

# 首都直下地震緊急対策区域における市区町村の 地域残存リスク算定モデルの検討 ～エンタープライズ・リスク・マネジメント (ERM) フレームワークの適用可能性～

Study on the Evaluation Model for a Local Residual Risk Level  
at Each Local Government in the Tokyo Inland Earthquake Area  
～ Study on Applicability of the Framework of the Enterprise Risk Management (ERM)～

虫明 一郎<sup>1</sup>, 松丸 亮<sup>2</sup>  
Ichiro MUSHIAKI<sup>1</sup> and Ryo MATSUMARU<sup>2</sup>

1 東洋大学大学院 国際学研究科国際地域学専攻

Faculty of Regional Development Studies, Toyo University Graduated School

2 東洋大学 国際学部国際地域学科

Faculty of Regional Development Studies, Toyo University

Countermeasures for disaster mitigation or disaster risk reduction are in progress after the Great East Japan Earthquake and other disasters and it is assumed that residual risks at local level have been decreased by those efforts. However, there has been few research for evaluating “Local Residual Risks”. The authors have currently been conducting a research to develop a model to evaluate the Local Residual Risk against large-scale disasters such as Tokyo Inland Earthquake and Nankai Trough Earthquakes. In this connection, this paper presents the results of preliminary consideration about the development of simplified and prototype model to analyse “local residual degrees of crisis” for four risk scenarios by an earthquake.

**Keywords:** local disaster management plan, local residual risk assessment, the Tokyo Inland Earthquake

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景と目的

東日本大震災やその後の災害を経て、防災・減災のための研究や対応は鋭意進められている。市区町村レベルの防災・減災に焦点をあてた研究としては、個別の市町村や特定の震災を対象としたり、テーマを絞った研究はあるものの、マクロ的・総合的視点での取組としては、地域防災の基本計画となる「地域防災計画」の形骸化を論じた永松(2005)<sup>1)</sup>らの研究や地域防災力・危機管理能力の充実を図るために消防庁が実施した防災力評価指針の策定<sup>2)</sup>まで約15年間さかのぼらなければならず、それ以降はマクロ的・総合的視点での研究ほとんどなく、特に危険度の逡減を考慮した「地域の残存リスク」をテーマにした研究は少ない。

本研究は、巨大地震に対する防災・減災による危険度の逡減を考慮した「地域の残存リスク」を体系的に評価、明示することにより防災意識を高め、実効性のある地域防災計画の策定によって人命を守ることを目的としている。地域防災計画の実行性向上は常に図られるべきであると考え、国や県レベルに比較して、市区町村の地域防災の担い手が足りないことも容易に推察できる。そこで本研究では市区町村の地域防災・減災の取組に焦点をあ

て、具体的には地域の防災・減災状況の評価を簡便な方法で提供し、限られた人員で実効性のある地域防災計画の策定や見直し等に寄与するため、以下の3つのモデル等の開発を目標としている。

- ・地域の残存リスク算定簡易モデル開発
- ・地域防災計画の定性評価モデル開発
- ・地域防災総合評価モデルと地域防災計画指針ツール開発と政策提言

本論文では地域の残存リスク算定簡易モデル開発について、首都直下地震を対象としたプロトタイプモデルとして、残存リスク算定の前段階として、各市区町村の防災・減災への取組や、残存する危険度の相対比較の方法論を検討するものである。このため、各市区町村の防災・減災の状況については、相対比較の容易なHP調査をベースに行うこととした。市区町村のHPは、市区町村の防災・減災の取り組み状況を全て反映しているものではないが、対象地域のできる限り直近の状況を把握できること、住民向けの情報公開や情報周知の方法として7割から8割の自治体がHPを利用していると考えられることなどが、HP調査による方法を採用した理由である。

## (2) 研究の特徴と研究の位置づけ

本研究ではERMのフレームワークを適用した研究を進めているが、ERMは危機管理（リスクマネジメント）の手法のひとつで、企業の運営上起こり得るあらゆるリスクに対し、組織全体で管理しようとする体制のことであり、全社的リスクマネジメント、統合的リスクマネジメントと呼ばれることもある。それまでのリスク管理手法ではリスクの種類に応じて個別のリスクを担当する形式が主流で、例えば証券会社では市場リスク、信用リスク、流動性リスク、オペレーショナル・リスク等にリスクを分類し、担当部署が潜在的な定量リスクや実際に発生した損失額の集計・報告等を行っている。これに対してERMでは、全社を挙げてリスクの把握や評価・管理を行う点に特徴があり、経営者から従業員までを含めて総合的にリスクを評価することで、リスクの性質やリスク間の関係をより正しく把握し、より最適な対応・対策を取ることが可能となる方法である。具体的には、まず想定されるリスクについて、リスクシナリオを設定し、そのリスクシナリオの固有リスクを定量的、場合によっては定性的な評価も含めて算定する。次に、固有リスクからそのリスクへの対策状況によりリスク逓減を評価し、残存リスクを算定する。最後にその残存リスクが許容範囲かを検討し、許容範囲でない場合は追加の対策を実施する。以上がERMのおおまかなフレームワークであるが、このプロセスは一過性のものではなく、PDCAサイクルにより定期的・継続的に実行されるプロセスである。

そのため、市区町村を一つの企業体としてとらえ、災害での発生しうるリスク（例えば人的被害）について、それがどのように発生し、どういった特徴を持つのかを理解し、対策によってどの程度リスクが変化しているかを理解できると考えた。本研究では、南海トラフ地震及び首都直下地震で想定されるリスクを固有リスクとし、中央防災会議報告<sup>3)4)5)</sup>で報告された対策について、報告から5年を経た現段階においてPDCAサイクルのC(Check)を市区町村の地域防災・減災の対応状況に対して行い、巨大地震に対する「地域の残存リスク」の体系的評価モデルの開発を行うものである。

例えば東京都では、複数の指標を総合化した地域危険度で総合的なリスク評価を行っているが、東京都のものは、同じ強さの揺れが生じた場合の危険度、いわゆる脆弱性の相対比較評価であるのに対し、本研究では市区町村別に異なる想定震度を与え、残存リスクの相対比較を総合的<sup>1)</sup>に行なおうという点が異なっている。また、国土強靱化フレームワーク<sup>6)</sup>では5年毎にPDCAの評価が行われているが、それは、耐震化率等の重要業績指標、いわゆる防災対応状況の計画目標に対する進捗状況に対して実施されているもので、本研究が、防災対応状況を踏まえた地域の人的被害の残存リスクについて評価を行う点と異なっている。本研究の特色をまとめると以下の通り。

