　2015 年国勢調査人口）

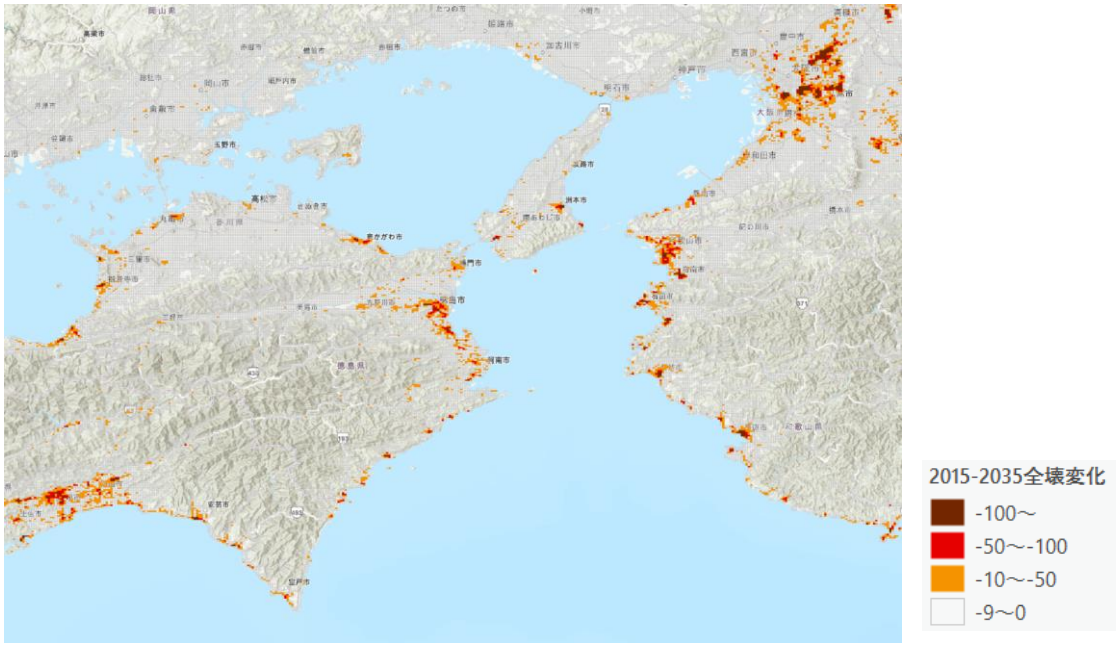


図 1-1　メッシュ別　2015-2035 年全壊建物棟数　変化量の分布

1.3　被災後の居住可能性検討　2035 年時点の建物過不足数の推定

ここでは 2035 年に地震が発生したとして、その時点で全壊や浸水により使用不能となる建物数と、災害後に利用可能な建物数を、2035/2015 人口比等を用いて推定し、その差からメッシュ毎に建物過不足数を計算する。

まず 2016 年全壊建物被害棟数を設定し，さらに①津波浸水深さ 3m以上を記録したメッシュの全建物は使用できない，②2035 年に残存している建物が 5 棟以下のメッシュの全建物は使用できない，といった地域再建条件を加え、これらを合計したものを建物再建必要数とした．その結果、約 372 万棟となり、1.2 の全壊建物推定数を大きく上回る。これは主に都市部における浸水域の①条件が影響している。

次に、人口比を用いて 2035 年建物数を推計し、2015 年建物数から減じた分を 2035 年時点で利用できる空き家数として設定する。これによりいわゆる「みなし仮設」も考慮することとなる。さらに各自治体から公表されている建設型仮設住宅数を加えた値を利用可能建物数として推計した。これを計算領域内で合計すると、約 292 万棟となる。

建物再建必要数と利用可能建物数の差を、各メッシュにおける建物過不足数とする。この計算結果から、全域（計算領域）で約 80 万棟の不足となり、充足している（利用可能な建物がある）メッシュ数が約 14 万（約 220 万棟)、不足している（建物が不足している）メッシュ数が約 4 万（約 301 万棟）となった。この特徴は、①津波 3m以上の浸水領域が広がり、都市部を抱える東海地方沿岸から伊勢湾周り、和歌山県、四国の沿岸部で集中的に建物が不足する地域がみられる、②大阪や名古屋など大都市浸水域における不足量が大きいが、その周辺には利用可能建物が多く存在している、③四国では山間部で不足箇所が拡がっている、といった点が指摘できる（図 1-2)。

この計算設定では、2015 年から 2035 年における人口減少が大きいほど，空き家が発生し、それ故 2035 年時点の「利用可能建物数」を大量に確保できる。一方で、地域再建条件の設定により必要数をかなり大きく見積もっている。その結果、計算領域内で約 80 万棟の不足が発生するという結果がみられ、総量としての住宅被害の深刻さ、浸水地区の速やかな復旧戦略の必要性、被害小の建物群の速やかな居住回復がもたらす影響といった論点を提示することができる。

図 1-3 は、計算領域内の結果を市町村別に集計したものである。太平洋沿岸部で軒並み不足していることと、四国地区において全域的な不足が否めないこと、など地域全体の分布を捉えることができる。総量の大きさや、四国の状況からして、住宅被害からの復興に際しても都道府県を越えた再建・供給戦略の立案が求められる。

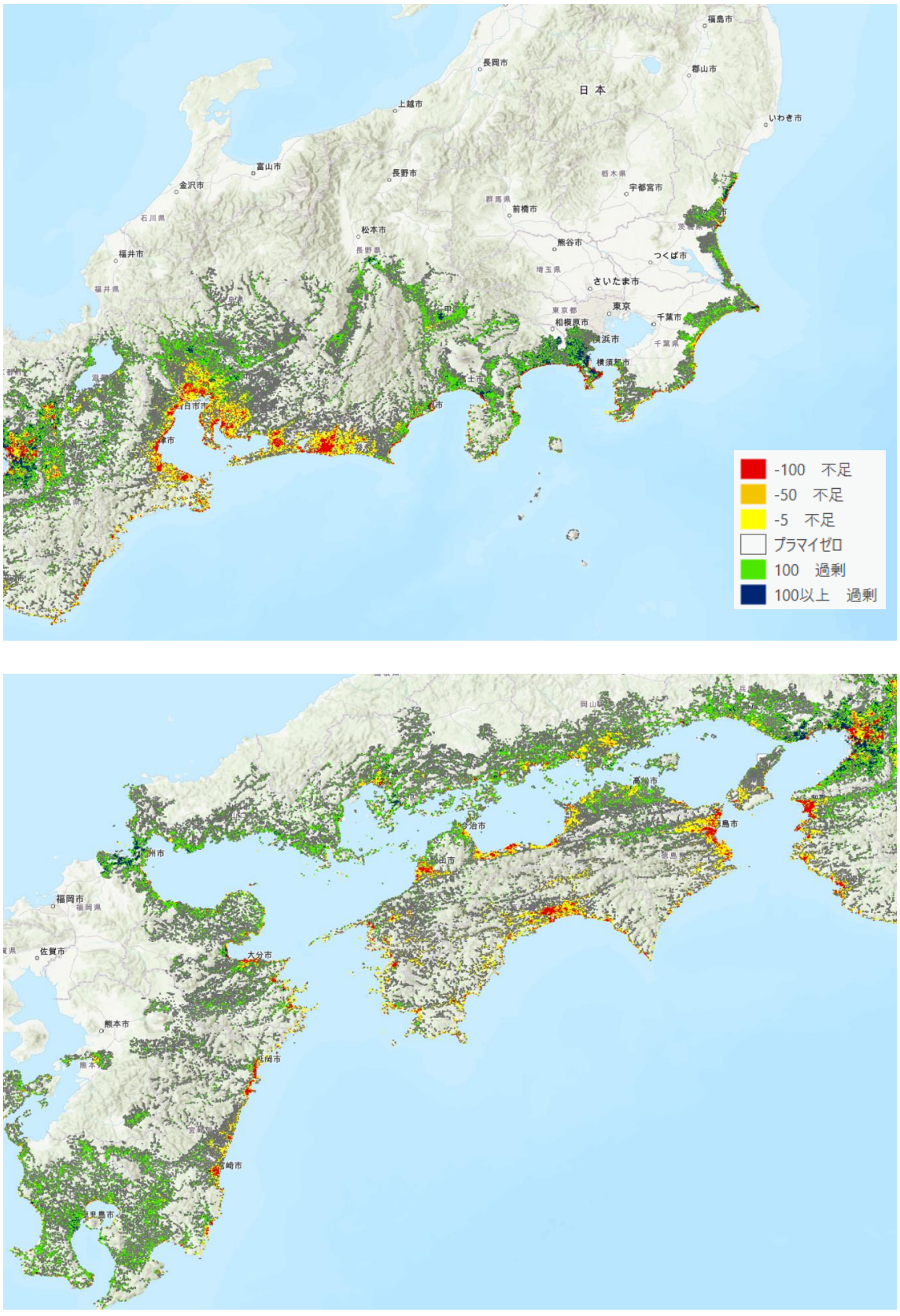


図 1-2　メッシュ別　2035 年時点建物過不足数の分布

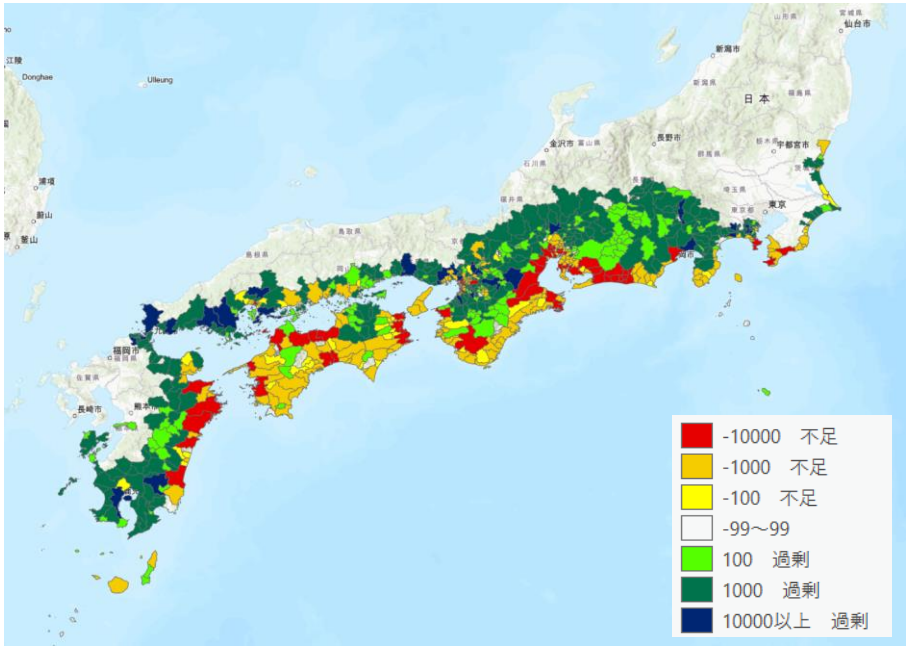


図 1-3　市町村別　2035 年時点建物過不足数の分布

1.4　仮住まい状況の様子　2040 年時点の建物過不足数の推定

南海トラフ巨大地震規模の災害となると、恒久住宅に至るまでの仮住まい期の長期化は避けられない状況となることが予想される。またこれまでの仮住まい期とは様相も異なることが予想され、特にライフラインやインフラ復旧の長期化の影響を受けることが考えられる。そこで、本項では、発災 5 年後(2040 年)の仮住まい状況について、以下の条件設定により計算した。

まず仮住まい時の制約条件として、1.3 と同様に、①津波浸水深さ 3m以上を記録したメッシュからは全建物移動が必要、②残存建物が 5 以下の場所からは全建物移動が必要、と設定した。これは仮設住宅や空き家等を用いる場合に、その場所のインフラ基盤が最低限回復していないと生活ができないことを加味している。津波浸水箇所や山間部少数集落等がこれらにあたるとした。この時点で想定される必要建設数は 1.3 で設定した約 372 万棟となる。

次に 5 年後に利用可能な建物数を計算する。発災後 5 年が経過すると一定程度、簡易なものも含めて住宅が供給されていると設定する。新規住宅供給数については、2035 年推計の残存建物数を用いて、メッシュ内に 500 棟以上存在している場合、残存建物数に（a）2.5%、(b) 5%を乗じた数とした。500 棟未満の場合は 0 とする。この計算には「間借り」や追加されるであろう「みなし仮設」の概念も含んでいる。その結果、(a)約 32 万棟、(b) 約 64 万棟の供給となった。被災後に一定量以上の建物が残存しているところの住宅数が増加することをシナリオ化している。

この新規住宅供給数に 1.3 の計算で用いた 2035 年空き家数、2035 年建設型仮設住宅

数を加えたものを、仮住まい期の利用可能建物数とする。これらを計算領域内で合計すると、(a)約 325 万棟、(b)約 357 万棟となった。

次に仮住まい期の必要建物数を計算する。この戸数は、1.3 で計算した被災後の必要建設数約 372 万棟をベースとするが、そこから（a）15%、（b）5%は計算領域外に移動すると設定し、(a)85%（約 316 万棟)、(b)95%（約 353 万棟）を今回の仮住まい必要数と設定した。被災者の一定数は計算領域外、つまり被災の影響がない場所に長距離移動をして仮住まいを行うというシナリオである。

これら利用可能建物数と仮住まい必要建物数の差を、メッシュ毎の建物過不足量と設定する。すると、計算領域全体で過不足量を見ると、（a）8.9 万棟、（b）3.7 万棟の住宅の空き（過剰）が発生することとなった。ただし、住宅が足りているメッシュ数がシナリオ(a)の場合に 14.6 万（約 252 万棟）であり、住宅が不足しているメッシュ数が 3.8 万（約 243 万棟)、シナリオ(b)の場合だと足りているメッシュ数が 14.5 万（約 275 万棟)，不足しているメッシュ数が 3.9 万（約 271 万棟）となり、プラスマイナスで大きなばらつきがある。

そこで一定の空間領域について移動処理を行った。具体的には、建物が不足しているメッシュについて、周辺 2km 内で建物が過剰に存在しているメッシュがある場合に、建物数を移動させる処理を行い、メッシュ毎の過不足数を再設定した（平準化処理)。被災した自宅場所周辺に建物がない場合には、2ｋｍ以内で仮住まいの場所を確保するというシナリオである。

以上のことから、シナリオ(a)は、計算領域外に多くの人が疎開し、新規住宅供給数をある程度抑制した場合、シナリオ(b)は、多くの人は被災地内に留まり、新規住宅供給数を加速した場合となる。これらを平準化処理の結果，シナリオ（a）の場合住宅が足りているメッシュ数が 15.0 万（約 197 万棟)，住宅が不足しているメッシュ数が 3.4 万（約 188 万棟）となり、つまり 2km 以内の移動で 55 万棟程度，仮すまいの確保ができることが明らかになった。一方シナリオ(b)の場合は、住宅が足りているメッシュ数が 14.5 万（約 215 万棟)、不足しているメッシュ数が 3.5 万（211 万棟）となり、約 60 万棟の確保ができることとなる。また平準化処理をすることにより、関東地方の沿岸部や大阪平野のやや内陸の津波浸水域から周辺の場所への移動がみられ、住宅が不足しているメッシュが減少していることや、この処理がほとんど影響を受けない四国の都市部や伊勢湾湾岸部、東海地方湾岸部といった場所特性を抽出することができた。

シナリオの(a)と(b)の違いは、マクロな地理的分布には大きな違いが見られず、いずれにせよ、①前提条件通りに設定できれば、計算領域内で被災した分の仮住まいを量的に確保できそうなこと、②それでも都市の臨界域および地方の沿岸部のまちで長距離移動をともなう仮住まい設定が必要であること、を示すことができた。

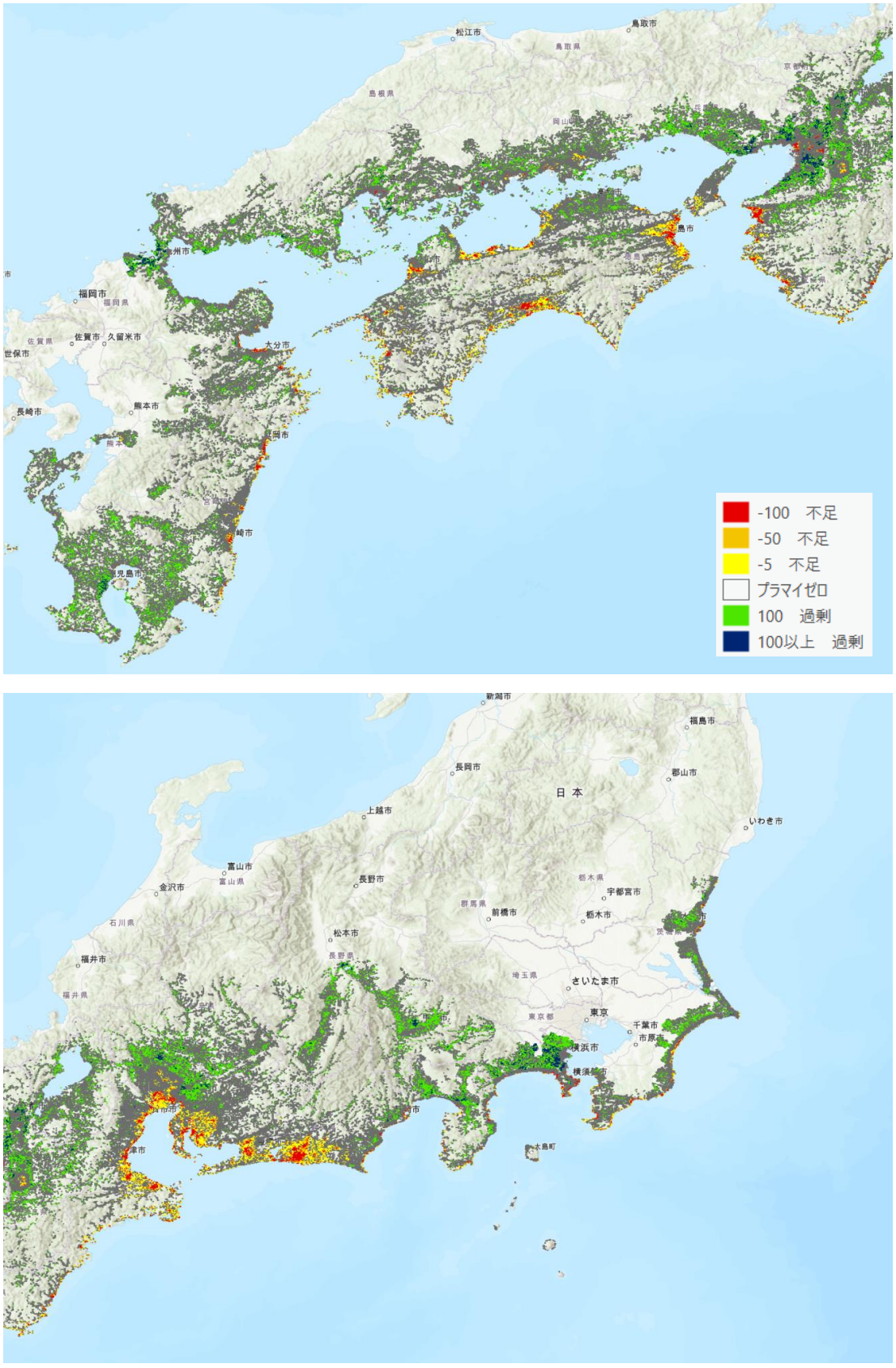
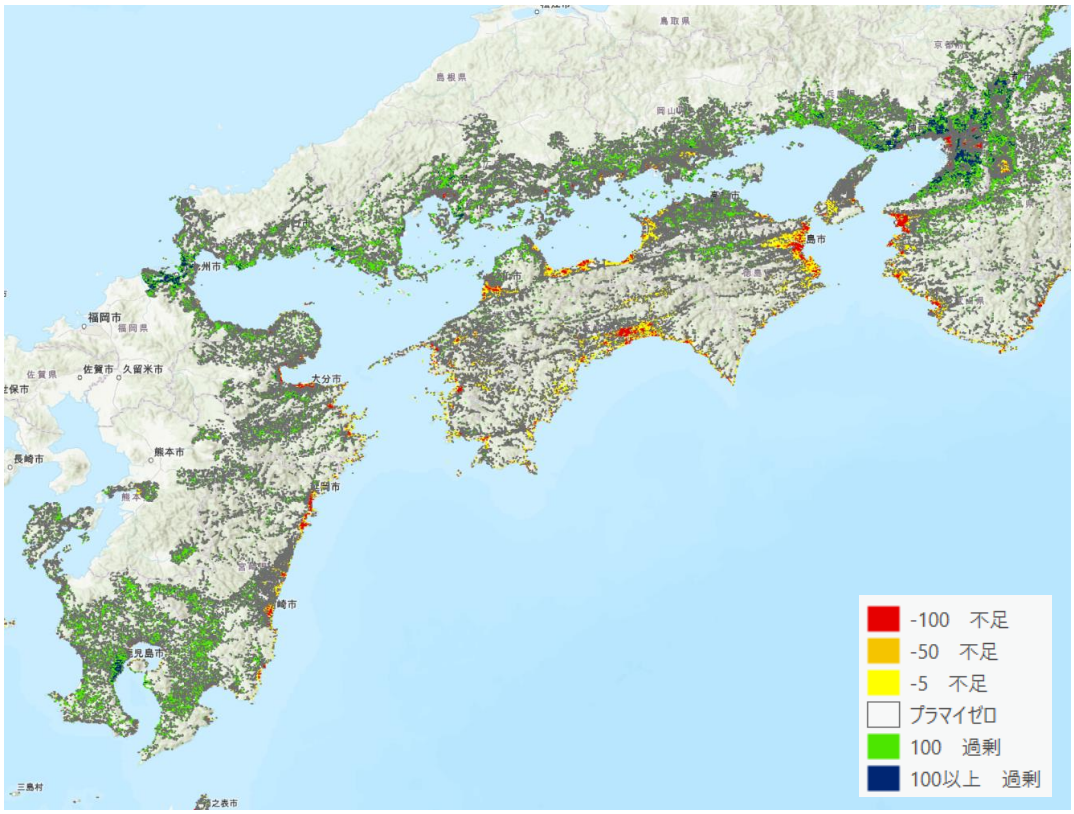


図 1-4　仮住まいの様子　シナリオ(a)　地域分布



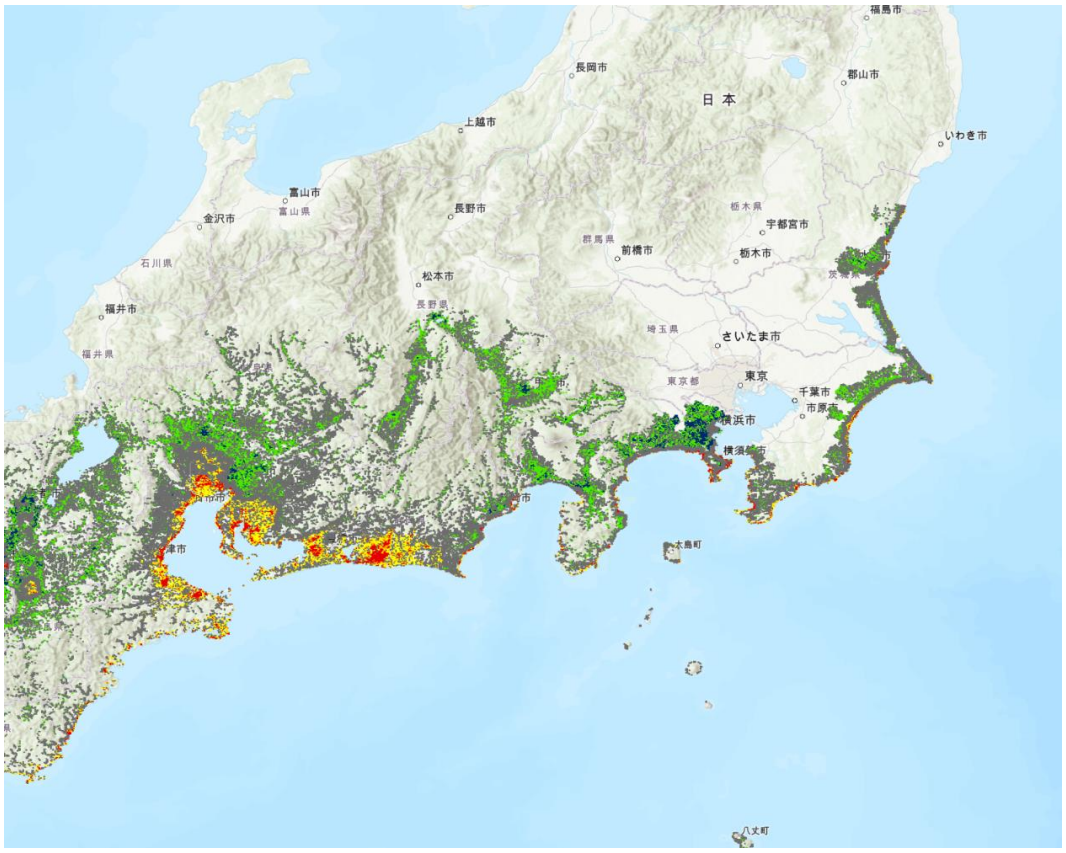


図 1-5　仮住まいの様子　シナリオ(b)　地域分布

1.5　10 年後のすまいの様子　2045 年時点の建物過不足数の推定

本項では 10 年後(2045 年)のすまいの状況について、以下の条件設定により計算している。まず 2045 年時点の建物数、残存建物数を、2015 年のデータと 2045/2015 推計人口比を用いて計算する。この 2045 年建物数は、災害がない場合に各メッシュで存在していたであろう建物数であり、10 年後の目標値として設定する。

一方、住宅再建必要数については、1.2 で計算した 2015 年全壊建物棟数を用いた 2035 年全壊建物棟数（約 196 万棟）を用いて計算する。これは単純に推定人口比を使用したものである。この再建数のうち、計算領域外で再建する割合を 20%として、約 156 万棟が 10 年後に計算領域内で再建されている住宅、すなわち再建必要数と推定する。これらの計算をメッシュ単位で行い、約 156 万棟の住宅再建がされるとどのような地域分布になるのかがわかる。なお震災直後および仮住まい期の再建必要数の計算で使用した「津波浸水深さ 3m以上を記録したメッシュの全建物は使用できない」という地域制約条件は外している。10 年後はそこにも居住できる環境ができていると仮定している。

以下、3 つのシナリオを設定して計算する。

(a) すべての地区でそのまま再建する

まず、最初のシナリオ(a)は、「人口のトレンドに合わせてすべて元通り再建する」である。この場合、2045 年建物数から 2045 年残存建物数と住宅再建必要数をマイナスして、各メッシュにおける建物過不足数を計算する。なお、被害が発生しかつ 2035 年残存建物数が 5 以下の場合は、その地区には再建されないものとして計算する。これらを 2ｋｍ範囲で平準化処理を行い、地域分布を示した。

この結果は、プラスの場合は、被災からの再建を加えてもさらに建物が存在する余地があるというものとなる。人口トレンドに合わせるとこのプラスの分、建物が供給される余地がある。他方、マイナスの場合は、被災から再建を全て行うとオーバーになる、つまりトレンドを上回ってしまう地域である。一般に、被災地区において災害前のトレンド以上の人口配置となるには、防災集団移転促進事業や土地区画整理事業等、大規模な公共事業の投入を行わないと難しい。つまりマイナスの地域については、回復が難しく 10 年後の地域状況及び、個々人のすまい再建に計画的な措置が求められるといえる。

全体の結果は、初期値で正のメッシュ数が約 16.6 万（約 21.3 万棟）、負のメッシュ数が約 1.9 万（約 22.8 万棟）であった。これらについて平準化処理を行った結果、負のメッシュが約 0.2 万（約 3.3 万棟）、正のメッシュに移動し、課題となる箇所の抽出がなされた。

シナリオ a は、「人口トレンドに合わせて、元通り戻すなら、都市部中心に建物再建の余裕はあるが、沿岸部および山間部に部分的にマイナスが発生しており、これらの地

域のからは地域計画的措置やより強力なすまい再建支援が求められ、例えば移転促進支援、またはその地域で加速的なすまい供給が必要である」と論じることができる。

(b) 都市部でしかすまいの再建をしない

次のシナリオとして、「すまいの再建は都市部にしか行わない」という条件を設定して建物過不足数を計算してみる。

まずメッシュ単位で 2035 年建物数が 500 以上の場合（被災時に人口集積があった場所、約 1.4 万メッシュ）、2045 年建物数を推定より 10%増しと設定する。一方で新規住宅供給量については、2035 年建物数が 500 未満の場所は 0 として考え、そのメッシュにおいて必要再建数はマイナスとする。つまりすまいの再建はされない、とする。さらに、被害があり 2035 年残存建物数が 5 以下の場合は、すべてマイナスとする。この過不足量を基準として 10ｋｍ圏で平準化処理を行った。これまでの計算より範囲を拡げ、すまいの再建先を 10km 範囲先まで可能として、各メッシュの建物過不足量の調整を行った。

この計算結果による計算領域内の建物過不足量は、約 42 万棟のプラス（過剰）となっている。都市部における 10%増が強く効いていることがわかる。また初期値におけるプラスのメッシュ数は約 42 万（約 147 万棟）で、マイナスのメッシュ数は約 4.6 万（約 102 万棟）であり、大きな差が発生しているが、平準化処理を行ったところ、マイナスからプラスへ 0.8 万メッシュ（約 23.4 万棟）変更となった。これにより周辺に再建先がない箇所を抽出することができた。

シナリオ(ｂ)は、「建物数 500 棟以上の箇所限定のすまいの再建」という極端なケースであるが、巨大災害後の新規住宅供給手法としては現実的な解の一つであり、検討に値するだろう。この場合、地方都市であってもすでに建物集積のない箇所はすまいの再建が進まないとなり、四国地域・和歌山から三重の沿岸部、伊勢湾岸から静岡県まで相当の範囲で人口減となることは否めない。一方で、都市域には十分な量のすまいが存在することが可能となっているシナリオである。ここからは、例えばマイナスとなった地域における拠点都市・拠点地域型のすまい再建方策や、国全体のすまいおよび地域の再配置計画の検討といった策を検討する材料となることを明らかにできた。

(c) 人口減少が大きい地域では再建しない

このシナリオは「人口トレンドが緩やかな地区に、すまいの再建を行う」という条件を設定する。

まずメッシュ単位で 2045 年時の推計人口が 2015 年時の人口より 0.8 以上（20%減未満）の地区を抽出する（約 4.4 万メッシュ）。この場合に、2045 年建物数を 10%増しと設定する。一方、新規住宅供給数については、2045 年推計人口が 2015 年比で 0.8

未満のメッシュでは 0 と考え、必要再建数はマイナスとする。またシナリオ(b)と同様、被害が発生し 2035 年残存建物数が 5 以下の場合は、すべてマイナスと計算する。この過不足量を基本として 10km 圏で平準化処理を行った。(b)に比べると、都市部重点ではなく、人口減少が緩やかな場所にすまいの供給箇所を拡大したシナリオとなっている。

この計算結果による計算領域内の建物過不足量は、約 86 万棟のプラス（過剰）となっている。これも人口減少が緩やかな地区における 10%増が強く効いていることがわかる。また初期値におけるプラスのメッシュ数は約 15.0 万（約 165 万棟）で、マイナスのメッシュ数は約 3.4 万（約 80.0 万棟）であり、平準化処理を行ったところ、マイナスからプラスへ 0.7 万メッシュ（約 41.2 万棟）変更となった。シナリオ(b)に比べると、10km 圏域調整の効果が大きくなっていることがわかる。

シナリオ(ｃ)は「人口減少が加速している地区でのすまいの再建はしない」というものであり、シナリオ(ｂ)よりやや緩やかかつ、現実的な選択可能性を高めたものといえる。この地域分布をみると、県庁所在地などの拠点となる地区でシナリオ(ｂ)に比べるとすまいの確保ができることから、全体的な建物過不足量のバランスがとれているようにみえる。このシナリオにおいてマイナスが拡がっている地域は、徳島、高知、和歌山の沿岸部および県庁所在地からやや距離が離れた場所、三重県の中南部の沿岸部となる。一方、伊勢湾周辺から静岡県にかけてマイナスの領域は半島部を除き解消され、内陸側のすまいの過剰域が拡がっている。

この結果からは、マイナスとなる地区、つまり人口減少が加速している地区におけるすまいの再建策の検討を、地元供給策だけでなく圏域内または圏域を超えた課題として、国土全域で考えることが必要であることを示した結果といえる。

また、このシナリオ(ｃ)の計算方法および結果では、10 年後のすまいの量が確保できる圏域（拡がり）がより明確になっており、どの程度の地域区分で調整するのか、といった検討の基礎資料として重要な結果を示したといえる。今回は 10km 圏域で調整を図っているが、都市の重力モデルを使うなど、さらなる計算の高度化の余地があるシナリオであることを指摘したい。

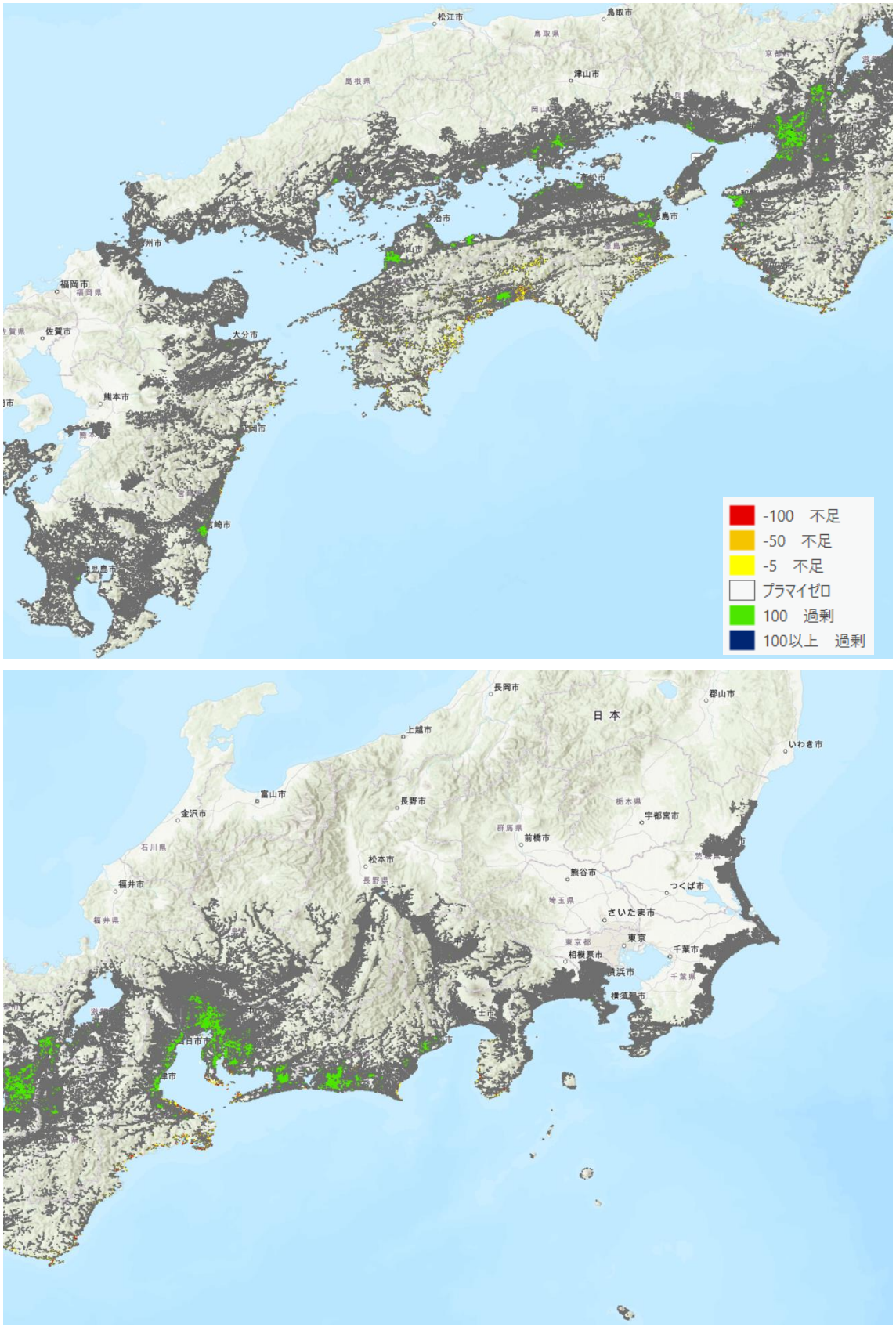


図 1-6　10 年後のすまいの状況　シナリオ(a)　地域分布

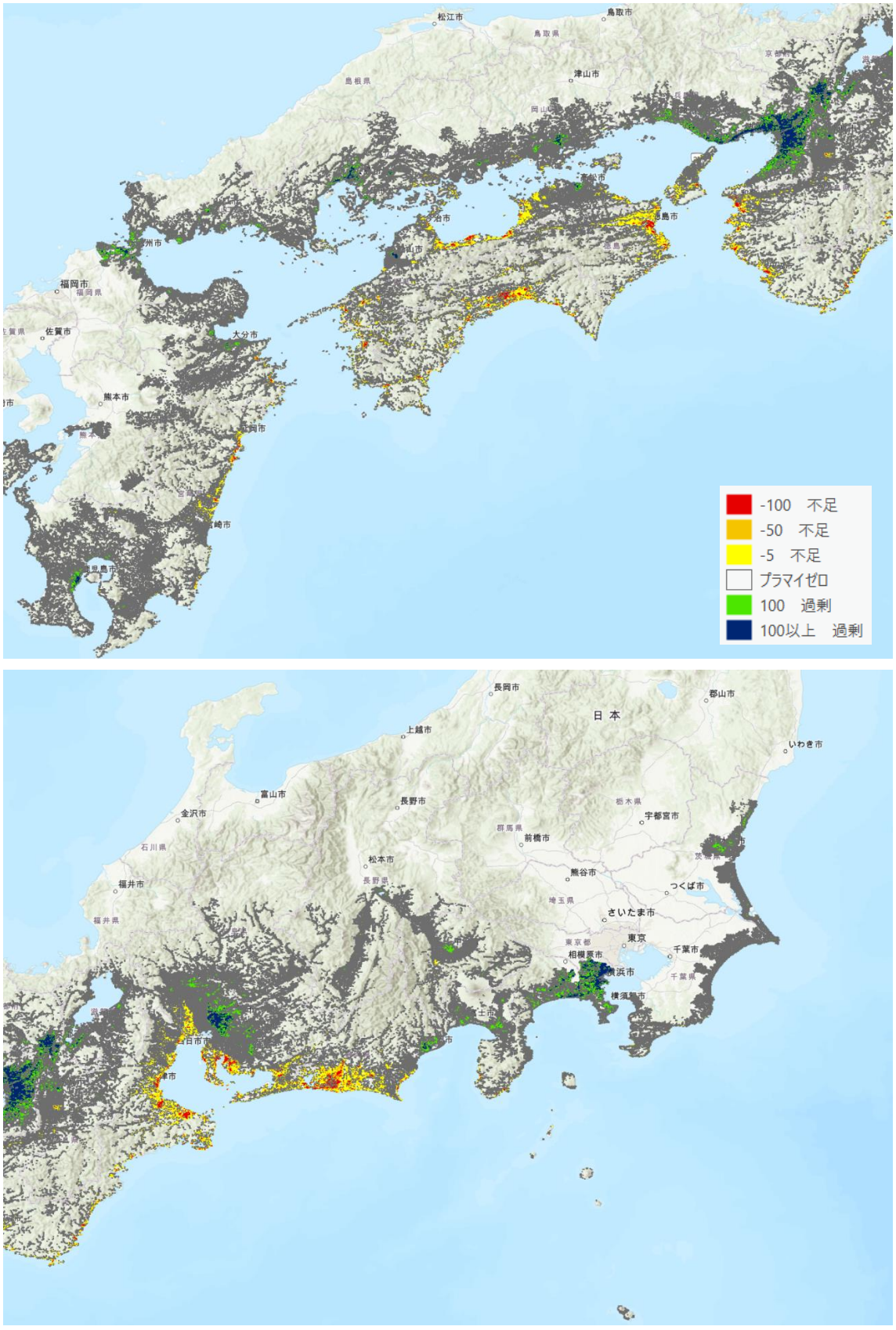


図 1-7　10 年後のすまいの状況　シナリオ(b)　地域分布

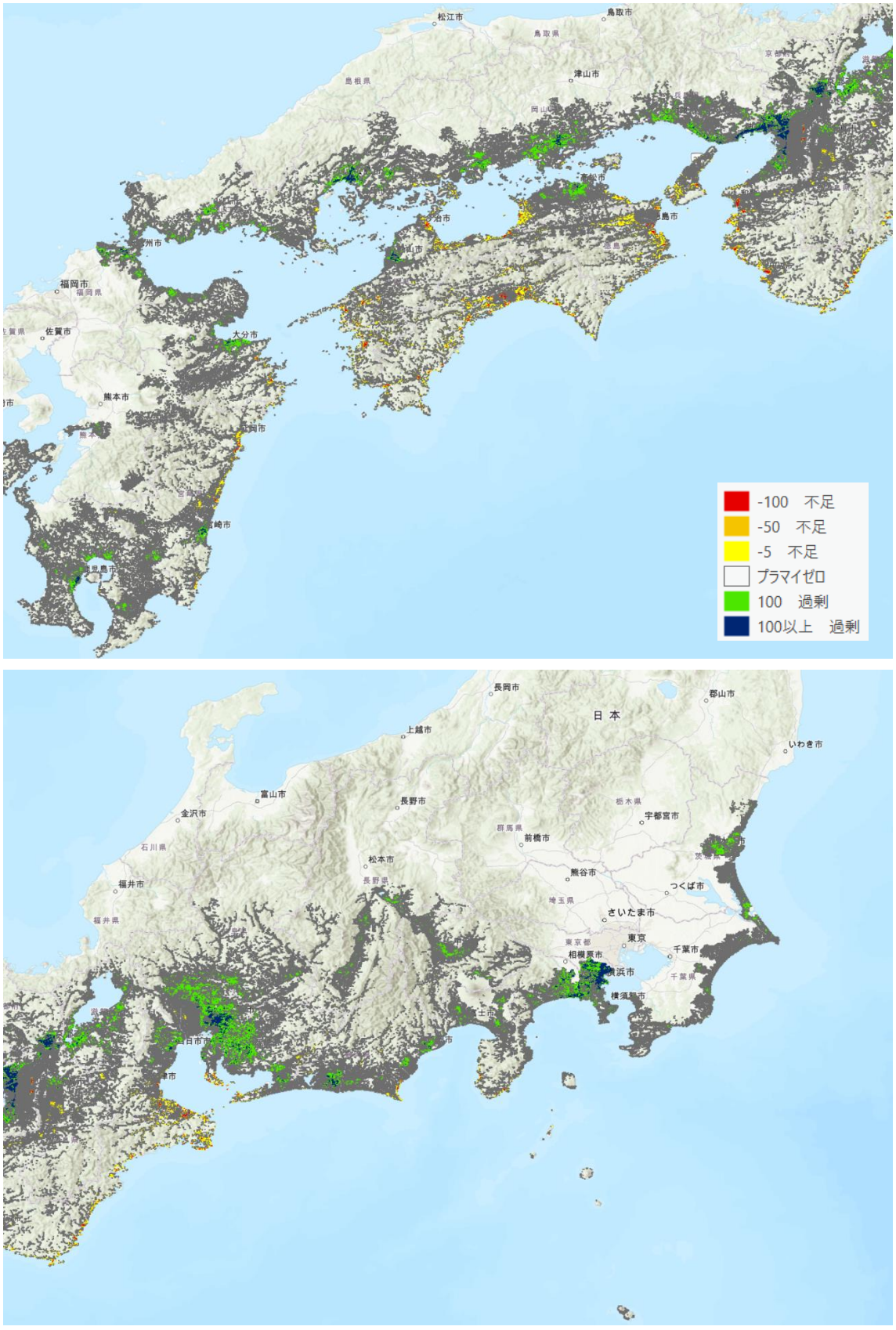


図 1-8　10 年後のすまいの状況　シナリオ(c)　地域分布

1.6　巨大災害からのすまいの再建を見据えた復興まちづくりの方向性

南海トラフ巨大地震による、住宅被害は量的問題に加え、どのように再建方策を描くか、という事後策の準備も非常に重要な論点となる。住宅被害量が大きいことから、これらの被害を軽減するための防災対策はもちろん重要である。最新の被害想定の結果を鑑みても、住宅の耐震化、津波浸水の抑止、延焼火災の防止といった建築物個々の被害を発生させないような技術的・物理的アプローチによる被害軽減策は欠かせない。これらにより被害を半減、さらには 10 分の 1 程度に下げることができれば、ダイナミックな復興戦略の立案は必要がないのかもしれない。

しかし建物の耐震化政策や、津波浸水域対策が、数年で劇的に進捗することを予想することは困難であり、またその一方で建築年に呼応する建物被害リスクは上昇し、居住する人々の高齢化も進捗している。このように社会側の脆弱性自体は減少どころか、逆に徐々に高まることの方が予想しやすい。そのため、このような大規模かつ巨大な災害後のすまいを含めた地域復興戦略の構築および実行環境の整備は、防災対策の実行と両輪をなすものである。

本章で論じたすまいの被害状況の予測、仮住まい状況および 10 年後のすまい状況のシナリオ記述の成果からは、①南海トラフ巨大地震における住宅被害量について、人口トレンドに従う推計を行い、総量および地区別の状況を示すことができた、②津波浸水域や山間部小規模集落の生活環境等、各地域の状況を加味すると、全体住宅被害量は、想定被害量よりも大幅に増加する可能性があることを示した、③仮住まいの状況推定をシナリオを用いて記述したところ、単に仮設住宅供給策だけでなく利用可能な住宅の設定方法と広域計画により、量的な課題への対応を考慮できる可能性を示した、④10 年後のすまいの状況を左右する要因として、被害からの回復地区の選択的抽出や、戦略的な住宅供給が挙げられること、を示すことができた。

本章の計算およびシナリオ記述は、ミクロな条件をもとにマクロな計算結果を論じたものであり、シナリオのモデリングも非常に粗いものである。一方、この計算領域においてデータセットを準備することで、広域に拡がるすまいの再建過程全体像を議論することの可能性および、シナリオモデルの高度化による更なる計算結果の導出ができる基盤を提示できたことも成果といえよう。

【参考文献】

中央防災会議防災対策実行会議　南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ(2012)：「南海トラフ巨大地震対の被害想定について（第一次報告）」https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120829_higai.pdf（2025.6.1 確認）
内閣府政策統括官(2018)：「南海トラフ巨大地震の被害想定について（建物被害・人的被害）」https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/1_sanko2.pdf（2025.6.1 確

認）
中央防災会議防災対策実行会議　南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ
(2025)：「南海トラフ巨大地震対策について（報告書）」
https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg_02/pdf/nankai_hokoku.pdf
（2025.6.1 確認）

２．基盤整備・生活再建から生業の再建へ

牧　紀男

要約　社会情勢の変化、被災地域の状況をふまえた復興課題の変化についての整理を行い、阪神・淡路大震災以降、都市基盤→住宅再建（生活再建）→生業へと復興課題が変化していることを指摘するとともに、2024 年能登半島地震の教訓もふまえた南海トラフ地震の復興を考える場合の課題を明らかにした。また南海トラフ地震の復興まちづくりを行うための基礎となる被災後の人口推定手法の提案を行った。

2.1　復興対象の変遷

都市の基盤整備が完了していない時代においては、災害から都市を再建する場合、道路・公園といった都市の基盤整備が不可欠であり、災害復興が都市改造の機会となっていた。こういった時代における災害復興の担い手は、都市建築の整備に関わる専門家であった。しかし、日本においては第二次世界大戦後の戦災復興事業等で都市基盤整備が進められ、1995 年に発生した阪神・淡路大震災の復興では、これまでの災害
復興の花形であった都市計画事業・公営住宅による復興事業の対象となったのはわずかであった。一方、個々人の住宅再建が新たな復興課題として注目されるようになり、詳細な建物被害調査にもとづく住宅再建支援の仕組みが構築されるようになった。また阪神・淡路大震災では災害直後には課題として認識されていなかった地域の賑わい、生業が戻らないとことが課題となり、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震（2004）では復興基金と枠組みで、さらに東日本大震災（2011）以降はグループ補助金という枠組みで生業の復興支援が行われるようになった。図 2－1 に示すように昭和から平成と社会状況の変化にあわせて復興課題は変化していっている。

南海トラフ地震では東日本大震災と同様の津波による被害に加え、震源域が陸地にかかっていることから揺れによる被害、さらに東日本大震災と異なり静岡・愛知・大阪といった都市域でも大きな被害が発生することが予想され、社会状況の変化にともなう復興課題の変化にくわえ、地域特性による復興課題についても検討をすすめる必要がある。

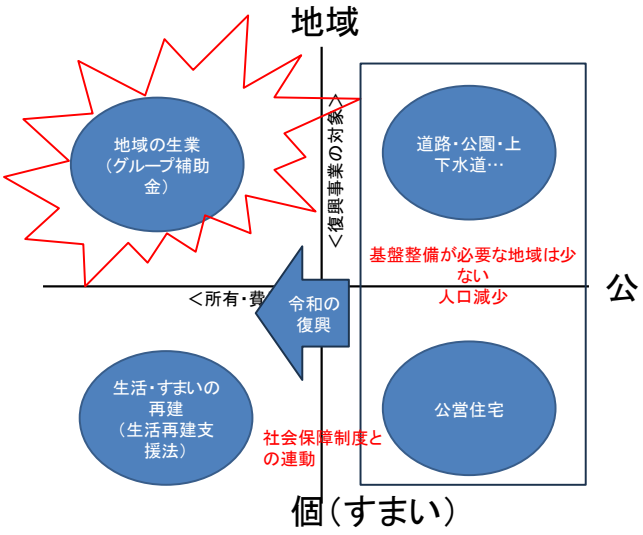


図 2－1　復興課題の枠組み（出典）平成災害復興誌－新たなる再建スキームを目指して

2.2　南海トラフの復興課題

2.2.1　生活再建支援から生業支援

南海トラフ地震では、都市部での被害も想定されており東日本大震災、阪神・淡路大震災とは桁違いの被害が発生することが予想される。そのため平成・令和の時代に確立された精緻な建物被害認定にもとづく住宅再建支援が、調査実施、巨額の生活再建支援金という観点から果たして実現可能性、必要性についての検討が求められる。一方、地域を維持する上で生業は不可欠であり、グループ補助金（令和 6 年能登半島地震ではなりわい再建支援補助金）をどう持続可能な仕組みとしていくのかについての検討が求められる。また公による支援だけでなく、民による支援の主流化ということの検討も求められる。

2.2.2　都市地域の再建をどう考えるのか

阪神・淡路大震災を除くと平成・令和に発生した災害による都市地域の被害は限定的である。そのため人口減少への対応といったことが主要な課題となっており、復興のスピードもゆっくりとしたものとなってきている。しかしながら、地域・日本の根幹を支える都市地域が被災した場合の復興について、迅速な復興、成長のための投資といったこともふくめて検討しておく必要がある。

2.2.3 能登半島地震の教訓

１）復興まちづくりのプロセスの再検証

阪神・淡路大震災後、多くの自治体で作成さえた都市復興マニュアルでは２週間で建築基準法にもとづく建築制限、２カ月で復興推進区域の設定、という迅速な復興のプロ

セスが示されているが、熊本地震、さらに火災により被害を受けた輪島市ではこういった時間単位での復興まちづくりは行われていない。一方、東日本大震災で行われ建設コンサルタントによる被害調査、復興計画策定という流れでの復興まちづくりの検討が行われるようになっている。阪神・淡路大震災までの復興のポリシーであった「迅速な復興という方針」は、それほど重視されなくなっている。火災で焼失した輪島の中心市街地の測量が開始されたのは１年以上が経過した 2025 年 4 月 15 日[1)] である。迅速な復興の重要性の再検討をふくめ都市復興マニュアルの都市再建のタイムラインの見直しを行う必要がある。

２）仮設市街地・ぽつぽつ復興・建築生産

能登半島地震では、大きな被害を受けた地域の近傍でまちづくり型、ふるさと回帰型という木造で将来的に市町営住宅への転用を視野にいれた応急仮設住宅の建設が行われた。一方、災害公営住宅の建設についての検討も行われている。災害公営住宅の建設については、戸数算定（入居者の希望は変化する、建設しても入居者が居ないのでは）、将来の維持管理、家賃減免後の費用負担（国家賃減免を止められるのか？建設費から設定される家賃は収入がある世帯にはかなり高くなる）、建設場所（将来のまちづくりとの関係、地域の拠点として利用していく）、高齢者対応（環境移行、リビングアクセス、コレクティブハウジング）、建設業者の確保といった様々な課題（図 2－2）が存在する。すでに建設された応急仮設住宅を仮設市街地として継続的に利用していくことを真剣に検討していく必要がある。

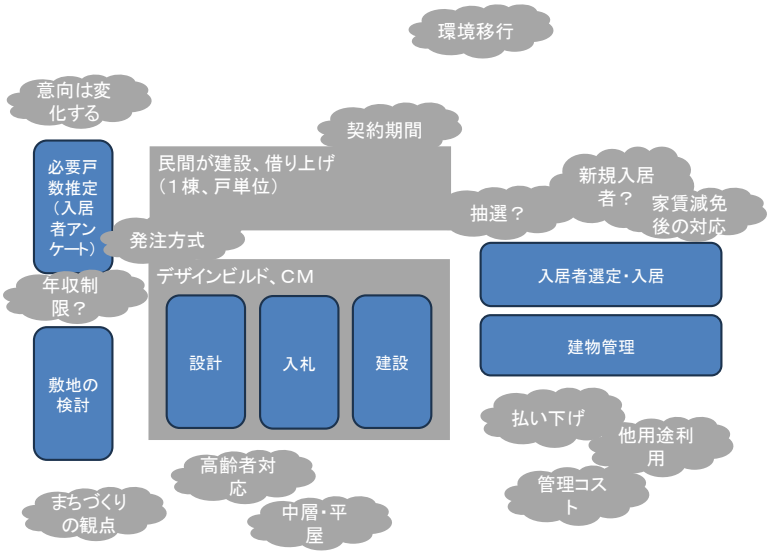


図 2－2　災害公営住宅供給の課題

令和６年能登半島地震では当初、公費解体の進捗が遅いことが指摘された。解体事業の立ち上がりは、同規模の災害であった熊本地震と比較すると少し遅れたが（表 2－１）、その後は順調に推移し、２年程度で処理が完了する予定となっている。解体が進

むにつれ、当初から指摘していた[2)]ことであるが、住宅が再建されない空き地が目立つ、さらには解体ではなく修理をという議論が行われるようになってきた。

表 2−1　公費解体の進捗（熊本地震、能登半島地震）（出展：牧紀男[3)]、2024）

	1か月	2か月	3か月	4か月	5か月	6か月	7か月	8か月	9か月	10か月
熊本地震				9	14.5	20.9	26.3	35.2	51.6	59.3
能登半島地震			0	0.5	1.4	3.3	6.8	10.5	16.8	24
4月16日（熊本地震発生）	5月末	6月末	7月末	8月末	9月末	10月末	11月末	12月末	1月末	2月末
1月１日（能登半島地震発生）	1月末	2月末	3月末	4月末	5月末	6月末	7月末	8月末	9月末	10月末
	熊本地震の進捗率については、熊本県災害廃棄物処理実行計画一第２班一、平成20年6月改訂の解体済棟数／想									
	能登半島地震の進捗率については、石川県、公費解体の進捗状況（令和６年10月末）の計画戸数あたりの解体									
	https://www.pref.ishikawa.lg.jp/haitai/documents/r61031_kouhikaitai_shincoku.pdf									
	2024年11月13日閲覧									

また被災した建物を再建するための建築生産能力が、今後の課題となる。奥能登地域の建築生産規模は、令和５年の住宅着工件数が、七尾市 84 件、輪島市 36 件、珠洲市 19 件と大変小さく、阪神・淡路大震災の被害程度による解体率の割合、全壊の 67%、半壊の 21.5%をふまえて、建築需要を推定すると表 2−2 に示すようになる。あまり現実的なシナリオではないが、解体した住宅を全部再建すると輪島市では 104 年分の建築生産を５年程度で実施することとなる。より現実的なシナリオとして空家率、再建率を考慮しても、輪島市・珠洲市では 16、14 年分の住宅生産量となる。したがって、地域だけで再建需要を賄うことができず、外部業者の参入が不可欠となるが、そのことは地域の需要を先食いすることとなり、地域の建築生産の持続性に課題を残すこととなる。

表 2−2 奥能登地域における建築生産

	全壊	半壊	解体	建設需要（年）		
				全部再建	空き家率３割	空き家率3割かつ半数再建
七尾市	389	3,005	907	11	3	2
輪島市	4,035	4,800	3735	104	31	16
珠洲市	2,014	1,654	1705	90	27	14

2.3　南海トラフ地震後の人口推計

2.3.1 仮すまいの不足による人口移動

災害により人口移動が発生することは知られているが[4)]、南海トラフ地震では被災地域で応急仮設住宅が、建設型・賃貸型とも不足し、仮すまいを確保できないことから人口移動することが想定される[5)]。また、東日本大震災では仮すまいを確保するための移動が恒久的な移動となっている事例もある。仮すまい確保のための移動が、復興後の人

口移動に大きな影響を与えるという仮説にもとづくと、南海トラフ地震では図 2−3 に示すような人口移動が発生することが想定される。

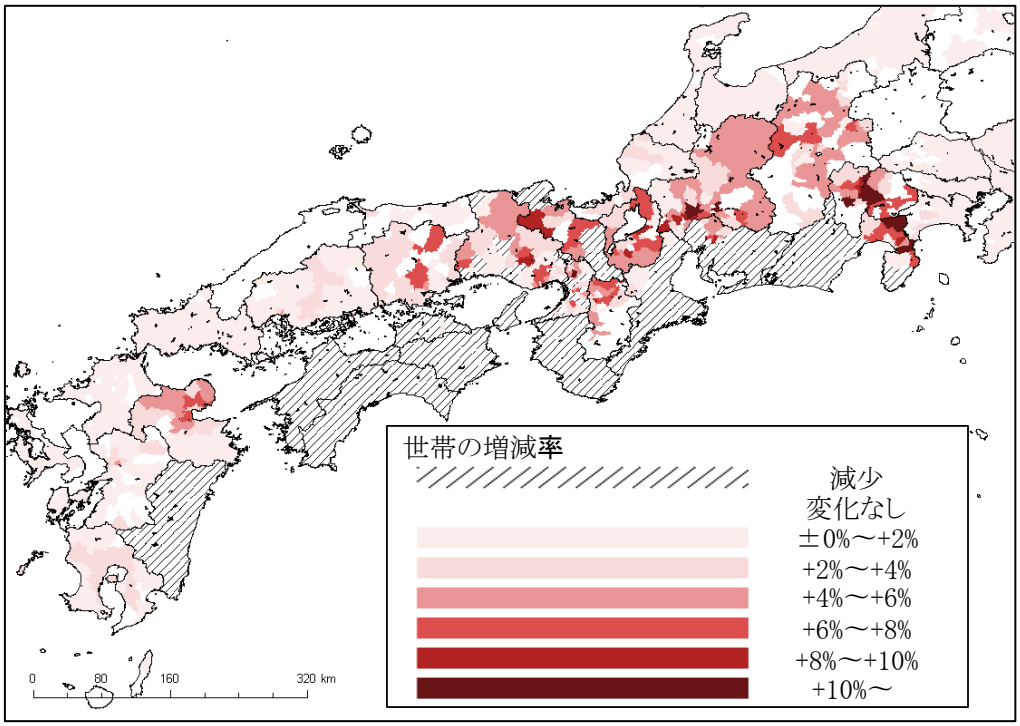


図 2−3　仮すまいの不足に起因する人口減少（出展：吉牟田、佐藤、牧他、2022）

2.3.2　復興シュミュレーション

災害復興を考える上で、被災後社会がどのように変化するのかを知ることは重要であり復興シュミュレーションが防災研究における新たな研究課題となっている。日本建築学会の防災・復興に関する小委員会では復興シュミュレーションについての 2004 年 3 月に公開研究会を開催している[6)]。Bhattacharya、塩崎[7)]は復興シュミュレーションの研究についての既往研究の検討を行い、シミュ―ション手法についてモデルの複雑性とキャリブレーション時間の関係から 1）統計モデル、2）数式モデル、3）エージェントモデルに分類し、また復興シュミュレーションについて海外においては Burton[8)]ら他、いくつかの取り組みがあるが、日本においては塩崎ら[9)]の研究を除いて復興、「受容力」に着目した研究はほとんど存在していないことを明らかにしている。

筆者らの研究チームでは Bhattacharya らの分類では統計モデルと分類される手法により、震災後の人口変動についての復興シュミュレーションモデルの構築を行ってきている。具体的には都市部が被災した阪神・淡路大震災、中山間地域が新潟県中越地震の災害後の人口変化をもとに統計モデルを構築し、構築したモデルについて東日本大震災を事例に検証したモデルの構築を行っている。

2.3.3　災害後の人口変化と災害影響推定の概念モデル

阪神・淡路大震災で見られた傾向と新潟県中越地震で見られた傾向での共通点と各事例固有であった点は表 2－3 の通りである。表 2－3 より、2 つの事例で共通して、大きな被害を受けた地域では直後に人口減少が発生し、その後の 5 年間では人口増加に転じる。また、両事例ともに、都市の中心地域であればその一部で開発が促進され、その場合長期的な人口増加が起こるという傾向がみられた。阪神・淡路大震災の事例では、こうした開発は災害そのものが起こしたというよりも需要そのものは被災前から存在し、いずれ起こると想定されるものが災害によって促進されたと考えられる。

一方、相違点として、阪神・淡路大震災では被害が小さかった地域での相対的な人口増加の抑制があり、被害の大きい地域での人口増加とともに長期的な傾向として表れる。また新潟県中越地震では非都市地域・大被害群での被災直後の人口増減と長期的な人口増減が関係していた。新潟県中越地震で被害を受けた地域であっても都市地域は違う傾向があり被災による人口減少からの人口回復を見る上で、地域特性は非常に重要な要因となる。

表 2－3 各事例にみられた人口動態の共通点と相違点（出展：曽我部、2022[10]）

共通	**・大被害群での被災直後の人口減少 ・復興期における大被害群での人口増加 ・大被害・都市中心部での復興期以降の開発促進・人口増加傾向**
阪神・淡路 大震災	**・相対的に被害が小さい地域での長期的な人口増加の抑制 ・被害の大きかった都市中心部への長期的な投資集中**
新潟県 中越地震	**・非都市地域での被災直後の人口変化と長期的変化の強い関係 ・都市地域とそれ以外での大被害群の傾向の違い**

阪神・淡路大震災、新潟県中越地震の事例から、災害被災期、災害復興期という時間軸、被害の大小による人口動態、地域特性による人口動態の違い、さらに流入需要をふまえ図 2－4 に示す災害影響推定の概念モデルの構築を行っている。

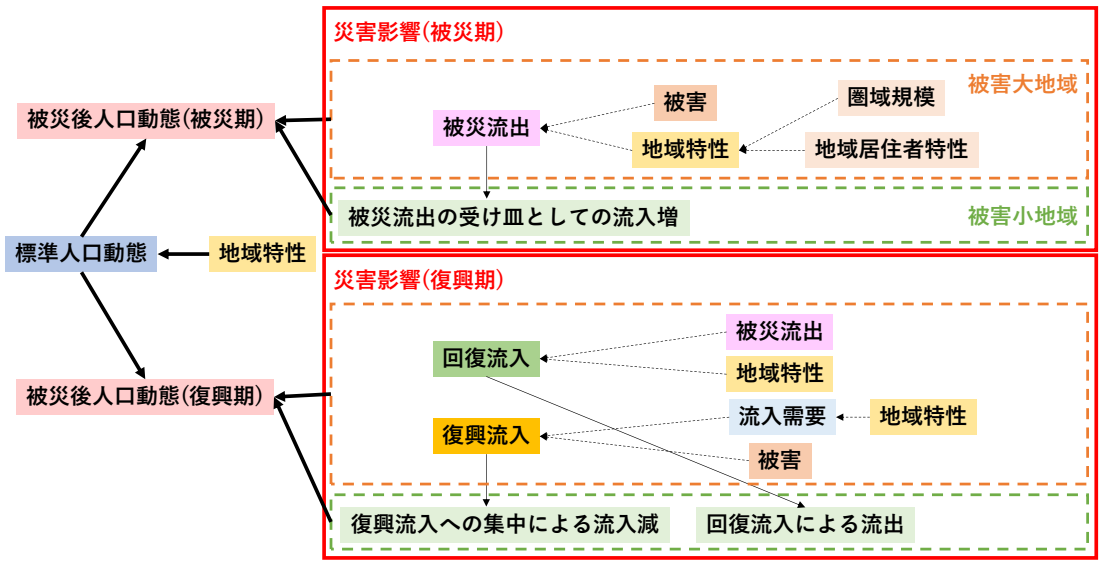


図 2－4 災害影響推定の概念モデル（出展：曽我部、2022[10]）

本概念モデルにもとづき、①揺れによる被害、②津波浸水想定、③地域の人口特性 20 区分というデータを用いて災害後の人口シュミュレーションが可能な仕組みを構築している。地域の人口特性については、【圏域規模：地域の人口密集度による区分】（1.首都圏、2.大都市圏、3.中都市圏、4.小都市圏、5.地方圏）と【クラスター：地域の世帯状況や産業など、さまざまな因子からなる傾向による区分】(1.都市、2.半農半都市、3.高齢化、4.第一次産業)の組み合わせで設定されている。

【注釈】

1) マスコミ報道による。毎日新聞、東京新聞デジタル

2) 牧紀男、能登半島地震と災害廃棄物、都市清掃、78 巻、383 号、pp.10-13、2025

3) 牧紀男、能登半島地震と災害廃棄物、都市清掃、78 巻、383 号、pp.10-13、2025

4) 牧紀男、災害の住宅誌―人々の移動とすまい―、鹿島出版会、2011

5) 吉牟田 真之、佐藤 慶一、牧 紀男、想定南海トラフ巨大地震後の仮住まい状況の予測－借上仮設住宅に伴う住居移動と対策可能量の制約がもたらす状況－、自然災害科学,40 巻 4 号、pp.497-507、2022、https://doi.org/10.24762/jndsj.40.4_497

6) 越山健司、公開研究会「復興シミュレーション研究の活用」、日本建築学会都市計画委員会災害対策・復興の新手法構築小委員会、公開研究会「復興シミュレーション研究の活用」資料、2004 年 11 月

7） Yasmin Bhattacharya, 塩崎由人、国際的な復興モデル研究とその活用、日本建築学会都市計画委員会災害対策・復興の新手法構築小委員会、公開研究会「復興シミュレーション研究の活用」資料、2004 年 11 月
8） Burton, H. V., Kang, H., Miles, S., Nejat, A. and Yi, Z. ,Framework and case study for integrating household decision-making into post-earthquake recovery models - International Journal of Disaster Risk Reduction 37, 1-13, 2019 他
9） 塩崎由人, 加藤孝明、都市システムの自然災害に対する受容力の構造の解明と制御の可能性、地域安全学会論文集 33 63-73 2018 年 11 月他
10）曽我部哲人、自然災害が被災地域へ与える影響の定量的評価手法開発に関する研究－地域特性と平常時の人口動態に着目して－、京都大学博士論文、2022

３．南海トラフ巨大地震後の人口分布変化と生業の再生計画

梶谷義雄

要約　災害が契機となり、地域の衰退が進むケースは多い。インフラや生業の復旧が遅れ、人口減少につながるケースもあれば、災害後の人口減少がインフラや生業の復旧の意思決定に影響を及ぼすケースもあり、これらは相互依存関係にある。特に、人口減少地域における災害は、人口・産業の継続的減少という負のスパイラルに陥りがちである。しかしながら、将来の地域のビジョンを共有しながら、こうした負のスパイラルを緩やかにし、より良い新たな均衡状態に導くための努力が重要である。災害を受けた地域の土地利用を見直し、より安全に集住できる地域を考えながら、産業の立地についても予めの復興プランを複数提示するようなアプローチが求められる。本章では、2035 年に南海トラフ地震が発生したと仮定し、四国地域内の各市町村における住宅過不足数を試算した結果を基に、生活に密着した事業所の立地ニーズの変化を推計し、その影響と今後求められる研究や実務的課題を考察した。

3.1　南海トラフ地震後の人口移動がもたらす生業への影響

2024 年に発生した能登半島地震では、復旧活動の遅れもあって奥能登地域から周辺の人口規模の大きな市町村への人口流出が発生している。著者らが実施した 2024 年 7 月時点における被災した事業者や支援機関へのヒアリング（鶴島ら、2024）では、人口の回復が予想できない状況においては、事業所の建物や設備の復旧の意思決定などとてもできないといった意見が聞かれた。事業所の復旧見込みが立たない状況では従業員が近隣の都市圏で新たな仕事を見つけてそのまま移住してしまうケースも発生し、上記の人口流出に繋がっている。このことからも、災害後の人口と地域の産業の復旧・復興は相互に依存する関係にあり、できるだけ素早く、可能な限り事前に復旧・復興方針を決めておくことが望ましいことが分かる。

今後発生しうる災害では、人口減少地域を中心にこうした傾向はますます大きくなることが予想される。かなりの難題ではあるが、災害後の人口変化を踏まえ、生業となる産業や個別の事業所の立地について考えておくことは有用に思われる。そこで、簡単な分析にはなるが、今後のより本格的な検討に資するための試算として、本研究会で得られた南海トラフ地震後の住宅過不足のデータを用いた産業セクター別の需要予測を実施した。ここでは、世帯数と事業所数の間に強い正の相関があることを利用し、各地域の 2015 年の世帯数と 2014 年の事業所数の比率が災害後も一定であるという強い仮定を置いている。図 3−1 は、金融・保険セクターと生活関連サービスを例に、事業所数と世帯数の散布図をプロットしているが、概ね良好な線形関係にあることが分かる。世帯数と

事業所の調査年度には 1 年のラグがあるが、農業と鉱業を除いて、産業別の相関係数は 0.90 以上と高い値である。

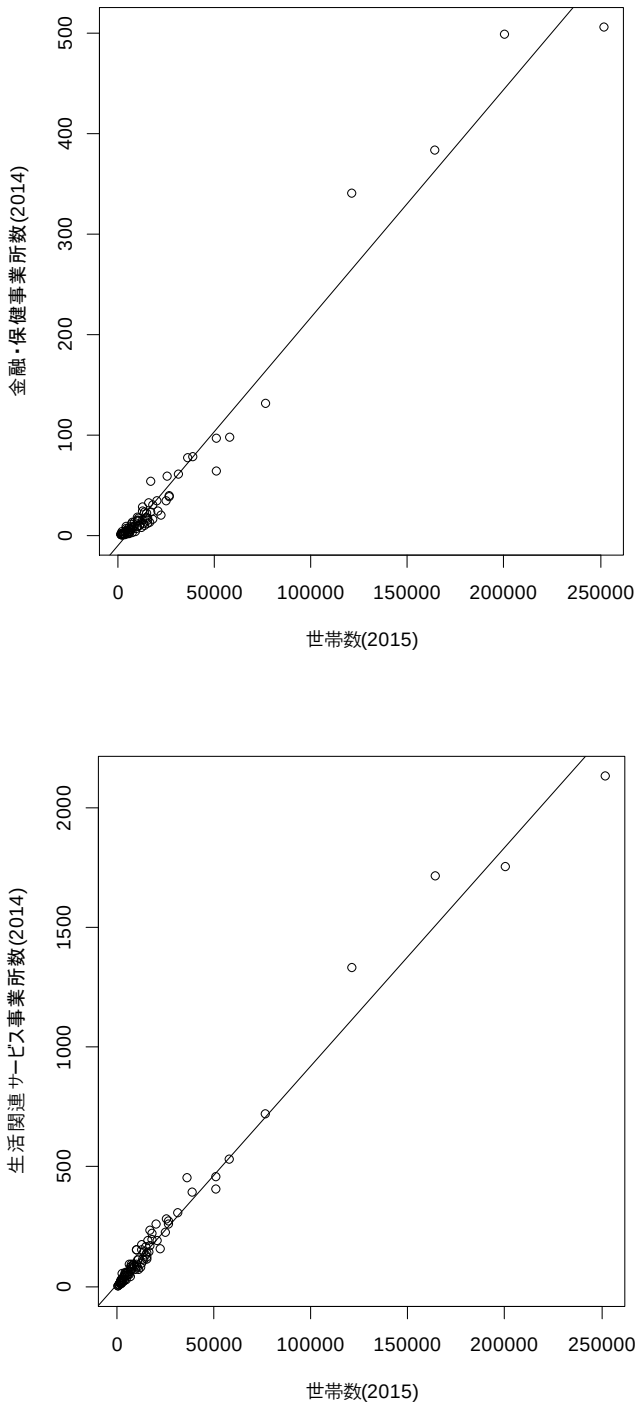


図 3－1　四国内市町村別の世帯数（2015）と事業所数（2014）の関係の例
（上：金融・保険事業所数、下：生活関連事業所数）

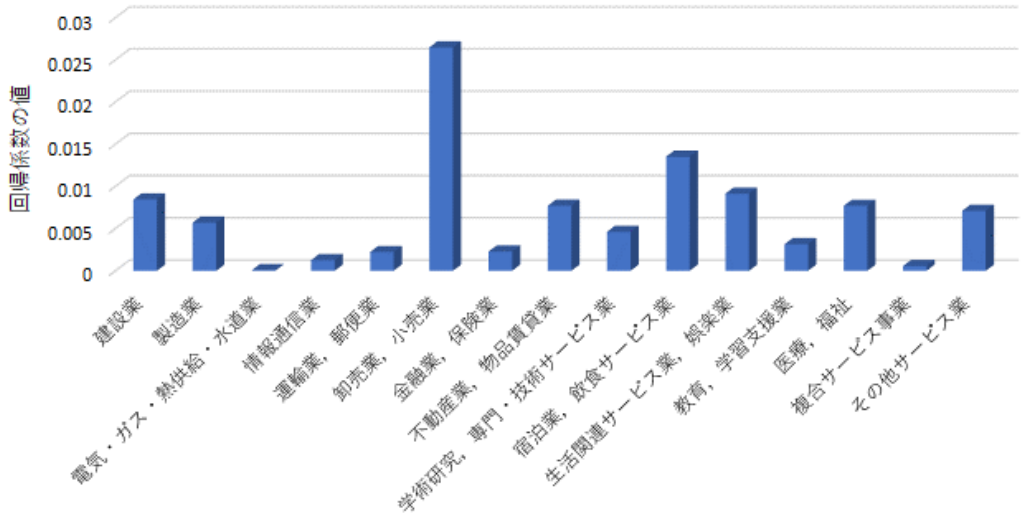


図 3－2　市町村別事業所数（2014）を世帯数（2015）で単回帰した場合の傾きの値

図 3-1 には回帰直線も描画しているが、この回帰直線の傾きの値のみを取り出し、業種別に棒グラフにしたものが図 3-2 である。傾きの値は、一世帯増減した場合の事業所数の増減を示しており、世帯数変化の影響の受けやすさの指標と捉えることができる。本図より、「卸売業、小売業」の値が最も大きく、地域の人口に最も依存していることが分かる。「宿泊業、飲食サービス業」、「生活関連サービス業、娯楽業」が続き、宿泊業を除いては、地域の人々の日々の生活に密着している業種において、地域の人口が大きく関わっていることがうかがえる。もちろん他地域や海外への移輸出を手掛ける事業者やインバウンドに依存する宿泊事業者なども存在していると考えられるため、より詳細な分析が必要であろうが、これらは今後の課題とする。以下では特に人口変動の影響が大きいと予想される「卸売業、小売業」を事例に、災害後の需要推計を行った事例を紹介する。

図 3-3 は、本研究会で実施された 2035 年に南海トラフ地震が発生したと仮定した場合の四国地域各市町村の住宅の過不足の推計結果を表している。基本的に、災害前の住宅数（空き家を含む）の予測結果、全壊家屋数、建設予定の仮設住宅数を用いて本結果が算出されている。沿岸部で黒っぽくなっているのは、津波の浸水エリアとなる。徳島市や高知市においては津波被害の影響もあって住宅不足が深刻であり、内陸部においては住宅件数に余剰が発生していることが分かる。基本的に不足数が発生するエリアの方が多い。

この推計結果を利用し、人々が二次避難として広域避難、そのまま移住を行ったと仮定した場合の産業別の事業所の需要について推計を行った。ここではごく簡単なデモンストレーションを目的とするため、人口移動については、住宅の制約からくる受け入れ

世帯数の最大値まで人口が減少する、あるいは増加すると仮定している。受け入れきれない世帯が 5289 件発生するが、これら世帯については四国外へ避難し、そのまま移住すると仮定した。

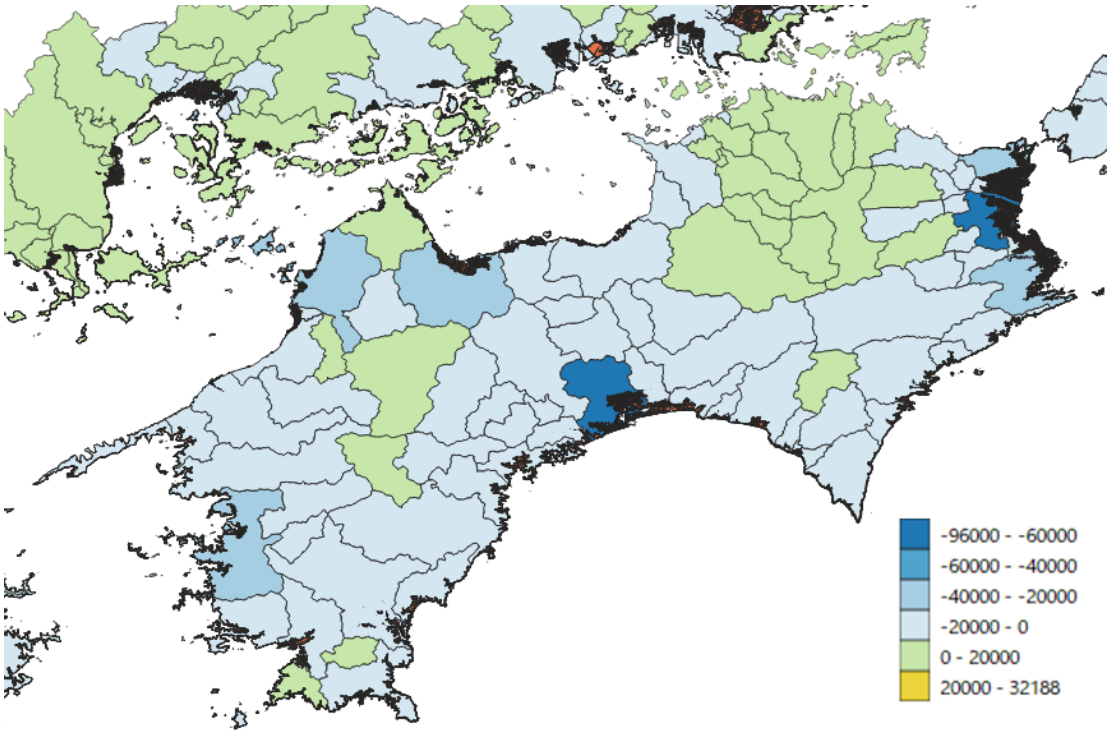


図 3-3　2035 年に南海トラフ地震が発生した場合の四国地域における市町村別住宅過不足数（負の値：不足数）

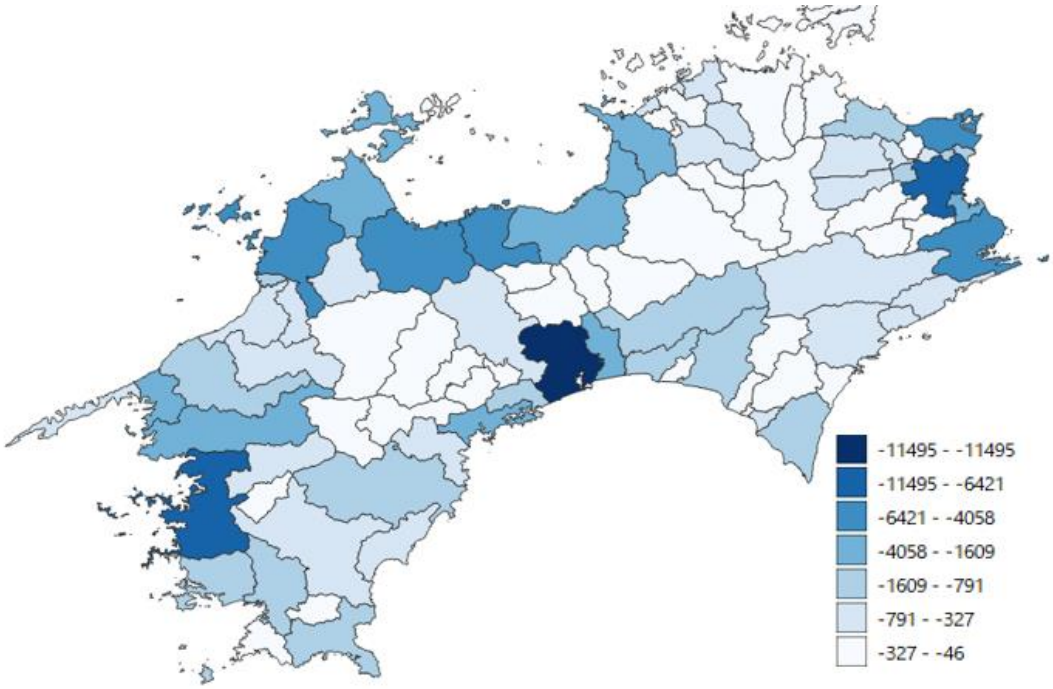


図 3-4　2035 年に南海トラフ地震が発生した場合における小売・卸売事業所の需要数推計値（2014 年統計データからの差分）

図 3-4 に卸売・小売事業所数の推計結果を示す。2014 年の事業所数からの変化を示している。被害の大きな徳島市や高知市において減少幅が大きく、瀬戸内海側でもこのような傾向が見られる。特に瀬戸内海側では、被害だけではなく、人口減少や移住者の受け入れ容量の不足の影響も大きいと考えられる。一方、海に面していない内陸部において減少幅は小さく、住宅の余剰があるためだけではなく、元々の事業所数が少ない地域が多いこともその要因になっている。

3.2　生業の再生戦略についての考察

3.1 は、人口分布に応じて事業所の立地ニーズも変化するというかなり単純化した想定で産業立地変化のポテンシャルを分析したものである。実際の変化は緩やかとなる可能性が高いが、予め将来の人口変化に与える災害の影響を予測しておくこととで、生活に密着した業種の復興戦略を考えておくことが重要である。一方で、港湾や水運を利用する産業やその他の天然資源を利用するような工場などの事業所を簡単に移転することは困難であり、これらは産業立地をベースに人々の住まいの再建計画を考えることが求められる。すなわち、人口分布と産業分布のバランスに配慮しながら、将来計画を描くことが肝要である。

本研究の推計に用いている人口移動の仮定も四国全地域の空き家に割り振るなどの簡

便な処理をしているため、政策等への反映のためにはより高度な分析モデルへの展開が不可欠である。移住距離を考慮することはもちろん、移住者の職業や地価の変化などを考慮した精緻なモデル化も求められよう。

能登半島地震の事例で述べた通り、復旧過程において人口変化が予想できないために意思決定ができない、そしてその結果として生業の回復が遅れて人口流出が加速するという負のスパイラルをできるだけ減らすためにも、いたるところで発生しうる住居と生業再建の需給ギャップを炙り出していく試算は役立ちうる。この際、よりミクロなデータや詳細なモデルを用いた分析に発展させながら、被災が想定される地域の声についても反映していくことが求められる。このようなアプローチは、将来のビジョンをできるだけ早い段階に地域全体で共有し、近年少しずつ進みつつある事前復興計画をサポートするためにも有効である。

【参考文献】

鶴島大樹、廣野洋太、松島格也、多々納裕一、梶谷義雄、清水智、齋藤龍（2024）：「2024年能登半島地震における事業所の被害実態 -ヒアリング調査結果より-」、第 70 回土木計画学研究・講演集(CD-ROM) 、5p

４．　避難生活環境の整備・改善から復興段階に至る移行期の枠組みと課題

照本清峰

要約　避難生活環境の整備に関しては、医療・保健・福祉に関連する問題、精神的・心理的なストレスの問題、プライバシーの確保、衛生面の対応、感染症対策、避難所の共有空間のレイアウトとマネジメント、女性・子供・高齢者・障害者への配慮、個別ニーズへの対応等、多岐にわたる内容が含まれている。また避難所内の対応とともに、在宅避難を選択した被災者への支援も求められる。一方で避難生活環境の整備・改善の段階から本格的な復興に至る移行段階では、被災者の住宅再建場所の選択、被災者への情報提供と意見交換、地域の復興に関する議論のためのルールづくり等の課題が生じる。また、復興の方向性を定める時期、被災者の個々の生活再建と地域再建の双方において調整を必要とする時期、トップダウンからボトムアップに比重を移行する時期と捉えられる。この段階での再建に関する支援施策の枠組みは、被災地域の復興過程とニューノーマルの段階の状況を大きく決定づけることになる。多くの調整を要する本移行段階（端境期）の状況について、仮設住宅居住者のみならず、在宅被災者の状況を把握することは重要である。

4.1　はじめに

大規模な地震災害等の自然災害の発生後、住まいを失った多くの人たちは、避難所等で生活を過ごすことになる。そのような被災地域では、交通が途絶しているとともにライフラインの損傷等によって、しばらくの間、被災者は過酷な生活を継続していかなければならない状況になる。そのため、限られた資源の中で、地域住民間の協力のもとで、被災した後の生活環境を改善していくことが求められる。避難生活環境の整備に関しては、医療・保健・福祉に関連する問題、精神的・心理的なストレスの問題、プライバシーの確保、衛生面の対応、感染症対策、避難所の共有空間のレイアウトとマネジメント、女性・子供・高齢者・障害者への配慮、個別ニーズへの対応等、多岐にわたる内容が含まれている。また避難所内の対応とともに、在宅避難を選択した被災者への支援も求められる。これらの災害対応は、復興段階に大きく影響を与えることになると考えられる。

令和 6 年能登半島地震（以下、能登半島地震）の発生後には、避難生活環境の整備段階から復興の段階に至る段階でも被災地域では様々な課題が生じている。被災地域の居住者を対象とした調査として、避難所の居住環境に関する調査は多くなされている。また仮設住宅に関する調査も進められている。一方で、激甚な被害を受けた地域内に在宅のまま生活を過ごす住民の生活環境の課題は十分には調査が蓄積されていない状況にある。そこで本研究では、能登半島地震の発生後に自宅で被災生活を過ごす人たちの生活

環境の現況と課題を明らかにすることを目的とする。被災者の認識を通じて災害復興過程における状況を把握するとともに、生活環境の問題の構造を示すことに本研究の意義がある。

4.2　調査の概要

4.2.1　調査対象地域

調査対象地域は、能登半島地震によって激甚な被害を受けた能登町小間生地区及び鵜川地区である。小間生地区は中山間地域に位置し集落を形成しているのに対して、鵜川地区は沿岸部にあり住宅地を形成している特徴がある。

調査対象地域の人口と世帯数を表 4－1 に示す。両地区ともに地震発生から 1 年後の人口は減少していることが把握される。また 2024 年 4 月現在の高齢化率は、小間生地区 58.6%、鵜川地区 54.9%（能登町全体 50.7%）であり、両地区ともに高齢者の割合は大きい状況にある。

表4－1　調査対象地域の人口と世帯数

項目	小間生地区		鵜川地区	
	2024年1月	2025年1月	2024年1月	2025年1月
人口	340	323	862	804
世帯数	160	154	429	409

4.2.2　調査方法

本調査は、災害発生後の再建過程の中で本格的な復興に至る前の段階において、在宅被災者の生活環境の再建の認識と現況の課題を把握することをねらいとしている。調査の実施に際して、調査対象地域の各地区内の区長及び各地区に事前に依頼し、調査時点で被災している自宅に居住する世帯（対象地域内の調査対象候補世帯）を抽出することに協力していただいた。

調査は、調査対象者に対して質問紙調査票を用いて面接法及び留置法により実施された。訪問面接による調査では、2024 年 12 月 25～30 日の期間に 1 グループ 1～3 名が調査対象となる各自宅に訪問し、調査に協力いただけた場合には質問紙調査票を用いて各設問に対する回答を記述した。また調査対象者の不在時には再来訪させていただく主旨の文面を投函し、2 度の訪問でも不在の場合には、質問紙調査票及び郵送用封筒（料金後納払）を投函することにより、郵送によって回答した調査票を送付するように依頼した。郵送による回収は、2025 年 1 月 20 日までの期間である。

本研究における有効回収率は、小間生地区では 72.9%(43/59：訪問面接 12、郵送回収 31)、鵜川地区は 58.1%(108/186：訪問面接 59、郵送回収 49)であった。図 4-1 の被害区分

については令和 6 年能登半島地震発生後の自宅の罹災証明の被害程度の区分について、図 4-2 の世帯構成は同居している家族の世帯構成について尋ねている。また図 4-3 の要配慮者の有無別では、「被災した環境の中で地域の人たちと共同生活をすることになった場合、あなたを含めた同居されている家族の中に、特別な配慮をする必要とする方はいらっしゃいますか」という設問に対して、主観的な感覚から回答してもらった。図 4-4 及び図 4-5 は、回答者自身の属性を尋ねている。

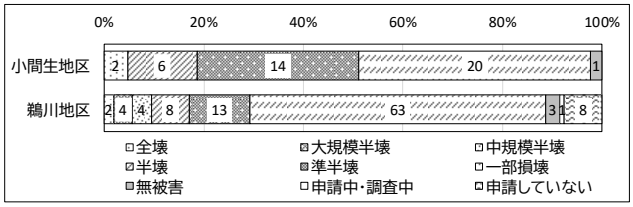


図 4－1　回答者の属性（被害区分別）

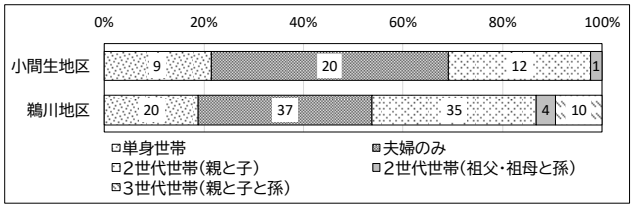


図 4－2　回答者の属性（世帯構成別）

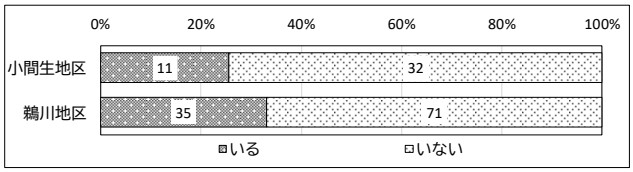


図 4－3　回答者の属性（要配慮者有無別）

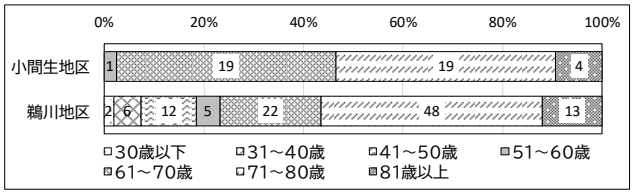


図 4－4　回答者の属性（年齢別）

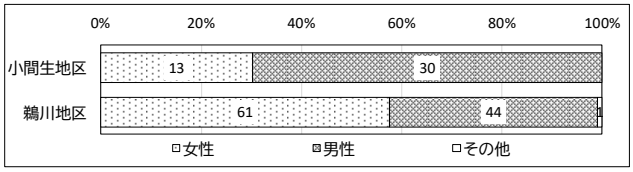


図 4－5　回答者の属性（性別）

4.2.3　分析の枠組み

はじめに、生活環境の認識として、災害発生後の生活再建の認識及びそれらに関連すると想定される食生活の状況、外出の状況、家計の状況、住まいの環境、近隣との交流の項目を用いて、各項目の地震発生後からの再建の認識の度合いを地区別に集計する。また各項目に対する属性による認識の違いについても検討する。

上記の再建の認識の項目を用いて、認識の関連構造を分析する。ここでは、食生活の状況、外出の状況を生活の基本的な要素として設定し、それらが整うことにより、家計の状況、住まいの環境の再建の段階に進んでいくことを想定する。食生活の状況、外出の状況及び家計の状況、住まいの環境が整備されることによってコミュニケーションの再建の段階に進み、生活の再建の認識も高まることを分析の枠組みとして、関連構造を検討する。また、調査対象地域間の認識の構造的な違いについても確認する。

4.3　分析結果

4.3.1　各項目の集計結果

はじめに、生活の再建に関する設問の集計結果を確認する。生活の再建の認識につい

ては、「能登半島地震から約 1 年が経過した現在、あなた自身を含むご家族の生活全般について、どの程度、再建できていると思いますか」と尋ね、0%を「まったく再建できていない」、100％を「地震前と変わらない、もしくは完全に回復した」として、0～100%の中で 10％区分に設定した 11 段階から 1 つを選ぶように依頼した。また、生活環境に関する「基本的な食生活の状況」、「外出の状況」、「ご家族の家計の状況」、「住まいの環境」、「近所や地域の人たちとの交流」の各項目についても同様の問いを設定し、0～100%の中で 10％区分に設定した 11 段階から 1 つを選択するように尋ねた。各設問の対象地域別の回答結果を図 4－6、図 4－7 に示す。

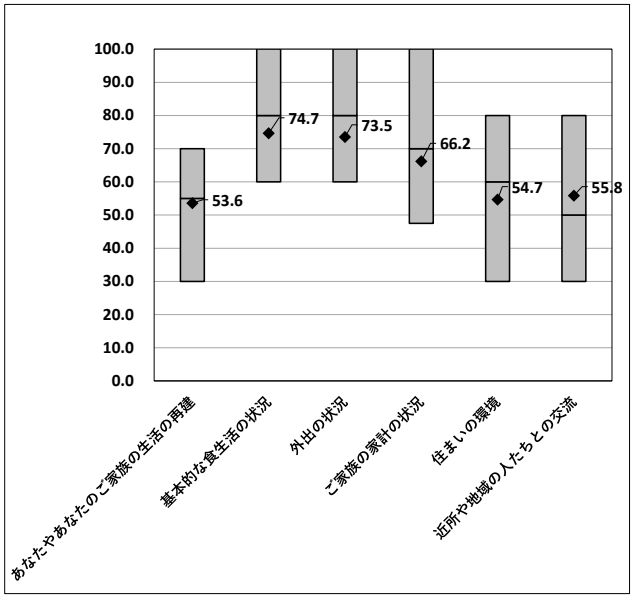


図 4－6　再建の認識（小間生地区）

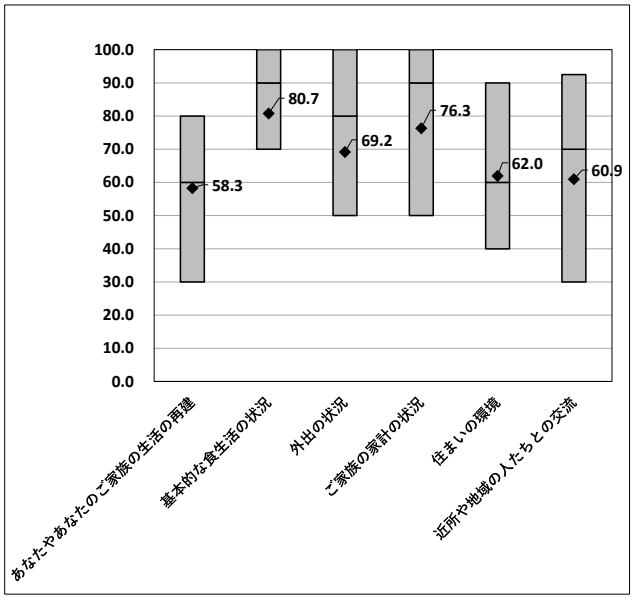


図 4－7　再建の認識（鵜川地区）

集計結果より、「基本的な食生活の状況」、「外出の状況」については他の項目と比較して回復の度合いは高いと認識されている傾向にある一方で、「住まいの環境」、「近所や地域の人たちとの交流」については、相対的に低い再建の認識状況にあった。また、各認識項目ともに分散は大きいことが把握される。各設問項目について調査対象地域間で t 検定を実施した結果、いずれの項目も 5.0%水準で統計的に有意な違いはみられなかった。

次に、回答者の世帯属性（被害区分別、世帯構成別、要配慮者の有無別）及び個人属性（年齢別、性別）別の生活環境の再建の認識の違いについても確認する。6 つの再建の認識別に、各地区及び表 4－2～4 に示す回答者属性を用いて二元配置分散分析を実施した結果、いずれの再建の認識項目と各属性でも 5.0％水準で統計的に有意な交互作用はみられなかった。そのため、ここでは全体のサンプルを用いた属性別の一元配置分散分析

表4－2　再建の認識に関する被害認定別集計・分析結果

認識項目	全壊･大規模半壊･中規模半壊･半壊	準半壊･一部損壊	無被害･申請していない	分析結果（多重比較）
生活の再建	50.0 (28.7)	57.2 (28.5)	64.2 (42.1)	n.s.
食生活状況	70.4 (27.8)	80.4 (24.0)	82.5 (21.8)	n.s.
外出の状況	61.3 (25.1)	70.9 (28.7)	80.8 (24.3)	n.s.
家計の状況	66.8 (28.5)	73.0 (29.5)	90.0 (18.4)	n.s.
住まいの環境	50.0 (32.1)	59.8 (30.3)	76.7 (19.2)	p<0.05: 無被害･申請なし<半壊以上
近隣との交流	43.6 (29.0)	61.0 (31.2)	70.8 (34.5)	p<0.05: 無被害･申請なし<半壊以上

表4－3　再建の認識に関する世帯属性別集計・分析結果

認識項目	世帯構成別					要配慮者別		
	単身世帯	夫婦のみ世帯	2世代世帯(親と子･祖父母と孫)	3世代世帯	分析結果（多重比較）	要配慮者いる	要配慮者いない	分析結果
生活の再建	56.4 (31.1)	53.0 (31.6)	61.0 (27.8)	54.0 (28.8)	n.s.	50.4 (30.9)	59.9 (29.2)	n.s.
食生活状況	79.3 (22.0)	76.1 (25.3)	81.8 (24.1)	89.0 (16.6)	n.s.	77.2 (27.4)	79.6 (23.5)	n.s.
外出の状況	74.4 (26.8)	67.5 (27.5)	76.3 (24.8)	52.0 (36.5)	p<0.05: 3世代世帯<単身世帯, 2世代世帯	62.4 (28.6)	73.9 (27.4)	p<0.05
家計の状況	78.8 (31.8)	68.9 (29.8)	75.3 (27.0)	75.0 (26.8)	n.s.	71.8 (30.6)	74.0 (28.4)	n.s.
住まいの環境	63.2 (32.7)	57.9 (29.7)	60.2 (31.2)	57.0 (29.1)	n.s.	56.1 (28.8)	62.4 (30.6)	n.s.
近隣との交流	61.4 (33.4)	57.3 (29.2)	60.4 (33.0)	56.0 (41.2)	n.s.	60.7 (31.7)	60.0 (31.3)	n.s.

