

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

—まちづくり分科会—

研究調査中間報告書

2023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】

藪下 隆史	(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
外寄 良一	同 研究調査部研究調査課長
井上 恭子	同 研究調査部研究調査課 課長補佐
岩田 麻央	同 研究調査部研究調査課 研究調査推進員

目次

1. 全体概要	1 p
2. 研究報告：南海トラフ地震において懸念される復興課題の論点	4 p
2.1 南海トラフ地震において懸念されるまちづくり課題（越山）	4 p
2.2 南海トラフ地震の災害復興における課題の連鎖性（照本）	9 p
2.3 南海トラフ巨大地震への対応：地域経済とまちづくりの観点から（梶谷）	13 p
2.4 「復興しない」「復興できない」「復興してしまう」を選べない復興（澤田）	16 p
2.5 ワーストシナリオを見据えた対策の検討方法（近藤）	21 p
2.6 ICTの観点からの課題（廣井）	23 p
2.7 南海トラフ巨大地震復興を見る視点（牧）	25 p
2.8 地方の住民・地域・行政から見たワーストシナリオ（井若）	28 p

1. 全体概要

南海トラフ地震に焦点を当てた計画作成および対策の実行は、地震規模を M8 クラスに設定していた東南海・南海地震に遡ると 2003 年から始まっている。この巨大地震対策は、被害想定から減災目標を立て、戦略を設定し、検証を行いながら計画的に進めていくよう設定された。途中、東日本大震災の経験を踏まえ、地震モデルの変更 (M9 クラス)、被害想定 of 計算を行い、そこから今一度 10 年間の目標設定、計画策定がなされ(南海トラフ地震防災対策推進基本計画改定、2014)、国・地方自治体を中心にして引き続き対策が取り組まれている。この計画の中間年である 2018 年に達成目標に向けたフォローアップがなされ、個別目標・計画策定状況について検証および残り期間の重点的な取組の策定が行われた (図 1-1)。自治体等の計画策定については目標を満たしつつあるが、この時点における最新のデータを用いた再計算結果をみると、人的被害 (死者数)・物的被害 (全体棟数) の数値目標の達成は大変困難な状況であることがわかる。

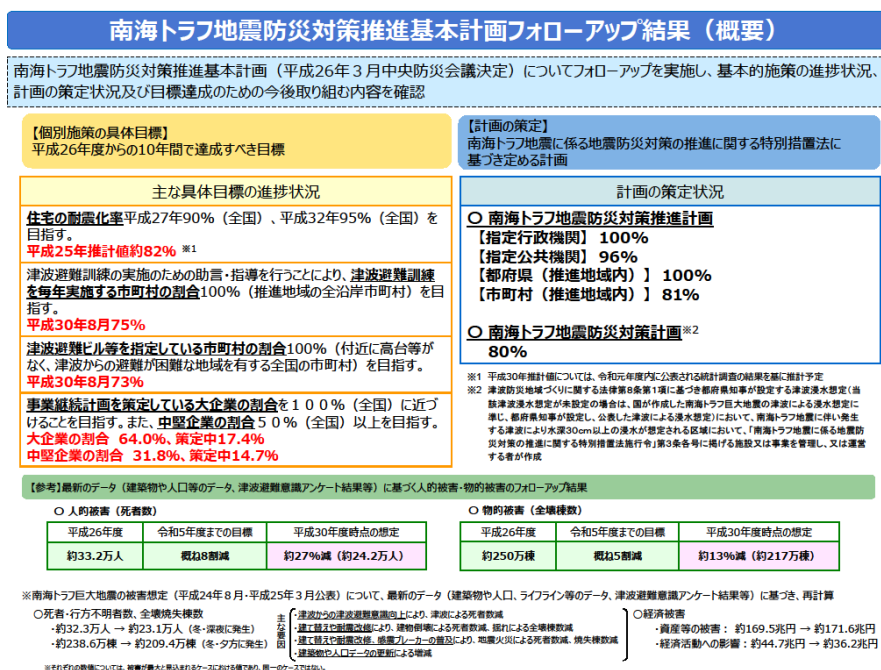


図 1-1 2018 年フォローアップ結果 (概要) (内閣府防災担当資料)