- ① 研究全般では南海トラフ地震防災対策推進地域及び津波避難特別強化地域及び首都直下地震緊急対策区域、重複を除く923市区町村の防災・減災状況の評価を行うといった悉皆性がありますが、本論文では首都直下地震緊急対策区域の309市区町村の防災・減災状況の評価を行うといった悉皆性があります。
- ② ERMのフレームワークを適用し、危険度から防災対応状況を割り引いた残存リスク評価や定性リスク

スコアリングの手法を用いて地域防災・減災状況の定性評価を行う点で前述の通り独自性がある。

- ③ 中央防災会議の南海トラフ巨大地震対策及び首都直下地震の想定と対策の各最終報告の結びの一方針として「公助から自助・共助へ」が打ち出された。本研究は公助と自助・共助の重要な継手である市区町村の地域防災の現状に焦点をあて、時代性を踏まえた研究である。また、中央防災会議報告<sup>3)4)5)</sup>までの知見や先行研究を基礎として、最新の市区町村の地域防災・減災の状況を踏まえた人的被害に絞った研究で、災害から人命を守るといった普遍性を持つ研究でもある。

そして、本研究は前述の先行研究との比較において、永松らが都道府県レベルの地域防災計画を対象とし、8都道府県の地震防災に関するアクションプログラムの策定状況を報告したのに対し、本研究の対象は南海トラフ地震防災対策推進地域等の923市区町村が対象で、全国1741市区町村<sup>2)</sup>の半数以上(53%)をカバーし、消防庁が実施した防災力評価指針の評価項目が約800あったのに対して、より簡易な方法での評価を目指していることにつき、十分な相違があり、研究を行う意義がある。

## (3) 本論文の位置づけ

本論文では地域の残存リスク算定簡易モデル開発について、「地域の残存リスク算定簡易モデル（首都直下地震プロトタイプモデル）」について論ずる。更にここではその残存リスク算定の前段階として、各市区町村の防災・減災への取組や残存危険度の相対比較を行うもので、残存リスクの絶対水準を示すものではない。しかしながら、各市区町村間の残存危険度の相対比較明示は市区町村の横並び意識を感化し、防災意識を高め、防災計画を見直す際の指針に資するものである。

## 2. 研究の枠組み

### (1) ERMリスク評価フレームワークについて

本研究ではERMのフレームワークを適用し、リスク評価を行うが、ERMに関するフレームワークとしては、2004年9月にアメリカのCOSO（Committee of Sponsoring Organization of the Treadway Commission）が発表した「COSO ERM」が代表的である。COSO ERMでは、リスク評価は以下の手順で行われる<sup>7)</sup>。

- ① リスクシナリオ設定
- ② リスクシナリオの固有リスク評価：定量評価の他、定性的な評価も用いる
- ③ リスクシナリオの対応策・管理状況評価：対応策・管理体制の有無とそれらの有効性を評価
- ④ リスク逓減評価：対応策・管理状況評価よりリスク逓減を評価
- ⑤ 残存リスク評価：固有リスクから対応策等によるリスク逓減を割り引き残存リスクを算定
- ⑥ 追加対応策検討：残存リスクが許容（目標）の範囲内にあるかを評価。残存リスクが許容できない場合は追加の対策を実施

このフレームワークによれば、残存リスクは一般式として以下のように記述できる（式1）。

残存リスク = 固有リスク × 対策等による通減 (式 1)  
ここで、固有リスク：影響度 × 発生可能性

## (2) 本研究の基本モデル

式 1 に示した ERM リスク評価による残存リスク算定の一般式を本研究の対象である自然災害に置き換えると式 2 のようになる。

防災・減災対応後の被害の状況  
= 様々なシナリオ別の被害状況  
× 防災・減災対応による通減  
(式 2)

式 2 を本研究が対象とする巨大地震の残存リスクに関して整理すると式 3-1 及び式 3-2 に示す式となる。

$RR = AHD \times LD1 \times LD2 \times DPRN \times DPRL \times DRR$  (式 3-1)  
 $= AC \times LL \times LD1 \times LD2 \times DPRN \times DPRL \times DRR$  (式 3-2)

ここで

RR：地域の残存リスク

AHD=AC×LL：震災・災害が発生した場合の人的被害  
(直接死の発生状況)

AC：日本における震災の固有危険度 (過去の地震データの直接死者数の最大値)

LL：社会の脆弱性による地域別の発生頻度 (地域補正)

LD1：地震発生頻度

LD2：地震発生による 2 次災害発生頻度 (火災・津波の場合)

DPRN：国・県レベルの防災による通減：国土形成計画 (国土利用計画) に基づく対策及び防災基本計画 ~ 都道府県の地域防災計画 (市区町村の地域防災計画に含まれない対策)

DPRL：地域防災計画による市区町村レベルの防災施策による通減 (防災施策：震災発生前に実施する施策)

DRR：減災施策による通減 (減災施策：震災発生後の行動により人的被害に影響がある施策及びそのための事前整備)

本論文での検討対象とする残存リスクは、対象範囲が市区町村レベルであることから、扱う災害が首都直下地震であることから、上式の DPRN (国・県レベルの防災) はモデルに含めず、LD1 (地震発生頻度) は同一値として扱える。また、本論文では火災・津波の場合のリスクシナリオも対象外 (後述) なので LD2 (地震発生による 2 次災害発生頻度) もモデルに含めない。

また、本論文で扱うモデルでは、人的被害に AC (日本における震災の固有危険度 (過去の地震データの直接死者数の最大値)) を用いている。これは、河田 (1997)<sup>8)</sup> が人的被害の予測の精度と上限値について「被害想定がすべて解析的に説明できるというのは間違いであって、巨大システム (現在の都市社会もそうである) はそれ自身が事前に解析不可能な特性をもっていることをまず認めることだろう。」と述べ、「個々の被災過程を対象として予測された数値には当然幅があることになる。そして、もしこの値が 10 倍も変化するようであれば、対応を予め想定しておくことは困難となる。この点に関して、筆者は、

実際の人的被害が予測された値の数倍の範囲内であれば、自治体や自主防災組織はかなり適切に対応できると考えている。」と述べ、更には、「起こり得る人的被害の最大値、すなわち上限値を予測することが重要となる。」と述べていることを根拠としている。

しかし、本論文でのモデルで用いる人的被害の数値は、今回、調査を行った地震データの最大値、いわゆる事実であって起こりえる人的被害の最大値であることの検証を経たものではなく、今後、更なる検討の必要がある。

LL (社会の脆弱性による地域別の発生頻度 (地域補正)) については、目黒 (2001)<sup>9)</sup> が「災害は進化する」として、「入力としての災害 (ハザード) が変化しているのではなく、それを出力である被害 (ディザスター) に変換する社会システムの変化がもたらす現象として理解できる。」と述べ、社会の脆弱性が変化していることを述べていることから、社会の脆弱性、特に市区町村レベルの変化を機動的に把握することは困難と考え、今回の簡易モデルでは LL を含めないこととした。なお、過去の地震データの直接死者数の状況はそれまでの社会脆弱性を反映した結果であるといえる。