表4－4　再建の認識に関する回答者属性別集計・分析結果

認識項目	60歳以下	61-70歳	71歳以上	分析結果	女性	男性	分析結果
生活の再建	58.5 (27.4)	54.5 (27.6)	57.6 (31.8)	n.s.	57.3 (31.4)	56.4 (28.6)	n.s.
食生活状況	82.8 (18.1)	80.7 (23.1)	77.0 (26.8)	n.s.	81.1 (23.3)	77.7 (25.6)	n.s.
外出の状況	70.8 (26.2)	70.2 (23.6)	70.4 (30.8)	n.s.	69.5 (28.8)	71.6 (27.3)	n.s.
家計の状況	72.8 (23.0)	67.5 (32.0)	76.5 (28.7)	n.s.	73.8 (32.6)	73.1 (25.1)	n.s.
住まいの環境	61.5 (29.5)	56.1 (31.5)	61.2 (30.3)	n.s.	56.5 (34.1)	63.4 (25.6)	n.s.
近隣との交流	61.2 (32.4)	57.8 (32.0)	59.8 (31.8)	n.s.	61.6 (35.5)	57.4 (27.8)	n.s.

（多重比較：Tukey 法、5.0%水準）の結果を示す（表 4－2～4）。

被害認定別について、表 4－2 より、住まいの環境、近隣との交流の各認識項目で統計的に有意な違いがみられた。被害認定区分について、住まいの環境で半壊以上の属性では無被害・申請していない属性と比較して再建の認識は低い状況にあるとともに、近隣との交流と家計の状況についても同様に、半壊以上の属性では無被害・申請していない属性よりも統計的に有意に再建の認識は低い結果であった。

世帯属性別にみると、分析結果より、「外出の状況」について、3 世代世帯では他の属性と比較して回復の認識は低い結果であった。世帯内の要配慮者の有無別においても、要配慮者のいる世帯ではいない世帯と比較して、「外出の状況」に関する回復の認識は低い傾向にあった。「外出の状況」については、世帯属性間で状況に違いがあることが見受けられる。また、回答者の個人属性については、年齢別、性別ともに統計的に有意な違いはみられなかった。

4.3.2　再建の認識の関連構造

次に、上記の各認識項目を用いて 2 つの調査対象地域ごとにパス解析を実施する。分析モデルでは、「食生活の状況」及び「外出の状況」を外生変数として設定し、「家計の状況」と「住まいの環境」、「近隣との交流」及び「生活の再建」の規定要因を検討する。また、「家計の状況」と「住まいの環境」は関連していることを想定し、誤差変数間に共分散を設定した（図 4－8）。

分析結果より、両地区ともに、「住まいの環境」は「近隣との交流」及び「生活の再建」の重要な規定要因になっていることが把握される。また、「家計の状況」に対して、「外出の状況」は両地区とも規定要因として示されているとともに、鵜川地区では「食生活の状況」も規定要因として示された。z 検定（5.0%水準）を実施した結果、調査対象地域間で統計的に有意な違いがみられたパス係数は「食生活の状況」から「家計の状況」へのパス、及び「外出の状況」から「家計の状況」へのパスであった。

4.4　考察

能登半島地震の発生から約 1 年後に在宅被災者を対象とした調査結果より、在宅で生活を過ごす人たちにとっても生活環境は十分には回復していないと認識されている傾向にあることが把握された。また、本研究で設定した生活環境の認識の項目の中では、「生活の再建」、「住まいの環境」、「近隣との交流」の項目は高まっていない状況にあること

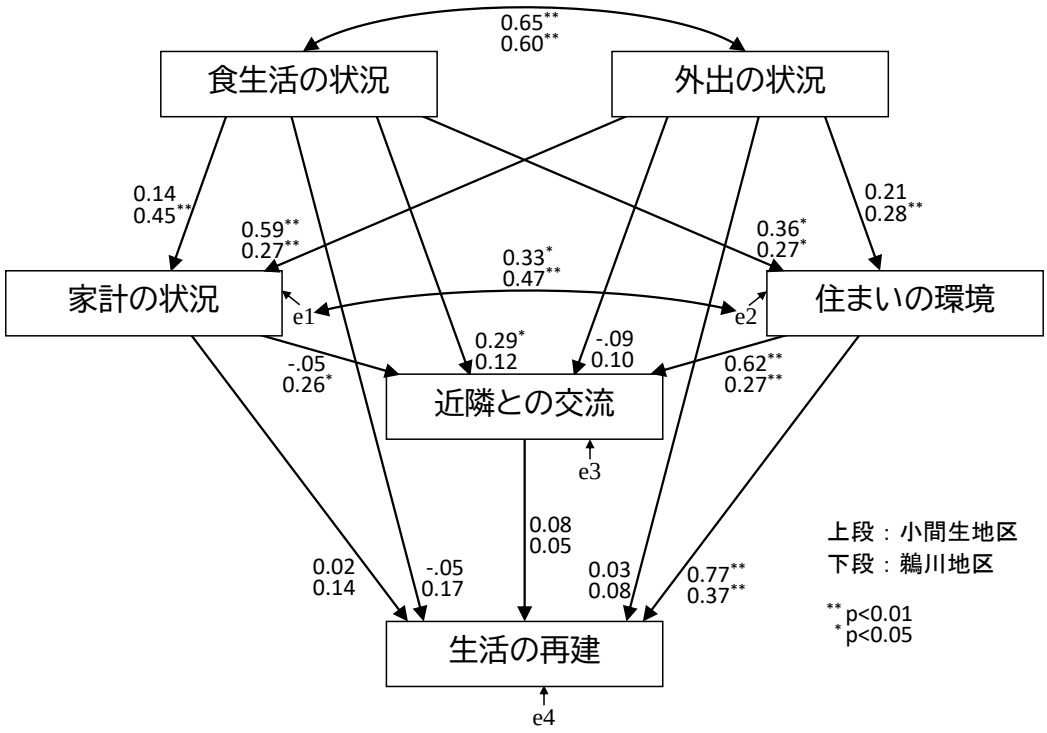


図 4－8　パス解析の結果

が示された（図 4－6 及び 4－7)。回答者属性の多くは一部損壊以上の被害をうけている世帯であり、在宅被災者への支援も重要であることが指摘される。

被害認定の属性別の「住まいの環境」についてみると、半壊以上世帯と準半壊・一部損壊の世帯では、統計的に有意なほどに再建度合いの認識の違いはみられない結果であった。半壊以上世帯と準半壊・一部損壊の世帯の属性では、偏差の値も大きく、各世帯によっても状況の差は大きいことが推察される。また「近隣との交流」についても、半壊以上世帯では特に回復していないと認識されている傾向がみられた。自宅の被害が大きい半壊以上世帯では、周辺の建物も被害を受けている割合は大きく、そのために多くの近隣の世帯が流出することによって、地震前よりもコミュニケーションが弱体化してしまっていることも要因として考えられる。これらによって近隣の協力関係も希薄になってしまうことが懸念される。

世帯属性別では、世帯構成別、要配慮者の有無別ともに、「外出の状況」に関する回復の程度で、統計的に有意な違いがみられた（表 4－3)。ここでは、比較的に人数が多いと考えられる 3 世代世帯とともに、医療機関や社会福祉施設等への移動を要する機会が多いと想定される要配慮者ありの属性で再建度合いが低いと認識されている傾向にあった。外出については、車両の有無等によっても違いがあると考えられる。居住地域での再建活動を円滑にするためにも、移動の支援の充実も重要であることが把握される。また、回答者による偏差も大きく（図 4－6～7、表 4－1)、各被災者によって状況も相違することが想定される。そのため、災害ケースマネジメントに通じるように、個々の生活環境の課題に応じた支援を行っていく必要がある。

生活環境の認識の枠組みについては、パス解析の結果より、両地区で基本的に共通した構造がみられた。図 4－6 及び 4－7 より、「住まいの環境」の再建の認識は、「生活の再建」及び「近隣との交流」の重要な規定要因になっており、在宅被災者にとって生活環境を取り戻していく中で重要な位置づけであることが把握される。本調査における回答者の多くは一部損壊以上の被害を受けている家屋に居住している世帯である。前述の通り、「住まいの環境」の認識について、半壊以上世帯と準半壊・一部損壊の世帯では統計的に有意なほどの違いはみられない結果であった。居住環境の回復によって、地域でのコミュニケーションを積極的に行えるとともに、生活の再建の認識に寄与することにもつながると捉えられる。被災地域の再建のためには、家屋の修繕の支援について、準半壊・一部損壊の世帯も含めて支援を充実させることが重要であることが指摘される。「外出の状況」の回復は、「住まいの環境」を介して間接的に「近隣との交流」と「生活の再建」の認識にもつながることが把握される。

4.5　令和 6 年能登半島地震の被災地域における避難生活環境への対応から復興段階への端境期の対応課題

避難生活環境の整備・改善の段階から本格的な復興に至る移行段階において、被災地域では、下記のような問題が生じている。

第 1 に、人口減少により次世代を担う若年層が少ない中で、自宅を再建するのか、修復するのか、地区外にでていくのかを迷っている状況にある世帯が多くある。個々の被災者からみた場合、地区の再建の動向をうかがいつつ現地再建にすべきか、地区外に転出するのかを判断しようとしている状況にある。

第 2 に、一時的な地区外に出ていっている被災者に対して、再建に向けての状況（地区の動向、復興関連の情報、ライフライン等の回復状況）などが十分に伝わっていない地区があることがあげられる。地区外にいる被災者の中には、インターネット及び SNS を使用していない人も多い。このため、地域コミュニティの低下と人口流出を加速させる可能性があるとともに、今後、地域の再建に向けて住民主体で話し合う段階で支障が生じてくる可能性もある。

第 3 に、復興に向けての地域再建について、地区内で十分な話し合いをもてていない状況にある。個々人ではそれぞれに地域復興に向けての具体的な考えや意見を持っている人はいる一方で、それらの話し合いを十分には行えていない状況にある。個々の世帯ごとの住宅再建だけでなく、地域全体として考えていかなければならない地区も多くあり、これらの地区で協議を進めなければならない課題がある。

避難生活環境の整備から復興段階への移行期は、復興の方向性を定める時期、被災者の個々の生活再建と地域再建の双方において調整を必要とする時期、トップダウンからボトムアップに比重を移行する時期と捉えられる。またこの段階での再建に関する支援施策の枠組みは、被災地域の復興過程とニューノーマルの段階の状況を大きく決定づけることになる。多くの調整を要する本移行段階（端境期）の状況を把握することも重要である。

５．　居住の流動性をいかした地域復興へ：能登半島地震に学び、南海トラフ地震の備えを進める

近藤民代

要約　阪神・淡路大震災から令和６年能登半島地震までの復興を振り返り、研究レビューを行った。その結果に基づいて、南海トラフ地震の復興に備えるための視点を以下の通り提示した。第１に人口回復に依存した地域の持続性の論理を転換すること、第２に広域圏の復興計画が必要であること、第３に人口流動と地域復興を対立軸ではなく、相補関係に転換することである。巨大地震の発生まで残された時間はあまりないが、過去の復興プロセスにおいて顕在化した課題を丁寧に振り返ると同時に、人口減少流動社会という社会文脈に適応できる復興計画学の変革を進めていかなければならない。

5.1　はじめに

この原稿を書いている今は阪神・淡路大震災から 30 年目にあたる。令和６年能登半島地震の被災地および差し迫る南海トラフ地震などの未災地の視点から、阪神・淡路の復興を解釈し再評価することができる。また、南海トラフ地震の復興に備えるには、過去の復興事例において何が課題になったかを振り返る必要がある。本稿では阪神・淡路大震災の長期的な復興や令和 6 年能登半島地震などの現在進行形の復興をふまえて、南海トラフ地震の復興に向けた備えについて考える。

5.2　阪神・淡路大震災 30 年からみた令和 6 年能登半島地震の復興

5.2.1　地域の持続性の論理を転換する

表 5－2－1 及び図 5－2－1 は阪神・淡路大震災と令和 6 年能登半島地震の被災都市である神戸市と輪島市の人口推移を示している。今から 45 年前の人口を 1.0 としたとき、現在の総人口は神戸市では 1.09、輪島市では 0.46 である（表 5－2－1）。人口の対前回増減率をみると、輪島市では年間-4～10％で推移しており、能登半島地震 1 年（2025 年度）ではその数値が-15.8％である。神戸市も阪神淡路大震災が発生した年は-3.63％を示し、2015 年以降はマイナスである。近年、神戸市は人口減を食い止めるため様々な施策を講じているが、奥能登の人口減はこれとは比べ物にならないほど深刻であることがわかる。

表 5-2-1　輪島市と神戸市の人口推移

	輪島市				神戸市			
	総人口	人口増減数	対前回増減率	1980年を1.0としたときの人口割合	総人口	人口増減数	対前回増減率	1980年を1.0としたときの人口割合
1980年	45115	0	－	1.000	1367390	0	－	1.00
1985年	42283	-2832	-6.28%	0.94	1410834	43444	3.18%	1.03
1990年	40309	-1974	-4.67%	0.89	1477410	66576	4.72%	1.08
1995年	37133	-3176	-7.88%	0.82	1423792	-53618	-3.63%	1.04
2000年	34531	-2602	-7.01%	0.77	1493398	69606	4.89%	1.09
2005年	32823	-1708	-4.95%	0.73	1525393	31995	2.14%	1.12
2010年	29858	-2965	-9.03%	0.66	1544200	18807	1.23%	1.13
2015年	27,216	-2642	-8.85%	0.60	1537272	-6928	-0.45%	1.12
2020年	24,608	-2608	-9.58%	0.55	1525152	-12120	-0.79%	1.12
2025年	20,716	-3,892	-15.82%	0.46	1490891	-34261	-2.25%	1.09

（出典）国勢調査より筆者が作成（2025 年は住民基本台帳による数値）

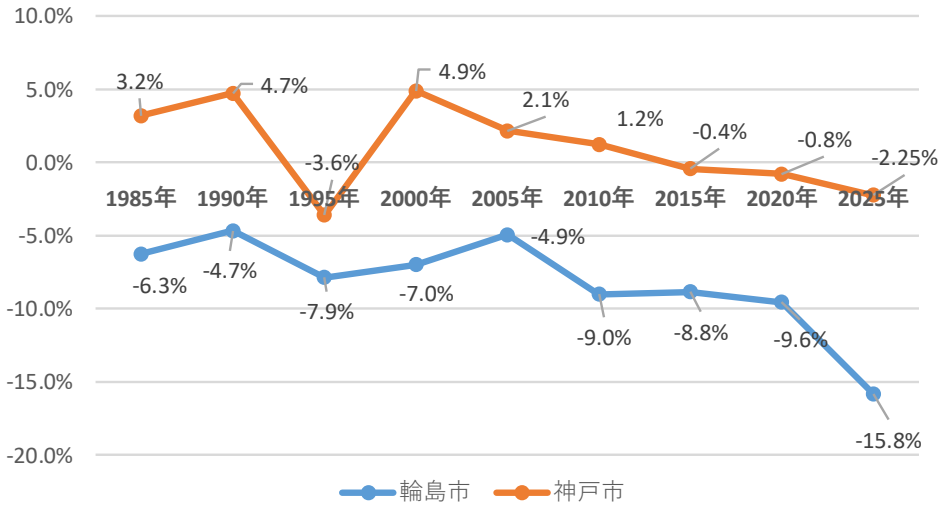


図 5-2-1　輪島市と神戸市の総人口の対前回増減率の推移

（出典）国勢調査より筆者が作成（2025 年は住民基本台帳による数値）

復興の尺度としてよく使われるのは人口回復率だ。震災直前を 100%としたときに、震災後に何%まで回復したかを表現する。神戸市人口が阪神・淡路大震災前を上回ったのは震災 9 年目の 2004 年 11 月である。このうち、震災後に神戸市民になった人々は 27%を占める（神戸市企画調整局 2004）。神戸の人口を指標とした復興は大阪圏のベッ

ドタウンとしてのポテンシャルに支えられたことが大きい。対照的に能登半島地震の被災地ではこれは期待できない。阪神・淡路大震災の被災地のように「もとに戻さないといけない、プラスを目指す、より良くすべき」という思い込みを捨てなければならない。人口回復＝定住によるまちのにぎわいは目指すことは多くの困難を伴う。奥能登や南海トラフ地震の被災地の復興の要件は、目指すべきはまちの持続性の論理を変えることである。

5.2.2　広域圏での復興計画を

令和 6 年能登半島地震の半年後に公表された石川県の創造的復興プランでは「関係人口」「二地域居住」というキーワードが登場した。筆者が知る限り、このようなキーワードが復興計画において登場したことは未だかつてない。災害後の復興計画は市町村単位で策定することが前提となっているが、能登半島地震や南海トラフ地震の復興ではこれを疑う必要がある。

北陸圏広域地方計画において、北陸県と他圏域との連携を促すこととされている（図 5-2-2)。図 5-2-3 は北陸圏における震災直前の転入・転出状況を示している。北陸圏と他の圏域の間の人口流動は首都圏が量的には多いが、人口規模でいうと中部圏や近畿圏とのつながりが強い。震災後の人口転出や二地域居住などもこの圏域で考えることになるだろう。

図 5-2-4 は合同会社 C と H･CEO による二地域居住者向けの滞在施設づくりの取り組みである。同社は珠洲市に拠点を置き、地域の人材育成や企業のマッチング、地域プロジェクトのコーディネートなどの事業を展開している。石川県の復興計画で掲げられた目標は民間企業によってスタートされている。

定住人口の回復を復興の条件にすると、人口流出を防ぐための復興事業が巨大化・長期化しがちだ。東日本大震災もそうだったと思う。各自治体が人口を維持するために、多くの災害公営住宅を供給し、高い防潮堤建設や土地のかさ上げを伴う区画整理など巨大な市街地復興整備事業を進めた。このような復興事業を能登半島地震や将来の南海トラフ地震後に繰り返すべきではない。

図 5-2-2　北陸圏広域地方計画における広域連携の一例

（出典）北陸圏広域地方計画推進室 2024

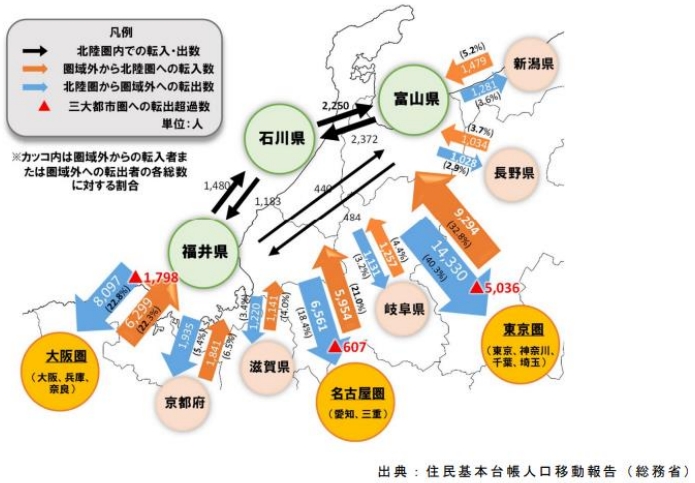


図　北陸圏における転入・転出状況（2023 年 1 月～12 月）

図 5-2-3　北陸圏の 2023 年 1～12 月の転入・転出状況

（出典）北陸圏広域地方計画協議会 2024

図 1-2-4 合同会社 C と H・CEO による二地域居住にむけた取り組み

（出典）合同会社 C と H・CEO の Facebook

令和 6 年能登半島地震、そして南海トラフ地震の被災地では、広域圏での計画論が必要である。ひとつの市町の人口維持だけを目標とせず、より広範囲の地域を対象とした復興を考える視点だ。関係人口を呼び込んで地域を生き延びさせようとするのではなく、震災前から結びつきが強い地域とつながりを維持・再編することをサポートし、それを地域復興につなげていく戦略・政策立案はいかにあるべきか。住民の居住の主拠点が被災地外に移ったとしても、彼らが生活圏域を拡張して住み慣れたまちとかかわりながら生活できるよう支えることで、まちを持続させていく復興の計画・政策・制度を考えていくことはでいないだろうか。元の地域から移転する人々の幸福度を考えた支援とともに、人口が大幅に減少しても持続できる集落・まちの復興を追究しなければならない。

災害の局面に限定せず、現代のような人口減少社会では、居住の流動性を前提にした計画を打ち出すことが求められる。日本は、ずっと同じ土地に暮らす人が多く、流動性が低いという特徴がある。まちを形成する意味ではそうした定住が重要だと考えられてきたが、最近は移動しながら生活したり、複数の拠点を持ったりする人も増えつつある。普段の生活の中で、主となる居住地域以外にも拠点を持ったり、関係を作ったりしておくことは、被災時、そこに一時避難する選択肢につながるだろう。移住する抵抗感も薄く、連続的な住まいの復興ができるかもしれない。複数の拠点を持つことは、事前復興にも寄与するレジリエントな住まい方・ライフスタイルである。また、地域全体の視点から考えると、移動しながら暮らす人々を受け入れることで、まちの活性化にもつながる。人口減少が加速する自治体ではさまざまな移住・定住施策を打ち出しているが、数年間でも住んでくれる人を受け止め、流動的な住まいを促していく居住政策に転換していくことが求められている。

5.3　人口流動と地域復興を対立軸ではなく、相補関係に転換する

阪神・淡路大震災以降、人口流動および居住の移動と地域復興の関係については、多くの研究が展開されてきた。ここではそれらをレビューして明らかになっていることを整理し、能登半島地震や南海トラフ地震に向けた課題を検討したい。先に結論を述べれば、人口移動と流動は地域復興をマイナスに作用する現象として位置づけるのではなく、それを地域復興の力にする政策を考えるという発想の転換が必要とされている。

5.3.1　阪神・淡路大震災（1995 年）：被災疎開

阪神・淡路大震災では県外避難者の実態把握が十分に行われず支援が不足したことが問題となった。そのような中、「被災疎開」という概念を使って、都市と農村の連携について論じた研究がある。農村計画を専門とする山崎寿一氏は、阪神・淡路大震災は局地的な都市災害であるが、国土全体を視野に入れて、都市と農村・地方の連携のあり方を再考する視点を提起している（山崎　1999)。山崎（1996）は教育委員会や地方自治体の

協力を得て、被災地からの児童、生徒の転出状況調査を行っている。その結果、明らかになったのは児童生徒の被災疎開先は親の出身地・親族関係の濃密な地域に集中している点である。山崎はこれを「被災疎開」と表現し、震災前からの都市と農村の連携が、被災者の仮住まいの受け入れに大きな役割を果たした点を指摘した。疎開とは普段も行っているところ、かかわりのあるところに行くという意味であり、これは二拠点居住や親せき宅への避難もあてはまる。米国ハリケーン・カトリーナ災害では広域避難者がバスに乗せられて、行き先不明のまま全米中に避難者が離散したが、このような意思をもたない離散と疎開は決定的に異なる。震災「前」からの地域間の関係を捉えて、復興を考えようとする視座は南海トラフ地震の復興への備えを考えるうえで示唆的である。

5.3.2　新潟県中越地震（2004 年）：居住移動と生活圏の拡張

新潟県中越地震においては、がけ地から平地への移転が防災集団移転促進事業によって進められ、従前居住地と移転地との関係に着目する研究が行われた。田中（2011）は従前居住地と移転地との関係（距離、訪問頻度、行為など）を調査し、距離と訪問頻度の明確な相関はみられず、数キロ以上離れていても、従前集落との関係はかなりの割合で継続されていることを明らかにしている。従前集落に赴く主な理由は田畑の利用、通勤農業であった。震災前後の生活圏は移転ではなく、「拡張」と解釈されるべきであるという重要な指摘をしている（田中　2011）。石川（2008）は長岡、小千谷、川口などを含む調査対象（n=78）のうち、9 割近くが移転元の農地に行き来していることを明らかにしている。近隣集落との再編や連携、移転した世帯と残留世帯がどのようにつながり、伝統的集落としての地域社会のつながりを維持していくかが課題である（石川　2008）と指摘している。

中越地震の二地域居住は東日本大震災や能登半島地震などと比べて近接しているという特徴があるため、中越の経験は他の被災地にそのまま適用することはできない。しかし、移転をしたとしても、従前集落と新居住地を行ったり来たりしながら生活を継続することは、個人のウェルビーイングや地域の持続性の双方に貢献できる点をここで確認したい。

5.3.3　東日本大震災（2011 年）広域避難者と拡大コミュニティ

東日本大震災では沿岸市町村からの内陸部への広域避難とその長期化に伴う人口流出が進んだ。同災害では、この広域・長期避難者を支援する研究群が増加した。阪神・淡路大震災時の県外避難者への情報提供不足という文脈に留まらず、避難先での彼らの生活を支援することに主眼が置かれている。須沢（2021）は東日本大震災において岩手県盛岡市によって行われた遠隔地避難者への居住支援の実態の解明を通して、複線型復興プロセスを実現するために必要な居住支援の条件を考察している。遠隔地避難者への生

活や居住支援は国レベルの予算措置はなされておらず、自治体独自支援は被災時の居住地に紐づいていたことに加えて、市町村を跨いで自治体独自支援の対象から外れることによって、次の住まいへの意向が円滑に進まないケースがあったと明らかにした。外柳（2024）は、もりおか復興支援センターでの職員としての勤務経験を通して、支援者の立場から遠隔地避難者の特徴や支援のあり方を論じている。避難者の生活再建上の問題は現行の法制度と避難者の現状との間で生じる乖離により生じており、制度および支援の仕組みの見直し、個別事情に配慮した法制度の運用、災害ケースマネジメントによる生活再建支援が有効であると論じている。東日本大震災と原発事故により県外避難してきた被災者の支援を行う団体、まるっと西日本の活動を通して、古部（2018）は「復興は必ずしも被災地だけで起きているものではなく、県外避難は災害社会によって必要なシステムである」と指摘する。一般的に被災地から転出した人口は、地域復興にとってはマイナスであると考えられるが、彼らの生活回復をサポートしていくことも復興に含めるべきであるという視点がみられるようになったのが東日本大震災であった。

他方、農村計画を専門とする広田純一氏は東日本大震災の復興期において「拡大コミュニティ」という概念を提唱した。既存の集落の（＝地域コミュニティ）の概念を拡張し、非居住者をも含めた新たなコミュニティ（拡大コミュニティ）の存在を実証し、その可能性と持続性について調査研究を展開した。中でも「地域の人口減少とともに、非定住者の役割が拡大し、非定住者の参画がないと維持できない地域（集落）も現れている」、「拡大コミュニティの構築こそがきわめて重要であり、政策目標にもなりうる」（広田　2023）という指摘は能登半島地震や南海トラフ地震の復興にとって参考になる。共に「拡大コミュニティ」の研究に取り組んだ山崎は「東日本大震災の復興課題は、復興か移住かの選択ではなく、復興も移住もという視点が重要である。復興後にも継続する地域連携の構築が必要であり、沿岸部と内陸部、被災地と健常地、東北と他地域の連携と二拠点居住に注目している」と述べている（山崎 2011）。また、社会学者の川副（2022）は避難先と避難元とのかかわりに着目し、復旧・復興の単位としての地域をどうとらえるべきかという問題を、基礎自治体のみではなく、広域的かつ重層的にとらえなければならないと指摘する。住民のとらえ方も然りであり、帰還できない住民を移住者として切り捨てるのではなく、故郷への愛着や帰属感や町民としてのアイデンティティを尊重し、多様な故郷とのつながり方を設け、地域の復興の中にそれを位置付けることが求められると指摘した（川副 2022）。これらの広田、山崎、川副の議論の新規性は、被災地域・空間の中だけで復興を捉えるのではなく、居住拠点を被災地外に移した被災者の被災地域への関与に着目したまなざしにある。

筆者は行政による東日本大震災において集団移転には参加せず、個人の選択で単独で居住を移転した「自主住宅移転再建」の意思決定（近藤・柄谷 2018）と空間的特徴（近藤・柄谷 2016）を明らかにした。ここで十分に分析できなかったのが、田中（2011）が

いう生活圏の拡張が「自主住宅移転再建」においても展開されていたか否かである。居住移動を点と点で移転を捉えるのではなく、生活圏という空間軸で居住の流動と復興の関係を説明する研究を行い、南海トラフ地震の復興への備えに活かしてことが残された課題である。

5.3.4　令和 6 年能登半島地震（2024 年）

令和 6 年能登半島地震の被災地では鶏と卵の問題に直面している。行政は「戻るか否かの意思表示をしてくれないと、インフラ復旧はできない」と言い、住民は「インフラ復旧してくれないと戻れないじゃないか」という。米国ハリケーン・カトリーナでも同じことがあった。ニューオリンズ市長主導の復興計画委員会は地域の活力を示したところからライフラインや学校を再開させると周知し、「鶏と卵」問題を地域にゆだねて、行政は責任を放棄している。「鶏と卵、どちらが先か」は広域巨大災害の被災地が直面する課題であり、この事態は南海トラフ地震でも同じことが必ず起こる。ニューオリンズ市では住民の帰還に関する意思を集約し、生活施設を集約して地域の結節点をつくりまちの復興につなげていった（近藤 2020）。しかし、これは地域単位の人口定着を前提とした復興戦略に留まっており、南海トラフ地震ではこれが通用しない。

5.4　おわりに：人口減少流動社会という社会文脈に適応できる復興計画学の変革を

南海トラフ地震の被災地では、東日本大震災や令和 6 年能登半島地震と同様に広域圏での復興計画が必要であった／必要である。事後に策定を開始するのではなく、事前復興として広域圏復興計画の検討を進めていかなければならない。超広域巨大災害では市町村単位の人口回復・定着を目標にしない復興計画が求められる。現在のところ、東日本大震災での広域避難者の研究の視点は令和 6 年能登半島地震でも踏襲されている。しかし、地域の持続性の論理を変えなければならない、奥能登や南海トラフの被災地に対しては、広域避難「者」をいかに支援するかにとどまらず、彼らが地域とどのようなつながりを保ちたいかを捉え、それを地域復興の力にしていけるような公的介入を模索すべきだ。

2025 年 3 月末に公表された南海トラフ地震の新被害想定では、災害関連死が約 5 万人と推計された。事前に被災疎開先を確保し、今からその場所を行ったり来たりして、スムーズに仮住まいに移行できるようにしていく準備を整えることはできないか。能登半島地震では仮設住宅としてトレーラーハウスやムービングハウスなどが登場した。これらの移動型住宅が本領を発揮するのは地域復興期ではないか。住宅の再建や本格的な修繕をする決断ができなくても、自分の土地に移動型仮設住宅を設置し、行政による最低限のインフラを回復しながら、そこでの生活をいかに持続させていくかゆっくりと検討

していくことが求められている。

【参考文献】

神戸市企画調整局（2004）:「神戸市統計報告特別号：神戸市人口、震災前人口を超える」https://www.city.kobe.lg.jp/documents/11377/sinsaimaekoeru.pdf（閲覧年月日：2025.04.02）

石川県（2024）：石川県創造的復興プラン概要 https://www.pref.ishikawa.lg.jp/fukkyuufukkou/souzoutekifukkousuishin/fukkouplan.html（閲覧年月日：2025.04.02）

北陸圏広域地方計画協議会（2024）：北陸圏広域地方計画中間とりまとめ素案 https://www.hrr.mlit.go.jp/tiiki/kokudo/keikaku3/tyuukan/01_soan.pdf（閲覧年月日：2025.04.02）

北陸圏広域地方計画推進室（2024）：令和６年度第２回北陸圏広域地方計画有識者懇談会　資料２ https://www.hrr.mlit.go.jp/tiiki/kokudo/keikaku3/kondan6/02.pdf（閲覧年月日：2025.04.02）

山崎寿一（1999）：被災疎開にみる被災地と農村、地方の関係－被災地からの児童、生徒の転出状況調査、阪神・淡路大震災調査報告　都市計画・農漁村計画、pp.455-461、日本建築学会

山崎寿一（2011）:「想定外」は通用しない、地域と歴史からの教訓と課題、農村計画学会誌、30（1）、pp.15-16

田中正人（2011）：集団移転事業による居住者の移転実態とその背景－新潟県中越地震における長岡市西谷地区及び小高地区の事例、日本建築学会計画系論文集、第76巻第665号、pp.1251-1257

石川永子、池田浩敬、澤田雅浩、中林一樹（2008）被災者の住宅再建・生活回復から見た被災集落の集団移転の評価に関する研究－新潟県中越地震における防災集団移転促進事業の事例を通して、都市計画論文集、No.43－3、pp.727-732

須沢栞（2021）：複線型復興プロセスに向けた東日本大震災における遠隔地避難者への居住支援に関する研究、東京大学博士論文　https://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/record/2006155/files/A38005_abstract.pdf（閲覧年月日：2025.04.02）

外栁万里・広田純一：「遠隔地避難者向け災害公営住宅のコミュニティ形成支援の実践と課題－岩手県盛岡市『南青山アパート』を事例に－」日本災害復興学会論文集、Vol.20、pp.10-19、2022年.

古部真由美（2018）：復興曲線からみた東日本大震災の県外避難者、災害復興研究 Vol.9、pp.47-56、関西学院大学災害復興制度研究所

広田純一（2023）：農山漁村集落の持続的発展における拡大コミュニティの形成に関する

計画論的研究、科研費報告書　https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-18K19244/（閲覧年月日：2025.04.02）
川副早央里(2022):原子力災害後の生活再建と二拠点生活－近距離避難地域に着目して、地域社会学会年報、第34集、pp.60-71
近藤民代・柄谷友香（2016）：東日本大震災の被災市街地における自主住宅移転再建者の意思決定と再建行動に関する基礎的研究，日本建築学会計画系論文集，81 巻，719 号，p. 117-124
近藤民代，柄谷友香（2018）：東日本大震災5年までの自主住宅移転再建者の意思決定と満足度の関連要因，日本建築学会計画系論文集，83 巻，747 号，p. 917-927
近藤民代(2020)：米国の巨大水害と住宅復興：ハリケーン・カトリーナ後の政策と実践、日本経済評論社

６．復興するのか、しないのかが判断される時代

澤田雅浩

要約　2004 年の新潟県中越地震は、過疎・高齢化が進む中山間地域に甚大な被害をもたらし、従来型の復興のあり方に新たな視点を投げかけた。原型復旧に加え、地域の持続可能性を重視した「創造的復旧」が提唱され、行政は「地域復興」を重要施策として位置づけており、住宅再建だけでなく、コミュニティの再生や生業の回復を含む暮らしの再建が重視され、復興基金や中間支援組織の活用により、地域住民の主体性と外部人材の連携が促進された。こうした取り組みは、台湾の社区総体営造の事例にも学びながら、地域全体を支える仕組みとして展開された。一方、近年の豪雨災害では「復興できない被災地」が現れつつあり、制度的・人的支援の不足や再災害による打撃が復旧を困難にしている。また、災害リスクの高い地域に対策を施すことで脆弱性が覆い隠され、再び居住が進む「復興してしまう被災地」の課題も浮上している。南海トラフ巨大地震を見据え、復興の定義と方向性を地域に応じて多様に設定し、地域の自立性と持続性を支える施策が不可欠である。復興は単なる復旧ではなく、地域の未来を見据えた再構築であることを災害後の計画で十分考慮することが必要である。

6.1　過疎が進む地域での復興はどう評価されるのか

6.1.1　復興ビジョンに込める期待

新潟県中越地震は、いまだ全国的には人口減少社会が到来する以前から過疎化高齢化が進展する中山間地域の集落に甚大な被害を及ぼした。自然災害からの復旧は、原型復旧を原則としながら住宅再建、地域復興を図っていくことが当たり前であった状況でも、過疎が進行する地域でそれだけの事業が合理的なのかどうかについては意見の分かれるところであった。しかし、例えば当時の山古志村長である長島忠美は、全村民の村外被害を決断しながらも、震災から半年後に長岡市との合併を控え、急ぎとりまとめた山古志復興ビジョンの中では「中山間地域の再生」を訴え、「日本の原風景」の大切さを世間に訴えることで、そういった論を、復興に向けてさまざまな工夫を講じるようなベクトルへと周囲の意向を整理していった[1)]。

新潟県も、新潟県中越大震災復興ビジョンの中で、「創造的復旧」をキーワードとして掲げたうえで、10 年後の 2 つのシナリオを示した。そこには、原型復旧に巨額の予算を投じたものの、それだけでは地域再生は進まず、活気の失われた限界集落がそこに残されるだけ、というワーストシナリオも明示された。一方で、地域住民の主体性を育み、外部人材の積極的な関与、そしてそれを円滑にするインフラをはじめとした環境整備が、地域の実情に合わせた形で講じられることにより、人口減少が進む中でも持続可能性の

高い状況を獲得することができた、というのが良いシナリオとして位置づけられた。少なくとも行政が担う災害復旧事業については、良いシナリオに沿って進めることが暗黙の了解となった。その意味において、南海トラフ巨大地震の被災想定自治体が現在どのような総合計画を有し、例えば集落消滅が危惧されるような地域に対してどのような施策を講じてきたのか、講じようとしているのか、そしてその実施体制はどのように構築されているのかを見ておくことが一つの参考になると思われる。

6.1.2　地域復興、という考え方

自然災害の被災地において、阪神・淡路大震災を契機として「被災者」への支援の拡充が進められてきた。中越地震の被災地では、生活再建支援制度の活用が具体化し、その適用プロセスにおいて、制度上の上積み・横出しが行われた。具体的には住宅本体の工事費用への支出が認められたり、多世代居住世帯に対する世帯分離の適用、さらには収入要件の緩和などである。また、甚大な被害が集中した集落部は高齢者も多く、再建の経済的負担が大きくなることを見越して、中山間モデル住宅の開発と提供、さらにはそれに対しての各種財政的支援策も用意されたりした。これらは、住まいを失ったことで復興の一歩を踏み出せない被災者を支援するものとして役割を果たすことになるし、その重要性は阪神・淡路大震災の教訓や海外の事例などを見ても明らかである。これまでは私有財産の直接支援は控えられてきたが、その傾向が変化したのが中越地震である。しかし、住まいの再建だけでは生活そのものの再生には繋がらない。農地等、生業の回復も必要であるし、やはり近所との関係、まさにコミュニティの再生とともに復興がなされることになる。そのことをこれまでの過疎対策、中山間地対策、農業振興策等を通じて理解していた新潟県は、復興を進める際、「地域復興」を重要施策の一つとしてか掲げた。個々の被災世帯が住宅を再建したり、公営住宅に入居したりする、といった住まいの再獲得、を施策のゴールにせず、その先の暮らしの再生へとその射程を延長したのである。

その結果、新潟県は、集落再建支援チームを結成し、被災した集落を訪問し、地域の主体的な復興に向けた取り組みを積極的に支援することになった。また、避難生活以降、多くのボランティアが被災地を支えていたが、そこから派生して集落の復興に向けたやる気を引き出しつつあった組織とも連携し、ニーズをタイムリーに捉え、支援するべく新潟県中越大震災復興基金のメニューを拡充していった。

復興基金のメニューは、集落を対象としたものも多かった。例えば地域コミュニティ再建（ソフト事業）というメニューでは、地域の祭礼行事の再開に対して、その費用の10/10を支援対象とした。多くの地域で、住民だけでなく、地域を離れた関係者、そして震災を契機に関わりを持つようになった外部の人々がその後も良好な関係を構築できるような環境づくりに寄与している。こういったメニューの意義は、1999年に発生した台

湾 921 地震の復興プロセスにおいて、社区総体営造というキーワードのもと、集落単位で臨機応変な支援が基金によって支えられていた構造を参考にしたものであるが、地域全体を支える仕組みによって結果として地域内の各世帯、各個人が支えられる状況を作り出す、ということは、たとえ震災後人口が大きく減じることになったとしても、地域で暮らし続けられる状況をなるべく持続可能なものとするために重要であることが明らかとなった。

被災地では、被害を受けた公共施設、都市施設の復旧は公的セクターが予算を確保し、事業主体となって進めることになる。その利益は被災地に暮らす人々にとって大きいが、復興へ向けた足取り、という点から見ると、あくまで受動的なものである。つまり、そのプロセスにおいてはほぼ地域の主体性は発揮されない。人口減少下でも従前の地域の暮らしを再獲得してこうとするならば、地域の主体性を再獲得するような環境、そしてそれを自律的な地域持続の仕組みへと展開していくような施策がより一層重要になるし、それができないのであれば、どれだけ施設の復旧に資金を投じたとしても、その結果は新潟県中越地震復興ビジョンが示した、避けられるべきシナリオに沿うことになる。

つまり、もし地域の復興を目指す、ということであれば、特に南海トラフ巨大地震の被災地のうち、都市部以外については、国や府県、市町村による災害復旧事業の重要性もさることながら、被災者、そしてその被災者を支えることになるコミュニティの自立性、自発性を再度獲得し、拡大していけるような施策が欠かせないのである。台湾では、震災での被害を受けたあとに集落に NPO 等の支援が手当されたし、中越地震でも震災後立ち上がった組織による支援が行われた。一方で、阪神・淡路大震災の被災地では、震災前からまちづくり協議会の仕組みが構築され、さらにはその支援体制が市によって構築され、まちづくりの専門家の関与も進められていた。そういった、震災前の取り組み、体制がどのような状況にあるのかもきちんと踏まえておくことが、地域復興をよりよいものにしておくために重要となる。その点において、南海トラフ巨大地震の想定被災地の中で、過疎高齢化がすでにかなり進んでいる地域については、まさに地域で復興に取り組むはずであった世代が後期高齢者となることで、その可能性が縮まっていくなかでの被災する可能性がある。実際、能登半島地震の被災地は、新潟中越地震の被災地の状況に似ているところがあるが、何よりも異なっているのは、地域で暮らす世代が高齢であることである。中越地震の地域復興を当初支えたのは、50 代から 60 代である。それが 70 代から 80 代となっている感がつよい。そうすると、なにか主体的に取り組む、もしくは受援力を発揮することで関係人口の支えを得る、という取り組みをいわゆる復興初期に積み重ねることがより一層困難となっている。その場合、地域を閉じていく、もしくは復興しない、という判断が当事者、そして外部の判断としてくだされることもありうる。

6.2 「復興できない」被災地の出現

2004 年の新潟県中越地震の被災地では、新潟県が震災復興計画に「地域復興」を重要目標として掲げた。過疎化が進む中山間地域に位置する集落が大きな被害を受け、むらおさめも選択肢の一つとして現実性を帯びる中、日本の国土の 7 割を占める中山間地域が震災を契機になくなってしまえば、日本全体の損失になるという思いから積極的に復興を進めた。特に公共施設の復旧も国の直轄権限代行などを活用しつつ積雪期の工事停滞がありながらも迅速に進め、希望する世帯の早期の帰村を後押しした。さらに、住宅の再建、居住の再開が進む中で、中間支援組織などを活用しつつ、地域住民が主体、主語となった取り組みを積極的に支援し、暮らしの再生、暮らしの復興を進めた。その一連のプロセスにおいて、中間支援組織が地域の主体性を引き出し、行政施策の効果を高める役割を果たしたり、地域復興支援員制度によって地域に外部人材が長期間寄り添いつつ、地域資源に新たな視点を与え、他地域の人々を誘引する効果が生み出されたりした。結果、人口減少は震災以前より加速したが、後に関係人口、と呼ばれるようになる地域外に居住しながらも、頻繁に地域を訪れ、住民ともまるで親戚のような付き合い方をする人材との「本気」での付き合いによって補完していくような関係が生まれた。一連のプロセスを見つめ、支援してきた中越防災推進機構・復興プロセス研究会は震災から 10 年の節目に著した著書に「復興しない被災地はない」と銘打ち、こういった条件不利地であっても復興はできるのだ、と訴えた（中越防災安全推進機構 2015)。

しかし、近年、特に豪雨災害の被災地において「復興できない被災地」となる懸念が生じる出来事が立て続けにおきている。例えば 2017 年 7 月の九州北部豪雨で大きな被害を受けた福岡県朝倉市では、特に土砂が流入し、栽培ができなくなっている果樹園に対して、災害査定および補助金申請の書類提出が間に合わず、災害復旧事業としての果樹園再開に向けた取り組みが頓挫してしまったケースが生じた。さらには、ボランティアの手当もできなかった（社会福祉協議会が設立するボランティアセンターからは住宅等のニーズは対応できるが、それ以外のニーズマッチングが行われないこともある)。また、2018 年 7 月に発生した九州北部豪雨の被災地である佐賀県武雄市では、公設のボランティアセンターだけでなく、民間のボランティアセンターも設置され、きめ細やかで継続的な支援活動が進められたが、その被災の 2 年後、また大雨による被害を受けた。その二年間で前回浸水したエリアがミニ開発され、若い住民が新築の戸建住宅に入居した途端に被災をし、その復旧もなかなか手が回らない、という事態も起きた（図 6－1～3)。また、さらには、2021 年 7 月豪雨による球磨川の氾濫で大きな被害を受けた熊本県人吉市では、中心市街地の飲食店のいくつかで、床上浸水した状況からある程度の片付けが行われたのみで、そのまま放置された状況になっている。これはまさに、復興しようとしている地域に対して、適切な措置が行えない状況が生み出す「復興できない被災地」である。

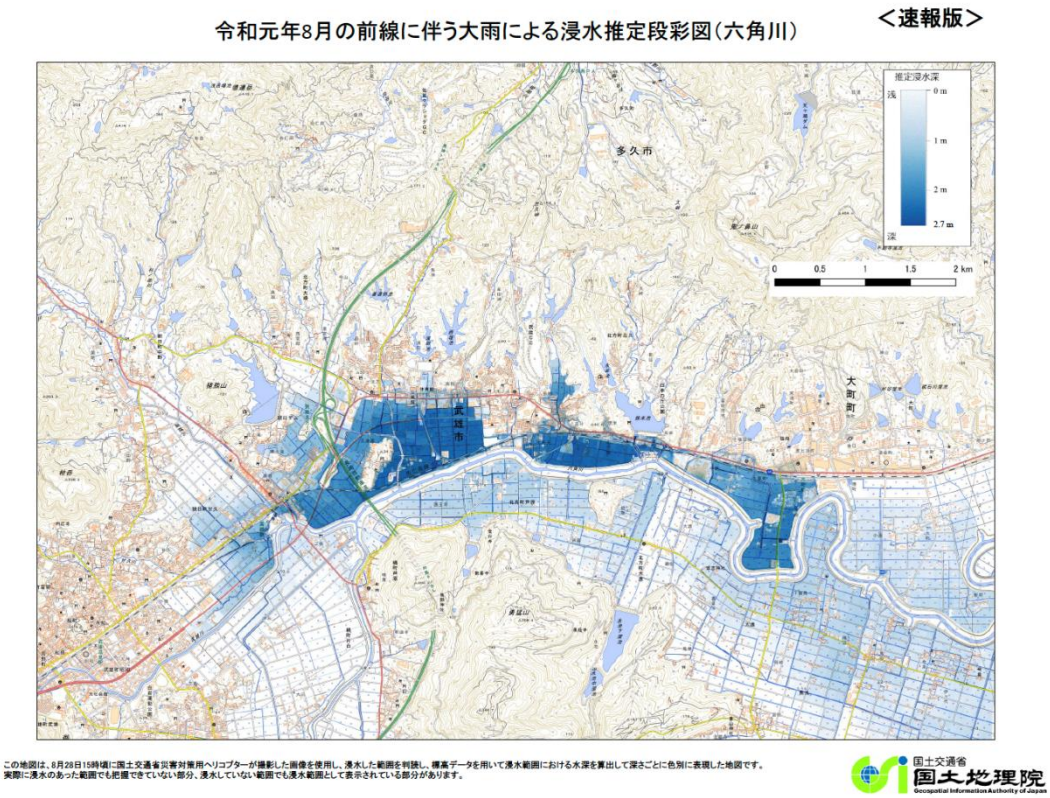


図 6－1　令和元年８月豪雨時の浸水状況

（出典）国土地理院

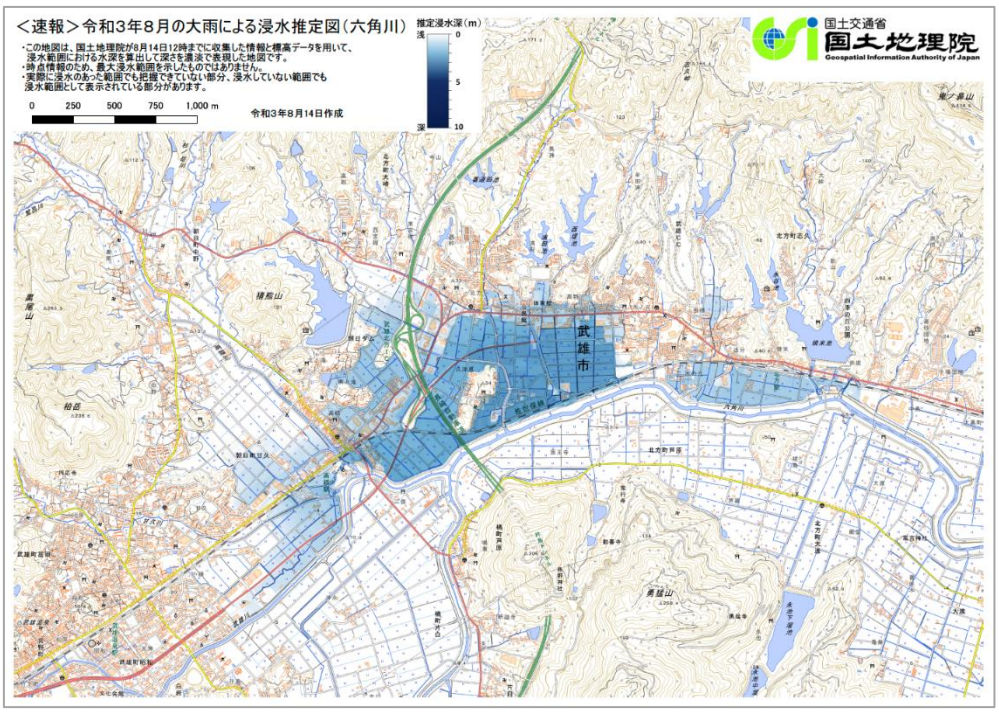


図 6－2　令和３年８月豪雨時の浸水状況

（出典）国土地理院

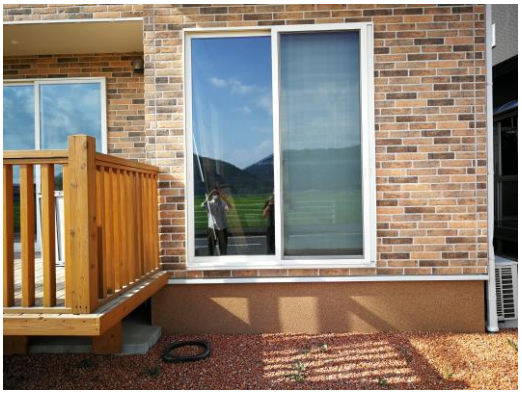


写真 6－1　災間に開発、分譲された住宅地での被害（佐賀県武雄市）

この状況を宮本（2019）は、「復興しよう」「再建を支えよう」という姿勢が見られない事例が増えている、と指摘している。さらには矢守（2020）はそれを受けて「災害復興のパラダイムシフト」が起きている、と整理している。そこでは、Build Back Better という国連防災会議で採択されたスローガンは「元通りにしようとすればできる」時代の復興のあり方ではないか、と指摘し、Save Sound Shrink という概念を提起し、たとえ集落から人の姿が消えるとしても被災者の生が楽着していくことを良しとしていくような時代が訪れているのではないかと問う。その意味において、今後発生することが想定されている南海トラフ巨大地震の被災地における地域復興が、何をもってして復興とするのかのコンセンサスが十分に得られないままに、とりあえず復旧、とりあえず復興を、災害復旧事業という公共事業をエンジンとして推進するだけでは、多くの資金を投入したにもかかわらず復興しない、復興できない地域を数多く生み出すことになる。元通りに戻せないのであれば復興に取り組まない、という姿勢が産官学民あまたに共有されてしまうことによる被災地復興の負のスパイラルの出現である。この様子は、2004 年に発生した新潟県中越地震の復興に際し、いち早く新潟県が設置した震災復興ビジョン懇話会（2005）が明らかにした「新潟県中越大震災復興ビジョン」に収められた「2 つのシナリオ」のうち、ワーストシナリオ、とされるもので記述されている状況を更に深刻化させたものともいえる。

6.3　「復興してしまう」被災地の課題

一方で、これまでの災害による被災地の殆どがそうであったように、自然災害で受けた被害に対しては、原則原型復旧、場合によっては改良復旧で元通りに戻す、ということが結果的に地域がもともと持っていた脆弱性をさらに覆い隠す形でそこに生活基盤を再度構築することになる、というケースもある。例えば秦（2020）は浸水想定区域内人口は 1995 年以降一貫して増加していると指摘している。自然災害リスクがあっても、十分な災害対策が講じられると信じる、もしくはそれを考慮しない、ことでそういった

エリアへの居住が進んでいく。しかし、そこで想定外の災害による被害が発生すれば、そこの住民の生活再建は極めて困難な道程となる。二重ローンによる影響も発生するかもしれないし、経済的余力がない世帯が公営住宅を希望し、生活環境の質を低下させることになるかもしれない。実際に、佐藤ら（2021）によれば、兵庫県沿岸部に居住する住民は、自分自身が住宅を取得する際に、利便性が高ければ自然災害リスクがあっても購入するとの回答は全体（N=1000）の 3.7%にとどまったが、利便性と自然災害リスクの頻度と程度のバランスを考えて購入を検討するとの回答は 36.3%である。これは、自然災害で被害を受けた場合にも、その被害を踏まえて行われる災害復旧、もしくは今後の防災対策事業によって再現される可能性がある。これは、結果として、復興しない、復興できない、という問題の他に、リスクがもともと高く、コストを要する対策によってのみ居住が継続可能な地域への再定住を促すという「復興してしまう」被災地も同時に発生しうる、という問題の存在を明らかにしている。

例えば、平成 26 年豪雨災害で大きな被害を受けた広島市安佐南区八木地区では、復興まちづくりビジョンの中で、砂防堰堤の構築による安全性の確保の方針が示され、被災エリア広範に渡り多くの事業が進められた。その結果、当該地域は市街化区域のままとなり（図 6－3）、さらには災害以前は土砂災害特別警戒区域であったエリアも土砂災害警戒区域へと変更されている（図 6－4）。結果として対策を講じる事によって、その土

図 6－3　被災エリアの逆線引きは行われない

（出典）広島県

地元来の災害時の脆弱性を見えなくし、気候変動の影響などによるより一層の豪雨災害が発生した場合には前回の被害を超える被害が発生する可能性が少なからずあるエリアを、居住地域から除外することなく再生してしまう、という状況もありうる。災害以前より、広島県では、土砂災害の危険性が高く、土地利用強度の低いエリアに対して逆線引き（市街化調整区域への指定替え）を進めようとしてきた（図 6－5）。その方針に従えば、激甚被災エリアは最もその対象として適している。しかし、周辺の既成市街地の安全性を向上させる対策が講じられた結果、その土地の危険性が低下し、災害前まで指定されていた土砂災害危険区域が解除されている。その影響として、当時土石流の発生で甚大な被害を受けた世帯の多くはその土地を離れ、より安全な場所で住まいや暮らしの再建を進めたが、その土地の上流部に砂防堰堤が完成した現在、不動産開発業者による土地の取得、住宅の建設販売が行われている（写真 6－2）。

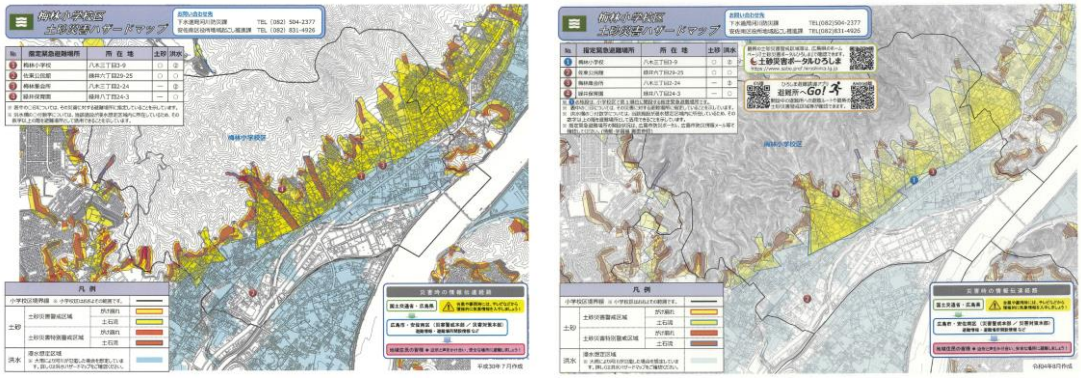


図 6－4　災害前後のハザードマップ

図 6－5　広島県における逆線引き推進に関する広報資料

（引用：広島県）

写真 6－2　平成 26 年豪雨災害で被害を受けた広島市安佐南区八木地区での住宅新築の様子

（出典）筆者撮影

これらを考慮した、被災エリアそのものの復旧・復興を考える際に、被害を受けなかったエリア、周辺自治体、さらには国全体での対応策を十分に吟味することなく、現場主義ですべての判断を下してしまえば、まさに復興しない、復興できない、復興してしまう、という、最も望まれない形の状況が被災地全体に発生することになる。

【参考文献】

公益社団法人中越防災推進機構　復興プロセス研究会（2015）:「中越地震から 3800 日 復興しない被災地はない」、ぎょうせい

宮本匠（2019）:「人口減少社会の災害復興の課題 ： 集合的否認と両論併記」、災害と共生、3(1) p.11-p.24

矢守克也（2020）:「災害復興のパラダイムシフト」、日本災害復興学会論文集、No.15、pp.37-45
震災復興ビジョン懇話会（2005）:「新潟県中越大震災復興ビジョン」
秦康範ほか（2020）:「洪水浸水想定区域の人口の推移とその特徴」、災害情報、18 巻 2 号、pp.165-168
佐藤敬生ほか（2022）:「事前復興対策としての二地域居住政策の可能性について」、日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集 20 (0)、pp.41-44
長島忠美・伊藤玄二郎(2017) :「山古志に学ぶ震災の復興」、かまくら春秋社
中越防災安全推進機構　復興プロセス研究会(2015) :「中越地震から 3800 日　―復興しない被災地はない―」、ぎょうせい

7．復興を支える情報通信インフラの要件と防災 DX の課題

廣井　慧

要約　災害時の通信は災害時の状況把握・警報・救助調整を支える重要な役割を担う。しかし大規模災害になるほど停電や設備の損壊などによる復旧に多くの時間がかかる。こうした復旧の長期化、難化は復興を支える情報通信インフラ、その情報通信インフラを必須とする情報システムの稼働にも影響する。この影響は防災 DX が発展するほど大きくなると考えられる。本稿では、情報通信インフラ復旧の困難さが復興に与える影響を初動の遅延と被害への影響、情報共有の阻害、生活再建の遅延と格差拡大、地域経済とコミュニティ再生の遅延という 4 つの観点から分析し、復興を支えるための情報通信インフラと防災 DX のあり方について検討した。防災 DX を実効性あるものとするために、①衛星・メッシュネットなど冗長経路を常設し発災直後から最低限の疎通を自動確保するネットワーク設計、②被災規模や人口動態に応じて通信容量と DX サービスを段階的に再配置する復旧ロードマップ、③クラウド商取引や遠隔行政・医療を先行稼働させ経済・生活支援を途切れさせない仕組みの構築、④教育・住宅再建など複数分野で再利用可能な共通モジュールを備え地域特性に応じて柔軟に拡張できる DX 設計が必要であると考えられる。

7.1　災害対策における情報通信の役割

災害発生時において、通信は状況把握、救援活動の調整、警報伝達、住民の安全確保、そして心理的支援に至るまで、あらゆる局面で生命線としての役割を担う。通信機能の麻痺は、緊急対応の遅延や非効率化を招き、人命救助や被害軽減の妨げとなり得る。非常時における通信の復旧は何よりも迅速に行われることが最大の要件であり、そのために情報通信は、第一に、発災直後でもネットワークが最低限つながるよう疎通性を常に確保しておくこと。第二に、津波や地震で損壊した基地局・ケーブルをできるだけ早く復旧できる体制を整えること。第三に、万一主要回線が途絶しても衛星回線やメッシュネットなどの代替手段で通信手段を提供できる冗長性を持たせること。第四に、停電や輻輳、設備の損壊に耐え得るよう冗長化、分散化、耐震化、ルーティングなどの機能を備え、高信頼な通信システムを平時から設計しておくことが重要となる。

しかし、震災など大規模な災害時には設備の損壊を免れることは難しく、東日本大震災や令和 6 年能登半島地震をはじめとする近年の大規模災害は通信インフラの脆弱性と、変化し続ける通信ニーズへの対応の重要性を繰り返し浮き彫りにしてきた。これらの経験を踏まえ、災害時における通信手段の確保と効果的な活用は、国や自治体、通信事業者、研究機関にとって喫緊の課題となっている。特に、初期の災害対応が主に基本的な

電話サービスの復旧に焦点を当てていたのに対し、インターネット、携帯電話、ソーシャルメディアの台頭などデジタル通信への社会全体の依存度向上は、その範囲を大きく広げ新たな可能性をもたらす一方で、こうした依存関係の重要性をより意識した復旧と復興策が必要となってきている。

7.2　災害時における情報通信の現状

大規模災害発生時には、まず電力供給の途絶が通信システムに致命的な打撃を与える。基地局や交換局などの重要施設は機能不全に陥り、非常用バッテリーを備えていても稼働時間は数時間から数日に限られるケースが多く、東日本大震災や令和 6 年能登半島地震では電力問題が通信障害を長期化させる主要因の一つとなった。加えて、地震動や津波、土砂崩れによる通信ケーブルの切断、電柱の倒壊、基地局アンテナの損壊といった物理的インフラ被害が広範囲に発生し、固定電話・携帯電話・インターネットという主要通信手段が一斉に使用不能となる事態が想定される。さらに、多くの人々が安否確認や情報収集のために一斉に通信を試みることで輻輳が起こり、健全な回線さえつながりにくくなる 7。この際、音声通話よりデータ通信（E メールや SNS など）の方が比較的つながりやすい傾向が多くの災害で確認されている。こうした初期通信の途絶は、災害対応機関による正確な被害状況の把握を困難にし、住民への避難指示や警報伝達を遅延させるため、救助活動の初動を著しく妨げる。確立された通信システムが機能不全に陥ってから代替手段が完全展開されるまでの間にはコミュニケーション・ギャップと呼べる危険な時間帯が生じ、この間に人命救助や住民避難の成否が大きく左右される。

通信の復旧には、被災直後に最低限の疎通を回復させる応急復旧と、損壊した設備を修理・更新して通常運用へ戻す本格復旧の二段階がある。応急復旧は、代替設備を使って疎通性の確保を行うことが最優先され、近年の災害では衛星電話や可搬型衛星インターネット装置（Starlink 等）といった衛星通信が動員され、政府機関から地方自治体への貸与も実施された。さらに、避難所や公共スペースでは公衆無線 LAN「00000JAPAN」が開放され、一時的なインターネットアクセス手段として機能する。これらの代替手段にはそれぞれ利点と限界があり、災害状況に応じた組み合わせと運用が求められる。通信事業者は被災エリアの通信カバレッジを回復させるため、車両搭載型・船舶搭載型・ドローン搭載型といった移動基地局を展開する。車両搭載型は最も一般的で迅速に現地へ投入され、船舶搭載型は陸路でのアクセスが困難な沿岸部や離島に有効で、令和 6 年能登半島地震では NTT ドコモと KDDI が共同運用した。ドローン搭載型基地局は山間部などアクセス困難地域をピンポイントでカバーする新技術であり、無人航空機（UAV）を用いたメッセージ収集点の最適化研究も進められている。これら移動基地局は被災状況や地理的条件に応じて柔軟に運用され、応急的な通信確保に大きく貢献している。

また、情報通信インフラの上で動作する災害情報システムもまた、近年大きな発展を

遂げている。総務省によると、災害時に利用される情報システムやサービスは 60 種類以上にのぼり、緊急速報メール、L アラート、SNS を介した連絡手段、クラウド型安否確認サービス、災害情報共有プラットフォームなどが含まれる。これらのシステムは、災害のフェーズに応じて「情報収集・伝達」「安否確認・初動支援」「状況把握・分析」「復旧支援・業務継続」などの役割を分担しており、それぞれの目的に特化した設計となっている。たとえば、L アラートは自治体から放送局や民間メディアへの一斉情報配信を可能にし、熊本市などでの導入実績がある。また、SNS やメールは双方向の情報共有手段として、安否確認や避難誘導の場面で重要な役割を果たしている。

こうした災害情報システムの中には、AI や IoT、クラウド、GIS といった先端技術を取り入れたものも増えている。神戸市では、SNS 投稿を地図に可視化し、AI や専門家が信憑性を評価する災害情報分析システムが導入されている。東京都の防災チャットボット SOCDA では、ユーザー情報に基づき適切な避難場所や避難経路を提示する機能が提供されている。また、内閣府が推進する SIP4D は、各自治体や防災機関が収集した避難所情報や被災状況を一元管理し、関係機関が同一のデータ基盤をもとに迅速な意思決定を行えるよう設計されている。加えて、リアルタイムの被害把握には、ドローンやセンサーを用いて災害現場を 3D モデル化するデジタルツイン技術も導入されつつあり、2021 年の静岡県熱海市土砂災害では実際の土砂量把握に活用された。

さらに、復旧フェーズにおいては、被災者支援やライフライン復旧を効率化するための情報システムが展開されている。避難所の台帳作成や物資管理にはクラウド型管理システムが用いられ、南あわじ市では顔認証を活用した避難者登録が実現している。BCP 支援情報サービスやクラウドバックアップも普及しており、分散ストレージや仮想デスクトップ環境の整備により、物理的な設備損壊時でも業務継続性が確保されるようになっている。また、備蓄品の在庫管理を QR コードで行い、デジタル化によって迅速な再発注を可能とする仕組みも導入されており、災害対応のデータ損失リスクを低減する。これらの情報システムは、通信インフラの早期復旧と並行して、被災直後から復旧初期にかけての円滑な行政・医療・物流の再稼働を支える基盤となっている。

7.3　主要な課題

通信インフラの復旧作業は、多くの困難に直面する。令和 6 年能登半島地震が顕著に示したように、険しい地形や寸断された道路、そして大量の土砂や瓦礫は復旧作業班や重機のアクセスを著しく妨げ、遠隔地や孤立地域への機材および燃料の輸送を大きな課題とした。これらの地理的・ロジスティックな障害は、作業時間の伸長とコスト増大をもたらし、通信復旧の初動を鈍らせる要因となる。

情報通信の復旧は道路や電力と密接に相互依存しており、通信事業者、電力会社、道路管理者、地方自治体、国など多様な主体間での効果的な連携調整が不可欠であるが、

実際にはその調整がしばしば複雑さを伴う。「生活インフラと道路を一体で復旧すべき」との提言や、能登半島でのアクセス難は、このボトルネックが顕在化した例である。復旧に必要な物資の調達や輸送も同様に大きな課題となる。道路が復旧されていない場合には輸送は困難を極め、電力が回復していなければ情報通信設備のみを修理しても運用を再開することができず、これらは重大な制約となる。加えて、大規模な復旧作業には熟練した技術者、特殊な機材、そして十分な資金を持続的に確保することが求められる。

さらに、特殊で高度な技術を要する通信機器への依存度が高まっていることは、復旧フェーズが単なる物理的な修理にとどまらず、ソフトウェア定義ネットワークの復元と急速に再建されたシステムのサイバーセキュリティ確保をも意味する。これは従来の復旧計画では過小評価されている可能性のある課題である。現代の通信ネットワークはケーブルや鉄塔だけでなく、高度なソフトウェアと制御システムを含んでいる。物理的な復旧に焦点が当てられがちな一方で、急速に展開または修復されたシステムの基盤となるソフトウェア設定とセキュリティは極めて重要であり、その確保が遅れれば復旧後のネットワークは新たな脆弱性を抱えることになる。

前節で紹介した災害情報システムの多くも、こうした情報通信インフラの復旧状況に大きく左右される。クラウド型の安否確認サービスやリアルタイム状況把握システム、SNS 等による情報共有手段の多くは、携帯電話網やインターネット回線といった基盤通信が確保されて初めて機能するため、通信環境が不安定な状態では十分に活用できない。同様に、自治体や災害対策本部が利用する情報集約・分析システムや共有プラットフォームも、被災地内外の通信ネットワークへの依存度が高く、安定した接続環境が前提となる。つまり、情報システムの運用は、物理的・電力的なインフラの制約に対して脆弱性を内包しており、情報通信インフラの復旧と連動する形で、その有効性が段階的に回復していくという特性を持つ。

7.4　情報通信インフラ復旧の困難さが復興に与える影響

情報通信インフラ復旧の困難さが復興に与える影響については、次のような点が想定される。近年、防災 DX の進展により被害把握や資材調達、行政手続きなど多くのプロセスがネットワーク上で最適化されつつあるが、災害直後は回線そのものが途絶するか、応急復旧の容量・品質が限定される場合が多く、その制約が復興局面でも尾を引きやすい。

初動の遅延と被害への影響――通信の途絶は被災状況の迅速な把握を妨げ、救助活動の開始や支援物資の配給を後ろ倒しにする。特に道路が寸断される山間部や悪天候下の離島では、通信復旧が遅れるほど人命救助や初期対応が遅延し、被害が拡大する危険性が高まる。

情報共有の阻害――通信インフラの復旧が遅れると、政府機関、自治体、医療機関、

インフラ事業者、ボランティア団体など多様な主体間での情報共有が滞り、連携した復旧・復興活動が難航する。送電線や道路の復旧工程と通信局舎の復旧工程は本来並行調整が必要だが、リアルタイム共有が不十分なままでは優先順位の調整や資材の融通が後手に回り、全体工程がずれ込む。

生活再建の遅延と格差拡大――避難所から自宅への移転、罹災証明・給付金のオンライン申請、雇用・学習機会の確保、遠隔医療やカウンセリングなど、被災者の生活再建プロセスは通信基盤が本復旧して初めて本格稼働する。高齢者、外国籍住民といった情報アクセスにハンディキャップを抱える層は支援制度や申請方法そのものに到達できず、孤立や経済的困窮が長期化する恐れがある。こうした格差が固定化すれば、福祉コストの増大やコミュニティの分断を通じて復興全体の速度と質に負の影響を及ぼす。

地域経済とコミュニティ再生の遅延――企業の受発注管理、キャッシュレス決済、クラウド会計、観光情報の発信が停滞すると、サプライチェーンの再構築が進まず需要と供給のギャップが長期化する。地元企業は一時的な売上減にとどまらず恒常的に取引先を失うリスクを抱え、雇用や税収の回復も鈍化する。また、SNS やオンライン会議が使えない状態が長引けば、自治会や商工会といった地域組織の再起動が遅れ、住民同士の支え合い活動やメンタルケアの場が成立しにくい。

以上のように、通信復旧の遅延は「初動対応」「連携調整」「生活再建」「経済・コミュニティ再生」という復興の主要フェーズに連鎖的な影響を与えうる。今後は、広域的かつ段階的に耐えうる通信ネットワークの多重化と、部門横断的な優先復旧ルールの整備を平時から進めておくことが不可欠となる。

7.5　防災 DX が復興をどう支えるか

防災 DX の核心は、高レイヤの情報システムを設計・運用する一方で、平時から「非常時でも必ず最小限の疎通を確保できる通信ネットワーク」を前提条件として整えておくことにある。先に示した方針――①発災直後でも最低限つながる疎通性の常時確保、②損壊した基地局・ケーブルを迅速に復旧できる体制整備、③主要回線が途絶しても衛星回線やメッシュネットで冗長経路を確保、④停電・輻輳・物理損壊に耐える冗長化・分散化・耐震化・ダイナミックルーティング――をネットワーク設計の基盤に据えることで、防災 DX 上位レイヤの機能が初めて生きる。防災 DX を機能させる第一条件は、南海トラフ巨大地震のように通信設備が広範に損壊する規模の事態でも、発災直後に自動で最小限の疎通を確保できるネットワークを平時から整えておくことにある。基地局や光ケーブルが断たれても、衛星回線・メッシュネット・可搬型基地局などが即時に代替経路を形成し、音声や基本データの通信を途切れさせない設計と訓練を事前に行う。こうした下位レイヤの冗長化・自動復旧体制が確立していてこそ、上位レイヤの DX サービスが継続し、復興への移行を早めることができると考えられる。

ふたつめは、複数の被災シナリオや長期の復興シナリオに基づいて復旧策を練っておくことである。通信設備を早期に復旧できれば、そのぶん復興段階への転換も前倒しできる。防災 DX が進み、行政処理・業務・コミュニケーションの多くがデジタルへ移行するほど、この効果はいっそう大きくなる。具体的には、情報通信インフラと情報システムについて、被災シナリオに応じてどこがどの程度損壊しうるか、どのような復旧策を展開すべきかを洗い出し、復興シナリオごとに被災直後から年単位にわたる詳細な回復シナリオを策定しておく必要があると考える。被災者の移動や行動の変化に合わせ、必要な通信容量やサービスを段階的に再配置できる計画を用意しておけば、「初動対応」「連携調整」「生活再建」「経済・コミュニティ再生」を通信面から継続的に支えられる。つまり、人口移動や状況、産業復旧に応じて生活を下支えできる防災 DX を設計しておくことが望ましい。

みっつめは DX の可能性として、DX を導入することで、被災地の産業は「既存流通を補う」段階を超え、デジタル上に先行して新しい経済循環を構築するという選択肢を持てる。たとえばクラウド型 EC を活用すれば、復旧途中の店舗や作業場でもドロップシップ型の販売が可能になる。地元生産者はリアル店舗や倉庫が復旧していなくても、外部のフルフィルメント拠点や提携工場から直送する形で商取引を再開できる。結果として DX で復興が先行し、リアルのサプライチェーンが後追いで整うプロセスを実現でき、災害直後に生じやすい経済的な隔離状態を回避できる。売上情報やロイヤルティ管理をブロックチェーンやスマートコントラクトに紐付ければ、最終的な収益を地元事業者・自治体・復興基金へ直接還元する仕組みも設計でき、外部販路拡大と「地場にお金が回る仕組み」の両立が可能となる。 このように、DX は単なる産業復興のサポートではなく、被災地経済をデジタル先行で再構築し、後からリアル世界が追随するという戦略を取れる点に最大の可能性がある。

しかし、このモデルを持続させるには、DX だけでなく周辺環境の整備を同時に進める必要がある。第一に、地元事業者と外部の物流・決済サービスとの収益配分を事前に取り決め、ロイヤルティが域外へ流出しない仕組みを用意すること──たとえば、取引の都度、売上の一定割合を自動的に地域復興基金へ還元するスマートコントラクトを実装しておく。第二に、外部マーケットへの出品やプロモーションを誰が担い、データ・ブランド・顧客情報をどの範囲で共有・保護するかを明文化し、地元の小規模事業者でも参加しやすいガイドラインを整備することが欠かせない。第三に、リアル店舗や生産設備の復旧が進んだ段階でデジタルと物理の流通をどう統合し、売上・雇用・域内消費などの指標をいつどのように切り替えるかを、地域・行政・事業者が継続的に共有・更新できる仕組みを設ける必要がある。

最後に、防災 DX は、①住民参加型の住宅再建・土地区画整理、②地元中小企業を巻き込んだ地域 EC や遠隔就業支援による産業・経済の再活性化、③仮設住宅や在宅環境

でも継続できる教育・人材育成、④慢性疾患管理やメンタルヘルスを遠隔でフォローする医療ネットワーク常設化などといった複数分野で、比較的低コストに実現できる可能性を持っている。このような他分野にわたってそれを実現するためには、多くの地域に適した形態で運用できる利活用可能性を担保する必要がある。たとえば、他分野であっても同じ機能を共有できるシステム的なしくみは導入コストを削減するうえで重要であるし、ある地域で必要のなかった機能が他地域では必要とされた場合、柔軟に機能を追加できる拡張可能性を持った構成であることが望ましい。こうした設計思想をもった、限られた資源でも多様な地域課題を横断的に支え、復興プロセスの進展に合わせて機能と費用を無理なく最適化していくことで防災 DX が復興を支える可能性を持ち得ると考えられる。

【参考文献】

情報通信審議会(2024):「大規模災害発生時における通信サービスの維持・早期復旧のために今後取り組むべき対応の方向性」、
https://www.soumu.go.jp/main_content/000976895.pdf
ショウラジブ・Brett Peary・出田愛,竹内裕希子(2012):「教訓ノート 3-2 3 緊急対応 災害時通信」,World Bank
総務省(2024):「情報通信白書令和 6 年版」
総務省(2021):「大規模災害時における通信確保等に関する取組み」, 耐災害 ICT 研究シンポジウム 2021
「衛星移動基地局車で被災地へ 東日本大震災の避難所で、移動体通信を提供」,ソフトバンクニュース, https://www.softbank.jp/sbnews/entry/20110914_01, (アクセス 2025.3)
株式会社野村総合研究所(2024):「災害時における真偽判別の難しい情報の伝搬傾向と期待される各ステークホルダーの対応・対策」,総務省デジタル空間における情報流通の健全性確保の在り方に関する検討会
総務省(2017):「平成 29 年版情報通信白書」
総務省(2016):「大規模災害時の非常用通信手段の在り方に関する研究会報告書～ＩＣＴによる災害医療・救護活動の強化に向けた提言～」
「災害時の問題解決をスピードアップ！防災にテクノロジーを活用した事例 5 選」,https://senyou.the-issues.jp/blog/blog/災害時の問題解決をスピードアップ防災にテクノロジーを活用した事例 5 選, (アクセス 2025.3)
「防災 DX とは？メリットや課題、国・自治体の取り組み事例を解説」,
https://service.shiftinc.jp/column/11999/, (アクセス 2025.3)
Hanashima,M.,Usuda,Y.(2023):「Disaster information sharing technology among

heterogeneous information systems through SIP4D-ZIP framework.」,Journal of Disaster Research 18(7),PP.763-769.
「デジタルツインの防災への活用事例 5 選｜3 大メリットも解説」
https://metaversesouken.com/digitaltwin/disaster-prevention-2/, （アクセス 2025.3)
総務省：「防災・減災等に資する ICT サービス事例集」,
https://www.soumu.go.jp/main_content/000203203.pdf, (アクセス 2025.3)
国土交通省：「防災・減災、国土強靱化～課題と方向性～」,
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001471691.pdf, （アクセス 2025.3)
国土交通省：「災害復旧事業におけるデジタル技術活用の手引き」,https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001879343.pdf, (アクセス 2025.3)
耐災害 ICT 研究協議会(2024)：「災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドブック 2024」, https://www.soumu.go.jp/main_content/000986606.pdf
山路栄作(2012)：「東日本大震災における通信インフラの災害復旧とその課題」,電子情報通信学会誌, 95(3),pp.195-200.
国土交通省(2024)：「国土交通省における能登半島地震を踏まえた防災対策の推進」,https://www.bousai.go.jp/jishin/noto/taisaku_wg_02/pdf/siryo2_1_4.pdf

南海トラフ地震及び首都直下地震を対象とした
被害軽減に関する研究

南海トラフ地震部会
―停電分科会―

研究調査最終報告書

2025 年 3 月

（公財）ひょうご震災記念 21 世紀研究機構

研究戦略センター研究調査部
研　究　体　制

【メンバー】

河田　惠昭	人と防災未来センター長 (※「南海トラフ地震及び首都直下地震を対象とした被害軽減に関する研究」総括)
奥村　与志弘	関西大学社会安全学部　教授（※停電分科会リーダー）
井上　寛康	兵庫県立大学大学院情報科学研究科　教授
中林　啓修	日本大学危機管理学部危機管理学科　准教授
寅屋敷　哲也	早稲田大学データ科学センター　講師
橋冨　彰吾	名古屋大学減災連携研究センター　研究員

【研究員】

朴　　延	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構 研究戦略センター研究調査部　主任研究員
金　　恩貞	同　　主任研究員

【事務局】

行司　高博	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構研究戦略センター研究調査部長(R６年度)	
外嵜　良一	同	研究調査部研究調査課長（R４～６年度）
小平　幸生	同	研究調査部研究調査課主査（R５～６年度）
岩田　麻央	同	研究調査部研究調査課研究調査推進員（R４～６年度）
薮下　隆史	同	研究調査部長（R４～５年度）
井上　恭子	同	研究調査部研究調査課課長補佐（R４年度）

目次

第２部　長期停電に伴う被災社会の相転移（長期停電分科会　研究成果）

第１章　研究の課題と報告書の構成

1.1　研究の背景と問題意識（奥村）……1
1.2　研究の目的とアプローチ（奥村）……2
1.3　災害における「相転移」モデルの構築に向けた理論的進展（奥村・中林）……3

第２章　長期停電およびそれに発展し得る事象（令和４年～令和６年）

2.1　［事例報告：長期停電］令和 6 年能登半島地震における長期停電（橋冨）……6
2.2　［事例報告:それに発展し得る事象］令和 4 年明治用水頭首工大規模漏水（橋冨）……11
2.3　［事例報告：それに発展し得る事象］令和 4 年福島県沖を震源とする地震による電力需給逼迫（寅屋敷）……17

第３章　長期停電の発生リスクの検討

3.1　［発電所の視点］火力発電所の復旧日数予測（寅屋敷）……21
3.2　［送電網の視点］送電網の被災リスク（橋冨）……25
3.3　［復旧作業の視点］復旧作業のロジスティクス（橋冨）……31

第４章　災害関連死に見る被災社会の相転移

4.1　［事例報告］東日本大震災における災害関連死（奥村）……36
4.2　［事例報告］令和元年房総半島台風を踏まえた災害関連死の季節性リスク（中林）……43

4.3 ［事例報告］令和６年能登半島地震における災害関連死（奥村）
……51

第５章　企業生産活動に見る被災社会の相転移

5.1 ［事例報告］令和６年能登半島地震における企業生産活動（寅屋敷）
……59
5.2 計画停電と企業生産活動（寅屋敷）
……64
5.3 サプライチェーンシミュレーションの精緻化（井上）
……81

第６章　まとめ　政策提言

［長期停電に伴う相転移の発展形］将来の災害における相転移（河田）
……85

研究成果

論文（査読あり）
……89
論文（査読なし）・学会発表
……90

１．研究の課題と報告書の構成

奥村与志弘

1.1　研究の背景と課題意識

防災・減災・縮災対策の多くは、その効果が社会に浸透し、定着するまでに 10 年以上の歳月を要する。次の南海トラフ地震の発生が懸念される中、私たちに残された時間は決して多くない。その限られた時間の中で、優先して取り組むべき対策を明確にし、実行に移していく必要がある。

その優先順位を見極めるための手がかりとして、本分科会では災害に「相転移」の概念を導入することとした（図 1-1-1）。たとえば災害関連死の発生件数は、停電期間に単純比例するものではない。真夏や真冬のように過酷な気候条件のもとでは、停電が数週間継続すると、数時間の場合では発生し得ないような健康被害を引き起こし、最悪の場合、死に至ることもある。つまり、ある閾値を境にして、災害の被害様相が質的に大きく変化する「相の変化＝相転移」が起きる可能性がある。

このような視点に立てば、どのような条件下で社会が被害の拡大フェーズに移行するのか、その境界線を明らかにすることができる。それにより、被害が劇的に拡大する事態（相転移）に至らないための予防策や、相転移が発生した際に備えるための対応策を具体的に検討することが可能になる。

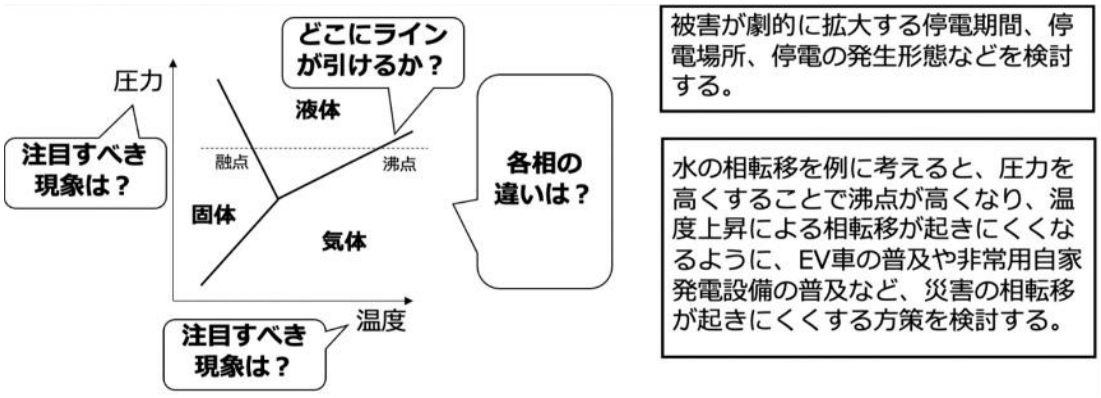


図 1-1-1 災害における「相転移」に着目するとは？

1.2 研究の目的とアプローチ

本分科会が目指すのは、以下の二点である。第一に、南海トラフ地震において、人的・社会的・経済的被害の相転移をもたらす要因を「長期停電」の視点から明らかにすることである。具体的には、被害が劇的に拡大するような停電の期間、場所、発生形態などを抽出・整理し、被害の質的な変化の引き金となる条件を探ることである。

第二に、こうした相転移を未然に防ぐ、あるいは相転移後の影響を最小限に抑えるための具体的な対策を提案することである。水の相転移において、圧力を高く保つことで沸点が上昇し、蒸発（＝相転移）が起きにくくなるように、災害における相転移を防ぐためには、EV 車や非常用自家発電設備の普及といった社会の構造的備えを強化する必要がある。

本分科会における研究の枠組みと各メンバーの役割分担は、図 1-2 に示す通りである。南海トラフ地震によって引き起こされる長期停電を念頭に、以下の 5 つの研究課題(A〜E)に沿って研究を進めている。

A. 気候変動や再生可能エネルギー導入等を踏まえた送電・発電のリスク評価（供給側）
B. アフターコロナにおける電力需要変化を踏まえた需要側の停電対応力評価（需要側）
C. 長期停電等による人的被害の拡大シナリオの検討と相転移の抽出
D. 長期停電等による経済被害の拡大シナリオの検討と相転移の抽出
E. 相転移を回避または緩和するための対策提案

本研究では、従来「災害による直接被害」とされてきた停電を、むしろ人的・経済的被害を拡大させる「誘因」と捉え直し、電力供給サイドと需要サイドの相互作用を分析するという新たな枠組みでのアプローチを試みている。

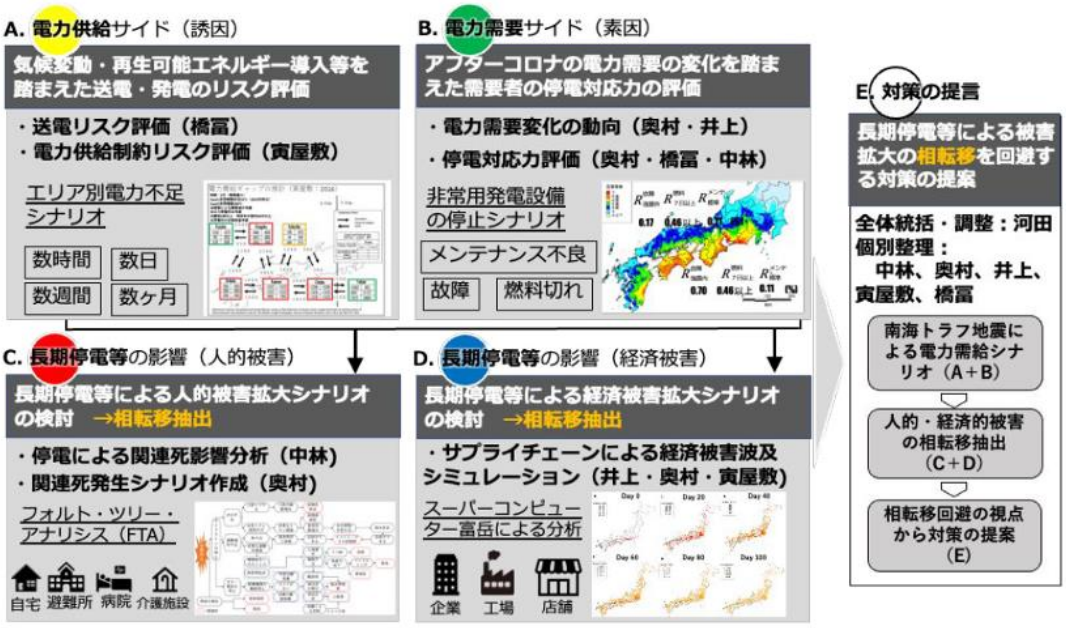


図 1-1-2　研究の枠組みと役割分担

1.3　災害における「相転移」モデルの構築に向けた理論的進展

本分科会の前身にあたるのは、公益財団法人ひょうご震災記念 21 世紀研究機構・研究戦略センター研究調査部による「南海トラフ地震に備える政策研究」（2018～2021 年度）において設置された「災害シナリオ部会」である。この「災害シナリオ部会」では、南海トラフ地震や首都直下地震のような巨大災害を、「規模（量）によって被害の様相（質）が変わってしまう災害」と規定し、災害の規模の「質的な変化点」を示すことができる事項の洗い出しを試みてきた。この過程で、この「質的な変化点」を、被害を劇的かつ不連続に拡大させる「相転移」という概念で整理した。

相転移とは、被害が不連続に、つまり急激に拡大する現象である。そのため、従来のように外力と被害量の関係をモデル化し、定量的に被害を予測するような手法だけでは捉えきれない。むしろ、「相転移」と見なすべき具体的な現象や、被害が拡大する仕組みを、複雑な社会システムの中から見出す質的な視点を加えた分析が重要となる。

そして、この質的アプローチを成立させるには、「相転移」という概念を、実際の分析に使える操作性を備えた枠組みとしてモデル化することが不可欠である。そうしたモデルがなければ、被害の急激な拡大を引き起こす現象やメカニズムを、社会の中から的確に捉えることは難しい。

その手がかりとして、自然科学分野における相転移の理解を災害研究に応用する可能性

を検討した。土屋ら注 1)は、相転移を「分子の形、分子運動、分子間相互作用の三つの微妙な協奏効果によって起こる」と論じている。本分科会では、この考え方を踏まえ、災害において発生する社会的相転移を説明するモデルを構築した。すなわち,「分子の形」は停電発生時における事業所・個人の活動様式、「分子運動」は事業所・個人のパフォーマンス、そして「分子間相互作用」は事業所間・個人間の交流や関係性にあたるものとして定義した（図 1-3)。これら３要素の組み合わせや連動が、社会の状態を大きく変えるトリガーとなりうると考えられる。

さらに本分科会では、単一の転換（一次相転移）にとどまらず、そこから連鎖的に広がる影響（二次相転移）までを視野に入れた発展型モデルを提案している。このモデルでは、一次相転移が起きた後に社会が元の状態に戻れるのか、それとも不可逆的に二次相転移へと進んでしまうのかは、一次相転移に至るまでのプロセスによって左右されることを示している。言い換えれば、一次相転移に至る過程における外的要因や内的要因（3 要素）によって、その後の社会の状態を制御できることを表現したモデルである。

本分科会における研究は、この社会的相転移モデルを理論的基盤とし、長期停電の影響に関する実証的分析を通じて、巨大災害における被害拡大の構造を明らかにするものである。

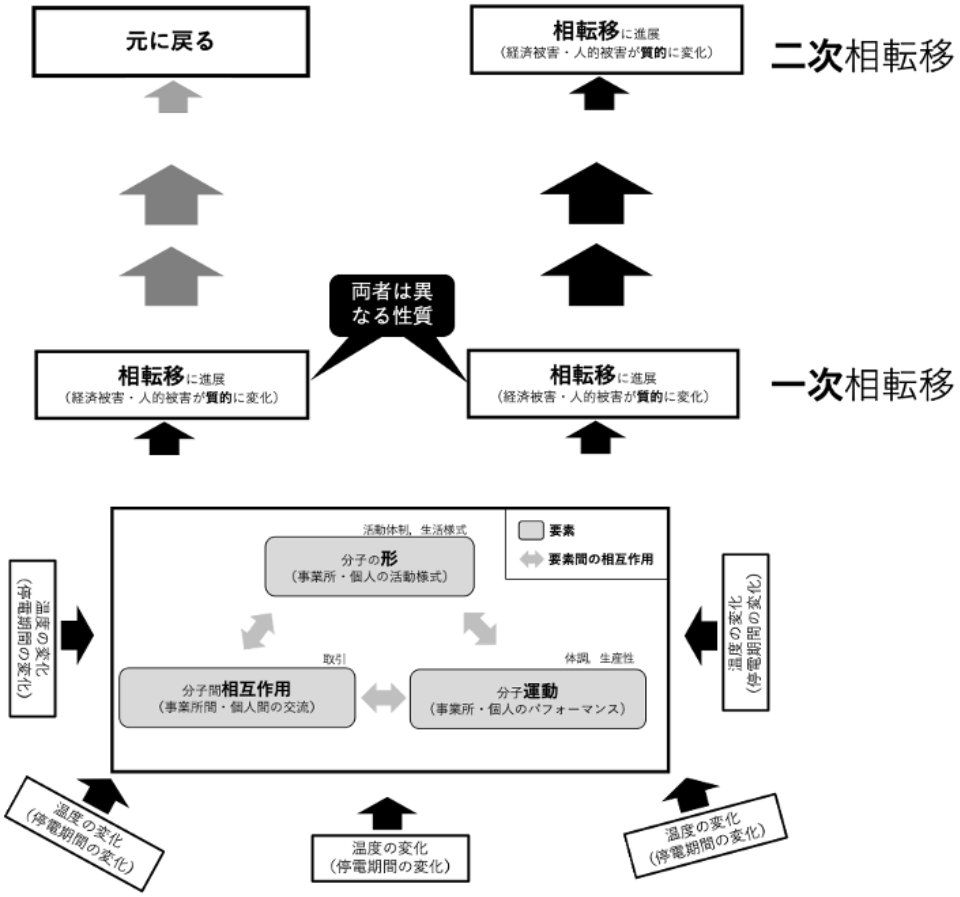


図 1-3　災害における社会的相転移の発生モデル（長期停電に伴う事例）

２．長期停電およびそれに発展し得る事象（令和４年～令和６年）

2.1　［事例報告：長期停電］令和 6 年能登半島地震における長期停電

橋冨彰吾

要約　令和 6 年（2024 年）1 月 1 日に発生した令和 6 年能登半島地震は、その停電規模と停電期間の関係が他の地震災害におけるそれと比較して、停電期間が非常に長期化した本節では、まず今回の停電の概要と特徴について述べたうえで、発電、送電、変電、配電の各所で発生した被害について、その様態と停電への影響について述べた。今回の停電では、発電から配電までの各所で被害が発生しているが、停電の長期化に対しては、配電網の被害とその復旧の遅滞が主に寄与したと言える。

2.1.1　はじめに

令和 6 年（2024 年）1 月 1 日に発生した能登半島地震は、その停電規模と停電期間の関係が他の地震災害におけるそれと比較して、停電期間が非常に長期化した。今回のこの長期停電について、停電の規模と設備の被害について概観する。本節では、電気を発生させる発電（所）、発電所で作られた電気を需要地に超高圧で送る送電、送電されてきた電気の電圧を変更する変電（所）、変電所から一般家庭などに電気を送る配電の四段階（図 2.1.1）でのそれぞれの被害状況を、電力会社や関係機関等から発せられたプレスリリースなどをもとに報告する。なお、本稿は奥村ら（2024）の一部を加筆及び修正したものである。

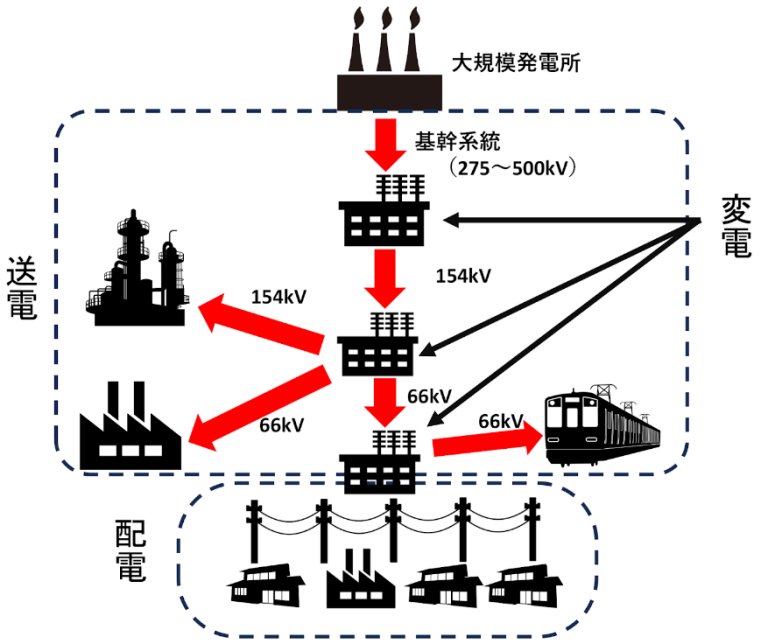


図 2-1-1　電力供給網

2.1.2　電力供給支障

2.1.2.1　停電

経済産業省によると、最大停電戸数は石川県で 4 万戸、富山県で 90 戸、新潟県で 1,500 戸であった。この 3 県のうち、富山県は当日中に、新潟県も 3 日目には停電は解消された。一方、石川県の停電は、発災から 1 週間経過した 1 月 8 日時点で 1.8 万戸（復旧率 55.0%）が停電したままであった。被災 2 週間が経過した 1 月 15 日時点においても 8,500 戸（復旧率 78.8%）であった。復旧率が 90%を超えたのは、発災から 25 日後の 1 月 30 日であった。復旧に時間を要している地域は主に奥能登地域であり、特に 1 月 30 日時点で復旧に 2 週間以上を要すると公表された場所は輪島市と珠洲市の一部であった。停電戸数で見ると、2016 年 4 月 17 日に発生した熊本地震の本震によるものが 47.7 万戸であり、令和 6 年能登半島地震の方がはるかに少ない停電戸数であった。しかし、熊本地震では停電解消に要した期間は 3 日であったことを考えると、能登半島地震の停電がその停電戸数に対して非常に復旧に時間を要していたことが分かる。

2.1.2.1　電力設備被害

イ）発電所の被害

能登半島地震では火力発電所に大きな被害が発生した。北陸電力では 5 か所 456 万 4700kW の火力発電所が操業している。このうち、七尾大田火力発電所の 1 号機（50 万 kW）および 2 号機（70 万 kW）の計 120 万 kW と富山新港火力発電所の石炭 1 号機（25 万 kW）および石炭 2 号機（25 万 kW）の計 50 万 kW が被害を受けた。富山新港火力発電所は 1 号機、2 号機、石炭 1 号機、石炭 2 号機、LNG1 号機と 5 基の発電機がある中で石炭火力発電機のみが停止し、運転再開までに石炭 1 号機が 3 日、石炭 2 号機が 2 日をそれぞれ要した。七尾大田火力発電所の被害はより深刻であり、発災当日の 1 月 1 日に 1 号機および 2 号機の両方が停止した。1 号機は当初から予定されていた点検による停止期間もあるが、2 号機は運転再開までに 130 日を要している。ただし、発電所の被災による発電能力の低下は、北陸電力全体で見た場合、その影響は少なかった。隣接する関西電力からの電力融通も発災当日のみであり、能登半島地震による長期停電にこれら発電所の被害が寄与したわけではなかったと言える。

ロ）送電設備の被害

送電網は複数の電圧の送電網が階層構造を成している。能登半島の送電網を発電所や変電所の位置をもとに模式図的に示したものが図である。北陸電力管内の送電網の公称電圧は、500kV、275kV、154kV、77kV/66kV、22kV である。77kV/66kV は地域によって異なるが、能登半島では 66kV が用いられている。当地周辺の送電網の構造は大阪や名古屋などの都市部と比べてシンプルである。北陸電力送配電の 500kV 送電網は関西電力送配電および中部電力パワーグリッド（以下中部電力 PG）の 500kV 送電網と接続し、ループ構造になっている。そのループ構造は中能登変電所を介して志賀原子力発電所にも接続している。275kV は、500kV と並んで基幹系統として扱われることが多いが、能登半島においては、志賀原子力発電所および七尾大田火力発電所と中能登変電所の接続にのみ使用されている。154kV は富山方面から新能登変電所および中能登変電所を介して鳳至変電所まで送電している。図 2.1.1 からも分かるように奥能登地域への送電という面では基幹系統と見ることができる。66kV および 22kV は送電網の末端部分を担っている。大阪や名古屋などの需要地では複雑なループ構造になっていることも多い。しかし、能登半島では、わずかに七尾市と能登町および輪島市東部に小規模なループ構造が見られるのみである。

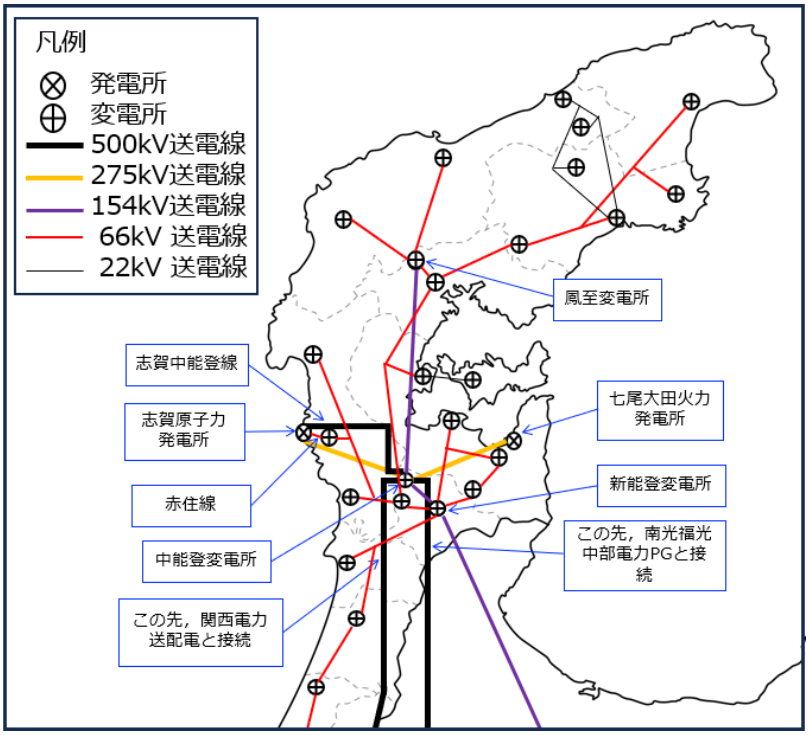


図 2-1-2　能登半島の送電網の模式図

（出典）北陸電力資料を基にした奥村ら（2024）図 2 を加工

送電網で発生した被害としては、鉄塔の部材変形（14 線路）、足元での土砂崩れ、ジャンパ線の破損・素線切れ（13 線路）、碍子の損傷（19 線路）が発生した。北陸電力のプレスリリースによると、志賀原子力発電所と中能登変電所を繋ぐ志賀中能登線（500kV）No. 2 鉄塔 1 号線で 36 個中 1 個、志賀原子力発電所構内の開閉所引留鉄構 2 号線で 53 個中 4 個の碍子が欠損した。また、志賀原子力発電所への電力を供給するための赤住線（66kV）の No. 5 鉄塔の碍子で 6 個中 1 個、No. 3 および No. 10 鉄塔でジャンパ線の素線断線や接続端子の損傷が発生した。しかしながら、大規模な倒壊などは発生しておらず、北陸電力送配電によると、送電網の被災による停電は 1 月 1 日 17:13 に解消したとしている。志賀原子力発電所へは志賀原子力線（275kV）を介して送電が継続された。少なくとも一般需要家への長期的な送電支障は発生していないとみられる。

ハ）変電所の被害

変電所に関しては、変圧器ブッシング（絶縁用の碍管）の破損など、変電設備 18 台に被害が発生している。特に中能登変電所では、ガス絶縁開閉装置のブッシングが破損し、同

変電所と志賀原子力発電所間での 500kV 送電が不能となった。しかし、志賀原子力発電所へは志賀原子力線（275kV）を介して送電が継続された。志賀原子力発電所は 2011 年以降発電を中止しており、そのため、北陸電力管内の電力需給バランスに影響を与えることはなかった。中能登変電所は 500kV 送電網と 275kV、154kV 送電網との接続点であったが、中能登変電所の被害が能登地域の停電長期化に寄与することはなかった。

ニ）配電設備の被害

配電設備は主に道路際の電柱と架線や各種機器から構成されるもので、配電用変電所から各家庭や事業所への電力供給を担っている。今回の地震では、電柱傾斜 2,310 本、電柱折損約 760 本、断線・混線が約 1,680 箇所で発生した。電柱の被災本数は約 3,000 本であり、これは熊本地震とほぼ同じ規模であった。発電、送電、変電のいずれも長期停電の原因とは考えにくく、配電設備の被害そのものは熊本地震と同規模であることから、設備の被害そのものよりも被害復旧活動の遅れが長期停電につながったとみられる。

2.1.3　おわりに

本稿では、今回の停電の概要と特徴について述べたうえで、発電、送電、変電、配電の各所で発生した被害について、その様態と停電への影響について述べた。停電の規模自体はもともとの人口の少なさもあり 4 万戸であったが、復旧率が 90%を超えるのに 25 日を要した。発電、送電、変電、配電の各所でそれぞれ被害が発生したが、停電に大きく影響を与えたのは配電設備の被災であった。停電の復旧が熊本地震よりもはるかに時間を要した原因とみられる配電設備の復旧の遅れについては、3 章において改めて報告したい。

【参考文献】

奥村与志弘・橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・河田惠昭:（2024）令和 6 年（2024 年）能登半島地震による停電と災害関連死および企業生産活動への影響，自然災害科学，43 巻 3 号，pp. 449-458.