(出典) https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/nankaitrough_keikaku_followup_gaiyou.pdf

この中でまちづくり対策として、被害を防ぐだけでなく、被害を軽減することや被害から回復すること (復興まちづくり) に焦点を置く計画策定が、南海トラフ地震被災地域

においても取り組まれるようになってきた。これは以前からあった取組概念であり、主に東京・大阪など大都市部や東海地震を念頭においた静岡県などで具体的に推進されていた。これら復興まちづくりの事前準備の現状については渡邊の報告（2022）が詳しい。この中では主に津波災害を想定した復興まちづくり対策・計画の現状・課題を論じているが、総じて個別の取組があるものの全体計画の推進に課題があることが書かれており、また復興まちづくりの事業制度の視点から有効な対策を考察しているが、現存制度における枠組で議論している内容であることが指摘できる。一方、ひょうご震災記念 21 世紀研究機構（2017）によると、具体的な復興まちづくり計画を作成する手順を事例分析した上で現存制度・計画の促進と基盤整備に関する提言をまとめており、また同（2022）では復興まちづくりの提言として未来予測シミュレーターを用いて、総合的な復興シナリオプランニングを行う政策立案可能性の指摘がなされている。このことから、まちづくりという分野、特に復興まちづくりについては、現状の枠組で論じるだけでなく、広域的・局所的視点および、被害状況・社会状況・制度状況の不確定性を踏まえて論じることが重要であるといえる。

そこで本分科会では、南海トラフ地震対策において将来状況を設定し、不確定性を考慮した防災まちづくりおよび復興まちづくり対策に資する研究を実施していく。本年度は、被災から復旧・復興する段階を対象として、住宅・まちづくりの分野におけるワーストシナリオについて、専門家の立場から分析した結果を示し、課題の共有と論点の提示を行った。

【参考文献】

内閣府防災 HP：南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ

https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/index.html（2023 年 4 月 20 日閲覧）

https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg_02/index.html（2023 年 4 月 20 日閲覧）

中央防災会議（2021）：南海トラフ地震防災対策推進基本計画

内閣府防災 HP：南海地震トラフ防災対策

<https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/index.html>（2023 年 4 月 20 日閲覧）

渡邊裕（2022）：南海トラフ巨大地震による津波災害を想定した復興まちづくりに係る事

前準備等の現状と課題, URBUN Studies Vol. 73, pp. 36-79

ひょうご震災記念 21 世紀研究機構研究戦略センター (2017) : 南海トラフ地震に対する
復興グランドデザインと事前復興のあり方 研究調査報告書

ひょうご震災記念 21 世紀研究機構 (2022) : 南海トラフ地震に備える政策研究 報告書

2. 南海トラフ地震において懸念される復興課題の論点

2.1 南海トラフ地震において懸念されるまちづくり課題

越山健治

2.1.1 南海トラフ地震における住宅被災の特徴

防災対策のアプローチにおいて、「被害を防ぐ」ために、地震か火災か水害か津波か、といったハザードを設定することは重要である。それは「物理的な加害力に対抗するための方策」を個別に考える必要があるからである。防災まちづくりの一つの考え方は、まちを個々の対策の総体として捉えるものである。基本的にこのアプローチは、個々の対策が進めば被害は軽減されるというロジックであり、例えば地震を設定した場合の住宅耐震化や、津波を設定した防潮堤の構築、避難施設の設定などが当たる。この対策実施に必要な被害想定指標は、ある場所におけるハザードの加害力であり、どれだけの数の住宅が壊れるか、流されるかではない。被害割合は、個々の状況の結果として生じるものとなる。100%の個々の対策が実行されれば想定されるハザードに対しては被害がゼロとなる。

一方、被害からどう回復するかをみると、まちを個々の総体ととらえることだけで論じることが難しい。まち全体の被害割合や被害量の大小が、社会全体の回復の可否や方法、時間、困難さを左右し、それが個々の回復に大きく影響するからである。南海トラフ地震被害の特徴として、国難となりうるだけの膨大な人的被害・物的被害の量が挙げられ、それは高い被害率を持つ閉じた領域（自治体・まち・集落など）が多数存在することを示す。防災対策のアプローチとして、一つ一つの住宅が積み重なり 200 万棟となる事象と 200 万棟壊れる住宅被害が発生する事象との対策の違いは何か？を明らかにすることから考えなければならない。