以上より震災が発生した場合の日本における震災の固有危険度 (AC) を基に、地域防災計画での防災・減災の状況を考慮した地域に残存する危険度 (リスクとは地震発生頻度や地域別の発生頻度を除いた、いわゆるその地域で直接死者が発生することを前提とするという点で異なる) を表すモデル式 (式 4) を考案した。

$RC = AC \times DPRL \times DRR$  (式 4)  
RC:地域の残存危険度

目黒 (2001)<sup>9)</sup> は、近年では、歴史地震や活断層の研究結果により、我が国で発生する各地の地震被害を考えた場合は、地域別に予想される最大級の被害地震の規模と位置に関する不確定性は減少し、相対的に上で説明したような時間的なファクターの不確定性がより大きくなってきている。発災時の季節 (天候を含む) ・曜日・時刻などの影響、そして発災からの時間経過に応じて災害現象をダイナミックに評価できるモデルを構築しないと、予測された被害の様相は実際とは全く異なったものになってしまう可能性が高いと述べており、今回の残存危険度モデルはその考えを踏まえたものでもある。

## (3) ERM の本研究への適用方法/範囲

ERM の本研究への適用方法と研究の範囲を以下に示す。

- ① 災害リスクには様々なものがあるが、本研究の目的が実効ある地域防災計画の実施による人的被害の削減にあることから、本研究で扱う災害リスクは人的被害、直接死を対象とする。したがって、本研究では、死因をリスクシナリオとして設定する。
- ② 人的被害の評価については、過去に発生した地震の死因別調査により、危険度を付与する。
- ③ 各死因への防災・減災の対応状況の評価について本研究全体としては、HP の公表情報、地域防災計画等の定性評価、実地調査などにより行う予定であるが、本論文では HP 調査の結果を基に防災・減災の取り組み状況について評価を行う。従って、防災・減災の対応状況の全てが HP に公表されているわけではなく、市区町村の周知のための HP 利用についての

相違や、限られた予算や人員に起因する市区町村間格差があることに留意する必要がある<sup>(3)</sup>。

- ④リスク通減評価は中央防災会議報告の防災の効果をベンチマークとしたリスク通減モデルの開発を行うが、本論文ではHPの防災・減災の公表状況により相対比較を行うモデルを開発する。
- ⑤残存危険度（式4）は前述の相対比較のみとする。
- ⑥本論文では残存リスクが許容範囲に入っているかの判定までは行わないが、本研究全体としては「地域防災総合評価モデルと地域防災計画指針ツール開発と政策提言」で対象とし、方法論を提示する予定である。

なお、本論文の②の人的被害の評価については、首都直下地震の内、中央防災会議の最終報告<sup>3)</sup>の「防災・減災対策の対象とする地震」とされた都心南部直下地震を対象として評価を行っている。

#### (4) リスクシナリオ設定

前述のように、本研究でのリスクシナリオは死因（震災で直接死に至る死因）である。巨大地震による死亡・不明者要因としては、中央防災会議報告<sup>3)4)5)</sup>の人的被害想定において、以下の6つとされていることから、本研究でも同要因をリスクシナリオとして採用する。

- ①建物倒壊（振動）
- ②屋内収容物移動・転倒，屋内落下物
- ③ブロック塀・自動販売機の転倒，屋外落下物
- ④急傾斜地崩落
- ⑤火災
- ⑥津波

本論文では6つのシナリオのうち①から④までを対象とし、地震の震度が直接影響するものであるため、シナリオの指標には震度を用いる。なお、中央防災会議報告で、②の死傷者数については①の内数として取り扱うものとしているが、大阪府北部地震、熊本地震等の死因となっており、別枠としてシナリオを設定した。

### 3. 想定危険度の検討と設定

#### (1) シナリオ別定性的危険度（人的被害）の導入

ここでは、市区町村別の震度別の人的被害の評価およびその相対比較を可能とするため、人的被害の定性的な危険度の導入にかかる検討を行う。地震の人的被害をリスクとして、市区町村の相対比較を行う場合、想定死者数を絶対値でみた場合と人口比で見た場合で、リスクの大小が異なった評価となる可能性がある。つまり、人口1000人の村で10人死亡（死亡率1%）の場合と、人口10万人の市で500人死亡（死亡率0.5%）の場合である。

なお、本論文においては、市区町村の相対比較をグループ分けして行うことまでは考慮していない。

地域の危険度評価は震度別の人的被害の状況に基づいて対応した危険度と呼ぶべき値を与え（単位は無次元）以下の要領で行った。

- ・定性的危険度で各市区町村の危険度を評価。
- ・定性的危険度は各市区町村で想定されている震度を

基にシナリオ毎に与えた。なお、本論文では6つのシナリオの内、火災・津波を除く4つの振動系死因について危険度を付与。

- ・各シナリオの定性的危険度は、気象庁の過去の地震の被害データを基に死因別死者数を調査・決定。

#### (2) 震度を変数とする危険度評価にかかる検討

まず、基本的な定性的危険レベルをどのように設定するかを検討を行うため、中央防災会議にて報告された都心南部直下地震死因別想定死者数をシナリオ別（死因別）に整理した（表1）。

表1 都心南部直下地震死因別想定死者数

(人)

	建物倒壊	屋内	屋外	急傾斜地
想定死者数	9,900	1,200	440	110
市区町村単純平均	32	3.9	1.4	0.36
人口加重平均（最小）	0.04	0.01	0.002	0.0005
人口加重平均（最大）	864	105	38	10

市区町村単純平均：想定死者数を市区町村数（309）で単純平均したもの

人口加重平均：想定死者数を市区町村の人口で加重平均したもの

表1の市区町村単純平均から死者の発生状況を見ると、「死者が発生」（屋外落下物）、「死者が複数発生」（屋内落下物）、「死者が10人単位で発生」（建物倒壊）の3つのレベルがあることがわかり、さらに、「死者が発生するかもしれない（死者潜在発生）」レベル（急傾斜地）というものも考える必要があることがわかる。また、市区町村人口加重平均をみると「最小」と「最大」で相当の乖離があり、「最大」からは、10人単位での死者発生だけでなく100人単位で死者が発生する場合も起こることが想定されていることが分かる。なお、表1は、都心南部直下地震を対象として分析が行われているため、都心南部直下地震以外の関東南部各地を震源とする地震を対象する場合は異なる結果となる。