2.2　［事例報告：それに発展し得る事象］令和 4 年明治用水頭首工大規模漏水

橋冨彰吾

要約　令和 4 年（2022 年）5 月 17 日に発生した明治用水頭首工の大規模漏水は、農業用水と西三河の工業を支える工業用水の供給を一時遮断した。その結果、工業用水が必要となる自動車産業を中心とする工場群の他、JERA の碧南火力発電所と中山名古屋共同発電株式会社の名古屋発電所が発電を停止または大幅に縮小した。幸い、電力需給に余裕のある時期だったため、停電などは発生しなかった。しかし、ほかの季節に発生した場合、電力需要が当該エリアの発電能力を上回る恐れもあった。そのため、月別の需給と中部電力および JERA の発電能力の推移を比較検討した。

2.2.1　明治用水頭首工と漏水事故の経過

2022 年 5 月 15 日、愛知県豊田市水源町の矢作川にある明治用水頭首工で、漏水が発生していることが確認された。漏水箇所に砕石を投入し閉塞を試みたが、漏水規模はさらに拡大し、頭首工内の水位が 17 日には水位が大幅に低下した。その結果、翌 18 日の未明には、右岸側で取水していた矢作川総合明治地域農業用水（以下、明治用水）と西三河工業用水、左岸側で取水していた矢作川総合南部地域農業用水、矢作川第二地区農業用水、愛知県水道用水が取水できなくなった。左岸側で取水していた各用水は、下流で合流する支川の巴川での取水で対応したものの、右岸側では完全に取水ができなくなった。写真 2－1 および 2－2 は、5 月 18 日に現地を撮影したものである。本来、堰の上端に水面があるべきところ、水位が下がり、川底まで見えている。流量調整は特にされておらず、上流から流れてきた河川の水はすべて左岸側の頭首工の角にできた穴から下流側に流出していた（

写真 2－1

写真 2－2

写真 2－2)。

写真 2－3

写真 2－3 は、筆者が 5 月 18 日に水源橋（頭首工に併設された道路）から右岸側に向かって撮影した動画から切り出したものである。写真の中央付近から左上に向かって水が噴き出している。噴き出した水は上流である手前側（写真の下側）と下流側（写真の奥側）に向かって流れている。

写真 2－4

写真 2－4 は写真 2－3 の場所を左岸側から後日撮影したものである。上流側で水の流入が抑えられたため、写真 2－3 で水が噴き出していた場所の噴出も収まっている。写真 2－3 で大規模な噴出をしていた場所に大きな穴が空いていることが分かる。

事故発生時は田植えシーズンでもあり、農業用水の需要もあった。農業用水と工業用水を確保するため、各地からポンプ車が動員され、各農政局所属のポンプ車が投入されていた（写真 2－5)。また、中部地方整備局からもポンプ車が派遣されていた。これらのポンプ車や仮設の発電機を用いたポンプが多数動員され、用水確保がなされた（写真 2－5，2－6)。

写真 2－5

写真 2－6

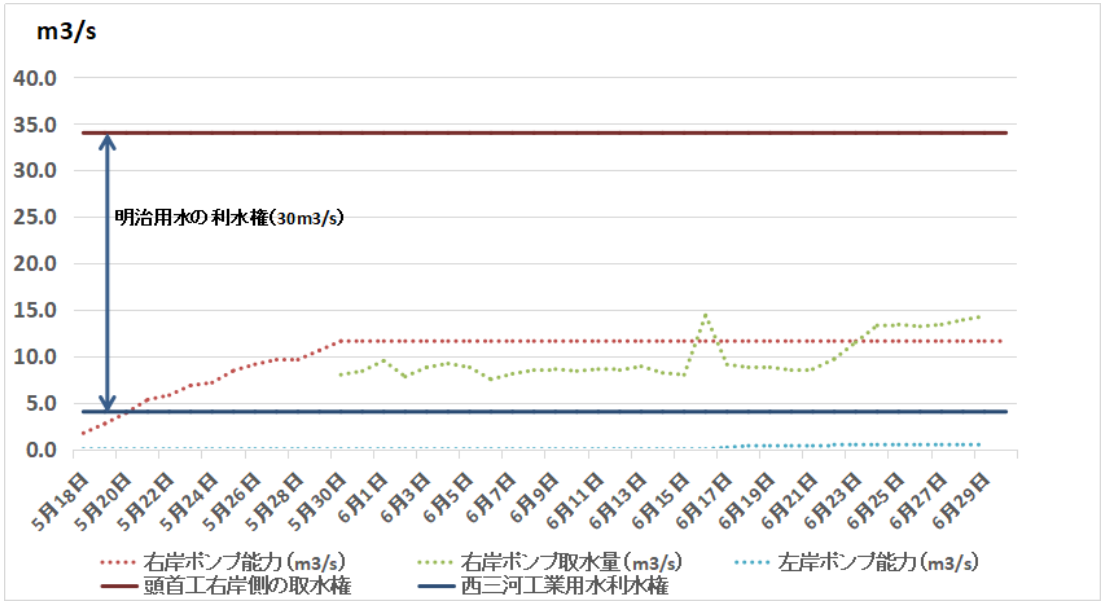


図 2-2-1　漏水事故後の明治用水の取水量とポンプ能力の推移

（出典）橋冨ら（2023）p. 522

図 2-2-1 は、5 月 18 日以降のポンプの取水能力の推移（赤破線および青破線）と、農業用水および工業用水の利水権を示したものである。5 月 18 日に確保された取水能力はポンプ 25 台による 1.72m3/s であった。以降、ポンプの数を増強した結果、5 月 30 日には、162 台 11.62m3/s に達した。しかしながら農業用水の利水権を満たすことはできなかった。また、ポンプの能力（赤破線）に対して実際の取水量（黄緑破線）は、取水地点の水位を上昇させるまで下回っていた。水位を上昇させもともとの取水口から自然取水を試み、試験運用の後、運用が開始された。それによって右岸に設置されたポンプの能力を超える取水量が確保された。

2.2.2　発電所

今回の西三河工業用水の供給支障によって発電に支障が生じたのが、JERA の碧南火力発電所（410 万 kW）と中山名古屋共同火力発電所の名古屋発電所である。このうち碧南火力発電所では、中部電力管内の JERA の火力発電所の中でも比較的発電量が大きい（表 2-2-1)。碧南火力発電所は 1 号機から 5 号機の計 5 基の発電機がある。それらの定格出力と工業用水の供給停止直前までの稼働状況などをまとめたものが表 2-2-2 である。

表 2-2-1　中部電力に接続している JERA の火力発電所

発電所	定格出力	燃料
渥美火力発電所	140万kW	原油・重油
碧南火力発電所	410万kW	石炭
知多火力発電所	170.8万kW	LNG
知多第二火力発電所	170.8万kW	LNG
新名古屋火力発電所	305.8万kW	LNG
西名古屋火力発電所	237.6万kW	LNG
川越火力発電所	480.2万kW	LNG
四日市火力発電所	58.5万kW	LNG
上越火力発電所	238万kW	LNG
※武豊火力発電所	107万kW	石炭

（出典）橋冨ら（2023）p.522

表 2-2-2　断水直前の稼働状況

	出力	燃料	5/17時点での稼働状況
1号機	70万kW	石炭	稼働
2号機	70万kW		停止中
3号機	70万kW		稼働
4号機	100万kW		稼働
5号機	100万kW		稼働

碧南火力発電所は大規模漏水の発生後、工業用水の供給状況に応じて発電機の稼働を調整していた。発電機の発電容量の推移と工業用水の供給量の推移を示したものが、図 2-2-2 である。

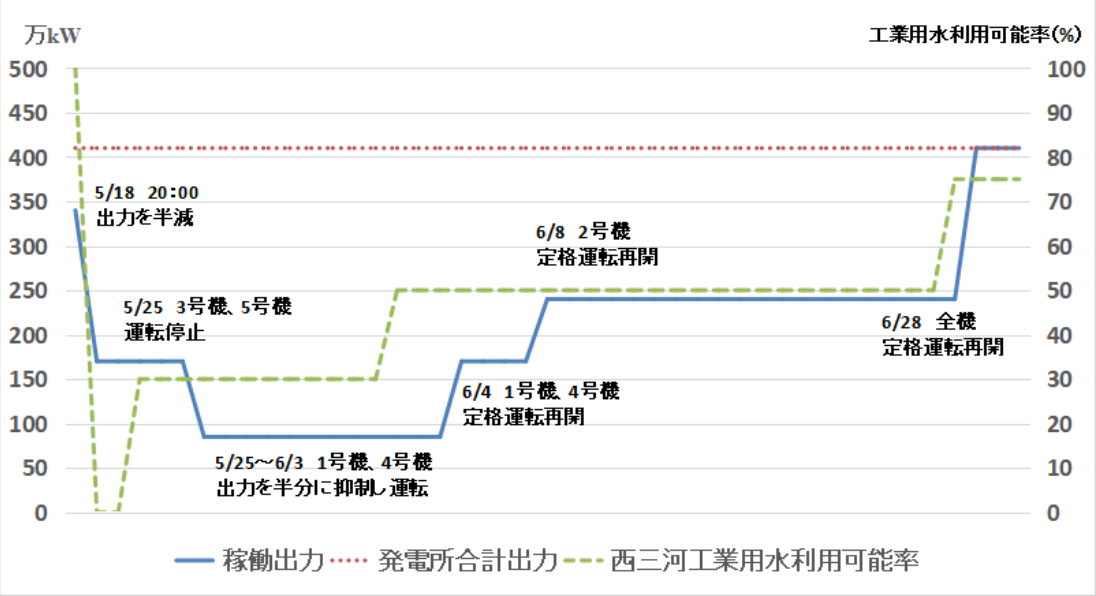


図 2-2-2　碧南火力発電所の出力制限と工業用水の利用制限の推移

（出典）橋冨ら（2023）p. 522

碧南火力発電所では工業用水の供給が途絶えると、5 月 18 日 20:00 に稼働中の発電機 4 基の出力を半減させた。さらに、工業用水の供給量が 30%回復した段階で、さらに 3 号機と 5 号機の運転を停止し、1 号機と 4 号機の出力を半減させて運転していた。その後、工業用水の供給量が 50%に回復したのち、6 月 4 日に 1 号機と 4 号機を定格運転再開、6 月 8 日に定期点検中だった 2 号機の定格運転を再開した。最終的にすべての発電機が定格運転を再開したのは 6 月 28 日であった。なお、碧南火力発電所が稼働規模を縮小および停止していた時期の電力需給は、需要に対して、碧南火力発電所を除いた発電能力（2433.1 万 kW）でも十分に対処できたことから停電などは発生しなかった。しかし、2021 年 8 月 1 日から 2022 年 7 月 31 日までの電力需要と碧南火力発電所を除いた発電能力（2433.1 万 kW）と比較したところ、2021 年 8 月に 3 日、2022 年 1 月に 1 日、同年 7 月に 2 日、実際の電力供給実績値が 2433.1 万 kW を上回っていたことが明らかになった。太陽光発電や他の電力会社からの融通もありうるので、直ちに停電につながったわけではないと考えられる

が、停電や使用制限などがあったとしても不思議ではなかったと考えられる。

本節は橋冨ら（2023）をもとに作成した。

【参考文献】

橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・井上寛康・奥村与志弘・都築充雄・河田惠昭:(2023) 明治用水頭首工大規模漏水の最悪シナリオの検討，エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，No.39，pp.520-525

2.3 ［事例報告：それに発展し得る事象］令和 4 年福島県沖を震源とする地震による電力需給逼迫

寅屋敷哲也

要約 2022 年 3 月 16 日に発生した福島県沖地震により、東北・東京エリアで発電所の停止や電力融通の制約、気温低下による需要増加が重なり、電力需給が逼迫した。特に 3 月 22、23 日には初の「電力需給逼迫警報」が発令され、節電が要請された。地震により、火力発電所を中心に被害が大きく、復旧に時間を要した。分析では、地震の影響により、東京で 2%、東北で 18%の供給力が喪失したことが明らかとなり、特に東京エリアでは、計画停止中の発電所の多さが供給逼迫に影響したことが示唆された。今後の大規模災害に備えては、発生時期や地域の設備稼働状況等を踏まえた事前のシミュレーションと、電力需給対策の強化が求められる。

2.3.1 経緯

令和 4 年福島県沖地震による発電所の被害に伴う電力供給力の低下、他地域からの電力融通量の制限、気温の低下による需要の増加といった要因が重なり、特に 3 月 22 日、23 日に電力需給が逼迫した。東日本大震災後の 2012 年に制度が設けられた電力需給逼迫警報が初めて、22 日に東北と東京の両エリア、23 日午前に東京エリアに出され、一般需要者に対して節電を広く要請する形で電力需要を減らす措置が取られた。

同地震により停止した発電所は、火力、水力、太陽光、その他発電所と多岐にわたる。東北電力では地震発生直後は、水力発電所や太陽光発電所も運転停止となったが、17 日中に多くの発電所が運転再開となった。同地震は、火力発電所への影響が大きく、地震動の強さに応じて発電所によっては復旧に時間を要することとなった。なお、原子力発電所は特に大きな影響はなく、地熱発電所は地震直後から運転が継続され影響はなかった。火力発電所の地震動と稼働停止時間の関係については、3.1 に詳述している。

2.3.2 供給力低下の分析方法

地震後の発電所の電力供給力を把握するために、一般社団法人日本卸電力取引所が Web で公開している「発電情報公開システム（HJKS）」における発電所の停止情報のデータ注 1）

を使用する。発電所の停止情報は、地震が起きた直後の時間として、2022 年 3 月 16 日 23 時 30 分～3 月 17 日 0 時 0 分の期間のデータを用いる。なお、本データは、認可出力 10 万 kW 以上の発電ユニットが登録されているので、ほとんどが水力発電所、火力発電所、原子力発電所である。すなわち、10 万 kW 以下の小規模水力・火力発電所や、太陽光・風力発電所等は登録されていないため、エリア内の全ての電力の供給力ではないことに留意する必要がある。

本データの停止区分には、「計画外停止」「計画停止」「出力低下」がある。「計画外停止」に関して、地震に伴う影響で停止した「地震」とその他の事故・トラブル等で停止した「その他」の 2 つに小区分として分類する。「計画停止」に関しては、定期点検により停止していた「定期点検」、長期停止していた火力発電所の「長期停止（火力）」、長期停止している「原子力発電所」、これら以外の原因で停止していた「その他」の 4 つに小区分として分類する。小区分への分類に関しては、本データに記載されている「停止原因」を筆者が参照し分別した。「出力低下」については、地震直後の対象期間において出力低下が生じていた発電所が該当する。「通常稼働」については、「計画外停止」「計画停止」「出力低下」に該当する発電所以外とする。

2.3.3 分析結果

分析結果と前年 2021 年 3 月 16 日の 1 週間前後の最大需要量注２、３）との比較を、図 2-3-1 に示す。福島県沖地震による影響で、東京エリアでは 2%、東北エリアでは、18%の発電能力が影響を受けて喪失したことが明らかとなった。ただし、この分析では、地震当時に通常稼働していた発電所が、地震による影響で停止した場合にのみ「計画外停止」の「地震」に分別されていることには留意が必要である。すなわち、地震当時に計画停止中かつ地震により被害を受けた発電所は「地震」として分類されないため、この数値がそのまま地震により被害を受けた発電所ではないということである。また、東京エリアでは地震による喪失割合が東北エリアに比べて小さいものの、東北エリアと同様に最大需要に対して逼迫していることが分かる。この理由としては、東京エリアではもともと計画停止の割合が 38%で、東北エリアの 29%と比べても大きいということが考えられる。「通常稼働」の割合が地震の影響が大きかった東北が小さいのは当然であるが、東京においては、「計画停止」が約 4 割と大きいため、「通常稼働」の割合が東北と比べて、被害の影響の差の割に大きくない状況であるといえる。

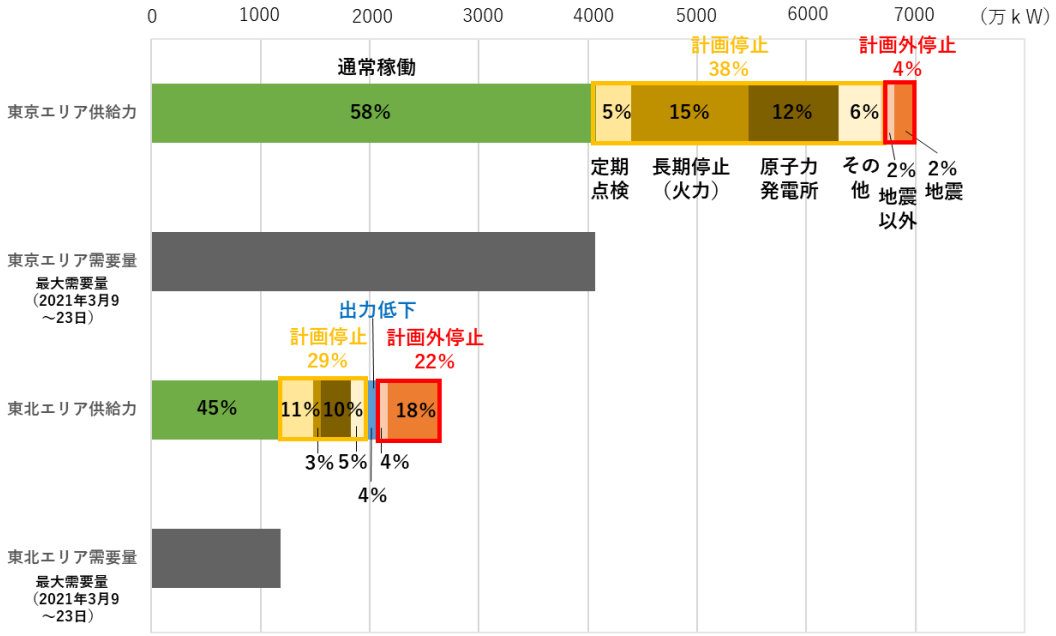


図 2-3-1　令和 4 年福島県沖を震源とする地震における東北・東京エリアにおける停止区分別の発電所の認可出力量（3 月 16 日 23:30～17 日 0:00）と最大電力需要（2021 年 3 月 9 日～16 日）との比較

（出典）南海トラフ地震及び首都直下地震を対象とした被害軽減に関する研究 2022 年度中間報告書

2.3.4 考察

本分析を通して、地震後の電力需給の逼迫に影響を与える要因として、地震発生時の計画停止の割合が大きいことが得られた。このことが将来の大規模災害における電力供給制約を考える上で与える重要な示唆として、災害後の電力需給の逼迫度が大きくなるのは、必ずしも電力需要が大きくなる夏季や冬季のみではないということである。火力発電所の定期点検は、需要が大きくなる夏季や冬季には少なく、需要が小さくなる春季や秋季に多くなる傾向がある。また、エリアによっては長期停止や原子力発電所の稼働停止状況も異なる。すなわち、このような計画停止の発電所がどの程度あるのかについては、時期やエリアによって異なるのである。そのため、災害発生時期やエリアの事情を踏まえたシミュレーションを事前に行い、大規模災害後の電力逼迫リスクを最小限に抑えられるよう対策を講じておくことが望ましい。

【注釈】

注１）一般社団法人日本卸電力取引所公開している発電情報公開システムを使用した。

（https://hjks.jepx.or.jp/hjks/unit　最終確認 2025 年 2 月 12 日）

注２）東京電力パワーグリッド株式会社が公開している「でんき予報」過去の電力使用実績データの 2021 年のデータを使用した。

（https://www.tepco.co.jp/forecast/html/download-j.html 最終確認 2023 年 3 月 15 日）

注３）東北電力ネットワーク株式会社が公開している「東北 6 県・新潟エリアでんき予報」の過去実績データの 2021 年のデータを使用した。

（https://setsuden.nw.tohoku-epco.co.jp/download.html　最終確認 2023 年 3 月 15 日）

【参考文献】

公益財団法人ひょうご震災記念 21 世紀研究機構(2023)：南海トラフ地震及び首都直下地震を対象とした被害軽減に関する研究（2022 年度中間報告書）

３．長期停電の発生リスクの検討

3.1　［発電所の視点］火力発電所の復旧日数予測

寅屋敷哲也

要約　南海トラフ地震による電力供給制約を予測するには、火力発電所の復旧日数を的確に推計する必要がある。本研究では、東日本大震災以降に発生した 5 つの地震（2011 年東日本大震災、2018 年北海道胆振東部地震、2021 および 2022 年福島県沖地震、2024 年能登半島地震）における被災火力発電所 43 基のデータを収集し、被害と復旧の関係を分析した。対象としたのは、地震発生時に運転中で、かつ震度 5 強以上の影響を受けた火力発電所であり、最大加速度や津波有無、営業開始年、停止期間などの情報をデータベース化した。分析では、津波の影響がないケースに絞り、最大加速度と営業開始年を説明変数とする重回帰分析を行った結果、いずれも復旧日数に対して統計的に有意な影響があることが確認された。すなわち、揺れが強く、設備が古い発電所ほど復旧に時間を要する傾向がある。この推計モデルにより、南海トラフ地震後の電力供給量の精緻な予測が可能になる。最大加速度は公表資料から推計し、営業開始年は公開情報として入手できるため、実用的な予測手法として有効である可能性がある。今後は、このような手法を基にした事前シミュレーションの強化が求められる。

3.1.1 背景と目的

南海トラフ地震後の電力供給制約を想定するためには、地震に伴う発電所の復旧日数の予測が必要となる。先行研究において、湯山ら（2014）は、東日本大震災における火力発電所における個別設備の被害発生状況をもとに発電機能の復旧関数の推計を試みている。しかしながら、南海トラフ地震の被害想定で算出されている情報から、火力発電所の個別設備の被害を推計することが難しいため、同パラメーターを用いた発電所の復旧日数の推定は現状課題がある。一方、Torayashiki et al.（2016）は、南海トラフ地震の被害想定から発電所の復旧日数を簡易的に推計するために、東日本大震災における被災火力発電所の地震動と復旧日数の関係から電力供給可能量の評価を行っている。同研究では、簡易的に推計ができるように震度 5 弱で数時間、震度 5 強で 3 日、震度 6 弱以上で 1 ヶ月以上と設定しているが、より精度を追求するためには推計方法のアップデートが求められる。

そこで、東日本大震災以降に発生した地震災害に着目し、被災した火力発電所のデータを収集し、被害と復旧の関係を明らかにする。ただし、東日本大震災以降の複数の地震災害を対象としても、火力発電所の被害のサンプルは統計的分析に耐えられるほど多くはないが、現状の段階で得られるデータから推計方法の検討に新たな示唆を得ることを意図している。

3.1.2 火力発電所の被害と復旧データベース

本研究において対象とする災害は、過去に火力発電所に大きな被害があった地震災害として、2011 年東日本大震災、2018 年北海道胆振東部地震、2021 年福島県沖地震、2022 年福島県沖地震、2024 年能登半島地震の 5 つとする。対象とする災害における火力発電所の被害と復旧に関するデータベースを作成するために、必要なデータを文献・資料等から収集する。また、対象とする火力発電所は、地震発生当時運転しており、かつ震度 5 強程度以上の揺れによる影響を受けた発電所のみとする。

詳細なデータの収集方法については、寅屋敷ら（2024）に譲ることとする。作成したデータベースを表 3-1-1 に示す。データベースにおける項目は、発電所の概要として、ID、電力会社、発電所名、系列、総出力、燃料種類、営業運転開始年であり、地震等の外力の概要の項目として、最大加速度、津波記録、復旧に関する項目として、停止期間の日数となっている。

東日本大震災における発電所は 16 基、北海道胆振東部地震における発電所は 3 基、2021 年福島県沖地震における発電所は 10 基、2022 年福島県沖地震は 11 基、2024 年能登半島地震は 3 基で、合計 43 基である。サンプル数が少ないため、統計的な分析には限界がある。そこで、停止期間との関係がありそうな項目に絞って分析をする。

表 3-1-1　過去の地震災害における火力発電所の被害と復旧データベース

ID	災害	発電所	系列	総出力（万kW）	燃料種類	営業運転開始年	最大加速度（gal）	津波記録（m）	停止期間（日）
101	東日本大震災	原町	1号機	100	石炭・重油	1997	735	13	777
102	東日本大震災	仙台	4号機	44.6	天然ガス	2010	550	4.7	334
103	東日本大震災	勿来	7号機	25	石炭	1970	470.9	1.5	285
104	東日本大震災	新地	2号機	100	石炭	1995	585.1	2.5	283
105	東日本大震災	広野	4号機	100	重油・原油	1993	391	4	125
106	東日本大震災	広野	2号機	60	重油・原油	1980	391	4	122
107	東日本大震災	勿来	9号機	60	石炭・重油	1983	470.9	1.5	111
108	東日本大震災	常陸那珂	1号機	100	石炭	2003	321	1.5	65
109	東日本大震災	鹿島共同	3号機	35	高炉ガス・重油他	1982	359	0	88
110	東日本大震災	鹿島	6号機	100	重油・原油	1975	430	0	40
111	東日本大震災	鹿島共同	1号機	35	高炉ガス・重油他	1973	359	0	36
112	東日本大震災	鹿島	5号機	100	重油・原油	1974	430	0	28
113	東日本大震災	鹿島	2号機	60	重油・原油	1971	430	0	27
114	東日本大震災	鹿島	3号機	60	重油・原油	1972	430	0	26
115	東日本大震災	東扇島	1号機	100	LNG	1987	142.3	0	13
116	東日本大震災	八戸	3号	25	重油・原油	1968	143	0.5	9
201	北海道胆振東部地震	苫東厚真	２号機	60	石炭	1985	386	-	34
202	北海道胆振東部地震	苫東厚真	４号機	70	石炭	2002	386	-	19
203	北海道胆振東部地震	苫東厚真	１号機	35	石炭	1980	386	-	13
301	2021年福島県沖地震	新地	2号	100	石炭	1995	864	-	313
302	2021年福島県沖地震	新地	第1号機	100	石炭	1994	864	-	204
303	2021年福島県沖地震	仙台	4号	46.8	LNG	2010	521	-	142
304	2021年福島県沖地震	福島天然ガス	1号	59	LNG	2020	354	-	6
305	2021年福島県沖地震	福島天然ガス	2号	59	LNG	2020	354	-	6
306	2021年福島県沖地震	広野	5号機	60	石炭	2004	296	-	3
307	2021年福島県沖地震	広野	6号機	60	石炭	2013	296	-	3
308	2021年福島県沖地震	新仙台	３－１号系列	52.3	LNG	2015	511	-	1
309	2021年福島県沖地震	新仙台	３－２号系列	52.3	LNG	2016	511	-	1
310	2021年福島県沖地震	勿来	9号	60	石炭・重油・炭化燃料・木	1983	97	-	1
401	2022年福島県沖地震	新地	第1号機	100	石炭	1994	1058	-	239
402	2022年福島県沖地震	原町	1号	100	石炭・重油	1997	628.9	-	54
403	2022年福島県沖地震	相馬石炭・バイオマス		11.2	石炭・木質ペレット	2018	745.4	-	22
404	2022年福島県沖地震	広野	6号機	60	石炭	2013	551.5	-	20
405	2022年福島県沖地震	仙台パワーステーション		11.2	石炭	2017	560.4	-	13
406	2022年福島県沖地震	新仙台	３－１号系列	52.3	LNG	2015	560.4	-	8
407	2022年福島県沖地震	福島天然ガス	1号	59	LNG	2020	745.4	-	3
408	2022年福島県沖地震	石巻雲雀野		14.9	木質バイオマス・石炭	2018	391.8	-	3
409	2022年福島県沖地震	福島天然ガス	2号	59	LNG	2020	745.4	-	2
410	2022年福島県沖地震	広野	5号機	60	石炭	2004	551.5	-	1
411	2022年福島県沖地震	新仙台	３－２号系列	52.3	LNG	2016	560.4	-	0
501	2024年能登半島地震	七尾太田	2号機	70	石炭	1998	643.4	-	130
502	2024年能登半島地震	富山新港	石炭1号機	25	石炭	1971	289.2	-	14
503	2024年能登半島地震	富山新港	石炭2号機	25	石炭	1972	289.2	-	6

（出典）寅屋敷ら（2024）のデータベースより抜粋

3.1.3 分析と考察

データベースを基に、停止期間を目的変数、関係ありそうな変数を説明変数として回帰分析を試みた。その結果、津波の影響が無い地震動のみのサンプルに対して、最大加速度と営業運転開始年を説明変数とした重回帰分析が適していることが得られた。重回帰分析の結果を表 3-1-2 に、また、火力発電所の停止期間 T を予測する重回帰式(1)を示す。なお、調整済み決定係数は 0.515 である。

表 3-1-2　重回帰分析の結果

	標準化偏回帰係数	標準誤差	p
切片	43.657	8.715	0.000
最大加速度	57.279	9.407	0.000
営業運転開始年	-30.178	9.407	0.003

$$T = 57PGA - 30Y + 44 \quad \cdots (1)$$

ただし、停止期間 T、最大加速度 PGA、営業開始運転年 Y である。

重回帰分析の結果、最大加速度は大きいほど停止期間が長くなる影響となり、営業開始年は古いほど停止期間が長くなる影響が統計的有意にあることが得られた。(1)式を用いることで、南海トラフ地震後の電力供給制約をより精度高く推計することが可能となる。南海トラフ地震における地点ごとの最大加速度は公表されていないが、最大加速度を公表されている震度情報に換算し直す、もしくは対象となる発電所の地点ごとの最大加速度を推計することができれば、最大加速度を説明変数として推計することができる。また、営業開始年は発電所ごとに公表されているため、いずれも取得可能なデータに基づいた推計ができるだろう。

【参考文献】

湯山安由美・梶谷義雄(2014):「2011 年東日本大震災のデータに基づく火力発電所の被害・復旧関数の推計」、 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.70, No.4, pp.I_664-I_677

Tetsuya Torayashiki・Hiroaki Maruya(2016):Study on Risk Reduction of Electric Power Supply Restriction by Reinforcement of Interconnection Lines Between Areas for the Nankai Trough Earthquake, Journal of Disaster Research, Vol.11, No.3, pp.566-576

寅屋敷哲也・奥村与志弘・橋冨彰吾・中林啓修・井上寛康・河田惠昭(2024):地震災害における火力発電所の被害と復旧の関係―東日本大震災以降の災害に着目して―, 地域安全学会東日本大震災特別論文集, No.13, pp.13-16

3.2　［送電網の視点］500kV 送電網の立地状況とハザードの検討

橋冨彰吾

要約　発電、送電、配電、変電のうちの送電を支える送電網について、基幹となる 500kV 送電線と直流 500kV 送電線の位置情報をインターネット上で公開されている航空写真から入手した。対象とした電力会社は、中部電力 PG、北陸電力送配電、関西電力送配電、中国電力 NW、四国電力送配電、九州電力送配電、電源開発送変電で、計 13007 基の位置情報を入手した。これらの送電鉄塔のデータをもとに、土砂災害警戒区域、震度予測図などと突合し、発生しうる被害について検討した。土砂災害警戒区域内に立地しているのは 99 基、南海トラフ巨大地震（強震動生成域：基本ケースおよび陸側ケース）発生時の震度 6 弱以上の地域に分布している基数は 882 基～3016 基であった。

3.2.1 はじめに

本稿で扱う送電網は、この図 2-1-1 中の基幹系統のうち最も公称電圧の高い部分にあたる 500kV 送電網を扱う。この 500kV 送電網は電力会社管内の基幹送電網を構成するとともに、電力会社間の広域連携を担っている。そのため、この 500kV 送電網が切断されると、その切断箇所によっては、電力会社間の電力融通が不可能となる。例えば、電源開発送変電が管理する九州電力と中国電力を連係する関門連系線などが該当する。

送電鉄塔がこれまでに倒壊または折損した事例の中で、地震動によって鉄塔が倒壊した事例はほとんどない（電気共同研究 2018）。阪神・淡路大震災で倒壊事例があるが、この事例は、鉄塔そのものの構造が非常に古く、昭和 20 年代前半に建設されたもので、その構造が特殊だったことに起因していたとされる。一方、土砂崩れに巻き込まれたことによる倒壊は、地震、風水害、雪害などで発生している。例えば、平成 30 年北海道胆振東部地震の際に土砂崩れで岩知志線（66kV）の No.71 および No.107 の 2 基が倒壊している。また、平成 28 年熊本地震においても阿蘇大橋近辺で地盤崩落による倒壊・損傷が発生し、停電が発生している。

地震以外でも、令和 4 年台風 15 号では、静岡県葵区の送電鉄塔 2 基が土砂崩れにより倒壊し、最大 11 万 9000 戸が停電した。この時は、別ルートでの送電に切り替えたことから早い段階でほとんどのエリアで停電は解消した。また、平成 17 年 4 月 1 日には、羽咋市

福水町地内で発生した地すべりにより、能登幹線（500kV）において 1 基が倒壊、隣接する 5 基が損壊し能登地方で広域停電が短時間ながら発生している。

このように、送電鉄塔が大きく被災するケースでは建設地点の地盤が変動することによる被害が多い。これとは別に、送電鉄塔と送電線を絶縁する設備である碍子が破損する事例が多く報告されており、令和 6 年能登半島地震でも発生している。

3.2.2　500kV 送電網の分布

本プロジェクトでは周波数 60Hz で送電している電力会社のうち沖縄電力を除く、中部電力 PG、北陸電力送配電、関西電力送配電、中国電力 NW、四国電力送配電、九州電力送配電、電源開発送変電の 500kV 送電網を対象に送電鉄塔の立地とハザードから被害について検討した。使用した送電鉄塔データのうち、中部電力 PG、関西電力送配電、四国電力送配電、電源開発送変電の一部は、前身プロジェクトである「南海トラフ地震に備える政策研究」における「多様な災害シナリオ研究部会」で収集されたデータを用いた。新たに収集したデータは、橋冨ら（2021）と同じ方法で収集した。その結果を地図上にプロットしたものが図 3-2-1 である。

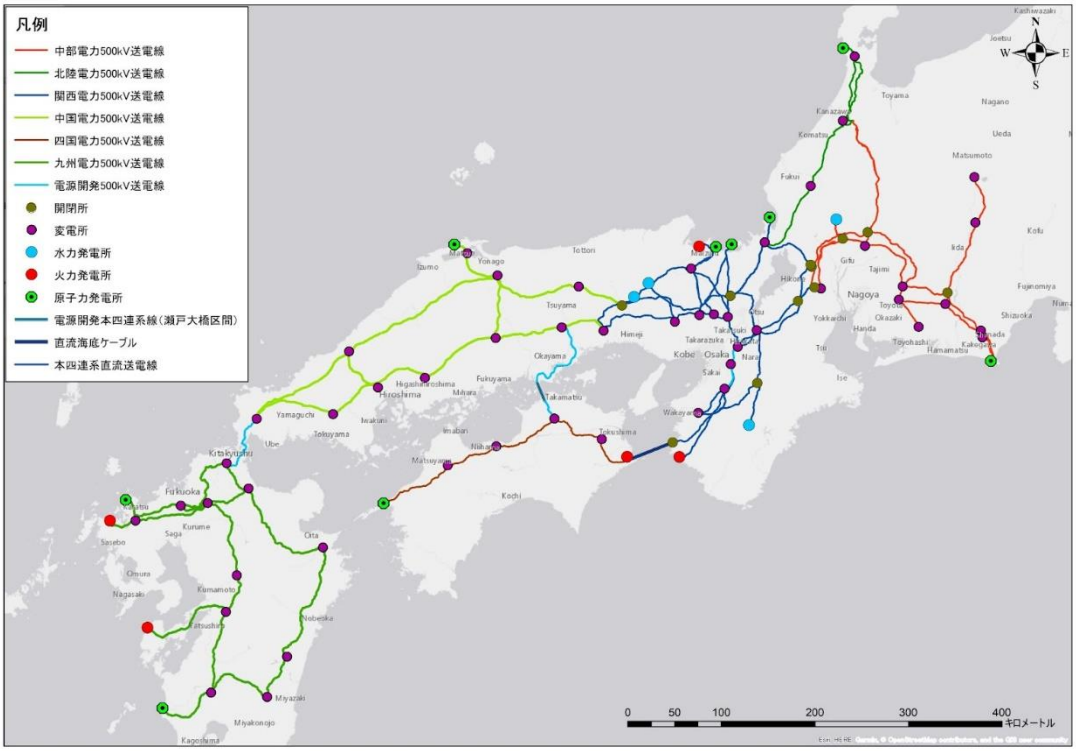


図 3-2-1　収集した送電鉄塔の分布

3.2.3　500kV 送電網と想定震度分布

先に収集した送電鉄塔の立地データと南海トラフ巨大地震の想定震度分布（強震動生成域が基本ケースおよび陸側ケース）を重ね合わせ、震度 5 弱以上の地域に分布する送電鉄塔を抽出し、その基数と比率を調べたものが、表 3-2-1 および表 3-2-2 である。またその立地状況を地図上にまとめたものが図 3-2-2 および図 3-2-3 である。

今回抽出した 13007 基のうち、震度 6 弱以上の地域に立地している基数は、強震動生成域基本ケースの場合で 882 基であった。これは、全体の 6.8%に相当する。また、強震動生成域が陸側ケースの場合、3016 基と約 3.4 倍に増加している。全体に占める割合も 23.2%となっている。

表 3-2-1　南海トラフ巨大地震強震動生成域ケース・震度別送電鉄塔立地基数

送配電事業者	鉄塔数（単位:基）	強震動生成域　基本ケース　震度別立地数（単位：基）					強震動生成域　陸側ケース　震度別立地数（単位：基）				
		5弱	5強	6弱	6強	7	5弱	5強	6弱	6強	7
中部電力PG	2231	860	198	40	223	3	669	559	389	271	0
北陸電力送配電	731	91	0	0	0	0	165	31	0	0	0
関西電力送配電	3868	1801	1063	182	21	1	1461	1371	980	33	1
四国電力送配電	683	80	406	115	81	1	0	2	467	206	8
中国電力NW	2173	161	0	0	0	0	1394	167	3	0	0
九州電力送配電	2678	857	294	142	0	0	531	641	369	22	0
電源開発送変電NW	537	125	227	1	0	0	18	191	161	0	0
紀伊水道直流連系設備	106	0	34	62	10	0	0	0	79	27	0
合計	13007	3975	2222	542	335	5	4238	2962	2448	559	9

表 3-2-2　南海トラフ巨大地震強震動生成域ケース・震度別送電鉄塔立地率

送配電事業者	鉄塔数（単位:基）	強震動生成域　基本ケース　震度別立地率					強震動生成域　陸側ケース　震度別立地率				
		5弱	5強	6弱	6強	7	5弱	5強	6弱	6強	7
中部電力PG	2231	38.5%	8.9%	1.8%	10.0%	0.1%	30.0%	25.1%	17.4%	12.1%	0.0%
北陸電力送配電	731	12.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.6%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%
関西電力送配電	3868	46.6%	27.5%	4.7%	0.5%	0.0%	37.8%	35.4%	25.3%	0.9%	0.0%
四国電力送配電	683	11.7%	59.4%	16.8%	11.9%	0.1%	0.0%	0.3%	68.4%	30.2%	1.2%
中国電力NW	2173	7.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	64.2%	7.7%	0.1%	0.0%	0.0%
九州電力送配電	2678	32.0%	11.0%	5.3%	0.0%	0.0%	19.8%	23.9%	13.8%	0.8%	0.0%
電源開発送変電NW	537	23.3%	42.3%	0.2%	0.0%	0.0%	3.4%	35.6%	30.0%	0.0%	0.0%
紀伊水道直流連系設備	106	0.0%	32.1%	58.5%	9.4%	0.0%	0.0%	0.0%	74.5%	25.5%	0.0%
合計	13007	30.6%	17.1%	4.2%	2.6%	0.0%	32.6%	22.8%	18.8%	4.3%	0.1%

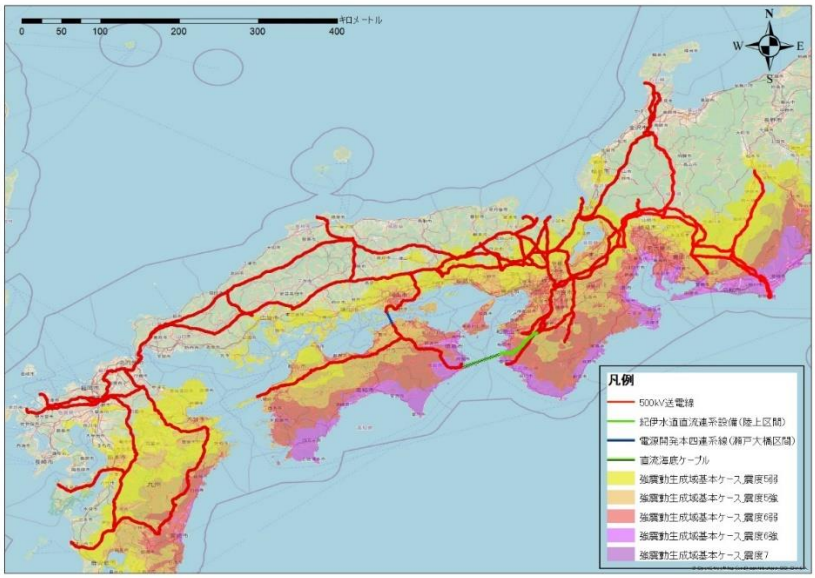


図 3-2-2　500kV 送電線と南海トラフ巨大地震震度予測図（強震動生成域基本ケース）

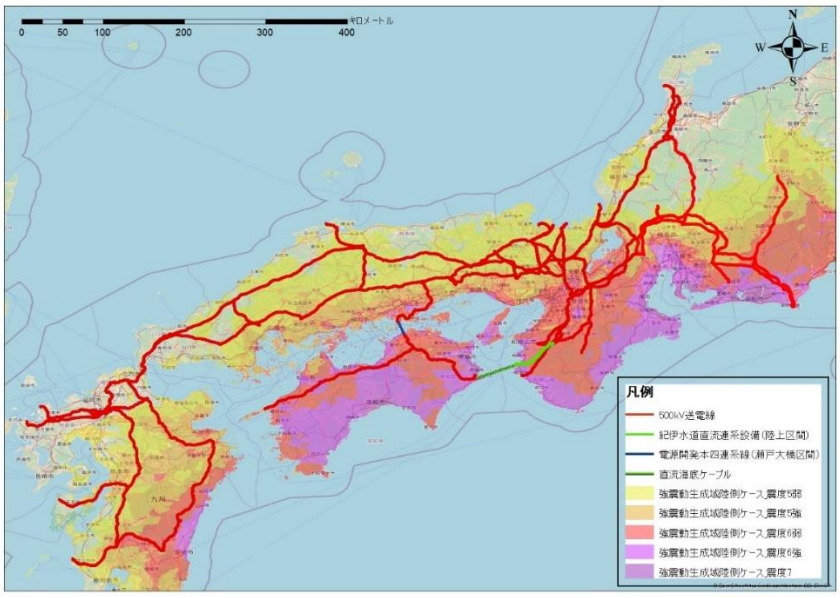


図 3-2-3　500kV 送電線と南海トラフ巨大地震震度予測図（強震動生成域陸側ケース）

3.2.4　土砂災害警戒区域立地鉄塔

収集したデータをもとに土砂災害警戒区域に立地している鉄塔を抽出した。その結果を地図上に示したものが、図 3-2-4 である。地図上での分布をみると、同じ電力会社管内でも土砂災害警戒区域立地鉄塔が分布している場所とそうでない場所に分かれることが分か

った。また、電力会社によってもその数や比率は大きくことなることが分かった（表 3-2-3）。

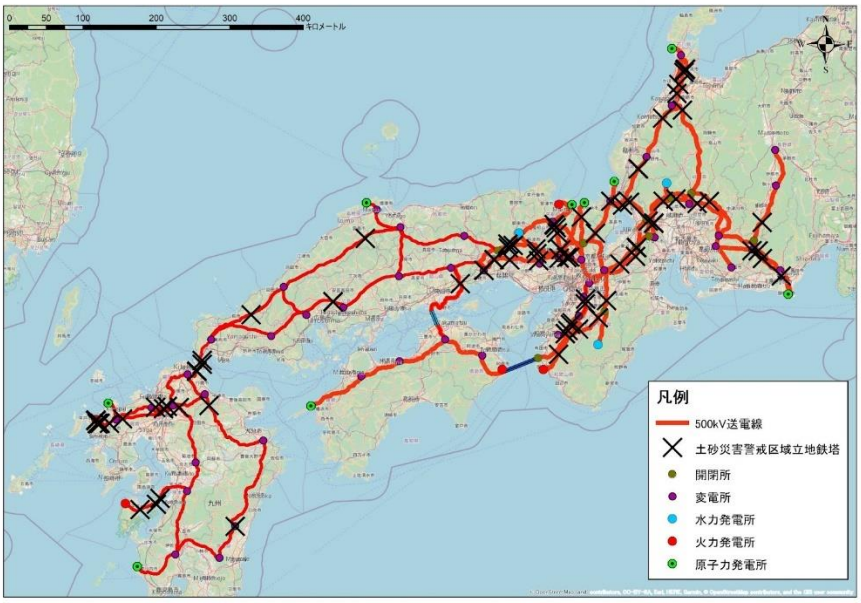


図 3-2-4　土砂災害警戒区域内立地鉄塔の分布

表 3-2-3　電力会社別土砂災害警戒区域内立地鉄塔の基数及び比率

電力会社	鉄塔数（基）	土砂災害警戒区域内立地鉄塔（基）	土砂災害警戒区域内立地率（%）
中部電力PG	2231	13	0.58
関西電力送配電	3868	41	1.23
北陸電力送配電	731	9	1.06
中国電力NW	2173	6	0.28
四国電力送配電	683	0	0
九州電力送配電	2678	21	0.78
電源開発送変電NW	537	9	1.68
紀伊水道直流連系設備	106	0	0
合計	13007	99	0.76

3.2.5　おわりに

本節では送電網のうち、特に 500kV 送電網を構成する送電鉄塔の位置情報を収集し、土砂災害警戒区域、震度予測図と突合し、ハザードの影響を受け得る箇所の抽出を試みた。その結果、土砂災害警戒区域内に立地しているものは 99 基、南海トラフ巨大地震（強震動生成域：基本ケースおよび陸側ケース）発生時の震度 6 弱以上の地域に分布している基数は強震動生成域基本ケース 882 基、強震動生成域陸側ケース 3016 基であることが分かった。ほとんどが内陸部の山間部に設置されており、南海トラフ巨大地震が発生した際に同時に発生する巨大津波の影響を受けるものは非常に限られている。一方、変電所や発電所の場所、或いはそのほかの事情によって土砂災害警戒区域などを避けられなかったとみられる送電鉄塔が各地で見られた。また、震度 6 弱以上のエリアに多くの 500kV 送電鉄塔が立地している。熊本地震でも震度 6 弱以上のエリアにあった 500kV 送電鉄塔で碍子の損傷が発生している。母数が多いことから同時に大量に碍子の損傷が発生すると交換作業の所要時間や在庫の確保などで問題が生じる可能性もある。今後このような点については改めて検討していきたい。

【参考文献】

一般社団法人電気協同研究会(2018)：「送電用鉄塔耐震設計とその課題」、電気協同研究、第 73 巻 3 号

橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・奥村与志弘・河田惠昭(2021)：「中部・関西・四国地方における 500kV 送電網の土砂災害リスクについての検討」、エネルギー・資源学会講演論文集、No.40、pp.44-52.

3.3　［復旧作業の視点］復旧作業員の被災地展開における課題

橋冨彰吾

要約　令和 6 年能登半島地震では、交通網の各所での寸断と半島という地形特性が相まり被災地と宿泊地の移動に多大な時間を要した。その結果、作業時間の減少や被災地での露営に近い状態での休息を作業員に強いる事態となった。本稿では、令和 6 年能登半島地震における電力復旧活動に関して、作業員の動員状況と移動の困難性について概観する。

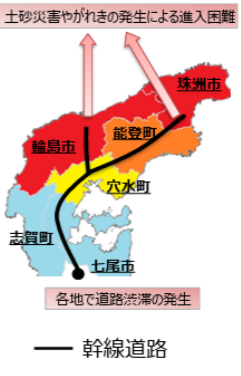
3.3.1 能登半島地震

能登半島地震では配電網の被害が停電の主たる原因となった。配電網の被災による停電は、これまでにも地震や台風などの様々な災害で発生しており、とくに珍しいものではない。しかしながら、電柱の被害量が近い熊本地震と比べると、停電復旧にかかる時間は長期化している。熊本地震における配電設備の被害は、支持物 3200 本、電線 900 径間であった。これに対して、能登半島地震では支持物 3100 本、電線 1700 カ所であった。支持物の被害という面ではほとんど変わりなかったにも関わらず、停電復旧に要した時間は熊本地震が約 5 日とされているのに対して、能登半島地震では約 30 日とされている。いずれも進入困難な場所は除いた上での評価ではあるが、それでも能登半島地震の停電復旧日数は熊本地震のそれの 6 倍を要している。

過去の地震被害との比較

		能登半島地震（R6）	熊本地震（H28）	東日本大震災（H23）	
				東北NW	東電PG
最大震度※1		震度７（M7.6）	震度７（M7.3）	震度７（M9.0）	
住家被害[棟]※1		全壊　約8,800 半壊　約18,800	全壊　約8,700 半壊　約35,000	全壊　約122,100 半壊　約284,000	
主な設備被害※2	送電	鉄塔　１基 電線　０径間	鉄塔　16基 電線　１径間	鉄塔　46基 電線　４径間	鉄塔　15基 電線　３径間
	配電	支持物　約3,100本 電線　約1,700箇所	支持物　約3,200本 電線　約900径間	支持物　約36,000本 電線　約1,500径間	支持物　約14,300本 電線　約100径間
最大停電戸数※2		約４万戸	約48万戸	約466万戸	約405万戸
配電柱あたり停電戸数		約13戸	約150戸	約130戸	約280戸
停電復旧までの日数※2		約30日 ※進入困難箇所除く	約５日 ※進入困難箇所除く	約８日で94%復旧 ※津波被害地域、立入制限区域を含む	約７日

地理的な制約※3



（出典）※1　内閣府HP（能登半島地震：令和６年３月19日時点　　熊本地震：平成31年４月12日時点　　東日本大震災：令和６年３月８日時点）
※2　能登半島地震：北陸電力送配電提供　　熊本地震：第９回電力安全小委員会 資料２
東日本大震災：第１回電力安全小委員会電気設備地震対策WG 資料1-1、1-2
※3　国土地理院HPをもとに経済産業省作成

- 6 -

図 3-3-1　過去の地震被害との比較

（出典）経済産業省産業保安グループ電力安全課（2024）p. 6

その理由に挙げられるものとして、道路網が寸断されたことによる拠点から現場への移動時間の増大がある。今回の地震では、海岸部が津波と地盤の大幅な隆起に見舞われたことから、港湾の利用が困難となり、陸路での進出に制限された。電力復旧に関する補給・休養などを担う兵站拠点として機能した場所として2カ所が挙げられる。まず、北陸電力が石川県鹿島郡中能登町のアル・プラザ鹿島店に設置した災害復旧拠点である。次に富山県高岡市の高岡市駅付近のビジネスホテルを利用しており、関西電力が利用していた。また、電力関係では聞かないが、行政支援などでは、のと里山空港に仮設宿泊施設が作られた。のと里山空港では併設されている日本航空学園石川の校舎を間借りしている時期もあった。これらの拠点と被災自治体の市役所及び町役場までの距離と平常時の所要時間を示したものが表3.3.1である。北陸電力が発災直後に事前の協定に基づいて設置した災害復旧拠点は、被災地内に元からある営業所等を除けば最も前線に近い場所である。しかし、それでも、最も奥地の珠洲市まで92.8㎞あり、平常時でも1時間40分以上かかる。発災当時､道路網は土砂崩れ等により各所で寸断され､迂回や交互通行を余儀なくされていた。そのため、通常の3倍の時間を要するケースもあった。NHKの取材班は金沢放送局から輪島市まで通常2時間のところ1月3日に6時間以上かけて現地に入っている（NHK)。9日時点においても4時間と2倍の時間を要している。また、七尾市から輪島市や珠洲市に向かうのに5時間以上かかったとの記述も見られる（国土交通省 2024)。この移動時間の増大が電力復旧をはじめとする様々な活動において足枷になったとの証言は多い。

表 3-3-1　拠点間移動距離と平時の所要時間

拠点	目的地	距離（km）	平時所要時間	拠点	目的地	距離（km）	平時所要時間
金沢駅	七尾市役所	68.2	81分	高岡市駅	七尾市役所	48.4	55分
	中能登町役場	56.3	68分		中能登町役場	42.4	56分
	志賀町役場	59.8	66分		志賀町役場	51.5	65分
	穴水町役場	88.2	97分		穴水町役場	83.7	102分
	輪島市役場	110	121分		輪島市役場	111	126分
	能登町役場	122	132分		能登町役場	123	139分
	珠洲市役場	135	140分		珠洲市役場	136	150分
災害復旧拠点（アル・プラザ鹿島店）	七尾市役所	10.7	21分	のと里山空港	穴水町役場	11.2	16分
	中能登町役場	3.7	7分		輪島市役場	17.8	27分
	志賀町役場	16.5	23分		能登町役場	22.1	28分
	穴水町役場	36.8	52分		珠洲市役場	36.3	41分
	輪島市役場	64.3	82分				
	能登町役場	68.3	89分				
	珠洲市役場	92.8	104分				

3.3.2　作業員の動員状況

図 3-3-2 は、中能登町以北の地域に投入された作業員の被災後の動員状況と停電戸数の推移を示したものである。北陸電力グループ約 400 人と他の電力会社からの応援 600 人の合計約 1000 人で復旧対応に従事していた。動員そのものは 1 月 4 日にはほぼ達成されていた。

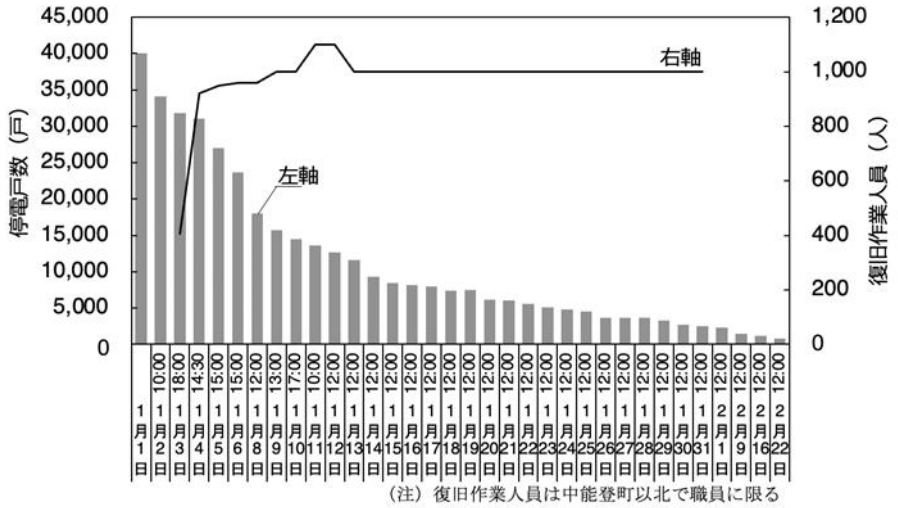


図 3-3-2　停電戸数の推移と中能登町以北に投入された作業員数

（出典）奥村ら（2024）p. 455

3.3.3　電柱の被害の被害復旧所要時間

電気共同研究会（2024）によると、電柱折損の復旧には本復旧と仮復旧の 2 つの方式が存在し、その所要時間は、本復旧では 4 時間、仮復旧であれば 2 時間程度を目安としている（図 3-3-3）。仮復旧もいずれは本復旧をするので、トータルコストは最初から本復旧とする場合より高くつく。しかし、仮復旧の方が本復旧よりも早く供給を再開できるメリットがあり、まずは仮復旧をするというのが現在の基本的な方針となっている。折損なので、傾斜や断線など、他の被害様相の場合の復旧に要する時間は変わってくると考えられるが、仮復旧に電柱 1 基当たり 2 時間とすると、3.3.1 で紹介したように現地での活動時間が 4～5 時間程度だとすると能登半島地震では、復旧チーム 1 隊で対応できる復旧できる電柱は、2 基程度であったと考えられる。この 2 時間には周囲のがれきや倒木の除去に要する時間は考慮されていない。

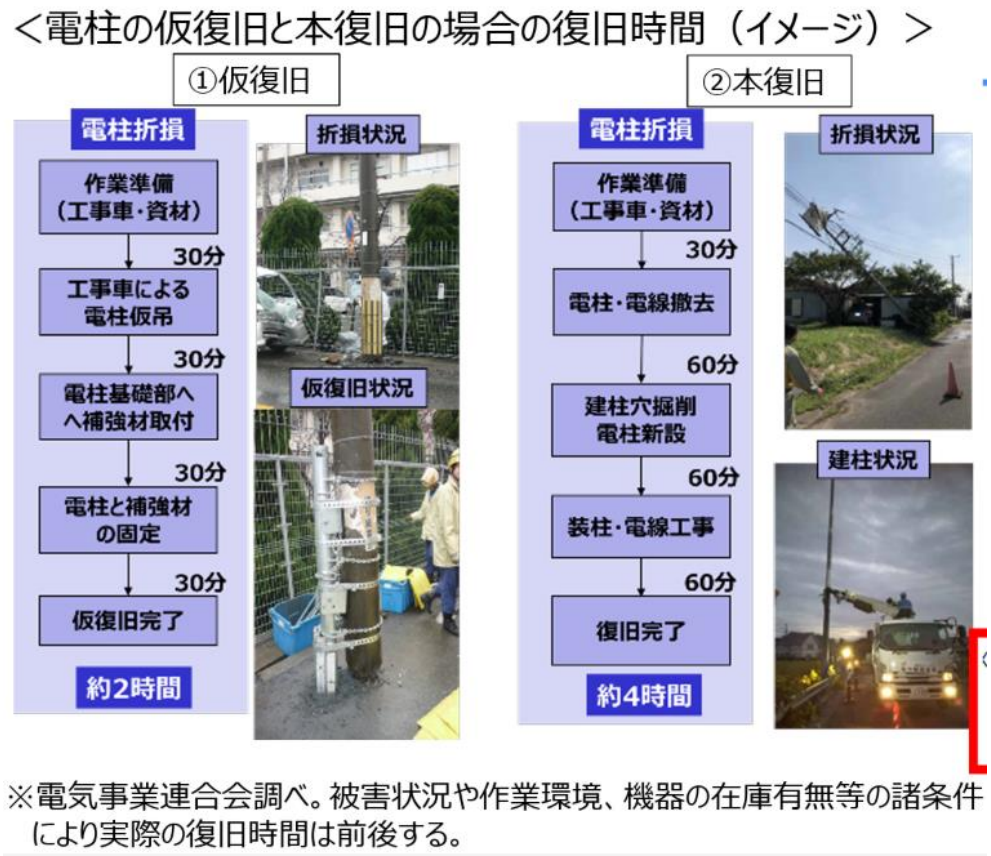


図 3-3-3　電柱復旧の所要時間

（出典）経済産業省(2019)p. 28

3.3.4　今後の課題

南海トラフ巨大地震が発生すると道路網の寸断が各地で発生する。都市部とは異なり代替ルートの少ない地域では生き残った道路にインフラ復旧要員、被災者支援要員、物資補給、その他様々な目的の車両が集中することになる。しかも、生き残ったルートが平常時のように使えるわけでは無く、片側交互通行や道路の損傷による速度制限などによって移動速度も制限される。被災地に宿泊施設が豊富であれば、すべてが利用できなくとも生き残った施設を利用することも期待できるが、そうでなければ、今回の能登半島地震のように、往復 12 時間などということは今後も発生する。活動時間の大半を移動時間として浪費することとなり、結果、復旧効率が著しく低下する。しかも、作業に従事する人は長時間の移動や寒さ・暑さによって消耗することが容易に想像される。被災後の交通支障が発生している現地で活動するインフラ復旧要員に対する自活能力や兵站機能の付与とその維持は喫緊の課題である。

【参考文献】

NHK, 能登半島地震 道路復旧進むも “普段の２倍の時間” 現状は？2024 年 1 月 9 日 19 時 32 分, https://www3.nhk.or.jp/news/html/20240109/k10014314751000.html（参照年月日 2025 年 2 月 9 日）

石川県 HP, 知事記者会見（令和 6 年 2 月 14 日）会見資料 https://www.pref.ishikawa.lg.jp/chiji/kisya/documents/0214kaikenshiryou.pdf（参照年月日 2025 年 3 月 10 日）

富山新聞,復旧車両に広場開放　前線基地化の高岡市〈１．１大震災〉, 2024.02.22, https://www.hokkoku.co.jp/articles/tym/1323934

奥村与志弘・橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・河田惠昭（2024）:令和 6 年（2024 年）能登半島地震による停電と災害関連死および企業生産活動への影響, 自然災害科学, 43 巻 3 号, pp.449-458.

電気協同研究会(2024):自然災害時の配電設備における復旧対応の高度化, 電気協同研究, 第 80 巻第 2 号.

国土交通省(2024):能登半島地震による被災及び復旧状況について　2024 年 3 月 4 日 https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001727349.pdf

経済産業省(2024):令和 6 年能登半島地震の対応について、 https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/020_01_01.pdf

経済産業省(2019):台風 15 号・19 号に伴う停電復旧プロセス等に係る個別論点について https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/resilience_wg/pdf/006_04_00.pdf

４　災害関連死に見る被災社会の相転移

4.1　［事例報告］東日本大震災における災害関連死

奥村与志弘

要約　停電の継続期間と関連死発生率の関係に着目し、個々の巨大災害において長期停電が相転移を引き起こしたかどうかを判定できる可能性があることを示した。また、循環器系疾患や呼吸器系疾患による関連死が、避難生活の長期化に伴って急増し、関連死発生率を大幅に押し上げる要因となっていること、ひいては被災社会を質的に大きく変化させる可能性があることも明らかになった。さらに、関連死犠牲者がどのような生活拠点を経て死亡に至ったのか、その実態を明らかにするとともに、関連死発生率が段階的に高まる「相転移」の発生過程についても、概念的な整理を試みた。

4.1.1 長期停電に伴う被災社会の相転移―関連死発生率の視点から

停電が長期化すると、関連死発生率（避難者１万人あたりの関連死者数）が高まる。この特徴を用いれば、最大避難者数と関連死発生率の関係で表される関連死発生率曲線は、通常停電（例えば、数日程度）の災害に対する曲線と、長期停電（例えば、数週間、数ヶ月）の災害に対する曲線とで描き分けることができる。

図 4-1-1 は相転移モデルに基づく関連死の発生状況を模式的に示したものである。ここでは、東日本大震災の関連死発生率を、岩手県・宮城県における最大避難者数と関連死者数のデータから算出し、「長期停電」相の関連死発生率曲線上にプロットした。福島県については、関連死の発生状況が他の２県とは大きく異なる特徴を示していたため、データから切り離して扱っている。一方、阪神・淡路大震災では停電が東日本大震災ほど長期化しなかったため、その関連死発生率は両曲線の中間に位置づけた。このようにモデル化することで、停電の継続期間と関連死発生率という２つの指標から、個々の巨大災害において長期停電による相転移が生じたかどうかを判定する手がかりを得ることができる。

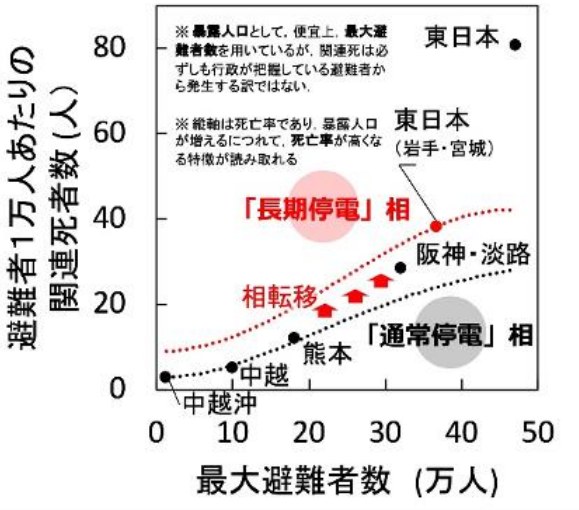


図 4-1-1　長期停電に伴う相転移のイメージ．同じ最大避難者数の災害でも，長期停電の有無で関連死の死亡率に大きな差が生じる．東日本大震災は，岩手県，宮城県のデータを用いて後者の曲線上にプロット．

4.1.2「長期停電」相という被災社会の特徴と被害軽減策の検討（１）

図 4-1-2 は、東日本大震災において気仙沼市で発生した災害関連死を、死亡原因の種別と発生時期ごとに整理したものである。この図からは、循環器系疾患および呼吸器系疾患による関連死が、特定の時期に集中して発生していることが分かる。これらの関連死は、避難生活が 1 週間以上、あるいは 1 ヶ月以上続く中で急激に増加する傾向が見られた。したがって、こうした疾患による死亡は、関連死発生率を大きく押し上げ、被災社会に質的な変化をもたらした可能性がある。図 4-1-3 は、介護のタイプによって関連死の発生プロセスに違いがあることを示している。在宅介護では、介護サービスの低下が関連死に影響を及ぼしている可能性があり、さらに停電の影響も観察される。一方で、施設介護ではこのような特徴は確認されなかった。

死亡原因の種類	ICD-10 コード	3日間	1週間	1ヶ月	3ヶ月	3ヶ月以降
感染症及び寄生虫症	A,B	0	0	1	2	2
内分泌，栄養及び代謝疾患	E	0	0	0	1	0
神経系の疾患	G	0	0	0	0	1
循環器系の疾患	I	7	3	13	8	2
呼吸器系の疾患	J	0	6	14	17	5
皮膚及び皮下組織の疾患	L	0	0	0	1	0
腎尿路生殖器系の疾患	N	1	1	2	1	1
症状，徴候及び(※1)	R	5	1	6	2	1
損傷，中毒及び(※2)	S,T	2	0	0	0	0
ICD10に記載のない疾病	-	0	1	0	0	0

（※1） 症状，徴候及び異常臨床所見・異常検査所見で他に分類されないもの

（※2） 損傷，中毒及びその他の外因の影響

図 4-1-2　死亡原因の種別にみた関連死発生時期（東日本大震災時の気仙沼市 103 事例）

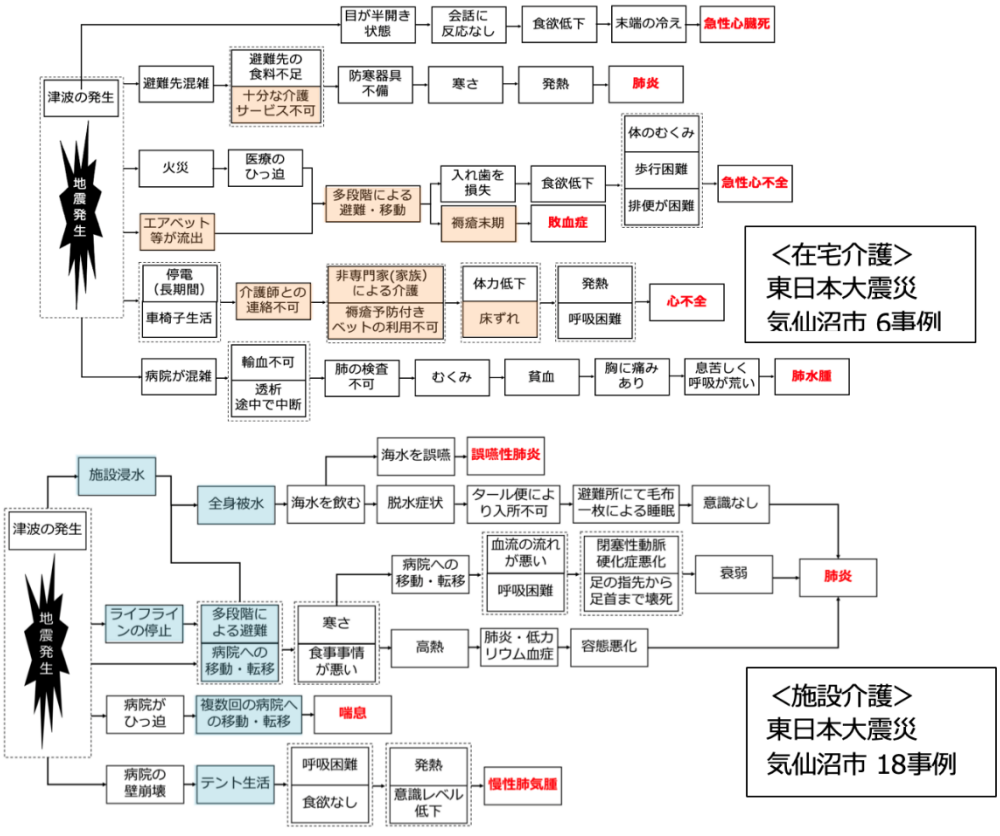


図 4-1-3　関連死発生プロセス

4.1.3「長期停電」相という被災社会の特徴と被害軽減策の検討（２）

停電が長期化すると、調理ができない、暖房が利用できない、医療機器が使用できないなどの問題が深刻化し、生死に関わる状況にまで至ることがある。これらの問題は、生活拠点によって異なる特徴を持つ。自宅での問題と、避難所や高齢者施設など他の場所での問題は異なるため、生活拠点ごとに対策を考えなければならない。しかし、内閣府や熊本県が公表している関連資料は、一般的に死亡時の生活拠点に焦点を当てている。そこで、気仙沼市で関連死と認定された 109 人について、被災後の主な生活拠点を一人ひとり調査した。この調査には、気仙沼市から入手した東日本大震災の災害弔意金等申立書を利用した。

図 4-4-4 は、生活拠点ごとにみた関連死者数の割合を示している。自宅、病院、高齢者施設がいずれも 2 割前後、避難所が 1 割であったことが分かる。また、生活拠点が 2 ヶ所以上という犠牲者も全体の 3 割を占める。

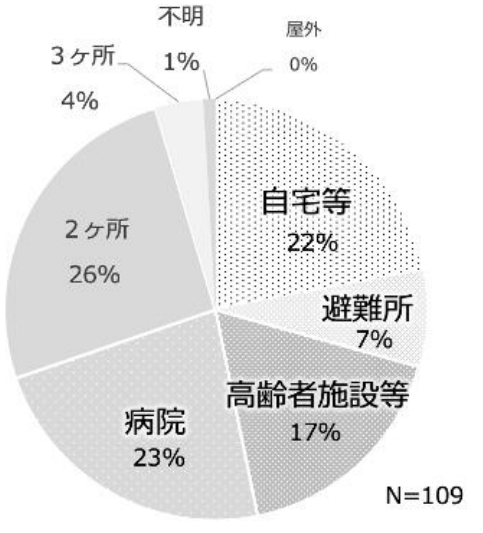


図 4-1-4　生活拠点別にみた関連死者数の割合（東日本大震災時の気仙沼市 109 事例）

表 4-1-1　関連死認定を受けた方々の主な生活拠点．2 ヶ所以上の生活拠点がある事例の内訳．（東日本大震災時の気仙沼市 32 事例）

生活拠点	人数（人）
屋外 + 避難所	1
屋外 + 避難所 + 病院・診療所	1
屋外 + 高齢者施設等	2
自宅等 + 避難所	5
自宅等 + 避難所 + 病院・診療所	2
自宅等 + 病院・診療所	13
避難所 + 高齢者施設等 + 病院・診療所	1
避難所 + 病院・診療所	6
高齢者施設等 + 病院・診療所	1
計	32

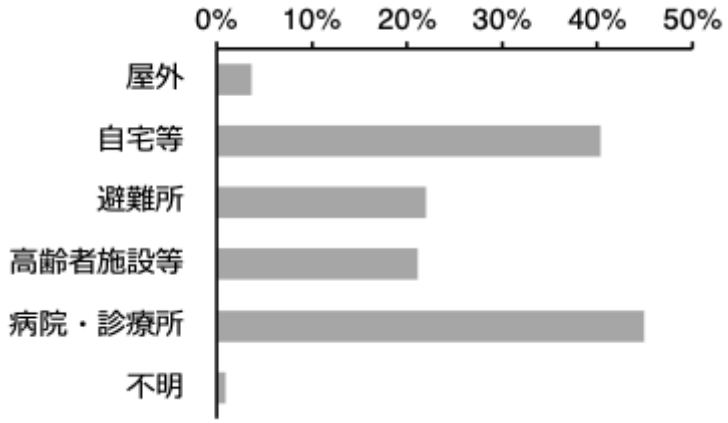


図 4-1-5　生活拠点別にみた関連死者数の割合．拠点が 2 ヶ所以上の場合はすべての拠点で 1 人とカウント．（東日本大震災時の気仙沼市 109 事例）

自宅等、病院・診療所等、避難所を生活拠点としていた方々は、そこだけを生活拠点としていた方（それぞれ 24 人、25 人、8 人）だけでなく、別にも生活拠点があった方（それぞれ 20 人、24 人、16 人）が多く、人数比で 1〜2 倍であることが明らかになった（表 4-1-1、図 4-1-5)。一方で、高齢者施設の場合は別に生活拠点があった方が少ないことが分かった。

以上を踏まえ、自宅等、病院・診療所等、避難所で死亡したケースについては、半数は

その場所以外にも生活拠点が存在していたことから、それぞれの拠点でどのような問題があったのかを詳細に分析する必要がある。

4.1.4 災害関連死に注目した停電に伴う相転移発生過程

停電の長期化がある一定水準を超えると、関連死の発生数が急増の兆しを見せ始める。初期段階では、この変化は一部地域に限定されており、それらの地域を「相転移の種」と呼ぶ。適切な対応が取られれば、この変化が被災地全体に波及することはなく、収束に向かう。しかし、封じ込めに失敗した場合は、「一次相転移」と呼ばれる状況が発生し、被災地全体で関連死の発生率が、一段階、高まることになる。被災地全体の関連死の発生率が、さらにもう一段高い状況になる「二次相転移」へのプロセスも同様である。図 4-1-6 は、関連死の発生率が段階的に高くなる相転移の様子を概念的に示したものである。

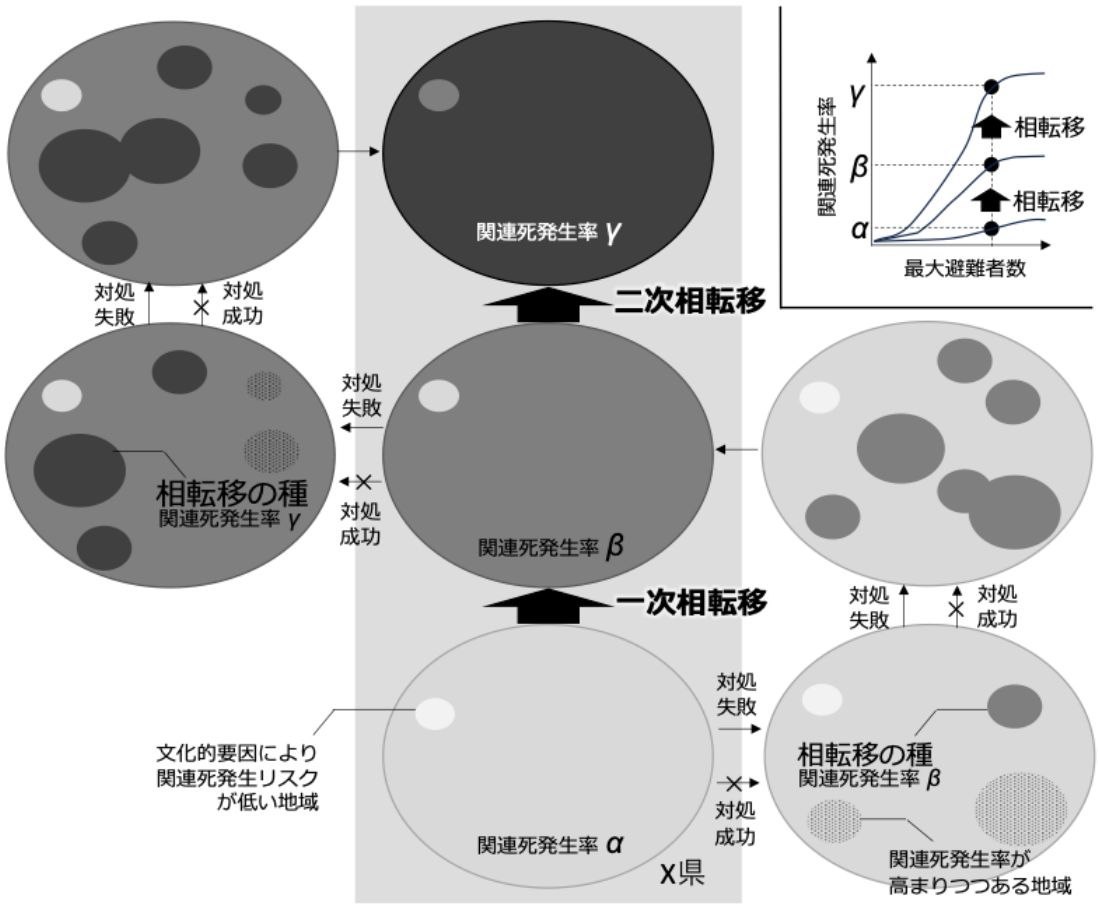


図 4-1-6　関連死発生率の観点からみた停電に伴う相転移発生過程

謝辞　4.1.2、4.1.3 における検討は、著者の指導の下で山﨑健司氏、藤木彩歌氏がそれぞれ修士研究、卒業研究として実施したものである。ここに記して謝意を表します。

4.2　[事例報告] 令和元年房総半島台風を踏まえた災害関連死の季節性リスク

中林啓修

要約　予想される南海トラフ地震や首都直下地震といった巨大災害は「規模（量）によって被害の様相（質）が変わってしまう災害」と考えることができる。ここでいう災害の規模の「質的な変化点」は、被害を劇的かつ不連続に拡大させる「相転移」という概念で整理できるが、本稿では、災害に起因する長期停電と災害関連死の季節性リスクの関係性について、令和元年房総半島台風における千葉県内の状況を事例に分析することで、長期停電が相転移となりうる可能性を検討している。平成 20 年から令和元年までの 9 月の千葉県内の熱中症搬送数と気温に関する分析並びに、令和元年 9 月の千葉県内の消防本部ごとの熱中症搬送件数と停電復旧見通しとの分析を通じて、災害に起因する長期停電が災害関連死の季節性リスクを高める可能性があることを示唆する結果を得ることができた。

4.2.1　令和元年房総半島台風と災害関連死

令和元年 9 月 5 日に発生した台風 15 号は 9 月 8 日までに関東地方に接近し、9 日にかけて千葉県を通過していった。表 4-2-1 の通り、この台風による最大の被害が発生したのは千葉県であった。

表 4-2-1　令和元年房総半島台風における被害状況

	死者	全半壊	一部破損	床上浸水
福島県	0	1	0	5
茨城県	0	88	4, 705	0
栃木県	0	0	3	0
埼玉県	0	0	15	1
千葉県	0	3, 966	61, 104	40
東京都	1	80	1, 425	13
神奈川県	0	87	2, 665	68
静岡県	0	47	480	0
全国	1	4, 269	70, 397	127

表にある通り、被害の中心は建物被害（全半壊 4200 棟以上）であったが、これに加えて、

千葉県を中心に発生した大規模な停電が大きな課題となった。千葉県では停電は 9 月 9 日から最大で 9 月 24 日ごろまで継続し、最大時には千葉県内で 64 万 1 千軒、全国で約 93 万 5 千軒が停電している。

千葉県が令和元年房総半島台風について発表しているもっとも新しい被害報(第 130 報)注 1)によれば、2021 年 1 月 21 日時点で令和元年房総半島台風による死者数は 12 人で、全員が災害関連死であった。このうち、死因に停電が関係していることが説明されている死者は 8 人であり、その半数にあたる 4 人が熱中症または熱中症疑いとされていた（表 4-2-2 参照)。

表 4-2-2　令和元年房総半島台風における千葉県での災害関連死の発生状況

死者	発生場所	発生日時	年齢	性別	状況
1	富里市	9月9日	80歳代	男	台風第１５号の影響により停電が発生し、被災者が自宅にて酸素吸入器から携帯用の酸素ボンベの利用に切り替えようとした途中で倒れ死亡したと推測される。
1	南房総市	9月10日	90歳代	女	台風第１５号の影響での停電による熱中症の疑いで死亡。
1	市原市	9月10日	60歳代	男	台風１５号の影響での停電による熱中症により死亡。
1	市原市	9月12日	70歳代	女	台風１５号の影響での停電による熱中症に起因するくも膜下出血により死亡。
1	君津市	9月12日	80歳代	女	台風１５号の影響での停電による熱中症の疑いで死亡。
1	館山市	9月9日	70歳代	女	台風１５号の影響によるストレスに起因する心肺停止により死亡。
1	成田市	9月9日	50歳代	男	台風１５号の影響による自宅における倒木の処理中に心肺停止により死亡。
1	大網白里市	10月13日	60歳代	女	台風１５号の影響での停電による既往症の悪化により死亡。
1	市原市	9月11日	80歳代	女	台風１５号の影響での停電による致死性不整脈により死亡。
1	千葉市	9月12日	40歳代	男	台風１５号の影響での急性心筋梗塞の疑いにより死亡。
1	千葉市	10月5日	80歳代	女	台風１５号の影響での停電による肺炎により死亡。
1	館山市	9月10日	80歳代	男	台風１５号の影響での自宅の被災による心労に伴う既往症の悪化により死亡。

千葉県における関連死者の 2/3 が停電起因であったこと自体が重大なことだが、その中の半数にあたる 4 人の死因が熱中症であったことは、夏場の災害における長期停電の発生それ自体が季節性リスクを高める要因になりうることを示唆している。熱中症は平素から発生しうる事象であり、かつ数量的なデータが得やすい。そこで、長期停電に伴う熱中症リスクをとりあげて、災害関連死の季節性リスクについて検討する。まず、消防庁が発表する平成 20 年から令和元年までの 9 月の千葉での熱中症搬送者数、経産省による令和元年房総半島台風での停電の復旧状況および、気象庁による同時期の 9 月の千葉気象台での最高気温および日当たりの平均湿度を指標として、「停電戸数の推移と熱中症搬送者数との関係性」および「平成 20 年以降の熱中症搬送者数と気象状況の関係性を踏まえた停電による影響」の 2 点を明らかにする。これらを通じて、長期停電下での熱中症リスクの有無