以上の視点を踏まえ、南海トラフ地震被害想定結果から得られる住宅被害の特徴を既存研究の成果を用いて改めて分析する。表 2-1-1 に 1 km²単位でみた世帯数・被害棟数を示す。ここから 1 km²当たり 100 棟を超える被害が発生する領域は 5106 あり、全体 (29545) の 17%であるが、そこで発生する被害棟数 (約 200 万棟) は全体の 80%を超える。集中的局所的被害が多く存在していることが示される。また世帯密度別に見ると 100~500 世帯/km²でも、1000 世帯以上/km²でも相当数の被害がみられることから、都市域・農漁村域などさまざまな地域で集中的な住宅被害が発生していることがわかる。これらの分布を近

畿圏でみたものが図 2-1-1、2-1-2 である。ここから①被害棟数は都市域で多く積み上がること、しかし被害率は低いこと、沿岸部・農村部は被害率が高いことが示されている。おおよそ四国・中国圏、九州圏も同様の傾向がみられると考えられる。

表 2-1-1 1 km²単位の被害棟数別・世帯数別 単位面積合計（メッシュ数）・世帯数・被害棟数

1 km ² あたり 被害棟数	メッシュ数	世帯総数	被害棟数総数	棟数/世帯数
1~10棟	14,261	7,038,069	51,306	1%
11~100	10,178	8,183,356	374,681	5%
101~500	4,019	7,312,287	882,421	12%
501~1000	741	2,182,942	514,142	24%
1001以上	346	1,462,157	536,791	37%

1 km ² あたり 世帯数	メッシュ数	世帯総数	被害棟数総数	棟数/世帯数
1~10世帯	1,887	11,328	5,330	47%
11~100	8,225	375,030	81,858	22%
101~500	9,035	2,272,539	362,174	16%
501~1000	3,435	2,449,376	319,646	13%
1001~2500	3,816	6,176,077	669,614	11%
2501~5000	2,091	7,241,285	559,158	8%
5001~10000	947	6,402,160	313,058	5%
10001~	109	1,251,016	48,503	4%
合計	29,545	26,178,811	2,359,341	9%

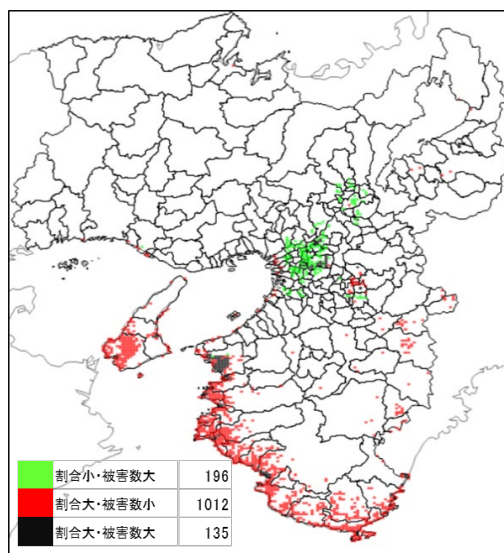
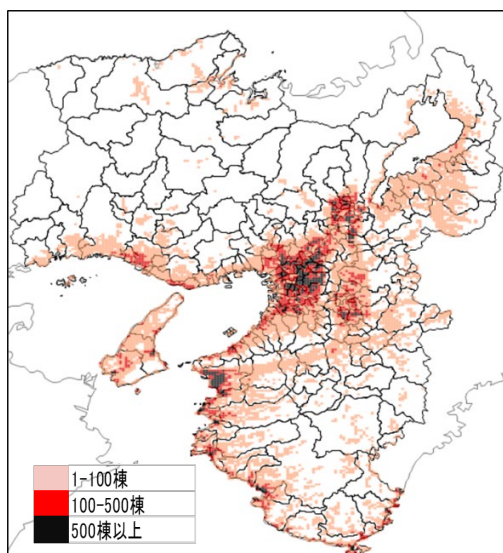