ここで中央防災会議は首都直下地震の被害想定<sup>10)</sup>にあたり、「建物の揺れ及び急傾斜地崩落による被害」として、基本的な考え方で「近年の地震（東北地方太平洋沖地震含む）では、兵庫県南部地震に比べて同一震度における被害率が小さいという傾向が見られるが、地震動の周期特性の違い、気候による建物の腐朽や経年劣化等の違いなども考えられることから、今回の想定では、これをそのままは適用しないものとし、従来型の手法を基本とする。」としており、「建物倒壊及び急傾斜地崩落による人的被害」では東日本大震災で得られた知見等として「東日本大震災では、約1万9千人も津波による死者・行方不明者が発生しているが、このうち内陸市町村の死者・行方不明者は、125人（総務省消防庁発表被害報平成24年3月11日現在、死者・行方不明者の0.6%）であり、全壊棟数の少なさと相まって、建物と死者関係式を見直すために十分なデータが得られていない。」としている。

このことは、前述の「災害は進化する」が反映されていないことの表れであると考え、本研究では、地震による人的被害を阪神・淡路大震災以後のデータに更新することを目的に、震度計で観測した計測震度に基づく震度観測が開始され、気象庁が現震度階級に変更後の地震を対象としたデータである気象庁の「日本付近で発生した主な被害地震（平成8年以降）」<sup>11)</sup>を基に平成30年北海道胆振東部地震までを対象<sup>(4)</sup>に、市区町村別のシナリオ別の直接死の発生状況の調査を行った（表2）。

表2からは今回の調査対象の地震の場合、直接死の発生状況は震度が大きくなるにつれて、直接死の発生市区町村で、直接死者数発生規模が大きくなる傾向が見られるが、人口規模別ではそのような傾向は見られなかった。市区町村別では36名が直接死者数の最大値であったので、最大レベルは「死者が10人単位で発生」とした。

### (3) 死者潜在発生レベルの検討

次に各死因で死者が発生していない震度の定性的危険度について検討を行う。前述の市区町村別死因の調査で本研究のリスクシナリオに該当する直接死の発生があった震度5弱以上の地震について、気象庁データベースから人的被害がなかった地震も含め抽出、各地震の最大震度別の死者数を調査<sup>(5)</sup>した(表3)。

カイ2乗検定により最大震度別に発生頻度を検証した結果、死者の発生について100回中、震度5強では5回、震度5弱では1回が棄却されることが確認できた。

これを死者潜在発生レベルの基準とした。さらに、首都直下地震緊急対策区域の中には死因別にみると死者発生が想定されていない都府県もあるのでそのレベルも必要と判断した。結果として表4に示す6段階の定性危険レベルと人的被害の状況を設定した。

### (4) シナリオ別定性的危険度の付与

#### a) 震度別死因の状況

震度から定性的危険度への変換について、前述の通り気象庁の「日本付近で発生した主な被害地震(平成8年以降)」を基に平成30年北海道胆振東部地震までを対象<sup>1)</sup>に、市区町村別の直接死を対象に死因の調査を行った(図1、図2)。なお、火災を死因とする直接死は、今回の調査では1件(1人)であったので、火災の定性的危険度の付与方法は今後の研究課題とし、前述の通り本論文の対象外とした。

図1から、屋外落下物等の死者(緑色)は震度5弱から6強で、屋内落下物等の死者(赤色)は震度5強から6強で発生(いずれも市区町村別では1人ずつ)し、建物倒壊と急傾斜地崩落の死者(青色と紫色)は震度6弱から7で発生することがわかり、図2から複数名以上(2人~9人(赤色)、10人以上(緑色))の死者は急傾斜地崩落の方がより低い震度で発生していることがわかる。つまり、建物倒壊、急傾斜地崩落により死者が発生するのは、震度6弱以上であり、それ以下の震度では屋内・外の落下物等が直接死の主因であることが分かる。

#### b) 建物倒壊

図1に示すように、過去の地震では建物倒壊による死者は震度6弱以上の地震で発生している。したがって、死者発生レベルのうち、表4の定性危険度1を震度6弱とする。さらに、図2左が示すように、震度6強以上になると複数名の死者が発生するケースが多く、震度7の場合は10人以上の死者を伴った地震もある。また死者が発生していない、震度5強、5弱にそれぞれ定性的危険度U5、U1を適用した。このことから、建物倒壊の定性的危険度を以下の通りとする。なお、本論文の残存危険度モデル式では危険度の評価について社会の脆弱性による発生頻度(地域補正)は省略されていることに留意する必要がある。以下の各シナリオについて同様である。

定性的危険度10：震度7

定性的危険度5.5：震度6強

表2 市区町村別直接死発生状況

#### ① 震度別

震度	直接死発生規模(市区町村数)			
	1人	2~9人	10人以上	総計
4以下	2			2
5弱以下	1			1
5弱	1			1
5強	9	2		11
6弱	3	8		11
6強	4	3	3(10,16,17)	10
7		2	2(20,36)	4
不明※1		1		1
総計	20	16	5	41

#### ② 人口規模別

人口規模	直接死発生規模(市区町村数)			
	1人	2~9人	10人以上	総計
1万人未満	4	3	1(36)	8
1万人以上3万人未満	2	1	1(16)	4
3万人以上5万人未満	1	3	1(20)	5
5万人以上10万人未満		1	2(17,10)	3
10万人以上	8	6		14
東京都23区・政令指定都市	5	1		6
不明※1		1		1
総計	20	16	5	41

※1：2011年4月7日宮城県沖地震で直接死発生市町村不明

※2：10人以上のカッコは該当市区町村の直接死者数(人)

表3 地震・最大震度別直接死者数の状況(地震回数)

最大震度	0人	1人	2~9人	10人以上	総計	直接死発生の主な地震
5弱	192				192	
5強	76	1			77	平成23年長野県中部地震
6弱	27	3	4		34	平成30年大阪府北部地震、平成23年福島県浜通り地震、平成13年芸予地震
6強	9	1	1	2	13	平成20年岩手・宮城内陸地震、平成19年新潟県中越沖地震
7				5	5	平成30年北海道胆振東部地震、平成28年熊本地震(2)、平成23年東日本大震災、平成16年新潟県中越地震
総計	304	5	5	7	321	

表4 定性的危険度設定基準

定性的危険度	死者(直接死)の発生状況
10	市区町村別に10人単位で死者が発生する。
5.5※	市区町村別に複数の死者が発生する。
1	市区町村別に死者が発生する。
U5	震度別直接死者数の状況で100回中5回1人以上の死者が出ることが棄却されない。
U1	震度別直接死者数の状況で100回中1回1人以上の死者が出ることが棄却されない。
0	死者が出る可能性はほとんどない若しくはない。