を把握したのち、特に停電との関係での熱中症リスクについてより詳細な検討を進めることとする。

4.2.2　令和元年房総半島台風に伴う停電下での熱中症の発生状況

令和元年房総半島台風において千葉県で生じた大規模停電期間（9/9-24）での熱中症搬送人数、停電戸数、最高気温および平均湿度の推移を表 4-2-3 に示す。搬送件数は特に停電が発生した当初の 3 日間で著しく、停電発生直前までの熱中症搬送人数の傾向が令和元年に近かった平成 22 年を例に類似した気象条件（気温±0.5℃、湿度±5%）での搬送件数と比較すると、令和元年 9/9 からの 3 日間の熱中症での搬送人数は最大で 4.98 倍、最小で 2.85 倍に達した。

また、「平成 20 年以降の熱中症搬送者数と気象状況の関係性を踏まえた停電による影響」については、9 月に熱中症での搬送があった気温を縦軸とし、搬送者数を横軸とした分布図（図 4-2-1 および図 4-2-2 参照）を作成したところ、①1 日あたり 50 人を超える搬送、②25℃以上 30℃未満の環境での 30 人以上の搬送が台風による長期停電下でしか見られなかったほか、③20℃以上 25℃未満の環境での搬送者数も長期停電下で最大となった。①については停電発生当初の 3 日間に集中しており、②もその翌日となっているが、③については、停電期間中に継続して見られる現象であった。このことから、災害に起因する停電がもたらす被害の様相として、発災初期には爆発的な搬送者数増加が生じる可能性がある他、期間中は気温が低い状態でも平素より多い搬送者が発生しており、長期停電が被害の大規模化や平素と同じ環境でも悪化させる可能性があることがわかった。ただし、図 4-2-3 が示すように、長期停電が発生する熱中症の程度（重症度）を高めているとまでは言えず、問題となるのは搬送に至るような症状の発生数にあることもまた把握しておく必要があろう。

表 4-2-3　2019 年 9 月 9 日から 24 日の千葉県内の熱中症搬送人数、停電戸数、最高気温及び平均湿度の推移

日付	熱中症搬送人数（人）	停電戸数(戸)	最高気温(℃)	平均湿度(%)	日付	熱中症搬送人数（人）	停電戸数(戸)	最高気温(℃)	平均湿度(%)
9/9	94	62.2	32.5	76	9/17	16	6.7	30.7	73
9/10	214	56.4	34.7	73	9/18	1	4.6	23.8	83
9/11	138	42.7	32.1	79	9/19	4	3.1	26.7	66
9/12	37	33.2	28.3	63	9/20	2	1.9	26.7	61
9/13	7	19.5	24.7	61	9/21	0	0.4	24.9	67
9/14	7	14.8	27.5	74	9/22	1	0.3	27.5	75
9/15	9	13.4	29.6	68	9/23	9	0.3	31.8	76
9/16	7	7.9	24.6	92	9/24	32	0.1	30.2	68

（出典）気象庁“過去の気象データ検索”　および総務省消防庁“熱中症情報”から作成

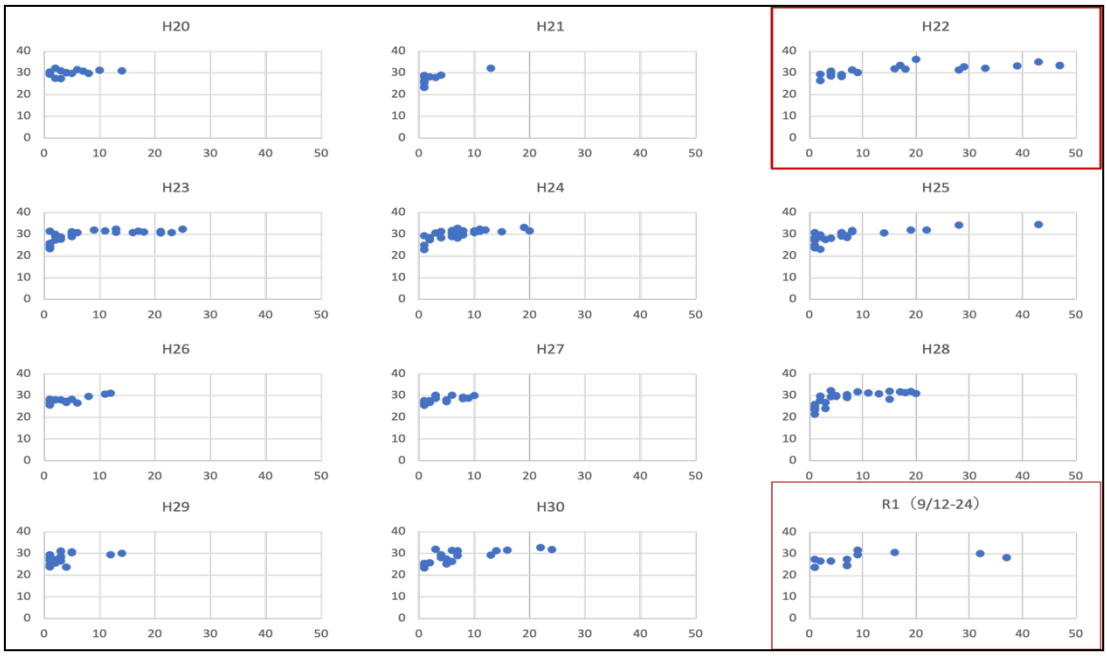


図 4-2-1　平成 20 年から令和元年にかけての毎 9 月の千葉県における熱中症搬送者数（横軸）と最高気温（縦軸）（令和元年については、50 人を越える搬送を除いている）。

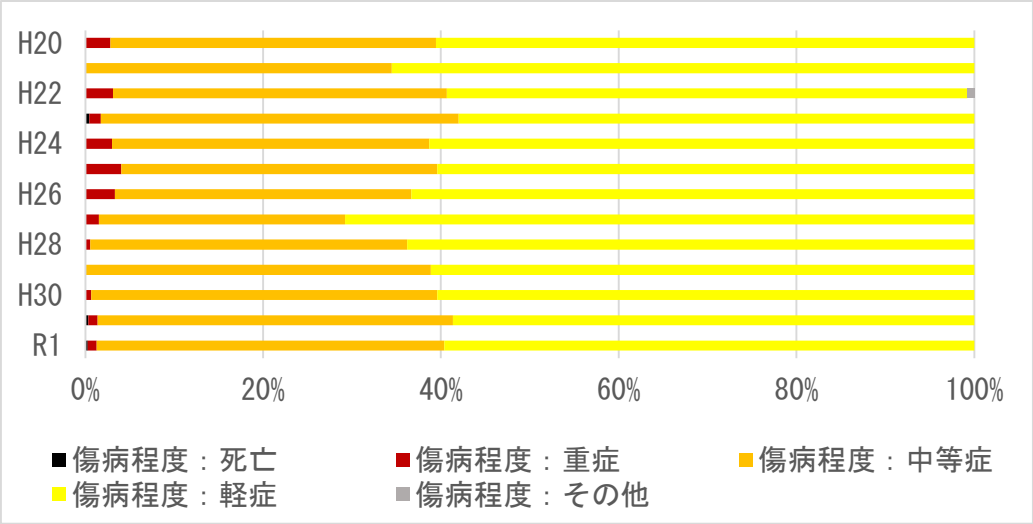


図 4-2-3　熱中症搬送者の傷病程度別の割合（H20-R1）

4.2.3　長期停電による季節性リスクの可能性の検討

ここまで見てきたように、台風とこれに伴う長期停電被害に見舞われた千葉県では、それまでに経験したことがない規模で熱中症の搬送が発生していた。そこで、より詳細に熱中症と停電との関係を把握するために、千葉県から入手した県内の消防本部別の毎年 9 月の熱中症搬送者数に関するデータ（平成 23 年から令和 3 年まで）と、東京電力が令和元年 9 月 13 日に発表した「千葉県市町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間のイメージ」注 3)を用いて、停電持続期間と熱中症搬送との関係について分析してみた。具体的には、停電復旧までの期間ごとに A から D まで 4 つのエリアに分類し（図 4.2.4 参照）、それぞれの地域を担当する消防本部の搬送数を集計した。なおエリア間比較を容易にするために、搬送件数については、各エリアとも人口 100 万人あたりの数字として求めた上で、それぞれのエリアをカバーする消防本部数の差に配慮し、搬送者数の平均値と中央値での比較を行うことにした。

図 4-2-5 は台風通過から停電が完全に解消するまでの期間のエリア別の 100 万にあたりの搬送件数の推移をまとめたものである。これによれば、①停電解消の時期に関係なく発災当初に搬送件数が増えていること、②その期間では 1 週間から 11 日程度までに停電が解消したと思われるエリア（エリア B および C）で 100 万人あたりの搬送件数が特に多いこと、がわかる。これらの結果を踏まえ、令和元年台風 15 号での停電期間中の各エリアの搬送者数の平均値および中央値と、気温の推移など気象条件が似ていた平成 25 年 9 月の

ピーク時の熱中症搬送者数の平均値および中央値とを比較し、カイ 2 乗検定（平均値：x2(3)=17.542 ， p<.01　中央値：x2(3)=17.506 ， p<.01）を行ったものを表 1-2-1 として示す。これによれば、エリア C における停電時の搬送件数が有意に多く、逆にエリア D（最も停電が長いエリア）での搬送件数が有意に少なかったことが示唆されている。

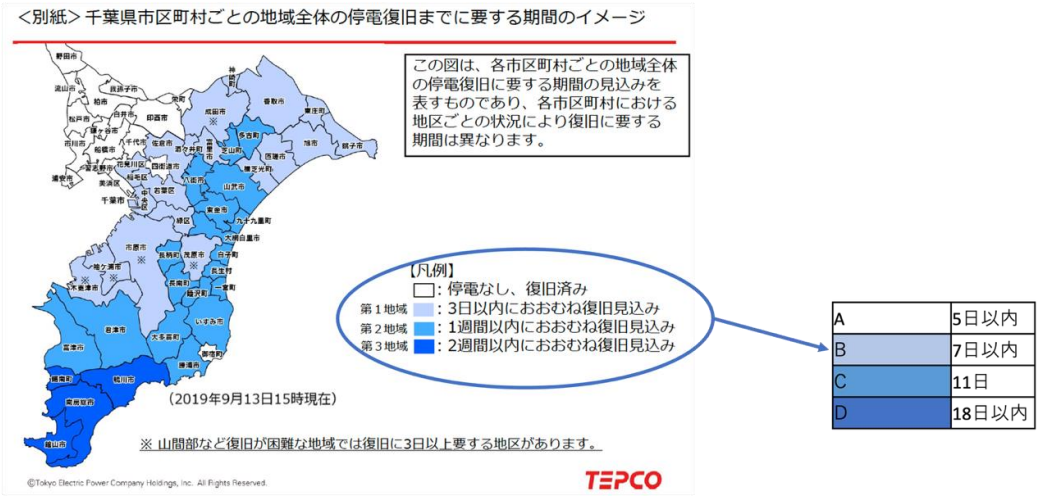


図 4-2-4　千葉県市町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間別のエリア区分

（出典）東京電力「千葉県市町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間のイメージ」

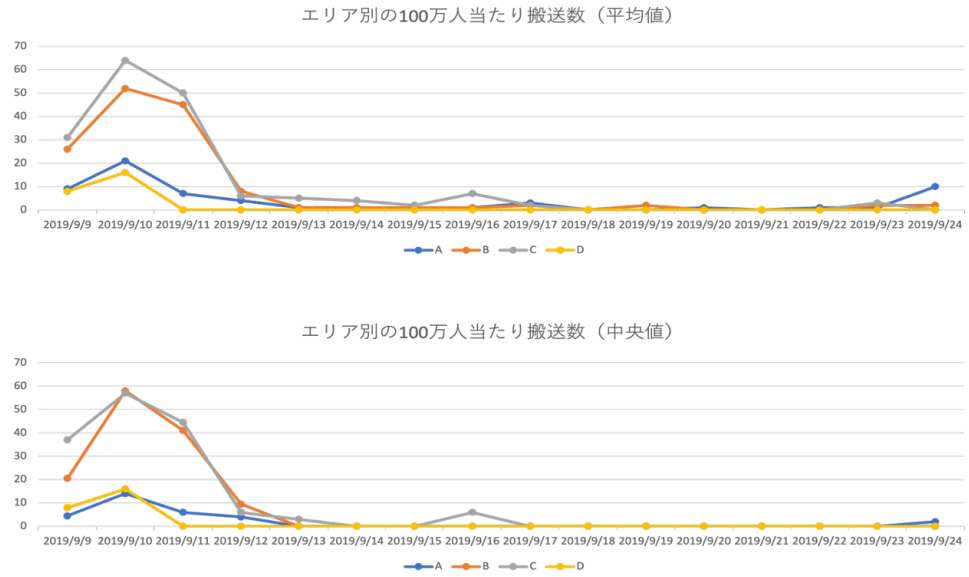


図 4-2-5　エリア別の熱中症搬送件数の平均値および中央値の推移

（令和元年 9 月 9 日から 24 日）

（出典）各種資料をもとに執筆者作成

表 4-2-4　エリア別の熱中症搬送件数の平均値および中央値の比較

（令和元年 9 月停電期間および平成 25 年 9 月）

平均値	R1 停電最大	H25 最大
A	21	9
B	52	13
C	64（+）	10（-）
D	16（-）	16（+）

中央値	R1 停電最大	H25 最大
A	14	5
B	58	13
C	57（+）	9（-）
D	16（-）	16（+）

（出典）各種資料をもとに執筆者作成

4.2.4　まとめ

本稿で令和元年台風 15 号を事例に期停電が季節性リスクを高める可能性について検討した。その結果、少なくとも熱中症については、停電下で発生した場合の方が被害の大規模化や平素と同じ環境でも悪化しやすい可能性があることがわかった。

これらの結果から、ライフライン途絶の一つである長期停電では、災害関連死に至るような症状を含めた、体調不良や病気が比較的短期間に発生しやすく、少なくとも熱中症に関しては発直後に爆発的に増加する可能性があり、かつその影響が長期化する可能性もあることが示された。すなわち、災害に起因する長期停電では、災害による直接の被害がなかった医療機関であっても電力供給の停止といった直接的な影響があるだけでなく、短期的に多数の患者に対応する必要が生じうる可能性があり、これを踏まえた各種対策が求められることになる。

災害に起因する長期停電に伴う熱中症に関するトレンドの変化は、本報告書全体が問題としている「相転移」の観点からは、長期停電による相の変容の一形態として、季節性リスクを爆発的に拡大させるシナリオがあり得ることを示唆している。ただし、停電回復時期との関係に関する分析からは、例えば、停電時間が長いほど搬送者数が増加するというような、一貫した関係性までは確認できなかった。これについては熱中症の程度やより実態に即した停電復旧時期のデータを用いるなど、分析精度を向上させることでより正確な関係性を明らかにすることができるものと期待される。

【注釈】

注 1）千葉県「令和元年台風 15 号(第 130 報)について」、2021 年 1 月 21 日。
（https://pref-chiba-bousai.my.salesforce-sites.com/services/apexrest/commonsfile/?fileid=00P0o00002LY58PEAT&ke　最終確認：2025 年 3 月 31 日）

注 2）本来は、東京電力の停電履歴等から復旧日を特定して個別に分析を行うべきところであったが、得られなかったことから、代替として本資料を用いる。東京電力「千葉県市町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間のイメージ」、2019 年 9 月 13 日。
（https://www.tepco.co.jp/press/release/2019/pdf3/190913j0101.pdf　最終確認：2025 年 3 月 31 日）

【参考文献】

千葉県「令和元年台風 15 号(第 130 報)について」、2021 年 1 月 21 日。
東京電力「千葉県市町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間のイメージ」、2019 年 9 月 13 日。
内閣府、「令和元年台風第 15 号に係る被害状況等について」、令和元年 12 月 5 日。
（https://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon15/pdf/r1typhoon15_30.pdf　最終確認 202５年３月 31 日）

4.3　［事例報告］令和６年能登半島地震における災害関連死

奥村与志弘

要約　令和 6 年能登半島地震では、輪島市・珠洲市を中心に人口の 6 割が避難する事態となり、被災地では 1 次避難に加え、県主導の広域避難（1.5 次・2 次避難）も実施された。発災 5 週目以降は 1 次避難者と広域避難者がほぼ同規模となり、被災地と避難先の両面で支援が必要となった。2025 年 3 月時点で 334 名の災害関連死が正式認定されているが、発災から半年間は「疑い」の段階での公表にとどまった。発災 3 ヶ月以内の報道では避難所での関連死が多く報じられたが、これは一部の事例に過ぎず、実際には高齢者施設や自宅などでの関連死が多数存在していた可能性が高く、当時の時点でもその未把握が懸念されていた。また、奥能登地域では長期停電が続き、暖房が使えないなどの影響により、停電が関連死に影響した事例も多く報告されていた。

4.3.1 避難者数の推移

（１）一次避難者数

令和 6 年能登半島地震においては、震源に近く被害の大きかった能登半島の市町に避難者が集中した。図 4-3-1 に示すとおり、特に輪島市と珠洲市の避難者数が顕著であり，両市では発災から 1 週間前後のピーク時に、人口の 6 割前後が避難生活を余儀なくされた（以下，一次避難者とする）。

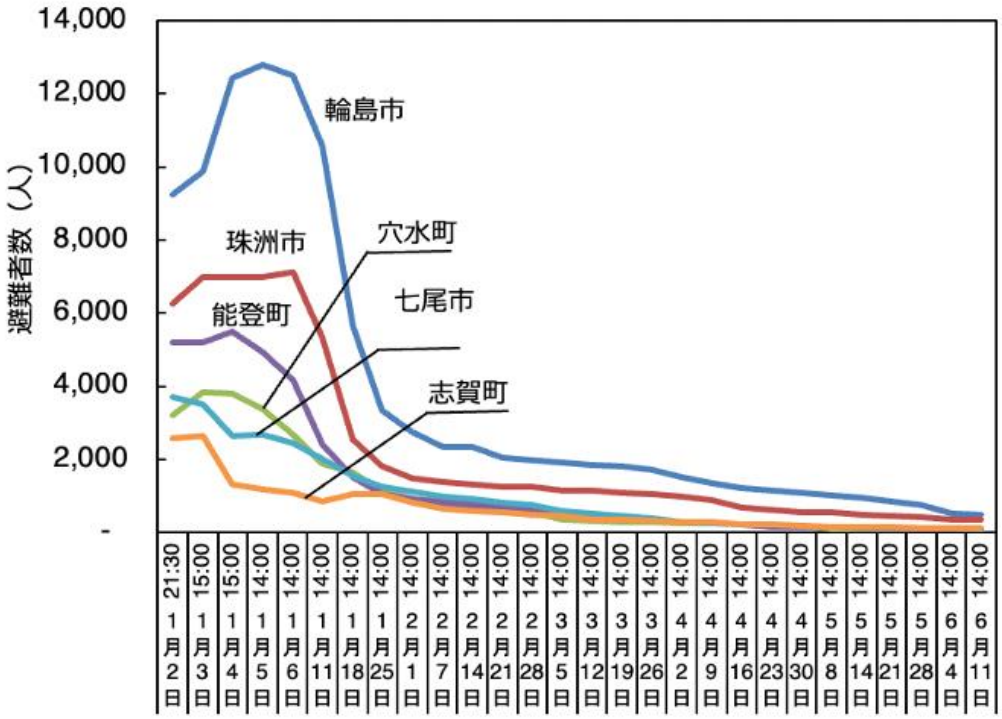


図 4-3-1　石川県内の市町における避難者数の推移

（出典）石川県による被害報告書のデータ 13)をもとに著者が作成。

（２）広域避難者数

能登半島では、広域にわたる道路被害による孤立、住宅被害の多発、電気・水道などのライフラン途絶の長期化などが重なり、避難環境は極めて劣悪であった。そのため石川県は、災害関連死の多発を回避すべく、1 月 4 日頃より行政主導による広域避難を開始した（本格運用は 1 月 9 日以降）石川県（2024）の第８回，第１６回会議資料。広域避難には 3 タイプがあり、1.5 次避難，2 次避難と呼ばれた県による広域避難と、市町村が開設した広域避難所への避難である。1.5 次避難は医療・福祉の支援を要する避難者（要配慮者）が主な対象者となっており、ライフラインが整っている金沢市内の県有施設に医療・福祉の人的な支援が投入され、受け入れが進められた。他方 2 次避難は、県が用意したホテルや旅館などで受け入れが進められた石川県（2024）の第 19 回会議資料。避難者は県が用意したバスや自家用車でそれらの施設に入った。これらは県が主導して実施する避難方式であった。これに加えて、県中部や南部の市町村の中には能登半島からの避難者を受け入れるための広域避難所を用意した自治体もあった。

図 4-3-2 は、石川県が発表した一次避難者数および広域避難者数の推移を示すものであ

る。2 月初旬（発災 5 週目）以降、両者は同程度の水準で推移しており、結果として、被災者支援は能登半島内と広域避難先の県南部の双方において同時に行う必要が生じた。

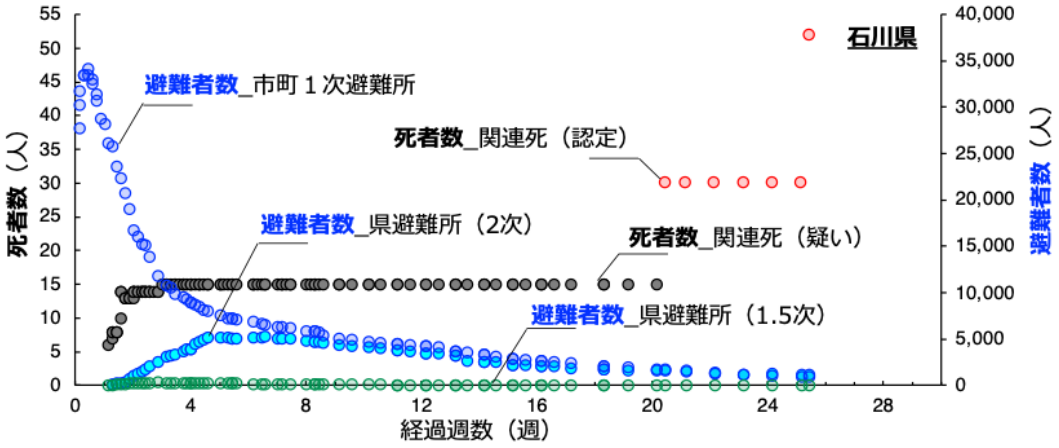


図 4-3-2　石川県が発表する関連死者数と避難者数（1 次，1.5 次，2 次）の推移

（出典）石川県による被害報告書のデータ 13)をもとに著者が作成

4.3.2 災害関連死の発生状況

石川県の災害対策本部会議資料[石川県 (2024)]によれば，2025 年 3 月 31 日時点で正式に認定された災害関連死者数は 334 名に上る。これは各市町により災害弔慰金の支給対象として認定された件数である。なお、この人数の公表が始まったのは，発災から約 6 ヶ月後の 2024 年 5 月 23 日である。それ以前は、死亡の経緯を市町が把握し、「災害関連死の可能性が高い」と判断された事例のうち，県に報告されたものだけが「関連死（疑い）」としてカウントされていたとみられる（図 4-3-2 参照）。

この点に関しては、平成 28（2016）年熊本地震の事例が参考となる。熊本地震では、発災 1 ヶ月後に発表した 19 名の関連死はいずれも市町村による認定を受けたものではなかった。正式な市町村認定による関連死の発表は地震から 3 ヶ月後に始まり、1 年後には最終的な認定数の約 77%（167 名）に達していた（図 4-3-3）。このことからも、能登半島地震において今後さらに関連死が認定されていく可能性は高い。また、今回の地震では、関連死の発生状況をリアルタイムで把握することの困難さが改めて浮き彫りとなった。

表 4-3-1 は、報道機関が発災から 3 ヶ月以内に報じた災害関連死の疑いがある事例一覧である。各事例の死亡経緯は記事に基づき著者が要約したもので、いずれも発災から 3 週間以内に発生している。これらが県発表の正式な関連死数に含まれるかどうかは不明であ

るが、行政による正式発表までの過渡期においては、報道が実態把握のための重要な情報源となる。

表からは、15 事例中 7 事例が避難所での生活を送っていたことが確認される。過去の災害では、避難所での関連死の割合は比較的低く、熊本地震では約 5%、東日本大震災では約 10%にとどまっていた。こうした傾向を踏まえると、能登半島地震においても、発災から 3 ヶ月時点では、まだ把握されていない高齢者施設や自宅などでの関連死が多数存在していた可能性を、この時点で指摘することができた。また、奥能登地域の一部では、停電が 2 週間以上続いた。表 4-3-1 に挙げられた 15 事例のうち 6 件は、空調が使えず暖が取れないといった停電の影響が疑われる事例であった。

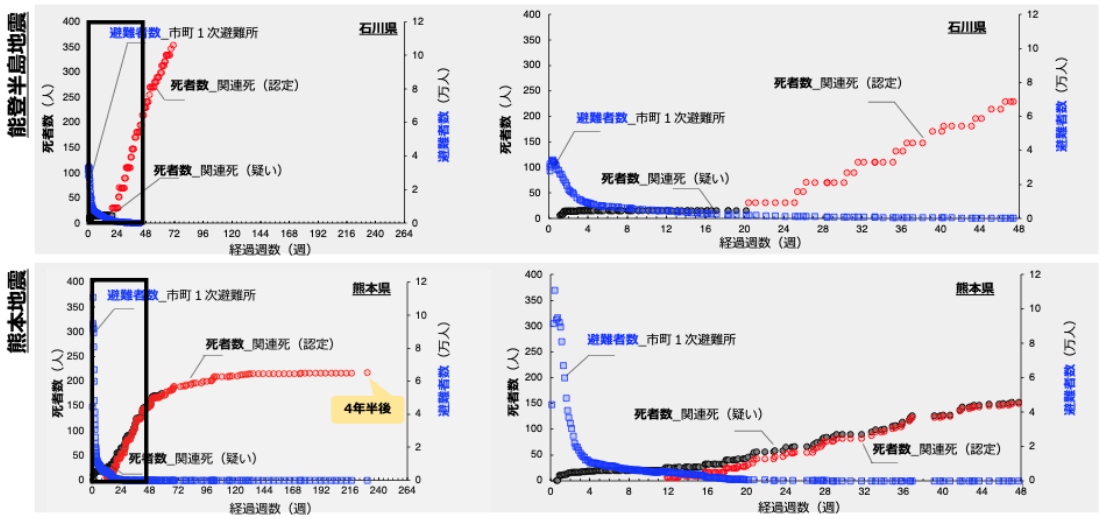


図 4-3-3　県が発表する関連死者数の推移。能登半島地震と熊本地震の比較

表 4-3-1　関連死の疑いがある死亡事例に関する報道。経緯は WEB ニュースや新聞記事からの要約。県発表の関連死（疑い）15 事例や関連死認定 52 事例との関係は不明。

（奥村（2024）を元に一部情報を追加）

死亡日	・年齢 ・性別 ・市町村	・生活拠点 ・死因	経緯	出典
2024.1.1	・87 歳 ・女性 ・珠洲市	・屋外 ・慢性心不全	地震のあと，知人の車に乗せられて高台に避難していた。娘が体調の異変に気づき，偶然通りかかった医師に診てもらったが，すでに死亡していた。女性は心不全を患っていたが，地震が起きる直前まで，普段通りに食事をし，会話もしていた。	朝日新聞 2.7 時事通信 3.31
2024.1.2	・76 歳 ・女性 ・能登町	・自家用車 ・大動脈解離	自宅で被災。家族 7 人にけがはなかったものの，家の中は危険と判断し，皆で車中泊。翌 2 日に胸の痛みを訴えて病院に搬送されたが死亡。女性には高血圧の持病があった。	NHK 1.12 朝日新聞 3.9
2024.1.3	・70 代 ・女性 ・能登町	・避難所（集会所） ・不明	町内の集会所に自主避難していた。3 日，心肺停止で発見。同町は親族から連絡を受けた。	北國新聞 1.11
2024.1.3	・97 歳 ・男性 ・能登町	・自宅 ・低体温症（？）	地震のあと，電話が繋がらなかったため，2 日，金沢市在住の男性の息子が珠洲市の実家に駆けつけた。津波で浸水した 1 階で，布団も体も濡れた状態で寒がる男性を発見。救急車には来てもらえず，近所の避難所にも助けてもらえなかった。足腰が弱く，男性を連れ出せなかったため，濡れていない布団をかけ，励まし続けたが，3 日死亡。	NHK 2.10

2024.1.4	・81 歳 ・女性 ・輪島市	・自宅，避難所 ・低体温症	3 日，自衛隊員が自宅で 1 人で過ごす女性を見つけて避難所まで運んだ。女性に持病はなく，1 人で暮らしていた。避難所で一夜を過ごした後の 4 日，スタッフが異変に気付き，病院に搬送。その時の体温は 25 度だった。危篤の連絡を受けた家族が，震災後に過ごしていた別の避難所から駆けつけた 2 時間後，女性は息を引き取った。医師の説明によると低体温症が死亡の原因となった可能性がある。	東京新聞 1.11
2024.1.5	・5 歳 ・男性 ・志賀町	・自宅，病院 ・火傷（？）	志賀町に住む 5 歳男児が，ストーブの上のやかんが揺れで倒れ，熱湯がかかってやけどを負った。救急車で内灘町の病院に搬送されたが入院できなかった。痛みを訴え続けたため，病院のロビーのソファーで一夜を明かした。その後，親戚の家に戻ったが，3 日，41 度の高熱とめまい，吐き気が出たため，別の医療機関を受診。症状は改善せず，4 日に再び内灘町の病院へ。診察を待つ間に男児は呼吸停止，集中治療室で治療を受けたものの翌日，死亡。	NHK 1.9
2024.1.5	・100 歳 ・女性 ・能登町	・避難所，長女宅 ・不明	足腰が弱く車椅子で生活していたが，持病はなく食欲も旺盛。地震のあと，一晩を明かした避難所では，敷布団を用意してもらったものの雑魚寝状態で周囲の人の話し声もあって眠れず。長女宅に移ったあとも，食事を取ることができず，次第に衰弱。5 日昼ごろ，布団の中で亡くなっていた。	NHK 1.20
2024.1.7	・80 代 ・男性 ・珠洲市	・不明 ・誤嚥性肺炎	呼吸器の持病で在宅診療を受けていた 80 代の男性は，地震発生から 7 日後に誤えん性肺炎で死亡。いつも食べていた流動食を摂取できず，誤えん性肺炎を発症したとみられる。	NHK 1.12
2024.1.1 -1/12	・90 代 ・女性 ・珠洲市	・避難所 ・脳卒中	もともと脳の血管に病気があり血圧を下げる薬を服用していたが，避難所で生活していた際に薬が服用できなかったとみられ，ストレスも重なったのではないかとみられる。	NHK 1.12

2024.1.9	・86 歳 ・男性 ・能登町	・避難所 ・急性心不全	地震のあと，避難所となっていた中学校の体育館に妻と娘の 3 人で避難していた。9 日体調を悪化させて病院に搬送されたが死亡。心臓や肺に持病があった。ストーブなどの暖房機器はあったが，男性がいた場所では暖が取れなかった。体育の授業用マットの上で，寒さで寝付けない日々が続いていた。慣れない避難所生活で食事もとれず持病が悪化したとみられる。	北陸放送 1.12 NHK 1.13
2024.1.9	・65 歳 ・男性 ・珠洲市	・避難所 ・心筋梗塞	地震のあと，避難所となっていた施設に妻と避難していた。9 日夜，避難所を出たところで倒れ，病院に搬送されたが死亡。心臓に持病があった。仮設トイレに向かうところだったとみられる。発見される直前まで別の避難者とストーブで暖を取っており，暖かいところから急激に寒い屋外に出た際，ヒートショックで心筋梗塞（こうそく）を起こしたとみられる。	朝日新聞 3.9
2024.1.10	・71 歳 ・女性 ・輪島市	・自主避難所 ・虚血性心疾患	10 日，昼食後に体調の異変を訴えた女性（71）は，駆けつけた看護師らの心臓マッサージを受けたが死亡した。死因は虚血性心疾患の疑いとされた。孤立した集落の住民ら 10 数人とともに自宅近くの農業用倉庫に食料を持ち込み，薪ストーブで寒さをしのぎながら生活していた。地震前は健康だった。	朝日新聞 3.9
2024.1.11	・98 歳 ・女性 ・能登町	・自家用車，避難所 ・誤飲	11 日，避難所で朝食の粥をのどに詰まらせた 98 歳女性が病院で死亡。元旦は朝食を全て平らげるほど元気だった。1 日は同居する息子と車中泊をし，2 日以降は避難所で生活していた。亡くなる前夜は暖房に「暑い」と，布団をかけずに眠っていた。	中日新聞 1.15 朝日新聞 3.9
2024.1.13 -1.17	・不明 ・不明 ・能登町	・高齢者施設 ・低体温症	低体温症で高齢者施設から救急搬送された患者が亡くなった。施設では一部エアコンが壊れており，徘徊する人がいるためストーブをつけっぱなしにもできない状況だった。	高知新聞 1.19

2024.1.19	・86 歳 ・女性 ・能登町	・避難所 ・エコノミークラス症候群	女性(86)は要介護 4 のほぼ寝たきりの状態だったため，1 日の地震の直後は近所の人の力を借りて，車いすごと持ち上げるなどして高台に避難した。その後，女性は家族やほかの避難者と役場内の 1 室で過ごしていたが，段ボールベッドが支給されるまでのおよそ 1 週間，車いすのリクライニングを倒して寝ることを余儀なくされ，たびたび体の痛みを訴えていた。食欲はあったが，糖尿病を患っていたため，家族が配られた菓子パンの甘い部分を取り除いて食べてさせるなどしていた。19 日，女性は昼食を終えたあと，体調の異変を訴え，トイレに連れて行こうと，次女が段ボールベッドから体を抱き上げた際，突然，意識を失った。救急車で搬送された病院で治療が続けられましたが，意識は戻らず，亡くなった。	NHK 1.27

【参考文献】

石川県：令和 6 年（2024 年）能登半島地震に関する情報（対策本部・被災状況），被害報告（第 1 報～第 137 報），https://www.pref.ishikawa.lg.jp/saigai/202401jishin-taisakuhonbu.html#honbu，2024 年 6 月 30 日閲覧.

奥村与志弘：南海トラフ巨大地震に伴う災害関連死，21 世紀ひょうご，第 36 号，pp.19-33，2024.

５　企業生産活動に見る被災社会の相転移

5.1　［事例報告］令和６年能登半島地震における企業生産活動

寅屋敷哲也

要約　本稿では、令和 6 年能登半島地震における停電の影響に着目し、被災企業の一つである石川サンケン株式会社の復旧過程を、公表資料を基に分析した。石川サンケンは石川県志賀町・能登町に 3 工場を有し、その中でも志賀工場は停電が長引いたことから、復旧・生産再開に最も時間を要した。非常用電源の確保には数日を要し、電力復旧までの約 20 日間、被害確認や復旧作業の着手に遅れが生じていたようだ。その結果、志賀工場の生産再開は他工場より半月程度遅れ、堀松工場で一部代替生産が行われた。2 月中旬には全工場の段階的な再開が報告された。停電が工場の復旧活動に及ぼした影響について考察した。

5.1.1 目的と方法

一般的に地震災害による企業生産活動への影響は、地震動等の外力に伴う直接被害とライフラインや取引先、従業員等の被害に伴う間接被害がある。本研究では、電力被害に着目しているため、令和 6 年能登半島地震において、停電という観点で被災企業における間接被害の影響について分析し考察をする。

まず、能登半島地震における企業被害に関する報道記事を検索し、被災企業を約 20 社抽出した。報道記事および各企業のウェブサイトの情報等を調べ、停電に伴う復旧への影響が明確に記載されている被災企業を特定する。その結果、石川サンケン株式会社を特定することができたため、同社を対象とすることとした。

石川サンケン株式会社は、本社が石川県志賀町にある半導体製造の企業である。工場は、堀松工場（志賀町）、志賀工場（志賀町）、能登工場（能登町）の 3 カ所があり、すべての工場が地震により被害が大きい地域に立地している。同社は、被災後の情報発信を積極的に行っており、1 月 2 日の第 1 報以降、2 月 21 日の第 12 報まで、親会社のサンケン電気株式会社のウェブサイト注 1）より被害状況や復旧見込み等について公表している。これらの情報を踏まえて、停電による復旧への影響がわかる記載項目を抜粋して整理することを行なった。

5.1.2 結果と考察

石川サンケンの事業継続過程における停電の影響を表 5-1-1 に整理をした。停電の影響は志賀工場が大きいため、記述は主に志賀工場に焦点を当てる。

1 月 5 日時点では、3 カ所の工場の建物については倒壊といった甚大な被害は無く、生産設備については確認中である。停電は志賀工場のみが続いており、他の 2 工場の停電は解消している。

1 月 8 日時点でも、志賀工場は停電が継続していたが、非常用電源を確保して被害確認を開始している。すなわち、非常用電源を確保するまでは被害確認ができなかったことが推察できる。

1 月 12 日時点でも、志賀工場は停電中であり、電力インフラの復旧に向けて電力会社との連携を行い、外部からの電力供給の検討が行われている様子である。

1 月 22 日の第 8 報により、電力会社の協力により、ようやく志賀工場の電力供給が復旧したことがわかる。また、志賀工場は電力復旧が遅れたため、生産再開に時間がかかることが発表されている。そのため、志賀工場の生産品の一部を堀松工場にて代替生産することが決定されたようだ。

1 月 30 日においては、堀松工場と能登工場で一部生産が再開されたことと、志賀工場の一部生産品の堀松工場での代替生産を 2 月上旬の開始を目指していることが報告された。加えて、この時点で、志賀工場の電力復旧により各設備の確認作業を引き続き進めているとの報告もあり、停電していた期間にはできなかった確認作業が継続していることがうかがえる。すなわち、停電していた約 20 日の期間では、非常用電源を用いても工場の一部確認作業を終了することができなかったということである。

2 月 15 日には、志賀工場での一部生産が再開し、2 月 6 日から堀松工場で一部生産品の代替生産が開始されていることが報告された。

2 月 21 日の最終報である第 12 報により、堀松工場および能登工場については、3 月中旬に、志賀工場は 3 月下旬に全面的な生産再開を予定することが報告され、すべての工場の全面的な生産再開の目処がたった。

この復旧経緯の情報からは、停電の影響が長引いた志賀工場のみが生産再開に半月程度の遅れが生じたことがわかる。当然、生産再開の遅れの影響は、建物や生産設備等における直接被害の影響もあるが、停電の影響により工場内部の被害確認ができず、その後の復旧作業の着手に遅れが生じたことは間違いないと推察できる。非常用電源の確保にも数日

程度は時間を要していることが推察でき、その後の復旧の速度にも影響するであろう。また、1 月 30 日の時点でも確認作業が残っていることを踏まえると、電力会社からの契約電力の復旧も重要な要素であったのかもしれない。

以上を踏まえると、停電が工場の生産再開の遅れに影響している可能性は大きいことが推察され、大規模災害に備えた代替電源の確保対策の重要性が示唆される。ただし、本分析は、企業のウェブサイトの限られた情報のみから行なっているため、生産設備の被害状況の違いや人員の確保といった他の要因による生産再開への遅れの影響を詳細には確認できていない。そのため、停電以外にも生産再開の遅れに影響した要素がある可能性については留意する必要がある。

表 5-1-1　石川サンケン株式会社の復旧経緯における停電の影響に関する抜粋

公表日	概要
1月5日 （第3報）	① 建物の倒壊はありませんが、被害状況については継続して調査を進めています。ただし、地震の規模が大きかったことを勘案し、一部の建物に対し専門家による安全確認を行 います。 ② 生産設備について、地震による影響の有無を確認している状況です。一部設備においては修復が必要な箇所も判明しており、引き続き確認を進めていきます。 ③ **電気の供給**について、堀松工場・能登工場は問題ありませんが、**志賀工場は停電状態にあり、電力会社と復旧に向けて協議**しています。この状況から、志賀工場の被害確認には一定の時間を要する見込みです。
1月8日 （第4報）	① 建物については 、専門家による一次診断では大きな問題はありませんでしたが、一部の建物に対して更なる安全確認も引き続き進めてまいります。また 、工業用水の確保に向けた確認を各自治体と行っています。 ② 堀松工場・能登工場の生産設備については、地震による影響の有無を引き続き確認するとともに、確認の終わった設備は 順次、生産再開に向けた準備を始めてい ます。 ③ **志賀工場**については、第三報に記載のとおり**停電が続いている**ため、**非常用電源を確保して被害確認を開始**しました。これにより3 工場とも復旧に向けた活動段階に移行しました。ただし、全容の把握には一定の時間を要する見込みです
1月12日 （第6報）	① 工場については、一部建物に対する安全確認を引き続き行っています。 ② 3 工場の生産設備については、出勤可能な従業員に加え、サンケン電気本社並びにグループ各社からの応援人員による確認作業を続けています。また、各設備メーカーから技術者を派遣頂き、より専門的な確認や修理対応も始まっています。 ③ 工業用水確保については、水インフラの復旧に向け各自治体との連携を引き続き行っています。 ④ **志賀工場**については**停電が継続**していますが、**電力インフラの復旧に向け電力会社との連携**を行うと共に、**外部からの電源供給の検討**も進めています。
1月22日 （第8報）	① 水については、各自治体にご協力いただき、上水道の一部復旧や給水車による補給等で対応できる見込みです。 ② 停電が継続していた**志賀工場**においては、**電力会社のご協力により電力供給が復旧**しました。 <生産再開 について> 第七報にて、堀松工場・能登工場の一部の生産工程については２月上旬の再開予定とお知らせしましたが、**志賀工場は電力の復旧遅れのため、今しばらくの時間が必要な状況**です。生産再開に向け、今後復旧を加速させてまいりますが、**志賀工場の生産品の一部を堀松工場にて代替生産することも新たに決定**しました。これにより、石川サンケン 製品の早期生産再開を目指してまいります。
1月30日 （第9報）	<生産再開 について> 堀松工場・能登工場の一部の生産工程については２月上旬の再開を予定していましたが、生産準備が整い 、両工場とも本日より一部生産を再開いたしました。引き続き、生産ラインの復旧活動をすすめ全ラインの生産再開に向け対応してまいります。 また、**復旧が遅れている志賀工場の一部生産品**を、堀松工場で代替生産する旨を第八報にてお知らせしましたが、その生産準備がまもなく完了する予定です。よって、一部製品の**代替生産は２月上旬の開始を目指して**まいります。 なお、**志賀工場は電力の復旧により各設備の確認作業を引き続き進めて**います。
2月15日 （第11報）	<志賀工場の生産再開 について> **志賀工場の一部の生産工程**について２月中旬の再開予定と第10報にてお知らせしましたが、生産準備が整い、**本日より一部生産を再開**いたしました。なお、**堀松工場における志賀工場の一部生産品の代替生産は2月6日に開始済**です。
2月21日 （第12報）	① 堀松工場、能登工場については、３月中旬に全面的な生産再開を予定しています。 ② **志賀工場**については、**３月下旬に全面的な生産再開**（堀松工場での代替生産を含む）を予定しています。 今回、地震により被害を受けた石川サンケンにおける復旧活動を進めてまいりましたが、上記のとおり３工場とも全面的な生産再開の目途が立ちましたことをご報告いたします。

（出典）奥村ら（2024）を基に加筆修正

なお、2024 年 10 月に、震災の影響により石川サンケン株式会社の志賀工場を 2026 年 4 月に閉鎖することが発表された注 2)。このことは、停電の影響とは関係ないと思われるが、志賀工場の恒久的使用が困難との結論に至ったとのことであり、地震による影響は非常に

大きいものだったと推察される。

【注釈】

注１） サンケン電気株式会社のウェブサイトのお知らせにおける「令和 6 年能登半島地震（2024 年 1 月 1 日）の影響について」の第 1 報～12 報を参照した。
(https://www.sanken-ele.co.jp/corp/news/index.htm, 最終確認 2025 年 2 月 13 日)

注２） サンケン電気株式会社のウェブサイトの IR ニュースにおける「石川サンケン株式会社の志賀工場閉鎖及び特別損失の計上見込みに関するお知らせ」を参照した。
(https://www.sanken-ele.co.jp/corp/news/ir.htm, 最終確認 2025 年 2 月 13 日)

【参考文献】

奥村与志弘・橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・河田惠昭（2025）：令和 6 年（2024 年）能登半島地震による停電と災害関連死および企業生産活動への影響、自然災害科学,No.43, Vol.3, pp.449-458

5.2　計画停電と企業生産活動

寅屋敷哲也

要約　本稿では、南海トラフ地震に伴う電力不足が関西エリアの製造業に与える影響を明らかにすることを目的に、京都・大阪・兵庫の工場を対象としたアンケート調査を実施した。有効回答は524件で、シナリオでは、地震発生後1ヶ月間にわたり1日2時間の計画停電が実施されると仮定した。分析の結果、96%の工場が計画停電により生産停止し、57%は2時間以上の停止となるなど、影響の大きさが明らかになった。停電後に、炉の再立ち上げや生産設備の点検等により、停電時間以上の生産停止が生じる可能性がある工場も多い。自家発電設備の保有率は24%と低く、同設備を使用しても大半の工場で生産再開の短縮効果は得られないと予想されている。また、外部から発電機を調達する可能性が高い工場は16%と少なく、事前準備の不十分さにより有事の対応について検討できていない工場も多いと推察される。計画停電によって納品遅れが発生する工場は53%にのぼり、特に1週間以内に影響が出る工場も 14%程度存在する。代替生産が可能な工場は 36%にとどまり、操業体制の変更も困難な工場が多く、市場での製品代替性も低いため、供給網全体への影響が懸念される。今後は、停電時にも生産継続が可能な体制の構築、自家発電設備の機能強化、サプライチェーン全体での対策、さらには電力行政による地域経済を意識した電力需要抑制施策の検討が求められる。

5.2.1 趣旨

南海トラフ地震が最大規模で発生した場合、長期間の電力不足が想定されており、それに伴い企業の生産活動の低下が予想される。寅屋敷らの研究では、南海トラフ地震の発生によりどの程度の電力不足が電力供給エリアごとに生じるかを推計している。その結果は図5-2-1の通りである。

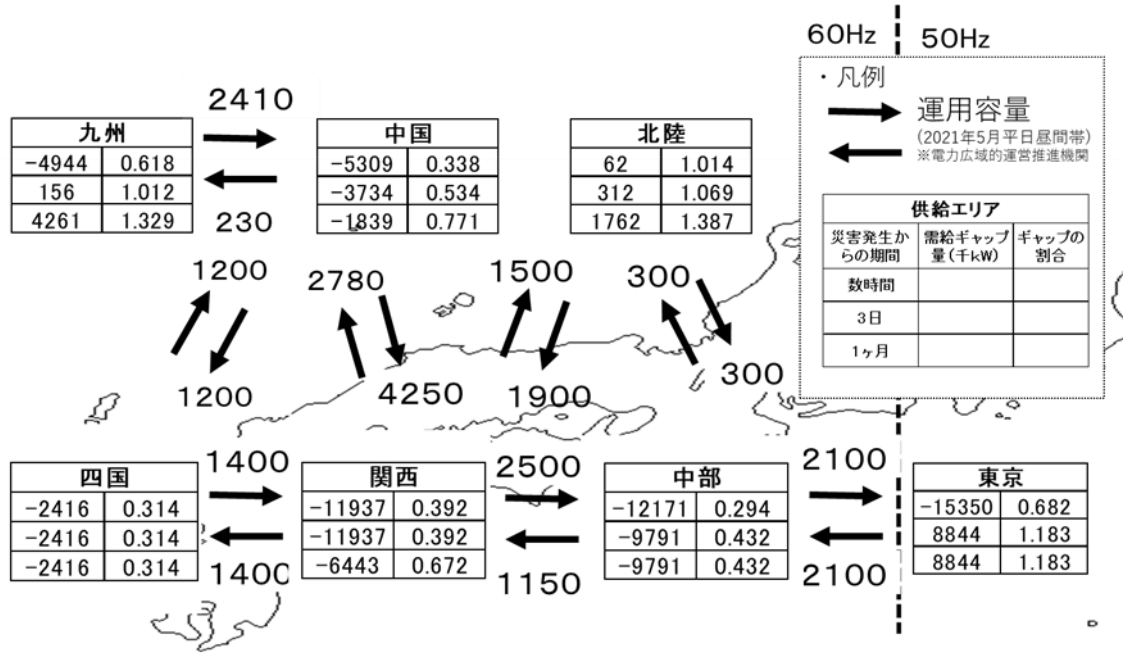


図 5-2-1　南海トラフ地震による電力供給制約の推計結果（8 月発災ケース）

（出典）南海トラフ地震に備える政策研究調査報告書（2023）

中部エリアや四国エリアは 1 ヶ月後においても、需要に対する供給力は 3〜4 割程度と電力不足の影響が大きい。関西エリアは、1 ヶ月後においても 7 割程度であり、一定の電力不足の影響が継続する。このような電力不足の状況に陥った場合には、企業の生産活動の相転移が発生する可能性がある。事前に、どのような影響が生じるかを評価し、相転移が起きないようにするための対策を検討しておく必要がある。

本研究では、南海トラフ地震による電力不足に伴う企業の生産活動への影響を把握することを目的とする。企業の対象は、電力需要が大きく、電力不足による影響が大きいと考えられる製造業とする。また、対象地域は関西エリアとする。その理由は、南海トラフ地震による甚大な被災地である中部や四国エリアの製造業の事業継続への影響を考えたとき、物理的な被害が甚大であるため、電力不足に限った製造業の生産への影響は相対的に小さくなると考えられるが、関西エリアは南海トラフ地震の震源から比較的離れているため、物理的な被害による影響よりも電力不足による影響の方が相対的に大きい可能性が高いと考えられるからである。本研究では、関西エリアの中で主要 3 大都市があり大規模な工場地帯がある、京都府、大阪府、兵庫県の 3 府県を対象とする。

5.2.2 調査方法

京都府、大阪府、兵庫県に立地する製造業の工場の 428 施設を対象として、調査票の郵送によるアンケート調査を、2024 年 7 月～8 月の期間に実施する。有効回答数は 524（有効回答率 24.4%）であった。

表 5-2-1　アンケート調査の方法

調査対象	京都府、大阪府、兵庫県に立地する製造業の工場
対象工場数	2147（2185 のうち宛先不明戻り 38）
有効回答	524（24.4%）
調査実施期間	2024 年 7 月～8 月

南海トラフ地震が発生し計画停電が 1 ヶ月継続すると仮定したシナリオを提示し、工場の生産への影響を質問することを想定する。計画停電のシナリオは図 5-2-2 に示す通りである。図 5-2-1 における関西エリアの推計結果によると、発災 3 日間は電力需要に対して 4 割程度の電力供給力である。そのため、その間は計画停電が、1 日 2 時間の停電が 3 回繰り返される設定とした。4 日目から 1 ヶ月までは、7 割程度の電力供給力であることから、平日に関しては 1 日 1 回、電力需要が小さくなる土日に関しては停電が実施されないという設定を行った。なお、1 回 2 時間の停電は、関西エリアを管轄している送電会社である関西電力株式会社の方針（注 1）に従って設定している。また、基本的に 4 日目以降の期間を想定して回答をしてもらうこととしている。

図 5-2-2　アンケート調査における計画停電のシナリオ

5.2.3 調査結果

アンケート調査結果を(1)工場の概要、(2)自家発電設備、(3)事業継続・防災の計画の策定状況、(4)計画停電が 1 ヶ月継続した場合の生産停止への影響、(5)自家発電設備の使用による生産への影響、(6)発電機の外部調達、(7)操業体制の変更可能性、(8)計画停電による納品遅れ、(9)代替生産、(10)市場での代替性、にそれぞれ整理して示す。

(1)工場の概要

まず、工場の業種の内訳を表 5-2-2 に示す。業種は「9. 化学工業」が 16.4%で最も多く、次いで「1. 食料品・飼料・飲料製造業」が 13.5%、「16. 一般機械器具製造業」が 12.6%であった。なお、「2. たばこ製造業」と「12. 皮革・同製品・毛皮製造業」は 0 という結果であった。

表 5-2-2　工場の業種（n=524）

	業種	値	%
1	食料品・飼料・飲料製造業	71	13.5
2	たばこ製造業	0	0.0
3	繊維工業（衣服、その他の繊維製品を除く）	8	1.5
4	衣服・その他の繊維製品製造業	2	0.4
5	木材・木製品製造業	4	0.8
6	家具・装備品製造業	3	0.6
7	パルプ・紙・紙加工品製造業	21	4.0
8	出版・印刷・同関連産業	19	3.6
9	化学工業	86	16.4
10	石油製品・石炭製品製造業	8	1.5
11	ゴム製品製造業	6	1.1
12	皮革・同製品・毛皮製造業	0	0.0
13	窯業・土石製品製造業	28	5.3
14	鉄鋼業、非鉄金属製造業	51	9.7
15	金属製品製造業	54	10.3
16	一般機械器具製造業	66	12.6
17	電気機械器具製造業	29	5.5
18	輸送用機械器具製造業	17	3.2
19	精密機械・医療機械器具製造業	12	2.3
20	その他の製造業	39	7.4

工場の従業員規模は図 5-2-3 に示す通りである。最も多いのは、「50～99 人」が 26%、次いで「100～199 人」が 17%、「30～49 人」が 14%と続く。これらの人数で過半数を占める。

工場の操業日・時間帯は図 5-2-4 に示す通りである。「平日×昼間操業」が最も多く 47%である。次いで、「平日×24 時間操業」が 17%であり、稼働は平日のみの工場が多い。

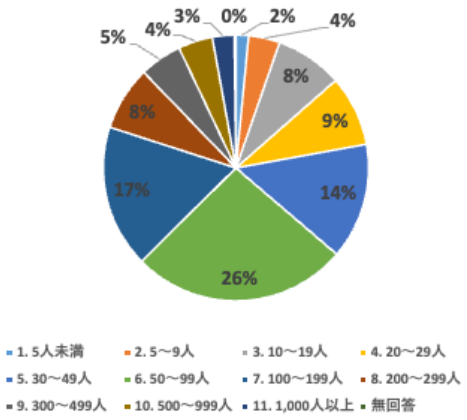


図 5-2-3　施設で働く従業員の数（n=524）

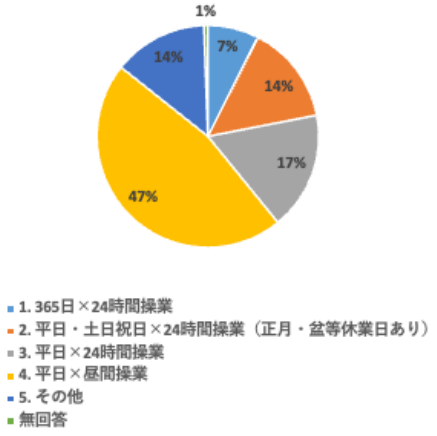


図 5-2-4 工場の操業日・時間帯（n=524）

工場の契約電力は、図 5-2-5 に示す通りである。「500～2,000kW 未満」と「500kW 未満」

が同数程度で多く、それぞれ 37%と 34%である。2,000kW 以上の大口需要の工場は約 2 割である。

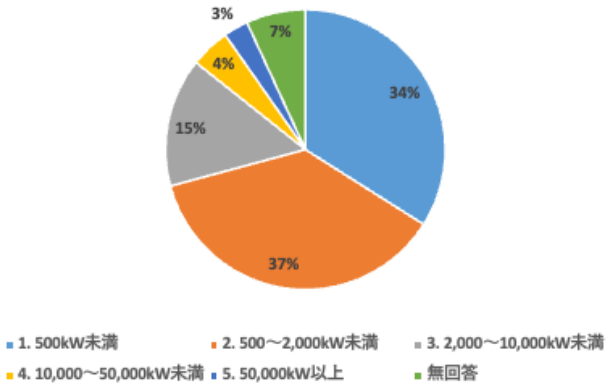
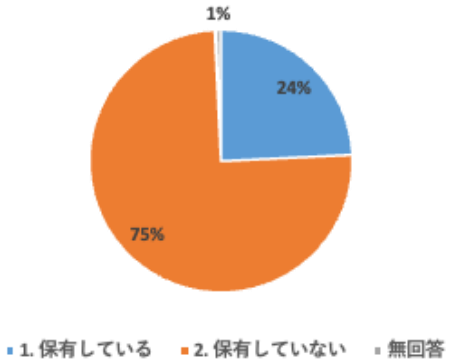


図 5-2-5　工場の契約電力（n=524）

(2) 自家発電設備

自家発電設備の保有状況は図 5-2-6 に示す通りである。「保有していない」が大半であり 75%である。

自家発電設備を保有している工場における自家発電設備の種類は図 5-2-7（複数回答）に示す通りである。「ディーゼルエンジン」が最も多く 59%であり、次いで「太陽光発電」が 35%である。その他の種類の自家発電設備は少ない。



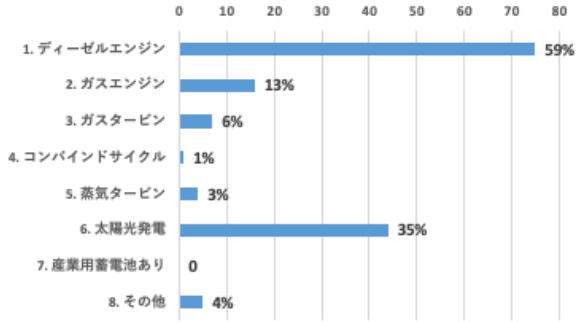


図 5-2-6　自家発電設備の保有状況（n=524）　図 5-2-7　自家発電設備の種類（n=127）

自家発電設備を保有している工場における自家発電設備の容量は図 5-2-8 に示す通りで

ある。「1,000kW 未満」が最も多く 77%であり大半を占める。

自家発電設備を保有している工場における自家発電設備の燃料の備蓄状況は図 5-2-9 に示す通りである。「発電に燃料が必要で、燃料を備蓄している」と「発電に燃料が必要で、燃料を備蓄していない」が同数程度であり、それぞれ 41%と 37%である。燃料が必要な発電設備においてはそれぞれ備蓄している工場としていない工場が半分ずつの状況である。

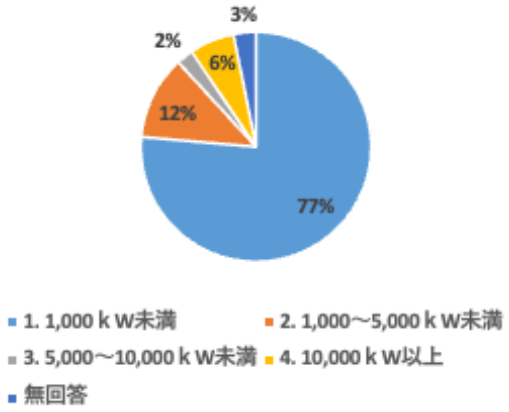


図 5-2-8　自家発電設備の燃料の備蓄状況（n=127）

図 5-2-9　自家発電設備の容量（n=127）

自家発電設備を保有しておりかつ燃料が必要な工場における自家発電設備の災害時の燃料の調達方法は図 5-2-10 に示す通りである。「燃料の調達先は決まっていて、有事後必要になったら調達する」が最も多く 53%であり、次いで「燃料の調達先は決まっておらず、有事後必要になったら探す」が 26%である。

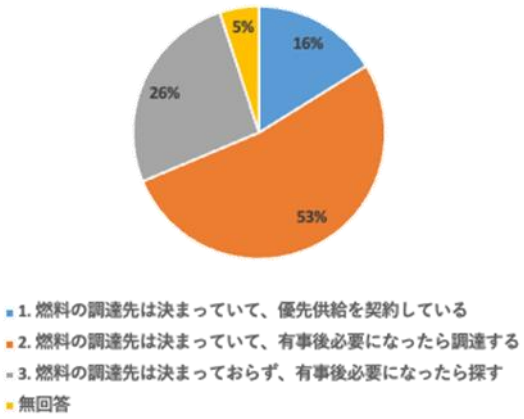


図 5-2-10　自家発電設備の燃料の調達方法（n=99）

(3)事業継続・防災の計画の策定状況

BCP の策定状況は図 5-2-11 に示す通りである。「策定していない」と「策定している」が同数程度で、それぞれ 38%と 37%である。

停電の対応計画・マニュアルの策定状況は図 5-2-12（複数回答）に示す通りである。「停電（3 日未満）を想定した計画・マニュアル」を策定しているのが 32%と最も多い。次いで「長期停電（3 日以上）を想定した対応計画・マニュアル」を策定しているのが 12%となる。全体として計画・マニュアルを策定している工場は少ないと思われる。計画停電についても 9%と低い結果となった。

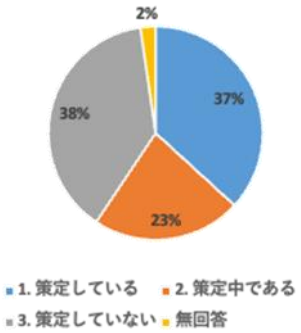


図 5-2-11　BCP の策定状況（n=524）

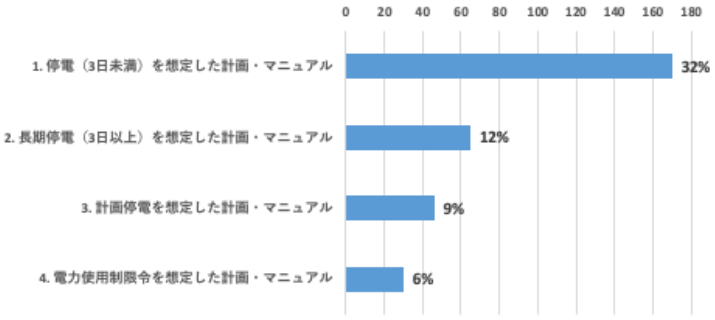


図 5-2-12　停電の対応計画・マニュアルの策定状況（n=524）

(4) 計画停電が 1 ヶ月継続した場合の生産停止への影響

「計画停電（2 時間）が 1 日に 1 回実施された場合の貴工場の生産停止時間に当てはまるものをお答えください」という質問に対する回答の結果は図 5-2-13 に示す通りである。「計画停電の停電（2 時間）の前後にも生産停止時間がある」が最も多く、57%である。次いで「計画停電の停電（2 時間）のみ生産停止」が 39%であり、計画停電が実施されると生産停止する工場が 96%以上であることがわかる。

計画停電の停電（2 時間）の前後にも生産停止時間がある工場における生産停止時間については図 5-2-14 に示す通りである。「1～2 時間未満」が最も多く 27%であり、次いで「2～6 時間」が 26%であった。一方で、1 日以上生産停止する工場も 15%程度あることがわかる。

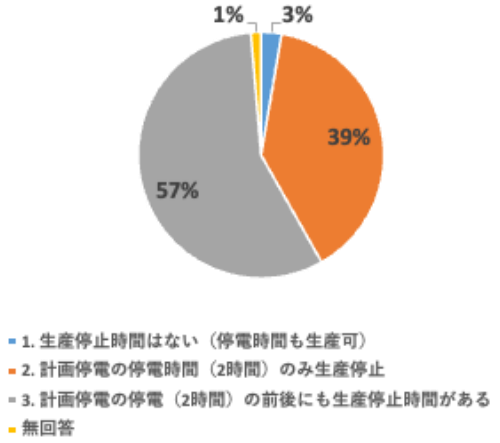


図 5-2-13 計画停電による生産停止時間（n=524）

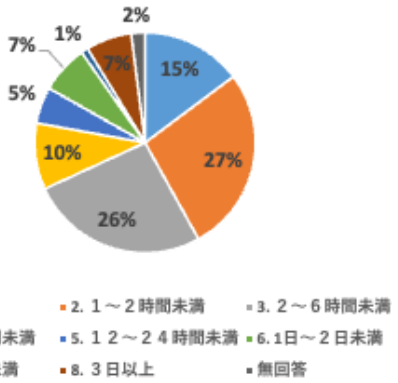


図 5-2-14 停電の前後における生産停止時時間（n=298）

(5) 自家発電設備の使用による生産への影響

自家発電設備を保有している工場における自家発電設備の使用による生産への影響については図 5-2-15 に示す通りである。「自家発電設備の使用では停電時間に生産はできず、生産再開までの時間の短縮もできない」が最も多く 80%であり大半を占める。次いで「自家発電設備を使用すると、停電時間において、通常の生産量よりは劣るが、生産は可能（生産量 1～99%）」が 10%である。

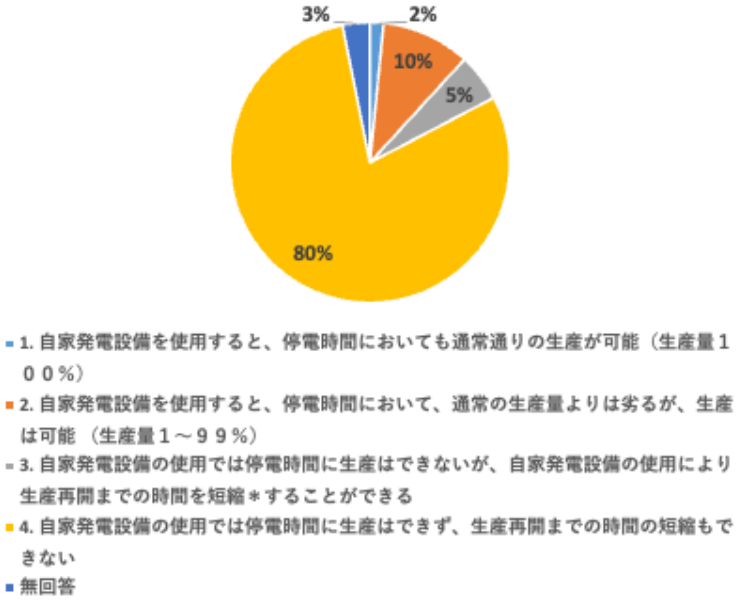


図 5-2-15　自家発電設備の使用による生産への影響（n=127）

自家発電設備を保有しておりかつ自家発電設備の使用で通常の生産量よりは劣るが生産は可能な工場における自家発電設備の使用で生産できる割合は図 5-2-16 に示す通りである。回答結果はあまり大差がないが、最も多いのが「25%未満」で 31%、「25～50%」と「50～75%」が同数で 23%という結果であった。なお、サンプル数が 13 と小さいことには留意が必要である。

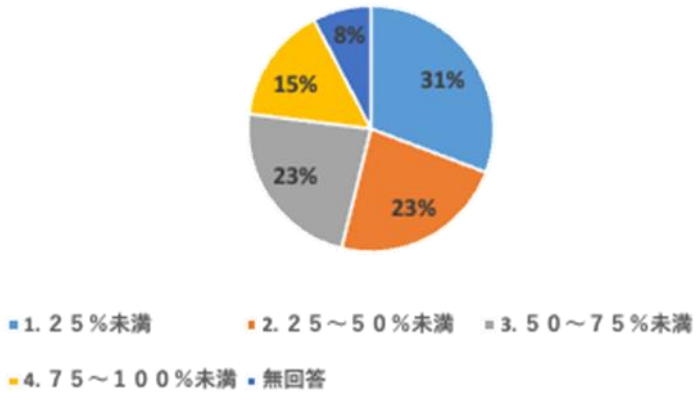
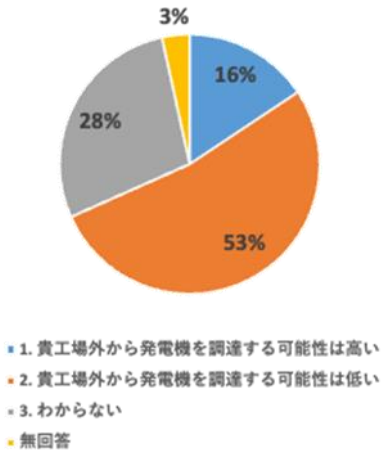


図 5-2-16　自家発電設備の使用で生産できる割合（n=13）

(6) 発電機の外部調達

「貴工場外（自社別事業所も含む）から発電機を調達する可能性についてお答えください」という質問に対する回答結果は図 5-2-17 に示す通りである。「貴工場外から発電機を調達する可能性は低い」が 53%であり、「可能性が高い」の 16%と比べると多い。しかしながら、「わからない」が 28%と一定数いることには留意が必要である。

発電機を調達する可能性が高い工場における調達する目的については図 5-2-18（複数回答）に示す通りである。「生産を継続するため」と「生産には直接関係ない設備（照明、ライフライン、PC 等）の使用のため」が同数程度で、それぞれ 55%と 50%である。



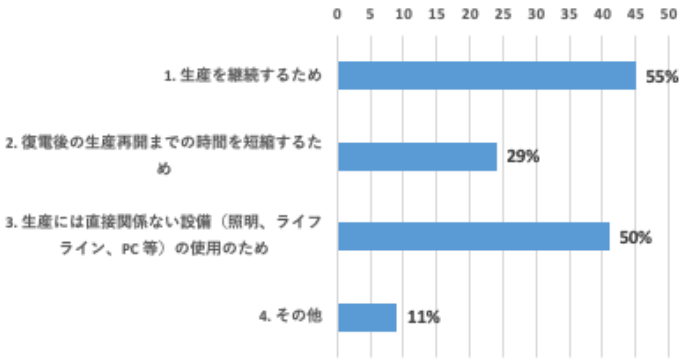
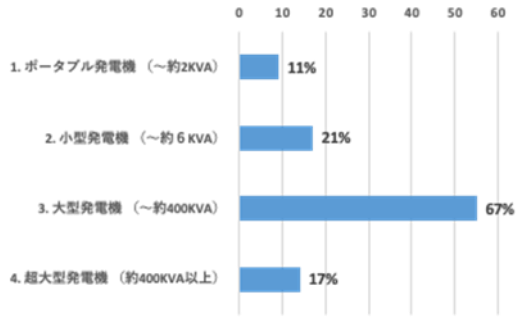


図 5-2-17　発電機の調達可能性（n=524）　図 5-2-18　発電機を調達する目的（n=82）

発電機を調達する可能性が高い工場における調達する発電機の容量種別については図 5-2-19（複数回答）に示す通りである。最も多いのが「大型発電機（～約 400kVA）」67%で突出して多い。次いで「小型発電機（～約 6kVA）」が 21%である。

発電機を調達する可能性が高い工場における発電機の調達方法については図 5-2-20（複数回答）に示す通りである。「発電機の調達先は決まっておらず、有事後必要になったら探す」が 57%で最も多い。次いで「自社・グループ企業以外の調達先に、有事後必要になったら調達する」が 40%である。



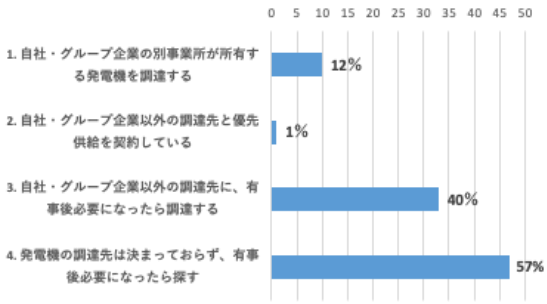


図 5-2-19 調達する発電機の容量種別（n=82）　図 5-2-20　発電機の調達方法（n=82）

(7) 操業体制の変更可能性

「電気を使用できる時間帯（平日夜間、土日）での操業体制を変更する可能性についてお答えください。」という質問に対する回答結果は図 5-2-21 に示す通りである。回答結果に大差はないが、「変更の必要性はあるが、体制は変更できないだろう」が最も多く 26%であり、次いで「変更の必要性はあり、新体制で生産可能になるのは 4 日以上かかる」が 23%である。ただし、「わからない」が 17%あることには留意が必要である。

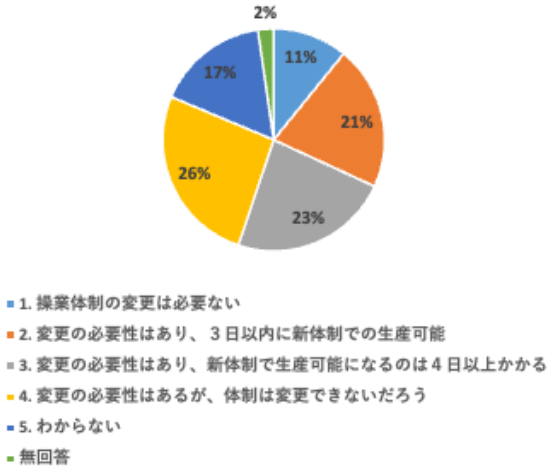


図 5-2-21　操業体制の変更可能性（n=524）

(8) 計画停電による納品遅れ

Q5「計画停電による貴工場の主な製造品の納品への影響についてお答えください」という質問に対する回答結果は図 5-2-22 に示す通りである。「生産遅れが生じ、かつ 1 ヶ月以内に納品の遅れも生じる」が最も多く 53%である。次いで「生産遅れが生じるが、製品在庫等で対応し、1 ヶ月以内には納品遅れは生じない」が 14%である。ただし、「わからない」

が 19%であることには留意が必要である。

1 ヶ月以内に納品遅れが生じる工場における納品できなくなる時期については図 5-2-23 に示す通りである。「1 週間未満」が最も多く 26%であり、次いで「1～2 週間未満」、「2～3 週間未満」、「3～4 週間未満」が同数程度で、それぞれ 12%、10%、10%である。ただし、「わからない」が 41%で非常に多いことには留意が必要である。

図 5-2-22 計画停電による納品への影響 (n=524)

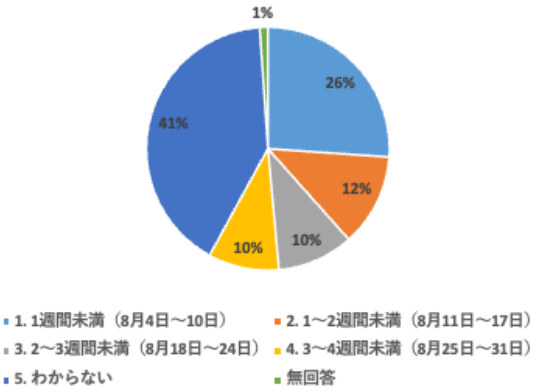
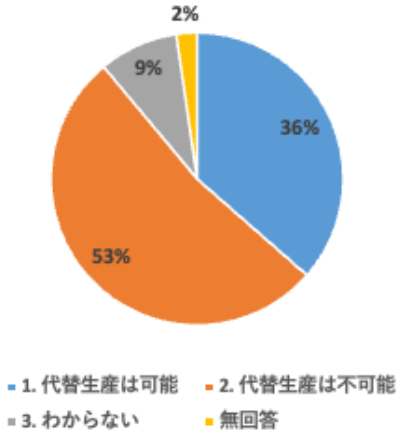


図 5-2-23 計画停電により 1 ヶ月以内に納品できなくなる時期（n=276）

(9) 代替生産

代替生産の可否については図 5-2-24 に示す通りである。「代替生産は不可能」が 53%であり、「可能」の 36%に比べて多い。

代替生産が可能な工場における代替生産可能な生産拠点がある地域については図 5-2-25（複数回答）に示す通りである。最も多いのが「関東」で 49%、次いで「関西」43%、「中部」28%と続く。



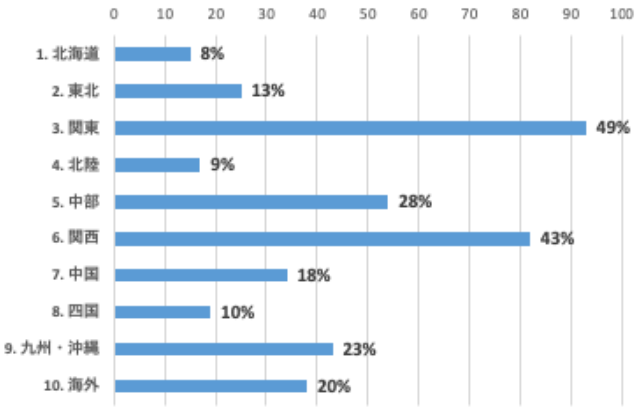


図 5-2-24　代替生産の可否（n=524）　図 5-2-25 代替生産可能な生産拠点がある地域（n=191）

代替生産が可能な工場における代替生産可能な生産拠点の所有者については図 5-2-26（複数回答）に示す通りである。「自社の別工場」が 71%で最も多く、次いで「同業他社の工場」が 34%である。

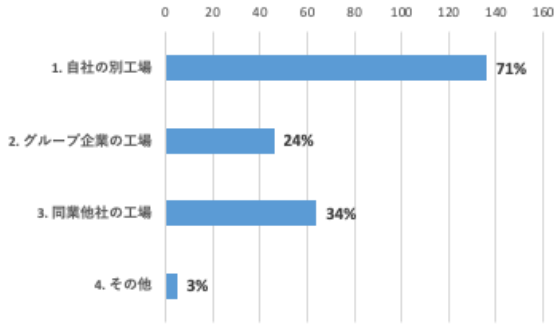


図 5-2-26　代替生産可能な生産拠点の所有者（n=191）

(10) 市場での代替性

工場の主な製造品の市場での代替性については図 5-2-27 に示す通りである。最も多いのが「とても低い」で 31%であり、次いで「中程度」26%、「やや低い」が 20%と続く。やや市場の代替性は低い傾向がみられる。

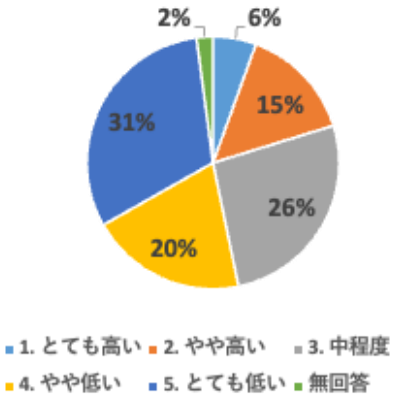


図 5-2-27　市場での代替性（n=524）

5.2.4 考察

アンケート調査結果を踏まえて、計画停電による生産への影響という観点で考察する。まず計画停電により生産停止する工場が 96%でほとんどの工場が生産を停止するということが明らかとなった（図 5-2-13）。ただし、生産停止時間は工場によって差があり、57%は停電時間（2 時間）以上であり、中には、1 日以上停止する工場も一定数ある（図 5-2-14）。停電時間以上に生産停止する理由としては、アンケートの自由記述によると、生産設備の点検や炉の立ち上げに時間がかかる等が多い。一度停電して生産設備がシャットダウンした後、再稼働するまでの点検に時間を要するということ、また、生産過程に炉を使用している場合、一度炉が停止すると温度が上昇するまでに非常に時間がかかるということが要因として大きいと思われる。

停電による生産停止の影響を軽減しようとすると、停電下での生産設備の点検や炉への電力供給維持ができる体制を構築することが必要となる。自家発電設備や可搬型の発電機等を利用して、停電による停止時間を短縮する案が考えられる。ただ、自家発電設備の保有率は 24%と意外に少なく（図 5-2-6）、「自家発電設備の使用では停電時間に生産はできず、生産再開までの時間の短縮もできない」のが 80%と大半であるという実態がわかった（図 5-2-15）。しかしながら、生産再開までの時間の短縮ができない理由は、現在の自家発電設備の目的にその考えが入っていなかったため、当該対象となる生産設備や炉に対応できるようになっていない可能性も大いにある。事業継続の観点から、上記対応ができる体制にすることが可能であるならば、対策の検討の余地はあると考えられる。

自家発電設備の保有率が低いので、災害後に発電機を外部から調達する工場が多いので

はないかと推察していたが、アンケート結果では「貴工場外から発電機を調達する可能性は高い」が 16%であり、意外と少ない結果となった（図 5-2-17)。ただし、「わからない」の回答が 28%であり(図 5-2-17)、災害後に発電機の必要性が明確になっていない場合は、事業継続における電力の必要性を今一度検討する必要があるといえる。

また、今回提示したシナリオであれば、1 ヶ月以内に納品遅れが発生すると回答した工場が 53%と約半数の工場に、サプライチェーンにおける遅延の影響が発生することが示された（図 5-2-22)。さらに、1 週間未満のうちに納品遅れが発生するのは、工場全体からすると 14%程度（n=276 で示している図 5-2-23 では 41%）となり、早期にサプライチェーンの乱れが生じてしまう。このような工場における計画停電による影響を最小化する方策が求められる。

計画停電により納品遅れが生じる工場では、代替生産を実施することや操業体制を変更して電力がある時間帯で生産を行うことも対応として考えられる。しかしながら、代替生産が可能な工場は 36%（図 5-2-24)、操業体制の変更ができない工場は 26%（図 5-2-21）と、対応が難しい工場も一定数存在する。さらに、市場の代替性も低い工場が多いことから（図 5-2-27)、計画停電による影響を受けた工場と別の工場から同製品を調達するということにも困難性があるということがわかる。

以上の結果を総括すると、関西のエリアでの 1 ヶ月間の計画停電により、一定程度の製造業のサプライチェーンに混乱が生じる可能性が高いということがいえる。工場や企業全体での対策が求められるものの、代替生産や操業体制の変更を可能とすることは非常に難しく、サプライチェーン全体での対策で補完することも重要である。また、電力会社においては、大規模災害により発電所が同時被災しないような対策により供給力を確保する努力が必要であるのは当然であり、電力行政としても電力不足下において製造業や地域経済への影響を考慮した電力需要抑制施策の検討も必要であるといえる。

【注釈】

（注１）関西電力送配電株式会社：万が一の備えとしての計画停電の準備について（2018 年 7 月 10 日公表）を参照した。ただし、2024 年 4 月に、従来北海道から九州までの 9 つのエリアの単位で計画停電を運用する方針を、広域ブロック単位（関西エリアが含まれるのは周波数が同じ中部以西のエリアのブロック）での運用の方針に変更されている。そのため、南海トラフ地震を想定すると、電力が著しく不足する四国や中部の負担分をその他

の同ブロック内エリアである九州、中国、関西、北陸でも分担する方針となることが想定される。すなわち、本研究での関西エリアの計画停電の設定は過小な設定であり、より計画停電の頻度や程度が大きくなることが想定される。
(https://www.kansai-td.co.jp/denkiyoho/planned-power-outage.html 最終確認 2025 年 2 月 12 日））

【参考文献】

公益財団法人ひょうご震災記念 21 世紀研究機構(2023)：南海トラフ地震に備える政策研究調査報告書

5.3　サプライチェーンシミュレーションの精緻化

井上寛康

要約　本研究では、サプライチェーンネットワークデータを用い、大規模並列計算機でのシミュレーションを通じて、自然災害が実体経済に与える影響を分析した。従来の企業レベルのデータでは、本社所在地や製品情報を持たないことによるバイアスがあり、事業所・製品レベルの生産活動を適切に再現できなかった。そこで、経済センサスの事業所データを統合し、116 万の企業に 101 万の事業所および詳細な製品情報を追加した。シミュレーションの結果、企業レベルのネットワークは影響を過小評価し、東京の影響を過大評価する傾向があることが判明した。さらに、代替性の異なるシナリオを分析したところ、産業単位での代替を仮定すると影響を過小評価することが明らかになった。また、国際的な輸入・輸出の途絶が国内サプライチェーンに与える影響を分析し、特に中国からの機械・電気電子関連の輸入途絶が深刻な影響を及ぼすことが分かった。さらに、サプライヤの代替策を導入することで損失を 18.1%から 13.5%に抑えられることが確認された。長期的な視点では、グローバル・サプライチェーンの連携が成長の鍵となり、企業単位の対策だけでなく、国際的な戦略が重要であることが示された。

自然災害は直接的な被害のみならず、それが引き起こす実体経済への影響が重大である。その予測をする上では、企業各々がすべて異なる取引先を持ち、それに起因する複雑な振る舞いを再現することが不可欠である。そこで本研究では企業を網羅する取引関係データを用いたモデルを用いて、富岳ほか大規模並列計算機を使い、シミュレーションを行った。これまでに実施以前から企業レベルの生産活動のシミュレーションを広範に行ってきた。具体的には、東京商工リサーチから提供される企業間取引ネットワークデータおよび企業情報データを用いて、サプライチェーンネットワークをデータの形で取り入れている。しかしながら実際の企業の生産活動は事業所レベルで行われていることから、企業レベルデータでは事業所間の関係性は不明であることや、企業の本社は東京に偏っていることなど、実態との乖離がまだ存在し、観察される経済指標を十分に説明できない問題があった。そこで、上記政府統計である経済センサスに存在する網羅的な事業所データを企業のサプライチェーンデータに取り込むことにより、この問題を改善する。

このシミュレータの改善として、116 万の企業に新たに 101 万の事業所を統合した。これが重要であるのは、企業の位置情報は本社住所に限られ、東京に本社が多いなどのバイアスがあり、細かな地域の影響の分析にはより細かな事業所の位置情報が必要であるためである。この新たなシミュレータの有効性をテストするために、仮想的なサプライチェーンの途絶を与え、それが広がる影響について分析を行った。その結果、当初の見通し通り、企業レベルと事業所レベルのネットワークではその性質に違いがあり、企業ネットワークは影響を過小評価する（図 5-3-1）ことや、企業ネットワークでは東京で起きたサプライチェーン途絶を過大評価し、事業所ネットワークではそのような違いが生じないことが確認された。

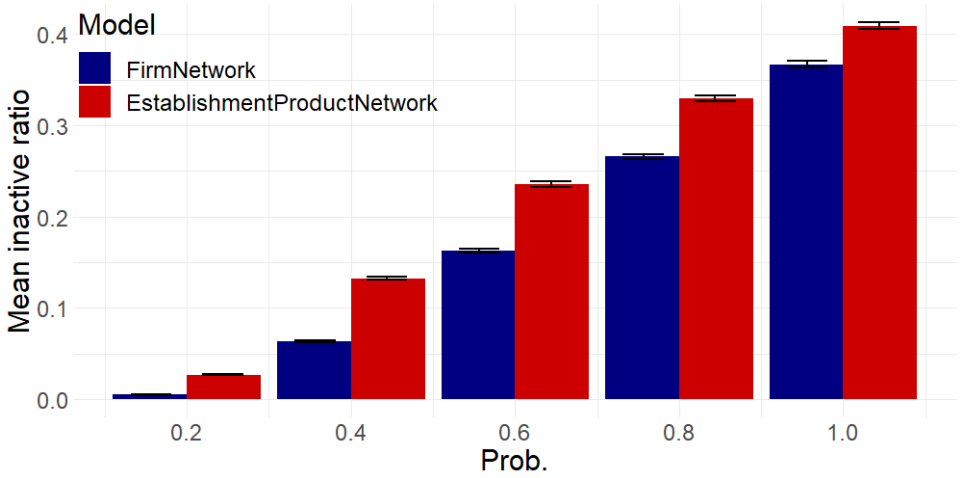


図 5-3-1 企業と事業所レベルのネットワークでの波及の違い

次に、製品レベルでネットワークを作成した効果を知るために、代替性がない場合、代替性が完全な場合、産業間では製品によらず代替ができるとした場合、とショックの波及について調べた（図 5-3-2）。代替性が完全な場合はショックの波及は全く起きなくなるが、それだけ製品を構成する材料の代替性はこのようなシミュレーションにとって重要であることがわかる。次に、代替が産業が同じであれば可能とした仮定も相当程度強いことがわかる。その理由は完全に代替ができない場合と、今回作成した製品レベルのネットワークに基づく、より真に近い代替性を比較すると、有意な差であるばかりでなく、完全に代替がない場合と製品レベルの代替との差は非常に大きいが、それと同程度に製品レベルの代替と産業レベルの間では差があることがわかるためである。すなわち、産業レベルで代替を考えることは損失の過小評価になっている。

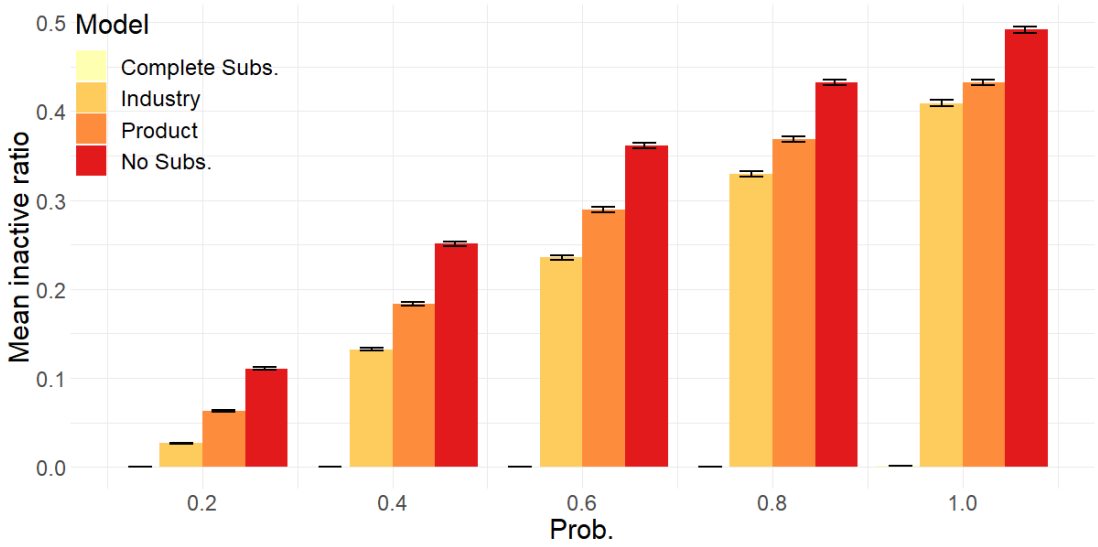


図 5-3-2 代替性による影響の違い

さらに、災害が発生する地域を東京都とそれ以外にした場合での差を見てみる。これを行う理由は、従来の企業レベルネットワークでは東京都が本社になっているが実際には事業所・工場が存在していないことを考慮しえないためである。事業所・製品レベルに拡張した今回のネットワークではこのような事務的な本社機能であればネットワークの中には存在しないことになる。結果はやはり企業レベルネットワークでは東京都の評価を過大におこなっていることがわかった（図 5-3-3）。事業所・製品ネットワークではそのような有意な差は存在しない。このことは、特に首都直下地震などを扱う上では特に重要である。

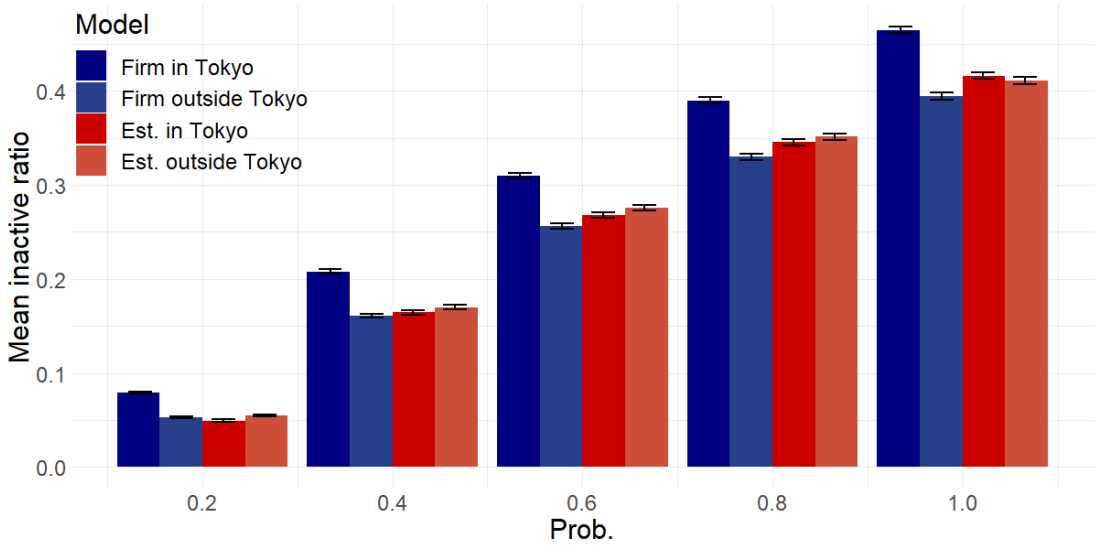


図 5-3-3 東京で災害が起きた場合の推計の比較

またシミュレーションを多面的なシナリオで行うことも本研究の課題としているため、他国で起きた災害等の影響下で国際的な輸入・輸出の途絶が起きた場合のシナリオについて検討した。これには、政府統計である企業活動基本調査をサプライチェーンシミュレータに接続し、世界の地域（中国・その他アジア・北米・欧州・中東など）ごと、また産業ごとに輸入・輸出あるいは両方が途絶した際の、国内サプライチェーンに及ぼす影響を分析した。輸入の途絶においては初期においては影響が小さいが、長期化すると超線形的に影響が増大することや、輸出の途絶は限定的、また初期においてより影響が大きいこと、中国からの機械・電気電子・情報通信に関する輸入の途絶は他の産業に比べて特に大きいことなどがわかった。経済・サプライチェーンは国内だけで完結せず、グローバルサプライチェーンの影響を考慮する必要があるため、本研究の結果は重要である。また HelmholtzHodge 分解により、どのようなエリア・産業の影響が大きいのか分析を行った。結果として、輸入業者がローカルな取引を持っていることは生産損失と負の相関がある。対照的に、サプライチェーンの川上にいると、生産損失が 62%増加する。またどのようにサプライチェーンを強化し、対策を取ることができるのかを調べるため、異なる代替レベルを仮定したモデルをシミュレートした。現実的なサプライヤ代替策を施すことで、代替性がない場合の損失 18.1%に対して、13.5%となった。これは全企業から代替ができるとした理想的なモデルとほぼ変わらない値である。さらに本研究課題は主に数か月の途絶について扱うものであるが、長期的なサプライチェーンの変化についても考察をしており、国際産業連関表データを使用して、グローバル・サプライチェーンの中に組み込まれた各セクターの生産性がどのように成長影響するかを分析した。サプライチェーンの連携が生産性と成長の関連性において重要であり、これらの連携を無視した場合と比較して、セクター別生産成長率の違いを説明する助けになることがわかった。生産性のピア効果が成長の原動力となることを示唆し、グローバル・サプライチェーンへの参加が個々の国の生産能力の劣位を上回る可能性を示した。また、企業レベルでの選択圧だけでなくグローバル・サプライチェーンを考慮する必要性を示した。

６．将来の災害における相転移

河田惠昭

要約　被害が大きな自然災害では、例外なく「社会現象の相転移」が発生していることが最大の研究成果である。その相転移の一つとして停電が発生すればどうなるかという具体例が本研究の課題であった。その研究過程で、研究開始当時わからなかった重要な研究成果も生まれた。その一つが、自然災害においては、災害外力の発生そのものも、実は「自然現象の相転移」が原因となっていることを見つけたことである。地震現象に関する組織的な研究は、1923 年関東大震災がきっかけとなって始まったと考えてよいが、それまでの地震のメカニズムに関する研究成果において、「相転移」という学術用語が使われた形跡は全くないと言ってよいだろう。二つは、災害関連死も「生から死」という相転移で起こっていることを明らかにしたことである。この結論は、2019 年末に中国で確認され世界的に拡大したコロナ・パンデミック（COVID-19）も「相転移」が原因であることを指摘したことの延長上で判明した事実である。

6.1　自然現象としての「相転移」の発生

たとえば、気象庁は線状降水帯の発生予測精度を上げようと必死に努力している。気象衛星画像やレーダーによる追跡によって予測精度を上げる努力を継続している。でも、いずれのデータも雨（液体）になってから検知される特性であり、相転移が起こる前の水蒸気（気体）については検知できていない。アメダスの観測点の 500 か所以上で湿度計による計測を実現するように努力しているが、これらはあくまでも地上での湿度であって、相転移が発生する高空のものではない。そして、気象庁が線状降水帯を予測するということは、水蒸気が雨に変化した後の予測であり、この時点ではもう線状降水帯が発生しているのである。つまり、同時的に被害が発生し始めるのであるから、この予測は遅すぎるのである。だから研究では、線状降水帯が発生する以前に的を絞って予測しないと、あまり役に立たないと言える。合成ダイヤモンドは、超高温、超高圧の下での相転移によって製造されるが、まさに合成ダイヤモンドをいくら科学的に解析してもなぜ相転移が起こるかを理論的に未解明であるのとまったく同じである。つまり、現行の線状降水帯の解析のアプローチではいくら予測精度が上がっても、被害そのものは発生するのである。このような

異常気象の予測では、相転移が起こる直前も対象にしなければならない。現状では、気象庁はレーダーを中心とした雨（液体）の解析を利用しているから、極端には遅すぎるのである。これでは、いくら予測できても後手後手の対応しかできない。理論的にも観測的にもこれでは事前予測は不可能だ。同じことは地震にも言える。地震予知は現状では難しいというのが地震学会の共通認識である。地震が起こるという現象は、固体である地殻から流動体への変化であるから、れっきとした相転移である。先の能登半島地震では、地中深くから流体が表層へ流動したことが活断層を動かした原因と指摘されているが、これは原因であって、相転移を起こす外力に位置し、静止状態から流動化して地震を発生するという相転移現象そのものではない。同じことは、南海トラフ地震のようなプレート間地震でも言える。つまり、地震の発生メカニズムをテーマとする研究者は、相転移のメカニズムそのものを研究しなければならないのに、なぜ地震が起こるのかということに挑戦している。これは相転移の原因を調べているのであって、地震という相転移の発生機構そのものを研究しているのではないと言える。これではいつまで経っても地震現象の解明にはつながらないと断言できる。このような観点から、大災害を引き起こす津波、高潮、火山噴火のいずれを取り上げても、災害時に相転移が起こる、あるいはそれが引き金になっているのである。これまでの災害の発生メカニズムに関して、相転移に着目した研究は本当に少ないのではないだろうか。これではいくら努力しても、ハザードの災害外力の制御には成功しないのではないだろうか。

6.2　社会現象の相転移を利用する

これは河田が発見した現象である。その時上述した災害の自然現象の相転移の存在については深く考えなかった。この発見自体だけでも大変減災、縮災に効果があるからだ。そして、自然災害の外力も、多くの人が知っている特徴がすでに共有されており、まさかすべてに自然現象の既知の相転移が関係するとは理解していなかった。しかし、大災害が自然現象と社会現象の相転移がペアとして発生するという発見は、筆者自身が驚いている特徴であり、これによって確実に事前防災できることがわかった。表 6-1 を見ると、大災害は自然現象の相転移が一つに対し、社会現象の相転移が複数あり、これが時代や地域とともに変わる特性があることがわかる。歴史性と地域性が存在することが容易に理解できる。これは大災害といえども地方の対応が重要であることを示しており、すべての大災害は中央政府だけで対応できるものではないことを示唆している。これは重要な特徴である。な

ぜなら、わが国のような中央集権国家では、ともすれば東京での指揮命令系統で対処できる、あるいはしなければならないという錯覚があるからだ。今後新設予定の防災庁でも、考慮しなければならない事項であろう。もう一つの歴史性も重要である。表を見てもわかるように社会現象の相転移が時代によって変化することがわかる。すなわち、社会が激変する現代にあっては、常時これを見直す必要があることを示唆している。しかも、変化しない相転移があることも要注意である。たとえば「津波てんでんこ」がある東北沿岸では、明治、昭和、平成の大津波の時、共通の「避難しない」という相転移が発生しているからである。これは災害文化として私たちが引き継いでいかなければならない事項だろう。もう一つ気になる特徴がある。それは単純に見れば各災害に共通する相転移が存在しない、あるいは存在しないかもしれない事実である。例えば、地震時には大都市で脆弱な建物の全壊・倒壊という相転移によって多くの犠牲者が発生することは理解できる。しかし、ほかの災害でも起こるかどうかを慎重に評価した経験がないので、現時点では断言できない。しかし、2 年前に発生したリビアの洪水によるダムの崩壊では、下流の水無川で突然、鉄砲水が発生したのは、れっきとした相転移であろう。このように判断すれば、未経験の社会的な相転移が共通的に存在することを否定してはいけないだろう。

表 6-1　自然災害における自然的相転移と社会的相転移

災害名	相転移（自然現象）	相転移（社会現象）
地震	静止状態から破壊進行（プレート境界付近の高熱による岩盤の溶解・流動化、熱水などによる活断層の岩盤の溶解・流動化）	市街地火災、脆弱な建物、液状化、広域停電、都市域での各種社会インフラの被災など
津波	地震によって海水の静止状態から運動状態（波動現象）	避難行動遅れ、思いこみ、過信、現象の誤解など
洪水	水蒸気（雲）から雨（気相から液相への相転移）、線状降水帯など豪雨の発生	線状降水帯の豪雨による越流氾濫、避難の軽視、繰り返す歴史の軽視など
高潮	海水から水蒸気（雲）そして台風の発生、吸い上げと吹き寄せ	無理解、避難遅れ、現象の誤解など
火山噴火	平衡状態から非平衡状態（高熱による溶解、マグマの膨張・爆発・流動）	多彩な被災形態、恐怖、エアロゾルによる電子機器不全など

6.3　どのようにして、防災・減災・縮災の効果を挙げるのか

新たに創設予定の防災庁では、自然現象と社会現象の相転移の発生の原因や特徴、メカニズムを明らかにしてこれを利用しなければ､事前防災は不可能といえるだろう｡しかし、量子相転移と呼ばれるものの存在からして、外力のメカニズムの相転移を科学的に明らかにするには、まだまだ研究を継続する必要があるだろう。そこで、何から開始すればよいかを考えてみよう。被害が大きくなるのは、被災人口が多い大都市とか経済活動が大規模で各種機能が集積した地域そして電気をはじめとしたエネルギーを大量生産する地域というように限定することが可能であろう。しかし、それだけではない。南海トラフ地震のように被害が広域にわたるものは、人的被害や社会経済被害の絶対値そのものが巨大であるので対象としなければならない。つまり、対象とすべきものは時代とともに変わるという特徴をもっている。だから、現在の災害対策基本法のように、被害が発生すれば、二度と起きないように対策を講ずるやり方では、後手後手になり、いつまで経っても減災や縮災は実現できない。このことは、その時代の社会の弱点になる候補を見つけることがとても大切なことに気づく。

研究成果

論文（査読あり）

	著者	タイトル	発表先	発表年月日
1	八木亮介・奥村与志弘	介護サービス受給者に注目した東日本大震災時の気仙沼市における関連死の実態把握	地域安全学会論文集（電子ジャーナル論文），Vol.46，10p	2025 年 3 月
2	奥村与志弘・橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・河田惠昭	令和 6 年(2024 年)能登半島地震による停電と災害関連死および企業生産活動への影響	自然災害科学第 43 巻 3 号 pp.449-458.	2024 年 11 月 30 日
3	山﨑健司・奥村与志弘	国際疾病分類を用いた災害関連死と持病・既往症の関係分析	地域安全学会論文集 No.41,pp.43-50	2022 年 11 月
4	Hiroyasu Inoue, Yoshihiro Okumura, Tetsuya Torayashiki, and Yasuyuki Todo	Establishment-level simulation of supply chain disruption: The case of the Great East Japan earthquake	独立行政法人経済産業研究所ディスカッション・ペーパー（英語）	2022 年 6 月
5	TORAYASHIKI Tetsuya, OKUMURA Yoshihiro, HASHITOMI Shogo, NAKABAYASHI Hironobu and KAWATA Yoshiaki	Impact of Long-Term Planned Power Outages Caused by Future Nankai Trough Earthquakes on Manufacturing Production and the Mitigation Measures	Journal of Disaster Resaerch, Vol.20, No.5	印刷中

論文（査読なし）

	著者	タイトル	発表先	発表年月日
1	寅屋敷哲也・奥村与志弘・橋冨彰吾・中林啓修・井上寛康・河田惠昭	地震災害における火力発電所の被害と復旧の関係ー東日本大震災遺構の災害に着目して—	東日本大震災特別論文集 No.13, pp.13-16	2024 年 8 月
2	奥村与志弘	南海トラフ巨大地震に伴う災害関連死	21 世紀ひょうご Vol.36 pp.19-33	2024 年 3 月
3	井上寛康	南海トラフ地震の経済被害シミュレーション	21 世紀ひょうご Vol.36 pp.34-42	2024 年 3 月
4	橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・井上寛康・奥村与志弘・都築充雄・河田惠昭	明治用水頭首工大規模漏水の最悪シナリオの検討	第 39 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 pp.520-525	2023 年 1 月東京大学生産技術研究所（東京都目黒区）
5	橋冨彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・井上寛康・奥村与志弘・河田惠昭	周波数変換設備(FC)を介した電力融通を担う送電線の富士山噴火リスクと増強計画の問題点	第 41 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集	2022 年 8 月 8 日（オンライン）
6	寅屋敷哲也・河田惠昭	令和 4 年福島県沖を震源とする地震による電力需給逼迫問題からの示唆—首都直下地震を対象として—	地域安全学会梗概集 No.50 pp.81-84.	2022 年 5 月 20 日愛媛大学城北キャンパス共通講義棟A（愛媛県松山市）

学会発表

	著者	タイトル	発表先	発表年月日
1	松本庄平，奥村与志弘	災害関連死と生活拠点の移動の関係に関する一考察：東日本大震災における福島県楢葉町の事例	東日本大震災・原子力災害学術研究集会予稿集，pp.71-72	2025 年 3 月 19 日，コラッセふくしま（福島県福島市）
2	篠原まどか，奥村与志弘	自死による災害関連死の発生プロセスに関する一考察：東日本大震災における福島県楢葉町と宮城県気仙沼市の事例	東日本大震災・原子力災害学術研究集会予稿集，pp.65-66	2025 年 3 月 19 日，コラッセふくしま（福島県福島市）
3	保田香音，奥村与志弘	東日本大震災後の福島県における超過死亡届数の分析	東日本大震災・原子力災害学術研究集会予稿集，pp.67-68	2025 年 3 月 19 日，コラッセふくしま（福島県福島市）
4	山﨑健司・奥村与志弘	死亡時期別に見た災害関 連死発生プロセスの違い	東日本大震災・原子力災害学術研究集会予稿集 pp.125-126	2024 年 3 月 20 日，コラッセふくしま（福島県福島市）
5	木俣青波・奥村与志弘	災害関連死による犠牲者 を取り巻く関係者に関する検討	東日本大震災・原子力災害学術研究集会予稿集， pp.145-146	2024 年 3 月 20 日，コラッセふくしま（福島県福島市）
6	中島 祝・奥村与志弘	口腔保健問題と災害関連死の問題に関する一考察	東日本大震災・原子力災害学術研究集会予稿集，pp.147-148	2024 年 3 月 20 日，コラッセふくしま（福島県福島市）
7	八木亮介・奥村与志弘	介護サービス受給者の災 害関連死に関する一考察	第 42 回自然災害学会学術講演会	2023 年 9 月 17 日，金沢 大学（石川県金沢市）

8	栗田直樹・奥村与志弘・山崎健司・川崎雄太・上田千晃	関連死発生プロセスの可視化に関する検討	第 41 回自然災害学会学術講演会講演概要集 pp.73-74	2022 年 9 月 18 日 立命館大学草津キャンパス（滋賀県・草津市）
9	山崎健司・奥村与志弘	気仙沼市における 2011 年東日本大震災による関連死の実態把握	第 41 回自然災害学会学術講演会講演概要集 pp.75-76	2022 年 9 月 18 日 立命館大学草津キャンパス（滋賀県草津市）

南海トラフ地震及び首都直下地震を対象とした
被害軽減に関する研究

首都直下地震部会
―初動対応分科会―

研究調査報告書

2025 年 3 月

（公財）ひょうご震災記念 21 世紀研究機構

研究戦略センター研究調査部
研　究　体　制

【メンバー】

中林　啓修	日本大学危機管理学部　准教授（※分科会リーダー）	
加藤　健	防衛大学校人文社会科学群公共政策学科　准教授	
髙岡　誠子	（一財）日本公衆衛生学会危機管理支援部人材育成課	
都　　城治	国士舘大学防災・救急救助総合研究所　講師	

【研究員】

米川　安寿	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構 研究戦略センター研究調査部	主任研究員（令和６年）
田中　豊	同	研究員（令和６年）
平石　知久	同	主任研究員（令和５～６年）
竹口　隼人	同	研究員（令和５年）
吐合　大祐	同	主任研究員（令和４年）

【事務局】

行司　高博	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機 構研究戦略センター 研究調査部長（R６年度）	
外嵜　良一	同	研究調査部研究調査課長（R４～６年度）
小平　幸生	同	研究調査部研究調査課主査（R５～６年度）
岩田　麻央	同	研究調査部研究調査課研究調査推進員（R４～６年度）
薮下　隆史	同	研究調査部長（R４～５年度）
井上　恭子	同	研究調査部研究調査課課長補佐（R４年度）

目次

第 3 部　初動対応分科会　研究成果

第１章　はじめに（中林）

1.1　首都直下地震の被害想定と本研究会の目標 ····· 1

1.2　研究会の開催状況 ····· 4

第２章　首都直下地震被害で想定される「相転移」

2.1　首都直下地震における地震火災がもたらす相転移の可能性（中林） ····· 5

2.2　首都直下地震における東京 23 区民の避難行動と相転移（加藤） ····· 7

2.3　外国人旅行者の災害時の初動対応における課題の考察（米川） ····· 26

2.4　首都直下地震発生時における火災被害の拡大要因に関する検討−住民特性と消火用水の不足について−（都） ····· 39

第３章　初動対応の論点

3.1　各論的論点 1（医療福祉）：ライフライン被害が引き起こす医療機関や社会福祉施設等への影響から 1 都 3 県の資源配分に係る初動体制の課題を考える（髙岡） ····· 49

3.2　各論的論点 2（消防）：首都直下地震の初動対応時に公設消防組織及び消防団において想定される課題の検討（都） ····· 57

3.3　各論的論点 3（自衛隊）：首都直下地震における自衛隊の初動対応に関する役割と課題（中林） ····· 68

3.4　グランドデザインに関する論点：グランドデザインに関する論点：首都直下地震対応をめぐる国-地方自治体連携と指揮調整（全委員） ····· 79

第４章　まとめ

4.1　提言・論点（全委員） ····· 81

4.2　まとめ（中林） ····· 84

付．対外的研究成果等 ····· 85

１．　はじめに

中林　啓修

1.1 首都直下地震の被害想定と本研究会の目標

本研究会は、今後 30 年以内に 70%以上の確率で発生するとされている首都直下地震を想定し、その初動対応の体制について検討することを目的としている。

これまでに、首都直下地震に関する被害想定は、中央防災会議によって行われた首都圏全体を対象としたもののほか、東京都をはじめとする首都圏の自治体で行われている。

本報告書執筆時点（2025 年 3 月時点）で、中央防災会議が行なった直近の被害想定としては 2013 年に実施されたものがある。この想定では、都心南部を震源とした場合の震度分布に基づき、冬・深夜、夏・昼および冬・夕の 3 つの季節・時期と 2 通りの風速（3m/s と 8m/s）によるパターンについて被害量の推計を行っている。

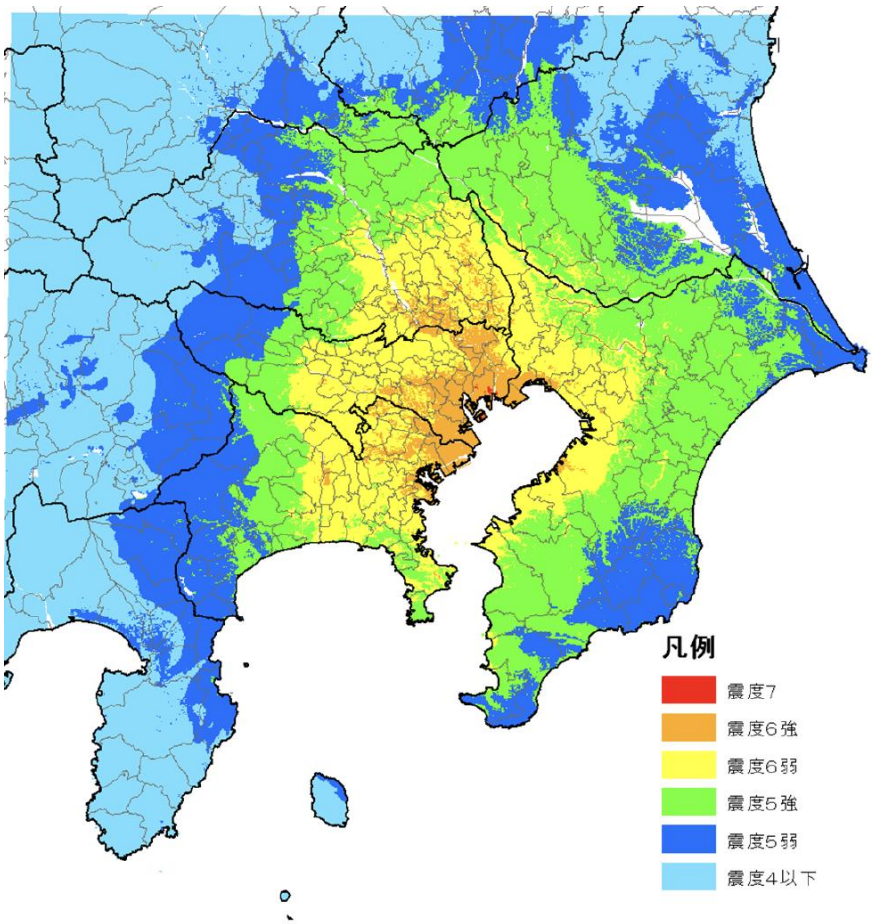


図 1-1-1 首都直下地震被害想定（2013 年中央防災会議）で用いられた震度分布

中央防災会議で行われている被害想定は、2026 年度中を目処に見直されることになっているが、これとは別に首都圏の自治体が個別に行っている被害想定もある。この中で、特に注目すべきものとして、令和 4 年に発表された東京都による被害想定がある。この想定では、最大で 6000 人以上の死者と 20 万棟近い建物が被災するとされていた。東京都の想定は、それ以前の想定からは減少しているものの、極めて大きな被害であると言わざるを得ない。

いずれにしても、東京を中心とした 1 都 3 県（東京、埼玉、千葉、神奈川）の人口は日本の人口の 1/3 に達しており、暴露人口の多さから、死傷や建物倒壊に至らない被害であっても、大きな影響が地域に生じることが考えられる。加えて、首都圏での混乱が日本全体に大きな影響をもたらすことも避けられない。

それゆえ、首都直下地震に際して適切な初動体制を確立することは、応急期以降の対応を確実にし、災害関連死などを含む応急期以降の二次被害の防止や早期の復旧・復興による社会混乱の局限化を実現する上でも重要である。そこで、本研究では、応急期以降に予想される課題への対応も視野に入れた適切な初動態勢の確立に向けた提言等をまとめることを最終的な目標とする。

この目的に従い、令和 6 年度は、10 回の研究会を開催して、住民、消防、医療（救急及び福祉も含む）及び自衛隊による対応を検討してきた。また、これらの検討と並行して、あるべき全般的な初動体制や情報連絡体制についても検討した。

ところで、本報告書収録の論文のうち、「2.2　首都直下地震における東京 23 区民の避難行動と相転移」（加藤論文）、「2.4　首都直下地震発生時における火災被害の拡大要因に関する検討−消火用水の不足と住民特性について−」（都論文）については、本研究会で実施した質問紙調査によって得られたデータに基づいて執筆されている。

それぞれの論文でも調査について触れられているが、以下に調査の概要を示しておく。

＜本研究会で実施した質問紙調査の概要＞

（１）研究デザイン、調査概要

本研究では東京都 23 区の住民を対象とした、質問紙調査による横断的調査研究である（以下、東京都 23 区民に対する質問紙調査、または当研究会で実施した質問紙調査とする）。調査時期は令和 5 年 2 月 17 日から 20 日までであり、株式会社マクロミルに事前登録され 23 区に居住するモニターを対象にオンライン上での Web 調査を実施した。

本研究で実施した質問紙調査は、「防災に関する世論調査」（内閣府、2022）を参考に設計したものであり、個人の属性・背景に加え、各種災害に対する意識や防災に関する取り組みを調査した。

（２）研究対象地域の特性、背景

東京都は特別区である 23 区と多摩地区に分かれており、それぞれ約 960 万人、約 420 万人が居住する日本最大の人口集中地区である。とりわけ 23 区は木造住宅密集地域が存在し、火災被害も大きいと試算され東京都や各行政区がそれぞれ防災対策を行っている。例に挙げると、地震発生の確率や想定される被害量などの統計情報や、発災時の体験談などの被害事例情報などを発信することで住民個人の防災意識の醸成に努め、防災行動の契機として感震ブレーカーの無償配布や、防災対策を行う事への経済的な支援を行っている。

（３）調査時のサンプル抽出方法とサンプルサイズ

本研究では調査時のサンプル抽出に層化抽出法を用い均等割り付けを行った。本研究での層化構造は行政区（23 分類)、年代(6 分類)、とし居住地としての 23 区と各年代のサンプルとが均等になるように、予め設定された数を抽出することとした。標本調査では、母集団の特性をサンプルが反映している必要があり、地域別の住民数や年代、性別等を考慮した上で､それに準じた比例配分でランダム化した標本抽出をする事が好ましい｡しかし、インターネットによる Web 調査を実施した際に、事前登録されているモニター母集団の背景が、本研究の対象とする東京都 23 区の住民背景と一致することは考えにくい。例えば、インターネット調査会社に登録しているモニターにおける高齢者の割合と、東京都 23 区の高齢者の割合は同様とはならないことが挙げられ、web 調査でのモニター背景の違いによる影響を最小限にするため、本手法を適用した。本研究における調査時のサンプルサイズは、予め概ね 1、000 件程度と設定した。東京都 23 区の住民数（約 960 万人）を母集団とし、解析上の信頼レベルを 95%、許容誤差 5%と設定すると概ね 400 件程度で必要なサンプルは充足する。しかし、約 400 件のサンプルサイズで上述の抽出法を適用した際、特定のグループの標本数が極めて少なくなることで、分析時に完全分離状態となる可能性がある。完全分離状態となると、目的変数に対する背景因子の効果量算出の過程で、効果量が無限大に発散することで解析が収束しない。完全分離状態となった際には、Firth バイアス調整方法や罰則付き回帰モデルを使用することで、効果量の点推定を算出する事も可

能であるが、区間推定が極めて広くなる弱点がある。そのため、本研究においては通常のサンプルサイズに約 2 倍と若干の冗長を計上した上で約 1000 件と設定した。

1.2 研究会の開催状況

本研究会は機関を通じて、28 回の研究会を開催した。各研究会の開催状況を以下に示す。

表 1-1-1　研究会の開催状況

年度	回数	開催日	報告内容等
令和４年度		R4.8.2	顔合わせ
	1	R4.8.20	概要説明、研究計画発表（全員）
	2	R4.9.17	研究報告（都委員、中林委員の研究の進捗報告）
	3	R4.10.22	研究報告（加藤委員、高岡委員の研究の進捗報告）
	4	R4.11.19	研究報告（首都直下地震での情報体制に関する加藤委員、都委員、中林委員からの報告）
	5	R4.12.17	研究報告（首都直下地震での情報体制に関する高岡委員からの報告および中林委員からの研究の進捗報告）
	6	R5.1.14	研究報告（加藤委員、高岡委員の研究の進捗報告）
	7	R5.2.18	研究報告（全員からの研究の進捗報告）
	8	R5.3.18	研究報告（報告書についての確認）
令和５年度	1(9)	R5.4.22	研究報告（R4 年度中間報告についての確認）
	2(10)	R5.6.3	研究計画発表（高岡委員、都委員、中林委員）
	3(11)	R5.7.9	研究報告（加藤委員、都委員の研究の進捗報告）
	4(12)	R5.9.18	研究報告（高岡委員、都委員、中林委員の進捗報告）
	5(13)	R5.10.09	研究報告（全大会に向けた打ち合わせ）
	6(14)	R5.11.5	研究報告（全大会に向けた打ち合わせ）
	7(15)	R5.12.23	研究報告（全委員からの進捗報告）
	8(16)	R6.1.14	研究報告（中林委員、都委員の進捗報告）
	9(17)	R6.2.18	研究報告（加藤委員、高岡委員の進捗報告）
	10(18)	R6.3.10	研究報告（報告書についての確認）
令和６年度	1（19）	R6.4.28	昨年度の研究総括／今年度の研究計画について
	2（20）	R6.6.1	他分科会の研究進捗について共有／研究報告（加藤委員）
	3（21）	R6.6.30	研究報告（中林委員より相転移の概念に関する確認と共有）
	4（22）	R6.7.28	研究報告（中林委員、髙岡委員）
	5（23）	R6.9.21	研究報告（都委員）
	6（24）	R6.11.2	研究報告（加藤委員、髙岡委員）
	7（25）	R6.12.7	報告書（構成案について議論）
	8（26）	R7.1.11	研究報告（中林委員、都委員）
	9（27）	R7.2.9	報告書（とりまとめ方針の確認）
	10(28)	R7.3.15	報告書の執筆進捗と内容の共有（各委員）

２．首都直下地震被害で想定される「相転移」

2.1 首都直下地震における地震火災がもたらす相転移の可能性

中林　啓修

予想される南海トラフ地震や首都直下地震といった巨大災害を、「規模（量）によって被害の様相（質）が変わってしまう災害」と規定したとき、災害の規模の「質的な変化点」は、被害を劇的かつ不連続に拡大させる「相転移」という概念で整理することができる。

相転移は、不連続に被害が拡大するが故に、従来のような外力と被害をモデル化し、社会に当てはめていくことで定量的に被害想定を求めていく量的アプローチだけでなく、「相転移」と見なすべき具体的現象と被害拡大のメカニズムを複雑な社会システムの中から発見し、対策を集中させていくような質的分析を加味したアプローチが重要になる。かかる観点から、以下、首都直下地震の被害想定を再検討していく。

1923 年 9 月 1 日の関東大震災では、旧東京 15 区内の死者の 2/3 近くが焼死とされるなど、火災被害の大きさが問題となった。大都市圏で規模の大きな直下型地震が発生した際に火災が大きなリスクとなりうることは、関東大震災から半世紀以上が経過した 1995 年 1 月 17 日の阪神・淡路大震災でも示された。

大都市圏での地震災害において火災は被害を拡大させる大きな要因となりうる。図 2-1-1 は、阪神・淡路大震災以降に発生した最大震度 7 を記録した地震における、死者数と建物被害棟数と 2013 年にまとめられた中央防災会議による首都直下地震の被害想定で示された死者数と建物被害棟数をまとめたものである。

本図表からは、①中越地震、平成 28 年熊本地震、北海道胆振東部地震および令和 6 年能登半島地震と、それ以外の地震との間には被害量の面で大きな差があること、②想定される首都直下地震の想定被害規模が近年の最大震度 7 を記録した地震を超えた規模になること、を読み取ることができる。

ところで、政府の被害想定では、建物倒壊数は時間や季節による差異がないことから、複数ある首都直下型地震の想定被害規模を分けているのは火災被害の程度が大きな要因となっている。この中で、夏の昼に発生した場合の火災の有無（図中の緑の点のうち最下段のものと青い点）は同じ近似曲線を描いていると考えられるのに対して、特に冬の夕方あるいは深夜に発生したと想定した場合の火災を含む被害量(図中のオレンジまたは赤の点)

は、同じ時期・時刻の想定で火災を含まない想定（図中の緑の点のうち上段の２つ）との間には、大きな隔絶があることがわかる。

このことから、仮に想定される規模で首都直下地震が発生した場合、火災対応の成否が被害規模の大小を極める大きな要因となると考えることができる。換言すれば、火災は、発生した首都直下型地震を巨大災害とする「相転移」と位置付けることが可能だと言える。

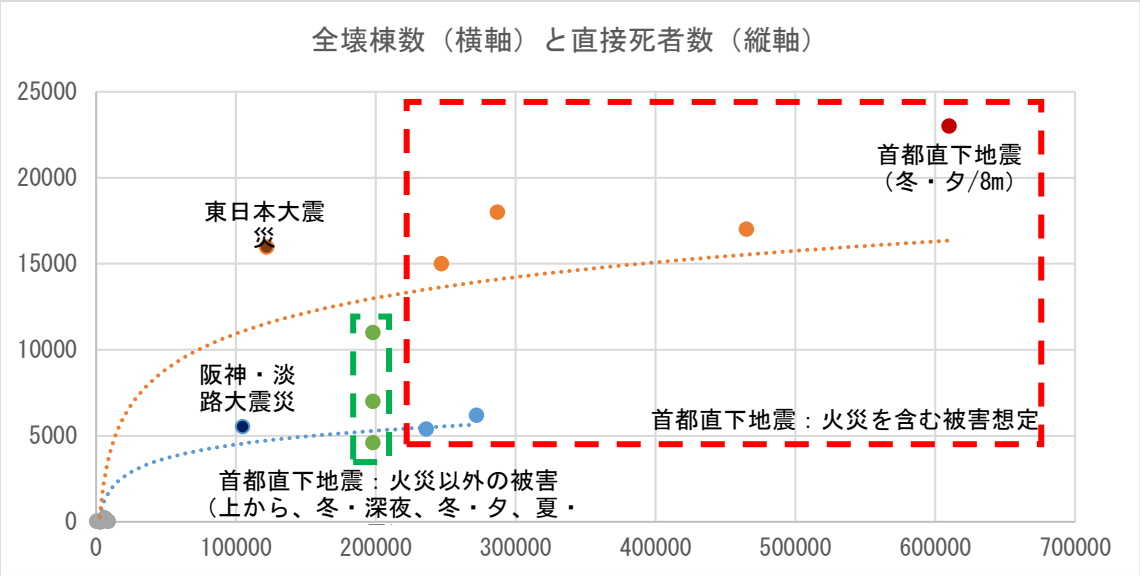


図 2-1-1

表 2-1-1

災害名	全壊建物	（直接）死者数
中越地震	**3,175**	**16**
H28熊本地震	**8,642**	**50**
北海道胆振東部地震	**491**	**41**
R6能登半島地震（250206時点）	**6,096**	**228**
阪神・淡路大震災	**10,4906**	**5,522**
首都直下地震（都心南部想定/夏・昼/3m）	236,000	5,400
首都直下地震（都心南部想定/夏・昼/8m）	272,000	6,200
首都直下地震（都心南部想定／夏・昼／火災以外）	198,000	4,600
東日本大震災	**122,050**	**15,973**
首都直下地震（都心南部想定/冬・深夜/3m）	247,000	15,000
首都直下地震（都心南部想定/冬・夕/3m）	465,000	17,000
首都直下地震（都心南部想定/冬・深夜/8m）	287,000	18,000
首都直下地震（都心南部想定/冬・夕/8m）	610,000	23,000
首都直下地震（都心南部想定／冬・深夜／火災以外）	198,000	7,000
首都直下地震（都心南部想定／冬・夕／火災以外）	198,000	11,000

2.2 首都直下地震における東京 23 区民の避難行動と相転移

加藤　健

要約　本研究は、東京都 23 区民に対する質問紙調査を基に、首都直下地震発生時の避難行動に影響する要因と「相転移」の可能性を分析したものである。この調査から、防災意識は約 8 割の住民で高まっている一方、避難場所の決定や災害備蓄などの具体的な行動は半数未満にとどまり、防災意識と行動の間に大きなギャップがあることが判明した。また、全国調査と比較しても 23 区民の備えは低調であった。

避難行動の促進要因としては「自宅全壊」が最も強く、半壊や近隣火災では促進効果が低下する。一方、真夜中や悪天候、津波注意報などの環境要因は避難を抑制する傾向があり、特に悪天候では防災行動をしている人ほど避難を躊躇する逆転現象も見られた。これは備えが逆に物理的負担となる可能性を示唆する。防災意識・防災行動と避難行動の関係は、直接的被害が顕在化した場合においては高まるが、環境要因下では有意な関係が弱まり、必ずしも意識や備えが避難を促進しないことが明らかとなった。年代別分析では、高年層は壮年層よりも近隣火災や直接的被害時には避難決断率が高い一方、発災時刻・悪天候・災害弱者との同居などの環境要因では避難をより躊躇する傾向が強かった。また、高年層は壮年層に比べ、自分自身の危険への心配度が低いことも分かった。総じて、高年層は大規模被害がない場合や特定の環境要因下で避難をためらいやすく、これが大規模火災発生時に逃げ遅れを生む可能性が高い。したがって、火災のみならず発災時刻・悪天候・災害弱者との同居といった複合条件が重なることで、避難行動の「相転移」が起こりうると結論づけられる。

2.2.1　研究目的と背景

本節では、当研究会で実施した質問紙調査を用いて、今後、首都直下地震が発生した際、どのような要因が相転移となりうるかについてさらなる分析を実施する。

まず令和 4 年度の研究では、「住民避難」の観点から、東京都 23 区内の避難場所についての課題を抽出した。その結果、(1) 東京都は広域避難場所までの避難圏域を 3km 未満と防災計画に定めているが、区によっては多くの住民の避難が困難であること、(2) 首都直下地震が発生した場合、特に江戸川区と大田区では逃げきれない住民が多数発生する、という 2 つの課題を抽出した。

翌令和 5 年度の研究では、23 区民自身の「防災意識」や「防災行動」における課題を抽出した。今後 30 年以内に 70%以上の確率で発生するとされている首都直下地震に対し、そもそも東京都の区民はどのような防災意識をもっているのか、そしてそれが防災行動にどのように影響しているのかを分析した。その結果、(1) 約 8 割の区民は防災意識が高まっているが、残りの 2 割は、東日本大震災を経験してもなお防災意識が高まっていない。(2) 首都直下地震が起こった際には大きな被害を予想しているものの、その多くが災害備蓄品の備えなどの防災行動に結び付いていない、という 2 つの課題を抽出した。

これら令和 4 年度と 5 年度の研究成果を踏まえた上で、今年度は 23 区民の防災意識や防災行動と避難行動との関係から、今後首都直下地震が発生した場合、どのような要因が被害（特に人的被害）を押し上げる相転移となりうるのかについての考察をおこなう。分析視角については、図 2-2-1 のとおりである。

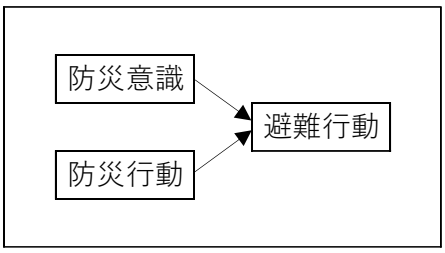


図 2-2-1　分析視角

2.2.2　23 区民の防災意識の実態

まず令和 5 年度の研究成果から振り返ってみる。東日本大震災以降、特に大規模な自然災害や防災に対する区民の意識は高まっていると言われている。実際に「首都直下地震への意識」と「防災・減災への意識」をみると、単純集計の結果、「1：まったく高まらなかった」～「6：とても高まった」の 6 件法のうち、「4：やや高まった」・「5：高まった」・「6：とても高まった」の合計は、「首都直下地震への意識」で 78.8%、「防災・減災への意識」で 77.3%であった（図 2-2-2 参照)。

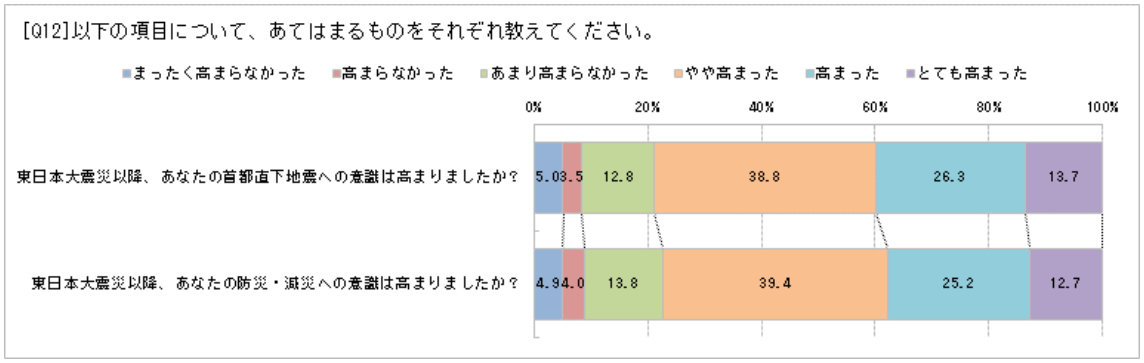


図 2-2-2　東日本大震災後の防災・減災意識

次に、首都直下地震が発災した際に起こる被害予想について。首都直下地震が起こったときに、①「自宅が全壊すると思いますか」、②「自宅が半壊すると思いますか」、③「近隣で大きな火災が発生すると思いますか」について「1：まったく思わない」～「4：とても思う」の 4 件法で質問したところ、「3：やや思う」・「4：とても思う」と回答した割合は、それぞれ、①35.9%（全壊予想）、②50.9%（半壊予想）、③63.6%（大規模火災予想）であった（図 2-2-3 参照）。全壊予想を除き、半数以上の区民が首都直下地震での自宅の半壊や、近隣での大規模火災を予想している。

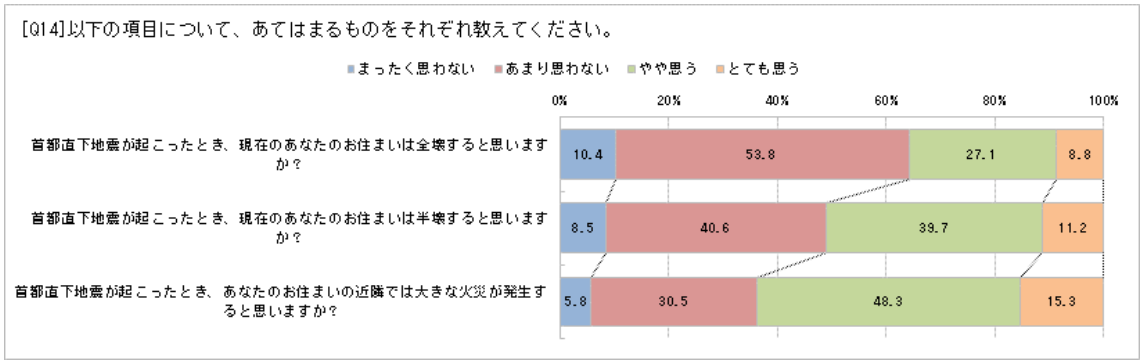


図 2-2-3　首都直下地震が発災した際の被害予想

このように、首都直下地震に対する意識が高まり、大半の区民が大きな被害を予想している一方で、災害に対する備えを見てみると、必ずしも首都直下地震に対する意識や予想が「備え」という行動に結びついていない実態も浮かび上がる。

例えば、①「あなたは、首都直下地震が発生した際、避難する場所を決めていますか？」、

②「あなたのご家庭は、首都直下地震を含め、災害時に自宅以外の家族の集合場所・避難場所を決めていますか？」、③「あなたは、ここ 1～2 年ぐらいの間に、一度でもご家族や身近な人と、首都直下地震が起きた時に、どのように対処するかなどについて話し合ったことがありますか？」という質問に対して、「はい」と回答した人はいずれも 5 割を下回っている（図 2-2-4 参照）。（①44.5%、②34.2%、③28.3%）

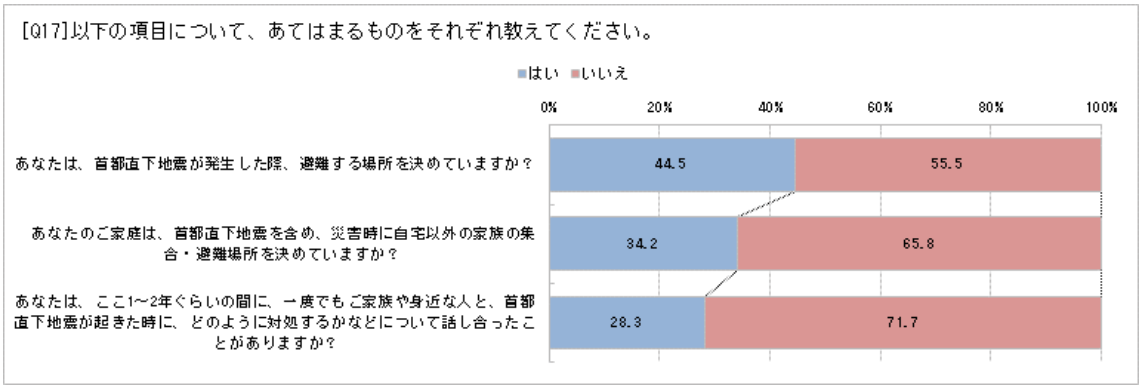


図 2-2-4　首都直下地震に対する備え（防災行動面：避難場所・集合場所・対処方法）

同様に、災害用備蓄品についても「非常用飲料水の備蓄」は 55.7%と 5 割を超えたものの、「非常用食料」や「医薬品・衛生用品」など他の備蓄品については、すべて 5 割を下回っており、特に何も備えをしていない（「特になし」）と回答した人は、31.0%に上った（図 2-2-5 を参照）。これは、内閣府が定期的に行っている「防災に関する世論調査」（以下、防災世論調査）の調査結果と比較しても低い結果である。例えば、令和 4 年度に実施された最新の防災世論調査の結果と比較すると、防災世論調査において一番多く備えられていたのは「足元灯・懐中電灯」で 54.2%であった。しかしながら、東京都 23 区民に対する調査では、同様の項目に対する備えは 29.2%であった。実に 25 ポイントもの差が確認された。また、同様に「家具の固定」に関しては、防災世論調査では実施済みとの回答者が 35.9%であったのに対し、23 区民の回答では 28.9%であった。「避難場所・経路の確認」においても防災世論調査 34.5%に対し、23 区民では 27.5%であった。いつどこで起こるか分からない国内の大地震と比較しても、首都直下地震については明確に「マグニチュード 7 程度の地震の 30 年以内の発生確率は 70%程度」と言われているにも関わらず、23 区民の防災意識や防災対策については、全国な調査である防災世論調査の結果と比較してもさらに低調であるといわざるをえない。

以上のことから、東日本大震災以降、首都直下地震に対する区民の意識は確実に高まっており、同時に半数以上の区民が家屋の倒壊や火災などの大きな被害も予想しているにも関わらず、それらが備えという具体的な行動に必ずしも結びついていない。いわば「防災意識や被害予想と防災行動とのギャップ」が存在している実態が浮かび上がった。

以上、ここでの質問紙調査結果から 23 区民の防災意識の実態について、次の 2 つの課題が抽出できた。(1) 約 8 割の区民は防災意識が高まっているが、残りの 2 割は、東日本大震災を経験してもなお防災意識が高まっていない。(2)首都直下地震が起こった際には大きな被害を予想しているものの、その多くが災害備蓄品の備えなどの行動に結び付いていない。

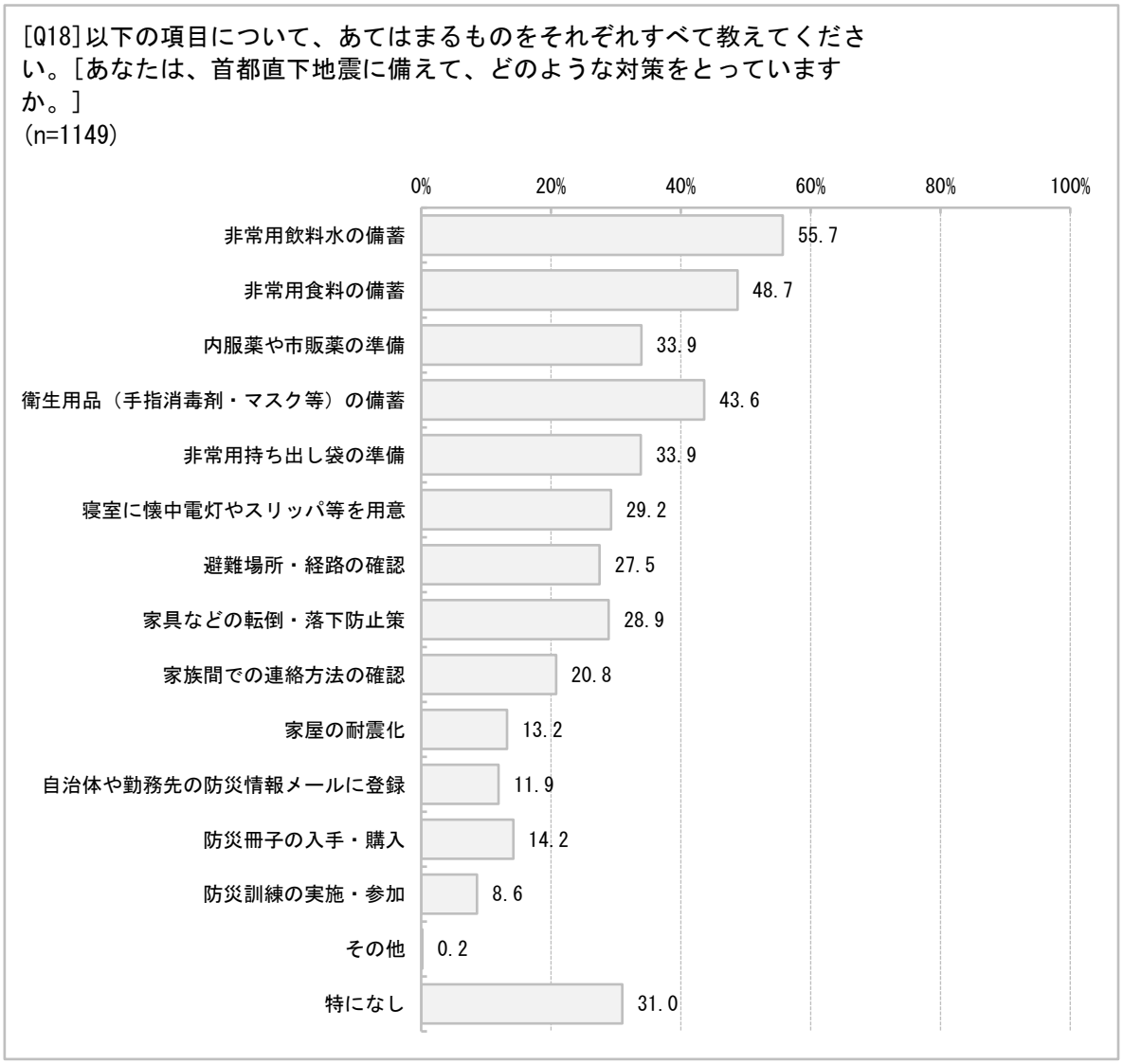


図 2-2-5　首都直下地震に対する備え（防災行動面：災害備蓄品など）

2.2.3　避難行動の促進要因と抑制要因

それでは、仮に首都直下地震が発生した場合、このような防災意識と防災行動の傾向をもつ 23 区民はどのような「避難行動」を取ると予測されるであろうか。図 2-2-6 は要因別にみた避難の促進要因と抑制要因である。この表を見ると、最も避難を促進させる要因は「地震によって自宅が全壊」（非常に避難を促進させる 55.4%）であるのに対し、避難を抑制させる要因には、例えば「真夜中の時刻に地震発生」（非常に避難を促進させる 11.9%）、「地震発生時に雨などの悪天候」（非常に避難を促進させる 11.1%）、「地震後に【津波注意報】（0.2m 超～1m）が発令」（非常に避難を思いとどまらせる 12.2%）といった要因であることが分かる。

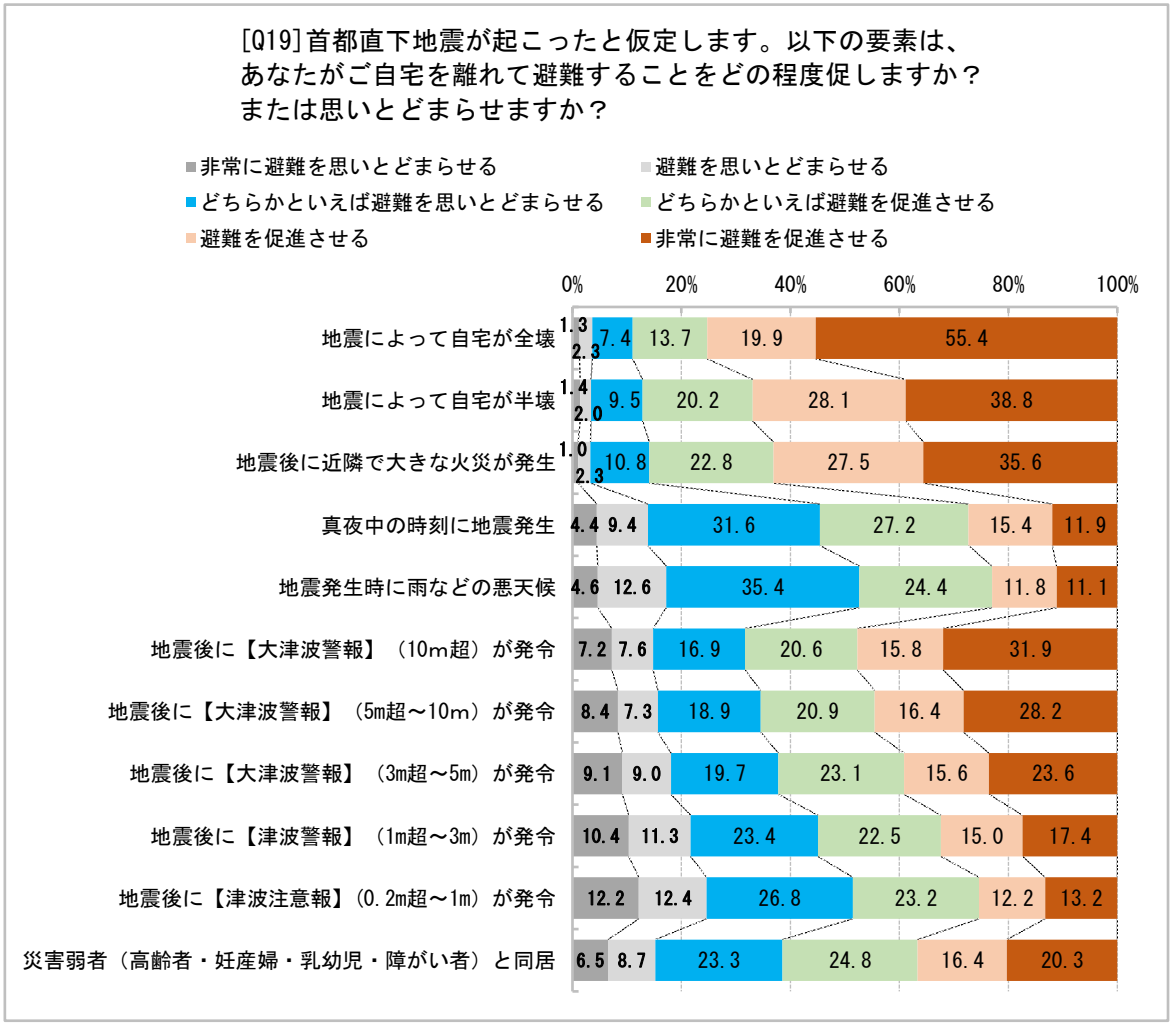


図 2-2-6　避難行動の促進要因と抑制要因

またこの表から、自宅の被害想定が全壊から半壊になると、「非常に避難を促進させる」の割合が 55.4%から 33.8%へと 21.6 ポイントも低下することが分かる。同様に、津波想定においても津波の規模が低下するに伴い「非常に避難を促進させる」割合は徐々に低下していく傾向にあることが分かる。さらに、津波の規模が 10m 超という大津波警報の発令であっても「非常に避難を促進させる」割合は、「自宅全壊」よりも低く、「自宅半壊」と比較してもその割合は低いことがうかがえる。このことから、23 区民の避難行動に関し、大津波警報のような「起こりうる被害」は、自宅の全壊・半壊のような実際に「起こった被害」に比べて避難行動を喚起させず、「起こった被害」も被害規模が小さくなるにつれて同様に避難行動が喚起されないことが分かる。また「真夜中の時刻に地震発生」や「地震発生時に雨などの悪天候」といった、時刻・天候等の環境要因は、状況によって避難行動を強く抑制する方向に作用することもうかがえる。

2.2.4 防災意識と避難行動

次に「防災意識」と「避難行動」の関係について。一般的には防災意識が高まるほど避難行動が促進されると推察される。この関係性について調べるために、まず図 2-2-2 の「首都直下地震への意識」と「防災・減災への意識」を尋ねる質問において、「1：まったく高まらなかった」～「6：とても高まった」の 6 件法のうち、「1：まったく高まらなかった」・「2：高まらなかった」・「3：あまり高まらなかった」と回答した人たちを「首都直下地震に対して防災意識が低いグループ」という意味で「低意識グループ」（以下「低意識 G」）とし、逆に「4：やや高まった」・「5：高まった」・「6：とても高まった」と回答した人たちを「高意識グループ」（以下「高意識 G」）と 2 つにグループ分けをした。同様に図 2-2-6 のそれぞれの項目についても「1：非常に避難を思いとどまらせる」・「2：避難を思いとどまらせる」・「3：どちらかといえば避難を思いとどまらせる」と回答した人たちを「避難躊躇グループ」（以下「避難躊躇 G」）とし、「4：どちらかといえば避難を促進させる」・「5：避難を促進させる」・「6:非常に避難を促進させる」と回答した人たちを「避難決断グループ」（以下「避難決断 G」）と 2 つにグループ分けをした。

これら 2 種類のグループから「防災意識」と「避難行動」についてクロス表を作成したところ、表 2-2-1 から表 2-2-5 の結果を得た。これらの結果をみると、地震で自宅が全壊・半壊もしくは大きな火災が発生した場合、高意識 G・避難決断 G の住民は 9 割を超える。これに対し、低意識 G・避難決断 G の住民は約 7 割程度にとどまる。このことから、一般

的に考えられるように､防災意識が高まるほど避難行動が促進される傾向にあるといえる。また違う見方をするならば、高意識Gか低意識Gかに関係なく、地震で自宅が全壊・半壊もしくは大きな火災が発生した場合、約7割以上の住民が避難を決断する傾向にあると読み取れる。

しかしながら、全壊・半壊・大規模火災といった実際の被害規模ではなく、発災時の時刻や天候などの要因（以下、環境要因）をみると、「防災意識」と「避難行動」との関係性には変化がみられる。すなわち、「真夜中の時刻に地震が発生」した場合、低意識G・避難躊躇Gの住民が過半数を超え、高意識Gにおいても半数近くの住民が避難躊躇Gに位置する。さらに「地震発生時に雨などの悪天候」の場合、低意識G・高意識Gの双方において、避難躊躇Gが避難決断Gを上回る結果となった。「防災意識」と環境要因を踏まえた「避難行動」との間においてχ^2検定を実施したところ、「防災意識」と「真夜中の時刻に地震が発生」との間には5%水準で有意な連関がみられたが、「防災意識」と「地震発生時に雨などの悪天候」との間には有意な連関はみられなかった。すなわち、発災時の天候という環境要因をみた場合、防災意識と避難行動との間には関係性はないということである。また時間要因においては5%水準で有意であったが、関連性の大きさを示すϕ係数は、ϕ=.056で関連性は小さかった。

表2-2-1　「首都直下地震への意識」と「地震によって自宅が全壊」のクロス表

			地震によって自宅が全壊		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
首都直下地震への意識	低意識G	度数	65	179	244
		首都直下地震への意識 の %	26.6%	73.4%	100.0%
	高意識G	度数	62	843	905
		首都直下地震への意識 の %	6.9%	93.1%	100.0%
合計		度数	127	1022	1149
		首都直下地震への意識 の %	11.1%	88.9%	100.0%

表 2-2-2　「首都直下地震への意識」と「地震によって自宅が半壊」のクロス表

			地震によって自宅が半壊		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
首都直下地震への意識	低意識G	度数	71	173	244
		首都直下地震への意識 の %	29.1%	70.9%	100.0%
	高意識G	度数	77	828	905
		首都直下地震への意識 の %	8.5%	91.5%	100.0%
合計		度数	148	1001	1149
		首都直下地震への意識 の %	12.9%	87.1%	100.0%

表 2-2-3　「首都直下地震への意識」と「地震後に大きな火災が発生」のクロス表

			地震後に大きな火災が発生		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
首都直下地震への意識	低意識G	度数	76	168	244
		首都直下地震への意識 の %	31.1%	68.9%	100.0%
	高意識G	度数	86	819	905
		首都直下地震への意識 の %	9.5%	90.5%	100.0%
合計		度数	162	987	1149
		首都直下地震への意識 の %	14.1%	85.9%	100.0%

表 2-2-4　「首都直下地震への意識」と「真夜中の時刻に地震発生」のクロス表

			真夜中の時刻に地震発生		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
首都直下地震への意識	低意識G	度数	124	120	244
		首都直下地震への意識 の %	50.8%	49.2%	100.0%
	高意識G	度数	398	507	905
		首都直下地震への意識 の %	44.0%	56.0%	100.0%
合計		度数	522	627	1149
		首都直下地震への意識 の %	45.4%	54.6%	100.0%

表 2-2-5　「首都直下地震への意識」と「地震発生時に雨などの悪天候」のクロス表

			地震発生時に雨などの悪天候		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
首都直下地震への意識	低意識G	度数	125	119	244
		首都直下地震への意識 の %	51.2%	48.8%	100.0%
	高意識G	度数	480	425	905
		首都直下地震への意識 の %	53.0%	47.0%	100.0%
合計		度数	605	544	1149
		首都直下地震への意識 の %	52.7%	47.3%	100.0%

以上の結果は、一般的に防災意識が高まるほど避難行動が促進されると推察されるが、その関係性は、何らかの顕在化した被害が想定される場合において成立するものであり、発災時刻や発災時の天候という環境要因をみた場合、防災意識が高いからといって必ずしも避難行動も高まるとは限らないという条件付きな関係であることがわかる。これらの関係性は、「防災・減災意識」と「避難行動」の間においても同様の傾向が見出された。

2.2.5 防災行動と避難行動

次に同様にして「防災行動」と「避難行動」の関係についてみていく。一般的には防災行動が高まるほど避難行動も促進されると推察される。この関係性について調べるために、まず図 2-2-5 の「首都直下地震に備えてとっている対策」において、「非常用飲料水の備蓄」から「その他」まで何らかの形でいずれか一つでも備えをしている住民（以下「何らかの備えあり」）と、「特になし」の住民（以下「何も備えなし」）の 2 つのグループに分けた。そして先ほどと同様に、図 2-2-6 のそれぞれの項目について「1：非常に避難を思いとどまらせる」・「2：避難を思いとどまらせる」・「3：どちらかといえば避難を思いとどまらせる」と回答した人たちを「避難躊躇グループ」（以下「避難躊躇 G」）とし、「4：どちらかといえば避難を促進させる」・「5：避難を促進させる」・「6：非常に避難を促進させる」と回答した人たちを「避難決断グループ」（以下「避難決断 G」）と 2 つにグループ分けをした。

これら 2 種類のグループから今度は「防災行動」と「避難行動」についてクロス表を作成したところ、表 2-2-6 から表 2-2-10 の結果を得た。これらの結果をみると、先ほどの「防災意識」との関係とほぼ同様の傾向が見出された。地震で自宅が全壊・半壊もしくは大きな火災が発生した場合、何らかの備えあり・避難決断 G の住民は約 9 割を超える。これに対し、何も備えなし・避難決断 G の住民は約 8 割程度にとどまった。このことから、一般的に考えられるように、きちんと備えをしている住民ほど避難行動が促進される傾向にあるといえる。

また先ほどの「防災意識」と「避難行動」との関係性と同様に、発災時の時刻や天候といった環境要因との関係をみると、「防災行動」と「避難行動」との関係性には先ほどとは異なる傾向がみられた。すなわち、「地震発生時に雨などの悪天候」の場合、何らかの備えをしているグループにおいて、避難躊躇 G が避難決断 G を上回る結果となった。「防災行動」と環境要因を踏まえた「避難行動」との間において χ^2 検定を実施したところ、「防災

行動」と「地震発生時に雨などの悪天候」との間には 1%水準で有意な連関が見られた。関連性の大きさを示すφ係数は、φ=-.186 で負の連関が確認された。すなわち、何も備えをしていないグループでは避難決断をする人の割合が高く、逆に何らかの備えをしているグループの方が避難を躊躇するという逆転現象が見られたのである。この解釈として、例えば防災リュックなどの備えをしている場合、悪天候であればあるほど逆に防災リュックが避難の妨げになる可能性があることを示唆しているとも解釈できる。

表 2-2-6：「防災行動」と「地震によって自宅が全壊」のクロス表

			地震によって自宅が全壊		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
防災行動	何も備えなし	度数	59	297	356
		防災行動 の %	16.6%	83.4%	100.0%
	何らかの備えあり	度数	68	725	793
		防災行動 の %	8.6%	91.4%	100.0%
合計		度数	127	1022	1149
		防災行動 の %	11.1%	88.9%	100.0%

表 2-2-7：「防災行動」と「地震によって自宅が半壊」のクロス表

			地震によって自宅が半壊		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
防災行動	何も備えなし	度数	69	287	356
		防災行動 の %	19.4%	80.6%	100.0%
	何らかの備えあり	度数	79	714	793
		防災行動 の %	10.0%	90.0%	100.0%
合計		度数	148	1001	1149
		防災行動 の %	12.9%	87.1%	100.0%

表 2-2-8：「防災行動」と「地震後に大きな火災が発生」のクロス表

			地震後に大きな火災が発生		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
防災行動	何も備えなし	度数	79	277	356
		防災行動 の %	22.2%	77.8%	100.0%
	何らかの備えあり	度数	83	710	793
		防災行動 の %	10.5%	89.5%	100.0%
合計		度数	162	987	1149
		防災行動 の %	14.1%	85.9%	100.0%

表 2-2-9：「防災行動」と「真夜中の時刻に地震発生」のクロス表

			真夜中の時刻に地震発生		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
防災行動	何も備えなし	度数	129	227	356
		防災行動 の %	36.2%	63.8%	100.0%
	何らかの備えあり	度数	393	400	793
		防災行動 の %	49.6%	50.4%	100.0%
合計		度数	522	627	1149
		防災行動 の %	45.4%	54.6%	100.0%

表 2-2-10：「防災行動」と「地震発生時に雨などの悪天候」のクロス表

			地震発生時に雨などの悪天候		
			避難躊躇G	避難決断G	合計
防災行動	何も備えなし	度数	138	218	356
		防災行動 の %	38.8%	61.2%	100.0%
	何らかの備えあり	度数	467	326	793
		防災行動 の %	58.9%	41.1%	100.0%
合計		度数	605	544	1149
		防災行動 の %	52.7%	47.3%	100.0%

以上の結果は、一般的に何らかの備えをしている住民ほど避難行動が促進されると推察されるが、その関係性は、地震での被害が想定される場合において成立するものであり、災害の発災時刻や発災時の天候によっては、備えをしているからといって必ずしも避難行動も高まるとは限らない。むしろ逆に備えをしている人の方が何らの理由によって避難を躊躇する逆転現象も見られる関係であることが確認された。

2.2.6　年代によるエラボレーション

続いて、これまでみてきた「防災意識」と「避難行動」を「年代別」の観点からエラボレーションを実施して考察してみる。防災意識と避難行動の関係性は年代によって変わるのか、変わるのであればどのような違いがあるのかについて分析する。一般的に、大きな災害は発生した際、年齢が高くなるほど避難に要する時間がかかるため、すぐに避難を決断すると考えられる。他方で、年齢が高くなるほど避難するのが億劫になり、災害が発生しても避難を躊躇するかも知れない。このような「防災意識」や「防災行動」と「避難行動」との関係性を「年代別」の観点から探索的に調査する。

今回の東京都 23 区民に対する質問紙調査において、年齢は比例尺度で回答してもらっているが、分析に際して、年齢を 20 代～70 代までの「年代」に変換し、さらに年代を、「壮年」(20 代～・30 代)、「中年」(40 代・50 代)、「高年」(60 代・70 代) の 3 区分のカテゴリーにまとめた。これはクロス表に年代を用いて作成して分析する際、そのままの年代を使用すると組み合わせた際にセル数が多くなりすぎ分析しづらくなるためである。そして先ほどと同様に、「防災意識」については、図 2-2-2 の「首都直下地震への意識」を尋ねる質問において、「1：まったく高まらなかった」～「6：とても高まった」の 6 件法のうち、「1：まったく高まらなかった」・「2：高まらなかった」・「3：あまり高まらなかった」と回答した人たちを「低意識グループ」(以下「低意識 G」) とし、逆に「4：やや高まった」・「5：高まった」・「6：とても高まった」と回答した人たちを「高意識グループ」(以下「高意識 G」) と 2 つにグループ分けをした。「避難行動」についても、図 2-2-6 のそれぞれの項目について「1：非常に避難を思いとどまらせる」・「2：避難を思いとどまらせる」・「3：どちらかといえば避難を思いとどまらせる」と回答した人たちを「避難躊躇グループ」(以下「避難躊躇 G」) とし、「4：どちらかといえば避難を促進させる」・「5：避難を促進させる」・「6：非常に避難を促進させる」と回答した人たちを「避難決断グループ」(以下「避難決断 G」) と 2 つにグループ分けをした。これら 2 種類のグループから今度は「年代」と「防災意識」と「避難行動」について一次のクロス表を作成したところ、表 2-2-11 から表 2-2-14 の結果を得た。

表 2-2-11 :「年代」と「防災意識」と「地震後に大きな火災が発生」のクロス表

【属性】年代3区分				地震後に大きな火災が発生 避難躊躇G	避難決断G	合計
壮年(20-30代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	38	58	96
			首都直下地震への意識 の %	39.6%	60.4%	100.0%
		高意識G	度数	33	256	289
			首都直下地震への意識 の %	11.4%	88.6%	100.0%
	合計		度数	71	314	385
			首都直下地震への意識 の %	18.4%	81.6%	100.0%
中年(40-50代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	27	59	86
			首都直下地震への意識 の %	31.4%	68.6%	100.0%
		高意識G	度数	26	279	305
			首都直下地震への意識 の %	8.5%	91.5%	100.0%
	合計		度数	53	338	391
			首都直下地震への意識 の %	13.6%	86.4%	100.0%
高年(60-70代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	11	51	62
			首都直下地震への意識 の %	17.7%	82.3%	100.0%
		高意識G	度数	27	284	311
			首都直下地震への意識 の %	8.7%	91.3%	100.0%
	合計		度数	38	335	373
			首都直下地震への意識 の %	10.2%	89.8%	100.0%
合計	首都直下地震への意識	低意識G	度数	76	168	244
			首都直下地震への意識 の %	31.1%	68.9%	100.0%
		高意識G	度数	86	819	905
			首都直下地震への意識 の %	9.5%	90.5%	100.0%
	合計		度数	162	987	1149
			首都直下地震への意識 の %	14.1%	85.9%	100.0%

表 2-2-12 :「年代」と「防災意識」と「真夜中の時刻に地震発生」のクロス表

【属性】年代3区分				真夜中の時刻に地震発生 避難躊躇G	避難決断G	合計
壮年(20-30代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	49	47	96
			首都直下地震への意識 の %	51.0%	49.0%	100.0%
		高意識G	度数	112	177	289
			首都直下地震への意識 の %	38.8%	61.2%	100.0%
	合計		度数	161	224	385
			首都直下地震への意識 の %	41.8%	58.2%	100.0%
中年(40-50代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	39	47	86
			首都直下地震への意識 の %	45.3%	54.7%	100.0%
		高意識G	度数	138	167	305
			首都直下地震への意識 の %	45.2%	54.8%	100.0%
	合計		度数	177	214	391
			首都直下地震への意識 の %	45.3%	54.7%	100.0%
高年(60-70代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	36	26	62
			首都直下地震への意識 の %	58.1%	41.9%	100.0%
		高意識G	度数	148	163	311
			首都直下地震への意識 の %	47.6%	52.4%	100.0%
	合計		度数	184	189	373
			首都直下地震への意識 の %	49.3%	50.7%	100.0%
合計	首都直下地震への意識	低意識G	度数	124	120	244
			首都直下地震への意識 の %	50.8%	49.2%	100.0%
		高意識G	度数	398	507	905
			首都直下地震への意識 の %	44.0%	56.0%	100.0%
	合計		度数	522	627	1149
			首都直下地震への意識 の %	45.4%	54.6%	100.0%

表 2-2-13 :「年代」と「防災意識」と「地震発生時に雨などの悪天候」のクロス表

【属性】年代3区分				地震発生時に雨などの悪天候 避難躊躇G	地震発生時に雨などの悪天候 避難決断G	合計
壮年(20-30代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	46	50	96
			首都直下地震への意識 の %	47.9%	52.1%	100.0%
		高意識G	度数	138	151	289
			首都直下地震への意識 の %	47.8%	52.2%	100.0%
	合計		度数	184	201	385
			首都直下地震への意識 の %	47.8%	52.2%	100.0%
中年(40-50代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	41	45	86
			首都直下地震への意識 の %	47.7%	52.3%	100.0%
		高意識G	度数	167	138	305
			首都直下地震への意識 の %	54.8%	45.2%	100.0%
	合計		度数	208	183	391
			首都直下地震への意識 の %	53.2%	46.8%	100.0%
高年(60-70代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	38	24	62
			首都直下地震への意識 の %	61.3%	38.7%	100.0%
		高意識G	度数	175	136	311
			首都直下地震への意識 の %	56.3%	43.7%	100.0%
	合計		度数	213	160	373
			首都直下地震への意識 の %	57.1%	42.9%	100.0%
合計	首都直下地震への意識	低意識G	度数	125	119	244
			首都直下地震への意識 の %	51.2%	48.8%	100.0%
		高意識G	度数	480	425	905
			首都直下地震への意識 の %	53.0%	47.0%	100.0%
	合計		度数	605	544	1149
			首都直下地震への意識 の %	52.7%	47.3%	100.0%

表 2-2-14 :「年代」と「防災意識」と「災害弱者と同居」のクロス表

【属性】年代3区分				災害弱者と同居 避難躊躇G	災害弱者と同居 避難決断G	合計
壮年(20-30代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	42	54	96
			首都直下地震への意識 の %	43.8%	56.3%	100.0%
		高意識G	度数	78	211	289
			首都直下地震への意識 の %	27.0%	73.0%	100.0%
	合計		度数	120	265	385
			首都直下地震への意識 の %	31.2%	68.8%	100.0%
中年(40-50代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	41	45	86
			首都直下地震への意識 の %	47.7%	52.3%	100.0%
		高意識G	度数	131	174	305
			首都直下地震への意識 の %	43.0%	57.0%	100.0%
	合計		度数	172	219	391
			首都直下地震への意識 の %	44.0%	56.0%	100.0%
高年(60-70代)	首都直下地震への意識	低意識G	度数	34	28	62
			首都直下地震への意識 の %	54.8%	45.2%	100.0%
		高意識G	度数	117	194	311
			首都直下地震への意識 の %	37.6%	62.4%	100.0%
	合計		度数	151	222	373
			首都直下地震への意識 の %	40.5%	59.5%	100.0%
合計	首都直下地震への意識	低意識G	度数	117	127	244
			首都直下地震への意識 の %	48.0%	52.0%	100.0%
		高意識G	度数	326	579	905
			首都直下地震への意識 の %	36.0%	64.0%	100.0%
	合計		度数	443	706	1149
			首都直下地震への意識 の %	38.6%	61.4%	100.0%

先ほどの「防災意識」と「地震後に大きな火災が発生」(近隣火災) のクロス表に「年代」を加え、一次のクロス表でエラボレーションすると、年代別での関係性が浮かび上がってくる (表 2-2-11)。まず高意識 G・避難決断 G について、全体の傾向では 90.5%と 9 割に上ったが、これを年代別にみると、「壮年」では 88.6%と若干低く、逆に「高年」では 91.3%と若干高かった。また低意識 G・避難決断 G については、全体では 68.9%と 7 割弱にとどまったがこれも同じく年代別にみると、「壮年」では、60.4%と低かったのに対し、「高年」では 82.3%と全体傾向よりも 3.4 ポイント上回っている。全体として、防災意識と近隣火災の避難行動を年代でエラボレーションすると、壮年層では防災意識の高低に関わらず避難を躊躇する傾向にあり、反対に高年層では防災意識の高低に関係なく避難を決断する傾向にあるといえる。

続いて、「防災意識」と「真夜中の時刻に地震発生」(発災時刻) のクロス表を「年代」の要素でエラボレーションしてみる (表 2-2-12)。全体の傾向として、近隣火災時の避難行動と比較すると真夜中という時刻の発災は、避難を躊躇する人の割合がかなり増加させる方向に作用する。このことは、表 2-2-4 でもすでに指摘したとおりである。この傾向を年代別にみると、「壮年」では低意識 G・避難決断 G の割合は、全体の 49.2%に対して 49.0%とほぼ変化がないものの、高意識 G・避難決断 G においては、全体の 56.0%に対して 61.2%と 5.2 ポイントの上昇がみられる。これとは反対に、「高年」では、低意識 G・避難決断 G の割合は、全体の 49.2%に対して 41.9%、また高意識 G・避難決断 G の割合は、全体の 56.0%に対して 52.4%といずれも避難を決断する人の割合が低下し、避難を躊躇する人の割合が増加している。

同様にして今度は「防災意識」と「地震発生時に雨などの悪天候」(悪天候) のクロス表を「年代」でエラボレーションしてみる (表 2-2-13)。すでに表 2-2-5 でみてきたように、「悪天候」という環境要因は、防災意識の高低に関わらず避難行動を躊躇させる方向に強く作用する働きがあり、全体傾向として防災意識の高低に関わらず、避難を躊躇する人の割合はそれぞれ 5 割を超えている。この全体傾向を「年代」でエラボレーションしてみると、「壮年」においては、低意識 G・避難決断 G (52.1%)、高意識 G・避難決断 G (52.2%) のどちらにおいても 5 割を超えている。つまり全体傾向に対し、避難を決断する人が増加している。これに対し、「高年」においては、低意識 G・避難躊躇 G は 61.3%と 6 割強となり、高意識 G・避難躊躇 G においても 56.3%と、全体傾向の 53.0%よりも 3.3 ポイント高い傾向を示した。つまり全体傾向に対し、避難を躊躇する人が増加している。以上のこと

から、「悪天候」という環境要因は、全体的に避難を抑制する働きをする中で、特に高年層に対して避難を躊躇させる働きをする傾向にあるといえる。

最後に「防災意識」と「災害弱者との同居」（災害弱者）のクロス表を「年代」でエラボレーションしてみる（表 2-2-14)。全体的な傾向としては「悪天候」と同じである。すなわち、全体傾向に対し、防災意識の高低に関わらず、壮年層では避難を決断する人の割合が増加し、反対に、高年層では避難を躊躇する人の割合が増加している。以上のことから、「災害弱者」という要素も、全体的に避難を抑制する働きをする中で、特に高年層に対して避難を躊躇させる働きをする傾向にあるといえる。

以上、ここでのまとめとして「防災意識」と「避難行動」を「年代」でエラボレーションした結果として次のことがいえる。(1) 地震や火災などの直接的な被害に対しては、壮年層に対し高年層の方が避難を決断する人の割合が高くなる。(2) 発災時刻や悪天候、災害弱者といった被災者を取り巻く環境要因に対しては、壮年層に対し高年層の方が逆に避難を躊躇する人の割合が高くなる。

2.2.7　年代と自分自身の危険の評価

本研究で実施した質問紙調査では、「もしも、首都直下地震が起こったとしたら、以下の項目について、あなたはどの程度心配ですか？」という質問の中で「自分自身の危険」という項目がある。この項目の回答について、年代別の比較を実施してみる。各項目については、「1：まったく心配していない」～「4：とても心配している」の 4 件法で回答してもらっている。すなわち、年代別にこれらを集計し、平均値をとった場合、心配している人の割合が多くなるほど平均値は高くなる。この項目についての平均値を算出したものが表 2-2-15 である。

表 2-2-15：年代別にみた災害時における自分自身の危険

自分自身の危険

	度数	平均値	標準偏差	標準誤差	平均値の 95% 信頼区間		最小値	最大値
					下限	上限		
壮年(20-30代)	385	3.18	.819	.042	3.10	3.26	1	4
中年(40-50代)	391	2.95	.805	.041	2.87	3.03	1	4
高年(60-70代)	373	2.99	.739	.038	2.92	3.07	1	4
合計	1149	3.04	.795	.023	2.99	3.09	1	4

平均値をみると、一番高いのは「壮年」で 3.18 である。中年と高年はほぼ同じでそれぞれ 2.95 と 2.99 である。すなわち、首都直下地震が起こった際、自分自身に及ぶ危険（例えば、生死に関わる危険）を心配しているのは、中年層や高年層よりも壮年層が多いということを意味している。これらの平均値の差を一元配置の分散分析で検定したところ 0.1%水準で有意であった（$F(2,\ 1146) = 9.522,\ p < .001$）。その後、Tukey の多重比較を実施したところ「壮年⇔中年」と「壮年⇔高年」の間に 1%水準で有意差が確認された（表 2-2-16)。「中年⇔高年」の間において差はみられなかった。

以上の結果から、首都直下地震が起こった際に自分自身へ危険が及ぶことを心配しているのは、高年層よりもむしろ壮年層に多く、中年層や高年層は自分自身の危険に対して心配の程度がやや低い傾向を読み取ることができる

表 2-2-16：年代別にみた災害時における自分自身の危険の多重比較

従属変数: 自分自身の危険
Tukey HSD

(I) 年代3区分	(J) 年代3区分	平均値の差 (I-J)	標準誤差	有意確率	95% 信頼区間	
					下限	上限
壮年(20-30代)	中年(40-50代)	.233*	.057	<.001	.10	.37
	高年(60-70代)	.190*	.057	.003	.06	.32
中年(40-50代)	壮年(20-30代)	-.233*	.057	<.001	-.37	-.10
	高年(60-70代)	-.043	.057	.731	-.18	.09
高年(60-70代)	壮年(20-30代)	-.190*	.057	.003	-.32	-.06
	中年(40-50代)	.043	.057	.731	-.09	.18

*. 平均値の差は 0.05 水準で有意です。

2.2.8　首都直下地震における住民の避難行動と相転移

これまでの分析結果をまとめてみたい。まず首都直下地震で自宅が全壊・半壊、そして近隣火災が起こった際について避難行動との関係をみると、「非常に避難を促進させる」と回答した割合が「自宅全壊」（55.4%）→「自宅半壊」（38.8%）→「近隣火災」（35.6%）と徐々に減少する傾向にあることがわかった。すなわち、直接的な災害の中でも近隣火災は、自宅の全壊や半壊と比べ強力に避難を促進させる要因とはなりえないということである。

次に、「防災意識」・「防災行動」と「避難行動」との関係をみた場合、首都直下地震による自宅の全壊・半壊、あるいは近隣火災といった直接的な被害に関しては、防災意識の高

低または備えなどの防災行動の高低に関わらず、避難を決断する人の割合が高かった。一方これに対し、地震が起こる発災時刻や発災時の悪天候、あるいは災害弱者との同居といった被災者を取り巻く環境要因は、全体的な傾向として、防災意識の高低・防災行動の高低に関わらず避難を躊躇させる働きをすることが明らかとなった。続いてこれらの関係を年代別にみると、避難を躊躇させるこれらの環境要因は、壮年層よりもむしろ高年層に強く作用することが明らかとなった。さらに、高年層は壮年層に比べて、災害に対する自分自身の危険に対しても心配の程度はやや低い姿も浮かび上がった。

以上をまとめると、高年層は、首都直下地震が起こっても自分自身の危険への心配は低く、なおかつ発災時の時刻や天候によっては他の年代層にくらべて避難を躊躇する割合が多い傾向にある。こうした点を踏まえるならば、仮に首都直下地震が起こっても自宅が全壊や半壊といった大きな被害を受けなかった場合、そのときの発災時刻や天候または災害弱者と同居している場合、特に高年層では避難を躊躇する人が多く、近隣で大規模な火災が発生した場合、大量の逃げ遅れにつながる可能性が高いといえる。「火災」という要因だけでなく、「発災時刻」や「悪天候」そして「災害弱者と同居」といった環境要因と組み合わさることによる「相転移」が起こる可能性があるといえるであろう。

2.3 外国人旅行者の災害時の初動対応における課題の考察

米川　安寿

要約　外国人旅行者は、発災後には多くが帰宅困難であり、また備蓄などの備えを持っていないと考えられ、避難や対応に関して弱い立場にある。このことから、本稿では、首都直下地震の中でも東京都に焦点を置き、特に外国人旅行者への対応という観点で初動対応の課題の検討を行う。初めに旅行者数のデータを用いて当日中の外国人を含む旅行者の被災規模を推計し、そのうえで、これまでの災害時外国人対応の経験や教訓、研究等を踏まえながら、質的・量的な観点でどのような課題があるかを検討する。

2.3.1 東京都における旅行者および外国人旅行者の被災規模の量的検討

(1) 東京都の観光者数の状況について

東京都観光客数等実態調査のデータによると、2023 年において東京都内に来訪した旅行者数は、日本在住者・外国人を合わせて 4 億 9410 万 2 千人（実人数）であったと計算されている[1]。このうち、日本人は 4 億 7456 万 4 千人で、外国人は 1953 万８千人であった。単純平均であれば、１日当たりの東京都内の旅行者は 135 万 4 千人、うち日本人は 130 万人、外国人は 5 万 4 千人となる。実際に発災当日に東京都内で滞留していると考えられる旅行者数を考える際には、旅行者の都内宿泊日数を踏まえ、前述の 1 日当たりの旅行者数に滞在日数をかけたものが１日あたりで都内滞在中の人数となると考えられる。日本人旅行者については東京都の観光地点パラメータ調査[2]より宿泊する旅行者の宿泊日数が得られるため平均宿泊数を計算したところ、3.1 日で約 3 日間（3 泊 4 日：滞在日数 4 日間）であることが分かった。表 2-3-1 の計算をみると、日本人の 1 日あたり旅行者数 130 万人のうち宿泊者は 11 万 6 千人であるから、これに滞在日数をかけると一日当たりで 47 万 5 千人であることが分かる。これに、日帰り旅行者の 1 日あたり人数 118 万 4 千人を加えると、日本人旅行者は 1 日当たり 165 万 9 千人規模が滞在しているということになる。一方、外国人旅行者に関しては、東京都の国・地域別外国人旅行者行動特性調査[3]による 2023 年のデータから一人あたりの都内宿泊数が得られる。宿泊客の一人あたりの宿泊日数の平均を計算すると 5.61 日であった。これは約 6 日間の宿泊（6 泊 7 日：滞在日数 7 日間）となり、1 日あたりの外国人旅行者 5 万 4 千人のうち、宿泊客４万７千人に対して滞在日数かけ、これに残りの日帰り外国人旅行者約 6 千人を加えると、1 日あたりでは 32 万人規模が

東京都内に滞在していることになることが分かる。日本人旅行者、外国人旅行者を足し合わせると、1 日あたりの都内旅行者の総数は 197 万 9 千人規模であると推計できる。

これについて、夜間に限定して考えた場合、日帰り客を除く宿泊客数に宿泊日数をかけると、日本人旅行者は 35 万 9 千人、外国人旅行者は 26 万 6 千人で、夜間に宿泊している旅行者は合計 62 万 5 千人規模となった。

表 2-3-1　東京都の観光客入込客数からの都内旅行者、宿泊者数推計

東京都　観光入込客数（実人数）の推計

区分	合計	内訳			
		日本在住者	都内在住者	道府県在住者	外国在住者
(a)観光入込客数（千人回）	494,102	474,564	264,184	210,381	19,538
(b)宿泊客	59,554	42,249	12,452	29,797	17,305
(c)日帰り客	434,549	432,315	251,732	180,584	2,233
(d)　1日当たり観光入込客数 (a/365)	1,354	1,300	724	576	54
(e)　1日当たり宿泊客 (b/365)	163	116	34	82	47
(f)　1日当たり日帰り客(c/365)	1,191	1,184	690	495	6
(g)　宿泊客の平均宿泊数		3.10			5.61
(h)　宿泊客滞在日数（e×(g+1)）		475			313
(i)　宿泊客滞在日数＋日帰客人数（1日当たり）(f+h)		1,659			320
1日当たりの延べ都内旅行者数(昼間)			1,979		
1日あたりの延べ宿泊客数（夜間）(e×g)		359	625		266

データ参照元：

【観光入れ込み客数（太枠内）】令和５年東京都観光客数等実態調査

【宿泊客の平均宿泊日数】　日本人：東京都　観光地点パラメータ調査、外国人：東京都　国・地域別外国人旅行者行動特性調査

※日本人観光客平均宿泊数については、訪都目的は観光・ビジネスのカテゴリーのみ対象とした。

※外国人観光客平均宿泊数については、訪都目的は観光・レジャーおよびビジネス関係のカテゴリーのみ対象とした。

首都直下型地震が発生した場合、当日に東京都に滞留している旅行者人口がこうした規模であることを踏まえ、旅行者への対応を検討することになる。災害時を考えると、国内の日本人旅行者にしても、外国人旅行者にしても徒歩で帰宅することは難しいことから、これらの人々が一定期間、帰宅困難を含む被災者として行き場を失い、避難することになる。特に、23 区については多くの旅行者は東京駅や品川駅といった都市中心部を経由しながら移動すると考えられるため、東京都 23 区内には 200 万人規模の人々が行き場を失いものと想定される。このうち外国人は 32 万人である。

(2) 首都直下型地震被害想定から見る都内旅行者の被災者の推計

ここで東京都内の人口に対する旅行者の規模をみるために、東京都防災会議が令和 4 年度に更新した首都直下型地震の被害想定を参照し表 2-3-2 に整理をしたところ、東京都における都内在住者人口は昼間人口は 1589 万人となっていることから、旅行者は 12%程度、うち外国人 2%程度となることがわかる。また夜間人口は 1402 万人であることから、この

うち旅行者は 4%程度、うち外国人 2%程度となり、この割合で旅行者が被災しているという状況が想定される。外国人旅行者を考えると昼夜を問わず、100 人中 2 名である。

表 2-3-2　旅行者の昼間・夜間の対東京都人口比

参照値	人数(単位：千人)		
東京都昼間人口	15,893		
東京都夜間人口	14,023	割合	
1日当たり都内旅行者（昼間）	1,979	12%	←a
1日当たり外国人旅行者（昼間）	320	2%	←b
1日当たり都内旅行者（夜間）	625	4%	←c
1日当たり外国人旅行者（夜間）	266	2%	←d

データ参照元：

【東京都の被害想定（太枠内）】令和4年　東京都防災会議　首都直下地震等による東京の被害想定報告書

そこで、東京都防災会議の首都直下型地震の被害想定において、最も被害が大きいと考えられている都心南部直下地震を中心に、時間帯毎の被害想定を行うため、昼間人口と夜間人口に旅行者の割合をかけ、旅行者の被災数の推計を作成した（表 2-3-3)。ここでは被害想定で設定されている３つの時間帯のうち、もっとも被害が大きくなると考えられている｛冬・夕方｝に加え、｛冬・早朝｝｛冬・昼｝の数値も参照しながら、被災者数を推計を行っている。被害規模が大きくなると想定されている夕方の時間帯 18：00 が想定されており、この時間は宿泊先に滞在している客もいると思われるが、多くが観光を継続していたり、通勤者なども移動中と言える時間である。このため昼間と夕方の２つの時間帯については、東京都の昼間人口に旅行者数の割合をかけ、早朝（5：00）については夜間人口に宿泊旅行者数の割合をかける形をとって推計を行った。被害想定の規模が大きい｛冬・夕方｝を見てみると、旅行者において負傷者 11,632 人（うち外国人 1,878 人)、重傷者 1,722 人（うち外国人 278 人)、死者 765 人（うち外国人 124 人）となった。

｛冬・夕方｝に最も大きな被害が予想されていることも含め、首都直下型地震においては関東大震災の経験を踏まえ火災が心配されていることを考えると、冬の夕方を含む暗い時間に避難が必要な夜間は特に被災への注意が必要だと考えられる。例えば Trip.com 等の旅行情報サイトにより英語で宿泊施設を検索すると、様々な区域で宿泊施設が検出されていることから、外国人旅行者の多数は木造住宅密集地[4] にも宿泊しているとも十分考えられ、火災への注意は重要である。そこで｛冬・早朝｝の旅行者の被害想定を見てみると、負傷者 3,772 人（うち外国人 1,606 人)、重傷者 444 人（うち外国人 189 人)、死者 262 人

（うち外国人 112 人）となっている。ここでわかることは、日本人旅行者は表 2-3-1 でもみたように、日帰り旅行者が大部分を占め、このため早朝の時間帯の被災者は昼間や夕方よりも少なくなるが、外国人については昼間よりも早朝の方が死者想定が多くなっていることである。想定されている｛冬・早朝｝の時間帯は 5 時であり、深夜には人の体温が下がるが、5 時は体温が最も低くなっている時間帯とも重なる。こうした時間は突然起きて避難するということにおいても難しさがある時間帯である。このため早朝にあっては外国人旅行者の被災が際立つ可能性もあり、時間に応じた対応というのも重要な検討事項であることがわかる。そこで次に、外国人旅行者の災害時の質的な課題の整理を行いたい。

表 2-3-3　首都直下地震における旅行者の時間帯別被害推計

首都直下地震における東京都の被害想定　都心南部直下地震（冬・早朝 風速8m/s）（単位：人）

被害想定	負傷者	重傷者	死者
東京都の被災者想定（h）	84,667	9,974	5,879
うち都内旅行者（h×c）	3,772	444	262
うち外国人都内旅行者（h×d）	1,606	189	112

首都直下地震における東京都の被害想定　都心南部直下地震（冬・昼 風速8m/s）（単位：人）

被害想定	負傷者	重傷者	死者
東京都の被災者想定（h）	81,751	9,762	3,547
うち都内旅行者（h×a）	10,177	1,215	442
うち外国人都内旅行者（h×b）	1,643	196	71

首都直下地震における東京都の被害想定　都心南部直下地震（冬・夕方 風速8m/s）（単位：人）

被害想定	負傷者	重傷者	死者
東京都の被災者想定（h）	93,435	13,829	6,148
うち都内旅行者（h×a）	11,632	1,722	765
うち外国人都内旅行者（h×b）	1,878	278	124

2.3.2　外国人旅行者が災害時に直面する問題の質的検討

前項で推計した旅行者の災害時の被災規模において、特に外国人旅行者への対応を考えるために、これまでの災害経験や調査結果から挙げられている旅行者が直面する質的な問題を整理すると、以下で見るような問題が課題として認識されており、取り組みが進められていることがわかる。本項ではそれらの問題を首都直下型地震の被害想定に沿って特に昼間・夕方・早朝といった時間帯ごとに整理することで、懸念される事態の時間による違いと対応について考察を行いたい。

(1)過去の災害経験から見えてくる外国人旅行者が必要とする情報について

地震の際、旅行者、特に外国人旅行者は、＜今、何が起きているか・自分は何をしなければならないのか・この後の旅行はどうなるか・今後の余震がどうなるか・交通機関運行情報・帰国の手続きや方法・家族や知人の安否はどうか＞といった情報を求めることが分かっている（相引ほか 2016; SRC 2018a)。異国の地で緊急事態に直面する旅行者、特に外国人旅行者のおかれた状況を踏まえると、こうした問題に対処するための情報が大変重要になることは認識されており、災害時の情報提供に向けた努力が積み重ねられている。旅行者が期待する主な情報源とそれぞれが抱えている課題は次のように整理できる。

情報提供

・外国人は駅や空港、宿泊先、観光案内所などに情報を求める傾向にある
・宿泊施設では十分な情報提供と避難誘導ができている状況ではない
・鉄道車内やビルなどの放送で緊急時の外国語対応が十分ではないケースがある
・外国人は自国の Web サイトや SNS 情報を有効に活用している
・Safety Tips など災害情報アプリがあるものの、利用者数はまだ十分ではない
・阪神大震災後に外国人向け多言語対応の取り組みが進んできたことにより、多言語センターの設置などのマニュアルがあるため避難所などに到達すれば多言語対応されるケースが多数とみられるが、発災後どれくらい迅速に設置されるかは状況による

外国人旅行者にとって、日中というのは観光中または移動中であることが多いと考えられるため、まず中継地点となる駅や空港といった場所に情報を求めることが多くなることが指摘されている（日本経済新聞社 2018.6.20)。また、その際に駅などに所在する観光案内所も重要な情報源となっている（安福 2019)。一方、夜間から早朝に係る時間では、宿泊先に滞在していることから宿泊施設も重要な情報源となっている（SRC 2018b)。こうした施設には、観光危機管理計画などのサポートで多言語対応ができるような資料が提供されており、旅行者に対して適切な案内や避難誘導が求められている。その際に、外国人旅行者に対しては、各国の大使館や領事館への情報確認を促したりすることも推奨されているほか、Safety tips をはじめとする各種災害時サポートサイトの案内もするように推奨されている（東京都 2024)。ただし災害時のアプリなどは十分に周知されダウンロードされているというわけではなく（RCSC 2024)、災害時に十分活用できる状態にあるかは不明瞭な状況がある。また宿泊施設のテレビなどでも言語が十分にわからないという結果が見られている。このような中で実際には、SNS や旅行者の国のニュースサイトから情報を得

ているという現実が見られる（安福 2019；SRC 2018b)。しかしながら、北海道胆振東部地震のブラックアウトでの経験のように、災害時には停電やインターネット回線の接続の問題があることも踏まえると、デジタルからアナログにわたる多様な情報収集のルートが必要であり、それぞれを用意しておくことが必要になることがわかる。また避難施設等においては阪神大震災以降に多言語対応をする制度が発展してきているため、避難所においては情報収集の可能性が高いが、状況によっては即時の対応ができず、情報提供が間に合わない状況も見られている（佐藤ほか 2020)。一方、日中移動中であれば、車内閉じ込めにおけるパニック防止のための情報提供も大変重要であるが、電車によっては緊急時の英語や多言語アナウンスがない場合があるとみられる。仮に英語などによるアナウンスがあっても、自動音声であって、状況に応じた詳細な情報は日本語のみになっている様子も見られる（福岡中央テレビ 2024；佐山 2021)。

現在は、インバウンド旅行者の増加に伴って外国人旅行者への情報提供や安全確保および避難誘導にあたっての細かな対応を進めている段階と考えられるが、基本的には発災後の外国人の安否の確認や対応は次のような手続きによって進められることになっている。

(2) 現在の災害時の外国人旅行者対応

・安否確認は大使館・領事館・外務省・警察・役場・宿泊施設・旅行会社・避難所などが連携する
・負傷者や死亡者が確認された場合、大使館・領事館を通して家族と連携して手続きが取られ、死者にあっては輸送や火葬・埋葬にあたって宗教や相手の以降に配慮される

これまで、災害時の外国人対応に関する議論・研究は、主として在留外国人についてのものが主流であったと考えられ、特に、阪神大震災の経験から、外国人への多言語対応という面では多くの努力が払われ、サポート体制を整えられるようになってきた(DECO 2020)。しかし、主には在留外国人を主眼として考察されてきたところがあるため、外国人旅行者についてはオーバーツーリズムの状況を含め、特に今後の大きな課題となっている。現状では、旅行者の安否確認や負傷者や死亡者に対する取り扱いについては手続き的な流れはできているため、今後更に対応が進められるべき点として、発災時の安全な避難・移動といった初動の段階での外国人旅行者特有の課題への対応、初動の情報提供や安全確保に資する部分が重要となっていると考えられる。そこで次に、外国人旅行者に特徴的な問題を確認し、在留外国人との比較対象で検討をしたところ、次のように整理できた。

(3) 外国人旅行者に特有の課題[5]

<table>
<tr><th>外国人旅行者に特徴的な問題</th><th>在留外国人の問題</th></tr>
<tr><td colspan="2">・外国の親族への連絡</td></tr>
<tr><td colspan="2">・被災時に直面する 5 つの問題＜言葉の壁・制度の壁・心の壁・文化の壁・経験の壁＞</td></tr>
<tr><td colspan="2">・死亡の場合、火葬や土葬の問題</td></tr>
<tr><td>・地震の経験や、日本における地震の強さによる建物倒壊可能性に関わる経験的な知識がない</td><td rowspan="6">在留期間によっては旅行者と共通</td></tr>
<tr><td>・言語の問題と土地勘がないことで避難誘導が困難になる</td></tr>
<tr><td>・適切な誘導がされずに倒壊建物や火災などに巻き込まれる可能性がある</td></tr>
<tr><td>・言語の問題で救出救助が困難になる</td></tr>
<tr><td>・交通機関やエレベータ閉じこめの際の英語などによる情報入手がない場合がある</td></tr>
<tr><td>・推奨されている 3 日分の防災備蓄を持っていない</td></tr>
<tr><td>・ターミナル駅のホームや駅周辺に多くの人が殺到し、長時間身動きできなくなったり、パニック等により群集雪崩等が発生して多数が死傷する可能性がある</td><td></td></tr>
<tr><td>・鉄道の運行停止、道路の交通規制や渋滞などにより移動が困難で、帰宅困難である</td><td></td></tr>
<tr><td>・日中はコインロッカーや宿泊施設に荷物を預け、発災後に荷物回収に向かう必要がある人が一定数想定される</td><td></td></tr>
<tr><td>・旅行保険がない場合に医療費支払いが困難になる可能性</td><td></td></tr>
<tr><td>・旅行の継続や帰国のために想定外の費用が発生する</td><td></td></tr>
<tr><td>・職場への連絡</td><td></td></tr>
</table>

外国人旅行者には、在留外国人が抱える問題と共通のものと、旅行者に特有の問題との 2 つの傾向性があると考えられる。これまで検討されてきた様々な課題を、在留外国人と外国人旅行者の問題に分けたところ、共通すると考えられる問題としては災害時の外国の親族への連絡、被災時に直面する 5 つの問題や 5 制約（COSSS 2013；菊澤 2020)、死亡の場合の遺体の取り扱いや埋葬の問題にあたる。一方、旅行者のみならず在留外国人であってもまだ滞在期間が浅い場合に共通する問題として考えられるのは、そもそも地震の経験がない場合であったり、日本における地震の揺れに関する経験、地震の強さによる建物倒壊の可能性といった知識がないことで不安を抱き安い点があると言える。続いて、言語の問題や土地勘がないことによる、避難誘導の困難、それに伴う火災巻き込まれの可能性、

そして言語の問題による救出救助の困難の可能性がある。また、電車など交通機関やエレベータなどの乗り物に閉じ込められたとき、英語などの外国語の放送がなく、極度の不安に襲われる可能性がある。3 日分の防災備蓄も難しいと考えられる。

外国人旅行者にのみ特に該当するであろうと考えられることとして、発災時には被災地から脱出したい思いが特に強く働くことが予想されることから（国交省 2022)、人が殺到する駅やその周辺に向かってしまい、群衆に巻き込まれて長時間身動きがとれなくなったり群衆雪崩にさらされる危険がある。昨今の地震の経験から、地震発生時には都市部では道路上にかなりの人が滞留し、群集を形成することが観察されており、例えば東日本大震災時は震度 5 強の揺れを観測し、大阪北部地震では震度 6 弱を観測したが、いずれも路上に多くの人があふれ、滞留した。東京では、東日本大震災から 10 年が経過した 2021 年にも震度 5 強を観測し、その際にも路上に人があふれ帰宅困難者が発生している。このため首都直下地震の被害想定（東京都 2022）でも、群衆雪崩は特に危険視されている事象となっていることから、駅に向かいやすい外国人旅行者においては特徴的な被害要因になる可能性がある。また、鉄道等の運行停止の場合、旅行の継続や帰国が困難になるため、外国人旅行者は最も帰宅困難者として脆弱な立場にある。特に、昼間であればコインロッカーに荷物を預けていたりするなど、発災直後に身の回り品を取りに戻りたい思い必要も強いものであると考えられる。また被災して負傷した場合には、旅行保険をかけている場合やいない場合の医療費の支払いも不安要素となる。これと同様に、災害の対応のために旅行に余計な費用が掛かることが過去の災害で経験されている（安福 2019 ; SRC 2018b)。例えば空港までの移動手段を変えることによる出費、場合によっては渡航費であったり、帰国が遅れた場合には、給料の減少に繋がるなど、余計な費用が発生することが考えられる。これに関連して職場への連絡も重要であるが難しい場合があると考えられる。

このように、外国人旅行者に特有の問題は多数に上るとみられ、こうした問題に首都直下地震という観点で効果的に対応する意味では、特に昼間と夕方から早朝にかけての夜間の時間帯による比較は有用であると考えられる。そこで次に、上記の課題のうち、特に時間帯によって現れ方が異なると考えられる点を取り上げ、整理を行った。

(4) 時間帯別の特徴的と考えられる課題整理

冬・昼間	冬・夕方	冬・早朝
・外国人が情報を求めて集まりやすい駅周辺で長時間身動きができなくなったり、群衆雪崩に巻き込まれる可能性		
・車内・エレベータ内の閉じ込め時の情報入手		
・宿泊施設やコインロッカーに荷物を預け、発災後に荷物回収に向かう必要がある人が一定数いる		
	暗く、停電等によって周辺が見えないことによる移動の困難・救助の困難	
	・宿泊施設のスタッフが深夜に少なくなることによる十分な避難誘導の困難	
	・宿泊滞在時間における木造住宅密集地域での火災からの逃げ遅れ	
	・宿泊施設からの緊急の避難によって、パスポートなどの身分証明書不携帯による身元確認の困難	
		深夜による情報収集の困難（各機関の夜間参集にかかる情報発信までのタイムラグ）

被害想定における時間分類である冬の昼間・夕方・早朝によって特徴的な問題を整理したところ、まず昼間～夕方に問題となると考えられるのは、発災時に駅周辺に向かい、群集の中で身動きができなくなったり群衆雪崩に巻き込まれたりすること、また電車やエレベータなどの閉じ込めの際に、英語等による案内がない場合のパニックの可能性、そして、発災時に荷物を宿泊施設やコインロッカーに預けていることにより、身の回り品回収の必要性があることだと整理できる。

続いて、夕方～早朝にかけて特徴的な問題としては、主に宿泊施設にいる観光客が多いという前提で考えてみると、冬場の 18 時以降で周囲がすでに暗くなっていることにより、停電の可能性も含めて避難の困難や救出救助の困難に見舞われる可能性がある。10 時以降などの深夜の時間帯になれば宿泊施設のスタッフは少なくなっていることから、避難誘導のサポートが一層困難な状態にあると考えられる。実際に、宿泊施設において避難誘導が効果的に行われていない状況がみられており、情報があれば避難をしたが、情報がない場合にどうしてよいか戸惑う傾向がみられる（安福 2019 ; SRC 2018b)。このことは首都直下地震においては火災巻き込まれなどの危険も一層大きな懸念事項であることを意味している。さらに急な火災からの避難を行う場合など、避難で身の回り品を携帯せずに逃げることがあると考えられ、パスポートなどの身分証不携帯となった場合、身元確認が困難とな

る。早朝にかけての深夜時間帯となった場合は、情報収集の困難もあると考えられる。政府各機関や大使館をはじめとした各機関の非常時の参集に係る時間も含め、外国語による速やかな情報入手までにタイムラグが発生する可能性があり、宿泊施設の対応が一層重要であると考えられる。

(5) 外国人旅行者における被害の相転移

当研究会が視角とする「相転移」について考えると、大災害においては特に建物倒壊数や死亡者数が段違いに大きくなることが確認されている。上記で整理した外国人旅行者に特徴的と考えられる問題を踏まえると、こうした段違いの被災が起こるとき、外国人旅行者の被災状況も例外ではなく「相転移」の事象が伴うものと考えられる。その場合、外国人旅行者に特有と考えられる問題それ自身が相転移の大きな要因になりうるのではないだろうか。例えば、昼間であれば駅や駅周辺に特に外国人が向かおうとする中で、群衆雪崩が起こる場合、外国人は巻き込まれ事故による被災の比率が高くなる可能性がある。深夜から早朝の時間帯は、宿泊施設での十分な避難誘導が困難であった場合に、土地勘のない暗い夜道を逃げることが難しく、火災からの避難ができずに火災事故に巻き込まれる外国人の被災例が高くなる可能性がある。特に表 2-3-1 でみられるように宿泊については日本の国内旅行者は大部分が日帰りであることから、外国人旅行者の被災が特徴的となるのではないだろうか。表 2-3-3 の推計のように宿泊時間である早朝の被災になると、外国人旅行者は昼間よりも死者が増加する可能性があることがわかる。関東大震災の経験を踏まえて火災による被災が懸念されていることを踏まえると、土地勘がない外国人旅行者の夜間の動きは相転移の観点でも大変重要となることが考えられる。

2.3.3 まとめ

本稿では、旅行者、特に外国人旅行者の初動対応について検討を行った。旅行者数のデータによって、時間帯別に被災の規模を推計し、その結果、災規模が大きく予測されている冬の夕方のみならず、外国人旅行者にとっては早朝の死者が大きい可能性を示した。次に災害時に外国人旅行者が直面する質的な課題を時間帯別によって整理したことによって、昼間には群衆雪崩や交通機関閉じ込めが特徴的な課題になる可能性と、特に外国人旅行者の観点では夕方を含む夜間の避難誘導の困難さとそれに伴う火災巻き込まれ事故の可能性が課題であることを見出すことができた。外国人旅行者の死傷者規模の相転移につなげな

いためにも、昼間・夜間それぞれの特徴を生かした対策の有効性であることを示した。

【注釈】

注 1）東京都観光客数等実態調査では、観光地点等入込客数調査を行うことにより観光客の延べ人数を算出し、別に観光地点パラメータ調査を行うことにより観光客毎の観光地点数を調査することで、延べ人数を観光地点数の平均値で割ることによって、実人数が推計されている。

注 2）観光地点パラメータ調査は、観光入込客統計に関する共通基準に基づいて調査されるもので、東京都の公開データにおいては、日本人旅行者の都内宿泊日数が分かる。

注 3）国・地域別外国人旅行者行動特性調査は、羽田・成田空港の国際線ターミナル出発ロビーにて訪日外国人を対象に調査をしたものであり、都内宿泊数の設問がある。

注 4）東京都の木造住宅密集地域の町丁目一覧参照

注 5）東京都防災会議（2022）による「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」の被害想定事項をベースに、本稿で参照している各種資料を参照、また必要に応じて考えられるものを追加している。

【参考文献，Web サイト】

相引梨沙・義澤宣明・山口健太郎・下村徹・氷川珠恵・瀧陽一郎・山添真喜子・栗山章（2016）：訪日外国人旅行者に向けた災害情報提供のあり方，総説，安全工学，Vol.55，No.3，pp182-188.