※2人から9人の平均を取り5.5とした。

定性的危険度 1：震度 6 弱  
 定性的危険度 U5：震度 5 強  
 定性的危険度 U1：震度 5 弱

c) 屋内落下物等

図 1 からは、屋内落下物等による死者が震度 5 強から発生していることがわかる。これは、建物は倒壊を免れているが家具等の転倒などが直接死に結びついていることを示している。さらに、震度別に屋内落下物等の死者数を分析すると、震度 5 強から震度 6 強までのいずれも死者が 1 名であった。この結果については、同震度レベルで複数の死者が発生しないことを検証してはいないが、実施要領に従って震度 5 強から震度 6 強までを定性的危険度 1 とし、死者が発生していない、震度 5 弱に定性的危険度 U1 を適用し、定性的危険度 5.5, 10 は付与しないこととする。

d) 屋外落下物等

図 1 からは、屋外落下物等による死者が震度 5 弱から発生していることがわかる。これは、ブロック塀や自動販売機の転倒若しくは建物の屋外付帯設備等の落下物などが直接死に結びついていることを示している。さらに、震度別に屋内落下物等の死者数を分析すると、震度 5 弱から震度 6 強までのいずれも死者が 1 名であった。この結果についても、同震度レベルで複数の死者が発生しないことを検証してはいないが、実施要領に従って震度 5 弱から震度 6 強までを定性的危険度 1 とし、定性的危険度 U1, U5, 5.5, 10 は付与しないこととする。

e) 急傾斜地崩落

図 1 に示すように、過去の地震では急傾斜地崩落による死者は震度 6 弱以上の地震で発生しているが、図 2 右が示すように、震度 6 弱以上で既に複数人の死者が発生しており、震度 6 強で 10 人以上の死者を伴った地震もある。このことから、急傾斜地崩落の死者発生レベルの定性的危険度を以下の通りとし、死者が発生していない、震度 5 強, 5 弱にそれぞれ定性的危険度 U5, U1 を適用した。急傾斜地崩落で死者が 1 人のみ場合は発生していないので、定性的危険度 1 は付与しないこととする。

定性的危険度 10：震度 6 強, 震度 7  
 定性的危険度 5.5：震度 6 弱  
 定性的危険度 U5：震度 5 強  
 定性的危険度 U1：震度 5 弱

(5) まとめ

3.(1)から 3.(4)の分析結果をまとめると表 5 のようになる。この表は各死因の震度別定性的危険度を表しており、震度と各死因の死者の発生状況を示している。この定性的危険度の導入により、人口規模の異なる市区町村の比較が可能になったと考える。なお、市区町村間の比較においては、グループ分けによる比較が必要であると考えており、グループ分けの方法については今後の研究課題である。

4. 市区町村の防災・減災状況調査

本論文のリスク通減評価は市区町村のホームページ公表情報調査を基に行うので、その調査の妥当性を述べ、リスク通減に関連する各シナリオ別対策の取組公表情報の結果を報告する。

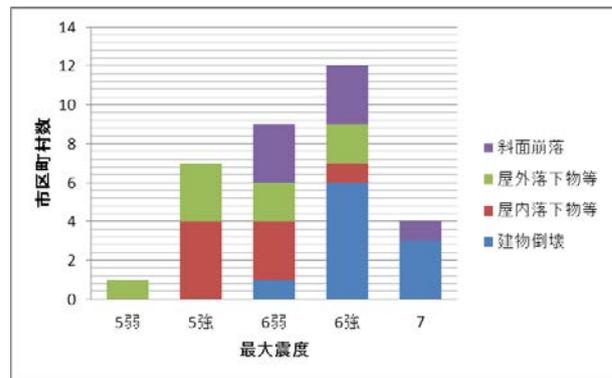


図 1 市区町村・震度別死因の状況

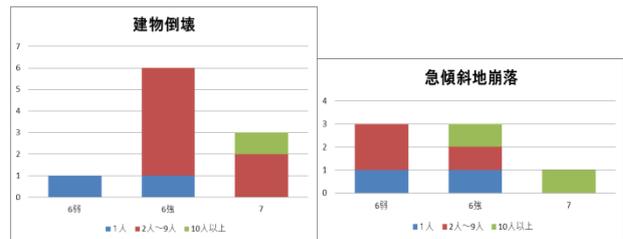


図 2 市区町村・震度別死者数の状況 (建物倒壊, 急傾斜地崩落)

表 5 振動系人的被害の震度別危険度評価基準

震度	シナリオ別定性的危険度			
	建物倒壊 (振動)	屋内落下物等	屋外落下物等	急傾斜地崩落
7	10	NA	NA	10
6強	5.5	1	1	10
6弱	1	1	1	5.5
5強	U5	1	1	U5
5弱	U1	U1	1	U1
4以下	0	0	0	0

(1) ホームページ (HP) 調査の妥当性と方法

地方自治体の電子政府段階別のアンケート調査 (通信白書)<sup>12)</sup>では、自治体の HP で公開されている情報について「紙の市民向け配布物と、ほぼ同程度 (又はそれ以上) の情報が取得できる」としている自治体が 75.8% となっており、全市区町村を対象とした最近の調査では、自助・共助支援のための指定緊急避難所等の周知のための措置として、インターネットによる公表は 86.4%<sup>13)</sup>の割合となっており、HP を調査することで自治体の防災・減災への取り組み状況が評価可能であると考えた。なお、本論文では市区町村の地域防災計画を研究の対象とし、防災・減災の施策の評価を行っており、永松(2005)<sup>1)</sup>らが災害対策基本法 (地域防災計画) の除外としてあげた河川改修、護岸整備、砂防施設整備、都市計画等、ハード整備による災害の軽減は防災・減災評価の対象としていない。また、HP 調査で防災・減災の状況を把握することについては、取り組み状況把握の端緒となるが、地域防災計画の施策として取り組んでいても HP 公表していない場合もあることに留意する必要がある。そして一般的な WEB サイト評価調査に用いられている 4 分野<sup>14)</sup>について、中央防災会議の提言事項を中心に防災・減災の評価項目 (ナビゲーション評価を除く 3 分野: 全 113 項目) を定めた (表 6)。HP 調査では市区町村の自助・共助の支援・啓発状況も評価対象としたので、インターフェイス

評価, インタラクティブ評価も評価対象とした。

調査は, 各市区町村のHPにアクセスし, 各評価項目の公表の有無を調査した。調査時間は公表量により異なるが3~43分であった。本報告で扱う309市区町村の想定震度と人口規模別の市区町村数分布は図3に示すとおりである。なお, 以降の分析では, 想定最大震度7以上の自治体は2区(江東区, 江戸川区)のみであるため, 震度6強の自治体と合算して分析を行う。