Business Insider（2018 年 6 月 20 日）：鉄道会社に頼り切り「都市の交通インフラは脆い」批判で満足していいのか―大阪北部地震の現場で考えたこと，https://www.businessinsider.jp/article/169735/（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）

COSSS 社団法人中越防災安全推進機構地域防災力センター編(2013)：災害時の外国人支援-手引き，新潟県．https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/391353.pdf（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）

DECO 一般社団法人ダイバーシティ研究所（2020）：災害時における外国人対応について，令和２年度「災害時外国人支援情報コーディネーター養成研修」講義①，https://www.soumu.go.jp/main_content/000844269.pdf（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）

福島中央テレビ（2024 年 4 月 4 日）：【最大震度４の地震により東北新幹線が緊急停止】

最大で１６分の遅延　常磐線は一部区間で徐行運転・福島,
https://www.youtube.com/watch?v=an-vKDhZ-Wc（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
菊澤育代（2020）：災害時に外国人が抱える課題―情報発信のあり方を考察する―，都市政策研究，第 21 号，pp25-38.
国土交通省中部運輸局（2022）：災害時における外国人旅行者の安全・安心確保のための体制構築についてのガイドライン,
https://wwwtb.mlit.go.jp/chubu/kankou/pdf/r3/guideline.pdf（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
日本経済新聞 Web（2018 年 6 月 20 日）：災害時の外国人観光客ケア不十分　大阪地震で課題，https://www.nikkei.com/article/DGXMZO31994260Q8A620C1AC1000/（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
RCSC アールシーソリューション株式会社（2024）：訪日外国人向け災害情報提供アプリ「Safety tips」の取組みについて，https://www.city.sendai.jp/mice/documents/rc.pdf（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
佐藤久美・南宮智娜・岡本耕平（2020）：災害時における訪日外国人観光客への情報提供に関する考察，金城学院大学論集 社会科学編 第 16 巻第 2 号，pp112－122.
産経新聞 Web（2018 年 6 月 18 日）：困惑する訪日客…スーツケース抱えて立ち往生,
https://www.sankei.com/article/20180618-5UXOQ2HQHJOERPIOIFPLNSBOCE/（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
佐山裕樹 Youtube（2021 年 2 月 14 日）：東北新幹線乗車中に地震発生。その時車内は…｜地震｜新幹線｜停電｜運転見合わせ，https://www.youtube.com/watch?v=UhhGgIwM_es（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
SRC；株式会社サーベイリサーチセンター（2018a）：大阪府北部地震における訪日外国人旅行者の避難行動に関する調査，自主調査レポート,
https://www.surece.co.jp/research/2441/（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
SRC 株式会社サーベイリサーチセンター（2018b）：北海道胆振東部地震における訪日外国人旅行者の避難行動に関する調査，自主調査レポート,
https://www.surece.co.jp/research/2491/
東京都防災会議（2022）：首都直下地震等による東京の被害想定報告書,
https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/02

1/571/20220525/n/002n.pdf（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
東京都産業労働局観光部受入観光課（2024）：外国人旅行者の安全確保のための災害時初動対応マニュアル，https://wwwtb.mlit.go.jp/chubu/kankou/pdf/r3/guideline.pdf（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
安福恵美子（2019）：北海道胆振東部地震における観光客支援に対する検討と課題
― 札幌市を中心として ―，地域安全学会，No.35，pp77-88.
（データ出所）
・東京都　観光客数等実態調査
https://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.lg.jp/data/tourism/jittai/r5-jittai（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
・東京都　観光地点パラメータ調査
https://data.tourism.metro.tokyo.lg.jp/data/jittai-para/（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）
・東京都　国・地域別外国人旅行者行動特性調査
https://data.tourism.metro.tokyo.lg.jp/data/kunibetsu/（最終閲覧 2025 年 2 月 28 日）

2.4 首都直下地震発生時における火災被害の拡大要因に関する検討−住民特性と消火用水の不足について−

都　城治

要約　首都直下地震の発生は、都市機能の麻痺や甚大な被害をもたらすことが予測されている。その中でも特に深刻な問題の一つが、地震火災の発生とその延焼である。東京のような高密度都市では、地震による建物倒壊や電気・ガス設備の破損が火災の発生要因となり、加えて道路閉塞や消火用水の不足が消火活動を困難にする。さらに、地域住民の防災意識や消火の対応力も被害拡大に影響を及ぼす。本項では、首都直下地震発生時の火災被害拡大要因として「住民特性」と「消火用水の不足」に焦点を当て、被害軽減策の検討を行う。

2.4.1 個人の認識程度によって火災被害を受けると考えられる住民特性に関する分析

(1)火災被害を受けると考えられる住民特性に関する課題点の要約

本項では、首都直下地震に伴う火災被害に対する住民認識と実際の被害想定との乖離に焦点を当てた。既往研究では、住民の地震火災リスク認識を詳細に分析したものは少なく、本研究では東京都 23 区民に対する質問紙調査を実施し、火災被害を過小評価する住民の背景を探った。結果、1149 件の回答のうち 14%が過小評価に該当し、その要因として「一人暮らし」、「無職」、「自治会未加入」、「被災経験なし」が関連していた。地域コミュニティとの関与が少ない住民への災害情報の周知が、適切な避難行動の促進に不可欠であることが示唆された。

(2)本分析に関わる先行研究と目的

地震による建物倒壊や風水害を対象とした住民個人のリスク認知については既往の報告などから知見が積み重ねられつつある（小宮ら 2002； 梯上ら 2002； 梅本 2006)。しかし地震火災と住民個人に焦点を当てると、羽鳥らが愛媛県の住民を対象に地震火災被害に関する認識を調査し、行政依存度との関連と地震火災シミュレーションの閲覧前後における意識変化の差を分析しているが（羽鳥ら 2014)、学習介入効果の評価とその維持手法について指摘するに留まり、住民個人が抱く被害量についての横断的意識調査を行っているわけではない。また、内閣府の世論調査でも住民が抱く地震火災被害量を調査しているが概

括的にしか分析されておらず（内閣府 2022)、住民が認識している居住地域の地震火災被害量を調査し、実際の被害想定との差異に着目した報告は乏しい。

これらの議論から、想定される地震火災の被害量と住民の認識の差異を調査し、被害量を過小評価している住民背景を明らかにすることは、災害情報を特に提供すべき対象を特定する事に寄与すると考えられる。それゆえ、本研究では地震火災の被害が特に大きいとされる東京都の 23 区に居住する住民を対象に、大規模地震発生に引き続く火災の被害量について、住民がどのように評価しているかを調査し、地震火災の被害量を過小評価している住民背景を探索的な分析で明らかにすることを目的とした。

(3)本研究における調査手法、結果、考察

a）調査対象、時期、及び内容

本研究会では東京都 23 区民に対する質問紙調査を実施した。調査期間は令和 5 年 2 月 17 日～20 日までである。調査内容は、個人の属性・背景に加え、各種災害に対する意識や防災に関する取り組みに関する項目である。回答者の居住地域の実際の火災リスクを評価するため、「首都直下地震等による東京の被害想定（令和 4 年 5 月 25 日公表)」のうち被害が最大となる都心南部直下地震（M7.3）で冬・夕方（風速 8m/s）（以下、被害想定）から、各区の火災被害想定結果を引用した。

b）分析におけるアウトカムの設定

本研究では､以下の 2 条件を満たす回答者を「地震火災被害量を過小評価している住民」と定義し解析アウトカムに設定した。条件 1：質問紙調査で､「首都直下型地震が起こったとき、あなたのお住まいの近隣では大規模な火災が発生すると思いますか？」という問いに対し 4 件法選択肢のうち、全く思わない、あまり思わないと回答した場合。条件 2：被害想定から各区における焼失棟数と面積から 1/㎢ごとの焼失棟数を算出し、3 分位点による分類の結果、被害量が多量地域（344-195 棟/㎢）に分類される区に居住すること。

c）分析プロセス、統計学的処理

本研究における解析プロセスを**図 2-4-1** に示す。分析 1 は全回答者のうちから「地震火災被害量を過小評価している住民」を抽出するため、記述統計量を要約した。分析 2 は「地震火災被害量を過小評価している住民」の関連因子を検討するため、多変量ロジスティッ

ク回帰分析を用い調整済みオッズ比（adjusted odds ratio 以下、AOR）と 95%信頼区間（confidence interval 以下、CI）を推定した。

d）結果と考察

調査の結果 1149 件の有効回答が得られ、本研究の分析対象となった。分析 1：本研究における「地震火災被害量を過小評価している住民」に該当する回答者は 162 件（14%）であった(図 2-4-2)。分析 2：多変量解析の結果、地震火災被害量を過小評価している住民に関連を認めた背景因子は一人暮らし、無職、自治会や町内会へ未加入、自然災害による被災経験無しであった（表 2-4-1)。

解析結果から、自然災害による被害経験が無い、という背景が災害リスクの不理解に関連を認めたが、これは同時に自然災害での被害経験を有する住民は地域が抱える火災リスクを正しく評価していることを示唆する結果である。被災経験そのものは、その後の防災意識を高めるとも報告されており（内閣府 2013)、本分析結果はこれを追認する結果と評価できる。その他の関連を認めた被災経験以外の背景に着目すると、地域コミュニティへの参加機会に乏しい住民像が考察される。これらの背景を持つ住民へ、地域が抱える災害リスク情報を提供、普及を図ることで地震火災の予防対策や発災後の適切な避難行動に結び付くと考えられる。本研究における重要な研究限界として、質問紙調査回答者の居住場所が木造住宅密集地域に該当するか否かを評価できていない点が挙げられる。今後、地域が抱える火災リスク等の災害情報を住民が正しく認識するために、背景に応じた効果的な周知方法について更なる検討が必要である。

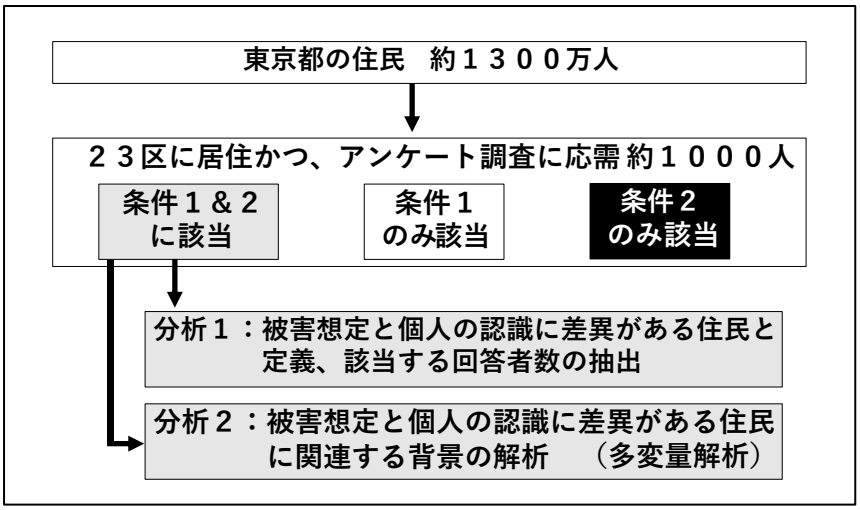


図 2-4-1　被害想定と個人の認識に差異がある住民の抽出及び分析プロセス

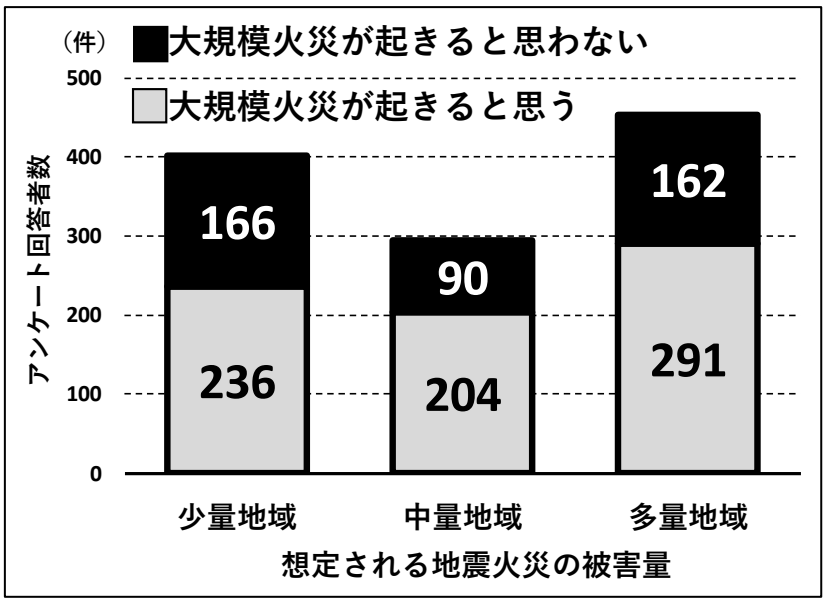


図 2-4-2　被害想定と個人の認識に差異がある住民の調査結果

表 2-4-1　被害想定と個人の認識に差異がある住民背景の解析結果

背景	COR	(95%CI)	AOR	(95%CI)
一人暮らし(vs.同居)	1.89	(1.24-2.85)	2.41	(1.32-4.41)
無職（vs.会社員：事務系）	2.06	(1.13-3.78)	2.14	(1.04-4.40)
自治会や町内会へ未加入（vs.加入）	1.21	(0.85-1.71)	1.58	(1.01-2.47)
自然災害による被災経験なし(vs.あり)	1.45	(0.99-2.13)	1.57	(1.05-2.36)

Abbreviation:COR,crude odds Ratio;CI,confidence interval;AOR,adjusted odds ratio;
For analysis, good-of-fit tests was P = 0.68.　All variables had no multicollinearity(VIF <10).　Area under receiver operating characteristics curve was 0.66.　$R^2 = 0.20$.　Overdispersion parameter=1.00

2.4.2 身体的理由を原因に火災被害を受ける可能性のある住民に関する分析

(1)本分析に関わる先行研究と目的

本稿の目的は、首都直下地震発生時に東京都 23 区で身体的要因により火災被害に暴露される可能性のある住民数を推定することである。乳幼児や介護を要する高齢者などの「災害時要支援者」（災害対策基本法）については、各種安全対策が進められているが、地震火災における暴露人口の推定や評価は十分に行われていない。本研究では、具体的な地理情報を基に分析を行い、その結果を要配慮者対策のさらなる推進や防災計画の検討に活用することを目指す。

(2)本研究における調査手法、結果、考察

本研究は、GIS 等のデータベースを用いて地理的分析を行った研究である。本項における調査分析プロセスを図 2-4-3 に示す。本項における身体的理由を原因に火災被害を受ける可能性のある住民に定義される条件は、Ⅰ.大規模火災発生時の避難場所まで遠方であること、Ⅱ. 火災被害が甚大になる可能性がある木造住宅密集地域に居住すること、Ⅲ.介護保険制度の要介護 4、5 の認定を受け自力移動による避難が困難とされる住民であること、とした。各条件に適合する詳細な理由と使用データは次のとおりである。

Ⅰ.大規模火災発生時の避難場所まで遠方であること：東京都における火災発生時の避難場所、地区内残留地区の位置情報及びその周囲 500m をマップ上から除外し、これらに当てはまらない地域を条件Ⅰへの適合定義とした。周囲 500m の設定理由は、岩船の行った高齢者への聞き取り調査における「発災時において休まず歩ける距離は～」の設問で、前期高齢者が「100m～500m」「1km 以上」、後期高齢者「50m～100m」「100m～500m」の二つの回答が最頻値であったことに起因する（岩船 2015)。

Ⅱ. 火災被害が甚大になる可能性がある木造住宅密集地域に居住すること：23 区における木造住宅密集地域は、48 地区 497 町目が存在する。この情報を東京都公開のオープンデータ（東京都 2024）から取得した後に地図情報に加工し、ここに居住することを本条件に適合するものとした。

Ⅲ.介護保険制度の要介護 4、5 の認定を受け自力移動による避難が困難とされる住民であること：ESRI ジャパンデータコンテンツ ArcGIS Stat Suite 推計要介護認定者数 2023 データを用いて、23 区内の住民数から要介護度（1～5）別の住民数を推計した（Esri ジャパン)。これらのデータは悉皆調査に基づくものではなく、「介護保険事業報告」で公開されている第 1 号被保険者ごとの要介護認定者数と国勢調査に収録されている男女年齢別人口（市区町村別）をもとに、保険者ごとの要介護認定率を算出し、国勢調査に収録されている男女年齢別人口に、上記の値を乗算し推計した物である。推計結果のうち、自力歩行の不能な要介護度 4、5 であることを本条件に適合するものとした。

条件Ⅰ、Ⅱに該当する地区の抽出にあたり除外された地区を図 2-4-4 に、地図上に整理した結果を図 2-4-5 に示す。東京都の 6010 地区の内、条件Ⅰ、Ⅱに該当する地区は 298 地区存在した。また、条件Ⅲを掛け合わせた結果を表 2-4-2 に示す。推計の結果、要介護 4（ほぼ全介助）の住民は 13086.5 人、要介護 5（意思疎通困難）の住民は 9333.7 であった。年代別にみると、要介護 4 の認定者は 65～74 歳で 6846.7 人、75 歳以上で 6239.9 人であった。要介護 5 の認定者は 65～74 歳で 4906.8 人、75 歳以上で 4426.9 人であった。

本項では首都直下型地震発生時には要介護状態などの身体的理由から、火災から逃げ遅れる可能性を有す住民が多く存在することを示唆した。要介護状態の住民が独居であるとは考えにくいが、避難場所への移送・搬送を家族のみ等の少人数で行う事は困難であると考えられる。要介護状態の住民の視点からは、木造住宅密集地域の約 60％(298 地区)が避難場所まで遠距離であり、木造住宅密集地域の中であっても一時退避できる場所の確保や、発災直後の初動時に多くの住民を効果的に避難誘導できる体制を検討する必要があると考えられる。

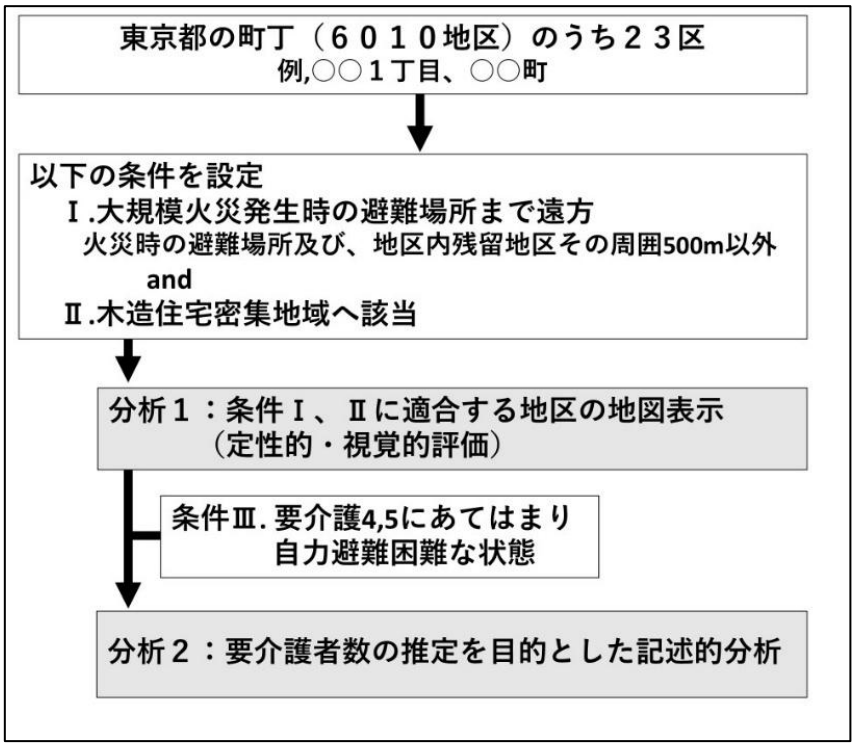


図 2-4-3 本研究における分析プロセス

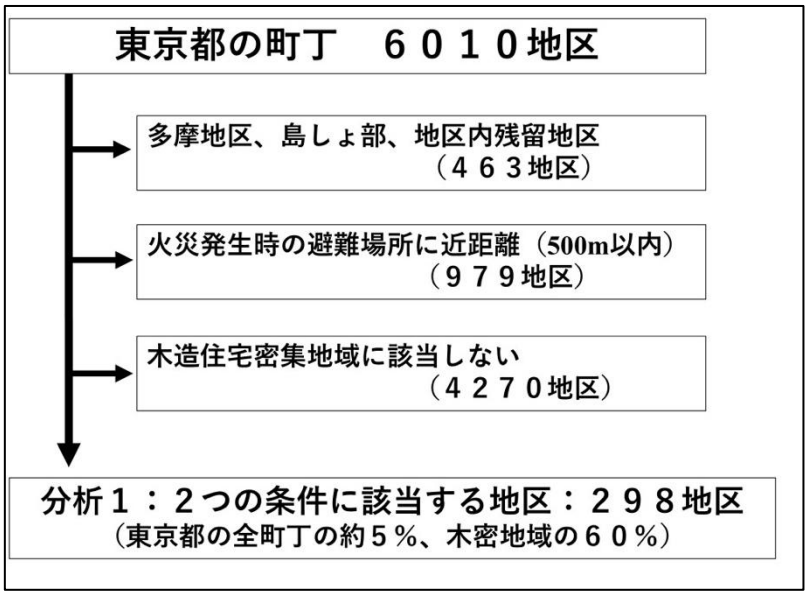


図 2-4-4　分析１の結果：条件Ⅰ、Ⅱに該当する地区の抽出

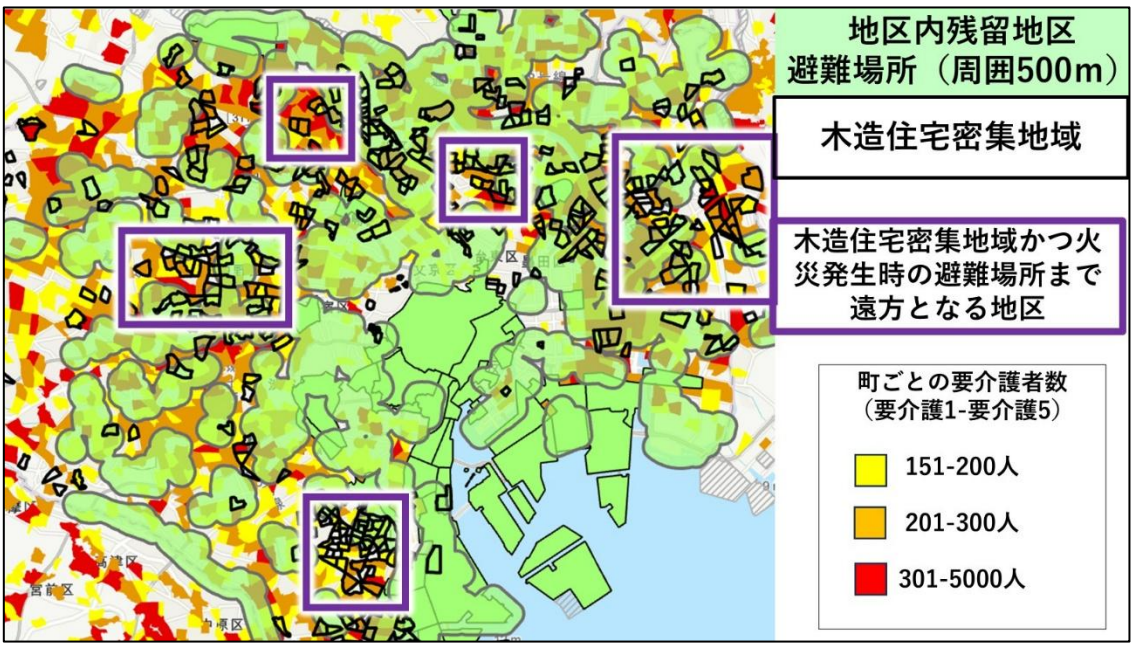


図 2-4-5　分析１の結果：条件Ⅰ、Ⅱに該当する地区の地図表示

表 2-4-2　分析Ⅱの結果：身体的理由を原因に火災被害を受ける可能性のある住民数

行政区	消防団充足率	面積(平方km)	65歳ー74歳						75歳以上					
			要介護1	要介護2	要介護3	要介護4	要介護5	要介護総数	要介護1	要介護2	要介護3	要介護4	要介護5	要介護総数
千代田区	91%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中央区	92%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
港区	88%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新宿区	90%	0.5	102.2	82.8	63.2	65.4	47	360.6	92	73	56.6	58.5	41.7	321.8
文京区	92%	0.2	45.5	28.4	23.9	25.6	19.3	142.7	40.7	24.7	21.2	23.7	17.3	127.6
台東区	91%	1	293.3	235.2	187	177.6	121.6	1014.7	260.1	207.1	167.6	158.6	106.1	899.5
墨田区	78%	1.7	478.2	340.3	272.4	293.3	193.4	1577.6	426.5	300.7	245	261.2	171.4	1404.8
江東区	90%	0.3	71.2	76.6	64	61.2	37.6	310.6	65.5	69.4	58.4	56	34.2	283.5
品川区	86%	4.6	930.1	711.8	606.7	587.1	372	3207.7	854	645.8	561.3	542.5	334.9	2938.5
目黒区	96%	0.9	281.9	217.1	156.4	153.7	118.4	927.5	260.1	199.3	145.9	144.3	109.3	858.9
大田区	84%	16.4	1404.2	1371.4	958.3	895.7	700.8	5330.4	1277	1221.9	863.7	808.3	622	4792.9
世田谷区	90%	1.5	271.4	285.2	207.6	194.2	154.5	1112.9	248.9	260	192.4	180.9	141.8	1024
渋谷区	90%	0.4	68.2	53.6	46.4	46.7	34.6	249.5	63.7	48.6	42.8	43.6	31.5	230.2
中野区	82%	3.6	625.6	520.6	404.4	451	320.8	2322.4	580.7	469.8	370.2	415.6	293.6	2129.9
杉並区	79%	4.2	864.6	486	419.8	463.7	348.7	2582.8	799.1	445.4	391.7	430.9	320.1	2387.2
豊島区	98%	1.4	313	245.1	212.5	218.3	158.2	1147.1	290.5	221	196.2	201.5	145.9	1055.1
北区	90%	1	152.3	107.9	92.2	113.1	67.6	533.1	140	97.2	84.8	104.2	61.4	487.6
荒川区	84%	2.2	574.4	416.3	326.1	378.1	231.8	1926.7	521.5	370.9	294.9	337.3	206.7	1731.3
板橋区	82%	3.2	558.9	580.7	484.4	421.4	289.6	2335	509.4	517.3	446.3	384.8	262.9	2120.7
練馬区	90%	4.3	720.5	793.9	545.4	479.2	361.4	2900.4	657.6	715	497.5	441.1	324.7	2635.9
足立区	90%	3.3	491.3	628	458.9	435.5	327.6	2341.3	449.7	561.3	414.4	395.4	295	2115.8
葛飾区	73%	6.9	1038.7	1180.7	904.7	759	575.1	4458.2	943.5	1046.7	809.3	680	520.9	4000.4
江戸川区	83%	6.5	1120.7	752.3	626.2	626.9	426.8	3552.9	1010	679.4	565.3	571.2	385.5	3211.4
合計	87%	64.1	10406.2	9113.9	7060.5	6846.7	4906.8	38334.1	9490.5	8174.5	6425.5	6239.6	4426.9	34757

2.4.3 火災に供する消火用水に対する考察

(1)消防用水利に関する課題点の要約

首都直下地震における被害想定での公設消防による消火成功率の想定手法から、被害が拡大する可能性のある要因を検討した。その結果、防火水槽の強震による破損での使用不能例や液状化現象による使用不能例が加味されておらず、消火成功率が低下することにより実際の被害は更に拡大する可能性が指摘される。

(2)被害想定手法における防火水槽の問題と液状化現象による影響

首都直下地震の被害想定の手法を参照すると、以下の記述となっている(東京都 2022)。「公設消防消火率 火災予防審議会・東京消防庁(2005)を参照して以下のように設定する。公設消防の消火率（延焼阻止率）={1−（1-249705/地域面積）水利数}×30/｛29×（消火活動開始所要時間＋火点までの平均的な駆付け時間＋ホース展開時間）/10」、「消防団消火率：公設消防のポンプ車口数 3 口に対し、消防団のポンプ車口数 2 口であり、放水能力としては本来 2/3 であるが、震災時における過酷で活動困難な状況を想定し 1/2 と仮定し、次の式で設定する、消防団消火率（延焼阻止率）＝ 公設消防消火率 ×1/2」。

以上の消火率算定手法を見ると、被害想定の消火率推定には公設消防及び、消防団の消火資源である、水利の破損が無く全て使用できる前提であることが覗える。阪神・淡路大震災では消火栓のほとんどが使用不能であったことを教訓に、消防隊の水利部署は消火栓を避け防火水槽を使用する事が我が国の消防活動の基本とされている。そのため、被害の想定手法には防火水槽を使用する事が前提条件として組み込まれている。しかし、阪神・淡路大震災では全防火水槽のうち、強震による破損による漏水で 1 割が使用不能であったと報告（吉原 2006：104-109）されているにもかかわらず、防火水槽の破損は被害想定手法に組み込まれていない。東京都では、阪神・淡路大震災を教訓に 1993 年以降に防火水槽の設置を推進した経緯があるが、耐用年数の約 30 年が経過することを加味すると、多くの防火水槽が劣化し強震により損傷する可能性がある。

次に液状化被害と防火水槽の関係性について考察する。東京 23 区全ての防火水槽を地図上にプロットし、被害想定から液状化による建物倒壊件数を引用し各区の境界線に表示した地図を図 2-4-6 に示す。防火水槽の設置密度に着目すると、中心部と比較して外周部の密度が低いことがうかがえる。これはビルやマンションなどの非木造建築物を建設する際、地下部分に地中梁水槽を建設する事が多いため、非木造建築物の多い都心であるほど防火水槽の密度が濃いと考察される。一方、防火水槽の密度が低い外周部に目を向けてみると、練馬区、杉並区、世田谷区、足立区、葛飾区、江戸川区が挙げられる。

また、首都直下地震の被害想定（東京都 2022）における、液状化による建物倒壊件数に着目すると、葛飾区が最も多く 470 件と想定されている。防火水槽は地中に埋設される設備であり、液状化現象による浮き上がりで使用不能となった例が 2003 年の十勝沖地震、1964 年の新潟地震でも報告されている（吉原、2006：104-109)。防火水槽が大きく浮き上がった場合には消防車両は接近できないばかりか、給水を行うポンプ機能は水面との落差によって大きな影響を受けるため、水槽の全量を使用できない可能性がある。そのため、液状化現象の起こりやすい葛飾区の一部地域においては、防火水槽の浮き上がりに伴う消火活動の難航により実際の火災被害はさらに拡大する可能性が指摘できる。

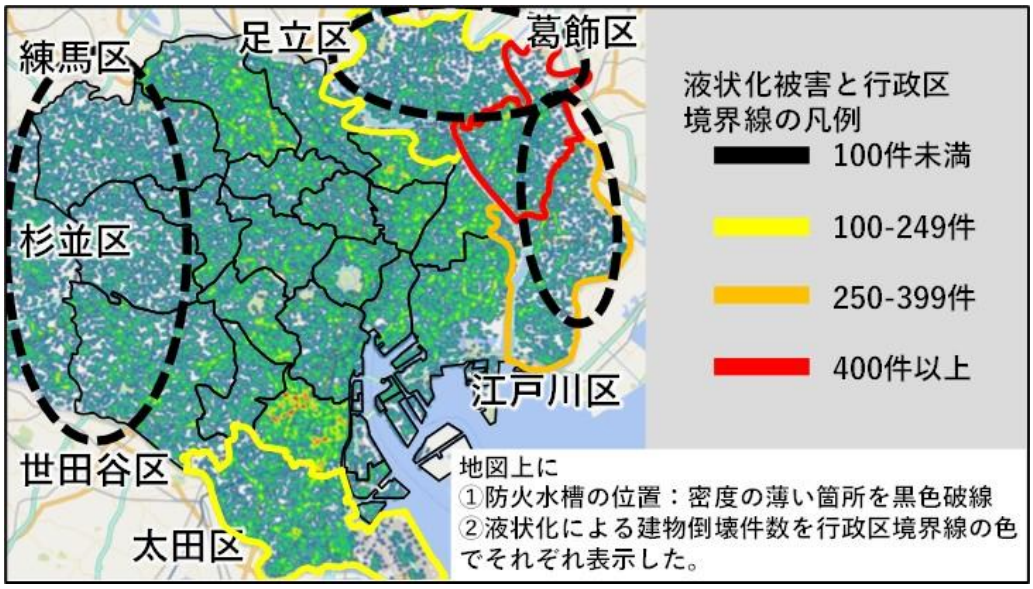


図 2-4-6　23 区における防火水槽の密度と液状化による建物倒壊件数

【参考文献】

Esri ジャパンデータカタログ, https://www.esrij.com/products/data-content-statsuite/details/yokaigo/, (東京都オープンデータカタログ)

梯上 紘史・菊池 輝・藤井 聡・北村 隆一 (2003):防災行政と自主的防災行動に対する京都市民 の重要性認知分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.2 pp.337-345.

羽鳥剛史・二神 透(2014)地震火災に関わるメタ無知と災害シミュレーションの効果検証, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol70, No.2, Ⅰ-I6.

岩船(2015): 水害・土砂災害における高齢者の体力と避難行動-2012 年熊本広域大水害時の球磨村での検証-, 第 14 回都市水害に関するシンポジウム論文集, pp12-18

小宮 充豊・加藤 孝明・山崎文雄 (2002):アンケート調査による住民の地震リスク認識 の地域特性の研究―東京の山の手地区と下町地区の比較―, 地域安全学会梗概集, No.12, pp.107-110

内閣府 (2022):防災に関する世論調査.

東京都防災会議 (2022):首都直下地震等による東京の被害想定報告書.

梅本 通孝 (2006):住民の災害リスク認知に関する研究 ―高知県高知市と茨城県日立市における比較, 地域安全学会論文集, 8 巻 pp.297-306.

吉原 (2006):防火水槽の地震被害について, 安全工学, 45 (2), pp104-109

災害対策基本法の改正 (法第 49 条の 10)

３．初動対応の論点

3.1 各論的論点１（医療福祉）：ライフライン被害が引き起こす医療機関や社会福祉施設等への影響から１都３県の資源配分に係る初動体制の課題を考える

髙岡　誠子

はじめに　災害による直接死を免れた住民でも、その後の生活において健康への弊害を招き死に至ることを災害関連死とよぶ。なお、この災害関連死の定義は、災害弔慰金の支給等に関する法律(昭和 48 年法律第 82 号)に基づき災害が原因で死亡したものと認められたものである。この災害関連死の原因区分として、東日本大震災では「避難所等における生活の肉体・精神的疲労」、「避難所等への移動中の肉体・精神的疲労、「医療機関の機能停止等による初期治療の遅れ」が合わせて 7 割（復興庁 2024）と報告されている。熊本地震においては災害関連死が直接死の約 4 倍であり、原因としては「避難所等生活の肉体的・精神的負担」、「医療機関の機能停止等(転院を含む)による初期治療の遅れ(既往症の悪化及び疾病の発症を含む)」が合わせて約 5 割と報告されている（熊本県編 2018)。これらのことから、医療機関の機能停止等を事前に防ぐことが、健康被害の予防や災害関連死の減少につながることは容易に推察される。

Ｒ４年度の報告では、病院機能の継続を保つために、電力・水道のライフランは必須であり、また災害時には道路・交通機関に関しても病院の機能維持に密接に関係していることを論じた。また、Ｒ５年度にはこれら電力・水道・道路・交通機関のライフラインが及ぼす影響に関しては、病院施設だけでなく、社会福祉施設や福祉サービス等を提供している施設の機能維持にも重要であることを論じた。

そこで、本項では Ｒ４年、５年度の報告をもとに、首都直下地震の医療機関や福祉施設等のライフライン被害への初動体制について、「水道」に焦点化した「応急給水支援」について令和 6 年能登半島地震の事例も参考にし、検討をする。

3.1.1　病院施設等におけるライフライン被害の影響

ライフライン被害を、電力・水道・道路・交通機関に選定し、以下図 3-1-1 のように施設被害を検討した。

病院等施設で電力が止まると、人工呼吸機器等の医療機器に依存して生命を維持してい

る人々の命が危険にさらされる可能性がある。電子カルテ等が活用できなくなることで、患者のデータや治療指示等も確認ができなくなる事態となる。エレベーター停止による、動けない患者の搬送も困難な状態となる。通信が途絶えることで、外部機関への情報の発信や収集ができず、患者搬送や救急対応への弊害が出てくる。また、断水になることで、人工透析等の中止や清潔ケアの不足や、トイレが使用できないこと等の影響がでる。入院患者だけでなく、通院や施設を利用している方へも必要な医療やサービスの提供が中断される。

災害対応では、マンパワーは不可欠である。しかし、道路や交通機関等の被害により職員や外部支援者等の確保も困難なことが予想できる。また、前述の停電や断水被害の対応では、重油や給水の継続的な運搬・配分が必要であるが、道路被害によって重油や給水の円滑な運搬は困難と考えられる。給水車にいたっては避難所等も含めると多くの搬送先が考えられるため、それらの優先順位を検討し分配した計画を立てる必要がある。

施設被害	電気(自家発電の有無により変化)	通信	上水道(貯水槽の残量により変化)	道路	交通機関
病院	停電 医療機器停止(生命維持装置等) 電子カルテシステムストップ 手術中止 エレベーター停止(閉じ込め、搬送不可)	固定電話停止 救急搬送連絡不可 (無線あればOk) 情報発信不可	手洗い不可 手術中止 透析中止 冷却システム不可(サーバー) トイレ使用不可 清潔ケア不可	職員の出勤 救急搬送 燃料の輸送 給水車 支援チーム	職員の出勤・帰宅 患者の早期退院への影響
薬局	停電 調剤困難	処方箋受理等困難	調剤困難		
福祉施設等(入所)	停電 医療機器停止 エレベーター停止(閉じ込め、搬送不可)	固定電話停止 連絡不可 (無線あればOk) 情報発信不可	手洗い不可 トイレ使用不可 清潔ケア不可	職員の出勤 救急搬送 燃料の輸送 給水車	職員の出勤・帰宅

図 3-1-1　ライフライン被害による施設への被害

3.1.2　病院施設等のライフライン被害による患者や施設利用者等住民への影響

3.1.1 で述べた病院機関等への被害による影響から、人に焦点を当てた影響を以下の図 3-1-2 に示した。入院患者へは、生命に直結する影響や治療の縮小等が考えられる。また通院患者も継続的な治療の中断が余儀なくされる。自宅で医療機器を使用している人への影響も大きいと考える。

被害対象	電気(自家発電の有無により変化)	通信	上水道(貯水槽の残量により変化)	道路	交通機関
入院患者	手術中止／延期 生命維持装置停止による状態悪化／死 医療機器停止による状態悪化	携帯での通信可の場合は、家族とやり取り可	手術中止／延期 透析中止	必要時に転院搬送不可	早期退院時や一時帰宅時の帰宅困難
通院患者	診療不可で帰宅指示 内服薬不足	病院への連絡不可	診療不可で帰宅指示	通院不可／帰宅困難	通院不可／帰宅困難
地域住民(医療が必要な)	在宅医療機器使用者の症状悪化(バッテリー切れ)	救急への連絡不可／困難		病院・診療所へのアクセス困難 業者(在宅酸素等)からの提供困難	病院・診療所へのアクセス困難

図 3-1-2　ライフライン被害による患者や施設利用者等住民への影響

3.1.3　ライフライン被害による社会福祉施設等への影響

社会福祉施設は、老人、児童、心身障害者、生活困窮者等社会生活を営む上で、様々なサービスを必要としている者を援護、育成し、または更生のための各種治療訓練等を行い、これら要援護者の福祉増進を図ることを目的としている。社会福祉施設には大別して老人福祉施設、障害者支援施設、保護施設、婦人保護施設、児童福祉施設、その他の施設がある（厚労省 2023)。

これらの社会福祉施設等のライフライン被害による影響は、利用者への生命や健康、ADL(日常生活動作)に多大な影響を及ぼすことが容易に予測できる。特に入所者の生命や健康への影響は、ライフライン被害のみならず、被災後の職員数による看護・介護提供からも大きく左右される。また、通所施設利用が困難になる影響は、利用者への必要なサービスが停止することになり、サービス再開までの期間が延びることにより利用者の ADL の低下や二次的健康被害への影響も考えられる（図 3-1-1 参照)。災害による社会福祉施設等被害への対応策として、厚生労働省は令和 2 年に業務継続ガイドラインを策定し（厚労省老健局 2024)、自治体への BCP(事業継続計画)策定の依頼に関する事務連絡を発出し、各施設での策定を促した。また 2024 年からは、介護事業者における BCP 策定を義務化している。

3.1.4　東京都における社会福祉施設等の被害による想定外シナリオ

東京都内の介護老人保健施設は、令和 6 年度の調査では 202 施設で利用者は約 22,057

人である（東京都福祉局 Web)。首都直下地震による想定被害地域の全てではなく、各被害地域により施設数や利用者は異なるが、この施設利用者は支援を必要とする人である。過去の災害事例から鑑みると、災害対応の初動は医療施設への支援者や給水等の物資支援の優先順位が高いが、社会福祉施設等への支援時期も見誤ると被害は甚大となる可能性が高い。

表 3-1-1　社会福祉施設等と医療施設における支援の優先順位を検討する際の項目等一例

項目	社会福祉施設等	優先順位判断	医療施設
利用者数		地域によって異なる	
生命への影響		＝？	
看護・介護ケア		＜	
職員数		＜	
備蓄		＜	
通信機器		＜	
自家発電設置		＜	
貯水槽		施設規模による違い	
支援の組織体系化		＜	
災害対応訓練頻度		＜	
BCP の整備状況		＜	

表 3-1-1 に、社会福祉施設等と医療施設における支援の優先順位の検討の際に挙がる項目の一例を記した。災害初期における判断の優先順位の予想ではあるが、地域における支援リソースの配分は、支援対象や支援時期によっても異なってくる。そのため、地域の社会福祉施設等における災害対応能力、リスクを鑑みて、限られた地域のリソースの配分を事前に検討しておく必要がある。

また、社会福祉施設等が福祉避難所と指定されている場合は、より重点的な事前準備への支援が必要である。これまで自治体の災害対応においては、避難所や在宅避難者、医療施設への支援を初動から計画されてきていた。しかしながら、社会福祉施設等への支援は、ひいては利用者の 2 次的健康被害や災害関連死への予防につながるため、社会福祉施設等

への BCP の整備が進んできている中、行政としても支援の在り方を検討していく時期と考える。

社会福祉施設等の被害想定に関しては、その施設の災害対応力に大きく左右される。社会福祉施設等の BCP の整備は令和 2 年より準備が進められているが、準備期間等から鑑みると先行して BCP の整備が進んでいる医療施設とは災害対応能力の差があると推測される。行政による災害時の社会福祉施設等の支援を検討していくことは必要であり、机上での検討も一つではあるが、自治体での災害訓練時には地域の社会福祉施設等も含めて実施することで施設や地域の想定していない想定外被害シナリオが発見でき、より具体的な対応策を検討していく機会となる。

3.1.5　医療機関、社会福祉施設等における上下水道の被害について

医療機関、社会福祉施設等における、上下水道障害による影響と、対応方法について、整理したものを表 3-1-2 として示す。

表 3-1-2　医療機関と社会福祉施設等における上下水道障害の影響と対応

<table>
<tr><th></th><th>医療機関</th><th>社会福祉施設等</th><th>対応方法</th></tr>
<tr><td rowspan="5">上水道障害</td><td>手洗い不可</td><td>手洗い不可</td><td rowspan="5">節水、計画性のある応急給水支援
医療提供等サービスの縮小
BCP 発動
施設利用者の避難(転院等)
上水道の復旧</td></tr>
<tr><td>手術や透析中止</td><td>トイレ使用不可</td></tr>
<tr><td>トイレ使用不可</td><td>清潔ケア不足</td></tr>
<tr><td>清潔ケア不足</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">冷却システム不可のためのサーバへの影響</td></tr>
<tr><td rowspan="2">下水道障害</td><td colspan="2">手洗い不可、トイレの使用不可</td><td rowspan="2">仮設トイレを活用した場合等
し尿を回収・運搬するバキュームカー
下水道の復旧</td></tr>
<tr><td>手術や透析等の中止
(汚水配管使用不可)</td><td></td></tr>
</table>

過去の災害においても、上水道の被害による医療機能への影響に関しては、代替え方法の活用、手術や透析患者の被害を受けていない医療機関への転送や、節水による必要最低限の給水車での応急給水支援での対応の事例が多くあった。令和６年能登半島地震では、水道施設や上下水道が大きな被害を受けたことから、石川県・新潟県・富山県の医療施設

にて、26 施設が医療継続に支障をきたした。また石川県内の 6 施設では、断水の解消に 3 か月以上を要していた（内閣府災害情報 Web；厚生労働省 Web）。上下水道地震対策検討委員会の報告書によると、石川県における令和 4 年度末時点の耐震化状況は、水道の基幹管路の耐震化率は全国平均(42.3%)を下回っている一方で、下水道の重要な幹線等の耐震化率は全国平均(56%)を上回っている(国土交通省上下水道地震対策委員会 2024)。上記同様の調査結果での、首都直下地震被害の 1 都 3 県(埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県)の、上下水道の耐震化状況は、水道の基幹管路の耐震化率は全国平均を上回っていたが、下水道の重要な幹線等の耐震化率は、東京都・千葉県が全国平均を上回っており、神奈川県・埼玉県は下回っていた。

これらのことからも、上下水道被害における、医療施設・社会福祉施設への影響は大きく、首都直下地震における 1 都 3 県への被害も甚大と想定される。

3.1.6　1 都 3 県における応急給水支援の検討課題

先述した、上下水道地震対策検討委員会の報告書では、令和 6 年能登半島地震における現地対策本部給水支援チームの給水支援ニーズの把握・対応フローが、図 5-7 として示されている（図 3-1-3 参照）(国土交通省上下水道地震対策委員会 2024)。また、本災害では、上下水道一体となった情報収集や、復旧支援、機能確保を優先した災害対応がされた。

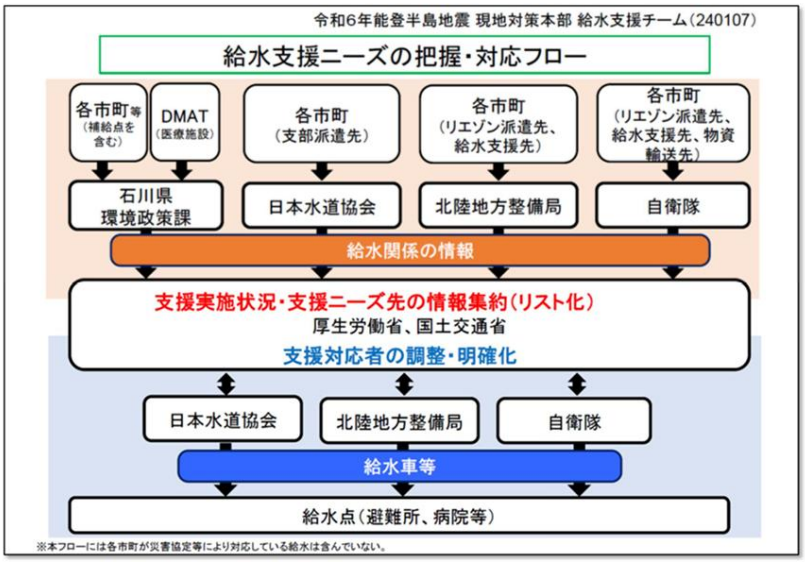


図 3-1-3　給水支援ニーズの把握・対応フロー

（上下水道対策検討委員会報告書 P31, 図 5－7）

１県での給水支援ニーズの把握フローに関しては、他都県におけても参考になると考える。しかしながら、首都直下地震における１都３県での給水支援における対応フローを検討する場合に、以下表 3-1-3 の事柄が検討事項として挙がると考える。

表 3-1-3　給水支援対応時の検討事項

	検討する事柄	
資源配分	人	関係団体からの応援人員等
	水	水源：取水、浄水施設の利用 活用目的：消火、飲料、生活用水、病院等施設機能維持
	運搬	給水車、自衛隊、企業等
優先順位	医療施設、社会福祉施設、その他の施設 避難所、福祉避難所、在宅避難者等住民	
調整機能	調整時期 調整に係る関係団体の会議体(各都県内、各関係団体、国等)	

この検討事項をどのように事前に検討していくかが、首都直下地震の減災や災害関連死減少につながる鍵と考えられ、これは下水道の被害への対応も含めた検討と調整が必要である。また、資源としての水の活用目的では、本報告書の 3.2 での消火活動にも大きく影響がある。

3.1.7 まとめ

本項では、首都直下地震における医療施設や福祉施設等のライフライン被害、とくに初動期の「応急給水支援」に関する課題について、令和 6 年能登半島地震の事例を参考に検討した。当研究会が注目する「相転移」の観点から、上下水道の被害も含めた適切な応急給水支援を実現するためには、一元化された被害情報の把握・分析、調整を行う指揮命令系統（本部機能）を事前に整備することが減災に繋がると考える。

首都直下地震では、1 都 3 県における資源の広域的な配分調整も重要であるが、それ以前に各自治体や地域レベルで、支援対象者に対する支援項目の優先順位を平時から総合的に検討しておくことが不可欠である。そのためには、病院だけでなく社会福祉施設等の災害対応能力をあらかじめ把握し、強化しておくことが重要である。これにより、発災後の

支援の遅れを最小限に抑え、二次的健康被害や災害関連死の予防につなげることが可能となる。さらに、各自治体に投入された資源を被災地内で適切に分配するためには、たとえば応急給水を医療機関・福祉施設・避難所などへ継続的に供給できるよう、自治体内部においても戦略的な資源配分機能を担う体制の構築が求められる。

【参考文献】

復興庁（2012）：東日本大震災における震災関連死に関する報告（平成 24 年 8 月 21 日）

国土交通省上下水道地震対策検討委員会（2024）：上水道地震対策検討委員会報告書，令和６年度能登半島地震における上下水道施設被害と今後の地震対策、災害対応の在り方（令和 6 年 9 月），

https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001765621.pdf（2025 年 3 月 31 日閲覧）

厚生労働省（2023）：令和５年版厚生労働省白書-つながり・支えあいのある地域共生社会，

https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/22/dl/zentai.pdf（2025 年 3 月 31 日閲覧）

厚生労働省：令和６年石川県能登地方を震源とする地震による被害状況等について，

https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_37198.html（2025 年 3 月 31 日閲覧）

厚生労働省老健局（2024）：介護施設・事業所における自然災害発生時の業務継続ガイドライン，厚生労働省老健局（令和 6 年 3 月），

https://www.mhlw.go.jp/content/000749543.pdf（2025 年 3 月 31 日閲覧）

熊本県　編（2018）：平成 28 年熊本地震熊本県はいかに動いたか，復旧・復興編

内閣府災害情報：令和６年能登半島地震による被害状況等について

https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/r60101notojishin/index.html（2025 年 3 月 31 日閲覧）

東京都福祉局：介護老人保健福祉施設一覧（令和 6 年 4 月 1 日現在），

https://www.fukushi.metro.tokyo.lg.jp/kourei/shisetsu/gaiyo/osagashi.html

（2025 年 3 月 31 日閲覧）

3.2 各論的論点 2（消防）: 首都直下地震の初動対応時に公設消防組織及び消防団において想定される課題の検討

都　城治

はじめに　首都直下地震が発生した場合、甚大な被害が発生する事に加え、初動対応の遅れはさらなる被害の拡大を招くと考えられる。特に、公設消防組織および消防団は、限られた人員・資機材のもと、多発する火災や救助要請に対応しなければならず、その活動には多くの課題が伴う。地震による道路閉塞や通信障害により、出動の遅れや指揮命令系統の混乱等が生じることが予想されるだけでなく、消防団員の充足率なども課題となる。本項では、これらの課題を整理・分析し、初動対応の効率化や支援体制の強化に向けた対策を検討することを目的とする。

3.2.1 発災直後における初動対応部隊の指揮体系において想定される課題

本項では東京都における消防組織の体制と先行研究から、首都直下地震発生時に初動対応部隊の指揮体系において想定される課題を検討する。平時の災害であれば、本部で受けた情報は各消防署に伝達し災害対応が行われ、消防力の不足時には、出場されていない他署管内の消防隊へ本部から応援命令を出し、災害規模に応じた消防力の調整を行っている。また、警察機関との直通回線が本部には設けられており、発災情報を共有することで、住民からの通報情報を相互に共有・補完し災害情報を漏れなく把握する体制を整備している。一方、大規模災害の発生時には、災害対応の効率化を目的に時限的に各消防署と本部は分けた連絡体制に替わることが重要な論点となる。阪神・淡路大震災などの過去の災害を教訓に東京都では、発災直後から通報を受ける本部の機能を各消防署に迂回させる措置を取り、部隊の運用主体も本部から各消防署単位に移行させることになっている（田口ら 2008)。このように部隊の運用主体を、平時の「本部運用」から発災時の「署隊本部運用」に切り替える目的は、多発する 119 番通報を遅滞や漏れなく各消防署で受け対応する点にある。また、このような運用主体の切り替え措置の効果については、田口らがシミュレーションを用いた分析を行い、特定地域のみをモデルにしているものの延焼面積の減少に寄与すると報告している（田口ら 2008)。

以上の議論を踏まえたうえで、首都直下地震発生時に想定される課題について、以下の様に考察する。前述したように平時では警察・消防機関の情報共有が常になされているも

のの、発災時は消防への通報は本部では無く各消防署に迂回するため、消防から警察への情報伝達、警察から消防への情報伝達にそれぞれ遅延が生じる可能性が指摘できる。また、隣接する消防署管内で発生し応援を要するような災害についても、消防署同士での応援要請を受けた後に、相互に調整をする必要があり、この点についても平時と比べて遅延を来す可能性がある。

次に緊急消防援助隊の受援体制について考察する。大規模災害時に迅速な消防活動の支援を行うため、緊急消防援助隊の出動態勢は被災地からの正式な要請を待たず、被害規模や状況を基に即座に部隊を派遣する「プッシュ型」の体制が整えられている（総務省 2024）。首都直下地震発生時には東京以外の他県については被害量が少ないことから、迅速な出動が期待できるものの、119 番通報の受報体制や部隊運用主体が各消防署にあるタイミングで緊急消防援助隊の受援を検討するとなると、真に応援が必要な災害現場が本部で把握しきれていない可能性がある。つまり、受援体制の準備に遅延が生じたり、発災現場からの需要と応援に入る消防力の供給にミスマッチが発生したりする可能性がある。緊急消防援助隊は阪神・淡路大震災を契機に発足しており、大都市圏の直下型地震災害への出動実績に乏しい。そのため、これらの指摘を補完する定量的な評価や先行研究に乏しく、本稿においても定性的な評価に留まるものの、緊急消防援助隊の活動は火災の拡大を防ぐためには無視できない要素である。今後も発災後の初動体制の在り方や、受援態勢の整備、他機関との連携などに着目した研究の必要性があると考えられる。

3.2.2 発災時の火災被害量と消防団員不足率との関係

（１） 本分析に関わる先行研究と目的

我が国において、首都直下地震は南海トラフ大地震と並んで甚大な被害が危惧され、様々な視点から防災対策が推進されている。発災直後の初動時においては、既往研究や過去の報告からも消防団員への期待は高い（総務省 2004；高橋ら 2018）。しかし、近年では消防団員の充足率低下が社会的な課題と指摘されている（総務省 2017；濱口 2020）。本稿では東京都区部における消防団の充足率と想定される被害との関係に着目した。

公設消防の消防職員は定数が定められており、正規職員としての雇用や人事異動が行われるため、地域ごとの消防力の差は比較的小さい。一方、消防団はその仕組みが異なり、地域によって団員数や活動状況に差が生じる。また、首都直下地震が発生した場合の被害規模も地域によって異なり、特に地震火災の発生件数には地域差が見られる。本項では、

東京都 23 区における地震火災の出火件数と消防団員不足率の相関分析を行い、これらの関係性について検討した。

（２）本研究における調査手法

東京都 23 区の被害量と消防団員不足率に関する分析プロセスを以下に示す。本分析では首都直下型地震の被害想定（東京都 2022）における 23 区別の死者数、出火件数を引用する。被害想定における 23 区の死者数は、5 分位点を基準に用い A、B、C、D、E 群に分類した（図 3-2-1）。

23 区別の消防団員不足率は以下の様に算出した。東京都においては、23 区に 58 の消防団が存在し、1 つの行政区内に最大で 4 つの消防団が存在する事になる。58 の消防団の定数と現在人数を、公開されているオープンデータから取得し、23 区別の消防団員の不足率を算出したデータセットを生成した。取得したデータは令和 5 年 4 月 1 日時点の物である。

次に 23 区別の消防団員不足率と被害想定における火災の出火件数とかけあわせ散布図を描画し相関分析を行った。散布図には各サンプルに加えて回帰直線と 95%信頼区間を描画した。被害には地域差があると考えられるが、死者数の格段に多い地域も含んだ相関分析を行うと、当該データそのものが強い効果量を持つため相関係数の値に影響を及ぼす可能性がある。生物統計の分野ではこのようなサンプルを通常外れ値として扱い除外する事となるが、データの性質上サンプルサイズが限定されているため、本研究ではサブカテゴリ化し分析を行った。最も死者数の多い A 群をカテゴリーⅠとし、B、C、D、E 群をカテゴリーⅡとする。相関分析を行う際は、23 区全てを包含した場合とカテゴリーⅠ、 Ⅱそれぞれを分けた場合とで行った。本研究で使用するデータの構成は、正規分布を前提しないため Spearman 順位相関係数を算出した。相関係数の値は通常、-1 から 1 までの範囲に存在し、本研究における相関係数と妥当性の強弱の評価には一般的に用いられている指標（0.2 未満：相関無し、0.2～0.39：弱い相関、0.4～0.69：相関あり、0.7 以上：強い相関）（久保 2012）を採用した。解析ソフトは SAS 社製 jmp pro.ver15 を使用した。

（３）分析結果及び結果の解釈

23 区の出火件数と消防団員の不足率を掛け合わせて散布図に描画した（図 3-2-2）。Spearman 順位相関係数を算出し、23 区全体で r＝0.62、カテゴリーⅠで r＝0.70、カテゴリーⅡで r＝0.75、と正の相関が確認できた。カテゴリーⅠについてはサンプルサイズの

小ささから統計学的有意差には至らないが、カテゴリーⅡのみの相関係数で 0.75 であったことを踏まえると、被害量が多い地域（カテゴリーⅠ）が持つデータを包含して分析を行うことで、23 区全体の分析結果が受けた影響は限定的と考えられる。

本研究の分析結果から、出火件数と消防団員不足率の間に相関関係が見られた。分析結果の解釈をするため本研究で引用した被害想定における、被害量算出の過程を確認すると、消防団員の人数に関するパラメーターは用いられておらず、阪神・淡路大震災を始めとする過去の災害による出火率や建物倒壊率から被害量は算出されている（東京都、2022）。つまり、本研究における相関関係は、データ解析上の重複によるものではなく、独立した変数間の相関であるといえる。また被害想定における、火災消火成功率にも消防団員の不足は考慮されておらず、全ての消防団は人的資源が充足して活動する前提であり、この点からも被害想定手法と東京都の現状に乖離があると評価できる。

本分析結果は 23 区全体において、出火件数が多く消防力を要する地域であるほど、消防団員が不足しており、被害とそれに対処する消防団員という人的資源のミスマッチによる、火災被害の二極化の可能性を示唆している。

（４）考察及びまとめ

本項における分析結果から、地域が抱える火災被害リスクと消防団員不足の相関が課題として指摘されるが、これに対する方策について以下のように考察する。既往研究では、消防団員の時間帯別対応力の課題について指摘し、参集困難な時間帯における解決策として人員が充足している分団から他の分団へ移動措置を図ることで、消防団員の人数を調整し、全体最適とする提案がなされている（髙橋ら 2018）。この研究結果は特定の消防団について分析した結果であり、本研究結果に当てはめることは一定の複雑性を伴うものの、人員の移動措置という概念は一部準用可能であると考えられる。

消防団員は、居住地団員と勤務地団員に分かれる。被害の少ない地域にいる勤務地団員は、被害の大きい地域を通過または目の当たりにしつつ参集する可能性がある。そのため、勤務地団員が自宅にいる際に発災した場合は、所属する消防団への参集を試みつつ、途中の消防署にある消防団本部に立ち寄り、指示調整を受けることで、限られた人員でも被害が集中する地域で効果的な消防活動が展開できると考える。東京都の消防団員の半数以上が被雇用者である（7595 人/13461 人）ことは（東京都総務局 2024）、地域密着性の乏しさを指摘されているものの、機動的な運用体制の可能性を含む。指揮系統や具体的な人員調

整方法の課題はあるが、大規模災害が発生した場合に即戦力で活動できる消防団員を確保できるメリットは、被害量の大きい地域において特に大きいと考えられる。

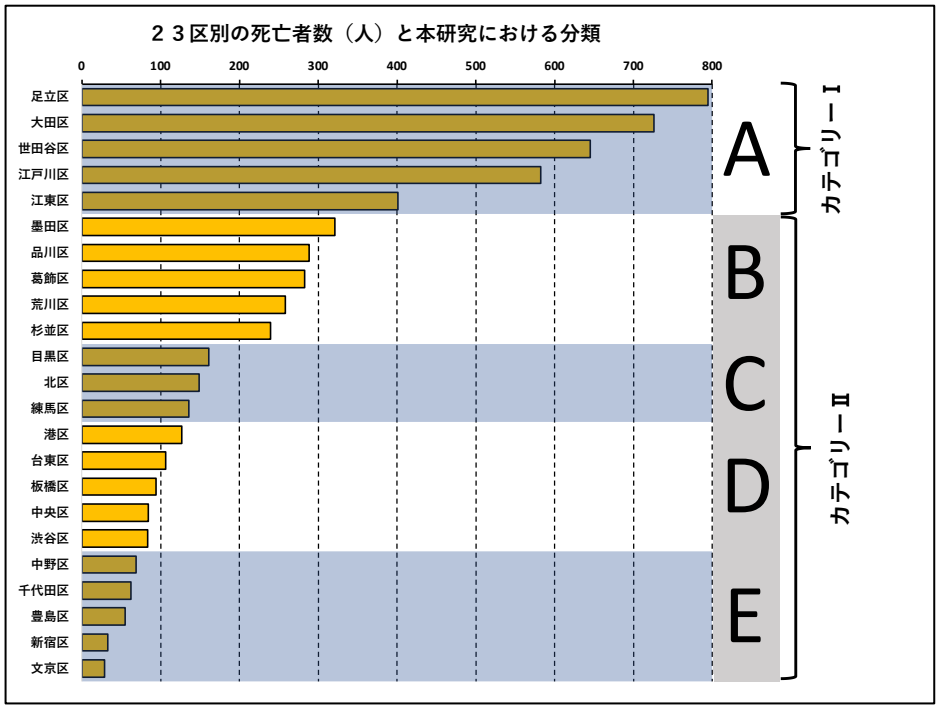
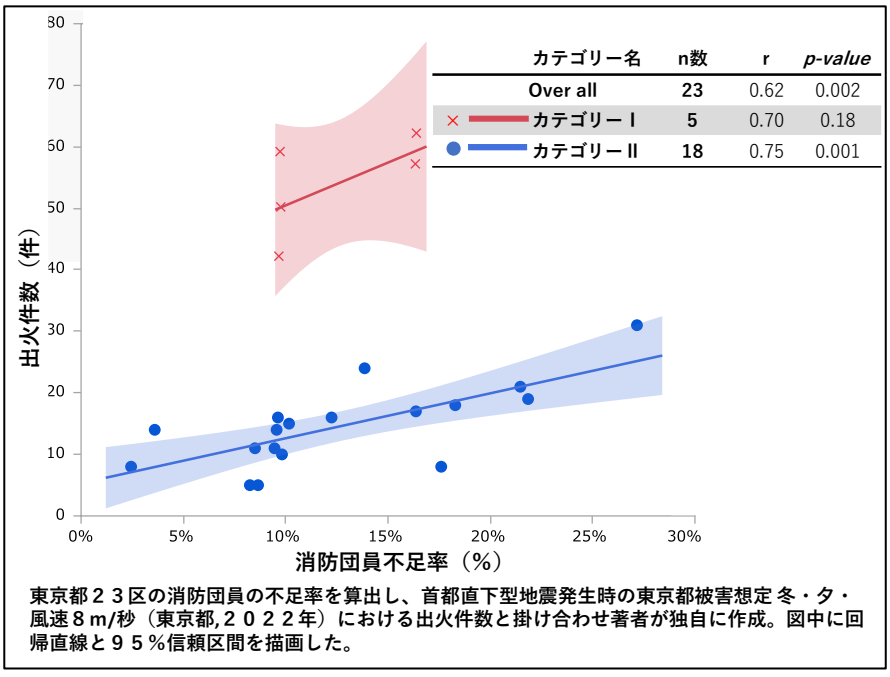


図 3-2-1. 23 区別の死亡者数と本研究における分類



東京都２３区の消防団員の不足率を算出し、首都直下型地震発生時の東京都被害想定 冬・夕・風速８m/秒（東京都,２０２２年）における出火件数と掛け合わせ著者が独自に作成。図中に回帰直線と９５%信頼区間を描画した。

図 3-2-2. 東京都区部における出火件数と消防団員不足率の散布図及び相関分析結果

3.2.3 東京都区部における団員減少及び高齢化の傾向と想定される影響

(1)消防団員の減少に関する背景と本項の目的

近年、消防団員の減少と高齢化が進んでおり、特に都市部では団員の確保が課題となっている。平成 25 年には「消防団を中核とした地域防災力の充実強化に関する法律」が制定され、各自治体で様々な取り組みがなされたものの人数の充足という点では全国的に抜本的な解決には至っていない（総務省 2013)。消防団は、災害時の初動対応において重要な役割を担う人的資源であり、その減少が続けば、将来的に地域の防災力の低下が懸念される。本項では、東京都区部における消防団員の高齢化・充足率の推移と将来的な充足率を予測することで､団員減少と高齢化が初動体制に与える影響を検討することを目的とする。

(2)本研究における調査手法

我が国の消防団員に関する調査は毎年総務省消防庁が行い、その集計結果は消防白書として発行されているが、都道府県ごとの消防団員の詳細な集計結果は一般公開されていない。本項では総務省消防庁にヒアリング調査を行い､「消防年報（東京都版）2008 年～2021 年」として集計済みの東京都全体の消防団員の充足率、年齢別構成比について情報提供を受け分析を行った。本項では消防団員の充足率を分析、予測する過程において、重回帰分析を採用した。重回帰分析は、複数の説明変数を使用して目的変数（連続尺度）をモデリングする統計手法である。また、重回帰分析は複数の変数を用いて目的変数を説明するモデルを構築し、変数間の関係を理解し、算出されたパラメーター推定値から予測値を算出することが可能である（久保 2012)。本項においては、消防団員の充足率を目的変数とし、測定年（西暦)、地区（日本全国 vs 東京都、 23 区 vs 多摩地区）を説明変数とした。さらに、地区別の減少率の傾きの強さを検証するため交互作用項として測定年*地区を投入した。さらに重回帰分析で算出されたパラメーターから、日本全国、東京都、23 区、多摩地区それぞれの 2023 年から 2040 年までの消防団員の充足率を推定した。

日本人の高齢化の定義については様々な議論があるが、本項では 50 歳代以上の団員を高齢団員と定義した。葛谷（2009）によると「日本人は通常、20 歳と 50 歳を境に筋力の低下が認められ、50 歳代からは加齢現象が始まる。」とされている。世界保健機構では 65 歳以上を高齢者と定義し、保険診療の適応としているが、我が国における一般的な定年退職と同義となるため本研究の意図とは乖離がある。以上の議論から 50 歳代以上の団員を高齢団員と定義し、日本全国、東京都、23 区、多摩地区それぞれの高齢団員率を記述した。

(3)分析結果及び結果の解釈

日本全国と東京都の消防団員の充足率を図 3-2-3 に、東京都の 23 区と多摩地区の消防団員の充足率を図 3-2-4 に示す。全国に対し東京都、多摩地区に対し 23 区の消防団員充足率はそれぞれ下降傾向が強いことが伺える。重回帰分析結果を表 3-2-1、表 3-2-2 に示す。交互作用項として変数投入した測定年*地区の p 値はそれぞれ 0.05 未満であり、東京都と 23 区の消防団員減少傾向は日本全国、多摩地区と比較して統計学的に強いと言える。さらに、消防団員減少率を目的変数にした回帰式から 2023 年～2040 年までの各地域別の消防団員充足率を算出し表 3-2-3 に示す。23 区が最も消防団員充足率の低下が著しく、2035 年には 70%を、2040 年には 65%を下回る結果となった。

日本全国、東京都全体、23 区、多摩地区の消防団員のうち、高齢団員率を図 3-2-5 に示す。全国的にも 50 歳以上の団員は増加傾向にあるが、特に 23 区は高齢化の傾向が顕著であり、2021 年段階では団員の 56.7%が本研究で定義する高齢団員に該当し、全国平均の約 2 倍以上であった。

(4)考察及びまとめ

本研究の分析において、日本全国と比較して東京都が、中でも 23 区の消防団員の充足率の低下傾向は強いことが明らかとなり、消防団員の高齢化も 23 区は特に進んでいることが明らかとなった。消防団員の充足率低下と高齢化は解析上、個別の変数として扱ったが、それぞれが異なる個別の問題ではなく、相互に関連するものである。背景としては、我が国が全国的に抱えている少子高齢化の問題であり、本研究で対象とした東京都以外の、他の道府県でも起こりえる問題といえる。

特に消防団員の高齢化については、将来的な予測も重要でありながら、喫緊の課題ともいえる。日本人は生物学的に 50 歳以上になると体力の低下がみられるとされ、中でも 23 区は特に進んでおり、団員の半分以上が該当する。しかし、消防団員に期待される活動は消火や救助などの身体的負担の高い過酷な活動であり、50 歳以上の体力の低下した団員がこのような活動を連続して行うことは、非常に過酷であるばかりか、二次的災害の危険も高まると言える。

消防団員が不足していることについては、総務省消防庁を始め様々な機関が危機感を抱き人数を充実させようと諸施策が行われている。消防団活動の負担を軽減させるために、全国の消防団で行われている操法大会の要否に関する議論や（総務省消防庁 2021)、消防

団員の様々な役割に着目し機能別団員という制度設立が進められているが（消防庁長官 2006）、全国的には抜本的な解決策には至っておらず、非常に難しい問題となっている。しかし、本研究の分析過程において消防団員の充足率は一方的に低下していたとは言えず、むしろ東京都の 2009 年（前年比 1.3%増）、2010 年（前年比 1.7%増）、2020 年（前年比 0.3%増）、2021 年（前年比 1.3%増）については改善傾向が確認できる。この背景には、総務省消防庁や東京消防庁による様々な施策の実施が関連している。2008 年には消防団員不足が社会問題として取り上げられ、消防団員充足に向けた機運が高まったことを後押しに総務省消防庁から、「消防団員確保の更なる推進」に関する通知がなされ、企業に対する税制優遇など様々な取り組みがなされた（消防庁長官 2006）。また、東京都では 2020 年にオリンピックが控えていたことから、「2020 年に向けた実行プラン」が 2016 年から開始され（東京都政策企画局 2016）、特別区学生消防団活動認証制度や、特別区の消防団協力事業所表示制度が次々と開始された。特に学生消防団員の加入に関するトピックは近年、増加している。学生消防団員の構成比率に関する報告や統計が存在しないため、実数値に基づく議論はできないものの、23 区の消防団では学生消防団員の加入報道が時折散見されており、その裏付けともいえる（令和 5 年成城消防団に大学生 22 名入団、令和 4 年目黒消防団に大学生 60 名入団）（一般社団法人東京都消防協会 2023）。その反面、学生消防団員については永田（2017）が分析し、学生消防団員は就職を機に退団する場合があるため、継続的な消防団員の確保という視点からは不安が残るとしている。しかし、就職を機に退団することとなったとしても、学生身分のうちに消防団としての活動を経験することは、社会全体として災害に対応可能な人的資源が増加していくことにつながる。学生消防団員に関する議論は今後の社会問題解決に向けた糸口となる可能性であることを指摘するにとど

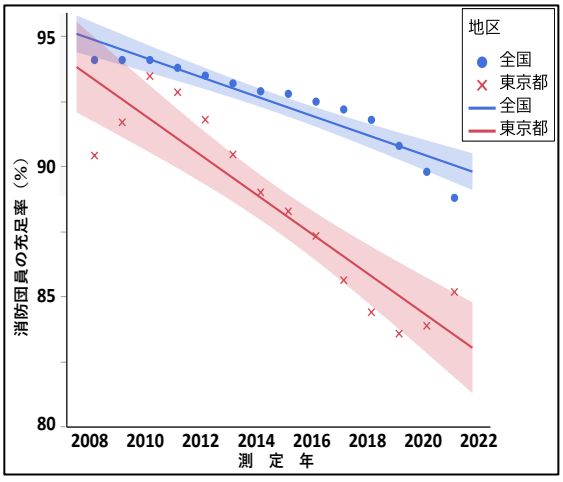


図 3-2-3 全国と東京都の消防団員充足

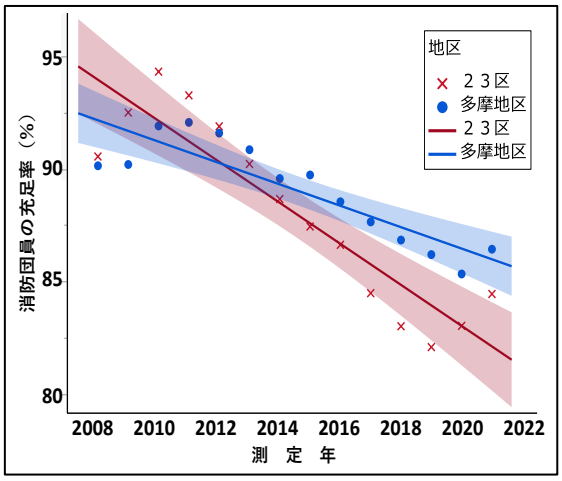


図 3-2-4 23 区と多摩地区の消防団員充足

め、今後の課題としたい。

表 3-2-1. 全国と東京都の消防団員充足率の解析結果

予測式における各パラメーター推定値とその統計量（日本全国, 東京都）

	推定値	t値	上側95%CI[a]	下側95%CI	*p-value*	β値
切片[b]	12.242	11.530	14.434	10.050	<.0001	0
測定年	-0.006	-10.680	-0.005	-0.007	<.0001	-0.688
地区	0.020	-3.630	-1.661	-6.045	<.0001	-116.806
測定年*地区	0.002	3.650	0.003	0.001	0.001	117.416

Adjusted, 測定年（2008～2022）, 地区（0=全国, 1=東京都）, 測定年*地区

[a] **abbreviation：** Confidence interval, CI

[b] **For analysis,** F値=72.4, R^2= 0.9, 調整済みR^2=0.89, p-value=<.0001, 分散拡大係数＜10
Over dispersion paramater=0.001

表 3-2-2. 23 区と多摩地区の消防団員充足率の解析結果

予測式における各パラメーター推定値とその統計量（２３区, 多摩地区）

	推定値	t値	上側95%CI[a]	下側95%CI	*p-value*	β値
切片[b]	14.831	10.600	17.700	11.900	<.0001	0
測定年	-0.007	-9.900	-0.005	-0.008	<.0001	-0.853
地区	-0.005	3.140	7.260	1.497	0.076	133.940
測定年*地区	-0.002	-3.140	-0.001	-0.003	0.004	-134.099

Adjusted, 測定年（2008～2022）, 地区（0=多摩地区, 1=23区）, 測定年*地区

[a] **abbreviation：** Confidence interval, CI

[b] **For analysis,** F値=37.6, R^2= 0.82, 調整済みR^2=0.80, p-value=<.0001, 分散拡大係数＜10
Over dispersion paramater=0.002

表 3-2-3 各地域別の消防団員充足率推定値（%）

西暦	日本全国	東京都	23区	多摩地区
2023	89.3	82.0	80.3	85.1
2024	88.9	81.3	79.4	84.6
2025	88.6	80.5	78.5	84.1
2030	86.7	76.7	74.0	81.7
2035	84.9	73.0	69.4	79.4
2040	83.0	69.2	64.9	77.0

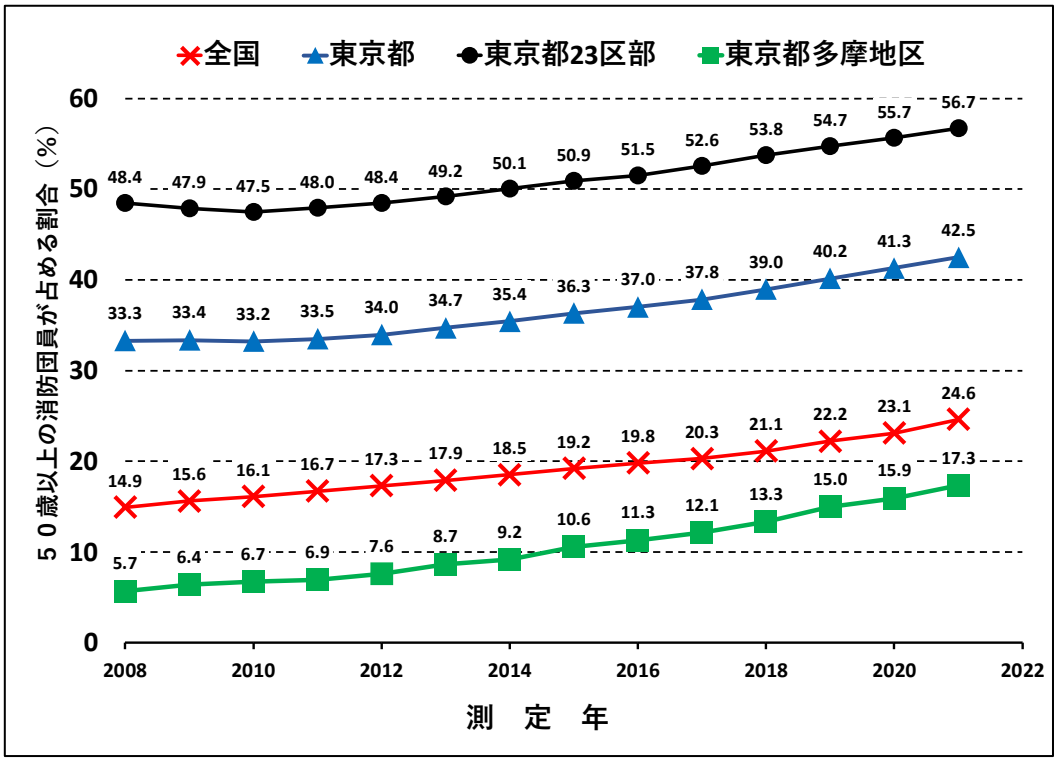


図 3-2-5 各地区別の消防団員の高齢化率

【参考文献】

一般社団法人東京都消防協会，とうきょう消防団ニュース，
https://tosyoukyou.jp/dan_dayori/（参照年月日：2025 年 3 月 14 日）

濱口 和久(2020)：地域社会における消防団の位置づけと課題について，拓殖大学地方政治行政研究所 11， pp19-36.

久保拓弥（2012）：岩波書店， データ解析のための統計モデリング入門一般化線形モデル・階層ベイズモデル・MCMC

葛谷雅文（2009）：老年医学における Sarcopenia&Frailty の重要性， 日本老年医学会雑誌，46，pp279-285

永田尚三（2017）： 学生の消防団への加入促進の取り組みについての一考察， 季刊行政相談， 武蔵野大学政治経済研究所年報.