表6: WEBサイト評価調査4分野別評価項目

4分野	評価ポイント	評価内容
ナビゲーション評価	探しやすさ	調査時間(分)
インターフェイス評価	入口わかり易さ	トップページの防災表示
コンテンツ評価	陳腐化リスク	防災計画作成・改定年度(平成30年10月1日現在)
		防災計画の種類(原則、編以上)
	不存リスク	ハザードマップの種類(危険箇所表示)
		ハザードマップ表示内容
		災害別指定緊急避難場所指定状況(防災マップ、一覧表記、個別HM除く)
		避難所関連明示・指定状況
		マニュアル・ハザードマップ等の外国語表記
避難訓練・防災訓練実施の有無		
自助・共助支援情報・助成制度等の有無		
防災・避難情報又はマニュアルの有無		
インタラクティブ評価	問合せ・参加メニュー	参加メニュー

(2) 調査結果らみたHP公表に関する傾向

評価対象とする4分野の内, ナビゲーション評価を除く3分野の評価項目の該当数では, 想定最大震度が高い自治体ほど該当数が多くなる傾向がみられ, 南海トラフ地震防災対策推進地域との重複指定を除く首都直下地震緊急対策区域単独指定市区町村の場合, さらにその傾向が強くなっている(図4)。

人口規模別でも, 防災・減災評価項目該当数は人口1万人未満で0~36項目であるのに対し, 東京23区・政令指定都市では18~58項目と多い。南海トラフ地震との重複指定地域を除いた場合でも, それぞれ1~27項目, 18~58項目と同様の傾向がみられた。

次に, 地域防災の中核をなすべき地域防災計画の最新改定年をみると, 過去3年以内(平成28年以降)に改定している自治体は56.0%で, 想定最大震度, 人口規模が大きくなるにつれて新しい改定年が増加する傾向がみられる。(図5, 図6)

このことから, 想定最大震度別, 人口規模別の防災・減災に関するホームページの公表量等は, 危険度や人口規模が大きくなるにつれて公表量等が増える傾向がみられた。一方, 同じ想定震度や人口規模でも市区町村により差異があることから, HP調査により地域防災・減災の状況の相対比較を行うことはできると考えた。

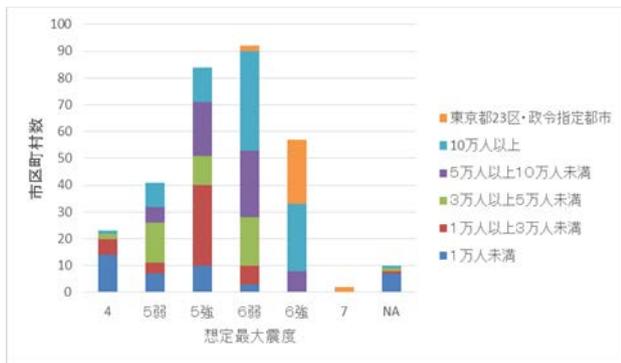
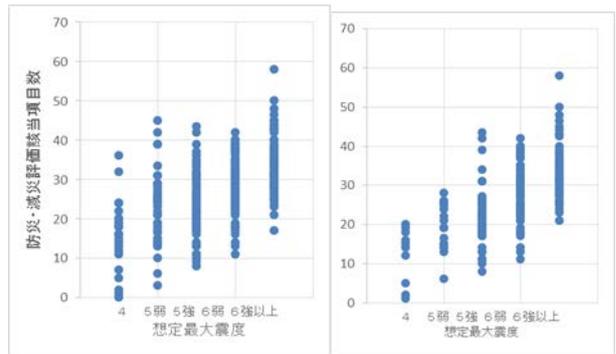


図3 都心南部直下地震想定最大震度別市区町村数



(左: 全区域, 右: 南海トラフ地震との重複地域を除いた場合)  
図4 想定最大震度別防災・減災評価項目該当数

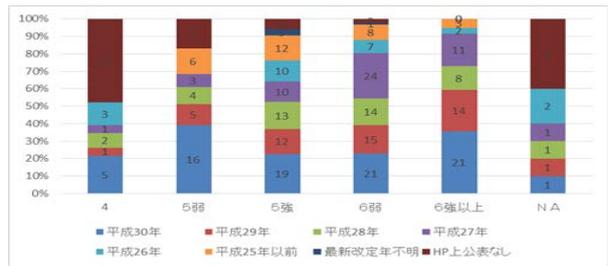


図5 想定最大震度別地域防災計画最新改定年



図6 人口規模別地域防災計画最新改定年

(3) リスク逡減に関するHP公表状況

本論文で対象とした各シナリオの対策のHP公表情報は啓発情報と助成情報に大別され, 表7のとおりである。

表7 防災・減災評価項目のHP公表状況

シナリオ	防災・減災評価内容	市区町村数	%
ALL	ハザードマップ(震度)	167	54%
建物倒壊	ハザードマップ(建物倒壊率)	101	33%
	ハザードマップ(液状化)	103	33%
	家屋耐震・制震情報	61	20%
	耐震調査助成制度	140	45%
屋内	耐震(防災ベッド・シェルター含む)助成制度	129	42%
	家財転倒・屋内落下防止情報	189	61%
	家財転倒防止器具設置助成制度	53	17%
屋外	ブロック塀・石塀・屋外安全確認情報	122	39%
	ブロック塀・石塀助成制度	48	16%
急傾斜地	ハザードマップ(地滑り・土砂災害)	219	71%
	土砂災害特別警戒区域指定	174	56%
	急傾斜地助成制度	12	4%
市区町村合計		309	100%

## 5. リスク逡減モデルの検討

### (1) 中央防災会議の防災対策の効果とERM逡減モデル

中央防災会議では南海トラフ巨大地震の津波の人的被害(想定死者数)について、早期避難率、呼びかけの有無、避難ビルの有効活用等の対策により最大で約8割の人的被害の逡減が示されている(図7)。これは、人的被害をリスクとした場合のリスク逡減の道筋であるといえる。一方、ERMではコントロールの有無、そのコントロールのドキュメント化の有無や研修などによる周知、また重層なコントロールの有無といった対応の段階に応じてリスクが逡減するとされており(表8)、リスクの段階的な逡減について類似の考え方となっている。また、本論文の対象シナリオとした建物崩壊(振動)や屋内収容物移動・転倒、屋内落下物の人的被害については、耐震化率や家具等の転倒・落下防止対策強化実施率による逡減が中央防災会議の防災対策の効果に示されている。

一方で、耐震化率や家具等の転倒・落下防止対策強化実施率は、自助拡大のための市区町村の啓発情報の公表や助成制度導入状況により向上すると考えられる。

そこで、本論文では実際の実施率把握の前段階として、啓発情報の公表や助成制度導入状況による評価を行い、相対比較を行なう方法を検討した。なお、前述の通り、今回の評価はHP調査に基づき行なうため、実際の啓発情報の公表や助成制度導入状況とは差異があることに留意する必要がある。

### (2) 防災対策でリスク逡減を評価する項目について

中央防災会議では各シナリオ毎に防災対策が示されているが、防災対策の効果の死者数減少シミュレーションで示された対策について、実際の実施に至る啓発情報の公表、助成制度の導入状況を本論文のリスク逡減評価の対象とする。更に本論文の残存危険度算定簡易モデルで対象とする評価対象対策はHP調査で評価可能なものとし、HP公表状況と併せて表9に示す。

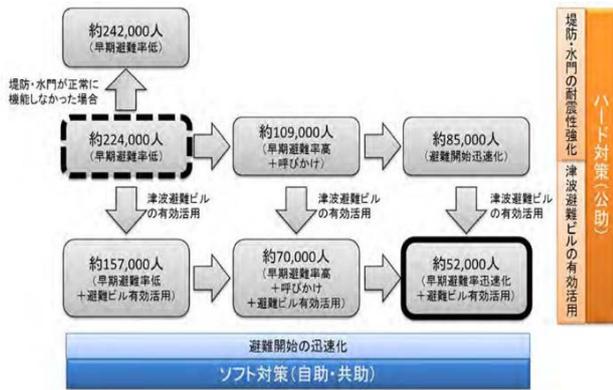


図7 中央防災会議津波対策の減災効果

表8 一般的なERM逡減モデル

筆者勤務会社の逡減モデル					
残存リスク(ERM逡減率、切り上げ)					
逡減比率	1	0.8	0.6	0.4	0.2
定性的危険度	10	8	6	4	2
ERM逡減評価	コントロールなし	コントロールあり、ドキュメント無	コントロールのドキュメントが整備	コントロールドキュメントが整備され、かつ研修などにより周知	重層なコントロールあり

表9 リスク逡減の評価対象対策とHP公表状況

シナリオ	防災・減災評価内容	市区町村数	%
建物倒壊	耐震調査助成制度	140	45%
	耐震(防災ベッド・シェルター含む)助成制度	129	42%
屋内	家財転倒・屋内落下防止情報	189	61%
	家財転倒防止器具設置助成制度	53	17%
屋外	ブロック塀・石塀・屋外安全確認情報	122	39%
	ブロック塀・石塀助成制度	48	16%
急傾斜地	土砂災害特別警戒区域指定	174	56%
	急傾斜地助成制度	12	4%
市区町村合計		309	100%

### (3) リスク逡減モデル

リスク逡減は、中央防災会議で示された現行のリスクの逡減表示(表10)が理想であるが、本論文では耐震化率等の逡減のパラメータの把握は難しいので、リスクシナリオ別に取り組みの差異がわかるような方法を考えた。今回はHP調査によっているもので、実態との乖離があり、防災・減災の状況を正確に反映しているわけではないことに留意する必要があるが、市区町村の各死因別の施策への取り組み状況の傾向は把握できると考えた。各死因別の施策について、啓発情報の公表と助成制度の導入の両方行っている場合については、今回の対象市区町村の割合によりS(全体の5%以内がHP公表)、A(全体の33%がHP公表)、B(全体の33%超がHP公表)と希少度に応じて表示を変えた(表11)。そして、本論文では危険度逡減モデルとして、各定性的危険度にインディケータを付記する方法を考案した(例:10A, 5.5B等)。

表10 都心南部地震における防災効果ベンチマーク

		中央防災会議 防災対策効果ベンチマーク			
		①	②	③	④
建物倒壊	想定死者数(千人)	11	6.1	3.8	1.5
	耐震化率(全国)(%)	79	90	95	100
	耐震化率(東京都)(%)	87	94	97	100
	死者数比率	100%	55%	35%	14%
	定性的危険度逡減	10	6	4	2
屋内収容物移動・転倒、屋内落下物	想定死者数(千人)	1.1	0.7	0.4	
	家具等の転倒・落下防止対策強化実施率(%)	現状	75	100	
	死者数比率	100%	64%	36%	
	定性的危険度逡減	1	0.6	0.4	
ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	想定死者数(千人)	0.5			
	死者数比率	100%			
急傾斜地崩落	想定死者数(千人)	0.1			
	死者数比率	100%			
	定性的危険度逡減	10			

表11 都心南部地震における防災取り組みHP公表インディケータ

	公表比率	取組インディケータ				
		D	C	B	A	S
		NA	NA	33%超	33%以内	5%以内
建物倒壊	耐震調査助成のみ		耐震化助成のみ	両方		
	比率	6%	3%	39%		
	累積比率	48%	42%	39%		
屋内収容物移動・転倒、屋内落下物	取付等啓発情報のみ		取付助成のみ		両方	
	比率	49%	5%		13%	
	累積比率	67%	18%		13%	
ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物	啓発情報のみ		助成のみ		両方	
	比率	31%	7%		8%	
	累積比率	46%	15%		8%	
急傾斜地崩落	土砂災害特別警戒区域公表のみ		急傾斜地崩落対策助成のみ			両方
	比率	53%	0%			4%
	累積比率	57%	4%			4%

これにより防災・減災状況の取組のHP公表による定性的危険度の通減状況評価を行い、市区町村間の防災・減災の取組状況について、HP公表ベースではあるが相対比較が可能となる。

## 6. 市区町村の危険度とHP公表状況

今回のモデルで309市区町村について4つの振動系死因の通減前の定性的危険度がどの程度であるのかを表12に示す。

表13は、東京都内の2つの区を例に、前述の危険度通減モデルの4つの振動系死因の定性的危険度別のHP公表状況を示したものである。HP公表ベースでは、両者に取り組みの差異があることがわかり、防災担当者は、当該市区町村の取り組みがどの程度であるか把握することができる（黄色がO区、青色がS区の取り組み位置）。今回は、取り組み状況をHP公表ベースで把握したが、実際の取り組み状況との誤差を埋めていくことが次のステップ「地域防災計画の定性評価モデル開発」となる。

## 7. まとめ

本論文の結論として次のことを述べる。本論文は平成25年の中央防災会議報告以降の地方防災・減災の状況について、死者数に関する定性的危険度を導入し、シナリオ別に市区町村の定性的危険度を同一基準で分類し、HPの各対策の公表情報を基に危険度の通減表示を同一基準で行うことにより、4つの振動系死因の危険度別の防災・減災の状況を同じ基準で体系的に評価することを可能とした。すなわち、地域防災・減災の対策のHP公表ベースでのシナリオ別の取組状況の相対比較は可能となった。さらには死者の発生状況の同じ尺度での危険度と取り組み状況の提示は、単なる取組状況の比較に比べて市区町村の防災意識の向上に資するものであると言える。このことより、本論文は残存リスク（想定死者数）の絶対水準を提示するものではなく、HP公表ベースではあるが、地域防災・減災状況を把握し、市区町村で地域防災計画を見直す際の指針にはなりうるのである。