消防庁長官（2006）： 消防団員確保の更なる推進について（通知）， 消 防 災 第 275 号

消防団を中核とした地域防災力の充実強化に関する法律（平成 25 年公布）

総務省消防庁(2024)：令和 6 年能登半島地震における緊急消防援助隊の活動について．消防の動き． 第 636 号， pp18-21

総務省消防庁(2017)：「消防団員の確保方策等に関する検討会」報告書.
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/kento206.html(最終閲覧 2025/3/14)
総務省消防庁（2021）：消防団員の処遇等に関する検討会（最終報告書）
総務省消防庁：地域防災体制の充実強化に向けた消防団員確保の在り方について,
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/kento048.html(最終閲覧 2025/1/31)
髙橋 拓，糸魚川 栄一(2018)：東京都特別区消防団員を対象とした時間帯別の震災対応力に関する研究－地震火災時の消火対応の観点から―. 地域安全学会論文集 2018 (33)，pp 93-103
田口元寿・糸井川栄一・熊谷良雄(2008)： 首都直下地震時における火災被害リスク低減のため戦略的な消防力運用に関する研究－消防力運用方法の切替え時期と被害軽減効果の分析－，地域安全学会論文集，No.10，pp.113-123
東京都防災会議（2022）： 首都直下地震等による東京の被害想定報告書.
東京都政策企画局（2016）： 2020 年に向けた実行プラン策定方針について
東京都総務局総合防災部(2024)：消防年報，pp50

3.3 各論的論点 3（自衛隊）：首都直下地震における自衛隊の初動対応に関する役割と課題

中林　啓修

はじめに　本項では、首都直下地震での自衛隊の災害派遣について検討していく。まず、首都直下地震での自衛隊の対応計画について概観したのち、東日本大震災での事例をベースに、首都直下地震において全国の陸上自衛隊による応援部隊の被災地への展開をめぐる課題について論じていく。

その後、1都3県（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）の地域防災計画における自衛隊の役割を確認した上で、令和4年度末に実施した陸上自衛隊の部隊を対象としたオンライン調査の結果や、近年の災害派遣における検証報告などの内容から、自衛隊と自治体との連携に関する課題や論点を明らかにしていく。

3.3.1 首都直下地震での自衛隊の災害派遣の概要

(1) 自衛隊の活動計画の概要

中央防災会議幹事会が取りまとめた「首都直下地震における具体的な応急対策活動に関する計画」によれば、自衛隊の災害派遣部隊は、情報収集、人命救助・捜索救助、消防及び水防活動、応急医療及び救護、緊急輸送、生活支援等を行うこととされている。その際の活動規模は、最大で約 11 万人から 12 万人規模であり、東日本大震災での派遣規模に匹敵する（表 3-3-1）。より具体的には、「人命救助活動を最優先で行いつつ、生活支援等については、地方公共団体、関係省庁等の関係者と役割分担、対応方針、活動期間、民間企業の活用等の調整を行うものとする。さらに、被災直後の地方公共団体は混乱していることを前提に、防衛省・自衛隊は災害時の自衛隊による活動が円滑に進むよう、活動内容について「提案型」の支援を自発的に行い、関係省庁の協力も得て、自衛隊に対する支援ニーズを早期に把握・整理する」とされている。この際の活動は、組織的には 2 つの時期に分けられる（図 3-3-1）

すなわち、首都圏を管轄している陸上自衛隊東部方面隊を主体として活動する時期と、陸上自衛隊の部隊運用全般を統括する陸上総隊の元で、海空自衛隊を含めた災害派遣部隊を一元的に運用する統合任務部隊を編成して活動する時期である。

表 3-3-1 首都直下地震における自衛隊の派遣規模

全体： 110,000 人ˆ (120,000 人) ˆ：予備自衛官 25,000 人 を含む	東部方面隊＋海空*：52,000 人(62,000 人) *：海空自衛隊はそれぞれ 5,000 人規模
	北部方面隊：16,000 人
	東北方面隊：11,000 人
	中部方面隊：17,000 人
	西部方面隊：14,000 人

初動対応を含む　　応援部隊の規模

図 3-3-1　自衛隊による首都直下地震対応の計画上の推移

(2) 首都直下地震をめぐる自衛隊による広域応援の考え方と論点：東日本大震災での広域応援を踏まえて

さて、首都直下地震が発生した場合、自衛隊による災害派遣は、大規模なものになることが予想される。陸上自衛隊は全国を 5 つの隊区で区分し、それぞれに方面隊（北部、東北、東部、中部、西部の各方面隊）を置いている。2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、隊区が主要な被災地となった東北方面隊に対して、他の 4 つの方面隊（以下、4 方面隊）が応援部隊を派遣している。

この点を踏まえると、首都直下地震でも、首都圏を管轄する陸上自衛隊東部方面隊単独による対応にとどめず、陸上自衛隊全体、更には海空自衛隊を含めて単一指揮下に置く統合任務部隊の編成も考えられる。このように、大掛かりな体制となった場合、全国からの応援部隊をいかに円滑に現地で展開できるかが重要になる。

東日本大震災を例にとれば、東北方面隊を除く 4 方面隊は、それぞれの大規模地震への

対処計画に依拠して部隊派遣を決定しており、全ての方面隊が自地域での災害派遣や隊区の防衛上・災害上のリスクに備えて一定の部隊を残置させた。時期に注目すると、東北方面隊に隣接している北部方面隊と東部方面隊が、それぞれの隊区で発生している被害への対応と並行して比較的早期に応援部隊を派遣している。これに対して中部方面隊と西部方面隊からの本格的な部隊派遣は内閣総理大臣による 10 万人体制の指示を受けて行われている。部隊の移動は主に陸路だが、海を越える必要があった北部方面隊と西部方面隊では民間船舶や米軍を含めた空海路も活用している（表 3-3-2)。

東日本大震災での自衛隊の広域応援から得られる一般的な示唆としては、①応援団体自体が災害対応を行なっていたり、備えるべき課題があったりすることで派遣規模には自ずと限界があること、②自己完結性を維持するために応援団体が確保している兵站機能を、同じ地域で活動する他の関係機関と共有することで地域の災害対応全般に貢献できる可能性があること、③特に陸路での長距離派遣にあたっては、経路上での支援も必要になる可能性があり、具体的には西部方面隊の進出を中部方面隊や東部方面隊が支援していたことの 3 点がある。

これに対して、首都直下地震の場合、被害状況に応じて、2 段階での部隊進出（拠点→予備前進目標→前進目標）を行う可能性があるほか、地域担当部隊が激甚被害地区を担当し、応援部隊はその周辺を担当することが基本的考え方になっている。さらに、補給を担う FSA として、東日本大震災では、陸上自衛隊は郡山駐屯地と岩手駐屯地にそれぞれ設定し、東部方面隊と北部方面隊の応援部隊が運営していたのに対して、首都直下地震では、厚木飛行場の活用などが想定されており、より複雑な調整が必要となる可能性がある。

しかし、首都直下地震では、国の中枢が被災することにより、そうした調整ができなくなる可能性もまた考えられる。そこで、冗長性の確保を含めた事前調整が必要となる。

表 3-3-2　東北方面隊への応援部隊派遣のための 4 方面隊の活動

方面隊	北部方面隊	東部方面隊	中部方面隊	西部方面隊
依拠した事前計画	日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震対処計画	宮城沖支援計画	東海地震対処計画及び首都直下地震対処計画	東海地震対処計画及び首都直下地震対処計画
事前指定派遣部隊	第 2 師団	第 12 旅団	第 3 師団、第 10 師団、第 13 旅団、第 14 旅団	第 4 師団
当初の派遣部隊	第 2 師団、第 5 旅団	第 12 旅団	第 10 師団、第 13 旅団、第 14 旅団、第 3 師団生活支援隊	第 4 師団、第 15 旅団、西部方面特科隊、第 2 高射特科団、西部方面後方支援隊
派遣の検討/実施時期	3.11 / 3.12	3.11/ 3.12	3.11/3.14	3.11 / 3.14
隊区での災害派遣	あり（東日本大震災）	あり（東日本大震災、鳥インフルエンザ）	なし	あり（新燃岳噴火、鳥インフルエンザ）
東北への移動手段	チャーターフェリー、米軍艦船・航空機、航空自衛隊機	陸路	陸路	陸路、米軍航空機
特筆すべき事項	＊岩手 FSA（Forward Support Area：前方支援地域）の指定・運営 ＊北方防衛のための部隊残置	＊郡山 FSA の指定・運営 ＊移動部隊の通過支援 ＊他方面隊部隊への休養施設の提供 ＊首都防衛と災害対応のための部隊残置	*＊南海トラフ巨大地震へ備えるための部隊残置* ＊移動部隊の通過支援	＊南西防衛と災害対応のための部隊残置

（出典）陸上幕僚監部（2014）および火箱（2012）（*斜体部*）から執筆者作成

3.3.2　1 都 3 県の地域防災計画における自衛隊の役割について

前節では自衛隊側の対応計画を見てきたが、それらを受ける自治体側は災害下での自衛隊の役割をどのように認識しているのだろうか。この点を、1 都 3 県（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）の地域防災計画における自衛隊の役割についての記述から確認していく（表 3-3-3 参照）。1 都 3 県の地域防災計画では、自衛隊は、基本的には人命、身体又は財産の保護や応急復旧などの共通の役割を担っている。しかし、詳細に見ていくと、多少

の相違も認められる。すなわち、自衛隊に関して、千葉県においては準備段階から「防災資材の整備及び点検」が含まれているほか、神奈川県では「民間事業者等への移行までの応急対策として災害廃棄物の撤去」が含まれている。また、南関東防衛局（神奈川県）については「災害時における防衛省本省及び自衛隊等との連絡調整」も業務に含まれている。

表3-3-3　1都3県の地域防災計画に示された自衛隊の役割

埼玉県（2023年）	千葉県（2023年）	東京都（2023年）	神奈川県（2021年）
1 災害派遣の準備 ✓ 災害派遣に必要な基礎資料の調査及び収集に関すること ✓ 自衛隊災害派遣計画の作成に関すること ✓ 県地域防災計画と合致した防災訓練の実施	1　災害派遣の準備 ✓ 防災関係資料の基礎調査に関すること ✓ 自衛隊災害派遣計画の作成に関すること ✓ 防災資材の整備及び点検に関すること ✓ 千葉県地域防災計画及び自衛隊災害派遣計画に合致した各種防災訓練の実施に関すること	1　災害派遣の計画及び準備に関すること。 ✓ 防災関係資料の基礎調査 ✓ 災害派遣計画の作成 ✓ 東京都地域防災計画に整合した防災に関する訓練の実施	✓ 防災関係資料の基礎調査 ✓ 自衛隊災害派遣計画の作成 ✓ 神奈川県地域防災計画に合わせた防災に関する訓練の実施 ✓ 人命又は財産の保護のために行う必要のある応急救護又は応急復旧 ✓ 民間事業者等への移行までの応急対策として災害廃棄物の撤去
2　災害派遣の実施 ✓ 人命、身体又は財産の保護のために緊急に部隊等を派遣して行う必要のある応急救援又は応急復旧の実施に関すること ✓ 災害救助のため防衛省の管理に属する物品の無償貸与及び譲与に関すること 参考：北関東防衛局 1　災害時における所管財産の使用に関する連絡調整に関すること 2　災害時における自衛隊及び在日米軍との連絡調整に関すること	2 災害派遣の実施 ✓ 人命又は財産の保護のため緊急に行う必要のある即時応急救援活動、民生支援及び復旧支援に関すること ✓ 災害派遣時の救援活動における防衛省の管理に属する物品の無償貸付及び譲与等に関すること 参考：北関東防衛局 1　災害時における所管財産の使用に関する連絡調整に関すること 2　災害時における自衛隊及び在日米軍との連絡調整に関すること	2　災害派遣の実施に関すること。 ✓ 人命又は財産の保護のために緊急に行う必要のある応急救援又は応急復旧 ✓ 災害救助のため防衛省の管理に属する物品の無償貸付及び譲与 ✓ ✓ ✓ 参考：北関東防衛局 1　災害時における所管財産の使用に関する連絡調整に関すること。 2　災害時における自衛隊及び在日米軍との連絡調整に関すること。	✓ 災害救助のための防衛省の管理に属する物品の無償貸付及び譲与 参考：南関東防衛局 (ｱ)　所管財産の使用に関する連絡調整 (ｲ)　災害時における防衛省本省及び自衛隊等との連絡調整 (ｳ)　在日米軍が災害対策措置を行う場合の連絡調整支援

（出典）埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県の地域防災計画から執筆者作成

3.3.2　陸上自衛隊を対象としたオンライン調査と結果の概要

（１）調査の概要

本項における調査は、陸上自衛隊教育訓練研究本部の支援を受けて、陸上自衛隊の業務システムを介してオンラインで実施した。調査事項の概要を表3-3-4として示す。

表3-3-4　今回の調査での質問項目

概念	質問事項　大項目	質問事項　小項目
属性	部隊名	＊部隊名
	上級部隊名	＊上級部隊名
平成28年以降の災害派遣全般の状況	種類別の派遣状況	＊風水害・地震等、捜索救助、消火活動、家畜伝染病その他での派遣状況（回数、主な活動、派遣期間）
	災害派遣の影響評価	＊災害派遣の練度向上、他の任務の練度向上、隊区の警備体制の維持・強化、訓練等年間計画の充実、その他平時の任務の実施、隊区内の自治体や住民等からの信頼についての影響評価
	課題認識	＊課題事項と特に課題と感じる事項 ＊課題改善に取り組むべき組織(自衛隊側/自治体側)
	隊区内の自治体との関係	＊現在行っている取り組み及び過去5年以内に開始した取り組み
平成28年熊本地震での災害派遣の状況	派遣の状況	＊派遣の有無 ＊（派遣された場合）派遣先と派遣期間、実施した主な活動
	派遣先自治体との関係	＊派遣先自治体での調整先と多機関調整での自治体以外の調整先 ＊災害対策本部会議への出席状況
	課題認識	＊課題事項と特に課題と感じる事項
平成30年7月豪雨での災害派遣の状況	派遣の状況	「平成28年熊本地震での災害派遣の状況」に準じる。
	派遣先自治体との関係	
	課題認識	
令和元年東日本台風での災害派遣の状況	派遣の状況	「平成28年熊本地震での災害派遣の状況」に準じた設問に「提案型災害派遣の状況（提案の有無と内容)」を追加。
	派遣先自治体との関係	
	提案型災害派遣の状況	
	課題認識	
災害派遣の要件等に対する認識	災害派遣の終期についての認識	＊終期を設定することの是非と適切な終期についての考え方
	災害派遣の3要件についての認識	＊実際の活動と要件との関係性についての認識及び要件のあり方に関する考え方
その他	その他	＊災害派遣に関する意義、課題、希望などについての認識

対象は、2次部隊と呼ばれる、災害派遣において実際に現場での活動を担う部隊で、概ね中隊がこれに該当する。陸上自衛隊を対象とした理由は、災害派遣における中核的存在であり、海空自衛隊に比べて派遣頻度が最も多い軍種だからである。今回の調査では、対象となる部隊数約1083隊に対して、288隊の回答が得られた。95%信頼区間での誤差は5%以内であり、全体の傾向を有意な形で把握するには十分な回答を得ている。調査期間は2023年2月20日から3月10日までである。なお、調査対象期間は、陸上自衛隊教育訓練研究本部とも相談の上､回答率に影響すると思われる担当者の負担なども勘案して2016年以降とした。回答は、部隊が保有する活動記録や活動後に取りまとめることが多い教訓資料などに基づき、部隊としての回答を求めた。

(2) 調査結果の概要

本調査の詳細については、紙幅の都合から中林（2023）に譲るが、主な結果を「活動実態」､「自治体との連携」そして､「災害派遣に対する認識」の 3 点で整理すると、以下のようにまとめることができた。

＜活動実態について＞

① 災害派遣の経験回数については派遣要因に関わらず部隊ごとのばらつきが大きかった。

② 自然災害に起因する災害派遣は長期化する傾向が見られた。

③ 活動分野は、人命救助のみならず、給水や瓦礫処理など、災害対策の全般にわたっており、従事経験について言えば人命救助以外の活動のほうが、従事経験があると回答した部隊の割合が多くなっていた。

＜自治体との連携について＞

④ 部隊が直面した主な課題として、自治体側の自衛隊の能力の把握不足や、活動ニーズと災害派遣 3 要件との吻合に苦慮したこと、現地での個別調整や撤収に関する調整などが挙げられた。

⑤ 部隊と隊区の自治体との防災に関する平素の関係では、訓練参加が多く、その半数は過去 5 年以内に開始されていた。

⑥ 平成 28 年熊本地震、平成 30 年 7 月豪雨および令和元年東日本台風での対応状況からは、部隊が派遣先の防災部局のみならず、活動に応じた担当部署とも調整を

行うことが多かった。ただし、災害対策本部会議への出席を経験した部隊は半数に届いていないことから、自治体との連携については、担当ベースでの調整に留まっているケースが多いことが示唆された。

⑦　平成 30 年 7 月豪雨および令和元年東日本台風について、派遣された部隊と、実際に派遣を受けた自治体との調査結果を比較すると、ほぼ全ての活動分野で、自衛隊が当該活動を実施した事実は自治体が把握していない事例が見られた。

＜災害派遣に対する認識について＞

⑧　部隊では、災害派遣は災害対応やその他警備任務の練度向上や隊区の自治体や住民との信頼関係強化にプラスの効果があったと認識されているものの、訓練計画や平素の業務に対してはマイナスの影響があったと認識していた。

⑨　派遣の終期については、明確にした方が良いとする意見が、する必要がないという意見を圧倒していた。具体的な時期としては人命救助などの初動対応が完了した時期か、被災自治体が自衛隊以外の外部応援を受けて応急対応を行えるようになった時期が適切と考えている部隊が多かった。

⑩　災害派遣の 3 要件については、意義を評価する意見と、課題を感じる意見およびそのどちらも当てはまる場面に直面してないという回答が拮抗していた。

上記③に見られるように、自衛隊の災害派遣は現在の日本の災害対応において広範囲の支援を担っており、予測される首都直下地震でも同様の傾向となることが予想される。

他方、災害派遣が訓練計画等においてマイナスの影響があるとの認識が示された点は、自衛隊を災害派遣に多用することが自衛隊の主たる任務である国防に一定の影響を与えている可能性を示唆するものとなった（上記⑧参照)。そのような中で、派遣の終期を明確化することに肯定的な意見が多く見られたが、その時期については、人命救助などが多い初期に限定する意見と共に、自治体の回復を待って行うべきとする意見が多かった（上記⑨参照)。

ところで、本章冒頭で紹介した首都直下地震での自衛隊の災害派遣の概要では、自衛隊は「提案型」の活動を行うこととされている。この「提案型」派遣とは、平成 30 年 7 月豪雨での初動対応に関して内閣府がとりまとめた「平成 30 年 7 月豪雨に係る初動対応検証レポート」（以下、「検証レポート」）において提唱された考え方で、検証レポートでは「防衛省・自衛隊は災害時の自衛隊による活動が円滑に進むよう、活動内容について「提案型」

の支援を自発的に行い、関係省庁の協力も得て、自衛隊に対する支援ニーズを早期に把握・整理する」と述べられている。このレポートを踏まえて行われた最初の大規模な災害派遣は令和元年東日本台風における派遣であった。この際、自衛隊の災害派遣を受けた自治体に対して行ったアンケート調査では、派遣が長期化していた自治体でよく提案が行われていること。提案内容としては、人命救助や入浴支援、瓦礫処理などが多く、実際に提案を受けた団体においては、これらの活動が、提案が行われなかった自治体よりもよく行われていることがわかっている。また、アンケート調査と並行して自衛隊に対して行なったインタビュー調査から、実際にはこうした提案が行われるのが、初動の時期よりも応急対応の時期に入ってからであったこともわかった。これらを勘案すると、派遣の長期化が予想される中で、初動に限らず、広く自治体と自衛隊との連携が図られることの重要性が浮かび上がってくる。

さて、この自治体と自衛隊との連携との関わりでも、自衛隊が活動途中で組織体制を切り替えることについては十分な周知が必要である。平成 30 年 7 月豪雨において、広島県内での活動は、当初は地域を管轄する陸上自衛隊第 13 旅団が担っており、広島県庁の災対本部近くにもこの 13 旅団の連絡員（LO）が派遣されていたが、状況の推移に応じ、自衛隊側がより資源を集中的・効率的に投入するために、広島県内の活動の指揮を 13 旅団の上級部隊である中部方面隊が直接行うことになった。これは、自衛隊の対応としては組織的対応を効果的にするための望ましい措置であったが、そうした指揮系統の変化が広島県側に十分周知されなかった結果、一時的であっても県と自衛隊との意思疎通に課題が生じたことが、広島県の検証報告に記述されていた。

既に上記⑦が示唆しているように、自治体と自衛隊との間で活動に関する認識に相違が見られるなど、活動調整に不安な面がある点があることも事実である。首都直下地震においても自治体と自衛隊との間での認識の齟齬は起こりうるものであり、自治体と自衛隊との連携に際し、自衛隊の指揮系統に対する自治体側の理解とともに、現在の体制に関する認識の共有を図ることなどが重要になる。

3.3.3　まとめ

本項でのこれまでの結論をまとめると、首都直下地震での自衛隊の災害派遣を巡っては、より複雑なオペレーションに対応するための調整を広域でおこなうと同時に、部隊と基礎自治体との連携強化も必要になる。その際、1 都 3 県の地域防災計画に示されている自衛

隊の役割の微妙な差異についても注意が必要であろう。

自衛隊と自治体との連携について、総務省行政評価局が取りまとめた「自衛隊の災害派遣に関する実態調査 -自然災害への対応を中心として－結果報告書」では、自衛隊の災害派遣をめぐる自治体と自衛隊との連携の課題として、派遣要請時の判断基準の解釈の難しさ（3 要件の解釈の難しさ）、派遣時の活動拠点の確保の困難性、そして、撤収時の情報共有の難しさ、という 3 点が挙げられ、改善策として平素の連携に向けた市町村の取り組みの重要性が指摘されている。

この報告書は主に自治体への聞き取りや本研究で実施した質問紙調査によってまとめられたものだが、本年度の調査で定量的に示すことができた自衛隊の側の認識からは、こうした調査の結果が一定程度裏付けられている。更に、自衛隊側にある比較的強い課題認識として、自衛隊の能力に対する自治体側の認識不足や、自治体側のニーズと 3 要件との吻合に苦慮した点などが示されたことで、今後の自治体と自衛隊との連携改善に向けて、解決すべき具体的課題の糸口が示された部分がある。

こうした点を含め、自衛隊と自治体との連携の質的充実の重要性を踏まえた上で、大規模な被害と社会的影響が懸念される首都直下地震に対しては、より高度な計画・調整が必要であることを指摘して、本項のまとめとする。

【参考文献】

神奈川県(2023)：神奈川県地域防災計画　-地震災害対策計画-，2023年11月。

埼玉県(2023)：埼玉県地域防災計画，2023年3月。

総務省行政評価局(2022)：自衛隊の災害派遣に関する実態調査 -自然災害への対応を中心として-　結果報告書

千葉県(2021)：千葉県地域防災計画（令和3年修正）

中央防災会議幹事会(2022)：首都直下地震における具体的な応急対策活動に関する計画

東京都(2023)：東京都地域防災計画　震災編（令和5年修正），2023年5月

内閣府(2018)：平成 30 年 7 月豪雨に係る初動対応検証レポート

中林啓修(2023)：2016年以降の自衛隊の災害派遣をめぐる部隊の活動状況：２次部隊に対するオンライン調査を中心に，地域安全学会論文集 No.43，pp.285-295

火箱芳文(2012)：陸上自衛隊災害派遣の実態と課題，防衛学研究第 46 号，pp42-48

東部方面総監部(2012)：「平成 24 年度自衛隊統合防災訓練自治体」説明資料

陸上自衛隊東部方面隊(作成年不詳 2013 年以降)：首都直下地震に対する取り組
陸上幕僚監部（2014)：東日本大震災災害派遣活動行動史

3.4 グランドデザインに関する論点：首都直下地震対応をめぐる国-地方自治体連携と指揮調整

全委員

ここまで、首都直下地震対策の各論について、医療福祉、消防、自衛隊による各種活動に関して論じてきた。本報告書でも様々な課題が指摘されているが、こうした個別的対応の強化だけでは想定される首都直下地震での被害に十分対応していくことは難しく、これらの各活動を調整する初動対策全般についてのグランドデザインの検討が不可欠である（図 3-4-1 参照）。

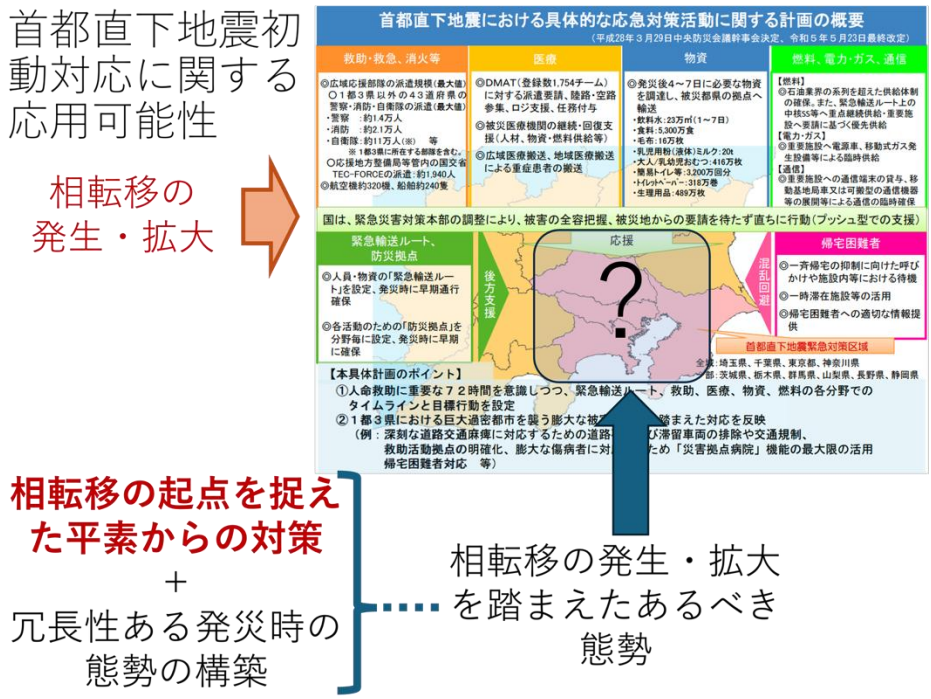


図 3-4-1 個別対策と論点

被害範囲が広範にわたり、支援困難地域が多数発生することが想定される南海トラフ地震と異なり、首都直下地震では、被災地域が首都圏に集約される見込みであることから、全国の支援が被災地にアクセスすることそれ自体は比較的容易ではある。他方、国レベルの意思決定中枢にも大きな被害が出る可能性があることから、そうした国の中枢機能を被災後も機能させるための事前準備及び、各機能が有効に働くような中枢と現場／国と自治体など各レベルでの調整／マネジメントを可能にするグランドデザインが必要になるので

ある。

そこで、改めて首都直下地震で想定される被害の様相に注目する。本報告書 2.1 で論じた通り、首都直下地震の被害は主に火災の程度によって大きく異なっており、いわゆる「相転移」を発生させる要因となっている。図 3-4-2 に政府が首都直下地震に際して作成することとなっている対処基本方針に盛り込まれるとされている各要素をまとめたものを示すが、ここでは、この火災対策について特に明確には示されていない。もとより、火災対策は消防機関の主たる役割であり、消防機関は基本的には市町村の指揮下で動くことが予定されている（東京消防庁を除く）ことから、政府が直接指揮統制を行うことは難しい。しかし、膨大な火災被害が広い範囲で多発することが想定される中で、複数都県にまたがった消防活動を進めるためには、従来同様の消防緊急援助隊の運用だけでは対応できない可能性もある。例えば消火に必要な水利の確保は、同様に膨大な水資源を平素から必要とする医療福祉分野の機能維持などとの競合も想定される。このように国と自治体に機能がまたがり、しかも分野横断で資源管理を要する問題について全体調整を行う機能が政府中枢には求められる。

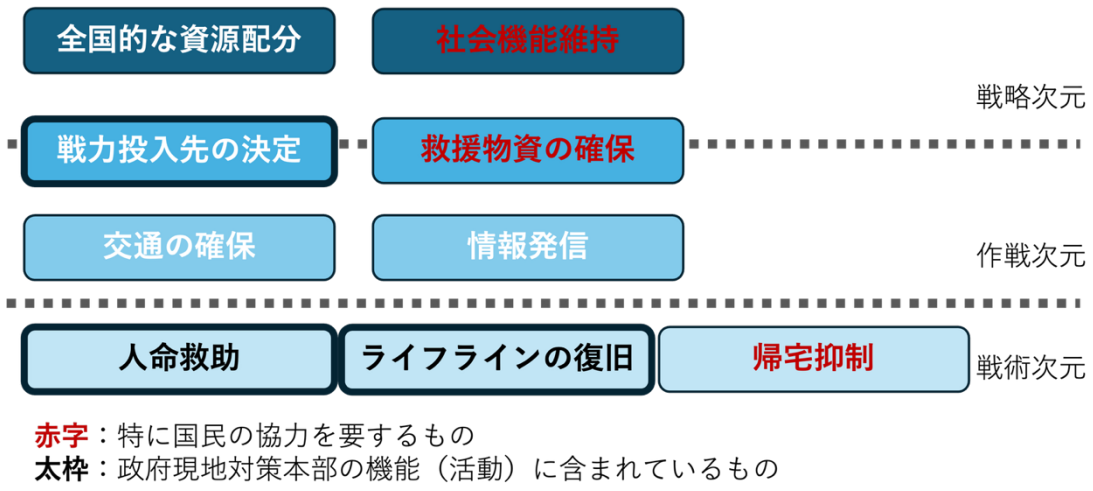


図 3-4-2 首都直下地震の対処基本方針で示すべき内容と次元

４．まとめ

4.1 提言・論点（全委員）

(1)加藤委員

一般的に、防災意識が高まることにより、備蓄等の防災行動が促進され、それが最終的に避難行動に結びつくとされている。いわゆる「防災意識→防災行動→避難行動」という図式である。東京都 23 区民に対する質問紙査からこの図式の妥当性について調査・検証したところ、23 区民についても概ね当てはまる傾向が見られた。

「防災意識」について、調査では半数以上の区民が、首都直下地震では家屋の倒壊や火災などの大きな被害を予想しており、東日本大震災以降、23 区民の防災意識は確実に高まっているといえる。しかしながら、内閣府が定期的に実施している全国的な「防災に関する世論調査」に比べると、23 区民の防災意識はまだまだ低い実態も浮かび上がった。

「防災意識→防災行動」の関係をみると、防災意識の高まりが防災行動を促進させる傾向にあるものの、災害用備蓄品等の備蓄率は、「防災に関する世論調査」での調査結果を下回るものであった。首都直下地震については明確に「マグニチュード 7 程度の地震の 30 年以内の発生確率は 70%程度」と言われているにも関わらず、23 区民の防災意識や防災対策については、全国な調査結果と比較しても低調であるといわざるをえない。

「防災行動→避難行動」の関係をみると、防災行動が高い者ほど（備えをしている者ほど)、災害時において避難を決断する傾向にあった。ただ、「悪天候」や「災害弱者との同居」といった要因が介在すると、避難の決断が鈍る住民が増加することも判明した。この傾向は特に、60～70 代の高年層に見られた。

これまで被害想定を検討する際、「発災時刻」や「季節（夏・冬)」といった要因は検討されてきたが、「天候」や「災害弱者」といった要因は加味されてきていない。被害想定には、「悪天候時の避難心理」や「災害弱者と同居している人の避難心理」など人間の避難心理を含めた多角的な要因を検討しなければ、思わぬ要因が相転移となりうる可能性があるだろう。

(2) 髙岡委員

首都直下型地震が発生した場合、1都3県には甚大な被害が及ぶことが想定されている。病院や社会福祉施設などの機能を維持するためには、電力・水道・道路・交通機関といったライフラインの安定が不可欠である。これらのライフラインに被害が生じた場合、施設の利用者や地域住民に対して、二次的な健康被害や災害関連死が発生するおそれがある。

各地域でライフラインの被害が発生した際には、被災地内のリソースの有効活用に加え、被災地外からの支援の適切な配分が重要となる。そのためには、1 都 3 県それぞれの災害対策本部を超えて、より広域的な視点で水・電力・人材などの資源を総合的に調整・配分できる体制が求められる。

これを実現するには、資源の確保と活用目的に応じた優先順位の明確化に加え、被害情報を一元的に把握・分析・調整する指揮命令系統（本部機能）を、事前に整備しておくことが減災につながる。このような機能を統括する調整機関や本部の設置は不可欠である。また各自治体の地域の病院だけでなく社会福祉施設等の災害対応能力をあらかじめ把握し、優先順位の検討や訓練等を通じた体制を強化しておくことが重要である。

(3) 中林委員

自衛隊に関しては、当初は首都圏を隊区とする各部隊が対応を行うが、早い段階で陸海空自衛隊を単一司令部で運用する統合任務部隊が編成され、全国の応援も統合任務部隊に編入されることが想定される。その後、統合任務部隊の編成が解除された後は改めて首都圏を隊区とする各部隊による救援活動が行われ、ニーズが低下する中で災害派遣の終了が図られるものと考えられる。このように目まぐるしく自衛隊の組織体制が変化することが予想される中で、本稿で触れてきたように、過去の災害では自治体がこうした変化に対応しきれない状況があったほか、自衛隊の部隊に対するアンケート調査からも、自衛隊と自治体との間で活動内容に対する認識の齟齬などが少なくなかったことがわかっている。そのため、自衛隊には、自身の指揮系統の変化に応じて着実に自治体との連携を確保する工夫が必要になる。

首都直下地震の被害が爆発的に拡大するか否かを規定する要因の一つになりうるのが火災被害であり、その対策は極めて重要だが、広範な地域で同時多発的に被害の発生が懸念される一方で、国レベルでこれらを一元的に運用する仕組みが存在していない。水利など、他の応急活動と競合する資源調整も必要であることから、何らかの体制を政府レベル

で構築することも必要になろう。

⑷ 都委員

首都直下地震の発生時、被害を最小限に抑えるためには、行政の対策だけでなく、住民一人ひとりの意識と行動が極めて重要である。しかし、調査によると、地震火災の被害想定を十分に認識しない住民が一定数存在し、初期対応の遅れが懸念される。さらに、消防団員の確保が難しい地域ほど被害量が大きく、消防力による支援の遅れが被害を拡大させる要因となりうる。火災は建物の倒壊とは異なり、一つの被害に留まらず進行性の災害という側面も有す。火災発生後は初期消火で延焼を留める事も重要だが、出火絶対数を減らすことは、限られた消防力を有効活用する点で限りなく有効な対策となりうる。つまり地震火災の危険性を周知することは、住民個人の自助だけでなく、地域全体の減災にも結び付く。

今後は住民に対し、地震火災に関する情報を更に積極的に普及し予防や初期対応の啓発を行うこと、限定的な条件を求めない感震ブレーカーの配布、消防団員の拡充に向けた更なる広報活動や施策の展開、などが首都直下地震に対する防災対策として重要と考える。

4.2 まとめ

中林　啓修

「4.1」では、各委員が本研究の枠組みの中でそれぞれ行なってきた研究成果を踏まえて個別具体的な提言を行なってきた。本報告書の締めくくりとして、改めて各委員からの提言をまとめておきたい。

加藤委員と都委員は、被害想定とその背景・前提に焦点をあてた提言を行なっている。ハザードや家庭環境などについての個人の心理、地震火災など地域のリスクに対する認識、防災意識と避難意識のずれといった個人に属する問題や、天候あるいは消防団の確保状況などの社会的・外的問題などである。

首都直下地震については、例えば東京都の令和4年の被害想定において示されたシナリオなど、平成24年と比較した場合に新しい視座や要素が含まれており、時代性などを踏まえた改善が認められる。これは他の災害に関する想定であっても同様であろう。

本研究での提言には、まだ被害想定に反映されていない要素が含まれているが、適時・不断の見直しの中でより精度の高い想定を行い、対策の前提を明らかにしていくことは重要である。

高岡委員と中林委員は、個別的な対策を統合調整する機能の重要性について提言している。南海トラフ地震ほどではないものの、首都直下地震もまた1都3県を中心に複数の都県にまたがる広域の災害であり、首都機能の被災という観点では、その影響は南海トラフ地震同様全国に及ぶ。本研究では、特に被害の爆発的拡大の要因となりうる火災対策や、人命に直結する医療・福祉分野で競合する水利の問題などが特に取り上げられたが、こうした地域や分野を共に横断した形で資源調整を行うためには、政府中枢の機能強化が不可欠である。

要すれば、想定の不断の見直しと、中枢の指揮調整機能の具体的強化ということになる。これらはどちらかといえば旧聞に属する提言かもしれないが、それらは平素から意識的に行うことなしには実現できないものでもある。要点を得た平素の対策の重要性を指摘して、本報告書の締めくくりとしたい。

以上

付．対外的研究成果等

【論文（査読あり）】

1. 中林啓修「2016年以降の自衛隊の災害派遣をめぐる部隊の活動状況：２次部隊に対するオンライン調査を中心に」、地域安全学会論文集 No.43、pp.285-295、2023年11月
2. 都城治「東京都区部における消防団員未加入理由と住民背景の関連性の分析及び，行動理論に基づく入団促進方策に関わる研究」、地域安全学会論文集 No.46、（https://isss.jp.net/isss-site/wp-content/uploads/2025/03/東京都区部における消防団員未加入理由と住民背景の関連性の分析及び，行動理論に基づく入団促進方策に関わる研究.pdf）、2025年3月

【論文（査読なし）】

1. 都城治「首都直下型地震発生時に東京都内で火災被害から逃げ遅れる可能性のある住民背景の推定」、災害情報学会第 28 回大会予稿集、pp.52-53、2024 年 3 月
2. 高岡誠子「DHEAT 派遣の実際と今後の展望」、保健師ジャーナル第 80 巻 6 号、pp.486-492, 2024 年 12 月

【その他（学会発表等）】

1. 中林啓修「2016年以降の自衛隊の災害派遣をめぐる部隊の活動状況：２次部隊に対するオンライン調査を中心に」、第53回地域安全学会秋季研究発表会、2023年11月
2. 都城治「首都直下型地震発生時に東京都内で火災被害から逃げ遅れる可能性のある住民背景の推定」、災害情報学会第 28 回大会、2024 年 3 月

南海トラフ地震及び首都直下地震を対象とした
被害軽減に関する研究

首都直下地震部会
―首都圏直下型地震を見据えた
大都市圏の社会経済を支えるBCPの在り方分科会―

研究調査報告書

2025年3月

（公財）ひょうご震災記念21世紀研究機構

研究戦略センター研究調査部
研　究　体　制

【メンバー】

渡辺　研司	名古屋工業大学社会工学科　教授（※分科会リーダー）
永松　伸吾	関西大学社会安全学部／社会安全研究科　教授
佐藤　慶一	専修大学ネットワーク情報学部　教授
廣井　悠	東京大学先端科学技術研究センター　教授
寅屋敷　哲也	早稲田大学データ科学センター　講師
鈴木　進吾	防災科学技術研究所社会防災研究領域災害過程研究部門 主任研究員／副研究部門長
塩崎　由人	防災科学技術研究所社会防災研究領域災害過程研究部門　契約研究員

【研究員】

米川　安寿	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構 研究戦略センター研究調査部	主任研究員（令和６年）
田中　豊	同	研究員（令和６年）
平石　知久	同	主任研究員（令和５～６年）
竹口　隼人	同	研究員（令和５年）

【事務局】

行司　高博	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機 構研究戦略センター 研究調査部長（R６年度）	
外嵜　良一	同	研究調査部研究調査課長（R５～６年度）
小平　幸生	同	研究調査部研究調査課主査（R５～６年度）
岩田　麻央	同	研究調査部研究調査課研究調査推進員（R５～６年度）
藪下　隆史	同	研究調査部長（R４～５年度）

はじめに（敬称略）

渡辺　研司

本研究会は他の研究会から遅れること１年で開始され、また、とりまとめ役の渡辺の体調不良により研究会の開催については予定通り回数を重ねることができなかった。しかし、研究会のメンバーはこれまで RISTEX、SATREPS といった社会課題解決型のプロジェクト他で既に問題意識を共にしながら協業してきた間柄でもあったため、何とか最終報告書にとりまとめることができた。

本報告書では、まず第１章で永松が南海トラフ地震と並び国難級の災害となることが想定されている首都圏直下地震への備えを進めるに際し、社会経済活動の仕組みの複雑性が増加している状況を踏まえ、被災前の事業を継続することが原則であった従来型の BCM ではなく、変化を受入れ進化する「適応的レジリエンス」を重視した「変革型 BCM」の考え方を導入することの重要性を解説し、これまでの共通概念の見直しを訴求した。

続く第２章では人・モノ・金・情報が過度に集中し動的に高速に変化する大都市圏の災害対応における被害連鎖の時空間的把握や事前想定の重要性、実装に必要な要素と手法について、鈴木が CIA-ISM 手法に基づくイベントツリーの可視化をワークショップ形式で展開した事例とその際活用した支援ツールとデータベースの解説を行い、次に廣井が国難級の災害における固定的な事前想定に基づく防災計画の限界を踏まえ、災害連鎖の事前およびリアルタイムで想定する必要性について論じ、その実装形態となる「災害制御」を支援する想定技術と具体的な研究事例を紹介しながら今後の課題を提示した。

そして第３章では、本社機能が集中する首都圏企業が特に配慮しなければならない事業継続に不可欠な経営資源の中でも人的資源に着目し、寅屋敷が昼夜間人口差によって生じるリスク対応として従業員の安全確保・事業継続の観点から企業が取組みを始めている一斉帰宅抑制と BCP 発動時の課題を抽出、現地復旧と代替地復旧といった選択肢毎の対策を提示し、次に佐藤が国難災害時の仮設住宅不足を前提とした被災従業員の住環境の確保の在り方について、BCP の観点から非被災地への疎開による代替地継続と事前ワーケーション

の有効性について論じ、最後に塩崎が震災後の従業員の直接的・間接的被害や広域避難に伴う心身への影響といった質的変化や、離職や移住に伴う流出といった質的変化を中長期的視点で考察を展開し対応策を提示した。

最後に第４章では、首都圏直下地震を含めた今後の国難級の災害からの復旧・復興に不可欠なファンダメンタルズとなる経済基盤のレジリエンス強化について、鈴木が個別 BCP の限界と地域型 BCM（事業継続マネジメント）の重要性について考察を展開し、実装に必要な枠組みの構築とプロセス、支援ツールをタイで実施されたプロジェクト事例を用いながら提案し、次に渡辺が経済基盤を最終的に底支えしているにもかかわらず、これまでの震災でもサプライチェーンのボトルネックになってきた中小企業群の事業継続力強化とそれを支えるリスクファイナンスの体系化や震災時の被災企業の整理統廃合の仕組みについて提言した。

以上の各論は報告としては最終的な内容となるものの、研究内容としてはいずれも緒に就いたばかりで、今回はその意義と今後の方向性を示しながらまずは第１歩を踏みだした状況である。

間もなく発生が予測されている南海トラフ地震や当研究会のテーマでもあった首都圏直下地震への対応は、当該災害の発生をもって終了する訳ではない。これからの長い人類の歴史の中で大都市圏の生活様式や社会経済活動の仕組みが変化し続ける中、実践しながら考察を継続しなければならない課題であると考えていることから、研究会のメンバーは今後も形を変えながら共に研究を継続する所存である。

したがって、本報告はタイトルこそ最終報告ではあるものの、内容的には今後の中長期的な研究のプロローグとして報告するものである。

以　上

目次

第４部　首都圏直下型地震を見据えた大都市圏の社会経済を支える
BCP の在り方分科会　研究成果

はじめに（渡辺）

第１章　共通概念の見直しの必要性

1.1　レジリエンスの概念の進化が BCM に投げかけるもの（永松）……1

第２章　大都市災害における被害の時空間的な想定拡張の必要性

2.1　災害連鎖の想定に求められる要素と手法（鈴木）……7

2.2　「防災計画」から「災害制御」へ-災害連鎖想定の実践-（廣井）……17

第３章　災害対応・復旧の人的経営資源確保の課題と今後の方向性

3.1　一斉帰宅抑制を前提とした企業の BCP 発動時の課題と対策（寅屋敷）……27

3.2　首都直下地震後の仮設住宅不足と事業継続（佐藤）……35

3.3　大規模災害後の事業継続に従事する従業員の量的・質的変化に伴う課題と対応
（塩崎）……42

第４章　被災地の復旧・復興に不可欠な経済基盤のレジリエンス強化

4.1　個別 BCP の限界と地域型 BCM の重要性（鈴木）……49

4.2　経済基盤を底支えする中小企業の事業継続力強化の重要性とその課題
（渡辺）……58

１．共通概念の見直しの必要性

1.1　レジリエンス概念の進化が BCM に投げかけるもの

永松　伸吾

要約　レジリエンスは近年災害分野で注目されているが、その起源は生態学、心理学、社会学、サステナビリティ学にある。生態学者 Holling の定義に基づき、災害後に社会の機能を維持･回復する力としてのレジリエンス概念が発展した。米国ではノースリッジ地震や 9.11 を契機に、MCEER が 4R モデル（頑強性・冗長性・資源力・迅速性）を提示し、事業継続計画（BCP）の基盤となった。しかし、2005 年のハリケーン・カトリーナ以降、元の状態に戻す「内在的レジリエンス」だけでなく、変化を受け入れ進化する「適応的レジリエンス」も重視されるようになった。UNDRR もレジリエンスに「適応」や「変革」の視点を導入している。塩崎らはレジリエンスを「機能維持」「機能回復」「機能変革」の三層に分類し、永松は東日本大震災の調査から、被害が大きいほど事業そのものを変化させる傾向を示した。従来の BCM は回復を前提としていたが、今後は状況に応じて撤退、縮小、拡大、変化といった柔軟な戦略を含む「変革型 BCM」が求められる。

1.1.1 レジリエンス概念の進化

レジリエンスという概念は災害分野において近年重視されているが、その起源は生態学や心理学、社会学、サステナビリティ学にまで遡る。特に生態学では、Holling が「レジリエンスとはシステムの機能が動乱に直面しても維持され、最終的に均衡状態に戻る力」と定義した。この概念は社会にも適用され、社会が複数の構成要素によって構成されたシステムである以上、災害への耐性や回復力としてのレジリエンスが重要視されるようになった。

災害研究では 1994 年のノースリッジ地震や 2001 年の米国同時多発テロを契機に、社会・経済活動の継続性に注目が集まった。 米国では MCEER が 4R モデル(Robustness 安定性 , Redundancy 冗長性, Resourcefulness 豊富な資源, Rapidity 迅速さ）を定義した。これは事業継続計画（BCP）にも大きな影響を与えている。あらためてこの考え方について振り返ってみよう。

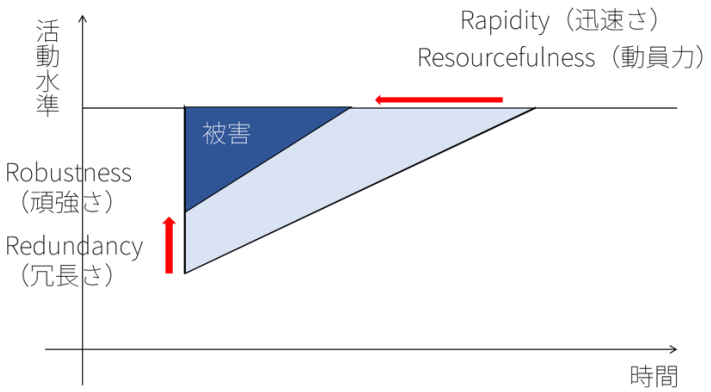


図 1-1-1：レジリエンスの 4R モデル

出典：Bruneau et al.（2003）を参考に筆者作成

頑強さは、被害そのものを軽減する効果を持ち、それゆえに社会の活動水準の低下を未然に防止することができる。他方で冗長さを持つことは、被害そのものは発生しても、代替的手段により社会の活動水準を継続することができる。役割は異なるが、いずれも社会活動の深刻な停止を未然に防ぐという点では同一である。迅速さは、文字通り早く回復させるということである。さらに動員力は、そのための資源を豊かに用意しておくこと、あるいは事後に調達することを意味する。これらの作用によって、活動の中断によって発生する被害をより小さくする能力こそがレジリエンスであるとされた。このモデルは、現在もなお事業継続の基本となる考え方である。

しかしながら、このようなレジリエンスに対する捉え方に変化が見られたのは、2005 年に米国を襲ったハリケーン・カトリーナであった。というのが、この頃の災害レジリエンス概念は「元の状態に復する」能力として捉えられていたのに対して、ハリケーン・カトリーナは多くの地域に不可逆的な被害をもたらしたからである。

こうした中で、レジリエンス概念には 2 つの種類があるという議論が生まれた。1 つは内在的レジリエンス（inherent resilience）である。これは災害前に備わっている「元に跳ね返」り、以前と同じ状態に戻る能力を示すものであり、工学的な議論に特徴的なものだとしている。それに対して、適応的レジリエンス（adaptive resilience）は、災害後に発揮される能力であり、適応的な学習とフィードバック、変化といった動的なプロセスを生み出す力であるとされている。この立場によれば、当該システムが適応的学習と変化を繰り返すことによって、災害に対して適切な対応、復興、そして新しい状況への適応が可能になるのである。またこうした理解から、レジリエンスを形容する言葉として、bouncing back から

「前へ跳ね返」る（bouncing forward）という言葉が登場するようになった。こうしたレジリエンス概念の進化を反映して、国連防災機関（UNDRR）は、2016 年にレジリエンスに「適応(adaptation)」や「変革(transformation)」といった要素を含めるようになった。

1.1.2　変革的レジリエンスと事業継続マネジメント

塩崎ら(Shiozaki et al., 2024)は，レジリエンスにおける「変革」概念の拡張を踏まえ，レジリエンスが意味する能力を「機能維持」「機能回復」「機能変革」の 3 能力に分類し、外的ショックの大きさに応じて段階的に発揮されるモデルを提案している（図 1-1-2)。維持には事前投資が必要だが、変革は事後費用が高くなる傾向がある。また、外力の大きさにより最適な能力の選択も異なり、同じ外力でも社会経済状況により必要なレジリエンス能力は変化する。

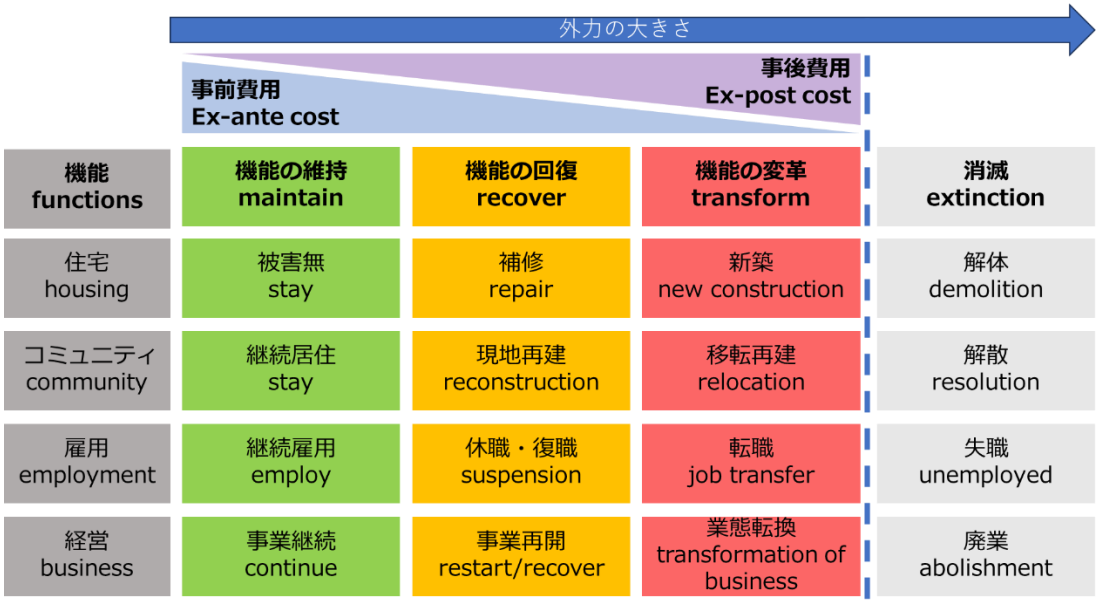


図 1-1-2　災害レジリエンスの 3 層モデル

（出典）永松(2025)

この図には、レジリエンスの対象となるいくつかの社会的機能、すなわち住宅、コミュニティ、雇用、経営に着目して、それぞれ「機能維持」「機能回復」「機能変革」というレジリエンスの三つの能力が具体的にどのような形で発揮されるのかを示している。本稿の関心

であるところの事業継続（BC）の文脈に沿って考えると、曝露された外力が大きく、事業環境に不可逆的な変化が想定される場合においては、元の事業を再開するのではなく、事業そのものを変化させることが求められる。永松（2025）では、東日本大震災で被害を受けた企業に対して東北大学が行ったアンケート調査のデータを基に、事業者の曝露震度と震災から4年後の2015年までに主たる事業内容に変化のあった事業所の割合を求めている（図1-1-3）。これによれば曝露震度が大きいほど自らの事業そのものを変化させている事業者が増えていることがわかる。すなわち、企業の事業継続においては、必ずしも元に戻ることが最適解ではなく、状況に応じて事業そのものを変化させているのであり、今後の事業継続マネジメントは、単なる事業回復だけではなく、事業の変革も射程にいれたものである必要がある。

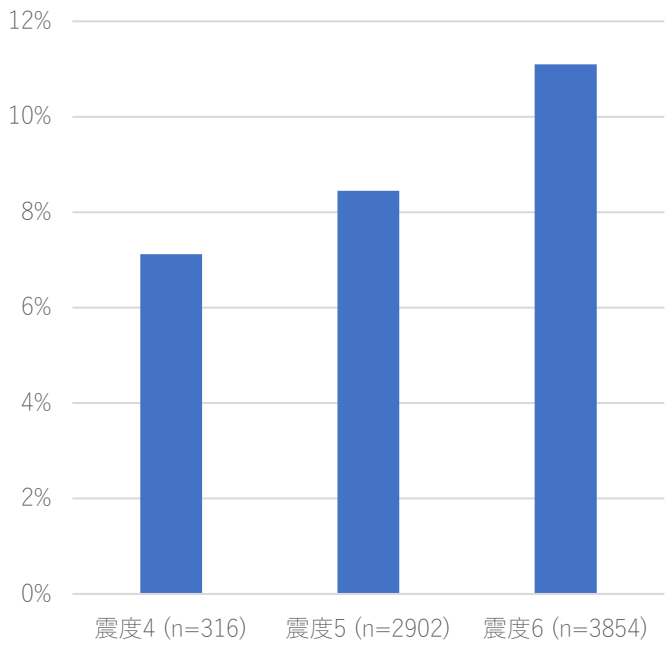


図 1-1-3　東日本大震災における曝露震度と事業内容を変化させた事業所の割合（n=7072）

（出典）永松（2025）

1.1.3　変革概念を踏まえたBCM戦略の再構築

これらを踏まえて、新たに事業継続の戦略を整理したものが表1-1-1である。

表1-1-1　変革概念を含めた事業継続戦略の整理

レジリエンスの種類 (Cutter, 2016; Rose, 2007)	内在的(inherent) 事前に備える	適応的(adaptive) 状況に応じて発揮
事業継続の戦略	拒否(avoidance) 被害軽減(mitigation) 移転(transformation) 受容(acceptance)	撤退(exit) 縮小(shrink) 維持(maintain) 拡大(extend) 拡張(expand) 変化(change)

レジリエンスの能力 (Shiozaki et al. 2024)	維持(maintain)	回復(recover)	変革(transform)

（出所：Chiba et al. (2024)を参考に筆者加筆）

従来の事業継続戦略というのは、主に事前の備えに焦点を当てていたため、内在的(inherent)レジリエンスの強化に当たる。そのための具体的な戦略としては、いわゆるリスクマネジメントの 4 つの戦略としての「拒否」「被害軽減」「移転」「受容」があてはまる。しかしながら、企業経営者は、発災後に事業を元に戻すことだけが唯一の目標ではない。その時の被害や経営環境に応じて戦略を構築しなければならない。その時には、つぎのような戦略オプションが考えられる。

第一に「撤退(exit)」である。外的なショックを機に、市場から撤退するという方法がある。特に災害前から採算が合わなくなった事業においては、災害を機に市場環境が好転することがなければ、撤退は最も合理的なオプションの一つである。第二に「縮小」は、事業規模をよりコンパクトにし、採算がある事業に絞って事業を継続する戦略である。第三に「維持」は、元の事業を回復する戦略で、従来のBCMが前提としてきた戦略である。第4に「拡大」は事業規模をより大きくする事である。例えば、1959 年の伊勢湾台風の被害を受けた

中京工業地帯の製造業は、被災を機に生産設備の近代化・大型化に取り組み事業規模を拡大させた。成長市場においては有力な選択肢となる。第5に「拡張」は災害を機に新たな事業に取り組む戦略である。第6に「変化」は主たる事業を変化させる戦略である。すでにみたように、東日本大震災でも多くの事業所において主たる事業を変化させている。

従来これらの戦略は、BCMにおいて明示的に議論されることが少なかったが、今日のレジリエンス概念の拡大は、発災してからの柔軟な戦略構築の必要性を示唆しているものである。そこにおいて、「元に戻る」BCMから、事業環境に適合して「変革を遂げる」BCM を実現するためにはどのような取組が必要かは、今後重要な課題である。

【参考文献】

Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W. A., & Von Winterfeldt, D. (2003): A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. Earthquake Spectra, 19(4),pp 733-752.

Chiba, Y., Nagamatsu, S. & Hosotsubo, S. (2024):Theoretical Classification for Business Continuity Strategy: Consideration from Japanese Companies, presentation at 2024 IDRiM conference, Cartagena, Columbia.

Shiozaki, Y., Nagamatsu, S., Sato, K., & Bhattacharya, Y. (2024): A systematic literature review of empirical validation of disaster resilience indicators. International Journal of Disaster Risk Reduction, 111. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104681

永松伸吾(2025):災害レジリエンス概念の発展と防災・減災政策への含意. 防災科学技術研究所 研究報告, 89, pp1-12. https://doi.org/https://doi.org/10.24732/NIED.00006987

２．大都市災害における被害の時空間的な想定拡張の必要性

2.1　災害連鎖の想定に求められる要素と手法

鈴木　進吾

要約　現代の大都市圏では、社会経済活動を支える様々な機能が高度に集中し、相互依存性が強まっているため、災害発生時には複合的な連鎖被害が急速に拡大する可能性がある。この課題に対し、災害連鎖の想定には、組織内の多様な部署からの参加によるワークショップ形式での検討と、イベントツリーによる可視化が効果的である。特に、CIA（クロスインパクト分析）と ISM（解釈的構造モデリング）を組み合わせた CIA-ISM 手法により、事象間の関係性を定量的に評価し、階層構造として視覚化することが可能となる。また、組織ごとの取り組みの限界を克服するため、多様な知見を集約した災害連鎖データベースの整備が重要である。グラフデータベースを採用し、事象をノードとして、その連鎖関係をエッジとして記述することで、複雑な災害連鎖の全体像を把握し、効果的な対策立案が可能となる。このように、ワークショップ手法とデータベースの活用により、組織の災害対応力を高め、より実効的な BCP の策定を支援することができる。

2.1.1　災害連鎖の想定の必要性

大都市圏では、社会経済活動を支える機能群や人流、物流、金流、情報流が極度に集中し、デジタル化によりその相互依存性は高まっている。このため、大規模災害が発生すると、直接的な被害だけでなく、一つのシステムの機能停止が他のシステムに連鎖的な影響を及ぼし、複合的な災害連鎖が急速に拡散する可能性が高い。

2011 年（平成 23 年）の東日本大震災では、地震・津波で電力設備が被災し広域停電が発生、燃料不足による物流の麻痺、工場被災によるサプライチェーンの寸断は、広域的な部品・製品不足につながった。2019 年（令和元年）の台風 15 号では、暴風による送電設備被害で大規模停電と断水が発生し、製造・物流の停止、猛暑下での冷房不能による高齢者の健康リスクなど、被害が連鎖的に拡大した。

このように、多様な現象が連鎖し、被害や影響が想定以上に拡大する大規模災害において、BCP を実効的なものにするには、連鎖事象を予測、把握した上で、計画の実効性を高める必要がある。本稿では、大規模災害時の連鎖事象を予測し、その影響を把握・分析できる仕組みについて検討する。

2.1.2　災害連鎖の想定に求められる要素

大規模災害時の連鎖事象を予測するためには、起こりうる事象を漏れなくリストアップすることと、それぞれの事象の関係性を効果的に可視化する必要がある。

起こりうる事象をできる限りリストアップするには、個人の経験や知識の限界により重要な事象を見落とす可能性を排除するため、組織内の様々な部署から参加者を集めることが重要である。特に、ワークショップ形式での検討は、議論を通じて参加者の予測能力の向上も期待できる。複雑な影響の連鎖を理解・分析するには、適切な可視化が不可欠である。事象間を矢印で繋いで因果関係を示すイベントツリーは、災害時の様々な現象とその相互作用を視覚的に表現でき、災害連鎖の全体像を俯瞰的に捉え、重要な関係性やリスクポイントを効率的に把握できる。

現代社会が複数の社会システムの相互連関により成り立っているのであれば、各システムの各組織でワークショップを実施して作成したイベントツリーは統合・集約されなければ、整合性を確保できない。また、組織の BCP 成熟度の違い、実務経験の限定性、既存パターンへの固着などにより取り組みは限定的となる可能性もある。

これらの課題に対しては、多様な知見を集約し、効率的に活用できる災害連鎖データベースの整備が必要であると考えられる。多様なイベントツリーを収集し、ライフラインや交通機関の停止など、共通する事象を接続することで、災害連鎖の全体像が把握可能となる。このデータベースにより、各組織は多様な事象を自身のイベントツリーに接続し、想定の不足点を特定し補完でき、複雑な事象の予測、組織の限界の把握、組織間協力の認識が進み、効果的な対策立案と柔軟な対応が可能となる。

以上を踏まえて、各組織で災害連鎖を考えるワークショップ手法と、それらを接続して利活用するデータベースについて検討した。

2.1.3 災害連鎖を考えるワークショップ

各組織での災害連鎖を考えるワークショップの目的は組織にとっての最悪の事態とその経路を特定し、連鎖を防ぐための対策を強化し BCP を改善することにある。ワークショップでは参加者の知見や BCP を活用し、組織にとっての災害シナリオを構築していく。

(1) 災害の想定

ワークショップを実施する前に、前提となる事項として具体的な災害シナリオを設定し、参加者間での状況認識を合わせる。例えば、行政の被害想定をもとに、地震の震度、発生時期と時刻、必要であれば、ライフライン、交通機関の状況、気象条件などの外的条件も設定する。防災科学技術研究所の「あなたのまちの直下型地震」（図 2-1-1）を用いて、ウェブサイト上で地震パラメータ、発生時刻、季節、ライフライン復旧速度を入力し、建物・人的被害、火災発生、ライフライン停止期間などを自分で想定してみることで、多様なシナリオをもとにした検討も可能である。

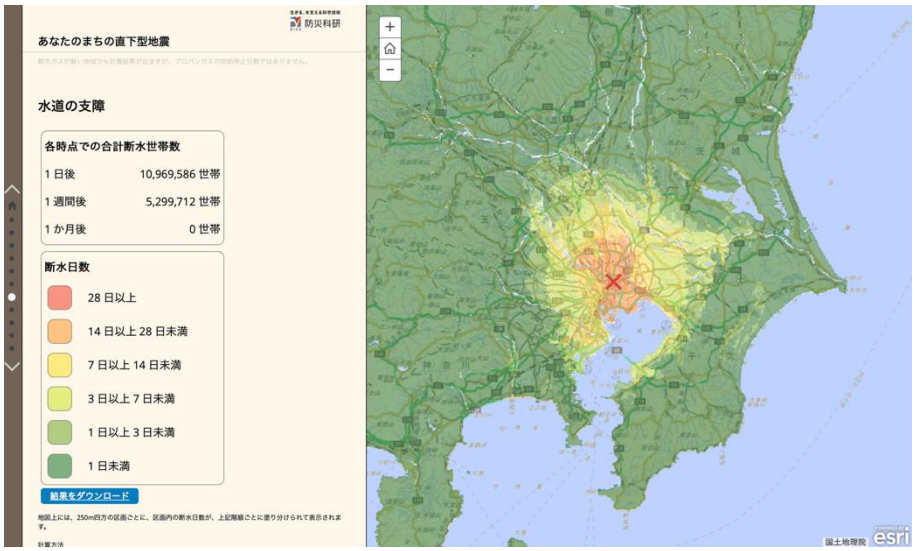


図 2-1-1　あなたのまちの直下型地震

（出典）https://nied-weblabo.bosai.go.jp/amcj/

(2) 災害で発生する事象の列挙

ワークショップでは、災害シナリオに基づき、組織への影響が予想される事象を洗い出す（図 2-1-2）。直接的な物理被害から社会的影響まで広く検討し、事業継続に関わる重要事象を見落とさないようにする。考え方としては、最も深刻な影響をもたらす事態をまず考え、そこから遡って考えていく方法が効果的である。地震発生を起点に事象を列挙していくと、様々な事象が出てきて、検討に不要な事象に埋もれたり、重要な事象を見落としたりする可能性があるからである。

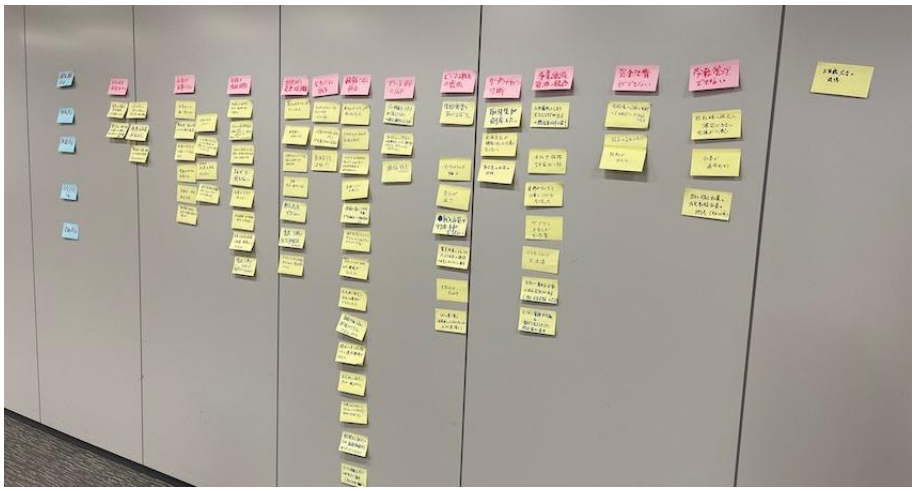


図 2-1-2　災害連鎖の検討ワークショップでの起こりうる事象の列挙

(3)事象の連鎖の検討

次に、列挙された事象同士がどのように連鎖する可能性があるかを検討し、これを矢印で結んで可視化していく。この過程で、中間事象として新たな事象が見つかれば、それも追加していく。連鎖関係を漏れなく把握するためには、列挙した事象を一つずつペアにして、それぞれの関係性を検討する必要がある。事象間の連鎖を評価する方法として CIA（クロスインパクト分析)、可視化手法として ISM（解釈的構造モデリング）がある。これらを組み合わせた CIA-ISM も提案されいる（Ramirez de la Huerga et al. 2015)。

(4)CIA-ISM

CIA の手順は、1.列挙した事象が単独で発生する確率（初期確率）の評価、2.ある事象が発生した場合の他の事象が発生する確率の評価、3.影響の強さの計算からなる。

ステップ 2 では、先行事象が発生した場合の後続事象の発生確率（事後確率）をマトリクス形式で作成する。発生確率は「ほぼ確実に発生する」「かなりあり得る」「あり得る」「あまりなさそう」「ほとんどなさそう・無関係」などの段階的な尺度から選び、最後に数値に読み替える。ステップ 3 では、ステップ 1 で得られた初期確率 P とステップ 2 で得られた事後確率 R から、下記の式でクロスインパクト係数 C を計算する。各要素 Cij の値が大きいほど、事象 i が事象 j に与える影響が強いことを示している。

$$C_{ij} = \frac{1}{1-P_j}\left[Ln\left(\frac{R_{ij}}{1-R_{ij}}\right) - Ln\left(\frac{P}{1-P_i}\right)_j\right]$$

ISM は要素間の関係性を階層構造として表現し、複雑な要素間の依存関係や影響関係を視覚的に理解しやすい形にする。関係の有無を示す隣接行列から可達行列を作成し、この結果を基に要素を階層的に配置、上位から下位への影響の流れを視覚的に表現する構造グラフを作成する。

CIA-ISM は、CIA によるクロスインパクト係数行列から、閾値以上の Cij を持つ要素間を 1、それ以外を 0 とする 2 値で表現する隣接行列を作成し、これを用いて ISM を実施するものである。

(5) ワークショップ支援ツール

以上の作業の計算や分析の効率化を図るため、ウェブベースの支援ツールを試作した。ワークショップの作業プロセスをステップに分割し、進行に沿って段階的に実施できるようになっている。

図 2-1-3 は最初のページであり、ここでは、発生しうる事象とその初期確率の入力を行う。また、各事象について、その事象が他の事象に左右されない場合には、初期条件としてマークする。図 2-1-4 の２ページ目では、事後確率を入力していく。１ページ目で初期条件としてマークした事象については、他の事象に左右されないので入力を省略する。図 2-1-5 の３ページ目では、自動的にクロスインパクト係数行列の計算が実行され、結果やモデルの適合度、算出されたクロスインパクト係数の四分位数が表示される。

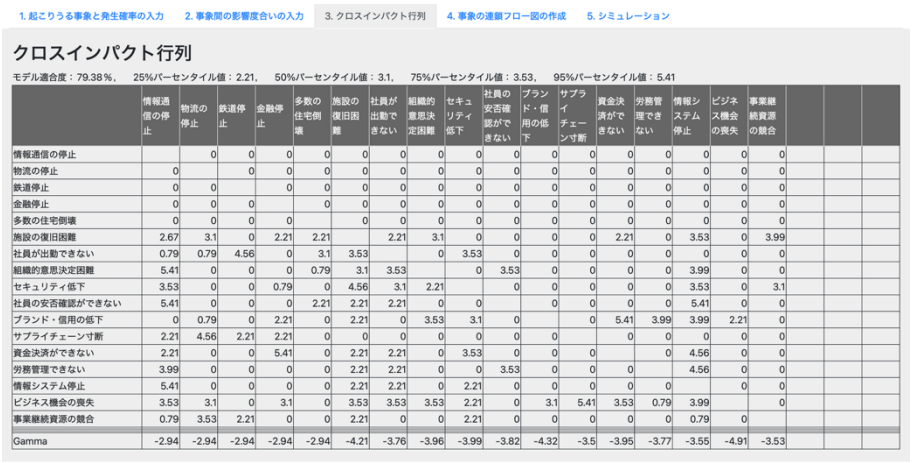
図 2-1-6 の４ページ目では、ISM の手法を用いて構造化と可視化を行う。各事象をノード、それらの間の関係性を矢印（エッジ）として有向グラフネットワークとして可視化することで、災害連鎖の構造や影響の伝播経路を俯瞰的に把握できる。「最低クロスインパクト係数」に具体的な数値を入力することで、その閾値以下の影響度を持つエッジを除外することができ、より強い関係性のみが強調される。「最長経路のみ表示」にマークすると、短絡的な経路が削除され、より詳細な中間プロセスを含む経路が優先的に表示され、発生する可能性のある悪循環も可視化される。

図 2-1-7 の５ページ目では、CIA の分析結果に基づきシミュレーションを実施できる。具体的には、特定の事象の初期確率を変更すると、他の事象の発生確率が再計算されグラフ化される。一つずつ初期確率を１に変更しながら、最悪の事態の発生確率の変動を系統的に分析すれば、最悪の事態を引き起こす可能性が最も高い事象を特定することができ、優先的に対策を講じるべき事象を明確化できる。

図 2-1-3　起こりうる事象と初期条件、初期確率の入力

	情報通信の停止	物流の停止	鉄道停止	金融停止	多数の住宅倒壊	施設の復旧困難	社員が出勤できない	組織的意思決定困難	セキュリティ低下	社員の安否確認ができない	ブランド・信用の低下	サプライチェーン寸断	資金決済ができない	労務管理できない	情報システム停止	ビジネス機会の喪失	事業継続資源の競合
情報通信の停止		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
物流の停止	0.05		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
鉄道停止	0.05	0.05		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
金融停止	0.05	0.05	0.05		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
多数の住宅倒壊	0.05	0.05	0.05	0.05		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
施設の復旧困難	0.4	0.5	0.05	0.3	0.3		0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.3	0.05	0.6	0.05	0.7
社員が出勤できない	0.1	0.1	0.8	0.05	0.5	0.6		0.05	0.6	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
組織的意思決定困難	0.9	0.05	0.05	0.05	0.1	0.5	0.6		0.05	0.6	0.05	0.05	0.05	0.05	0.7	0.05	0.05
セキュリティ低下	0.6	0.05	0.05	0.1	0.05	0.8	0.5	0.3		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.6	0.05	0.5
社員の安否確認ができない	0.9	0.05	0.05	0.05	0.3	0.3	0.3	0.05	0.05		0.05	0.05	0.05	0.05	0.9	0.05	0.05
ブランド・信用の低下	0.05	0.1	0.05	0.3	0.05	0.3	0.05	0.6	0.5	0.05		0.05	0.9	0.7	0.7	0.3	0.05
サプライチェーン寸断	0.3	0.8	0.3	0.3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
資金決済ができない	0.3	0.05	0.05	0.9	0.05	0.3	0.3	0.05	0.6	0.05	0.05	0.05		0.05	0.8	0.05	0.05
労務管理できない	0.7	0.05	0.05	0.05	0.05	0.3	0.3	0.05	0.05	0.6	0.05	0.05	0.05		0.8	0.05	0.05

図 2-1-4　事象間の影響度合いの入力



	情報通信の停止	物流の停止	鉄道停止	金融停止	多数の住宅倒壊	施設の復旧困難	社員が出勤できない	組織的意思決定困難	セキュリティ低下	社員の安否確認ができない	ブランド・信用の低下	サプライチェーン寸断	資金決済ができない	労務管理できない	情報システム停止	ビジネス機会の喪失	事業継続資源の競合
情報通信の停止		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
物流の停止	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鉄道停止	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金融停止	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多数の住宅倒壊	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
施設の復旧困難	2.67	3.1	0	2.21	2.21		2.21	3.1	0	0	0	0	2.21	0	3.53	0	3.99
社員が出勤できない	0.79	0.79	4.56	0	3.1	3.53		0	3.53	0	0	0	0	0	0	0	0
組織的意思決定困難	5.41	0	0	0	0.79	3.1	3.53		0	3.53	0	0	0	0	3.99	0	0
セキュリティ低下	3.53	0	0	0.79	0	4.56	3.1	2.21		0	0	0	0	0	3.53	0	3.1
社員の安否確認ができない	5.41	0	0	0	2.21	2.21	2.21	0	0		0	0	0	0	5.41	0	0
ブランド・信用の低下	0	0.79	0	2.21	0	2.21	0	3.53	3.1	0		0	5.41	3.99	3.99	2.21	0
サプライチェーン寸断	2.21	4.56	2.21	2.21	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
資金決済ができない	2.21	0	0	5.41	0	2.21	2.21	0	3.53	0	0	0		0	4.56	0	0
労務管理できない	3.99	0	0	0	0	2.21	2.21	0	0	3.53	0	0	0		4.56	0	0
情報システム停止	5.41	0	0	0	0	2.21	2.21	0	2.21	0	0	0	0	0		0	0
ビジネス機会の喪失	3.53	3.1	0	3.1	0	3.53	3.53	3.53	2.21	0	3.1	5.41	3.53	0.79	3.99		0
事業継続資源の競合	0.79	3.53	2.21	0	0	2.21	0	0	2.21	0	0	0	0	0	0.79	0	
Gamma	-2.94	-2.94	-2.94	-2.94	-2.94	-4.21	-3.76	-3.96	-3.99	-3.82	-4.32	-3.5	-3.95	-3.77	-3.55	-4.91	-3.53

図 2-1-5　クロスインパクト係数行列の確認

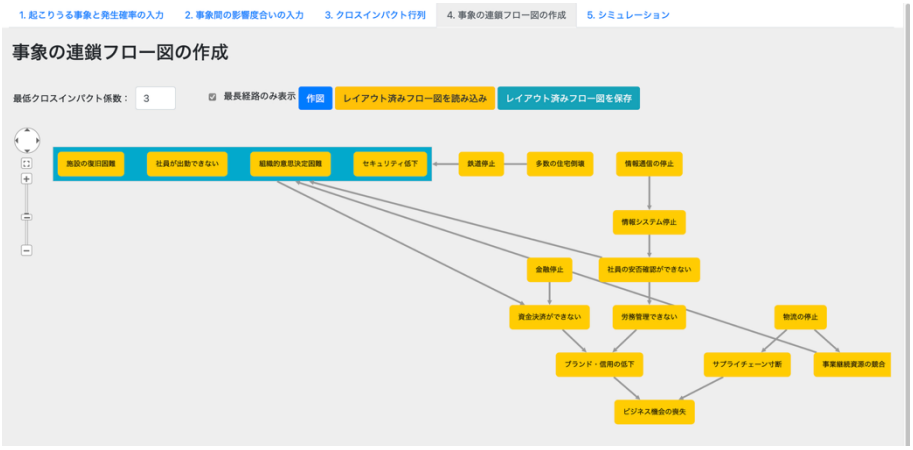


図 2-1-6　事象の連鎖フロー図の作成

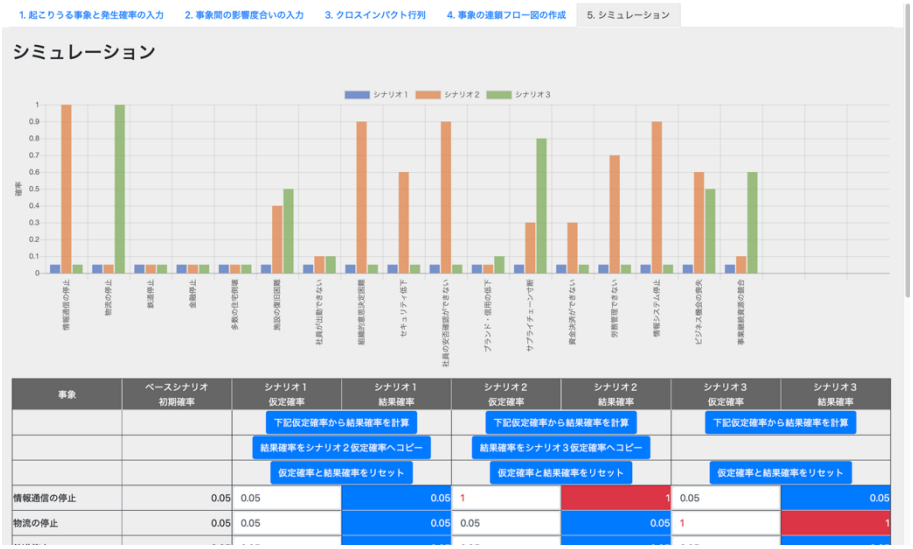


図 2-1-7　シミュレーションの実施

2.1.4　災害連鎖データベース

個々の組織において作成されたイベントツリーをデータベース化し、活用することで、多様な連鎖現象の理解、社会全体のイベントツリーの作成、それによる事業継続計画の改善が可能となる。

(1) データベースの構築

災害連鎖の複雑な関係を蓄積・活用するため、グラフデータベースを採用した。

個々の事象はノードとして記述する。事象を一意に識別するための名称を付与し、事象のタイプや、様々な属性情報、例えば、CIA で得られた定量的な指標、発生場所、発生時期、

規模や範囲など、を付与する。

事象間の連鎖関係はエッジとして記述する。ノードとして定義された事象名を用いて、先行事象と後続事象、連鎖のタイプや様々な属性情報を付与する。クロスインパクト係数をつながりの強度として属性情報に記録すれば、閾値によるフィルタリングが可能となる。また、連鎖が発生する条件を属性情報として記録すること多様な連鎖を表現できる。

複数のワークショップから得られたデータの追跡性を確保するため、バックグラウンドで各ノードとエッジにそれらを判別できるような名称やユニークな ID が付与される。

このように特定のワークショップで作成されたイベントツリーや、特定の災害事例における連鎖現象を表現したイベントツリーを個別イベントツリーと呼ぶこととする。個別イベントツリーは、局所的かつ具体的な災害連鎖のシナリオを表現するものである。

このような個別イベントツリーを作成、編集するツールを図 2-1-8 のように作成した。左側にノードやエッジをテキストで記述することで、右側にネットワークが可視化される。

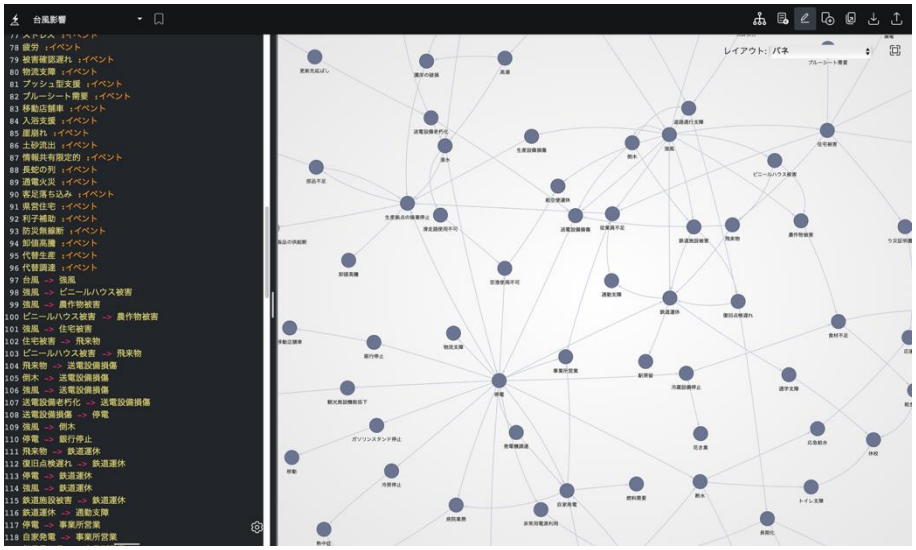


図 2-1-8　災害連鎖データベースのイベントツリー作成・可視化ツール

(2) データベースの活用

個別の主体が想定する災害連鎖は、その主体の視野、経験、知識の範囲内に必然的に限定される。災害連鎖データベースが充実すれば、そのデータを総合知として活用することで、以下のようなことが可能となる。

第一に、ワークショップでは事象や連鎖の想定に行き詰まることが多いが、データベース

を活用すれば、過去の事例を参照しながら効率的に作業を進められるようになると考えられる。例えば、事象の名称を一部入力すると残りが補完されたり、入力した事象に対して後続する事象が提案されたりするようにできる。

第二に、各種社会システムの連携により波及する経路をより理解できるようになると考えられる。このためには、事象の名称に用いる用語の統一や粒度のコントロールなどを行い、各主体が作成したイベントツリーから共通して出現する事象を接続点としてイベントツリー同士をつなぐ。

第三に、異なるイベントツリー間で共通するパスやシナリオを分析することで、多数が考える連鎖や、複数の災害事例で繰り返し発生している連鎖を定量的に可視化することができる。このような共通パターンを特定することで、優先的に講じるべき対策を明確にしたり、CIA における発生確率や影響度を根拠に基づいて評価したりできる。

このように多数の個別イベントツリーを接続することで、現在発生している事象を入力することで今後発生する可能性のある事象を予測したり、派生して発生している可能性のある他の事象を推論することで潜在的な問題の早期発見にもつながると考えられる。

(3) データベースの充実

このようなデータベースを充実させていくために、生成 AI の利用を検討した。Chat GPT などの大規模言語モデルを使えば、過去の災害に関する多数のニュース記事やレポートから災害に関連する事象とその連鎖関係を抽出させることができ、災害連鎖データベースの内容を効率的に拡充することが可能となると考えられる。そこで、大規模言語モデルを活用して、事象とその連鎖関係を自動的に抽出するシステムをツールに追加した（図 2-1-9）。

ツールでは、事象の抽出と連鎖の抽出を２段階で実施する。テキストボックスにニュース記事等を入力し、事象抽出ボタンを押すと、大規模言語モデルがニュース記事内から事象を抽出する。次に連鎖抽出ボタンを押すと、それらの連鎖関係を自動的に抽出するものである。生成 AI の活用にあたっては、その出力結果の検証と人間による監督が不可欠であるため、どのように抽出したかは、グラフィカルなインターフェースにより確認できるようになっている。

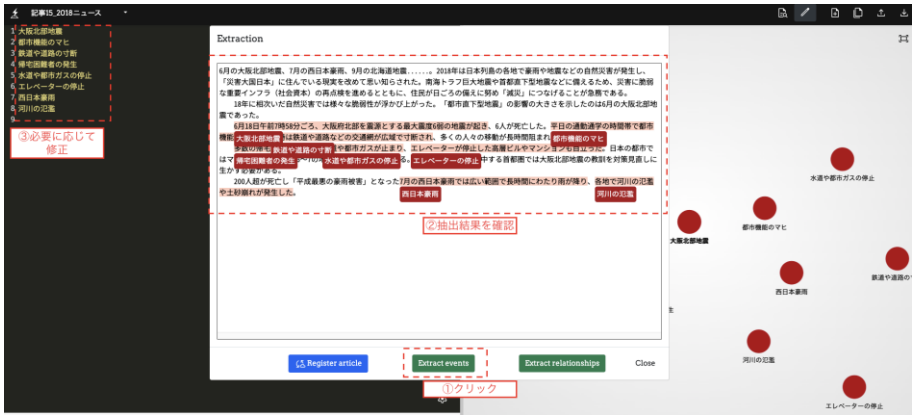


図 2-1-9　イベントツリー作成・可視化ツールの文章からの事象自動抽出機能

2.1.5 まとめ

本稿では、大規模災害における複合的な災害連鎖の予測と対策について論じた。社会システムの相互依存性が高まる中、システムの機能停止は連鎖的な影響を及ぼす。この課題に対し、イベントツリーによる分析手法を提案した。複数の個別イベントツリーを接続し、包括的な災害連鎖の全体像を構築することで、実践的な活用を可能にする。また、生成 AI を活用して災害関連の事象と連鎖関係を自動抽出するシステムを開発し、データベースの効率的な拡充を実現した。ただし、人間による適切な監督と検証は不可欠である。これにより、災害連鎖の予測精度向上と効果的な対策立案が期待できる。今後はデータ蓄積と AI システムの改善を進めていく。

【参考文献】

Miguel Ramirez de la Huerga, Victor A. Bañuls Silvera, Murray Turoff. (2015) : A CIA-ISM scenario approach for analyzing complex cascading effects in Operational Risk Management, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol.46, Part B, pp289-302

2.2「防災計画」から「災害制御」へ　-災害連鎖想定の実践-

廣井　悠

要約　これまで行われてきた、わが国における公による災害対策のフレームワークは小・中規模災害の被害を減じることには成功したものの、今後対応すべき巨大災害に対してはその限界が露呈している。このため筆者は、2050 年に向けた防災対策のパラダイムシフトとして「防災計画から災害制御へ」といった発想が必要ではないかと考えている。そして、この「災害制御」の中核となる技術が、災害連鎖想定を事前およびリアルタイムで想定し、災害に伴って発生する社会現象のボトルネックを事前に強化するとともに、発災直後に近未来で発生が見込まれる現象をリアルタイムで把握し、過酷事象の根元を断ち切ることを可能とする技術である。本稿では、このような災害連鎖の想定技術について、その必要性と具体的な研究事例を紹介したい。研究事例においては、新聞記事から継起・因果表現に注目し、機械学習を用いて自動的に災害因果関係を時間情報・空間情報を付与した形でデータベース化する技術と、類似度に応じてこれからのデータベースから任意の条件に従って災害連鎖現象を可視化する技術である。

2.2.1 災害連鎖の想定が必要となった時代的・社会的背景

本稿では、気候変動や地震活動の活発化という外力の変容や少子高齢化・低成長をはじめとする地域社会の脆弱化が加速する現在、これからの防災対策はどのように行われるべきかの展望を記述する。さて、図 2-2-1 は内閣府による「防災白書」に掲載されているもので、戦後以降にわが国で自然災害によって亡くなった方の人数を時系列的に報告したものである[1)]。これを見てもわかるように、昭和 30 年代までのわが国は風水害を中心として毎年何千人もの死者が発生し、全国の都市部で大火も頻発する時代であった。しかしながらそれ以降、わが国における自然災害による死者は大幅に減り、東日本大震災や阪神・淡路大震災という 2 つの災害事例を除けば、現在は年間で災害による死者は数十人～数百人が記録されるのみとなっている。これは言うまでもなく、わが国で昭和 20 年代および 30 年代から行われた本格的な河川整備や常備消防の充実、そして都市の難燃化・不燃化という予防力の向上などがもたらした結果といえよう。つまり図 2-2-1 が示す歴史的経緯は、わが国がこのようなハード整備等の充実によって過去に頻発していた死者千人クラスの災害を減らすことに成功したという事実そのものと考えられる。そしてこれ以降も、災害事例と教訓の積み上

げによって災害対応力は徐々に強化または高度化され、おそらく今後も災害による死者数は減少していく方向に向かっていくであろう。しかしながら、この傾向には 2 つの例外があることを忘れてはいけない。ひとつは、先に示した気候変動や地震活動の活発化という外力変化、そして少子高齢化や低成長をはじめとする地域社会の脆弱化が今後ますます災害リスクを高めてしまうという可能性である。もうひとつが図 2-2-1 における「例外」、つまり阪神・淡路大震災のような様々なヒト・カネ・モノが集積する大都市における災害や、東日本大震災のような想定外力を超える自然現象に伴った災害の存在である。特に後者の 2 事例のように、ひとたび予防力や災害対応力の閾値を超えた災害が発生した場合、その被害はいまだ大規模なものとなる可能性が高い。すると、これまでみてきた人的被害の時系列的な変化の傾向は、災害現象の質的な変容として解釈すべきであろう（廣井 2025）。すなわち、死者千人クラスの常習的な災害を根絶させたわが国では、災害リスクが死者数十人～数百人クラスの災害と数千人～数万人クラスの以上の巨大災害の二極化しているという事実がある。

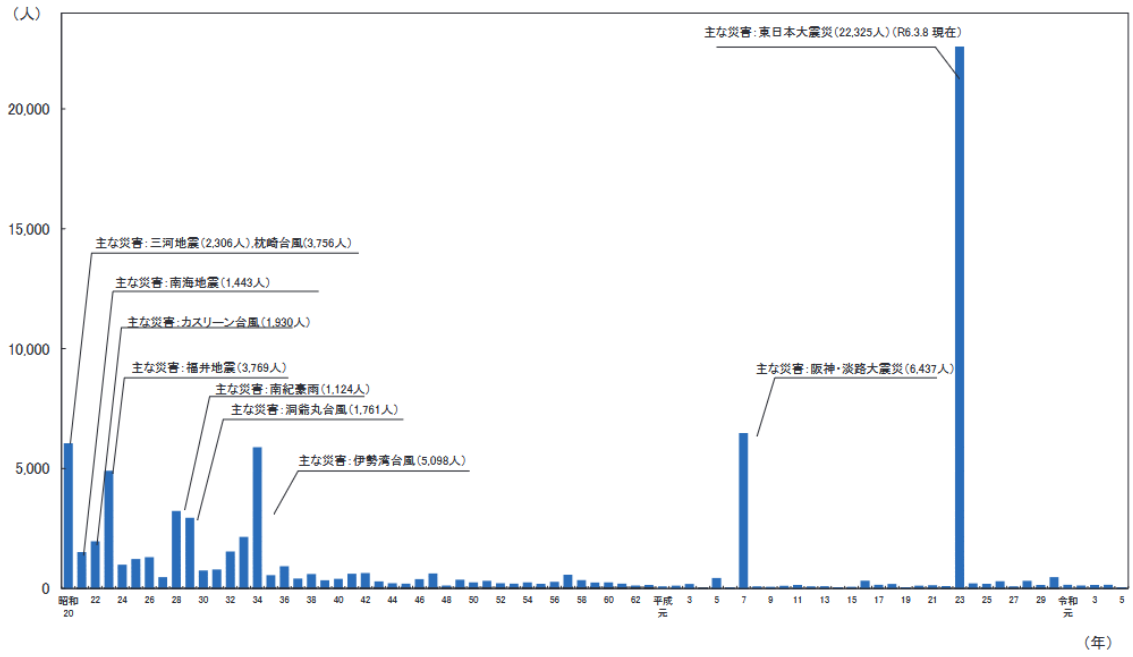


図 2-2-1　自然災害による死者・行方不明者数（出典）内閣府（2025a）

当然、災害対応を考えるうえでは、両者の対策は切り分けて考える必要がある。例えば前者の死者数十人～数百人クラスの災害は、わが国のどのような場所でも発生する可能性がある。しかしながら、日本全体を短期間でくまなく安全な市街地につくりかえることが困難

なことは自明である。また、この種類の災害による被害者の多くは高齢者であることが予想される。このため、このような死者数十人～数百人クラスの災害を防ぐ方策として、地区防災計画の策定をはじめとした地道な地域防災の積み重ねに加えて、要援護者対策や震災関連死対策、福祉と避難の連携などがその対策の中核となるであろう。

他方で後者の巨大災害は、ひとたび発生すると甚大な被害が発生するため、前者の死者数十人～数百人クラスの災害やこれまでの延長線上での対策のみならず、巨大災害特有の対処方針を考える必要がある。そもそも筆者は、巨大災害の発生は複合災害・大都市災害・想定外といった 3 条件のいずれかと考えているが、その代表例としては近年発生が懸念されている首都直下地震や南海トラフ巨大地震が挙げられよう。首都直下地震の舞台となる大都市は数多くの集積がなされた空間であるため、施設の高密度化に伴い高い破壊効率がもたらされるほか、機能面の複雑かつ高度な相互作用を持つがゆえ、周辺支配性に伴う広域的な社会経済機能の低下、中枢機能の麻痺がもたらす全世界レベルの影響、過度のライフライン依存などの理由で人的被害のみならず機能面においても甚大な被害が想定される（廣井 2025)。そして、近い将来に発生が確実視される南海トラフ巨大地震は、2025 年 3 月に国の被害想定が見直され、10 年前に引き続いて最大約 30 万人もの死者数が想定されているなど、これまでにも類を見ない災害リスクの複合性および激甚性が懸念されている（内閣府中央防災会議 2025b)。われわれはこのような巨大災害リスクについてどのような対策をすべきなのだろうか。

2.2.2 災害連鎖想定をとりまく今後の防災対策のパラダイムシフト

筆者はこれら巨大災害についての対策として、従来の「防災計画」とそれに基づく災害対応のみによる有効な対応は困難になりつつあると考えている。そもそも公が行う従来の防災対策は、国や自治体などが行う「被害想定」に基づき、事前にいくつかの被災シナリオを想定して予防力の強化や災害対応の準備などの事前対策を講じつつ、発災後に災害対応を行う場合が多い。いわば、事前に被害像を「決め打ち」して対応しようとする枠組みであると言える。しかしながらこの枠組みは、複合災害・大都市災害・想定外という 3 条件を伴う巨大災害に対して有効なものでは必ずしもない。その理由は単純である。そもそも「複合災害」とは災害と災害の掛け算であることから、事前に考えておくべきパターンは無限となり、想定しておく被災シナリオの絞り込みが極めて困難である。また、巨大災害が発生する可能性の高い「大都市」は、複雑かつ高度な相互作用で構成されるため、機能面の麻痺も考慮す

ると、災害が発生した後にその影響がどのような形で顕在化していくかが網羅的に把握されていない。つまり十分な対策が事前に準備できない。さらに、「想定外」と言われるほどの発生確率の低頻度高被害現象は、防災投資の基準に単純な期待値＝「確率×被害規模」をどれだけ計算しても適切な防災投資であるという判断ができない。それゆえ巨大地震については費用便益分析の手法そのものに限界があり、それゆえ適切なハード的防災投資はなされにくく、避難対策などのソフト対策へ過剰な期待が寄せられることもしばしばである。しかし、経験が希薄化しやすい巨大災害時にはソフト対策の限界があることもまた事実であるとすれば、東日本大震災のような甚大な被災が再現されてしまう可能性も十分に考えられる。つまり現状においては、これまでの防災フレームワークの限界が巨大災害に対して露呈している。

これに対して筆者らは近年、災害対策を「計画」から「制御」への転換を果たすべきではないかと提案している。すなわち、事前に予測したいくつかのシナリオのみに準備するのではなく、ひな形となる計画を複数準備して予防力の向上を行いつつ、一方で災害発生後にリアルタイムで状況を把握し、先回りで被害を抑制・制御するというアプローチである。その概要は下図のように示される。図 2-2-2 はこれまでの防災対策の概念図であり、図 2-2-3 は防災計画も含めた災害制御の概念を示したものとなる。ここでは図 2-2-3 について説明しよう。まずは、災害の準備のみならず平時利用も見据えた形で、センサーデータや SNS 情報など現在進展目覚ましい高度な情報技術を用いて平時のモニタリングを常時行う。そしていざ災害が発生すると、そのこれらのモニタリングシステムを利用してリアルタイムかつ一元的な被災状況の把握を行う。さらに、この即時把握された情報と過去の災害記録データ等を用いて、発災後の被害様相を近未来予測する。そして、AI による意思決定支援技術などを用いて、過酷事象の根元を断つ「災害制御」を行う、という概要である。なお、こうした災害制御の枠組みにおいて、事前の被害予測や防災計画は予防力向上や災害対応準備のための手段と位置づけられるが、ここで構築した発災後の被害様相を近未来予測する技術は、災害に伴って発生する社会現象のボトルネックを事前強化するための手がかりともなりうる。

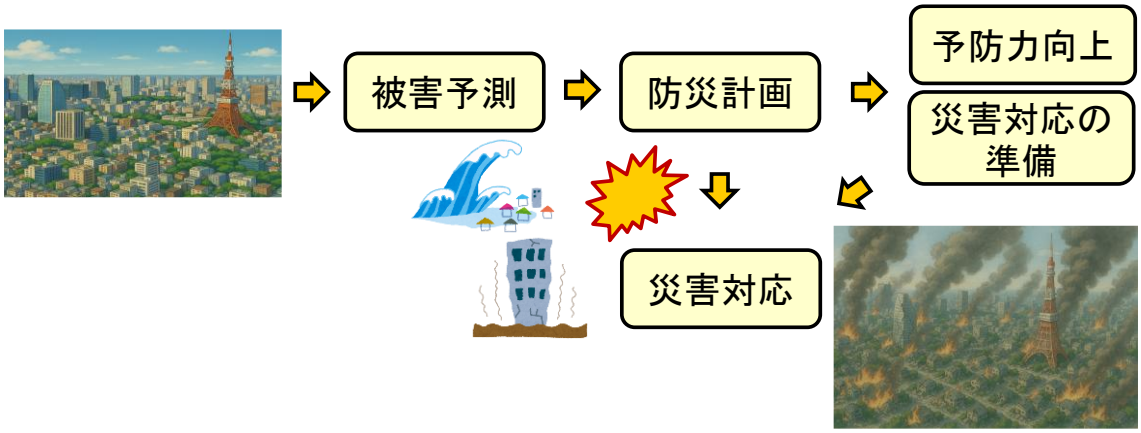


図 2-2-2　従来の防災対策の概念図

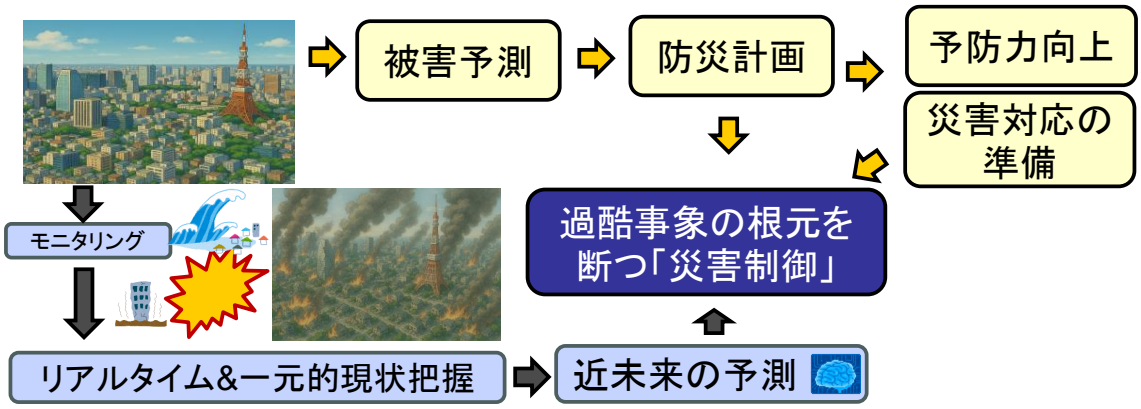


図 2-2-3　これから目指すべき災害制御の概念図

2.2.3 災害連鎖の具体事例

災害制御の実現には、近未来を予想しうる最新の情報技術、とりわけ自然言語処理や機械学習による災害連鎖のモデリングが鍵を握る。筆者は、JST さきがけ研究（2016-2020 年）で機械学習等を用いた災害連鎖現象データベース作成を着想し、科研費基盤 A プロジェクトなどを経て、行政の災害対応を支援する目的で近未来予測型災害対応 DX 技術を開発中である。これは過去の災害による被害を報じる大量の新聞記事やニュース原稿などを素材として、機械学習で膨大な災害事象の因果関係を自動的に抜き出し因果関係データベースを作成することで、起こりうる災害連鎖現象を事前に網羅的に確認しておく取り組みである。詳細は参考文献（廣井・坂平 2020；Sakahira & Hiroi2021a；Sakahira & Hiroi2021b）に譲るが、これによって、実際に災害が発生した直後に所与の条件から近未来に発生しうる事象をリアルタイムで予測することが可能となり、これをもとにした効果的な災害対応が実