また、各シナリオの定性的危険度は震度と死者発生数の類推を容易にし、市区町村に限らず一般的な防災意識の向上に資するものとする。

市区町村の担当者は分布表において、当該市区町村の取り組みの位置を確認できるが、実用への応用については、以下の改善の余地があると考えられる。

- ① 危険度について、振動系死因の定性危険度付与方法の理論構築と火災、津波の付与方法の検討
- ② HP調査、地域防災計画、実際の取り組み状況の関係を精査し、HP調査で減災・防災状況を比較検討する際の類推モデルの検討
- ③ 市区町村間で比較検討する際のグループ分け、例えば都市分類方法の検討
- ④ 本論文では対象外とした「社会の脆弱性による地域別の発生頻度（地域補正）」については、次のステップである「地域防災計画の定性評価モデル開発」で予定している耐震化率等の実地調査又は関係省庁からの市区町村別データ収集等によるモデ

ルへの取り込み方法の検討

表12 定性的危険度分布

定性的危険度	建物倒壊	屋内	屋外	急傾斜地
10	2			59
5.5	57			92
1	92	233	274	
U5	84			84
U1	41	41		41
0	33	33	33	33
NA		2	2	
総計	309	309	309	309

表13 定性的危険度とHP公表状況分布表

市区町村別個別比較例示

	震度	建物倒壊	屋内	屋外	急斜面
O区	6強	5.5B	1A	1C	10S
S区	6強	5.5B	1NA	1NA	10D

### 建物倒壊

定性的危険度	NA	D	C	B
10				2
5.5	17	3	3	34
1	44	5	2	41
U5	50	10	1	23
U1	24	1	0	16
0	26	0	2	5

### 屋内落下物

定性的危険度	NA	D	C	A
10				
5.5				
1	74	114	11	34
U5				
U1	14	21	2	4
0	18	14	1	

### 屋外落下物

定性的危険度	NA	D	C	A
10				
5.5				
1	136	90	23	25
U5				
U1				
0	27	6		

### 急斜面崩落

定性的危険度	NA	D	C	S
10	29	21	1	8
5.5	43	48		1
1				
U5	27	55		2
U1	19	22		
0	16	17		

## 補注

- (1) 本研究での総合評価モデルは市区町村の残存リスクの総合指数化を行うものではなく、設定した各リスクシナリオ毎に比較検討できることを目的としている。
- (2) 全国 1718 市町村に東京特別区の 23 区を加えたもので南海トラフ地震防災対策推進地域及び津波避難特別強化地域及び首都直下地震緊急対策区域の指定方法と平仄を取っている。
- (3) 総務省消防庁「地方防災行政の現況」（平成 29 年度及び平成 30 年 4 月 1 日現在における状況）  
指定緊急避難所等の周知のための措置  
・印刷物の配布：1494/1741（85.8%）  
・インターネットによる公表：1505/1741（86.4%）  
・その他：360/1741（20.7%）  
総務省消防庁「市町村における津波避難計画の策定状況の調査結果」（平成 31 年 3 月 27 日）  
平成 30 年度末時点で未策定の市町村と未策定となっている理由  
福島県富岡町：策定に係る人員不足。東日本大震災における津波浸水区域の一部において、町施策としての土地利用計画が確定していない。  
東京都利島村：防災担当が 1 名であり、津波避難計画を策定する人員が不足しているため。
- (4) 平成 8 年から平成 30 年北海道胆振東部地震までの人的被害が発生している地震が対象であるが、東日本大震災については、死因の大多数が津波でその他の死因については一様のデータがないことから対象外とした。
- (5) 補注 (4) の市区町村別調査で本研究のリスクシナリオに該当する直接死の発生があった震度 5 弱以上の地震を同期間、気象庁データベースより抽出、最大震度別の直接死者数調査を行った。季節・時間帯別の発生状況は以下のとおりである。

表 14 季節別直接死者数規模別の地震発生状況

季節	直接死者数規模					総計	備考
	0人	1人	2人～9人	10人～99人	100人以上		
夏	100	3	2	3		108	6-9月
春・秋	116		2	3		121	4-5月、10-11月
冬	88	2	1		1	92	12-3月
総計	304	5	5	6	1	321	

表 15 時間別直接死者数規模別の地震発生状況

時間帯	直接死者数規模(1時間換算)					総計	備考
	0人	1人	2人～9人	10人～99人	100人以上		
深夜	10.7	0.1	0.1	0.3	0.0	11.3	0-6時台
朝通勤	10.3	0.7	0.3	0.3	0.0	11.7	7-9時台
昼	13.5	0.3	0.3	0.3	0.1	14.4	10-17時台
夕	15.0	0.0	0.2	0.2	0.0	15.3	18-23時台
総計	12.7	0.2	0.2	0.3	0.0	13.4	

## 参考文献

- 1) 永松伸吾, 林春男, 河田恵昭: 地域防災計画にみる防災行政の課題, 地域安全学会論文集 7巻, pp.395-404, 2005.
- 2) 消防庁: 地方公共団体の地域防災力・危機管理能力評価指針の策定 調査報告書, 総務省, 2004.
- 3) 中央防災会議: 首都直下地震の被害想定と対策について (最終報告) 平成 25 年 12 月, 内閣府, 2013.
- 4) 中央防災会議: 南海トラフ巨大地震対策について (最終報告) 平成 25 年 5 月, 内閣府, 2013.

- 5) 中央防災会議: 南海トラフ巨大地震の被害想定について 平成 24 年 8 月 29 日, 内閣府, 2012.
- 6) 国土強靱化推進本部: 脆弱性の評価 平成 30 年 8 月, 内閣官房, 2018.
- 7) 河田恵昭: 大規模地震災害による人的被害の予測, 自然災害科学 16-1, pp.3-13, 1997.
- 8) 日黒公郎: 大規模地震の動的被害予測モデル, 地学雑誌 110 巻 6 号, pp.900-914, 2001.
- 9) トレッドウェイ委員会組織委員会著, 中央青山監査法人訳: 全社のリスクマネジメント (Enterprise Risk Management) フレームワーク編, 適用技法編, 東洋経済新報社, 2006.
- 10) 中央防災会議: 首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要, 内閣府, 2013.
- 11) 気象庁: 日本付近で発生した主な被害地震 (平成 8 年以降) 【平成 30 年 11 月 6 日現在】, 国土交通省, 2018.
- 12) 総務省: 平成 25 年度情報通信白書, 2013.
- 13) 消防庁国民保護・防災部: 地方防災行政の現況 (平成 29 年度及び平成 30 年 4 月 1 日現在における状況), 総務省消防庁, 2019.
- 14) マイボイスコム株式会社: ホームページ WEB サイト評価調査 (2018 年 6 月 1 日閲覧)  
<http://www.myvoice.co.jp/menu/web.html>

(原稿受付 2019.8.23)

(登載決定 2020.3.7)