現される。

本稿では筆者らの災害連鎖想定技術について記述したい。この概念図は図 1-1-4 のように示せるが、本技術は大きく災害因果データベースの作成技術と因果ネットワークの作成技術の 2 種類に分けることができる。前者については、災害に関連する現象を報じる文章を用いて、適宜これに時空間情報を付与し、データベースを作成するものである[1)]。つまりここで、新聞記事やニュース原稿、インターネットの記事などあらゆる文章を教師データとして機械学習にかけ、「原因」と「結果」の膨大なデータベースを作成する。そして後者の技術は、このデータベースを様々な災害現象について事前に作りこむことで、発災初日のニュース原稿や記事などから得られる「災害データ」を条件として、それに連なる因果を整理し、いまどのような現象が発生していて、例えばその現象 A が発生した時に、いつどこでどのような条件で望ましくない結果 B1、B2、B3…が将来に発生するかのタイムラインを、過去の経験をもとに推測する作業である。これが図 2-2-4 における「類似度算出&集約化」の部分である。

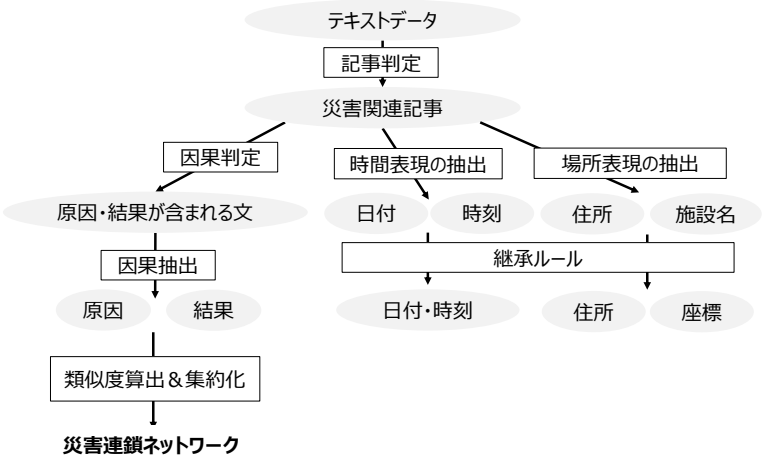


図 2-2-4　災害連鎖想定技術の概念図

ここからは具体的な算出方法を示す（塩崎ほか 2024)。ここでは因果連鎖の抽出に用いるデータとして 1995 年から 2020 年までの朝日新聞データ（学術・研究用）と、1995 年から 1996 年まで及び 2011 年から 2013 年までの毎日新聞記事データ集を用いる。対象とする災害は 1995 年から 2018 年までに発生した主要な地震災害 14 件である。災害因果表現の抽出は、まず災害に関係する新聞記事を抽出したのち、対象記事の各文について 因果情報を含むか否かの判定（因果判定）を行い、因果情報を含む文に限定して各文から原因・結果の抽

出（因果抽出）を行っている。因果判定は、因果有無を分類するタスクとしてファインチューニングしたBERT（Jacob D. et al.2019）を用いている。ベースモデルは東北大学自然言語処理研究グループが公開している日本語現代文BERTモデル（Tohoku NLP Group、 2023）である。学習データは兵庫県南部地震と東北地方太平洋沖地震の関連記事10、965文をアノテーションしたデータを用いた。因果抽出はGPTを利用し、文中から原因と結果を抽出するプロントを用いる。またここでは、この因果抽出の後に、時間表現の抽出と空間表現の抽出を行い、それぞれ時間情報、空間情報として災害因果表現に付与している。

時間表現については、各文からパターンマッチングによって日付表現・時刻表現・時間表現を抽出し、抽出した日付表現を日付、時刻表現を時刻とした。文内に日付表現が含まれなかった場合は、日付を記事発行日の前日（夕刊の場合は記事発行日の当日）としている。文内に時刻表現が含まれなかった場合は時刻を欠損値とした。時間表現の抽出においては、各文からパターンマッチングによって日付表現・時刻表現・時間表現を抽出し、抽出した日付表現を日付、時刻表現を時刻としている。ここで新聞記事の文において事象（今回の場合、災害因果事象）が含まれる文と同じ文内に必ずしも日付表現・時刻表現が含まれていないことが多い。そこで精度を向上させるための工夫として、連続する二文間で情報を引き継ぐ処理（以下、「継承ルール」と呼ぶ）を加えた。連続する二文について、基本的に後文の日付・時刻は前文と同一とし、後文に日付表現・時刻表現が含まれていた場合はその値に更新した。ここで、日付表現・時刻表現が含まれていないが、「二週間後」「三時間経ったとき」のように経過を示す時間表現が後文に含まれている場合は、前文の日付・時刻に経過時間を足し合わせて更新した。なお「地震が起きてから四時間後」のように、発災を起点とした時間表現が含まれる場合は、前文ではなく発災時の日付・時刻に足し合わせて更新した。

また、空間表現の抽出は、固有表現抽出タスクとしてファインチューニングしたBERTモデルを用いて行った。学習データはWikipediaをソースとしたデータセットを用いた。また空間表現を住所表現と施設名表現の二種類に分け、抽出した住所表現、施設名表現をそれぞれ住所、施設名とした。なお同一の文に複数の住所表現が含まれている場合は、初めに記述された住所表現を用いた。また時間表現の抽出と同様に、継承ルールにもとづいて更新を行った。連続する二文について、基本的に後文の住所・施設名は前文と同一とし、後文に住所表現・施設名表現が含まれていた場合はその値に更新した。

時間情報・空間情報の抽出精度を検証するデータセットは、平成28年熊本地震の関連記事100記事（文章数：2、570文）について、日付・時刻・住所・施設名をそれぞれアノテー

ションしたものを用いており、発災後の期間で層別化した上で、抽出精度を Accuracy で評価した。結果として、日付は全体として 76.4%程度の精度で、継承ルールを用いた場合 82.1%に向上している（表 2-2-1）。また 28 日後以降は精度が低下している。これは発災からある程度時間が経過した後は、発災直後の因果事象について日付を明記せずに記述することがあるためと考えられる。人が読んだ場合は文脈から日付を読み取ることができるが、パターンマッチング及び継承ルールのみでは補完することが困難である。時刻は全体として 94.3%程度の精度で、日付よりも高い。また期間や継承ルールの有無によって精度はほとんど変わらない。住所・施設名は全体としてそれぞれ 56.6%、77.4%程度の精度で、継承ルールを用いた場合それぞれ 72.6%、84.9%に向上している。施設名に比べて住所の抽出精度が低い理由は、災害因果事象が実際に発生した住所と無関係な住所表現が文内に記載される場合があるためと考えられる。

表 2-2-1　時間・空間情報の抽出精度

期間	継承ルール	日付	時刻	住所	施設名
全体	なし	0.764	0.943	0.566	0.774
発災当日-3 日後	なし	1.000	0.950	0.500	0.600
4 日後-7 日後	なし	0.840	0.960	0.720	0.680
8 日後-28 日後	なし	0.550	1.000	0.600	0.800
28 日後-	なし	0.707	0.902	0.488	0.902
全体	あり	0.821	0.953	0.726	0.849
発災当日-3 日後	あり	0.800	0.950	0.800	0.700
4 日後-7 日後	あり	0.920	0.960	0.680	0.880
8 日後-28 日後	あり	0.900	1.000	0.700	0.900
28 日後-	あり	0.732	0.927	0.732	0.878

実際の災害事例をもとにした具体例を示す（廣井ほか 2025）。図 2-2-5 は能登半島地震時に発生した災害の因果連鎖構造を、新聞記事 624 記事から自動的に抽出・構造化して一部を抽出したものである。これを見ると、「道路寸断」ならびに「停電」という現象が様々な形で社会に大きな影響を及ぼしていることが確認できる。なお筆者らの既存研究（坂平・廣井

2022）によれば、阪神・淡路大震災や東日本大震災では、被災地の工場生産の停止や断水、物流の混乱、停電が社会に大きな影響を与えている。これは、地域による違いや抽出した記事の時間スケールによっても異なるが、このようなボトルネック構造を事前あるいは直後に把握・予測できる点が、本手法の利点となる。いずれにせよ、このように過去の経験を網羅的に構造化して集約したうえで、将来何が発生しうるかの予測をリアルタイムで行うことができれば、災害対応経験の乏しい自治体においても、過去のあらゆる教訓を生かして災害に対応することが可能となり、被害の最小化が期待される。

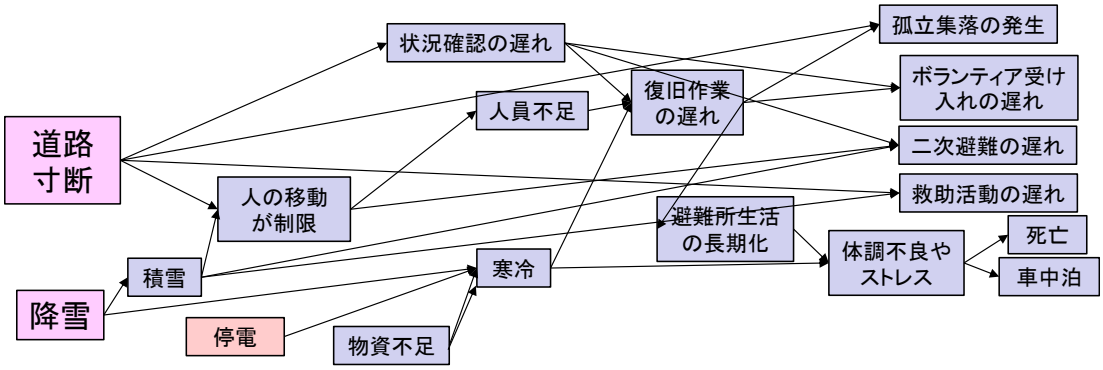


図 2-2-5　能登半島地震

2.2.4 おわりに

本稿では、今後の発生が懸念される巨大災害に対する「被害想定のパターン数に限界があり、すべてのシナリオに対応しきれない」「低頻度高被害型災害に対しては予防力の限界が明らかである」「高度かつ複雑な相互関係を有した大都市は災害時に発生する連鎖現象が十分に解明されていない」といった従来の防災計画における限界を記述し、巨大災害による被害の最小化を目指すことのできる「災害制御」へ防災対策の方針を転換する必要性を示し、そしてそれを支える情報技術の可能性について論じた。もちろんここで示した「災害制御」の方法論には欠点もある。例えば、過去の災害を網羅的に学習することで近未来を予測する手法については、未経験の災害に対しての対応が困難である。このため、これらの課題を克服するには先進技術のみに過度に依存するのではなく、人間との役割分担を考慮する必要があろう。ここでは紙幅の関係でこれらの詳細を説明することはできないが、気候変動や地震活動の活発化という外力の変化や少子高齢化や低成長をはじめとする地域社会の脆弱化が加速している現在、本稿で提案した「災害制御」を含めて、災害リスクの巨大災害対応を再考する必要性にわれわれは迫られている。

【注釈】

注 1）もちろん新聞記事には、事象が起きた日時や場所を必ずしも記述していない文章や、一部の表記が省略されている文章が含まれている。このため、全ての新聞記事で機械的に時空間情報を正確に抽出できないこともある。このため、本研究では欠損している情報を補完する工夫を加えた上で、抽出の精度検証を行っている。

【参考文献】

Fumihiro Sakahira and U Hiroi(2021a): Creating a Disaster Chain Diagram from Japanese Newspaper Articles Using Mechanical Methods, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.25, No.3, pp. 277-284, DOI: 10.20965/jaciii.2021. p0277

Fumihiko Sakahira, U Hiroi(2021b): Designing cascading disaster networks by means of natural language processing, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 66, Doi: 10.1016/j.ijdrr.2021.102623

廣井悠，坂平文博（2020）：機械学習を用いた災害連関図の自動作成手法の検討，日本災害情報学会第 22 回大会予稿集

廣井悠（2025）：地域社会の疲弊，マルチハザード化する災害-能登半島地震が問う災害対策の視座-，世界，岩波書店

廣井悠，塩﨑洸，坂平文博，志村泰知，小野晋太郎（2025）：災害因果ネットワークを用いた令和 6 年能登半島地震におけるエスカレーションポイントの探索的検討，日本災害情報学会第 30 回大会予稿集

内閣府(2025a)：令和 6 年防災白書

内閣府中央防災会議（2025b）：南海トラフ巨大地震最大クラス地震による被害想定について，

2025.03.https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg_02/pdf/saidai_03.pdf

坂平文博，廣井悠（2022）：新聞記事に基づく災害因果ネットワークにおけるカスケード効果の評価，日本セキュリティ・マネジメント学会第 35 回全国大会

塩﨑洸，坂平文博，志村泰知，小野晋太郎，廣井悠（2024）：新聞記事における時空間情報を持つ災害因果表現の抽出，日本災害情報学会第 29 回大会予稿集

３．災害対応・復旧の人的経営資源確保の課題と今後の方向性

3.1　一斉帰宅抑制を前提とした企業の BCP 発動時の課題と対策

寅屋敷　哲也

要約　本稿では、首都直下地震の発生を想定し、東京都が条例により従業者を原則として最大 72 時間程度施設内に留めることを求めている「一斉帰宅抑制」の方針に基づき、企業の事業継続計画（BCP）における人的経営資源の確保に関する課題と対策について考察している。この方針のため、初動の 3 日間は、企業は施設内に従業者を安全に留めおくための対策と、その後の通勤困難に伴う人員確保のための対策が主な課題となる。一斉帰宅抑制期間中の課題や対策について、本稿では高層施設を対象として検討した。具体的には、地震動による揺れの大きさに備えた設備の固定、エレベーター停止時の負傷者搬送手段、建物内の立入禁止区域の設定、下水配管損傷リスクを踏まえたトイレ使用制限、停電時の換気・空調確保、備蓄スペースの確保、ゴミの処理方法などが挙げられる。また、72 時間経過後の人員確保については、拠点を東京以外の地域に移す場合と東京を拠点として事業継続をする場合に分けて検討をした。前者では、遠隔地における宿泊施設の確保や通勤手段の整備が必要であり、従業者の生活環境の変化や精神的負担にも配慮する必要がある。後者では、公共交通の復旧が遅れる中、徒歩やその他移動手段の確保といった通勤のための代替手段の検討に加え、備蓄が尽きた後の飲料水・食糧・トイレ確保等が課題となる。以上のように、首都直下地震においては、従業者を一時的に滞在させるための具体的な施設環境の整備と、一斉帰宅抑制終了後の人員確保体制の両面から対策を講じておく必要がある。

3.1.1　東京都における一斉帰宅抑制の概要と人的経営資源確保に関わる問題

東京都においては、地震災害等により鉄道の運行が停止した場合、多数の帰宅困難者が発生することが予想されている。多数の帰宅困難者が一斉に帰宅すると、道路や歩道が多くの人で埋まり、大渋滞が発生することで、警察・消防・自衛隊の車両が速やかに現場に到着できず、救助・救命活動に支障を来したり、また、徒歩帰宅中に余震等で二次被害に遭う可能性があるため、地震発生後は「一斉帰宅抑制」という方針が採られる。東京都では、2012 年に帰宅困難者対策条例を制定し、条例第七条において「従業者の一斉帰宅抑制」を求めている[注 1)]。具体的には、事業者等に対して、従業者を当該施設内で待機するよう指示し、一斉に帰宅することの抑制に努め、72 時間はむやみに移動せず安全な場所に留まるように求め

ている。すなわち、東京都の事業者においては、日中地震が発生した場合の初動としては、安全確保が終わった後、企業としての事業継続と従業者の一斉帰宅抑制の双方を同時に進めていく必要がある。

企業の災害対応・復旧の人的経営資源確保の観点からいえば、従業者が地震発生後 3 日間事業所内に滞在するのであれば、その 3 日間は対応人員が不足する可能性は小さい。その代わり、事業者は従業者が安全に施設内に 3 日間留まれる環境を整備しておく必要がある。一方、一斉帰宅抑制期間が終わり従業者が帰宅した後にどのように人員を確保するかという問題が生じる。大規模地震においては、一斉帰宅抑制期間の 3 日が過ぎた後に、鉄道をはじめとした公共交通機関が通常通りに回復するのは難しいと想定されている。首都直下地震の被害想定[注 2)] では、3 日後は鉄道の被害があった路線で応急復旧作業が開始される時期とされていてまだ運行再開のめどは立たないと予想される。また、1 週間後も復旧作業は継続中であり、1 ヶ月後においても復旧は約 6 割程度と推測されている。すなわち、従業者が帰宅した後でも通勤支障が 1 ヶ月以上は継続することが想定されており、この期間における事業継続のための人員確保策は別途検討しておかなければならない。

以上より、地震災害後の事業継続のための人員の確保のために、一斉帰宅抑制中の従業者の滞在と、一斉帰宅抑制後の人員確保の対策を別途検討しておく必要がある。

3.1.2 一斉帰宅抑制中における従業者の滞在における課題と対策

東京都にある企業は、駅周辺の高層施設等に事業所を置いている場合が多い。そこで、本稿では、高層施設における一斉帰宅抑制期間の従業者の滞在に係る課題を整理する。

高層施設特有の一斉帰宅抑制に係る課題について、寅屋敷ら（2025）による高層複合施設の一時滞在施設に係る課題を踏まえて整理した。表 3-1-1 に示すように、1A～3B の 7 つの課題と対策について、(1)～(7)に詳細を記述する。

表 3-1-1　高層施設における一斉帰宅抑制に係る課題

高層施設の特徴		課題が生じる背景	一斉帰宅抑制に係る課題例	
A	垂直方向に展開する空間	高層階の場合、特に長周期地震動に対して揺れが大きく、長く継続する傾向がある	(1)	**地震被害軽減** ・高層階のオフィスでは、地震動による被害を軽減するための対策として、家具や設備等の固定等を実施しておく必要がある
		地震によりエレベーター等が使えない場合、負傷者を搬出する垂直移動方法が階段のみとなる	(2)	**負傷者搬送** ・高層階で負傷者が発生した場合、救護室（低層階）や病院へ負傷者の搬送方法の検討と体制の整備を行う必要がある
		施設によっては天井が高い空間等の地震による二次災害のリスクが高い場所がある	(3)	**立入禁止区域** ・地震後に被害確認を踏まえて、二次災害の危険がある場所については立入禁止等の対応をする必要がある
		地震により下水の垂直配管の破損やズレが生じやすく、損壊状況の確認も容易ではない	(4)	**トイレ対応** ・地震直後に高層階のトイレに水を流すと、下水配管が破損している場合、水漏れ被害を引き起こす可能性があるため、水洗トイレの禁止処置をする必要がある。
B	開閉可能な窓の制約	停電により空調や換気設備が停止する場合がある	(5)	**室内環境** ・室内温度が、夏は高温になりやすく滞在者の熱中症等になるリスクが高まる ・感染症リスクの増加や二酸化炭素濃度の上昇による滞在者への健康への悪影響が懸念される
C	多数テナントの入居	一時滞在施設の場合には、災害備蓄倉庫は帰宅困難者用の備蓄を対象としていることが多い	(6)	**備蓄場所の不足** ・テナントの事業所では、従業員用の備蓄は各自で用意し、保管場所を確保する必要がある
		地震直後の帰宅抑制期間は廃棄物の収集が実施されない可能性が高い	(7)	**ゴミ処理** ・多数の従業員が帰宅せずに滞在した場合、備蓄食や簡易トイレ等のゴミの処分が困難となり、新たにゴミの回収・保管方法を検討する必要がある

(1) 地震被害軽減

高層施設の高層階では、特に長周期地震動に対しては、揺れが大きく、長く継続する傾向がある。そこで、地震動に対する被害軽減のために、オフィスに設置されている家具や大型設備等の固定といった基本的な対策を徹底することが望ましい。このような大型の設備が固定されていないと、地震の揺れによって設備等が従業者等を襲い、彼らが負傷するリスクが高まる。また、ビジネスにおいて重要な資源が高層階にある場合、特に地震に対する安全対策を検討しておくことも事業継続上は重要な対策である。

(2) 負傷者搬送

地震が発生すると停電となり、エレベータ等が使用できなくなる可能性がある。もし、高層階で地震により負傷者が発生した場合には、周りの人が階段を使って負傷者を下ろし、救護室や病院等に搬送する必要がある。負傷者が歩けない場合には、複数人で負傷者を抱えて、高層階から下まで搬送しなければならない可能性もある。高層施設の場合には、負傷者だけでなく、協力者の負担が相当大きいものとなるため、通常の担架等に加えて、階段を使って負傷者を下ろすために利用できる器具を施設内に用意しておくことも重要な事前対策である。また、そのような器具の使い方については事前に確認をしておかないと、いざという時

に迅速に行動できないため、災害時の救護関係の担当の人員を決めておき、事前に訓練をしておくことが望ましい。

(3) 立入禁止区域

大規模地震が発生した後は、建物内にいくつかの施設被害が生じる可能性が高い。一度目の地震で既に被害が発生した箇所はもちろんのこと、余震等で被害が発生した場合に危険になる箇所も合わせて、立入禁止区域の設定、あるいは要注意を示す案内等を設置することが望ましい。高層施設の場合には、天井が高い空間があったり、大型のガラスが設置されている等、破損して一部の部材が落下すると危険なこともあり、二次災害リスクが高い場所がある。二次災害が発生することにより、従業者が死傷する可能性があるため、これを抑止するための対策は、事業継続上の人員確保の面でも重要である。

(4) トイレ対応

高層施設は垂直下水配管があり、これは地震により破損やずれが生じやすいという脆弱性を抱えている。加えて、配管は壁の奥に隠れているため、目視での被害確認が困難であるという特徴がある。地震後に、下水配管に被害が生じているにも関わらず、高層階のトイレから水を流してしまうと、被害箇所から水が漏れ出す危険性がある。そのため、高層施設では、地震直後から一律に水洗トイレの使用禁止の方針とすることが推奨されている。施設内に下水が漏れ出した場合は、職場環境の悪化や復旧の遅れにもつながり、また、場合によっては事業継続上重要な設備等が水損する可能性もあるため、可能な限り防ぐための対策の必要性がある。

(5) 室内環境

地震による停電の影響で使用できなくなる施設の設備として、エレベーター等のみならず、施設の換気・空調システムがある。非常用発電設備が導入されている施設であっても換気・空調システムを停電下でも使用できる施設は多くはない。加えて、高層施設は、安全性の観点から、開閉可能な窓が少ないという特徴がある。そのため、停電により換気・空調システムが停止すると、室内の換気や温度管理が困難となる。従業者が滞在する部屋で窓を開ける等の自然換気もできなければ、特に夏は高温になりやすく熱中症の危険性が生じる。また、従業者が大人数滞在するとなると、換気が長時間できないことで、二酸化炭素濃度が上

昇することや、感染症流行期であれば感染リスクが増加するといったことにつながる。そのため、換気ができない部屋で大人数が滞在する計画である場合には、大型の送風機等を用意しておき、非常用電源に接続して、空気の循環を可能な限りできるようにしておくことが望ましい。

(6) 備蓄場所の不足

事業所が入居している施設が一時滞在施設となっている場合には、災害備蓄倉庫が設置されていても、倉庫に備蓄するのは帰宅困難者用の物資に限られることも多い。すなわち、事業者が施設のテナントとして入居している場合には、従業者用の備蓄品を保管する場所は、基本的に施設内に用意されていないことが多い。そのため、テナントとして借りているスペースに従業者用の備蓄を保管するか、備蓄スペースを別途借りる必要性が生じる。テナントで借りているスペースは事業者によって大小あると思われるが、保管スペースが十分にある場合は少ないだろう。そのため、いかに限られたスペースに備蓄場所を捻出するかといった検討が必要である。また、近隣に貸倉庫のような外部のサービスがある場合には、備蓄品の保管場所として検討することも一案である。

(7) ゴミ処理

地震直後から 3 日間の一斉帰宅抑制期間、また、一斉帰宅抑制が終わった後の一定期間も、通常の廃棄物の収集が実施されない可能性が高い。そのため、施設内で発生するゴミは回収されず、施設内に増えていくことが予想される。施設の規模にもよるが数百～数千人の従業者が働く施設であれば、3 日間の滞在で使用する備蓄品の飲料水・食糧や使用済みの簡易トイレのゴミの量は膨大になる。また、施設が一時滞在施設の場合等に、外から帰宅困難者を受け入れた場合には、その人数分のゴミも追加で発生することになる。施設内で発生したゴミの収集方法及び保管方法を事前に検討しておかなければ、置き場所に困ったり、異臭問題が生じる等、事後に混乱することになると思われる。特に、使用済みの簡易トイレのゴミに関しては、異臭問題が大きいため、事業継続および帰宅困難者の滞在環境に害を及ぼさない場所を事前に検討しておくべきである。

3.1.3　事業継続のための人員確保対策の課題と対策

一斉帰宅抑制中には、従業者を安全に滞在させるための対策を講じた上で、事業継続のための体制についても、被災状況等に応じて決めなければならない。東京が本社の企業においては、首都直下地震のように東京の被害が大きい場合には、災害対策本部を他の地域の拠点に設置することをBCPで定めている場合がある。その場合には、BCPで予め決められた手順で災害対策本部を設置することになるだろう。一方、災害対策本部や非常時優先業務等を継続する拠点の代替拠点が予め決まっていない場合には、被災地の東京で災害対策本部を設置し、事業継続の対応をする必要がある。ここで対応が分かれるのは、事後的にでも災害対策本部や非常時優先業務等を継続する拠点を別の場所に移す判断をするか、そのまま東京の被災した事業所を拠点とするかどうかで、人員確保対策は異なると考えられる。

(1) 拠点を東京から別の場所に移す場合

重要業務を非被災地の別の拠点で継続できる場合には、その拠点に必要な人員が出勤できる体制を構築する必要がある。ここで拠点を移す従業者の生活拠点が変わるかどうかで対応も異なる。遠隔地への移動であれば、拠点の近くに従業者の宿泊地を設けて対応する必要がある。また、関東近郊の地域の場合、従業者の自宅から自動車等で出勤可能であれば、その移動手段の確保が必要となる。いずれの対応の場合においても、平常時の出勤体制と大きく変わることから、事務的なサポートや経費からの支出面において、例外的な対応となる場合も多いと思われ、柔軟な対応ができるようにしておくことが望ましい。また、従業者への配慮すべき点としては、従業者の家族・親族が亡くなったり、また、自宅が被災して生活できないといった従業者の環境が大きく変わった場合には、当該従業者が精神的にも業務に従事が可能となるまで待つことも重要である。その場合、事業継続の観点からは、別の従業者と担当を入れ替えるといった措置も必要である。そのため、災害後の従業者の被災状況等を踏まえて、事業継続のための人員体制は柔軟に検討できるようにしておくことが望ましい。

(2) 拠点は東京のままの場合

業種や事業内容によっては(1)のように拠点を移ることが困難な場合も多い。そのような企業では、一斉帰宅抑制後に従業者が帰宅した後も、東京の事業所に引き続き出勤を求めるか、あるいは、通信インフラが通常通りであるならばリモートワークでの体制に切り替える

等の対応が考えられる。なお、リモートワーク体制については、(1)の場合の対応にも有効であり、どのような状況下でも汎用が効く対策である。

地震発生後、移動経路の安全性が確認できた後、従業者に対して東京の事業所に引き続き出勤を求める場合には、首都直下地震を想定すると鉄道の運行再開やインフラの復旧等が一定程度進まないと、多くの従業者は出勤帰宅が困難である可能性は高い。まず、そもそも自宅が遠方にあり徒歩で毎日出勤帰宅を繰り返すことが難しいという従業者もいるだろう。その場合、自転車や自動二輪車等の交通手段への切り替えでの出勤可能かは事前に検討しておくと良い。自動車は、渋滞や停車場所の問題が大きいと思われるので、都心部が事業所の場合は現実的ではないと思われる。すなわち、鉄道以外の従業者の出勤手段を、災害後の状況を想定して検討しておくことが望ましい。

加えて、首都直下地震の場合には、従業者の出勤が可能かどうかだけが問題ではない。出勤した後に東京の事業所の近辺で、飲料水・食糧を確保することができるか、また、トイレを使用できるかといった問題がある。一斉帰宅抑制中は、事業者が従業者のために備蓄している 3 日分の飲料水・食糧等や簡易トイレ等を使用することが可能である場合が多い。ただ、一斉帰宅抑制期間が終わり、備蓄品がほとんど無くなった場合には、災害後に必要な物資を確保する必要がある。首都直下地震後には、矢野（2023）によると、食料品製造業者の被災に加え、物流インフラの被害もあり、都内の被災地または全国で飲料水・食糧等の物資が不足するということが想定されている。すなわち、地震後、一定期間は通常通りに物資を確保することが難しくなると想定されている。そのため、企業としては、備蓄品が尽きた後の、従業者のための飲料水・食糧の確保は引き続き対応を検討しなければならない事項である。また、簡易トイレについても数が限られるため、従業者が勤務地近くで利用できるトイレを確保しなければならない。水道が復旧しない限りは、事業所の近隣でマンホールトイレや仮設トイレの設置に頼ることになるだろう。

以上のように、企業は、事業継続の拠点を東京のままにして従業者に勤務を命ずる場合は、発災から数週間もしくはそれ以上の期間、従業者の出勤帰宅体制のみならず、飲料水・食糧、トイレについて問題なく従業者に提供できる体制についても気を配る必要性があることに留意しておくべきである。

3.1.4　まとめ

本稿では、東京都に大規模な被害が発生すると想定される首都直下地震を想定し、東京都が求める地震発生後の一斉帰宅抑制の方針を踏まえ、一斉帰宅抑制期間中および一斉帰宅抑制終了後において企業が実施すべき事業継続のための人的経営資源確保に関する課題と対策を考察した。具体的には、一斉帰宅抑制期間に従業者を３日間事業所内で安全に滞在させるための課題と対策について、高層施設を対象として検討した。また、事業継続のための人員の確保のために、事業継続の戦略として、拠点を東京外の地域に移す場合と東京のままの場合に応じて必要な課題と対策を検討した。

首都直下地震では、東京における通常の社会システムに回復するまでに時間を要し、一定期間は事業継続のための人的経営資源の確保には多様な困難性が生じる可能性が高い。そのため、企業はBCPにおいて、重要業務を継続するために、地震後においても従業者に対して安全に働ける環境を提供できるような対策が求められている。逆に言えば、企業がその対策を十分に講じていなければ、地震後の人的経営資源の確保に失敗し、事業継続の対応に遅れが生じることで、被災地および経済の復旧の遅れにもつながることともいえるだろう。

【注釈】

注１）東京都帰宅困難者対策条例を参照した.
(https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/kitaku_portal/1000050/1000536.html, 2025年4月18日閲覧)

注２）首都直下地震等による東京の被害想定（令和4年5月25日公表）を参照した.
(https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1021571.html, 2025年4月18日閲覧)

【参考文献】

寅屋敷哲也・佐伯潤(2025)：高層複合施設における帰宅困難者のための一時滞在施設に関する課題 -渋谷駅中心地区を対象として-,都市計画報告集,No.23-4, pp537-544

矢野裕児 (2023)：首都直下地震に対応した支援物資供給システムの構築,消防防災の科学,No.154,pp30-33

3.2　首都直下地震後の仮設住宅不足と事業継続[注1)]

佐藤　慶一

要約　巨大地震の発生が危惧される中、懸念される課題の１つとして仮設住宅不足がある。2017 年の内閣府の推計では首都直下地震時に最大 49 万戸、南海トラフ地震時には 145 万戸の建設型仮設住宅が必要とされるが、プレハブ建築協会による供給能力は半年で 6 万戸程度とされる。佐藤（2022）のシミュレーション結果を見ると、全半壊世帯の約 4 割が「その他」に分類され、行き場を失う被災者が多数発生する可能性が示される。内閣府の事業継続ガイドラインは従業員の生命安全確保を優先するが、自宅喪失による生活継続困難は直接的に扱われておらず、企業活動のボトルネックとなる恐れがある。東京都の「首都直下地震時の仮設住宅不足への対応準備」という事業で、都内 6 箇所計約 200 人を対象にワークショップを実施し、自宅が居住継続困難となったが仮設住宅や賃貸住宅に入居できない場合どうするかと尋ねると、多くの参加者が「疎開」への潜在的ニーズを表明した。実家や交流地域、姉妹都市協定先への避難希望が聞かれ、リモートワーク活用の意見も多かった。さらに、コロナ禍で注目されたワーケーションは、災害時に自宅が使えなくなった場合でも業務を継続できる準備策となり得る。平時から、年に１～２度程度、社員のリフレッシュも兼ねて、１～２週間程度のワーケーションを実施しておくことは、巨大災害時に自宅や自宅近傍での居住継続が困難になった際にも、被災地外へ出て業務継続を可能とする準備となろう。

3.2.1 想定災害時の仮設住宅不足の可能性と事業継続の関係

千年に一度の巨大地震津波と言われた東日本大震災であるが、その千年前の地震津波に相当する三陸貞観地震津波（869 年）の後、相模・武蔵地震（878 年）や仁和地震津波（887 年）が発生している。その後もおよそ 100～200 年おきに発生した東北地方の海溝型地震の前後には、東南海・南海地震や首都地震が発生しており、首都直下地震と南海トラフ巨大地震の発生が強く危惧されるところである。

2016 年に、内閣府は、大規模災害時における被災者の住まいの確保策に関する検討会を設け、その中で想定される首都直下地震と南海トラフ巨大地震の仮設住宅必要量の推計結果を示した。応急借上住宅の供給可能戸数は、平均家賃以下として利用可能な賃貸住宅空き家の半数と見積もるのが適当であり、その場合、首都直下地震時には最大 49 万戸、南海ト

ラフ巨大地震時には最大 145 万戸の建設型仮設住宅が必要となる。建設型仮設住宅の担い手であるプレハブ建築協会では半年で６万戸程度の供給が可能である[注2)]としているが、それをはるかに上回る量である。住宅メーカーや建設業者により追加的な供給を図ることが考えられるが、膨大な応急修理や再建需要への対応もあるから、そのような大量の仮設住宅の供給は不可能であると考えられる。

2022 年、10 年ぶりに東京都の首都直下地震被害想定が行われた[注3)]。2012 年には、全半壊棟数約 63 万棟であったのが、2022 年には約 40 万棟となり、この 10 年間で想定される建物被害が 2/3 程度となった。古い建物の滅失や、新しい建物が建設されたことで、建物の耐震性が向上しており、都市防災不燃化促進事業の進捗などにより想定される火災被害も軽減し、地震災害への脆弱性が軽減されてきている状況が確認できる。今後、国や周辺の県でも被害想定が更新されていくものと見込まれるが、都市部では同様の傾向が確認されるものと考えられる。

2012 年に行われた都心南部直下地震の被害想定をベースに、１都３県の仮住まい状況シミュレーションを行っている佐藤（2022）では、最大被害となるケースに加えて火災被害が少なく全半壊世帯数が 2/3 程度となるケースについても試算を行っている（表 3-2-1)。被害分布は異なるものの、この 10 年での被害軽減が仮住まい対応に与える影響を大まかに確認できるものとして、全半壊世帯数が 2/3 程度となるケースの仮住まい先を見ると、応急修理が 25 万（13%)、建設型応急住宅が 6 万（3%)、賃貸型応急住宅が 54 万（27%)、自力賃貸住宅が 38 万（19%）に対して、その他が 74 万（38%）と最大となっている。その他について尋ねると、親の家等と回答する方と不明と回答する方に分かれるが、子ども世帯よりも古い住宅が多い親の家が同時に被災している可能性も指摘でき、約 4 割にのぼるその他の相当数が行き場のない被災者となることが考えられる。この計算結果は、すでに周辺の賃貸住宅空き家は自力確保も含めて使われた後のものであり、建設型応急住宅の供給をどれだけ増やしても限界があることから、想定被害が軽減された首都直下地震ではあるが、依然として住宅確保が困難となる住宅難民が相当数にのぼる可能性を示唆するものとなる。

表 3-2-1　想定首都直下地震時に応急住宅に入居しない世帯数

	首都直下地震 Case1（冬夕風 8m/s）	首都直下地震 Case2（夏昼風 3m/s）
全半壊世帯数	290 万	197 万
応急修理	28 万	25 万
建設型応急住宅	6 万	6 万
賃貸型応急住宅	56 万	54 万
自力賃貸住宅	46 万	38 万
その他	154 万	74 万

（出典）佐藤（2022）

内閣府は、企業や組織の災害対応について検討を重ね、2005 年に「事業継続ガイドライン」を策定し、その後も 2009 年、2013 年、2021 年、2023 年に改訂を重ねてきている。2023 年に改訂された「事業継続ガイドライン」には、別添としてチェックリストが記載されており、多岐にわたる項目が列記されている（内閣府 2023)。役員・従業員の身体・生命の安全確保、自社拠点における２次災害の発生防止、製品やサービスの供給停止、本社が使えなくなる可能性、重要な情報システムのバックアップ、テレワークによる事業継続、自宅周辺の人命救助や支援といったリスクや対応を読み取ることができるが、役員や従業員の自宅が被災するリスクについて直接的には読み取ることができない。ボトルネックの抽出やリスクの分析、見直しや改善の中で扱われるものと考えられるし、実際の企業や組織の事業継続計画では相当な検討が加えられているものも想定されるが、国のガイドラインにおいて、役員・従業員の身体・生命の安全確保は明示される優先項目であるが、役員・従業員の生活継続については明示されていないことから優先項目ではないと受け取られる余地を孕んでいる。

表 3-2-1 に示した「その他」74 万は、全半壊世帯数であり、１世帯あたりの人数を乗じれば 142 万人となるものであるし、一部損壊やライフラインへの影響を考えれば、はるかに多い生活継続への影響が考えられる。甚大な被害が生じた際の復旧工事には数ヶ月から、場合によっては数年を要する可能性があり、このような生活継続困難という事態を、事業継続はどのように捉えているのであろうか。役員や従業員の自宅が被災した場合に、彼らがどのように生活を継続できるのであるか。旅館・ホテルや賃貸アパートなど空室が見当たらなく

なることが容易に想定されるが、そのような場合、避難所暮らしのまま、業務を継続するのであろうか。本社が使えなくなる可能性に加えて、役員・従業員の自宅が使えなくなる可能性がどの程度考慮されているのか、企業業務継続におけるボトルネックとして点検・評価する余地があるのではないだろうか。

3.2.2　疎開への潜在的ニーズ

東京都は、2018 年より都内の大学に集積されている知を施策に活用することを目的に「大学研究者による事業提案制度」を開始した。筆者らは、想定される仮設住宅不足の状況への対応を検討するという事業を提案し採択された。2019 年度から 2 ヵ年にわたり、都民ワークショップや、専門家や関連団体等による検討会を実施し、具体的な準備策の検討を行う「首都直下地震時の仮設住宅不足への対応準備」という事業を行った[注4)]。

事業では、災害後の仮住まいの問題が、一般的にほとんど認識されていないことから、これを周知し検討を促すことを目的としたリーフレットの作成に取り組んだ。同時に、「自宅が被災した場合どうするか？」といった内容で、都民ワークショップを重ね、都内各地で計 6 回、約 120 名の参加者を得て、多様な意見を集めた。

仮設住宅が不足する可能性を提示して、仮設住宅以外の対応を考えるワークショップの後半のパートでは、疎開への潜在的ニーズの高さがうかがわれた。表 3-2-2 に示す発言例のように、地域で迷惑になりたくないという考え、子どもの安心安全を優先したいなどの理由で、疎開に関連する発言をするワークショップ参加者が多かった。

「どこへ避難するのか？」と議論が進むと、遠方に実家がある方は実家と答える人が大半であった。遠方に実家がない方からは、「すでに交流のある地方であれば避難もしやすい」とか、「行政間の姉妹都市協定があれば、その協定先に避難したい」というような、いざという時の疎開先との事前交流を求める声が多数見られた。

それから、コロナ禍前に実施されたワークショップであったが、災害対応策としてのテレワークを指摘する声が多数あった。企業に勤めている方からは、「勤務先の指示を仰ぐ」というような発言も聞かれ、疎開への潜在ニーズには、企業や組織の事業継続計画が密接に関連することが示唆された。

表 3-2-2　都民ワークショップで聞かれた声

困っているところへ行って助ける側になれると良いが、自分が助けてもらう側にもなりかねない。そうなると迷惑をかけないために地方へ避難する。
東京が被災すれば治安も悪くなるだろう。治安の面からも子供がいる家庭は東京にいない方が良いだろう。
賃貸がダメという状況では、地方などに「第２のふるさと」をつくっておいて、交流しておくことが重要だ。区とどこかの地域がつながりを持ち、林間学校などの交流を行い、もし何かあったら避難できる仕組みがあったらいい。
被災した後、どうやって働いていくのか。現在、働き方改革の一環でテレワークとなっているが、テレワークを災害対策として捉えて、被災した時の働き方としてリンクさせていってはどうだろうか。
勤務先から取るべき行動を決められているので、それに従う。

3.2.3 ワーケーションと事業継続の関係

2020 年初頭からのコロナ禍への対応のなかで、自宅でのテレワークの実施が急増した。総務省の通信利用動向調査の企業におけるテレワークの導入状況[注5)]によると 2019 年は 20%程度だったテレワークは、2020 年に 48%、2021 年に 52%となったが、2023 年には 50%と微減している。2023 年調査のテレワークの導入形態を見ると、９割程度が「在宅勤務」である。コロナ渦で急増した在宅勤務により、自宅から通勤してオフィスに通うという従来のワークライフスタイルが、濃淡はあるにせよ変化した[注6)]ことは、働き方や暮らし方、住まいや環境の視点を広げるものであった。

テレワークが続く中、オフィスから離れて、自然が豊かで広々とした場所で暮らし働いていてみたいという意識が顕在化した[注7)]。また、転居や２拠点居住までは行かずとも、少しの間、地方やリゾートへ移動して、リフレッシュしつつ、仕事を続けるワーケーションへの関心が高まった。2021 年 3 月、クロス・マーケティング社らは、ワーケーションに関する調査結果を公表した[注8)]。約７万６千と大規模ではあるが、WEB モニター調査で比率の信頼性には留意が必要なものの、約７％の回答者がワーケーションを経験したという結果であった。

地方創生に取り組む政府や、人口減少に直面する地方自治体による後押しもあり、ワーケーションへの取り組みが進められてきているが、コロナ渦の収束にしたがい、コストの少な

い在宅勤務は維持されつつも、コストのかかるワーケーションの見通しは不透明である。長田（2021）は、ワーケーションが企業にもたらすメリットとして、①オフィス維持や通勤に関わるコストの削減、②SDGs の取り組みとしての社会貢献、③緊急事態に備るためのレジリエンスを挙げている。①は、テレワークを活用した在宅勤務で実現可能であり、②は、SDGsや社会貢献のためにどこまでワーケーションを進められるか、というような本音も見え隠れするところであろう。在宅勤務とワーケーションを区別した上で、ワーケーション導入の企業メリットを考えると、巨大災害時に役員・社員の自宅が被災した際の業務継続が挙げることができよう。平時から、年に１～２度程度、社員のリフレッシュも兼ねて、１～２週間程度のワーケーションを実施しておくことは、巨大災害時に自宅や自宅近傍での居住継続が困難になった際にも、被災地外へ出て業務継続を可能とする準備となろう。もちろん本社機能の一部を移転したり、バックアップオフィスを設けたりすることも事業継続を助けるものであるが、そういった対策よりは安価かつ気軽に、従業員の健康やリフレッシュにも配慮した事業継続計画や準備のあり方があるのではないかと考える次第である。

以上の視点は、「首都直下地震時の仮設住宅不足への対応準備」事業の中で浮上してきたものであるが、アイディアレベルのものであり、ワーケーションやバックアップオフィス等の実態を調査するなどして具体的な事例に学びながら、実際の事業継続計画への位置付けを検討するなどのケーススタディを行うことを課題と認識している。

【注釈】

注１）本稿は、佐藤（2023）の１章から３章の記述をベースに、東京都の首都直下地震被害想定や佐藤（2022)、企業の事業継続に関する記述を追記したものである。

注２）東京都地域防災計画震災編（令和元年修正）[別冊①資料]p353 資料 154 応急仮設住宅供給能力一覧表（都住宅政策本部）より。

注３）東京都「首都直下地震等による東京の被害想定」(https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1021571.html、最終閲覧 2025 年５月)

注４）東京都庁ホームページ（https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2021/03/31/09.html、最終閲覧 2025 年５月）に、大学提案事業「首都直下地震時の仮設住宅不足への対応準備」政策提案レポートや関連情報が掲載されている。

注５）総務省ホームページ（https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/240607_1.pdf、最終閲覧 2025 年５月）より。

注６）注５）資料によると、テレワークは、産業分類や従業員規模により導入状況が大きく異なり、情報通信業で９割以上であるのに対して、現場がある運輸業・郵便業・サービス業などでは３～４割の導入に留まっている。

注７）長田（2021）には、リクルート住まいカンパニーSUUMO 調べで、2020 年５月に、木更津市で 222%、館山市で 211%、葉山町で 199%、逗子市で 189%の中古戸建物件の閲覧数伸び（前年１月比）があったことが記載されている。

注８）https://www.cross-m.co.jp/report/workstyle/20210506workation/（最終閲覧 2025 年５月）

【参考文献】

佐藤慶一（2023）：防災型ワーケーションの必要性，住宅，72（１），pp49-52

佐藤慶一（2022）：想定首都直下地震後の仮住まい状況ミクロシミュレーションの拡張開発，日本建築学会計画系論文集，第 87 巻第 795 号，pp854-864

内閣府防災担当（2023）：事業継続ガイドライン，https://www.bousai.go.jp/kyoiku/kigyou/pdf/guideline202303.pdf

長田英知（2021）：ワーケーションの教科書，KADOKAWA

3.3　大規模災害後の事業継続に従事する従業員の量的・質的変化に伴う課題と対応

塩崎　由人

要約　首都直下地震が発生した場合、企業の従業員は人的被害やその家族の看護、住宅被害やライフラインの寸断、交通機関の支障、広域避難の必要性などにより、発災直後から通常業務に従事できなくなる可能性が高い。さらに、災害発生から一定期間が経過すると、事業継続や復旧業務に携わる従業員には長時間労働や過酷な避難生活、将来不安、支援の不足といった要因から心身の不調が生じ、離職や移住による人材流出に繋がるリスクがある。これに対し、企業は心身の健康管理や休暇の確保、良好な職場のコミュニケーション、テレワーク活用、家庭での防災意識の向上など多面的な対応が求められる。また、社会としても被災地域外への避難の制度設計や事前調整が重要であり、行政・企業・地域社会の連携が不可欠である。企業は従業員の多様な状況を踏まえた事業継続計画（BCP）の実効性向上を目指す必要がある。

3.3.1 発災直後における従業員の量的・質的変化の要因

(1) 従業員あるいは家族への人的被害

東京都による首都直下地震等の被害想定では、最悪のケースで死者約 6,100 人、負傷者約 93,400 人と予想されており、首都圏に位置する企業の従業員にも人的被害が発生する可能性がある（東京都 2022 年)。また、従業員本人だけでなく、その家族が負傷する等して看護が必要な場合、従業員が通常通り業務を遂行できないこともあり得る。災害時における医療機関の看護師等の従業員の行動を対象とした先行研究では、家族の安全確保が職員参集率や勤務時のモチベーションに影響することが報告されている（石母田・原 2021)。医療機関以外の企業や行政機関においても同様の影響が生じることが予想される。

また、住宅被害やライフライン、医療・福祉機関の機能支障によって、居住環境の悪化や必要な医薬品や医療処置を受けられなくなることから、従業員本人あるいはその家族の慢性疾患の悪化等が生じる恐れもある。こうした要因も従業員の通常通りの業務の遂行を妨げる。

(2) 従業員の広域避難（1.5 次避難、2 次避難）

首都直下地震では、地震に伴う揺れや火災によって最大で 19 万棟以上に建物被害が生じることが想定されている。さらに、電気・ガス・水道等のライフラインへの支障については、最も被害深刻となるシナリオ（都心南部直下地震）で 100 万～300 万戸の世帯に影響が生じるとされる。そして、その機能の全面復旧には、電気・水道は１ヶ月程度、ガスは２週間から１ヶ月程度かかることが予想される（東京都 2022)。住宅を含む建物被害やライフライン支障による居住環境の悪化が長期化する場合、被害の拡大を防ぐためにも被災直後から被災地域の居住者がライフライン等が正常に機能する被災地域外へと 1.5 次避難あるいは 2 次避難することも想定される。家族に乳幼児や高齢者等、要配慮者がいる従業員で、育児や介護のため 1.5 次あるいは 2 次避難に同行する必要がある場合は、災害発生直後から一定期間業務に従事できなくなる可能性がある。

(3) 交通機関の支障による出勤率の低下

首都圏における通勤・通学の交通手段として最も分担率が高いのは鉄道（約 51%）[1] である（国土交通省、2020 年)。首都直下地震等の被害想定によれば、災害発生から１ヶ月までに震度 6 弱以上の強い揺れが発生した地域においても鉄道の約６割の区間が復旧し、順次運行を開始するとされている。しかしながら、橋脚等の大規模な被害や土砂崩れによる線路の閉塞、電車の脱線等が発生した場合、あるいは、甚大な被害が多数発生している場合は、大規模な復旧作業が必要となったり、人員や資機材の確保が十分に確保できずに、復旧まで１ヶ月以上の期間を要する可能性についても言及されている（東京都 2022 年)。

本人やその家族に人的被害が発生しておらず、被災地域外への広域避難の必要性のない場合でも、上記のような交通機関の支障によって、災害発生から当面の間、自宅からオフィスに通勤して業務にあたることが困難となる従業員が一定数発生する恐れがある。

3.3.2 発災から一定期間経過後の従業員の量的・質的変化の要因

(1) 事業継続・復旧業務に従事する従業員の心身への影響

災害発生直後の人的被害、被災地域外への広域避難、交通機関の支障による影響は受けない場合、あるいは、こうした影響が解消された場合においても、発災以降、事業継続及び復旧業務に従事してきた従業員は、1)業務負担・長時間労働の増加、2)避難生活による体調の悪化、3)生活環境や将来への不安、4)社会的孤立・サポート不足によって、心身に負担がかかり、時間の経過とともに業務の遂行能力の低下あるいは業務に従事すること自体が難し

くなる恐れがある。

1)業務負担・長時間労働の増加

災害時には通常業務に加えて災害対応や復旧業務が必要となるため、業務負担や長時間労働が著しく増加する。東日本大震災や阪神大震災などの過去の災害事例においても、災害対応に従事する行政職員や復旧作業に従事する企業の従業員は、交代要員の不足や休息環境の悪化により長時間労働を強いられ、心身の疲労やストレスが蓄積しやすいことが指摘されている（五十嵐・森 2015；立石 2024)。このような過重労働の結果、労働者の身体及び精神的な健康に多様な悪影響を及ぼし、その影響が及ぶ期間は直後から数年、十数年と長期化するケースも報告されている（五十嵐・森 2015)。

2)避難生活による体調の悪化

業務負担や長時間労働の増加に加え、自宅の被災により避難所や仮設住宅での生活を強いられている従業員は、震災前とは異なる不便な生活環境に適応を迫られる。高湿度や騒音等の生活環境の悪化、買い物や通院の困難といった避難所や仮設住宅の環境的制約は、食生活の乱れや睡眠の質の低下が生じさせ、ストレスを増大させるだけでなく、生活習慣病や抑うつ、睡眠障害などの心身の不調につながる恐れが指摘されている（本谷 2013)。

3)将来への不安

災害によって従業員自身が住宅被害を受けた場合、その後の住まいを含む将来への不安は非常に大きな負担となる。住宅の再建には多額の費用が必要である一方、公的支援や義援金の合計額はその費用の一部にとどまるため、多くの被災者が既存の住宅ローンの返済と新たなローンの二重負担、いわゆる「二重ローン問題」に直面する。例えば、東日本大震災では全壊住宅の新築費用が平均約 2,500 万円であったのに対して、公的支援や義援金の合計は約 400 万円であった（内閣府 2017)。住まいを含む将来の生活再建への不確実性が強いストレス要因となることが指摘されている（Makwana2019)。

4)社会的孤立・サポート不足

災害発生時は通常とは異なる業務に加えて業務量自体も増加することで、業務の処理に追われて従業員同士でコミュニケーションを十分に取れず、「負担が大きくかかっている従業員を見逃してしまう」、「休養が必要な場合でも言い出すことができない」等、従業員へのサポートが不十分になることが報告されている(五十嵐・森 2015)。

災害時には、被災地域において PTSD や精神疾患の発症数が増加することが国内外の研究

で報告されている（長江・金 2005；Rubonis & Bickman1991)。例えば、国内の調査事例としては、北海道西南沖地震（1993 年）から 2 年後の調査では被災者 68%がメンタルヘルスの悪化を示しており、6 年後の調査でも被災者の 22.5%に PTSD の可能性が認められたことが報告されている（長江・金 2005)。悪化した環境の中、事業継続・復旧業務に従事する従業員については、その健康状態の管理に一層の配慮が必要となる。

(2) 離職や移住による人材の流出

災害による居住環境および労働環境の変化に伴う心身への負担や将来への不安は、従業員に離職や被災地域外への移住等、企業から見ると人材の流出につながる決断を促す可能性がある。例えば、2011 年東日本大震災や 2024 年能登半島地震では、災害発生後に被災地域の医療機関や福祉施設において、施設の被災による業務量の増加や家庭環境の変化から、看護・介護職の離職が増加したことが報告されている（米本 2015；石川県 2025)。

Brady et al. (2023)がオーストラリア・ニュージランドで行なった調査研究では、災害時に復旧・復興業務[2)]に従事する従業員が自身も被災している場合、仕事では「達成感」や「仲間との連帯感」を感じる一方で、自身の生活については「無力感」や「孤立感」に苛まれる傾向があることを指摘している。復旧・復興業務の中で、自身よりも深刻な被災状況に置かれている人たちの存在を知ることで、自分の置かれている困難を相対的に小さく感じたり、仕事に没頭するあまり自分の生活再建が後回しにしてしまったという葛藤が生じていることを明らかにした。さらに、仕事に集中することで個人の生活再建を後回しにした場合、長期間この葛藤を抱えたままでいることは困難であり、最終的に「自分自身の生活再建を優先するために離職する」「別の地域に移住する」等の決断をするケースも報告されている（Brady et al.2023)。事業継続・復旧業務は企業にとって必要不可欠であるが、こうした業務にあたる従業員が被災している場合、従業員自身の生活再建が後回しにならないよう災害発生時のワークライフバランスにも配慮することは人材の流出を防ぐ上でも重要である。

3.3.3 対応策の検討

(1) 企業による対応

上記に示した課題について、企業が講じるべき対策について整理する。まず、事業継続や復旧業務にあたる従業員の心身の健康管理が重要であることは先行研究でも強調されてい

る。特に、災害対応という過酷な状況においても適切な休暇を取得することで心理的な苦痛が有意に軽減されることが示されていた（Nagata et al.2020)。また、非常時においても良好なコミュニケーションが取れる職場は従業員のPTSDの発症率やストレスを低減できることが明らかにされていた（Nagata et al.2020；高橋・松井2023)。

災害時におけるテレワークによる業務継続の効果については、Sarnosky ら（2022）が米国のハリケーン・ハービー（2017）によって被災した地域の企業を対象とした研究で、リモートワークが可能であることは、職場が一時的に使用できない際に、従業員が職場のタスクを遂行するための回復力を向上させる可能性があることを報告している。業種にもよるが、テレワークによる業務の遂行が可能な場合は、従業員が被災地域に広域避難して居住環境や必要な生活サービスを充足させた上で業務に従事することができれば心身への負担を軽減することも可能となると考えられる。

企業が従業員に対して自宅での災害対策に関する啓発を行うことで、従業員やその家族への人的被害を軽減することも災害発生時の人的資源の確保という観点から重要である。実際に、従業員に対して、家庭での備蓄・耐震固定、従業員の家族の防災意識の向上等に取り組んでいる企業の事例も報告されている（内閣官房2015)。

(2)社会による対応

2024年能登半島地震では1。5次および2次避難が行政に主導されて行われたが、首都圏のように非常に人口密度が高い地域での大規模災害においては、避難所の容量や緊急時の食料・物資の供給が限られるため、被災地域外への1.5次あるいは2次避難がより積極的に行われる可能性がある。こうした被災地域外への大規模な避難が被災者の安全を確保することを目的に社会的な要請に従って行われるものである場合、誰が被災地域に残って事業継続や復旧業務にあたり、誰が被災地域外に避難するべきなのかということについては事前に行政や企業、地域社会の間で検討しておく必要がある。

3.3.4　まとめ

首都直下地震の発生は、企業の従業員に対して量的・質的両面で重大な影響を及ぼす。発災直後には、従業員やその家族の人的被害、広域避難の必要性、交通機関の支障などにより、多くの従業員が通常業務に従事できなくなるリスクが高い。さらに、災害発生から一定期間が経過すると、事業継続・復旧業務に従事する従業員の心身への負担が増大し、長時間労働や生活環境の悪化、将来への不安、社会的孤立などが業務遂行能力の低下や離職・移住によ

る人材流出を招く可能性がある。

これらの課題に対し、企業は従業員の健康管理や適切な休暇取得、良好なコミュニケーションの確保、テレワークの活用、家庭での防災対策の推進など、多面的な対応策を講じる必要がある。また、社会全体としても、大規模避難の運用や被災者支援の枠組みについて、行政・企業・地域社会が連携し、事前に検討・調整を進めておくことが不可欠である。

今後、企業は従業員の多様な状況を想定し、BCP の実効性を高めるためにも、従業員の安全と心身の健康を守るための体制強化が求められる。

【注釈】

注１）東京都市圏における通勤・通学の主な交通手段の分担率は、鉄道 51%、自動車（自家用車）18%、バス 7%、自転車 13%、徒歩 10%、その他 1%である。また、「鉄道」には地下鉄、JR、私鉄を含む。

注 2）「復旧・復興業務」とは建設、物流、保健、法務、教育、メディア、行政等、災害後に必要とされる幅広い分野の業務を指す。

【参考文献】

Brady, K., Gibbs, L., Harms, L. (2023)：Recovery workers who have also been personally affected by disasters: Exploring the perspective of people who have dual experiences of disaster recovery, Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies, 27(1), pp15-26.

五十嵐 侑・森 晃爾 (2015)：災害事象による労働者の健康影響に関する文献的考察. 産業医科大学雑誌, 37(3), 203-216. https://doi.org/10.7888/juoeh.37.203

石川県 (2025)：石川県介護・福祉人材確保・養成基本計画 2025, 石川県

石母田 由美子・原 玲子 (2021)：大地震発生時の災害急性期における病棟運営を担った看護師長の行動, 日本看護管理学会誌 25(1), pp236-244

国土交通省 (2020)：国土交通白書, 国土交通省

Makwana, N. (2019)：Disaster and its impact on mental health: A narrative review, Journal of Family Medicine and Primary Care 8(10), pp3090-3095.

長江 信和・金 吉晴 (2005)：災害時を想定した外傷後ストレス障害の一次予防について, 精神保健研究 51, pp81-90

Nagata, K., Tateishi, S., Mori, K. (2020)：A literature review of the health effects of workers responding to the Great East Japan Earthquake, Environmental and Occupational Health Practice, 2(1), 2020-0005-RA.
内閣府 (2017)：水害・地震から我が家を守る 保険・共済加入のすすめ, 内閣府
内閣官房 (2015)：国土強靭化 民間の取組事例集, 内閣官房
Sarnosky, K., Benden, M., Sansom, G., Cizmas, L., & Regan, A. K. (2022). Impact of workplace displacement during a natural disaster on computer performance metrics: A 2-year interrupted time series analysis. WORK, 71(2), 465-470. https://doi.org/10.3233/WOR-210707
高橋 幸子・松井 豊 (2023)：被災前の職場環境が被災した地方公共団体職員の職場ストレッサーおよびストレス反応に与える影響, 心理学研究, 94(2), pp.181-187.
立石 清一郎 (2024)：災害発生時における産業精神保健上の課題と対策, 産業精神保健 32(1), pp34-38
東京都防災会議 (2022)：首都直下地震等による東京の被害想定 報告書, 東京都
Rubonis A., Bickman, L. (1991)：Psychological impairment in the wake of disaster: the disaster-psychopathology relationship, Psychological Bulletin 109(3), pp384-399
米本 倉基 (2015)：東日本大震災後の経験が被災医師と看護師の離・転職意識に与えた影響, 日本医療経営学会誌, 2015, 9 巻, 1 号, pp13-19

４．被災地の復旧・復興に不可欠な経済基盤のレジリエンス強化

4.1 個別 BCP の限界と地域型 BCM の重要性

鈴木　進吾

要約　災害や事故などの緊急事態における事業継続計画（BCP）は、現代社会の複雑な相互依存関係により、個別企業での対応だけでは限界がある。2011 年のタイの大規模洪水では、工業団地の被災により、サプライチェーンの寸断や情報共有の不足、リソースの奪い合いなど、個別 BCP の限界が露呈した。これらの課題に対応するため、地域型 BCM（Area-BCM）の構築が重要となっている。地域全体での共通タイムラインの作成、リソースの共同利用、包括的な情報共有システムの整備、そして定期的な共同訓練の実施が不可欠である。2017 年から 2024 年にかけて、タイの工業団地で Area-BCM 構築のための研究プロジェクトが実施された。その成果として、これらの推進に資する、大規模洪水シナリオのデータベース、個別企業用のリスク評価システム、地域コミュニティのレジリエンス指標、Area-BCM 構築のための研修・訓練プログラムなどのツールキットが開発された。

4.1.1 はじめに

災害や事故などの緊急事態が発生した際に、企業が重要な業務を継続または早期に復旧するために BCP は重要である。しかし、現代社会における相互依存関係の深化と災害の大規模化により、個別企業の BCP だけでは十分な対応が困難になってきている。

現代社会は政府機関、重要インフラ、企業、地域住民など様々なステークホルダーが複雑に絡み合った多層構造を形成している。一つの工業団地を例に取っても、電力会社による電力供給、水道局による上下水道の提供、通信会社による通信インフラの維持、行政による道路の管理、住民による労働力の提供など、様々な機能に依存している。

さらに、近年では豪雨による河川の氾濫や土砂災害が世界各地で頻発している。例えば、2021 年（令和 3 年）7 月にはドイツで発生した記録的な豪雨によりライン川流域で深刻な洪水被害が発生し、続く 8 月にはトルコの黒海地域と西日本の各地で、9 月には、タイの中部から北部にかけて広範囲で大規模な洪水が発生するなど立て続けに記録的な災害が発生している。

このような中で発生する大規模災害は個別企業の BCP の限界を繰り返し示している。本

稿では、これを克服し、地域全体での効果的な事業継続を実現するため地域型 BCM（Area-BCM）に向けた具体的な要素について論じる。

4.1.2 個別 BCP の限界

個別企業の BCP は、現代の複雑な事業環境において深刻な限界に直面している。高度に分業した社会では、一企業の事業継続は他企業との相互依存関係に大きく影響される。グローバルなサプライチェーンであれば、一企業の生産停止は被災地を超えて世界規模での影響を引き起こす。

企業の事業に必要な多数の機能が失われる大規模災害時には、収集すべき情報はハザードの状況に関するものをはじめとして多岐に渡るが、単独で得られる情報は少なく、事業継続のための信頼できる情報を多方面から収集しなければならない。

電力、水道、通信、道路などの基幹インフラと設備の復旧、従業員の雇用維持は、企業の事業再開の前提条件となるが、広域的に発生する被害のもとでは、防災・復旧に必要なリソースは希少となり、その確保を巡って奪い合いなどが発生する可能性がある。

2011 年（平成 23 年）10 月に発生したタイでの大規模洪水はこれを如実に表した。熱帯低気圧および台風が次々と襲来しチャオプラヤ川が氾濫、７つの工業団地が甚大な被害を被り、約 800 社が被災する事態となった。自動車関連部品やハードディスクドライブ等電子機器関連部品の製造などをはじめとして、被災地の工場の操業停止による部品の不足が発生し、サプライチェーン上の企業は連鎖的に生産停止、生産調整、代替生産、企業間での協力をすることとなった（例えば Haraguchi & Lall 2015）。被災地から離れたサプライチェーン上の企業は現地の状況、被災地の企業は洪水の見通しや従業員の安全、サプライヤーの状況などを把握するための情報の共有が必要となった。洪水の見通しに関する情報があれば、ある程度対応のための時間を確保できたが、当時は正確かつ具体的な情報が手に入らず、工業団地内の企業同士の情報交換が役立った（例えば Nakasu et al.2020）。現地企業へのヒアリングによれば、被災した企業は代替生産のための場所、機材の救出と移転手段の確保、従業員の居住地の確保が必要となった。また、排水とインフラ復旧には長期間を要し、出勤できる従業員が少ない中での清掃作業、多数の企業が同時に必要となる浸水して使えなくなった機器の調達など、必要な作業に対する資源が不足した。

4.1.3 地域 BCM の重要性

これらの問題に効果的に対処するためには、企業間および地域全体での協力体制の構築が不可欠となっている。

（１） 地域全体での BCP の構築

大規模化する災害、ネットワーク化する災害に対しては、地域全体での各組織の行動や時間軸を理解する共通タイムライン、希少となるリソースの融通、共同調達、共同利用、共同備蓄などを含む地域全体での BCP の構築が必要である。

各組織の災害対応、事業継続対応を時間軸を共通項として同じ図面上にマップした共通タイムラインにより、個社の検討では気づかなかった依存関係の不整合、リソースの不足可能性、無駄に気づくことができる。これにより実施しようとしてもできないことを事前に明らかにし、また、皆が同時にやることを共同で行うことで少ないリソースを最大限に活用して効率化する方向に議論を進めることが可能となる。

（２） 包括的な情報共有システムの構築

そのためには、情報共有システムの構築が欠かせない。必要な情報を集約し、共有し、可視化し、入念なシミュレーションや訓練を重ねることで、共通タイムラインはより実効的となり、地域全体での被害軽減と対応の効率化につながる。

洪水時、気象や河川の現況と予測情報は、BCP 発動や各種対応のタイミングの判断などの意思決定に活用できる。これを自社の施設や従業員、サプライヤーなどの経営資源と合わせれば、効率的な資源配分、事業再開時期の見極めなどにも活用できる。さらに、各種インフラ設備の稼働状況と具体的な復旧見通しに関する情報、道路・交通網の被害状況や使用可能性に関する情報なども、災害からの早期復旧を効果的に進めるために不可欠な要素となる。

平常時には、大規模災害が時系列に沿ってどのように進展するかの具体的なシナリオを整備しシミュレーションを可能にすることで、個社や全体での訓練の実施、計画の実践性の判断や改善、設備の強化や代替設備の準備、サプライチェーンのリスク低減、共同での対応の検討などを支援する情報になる。

これらについて、各組織が個別に情報収集を行うのは非効率的であり、そもそも多くの組織にはそのような余裕がない。さらに、単一の組織では入手が困難な情報もあるだろう。これらの情報を共有するプラットフォームを整備し、情報の正確性・信頼性を確保しながら情報の収集・更新・共有のルールを定めることが必要である。

（３） 共同訓練・研修の実施

地域全体での災害対応力を向上させるためには、実践的かつ定期的な訓練・演習の実施が不可欠である。各組織の対応能力の向上だけでなく、組織間の連携体制の強化や課題の早期発見、平常時からの実質的で持続可能な協力体制の構築が可能となる。

複数組織が参加する大規模災害対応訓練では、各組織では BCP の実行を確認し、組織間では連携体制を検証する。情報共有システムより得られる情報をもとに、各役割が対応すべき業務を確認し、経営層は各種対策の実行のタイミングと内容を意思決定する。コントローラーは、参加者外の組織の行動や外部環境に関する状況付与を行うほか、限られたリソースの管理を行い参加者の行動に対するフィードバックを行えると組織間連携に関する課題の抽出や議論につながる。

共同訓練や演習の他にも、定期的に情報交換会を開催し、参加組織間で災害対策や事業継続に関する最新情報を共有するとともに、各組織の具体的な取り組みや直面している課題について意見交換を行うことも重要である。行政機関、インフラ事業者、工業団地、地域コミュニティとの対話の場を定期的に設けることで、平常時から信頼関係を構築し、災害時の円滑な協力体制の基盤を整えることができる。

4.1.4 タイの産業集積地における Area-BCM の構築

以上のような個別 BCP の限界と地域型 BCM の必要性をもとに、2017 年から 2024 年にわたり、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）の枠組みにおいて、タイの工業団地において Area-BCM を構築するための研究プロジェクトが実施された。この取り組みでは、工業団地内の企業、地方自治体、そして地域コミュニティと協力し、災害レジリエンス向上のための実践的な研究と実装を進めた（渡辺 2024）。

その成果として、Area-BCM 構築を支援するためのツールキットを開発した。このツールキットは、大規模洪水のシナリオや地域コミュニティのレジリエンスなど基礎となるデータ、個別企業用のリスク評価、Area-BCM の構築に向けた情報共有と対話を支援する技術からなるものである。

（１）基盤データの整備

大規模洪水シナリオのデータベースは、チャオプラヤ川流域を対象とし、雨の振り方や再現期間（雨量）、ダム操作の異なる 4 つの洪水ケースが想定され、全域を約 1km のグリッド、工業団地周辺を 40m のグリッドの解像度で、降雨から河川流出、氾濫がシミュレーションされた。その結果、1 年にわたる各日時での河川流量や浸水深分布などがデータベース化され、後述する個別企業用のリスク評価ツールや Area-BCM 構築に向けた対話や訓練などに利用された。

地域コミュニティについては、工業団地周辺の地域社会の災害対応能力および脆弱性・リスクについて、住民および施設の実態が調査され、地域レジリエンス強化のための指標にまとめられた。農村部住民の多くが工業団地に勤務していることから、洪水時の通勤手段の確保が重要であることなどが示され、工業団地の持続的な発展には、周辺地域を含めた Area-BCM の重要性が示された。

（２）個別企業のリスク評価システム

個別企業のリスク評価システムは、各企業が自社の水災害リスクを分析するもので、大規模洪水シナリオのデータベースと、自社の従業員の居住地、通勤経路、サプライヤーの所在地、輸送経路などを Web GIS で重ね合わせて解析し、その結果をダッシュボードで可視化するものである。

図 4-1-1 はこのツールで、日々の浸水深分布と従業員が利用する通勤バスの経路を重ね合わせて分析したものである。浸水により通行できない経路が使用不可能としてマークされ、その結果出勤できない意思決定者がリストで、部署・生産ライン別の欠勤者数がグラフで可視化される。同時に表示される主要な水位観測点の情報と合わせれば、観測水位から対応判断のタイミングを検討できる。

さらに、複数のシナリオで、年間最大浸水深や年間浸水日数と重ね合わせてみることができるため、脆弱な地域に位置する従業員やルート、サプライヤーを特定することができ、BCP 強化のきっかけや、必要な対策の検討に役立つと考えられる（図 4-1-2）。

図 4-1-1 通勤バスによる洪水時の従業員出勤リスク分析（日々の状況）

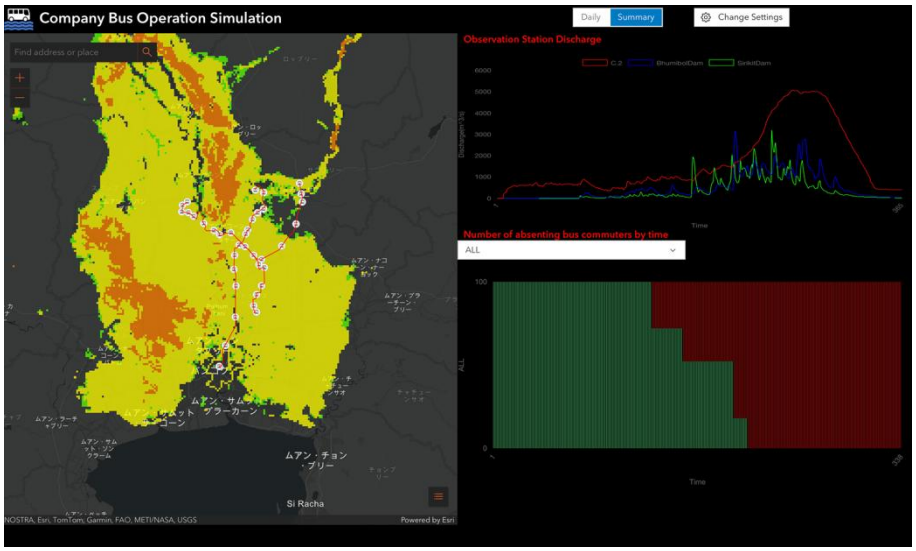


図 4-1-2 通勤バスによる洪水時の従業員出勤リスク分析（期間全体）

（３）Area-BCM ツールキット

Area-BCM ツールキットはこのような基礎データと個別企業用のシステムを統合し、Area-BCM の強化に必要な対応施策を具体化するツールを集めたものである。ツールキットを用いた個別 BCM 連携による Area-BCM 構築の概要のイメージを図 4-1-3 に示す。

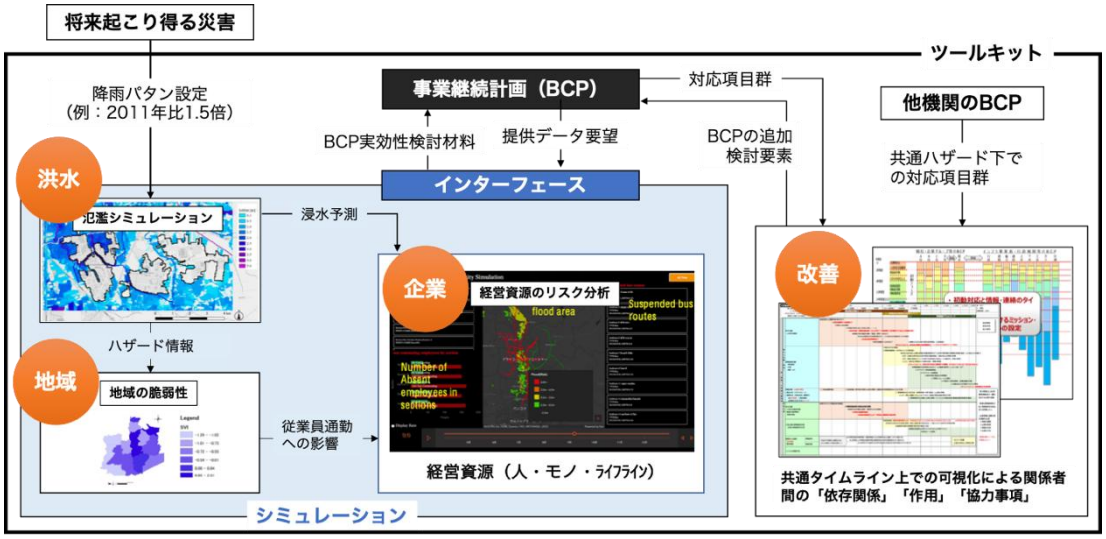


図 4-1-3 ツールキットを用いた個別 BCM 連携による Area-BCM 構築

各企業の BCM に対する理解度や成熟度は様々である。Area-BCM では、これらの個別 BCM を効果的に連携させ、自社の BCM 運用で対応可能な課題、工業団地や近隣企業との連携が必要な課題、そして自治体やインフラ事業者の支援を要する課題を明確にし、早期の事業継続・復旧に向けて企業間や工業団地・自治体・インフラ等と共同で実施する対策案などを見出していく必要がある。

そこで、大規模洪水シナリオのデータから具体的な災害シナリオが設定され、工業団地周辺地区の災害脆弱性を加味し、個別企業用のシステムにより、自社に即した洪水による従業員の出勤可能性、サプライヤーの操業可能性が分析された。

次に、これらを状況付与として、訓練形式のワークショップが実施された。洪水の蓋然性が発生してから収束するまでをフェーズに分け、それぞれの BCP に基づく個別タイムラインが作成された。Area-BCM ツールキットでは、これらの個別タイムラインが一覧可能なように集約され同じ時間軸上で連携の議論が可能となった。

これらを用いて Area-BCM 研修・演習が実施された。プログラムの概要を表 4-1-1 に示す。第 1 部では Area-BCM の必要性に対する認識を深め情報やリソースについて検討する。第 2 部では各フェーズにおいて、それに対して共同で実施する具体的な対策を検討するものである。

表 4-1-1：Area-BCM 研修・演習プログラムの構成

プログラム	実施目的	実施内容（例）	目指す成果
【第 1 部】 シミュレーション演習	官民連携への気づきの醸成	地域連携をテーマとしたセミナー	・自助の強化と官民連携の必要性の理解と共通認識 ・個社 BCP 策定／改訂
	官民連携に向けた地域連携の課題と対応策の検討・抽出	企業・団地と行政・インフラでの情報共有／官民連携に向けた課題と対策の検討（災害模擬演習・ワークショップ等）	・個社 BCP 策定／改訂 ・地域連携における脆弱性の把握 ・地域連携で解決すべき課題抽出
【第 2 部】 共通タイムラインワークショップ	自助共助の強化と官民連携に向けた具体的施策案の低減	連携型 BCP の検討・検証（共通タイムライン、地域共通資源、連携の枠組み、脆弱性への事前対策、災害時協力協定等）	・個社 BCP の実効性向上 ・地域の産業・経済を守る官民連携施策の具体化
	継続的な改善活動	共通タイムラインの問題点の洗い出しと官民連携 BCP の改訂	・個社 BCP の実効性向上 ・官民連携 BCP の実効性向上

このような活動の結果、各フェーズにおける、自組織の BCP の課題、工業団地や近隣企業、行政やインフラ事業者等と連携すべき課題が明らかになった。具体的には、自組織においては、浸水対策と事業継続のための要員確保、出社、帰宅困難、従業員の安否確認、従業員への食料配布・備蓄が、取引先とは部品の調達や物流業者のトラックやドライバー不足、インフラ・ライフライン事業者とは停電による通信切断・ラインの停止、断水によるトイレ使用不可・工業用水の途絶、ガスの供給停止による製造ラインの停止、幹線道路の閉鎖や主要道路の寸断等による物流停止、燃料の不足、情報面では災害情報、周辺の被害状況の収集、国や自治体の発信情報の収集が挙げられた。

そして、これらに対して、ダムの放流・水位に係る情報、インフラ情報をいつ、どのように入手するのが望ましいか、被災時に枯渇もしくは奪い合いになることが予想される地域の共通リソースをいつどのように確保する必要があるか、共同備蓄、チャーターバスの共同

運航、共同物流、重機の相互融通等が必要であるか、工業団地管理会社や行政機関がどのような役割を期待されているかを議論することができた。

4.1.5 まとめ

本研究では、個別企業の BCP の限界を克服するための Area-BCM の重要性と実践的なアプローチについて考察した。特に、工業団地を対象としたケーススタディを通じて、企業間の連携、情報共有システムの構築、共同リソース管理の重要性が明らかになった。今後は、より多くの地域で Area-BCM の実装を進め、その有効性を検証していく必要がある。

【参考文献】

Masahiko Haraguchi, Upmanu Lall (2015) : Flood risks and impacts: A case study of Thailand’s floods in 2011 and research questions for supply chain decision making, International Journal of Disaster Risk Reduction, 14, pp.256-272.

Tadashi Nakasu, Mamoru Miyamoto, Ruttiya Bhula-or, Tartat Mokkhamakkul, Sutee Anantsuksomsri, Yot Amornkitvikai, Sutpratana Duangkaew, and Toshio Okazumi (2020) : Finding the Devastating Economic Disaster’s Root Causes of the 2011 Flood in Thailand:Why Did Supply Chains Make the Disaster Worse?, Journal of Disaster Research, Vol.15, No.5, pp.556-570.

渡辺研司 (2024) : 国際科学技術共同研究推進事業地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) ／開発途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究／産業集積地における Area-BCM の構築を通じた地域レジリエンスの強化　終了報告書

4.2　経済基盤を底支えする中小企業の事業継続力強化の重要性とその課題

渡辺　研司

要約　政治・行政の中枢機能や、産業をけん引する大企業・中堅企業の本社機能が極度に集中し、さらには人口・経済活動の密度が世界屈指である首都圏において、直下型地震が発生した場合、その影響はこれまでの災害事例をはるかに超えた「想定外の連鎖災害」を引き起こすおそれが高い。そして、国難級の被害が首都圏を襲った際には、政府による復旧・復興支援に投入可能な財政資源にもおのずと限界があり、経済基盤そのものが自立的に再起できるだけの「自助型レジリエンス」の確立は急務である。こうした背景を踏まえ、本稿では経済の屋台骨を支える個別企業、特にサプライチェーンを構成する中小企業群が抱える課題を改めて浮き彫りにするとともに、個社だけでは克服しきれないリスクを企業間連携や官民連携によりいかに補完するか、さらに首都圏直下地震のような破滅的災害下でもキャッシュフローを確保するための資金調達基盤をどう構築するかについての考察を展開する。

4.2.1　大規模地震発生時のサプライチェーンリスク

近年の大規模地震（2004 年新潟県中越地震、2011 年東日本大震災、2016 年熊本地震、2024 年能登半島地震など）では、被災地域内の企業被害がサプライチェーンを通じて瞬く間に国内外へ波及し、産業全体が同時多発的に機能不全に陥る事例が相次いだ。そしてその都度、サプライチェーン上の集中リスク（ボトルネック）でもあった中堅・中小企業群がサプライチェーンが停止をして初めて露呈するなど、通常時の可視化の限界に起因する大きな課題が認識された。

これは、サプライチェーン上で下位（n 次）の中小サプライヤ企業の中には、完成品メーカーがリスク分散していたと思っていたものの、その企業が特殊加工の技術を有していたり、特注品を製造することを競合優位とするようなオンリーワンやニッチな企業で、実際には他社の取引も集中しており、それがサプライチェーン全体で認識されていなかったということが背景にある。

特に 2011 年の東日本大震災が発生する以前は、自動車製造業等の産業構造は完成車メーカーをトップとする「ピラミッド構造」であると考えられてきたが、中堅・中小の重要な部素材メーカーの生産停止がサプライチェーン全体に波及し、その結果、ある特定のメーカー

への集中リスクが存在する「タイヤモンド構造」であったことが明らかになった。

また最近では震災に限らず地政学的リスクの台頭に伴う輸出規制や追加関税、紛争に伴う生産・営業拠点の閉鎖・撤退などによるサプライチェーンへの影響が実際に頻発し、如何に現在の産業活動が国や地域を超えて水平分業化されており、サプライチェーン上の何らかの途絶がまたたくまに相互依存性を介して時空間を超えて拡散するという感応度（sensitivity）が急増していることが認識できる。

4.2.2 大・中堅企業における危機感の高まりと中小企業への期待

多くの中小企業は何らかのサプライチェーンに属しているが、その親事業者（特に製品・サービスの調達元である大・中堅企業）は、特定企業への集中リスクが自社の事業継続力にも大きく影響を及ぼすことを懸念し、事業継続マネジメント（BCM）の一環としてSCRM（サプライチェーン・リスクマネジメント）の高度化を図っており、危機管理の枠組の中で情報共有や意思決定プロセスの実効性確保を目的とした主要取引先の被害予測システムなどへの先行的な投資を加速している。

そして、災害発生時にサプライチェーン上で被害状況や復旧見込みが把握できない取引先については、自社の事業継続の観点から代替製品・サービスの手配を開始すると同時に、同業他社に取引を切り替えるような対応を選択する可能性が高い。特にオンリーワン、ニッチ企業ほど代替性が低いため、今後、事業継続力の強化を経営戦略として展開できない場合、調達元である親事業者は災害発生を待たずして取引を見直さざるを得ない状況にある。このような状況を勘案すれば、オンリーワン・ニッチ企業を目指していた中小企業こそ、災害時の事業継続力を確保する取組みを平時から展開し、その活動を企業価値として取引先を始めとした利害関係者に訴求することが肝要である。

4.2.3　二極化する中小企業の事業継続への取組み

東日本大震災後、内閣府を中心に企業によるBCP策定を強く推奨し、2020年までにその策定率を大企業で100%、中小企業で50%という強気の目標を掲げたが、その後、一連の震災や風水雪害を経験したにもかかわらず、企業の規模によらず策定率はさほど伸びていない。特に中小企業のBCP策定率は、中小企業庁・中小企業白書（2024年版）によれば、15.3%で大企業の35.5%を大きく下回り、またその傾向と策定率のレベルはここ20年近くほぼ変わっていない。また、中小企業の中にはBCP策定後も訓練・演習などを通じてその実効性を

高めようとしている企業もある一方で、サプライチェーン上のボトルネックとなるような企業群でさえ BCP を書面として作成したのみ、もしくは BCP など策定する余裕が無い、更には激甚災害指定後の補助金を当てにして BCP は不要とまで考えている企業が多数を占めることから、中小企業の事業継続への取組みは二極化が進んでいる。

昨今の地政学的リスクの台頭やエネルギーコストの上昇、人材不足などの経営課題が多様化している状況において、自然災害への備えに対する経営資源の投下の優先度は、この二極化における受動的・消極的な中小企業においては更に低下しつつある。市場原理からすれば経営上、国難級の震災が想定されているにもかかわらず、自然災害への備えを疎かにする企業は発災時に淘汰されるだけの企業とも言えるが、前述の通り、経済基盤を支えるサプライチェーン上の役割や途絶時のインパクトを勘案すれば、個社別の問題としてとどめるわけにはいかず、国全体の経済持続可能性に関わる重大な脆弱性と位置づけ、政府による何らかのセーフティネットの整備が急がれる。

4.2.4 政府による中小企業の事業継続力強化政策を通じたサプライチェーンのレジリエンス強化

中小企業における BCP の策定率が低迷し続け、その間、災害の激甚化や頻発化が進んでいる状況を重く見た中小企業庁は、平時からの取組みが、被災した場合であっても被害の拡大の回避や復旧支援の獲得、早期の事業継続が実現することにつながることを中小企業に改めて訴求すると同時に、中小企業を取り巻く利害関係者と協力を得るための枠組み（組合等を通じた水平連携、サプライチェーンにおける垂直連携、地域における面的連携）として中小企業強靭化法を施行し、防災・減災に取り組む中小企業がその取組を「事業継続力強化計画（略称：ジギョケイ）」としてとりまとめ、国が認定する制度を 2019 年に創設した。現在、各地方の経済産業局が運用主体となり、認定を受けた中小企業は、税制優遇や金融支援、補助金の加点などの支援策が受けられる状況が全国展開されている。

本制度導入から５年経過した現在、各都道府県の地域性を反映して補助的な支援モデルも各地で構築され、推進協力者として地方銀行・信金・信組・保険会社といった金融機関や各種商工団体などの関与度合いも増加し、首都圏の中小企業においても本制度を活用した平時からの備えを推進する仕組みとして定着しつつある。

4.2.5　企業レジリエンス強化のためのファイナンス体系確立と震災時の統廃合の仕組み

大中堅や中小といった企業規模、業種、サプライチェーン上での重要性など、企業のプロファイルを表す様々な要素に係らず、企業はキャッシュフローがショート（資金不足）すると倒産という形で企業活動を停止することになる。これは平常時にどんなに品質が良く、適正価格で納期を守っている優良企業であっても免れない宿命である。

このような状況を回避するための企業努力を支援するリスクファイナンスの選択肢は災害対応フェーズ別に相応に存在するものの、資金の出し手は地域金融機関、保険会社、政府系金融機関などばらばらで個別企業の災害時の資金調達ニーズにシームレスに応えきれておらず、特に中小企業においてはその選択肢が認知されていない場合も多い。（図 4-2-1）

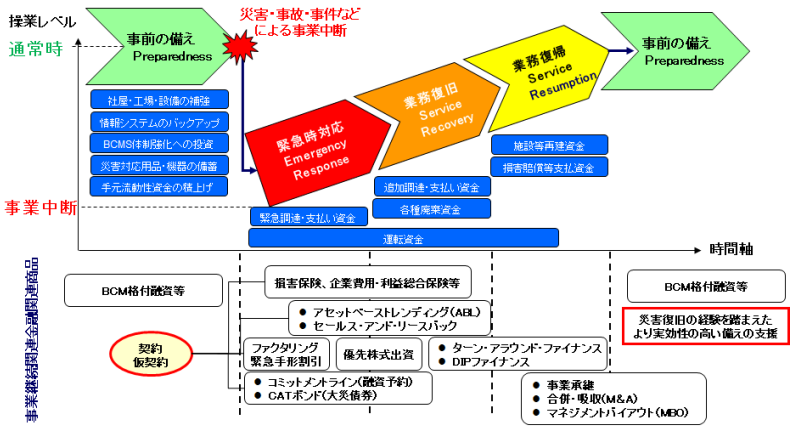


図 4-2-1　個別企業の事業継続にかかわる資金ニーズとリスクファイナンスの可用性

今後は地域金融機関や自治体商工部門が中心となった、災害時の中小企業の資金調達能力を強化するために複数のリスクファイナンス商品を組み合わせたようなパッケージの創出と提供体制の構築が求められる。中小企業であったとしても、災害時にも自らの力で資金調達力を最低限確保し、その後の経営努力だけではどうしても不足する部分については公的資金を必要に応じて投入する、といったあくまで「自助」ありきの政策にシフトしていく必要がある。

また、大規模災害発生時に全ての企業が存続することは不可能であるが、過去の震災の復旧・復興前フェーズにおいて、その後の存続可能性についての経営判断をすることなくやみくもに復旧・復興を目指し、そこに延命措置のような補助金が投下され、最終的にはその補

助金の支援期間の終了時に倒産してしまうという企業も散見される。

このように個別最適を求め過ぎた結果、全体最適が達成しにくい状況は災害からの復旧・復興の足かせになっているとも言え、そのことは地域経済の基盤となる企業活動、ひいては雇用の停滞につながり、最終的には人々は避難所、仮設住宅を経た後はその地を離れざるを得ない状況になる。

このような状況を改善するためには、大規模災害時に地域内で確保可能な限られた経営資源を存続可能、かつ、その後の地域の復旧・復興をけん引できるような企業に選択的に投下するための、個別企業向けのリスクファイナンスを超えた仕組みが必要である。

図 4-2-2 は BBB(Build Back Better)を意識した被災後の地域内企業リストラクチャリングの概念を示しているが、具体的には発災後の地域内企業の被災状況に応じてトリアージを行った上で、地域経済基盤のレジリエンス強化に向けて企業の整理・統廃合を通じた再再編成を行う能動的なリストラクチャリングの仕組みである。

このような仕組みを実装するためには下記のような要件を満たすための段取りを、利害関係者間の議論を通じて更に検討・準備する必要がある。

（1）企業の被災状況による影響度分析、経営者と戦略レベルの話ができる地域金融機関を中心に展開する

（2）災害後の市場の変化を見極め、戦略変更・ビジネスモデル転換・M&A等による地域内統廃合を主導する

（3）事業承継の可能性が低い企業はゴーイング・コンサーン（going-concern：継続企業の前提）の観点から整理・統廃合による再編成の対象を選別する

（4）自治体も含めて地域内産業構造の戦略的リストラクチャリングを行い、平行して個別企業の取組みを支援する

激甚被害となった中核企業は自治体による直接・間接支援の対象となり得る

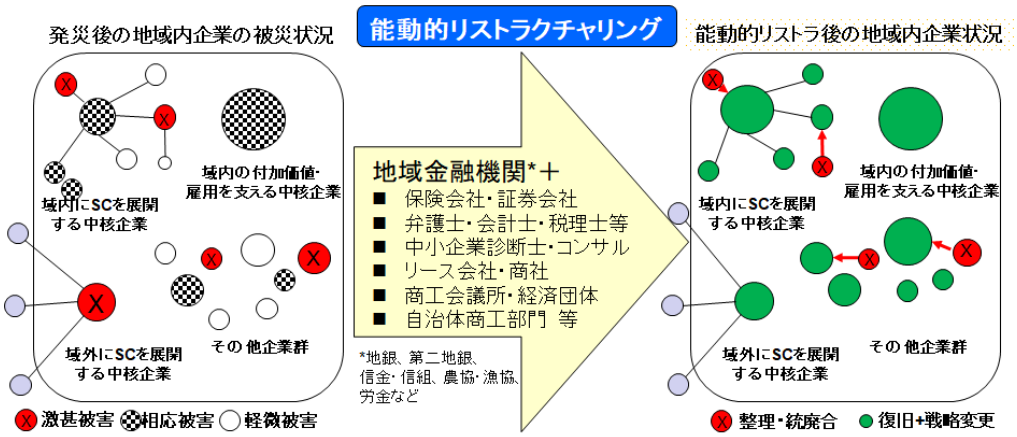


図 4-2-2　BBB(Build-Back-Better)を意識した個別企業向けファイナンスを超えた枠組み

このような枠組みは首都圏直下地震発災時でも論理的には有効と考えられるが、実際には能動的リストラクチャリングを展開すべき地域金融機関や自治体も相当な被害を受け、仕組み自体が適時に発動できない可能性が高いため、地域内中小企業の事前トリアージによる統廃合の仕組み（経営不振が続く企業や事業承継をあきらめた企業などが対象）の導入を検討する必要がある。

4.2.6　まとめ

自然災害の激甚化、頻発化、複合化の傾向が増しつつある状況は、中小企業群のゴーイングコンサーンを脅かし、ひいては我が国の産業や経済の基盤を揺るがしかねない危機的な状態にある状況を勘案すれば、これまでの企業防災の考え方の枠組みを超え、企業経営そのもののレベルでの対応を各中小企業に開始してもらいやすい仕組みの更なる進化が重要である。そして、各地域における取組みは、個別企業や商工会議所レベルだけで実現できるわけもなく、地域金融機関（含む中小企業向け金融機関や信金・信組）や自治体がより能動的に中小企業と運命共同体として対等な立場で連携し、それを政府が省庁横断で体系的に支援することが肝要である。

【参考文献】

経済産業省（2011）：日本経済の新たな成長の実現を考える自動車戦略研究会（中間とりまとめ）

中小企業庁（2020）：事業継続力強化計画基本方針

中小企業庁（2023）：事業継続力強化計画認定制度の概要・事業継続力強化化計画策定の手引き

中小企業庁（2024）：中小企業白書・小規模企業白書 2024 年版（2024 年）

中小企業庁（2025）：中小企業事業継続力強化計画制度研究会（座長：渡辺研司） 取りまとめ

日本自然災害学会（2022）：自然災害科学・防災の百科事典, 丸善出版

渡辺研司（2020）：激甚化・複合化する災害と中小企業の事業継続力のあるべき姿, 商工金融