図 2-1-1 近畿圏における被害棟数の分布 図 2-1-2 被害率×被害数分類別分布

以上のことから、南海トラフ巨大地震の住宅被害は、①膨大な量的課題が発生するが、その内訳は都市部における住宅被害が積み上がっており密集市街地被害として捉えることができる、②まちの機能不全に陥る高被害率は、農村部・山間部で多数みられるが、全体

被害量からすると小さい割合であり、全体システムで考えると資源投入が遅れる可能性があり、回復時間がかかることから被災者の移住可能性が高まる、ことが指摘できる。両者の問題が同時並行で存在する場合に、住宅の再建シナリオとして何が起こるか整理する必要があり、またこの事前準備策を考えることが必要となる。

2.1.2 何がワーストシナリオか

東日本大震災等、過去の災害事例から、大規模災害時の住宅再建においてさまざまな課題が指摘されている。ここでは、南海トラフ地震の被害規模、被害特性を踏まえて、住宅再建の視点からみたワーストシナリオの一つを説明する。

南海トラフ地震における災害後の住宅供給必要量は、現在の年間新規住宅着工戸数（約80万戸）の3倍程度となる。これをベースに複数年で供給することを想定すると、年間30%増で10年、50%増で6年程度となる。東日本大震災を経験しているここ20年程度の国内着工戸数の可変幅をみると10%程度の増分はみられることから30～50%増の妥当性のある範囲であると考えられる。

この増分をどのように被災地に供給するかを考えると、ライフライン被害が軽微で、資源輸送が可能であり、かつ量が必要でありながら被害率が低い都市域において即応性が高いと予想される。政策インセンティブを加えたとしても、よほど強力ではない限り住宅建設市場が持つストリームを変えることは難しい。既存の大規模災害研究においても指摘される都市域への活発な住宅供給は不可避となるだろう。

一方で、沿岸部の津波による激甚被災地においては、基盤となるインフラ・ライフラインの復旧に大いに時間が必要であることが予想され、住宅供給はその後となる。またその計画策定にも時間を要することが不可避となる。防災施設や地籍、都市計画事業の事前検討をしても総合的な被害量と投入資源からみて、東日本大震災より時間が短縮される要素はほとんど見当たらない。おそらく復旧から完成まで10年を超える被災地が大半となることが想定できる。

インフラ・ライフラインの復旧過程は、生活再建から住宅再建に大きく影響を及ぼす。すべての産業の再建・回復に影響力を持ち、そこから住宅を失った人たちの「住む場所」の選択につながっていく。全国の住宅着工能力が不十分な場合は「仮住まい」が長期化することが予想されるが、多くの人々が被災地の外への「疎開」、軽微な被災地への「移転」を選択することが想定される。また「仮住まい」となる住宅の量も不十分であり、この

「仮住まい」期も長期化することが考えられる。

都市や地域における私的財産（私有地）が絡む総合的な計画策定の困難性に比して、インフラ・ライフラインの「原形復旧」型の取組や、津波対策の公共施設の建設は決定しやすく先に開始できる。都市や地域の再建の意思決定は、公共的基盤の回復が決まらないうとできないとも議論されている。一方、事業決定後の変更は極めて難しく、始まってしまうと完了まで資源投入され続けることも現状不可避であると考えられる。それでも南海トラフ地震時は、かつてないほどの復旧時間がかかることが予想される。

これらの結果、災害から 10 年が経過した時点で、特に津波激甚被害を受けた地区はほとんど回復することができず、また市町村単位でも被災前の 50%以上の人口減自治体が続出し、復旧事業だけが延々と進んでいくが、特に津波激甚を受けた地区で住宅再建が行われることはない、というシナリオをワーストシナリオとして示す。

2.1.3 ワーストシナリオを見据えた対策の方向性

先述に挙げたワーストシナリオは、これまでの経験則、被害想定の数値、現在の制度設計、法的要件を踏まえると、「確度が高く」起こりうると思われる。このワーストシナリオを避けるにはどのような「事前準備」が必要なのだろうか？が、論点の提示となる。

都市や地域、まちといった面的な空間を、公共事業を用いて公有地と私有地の配分を組み替え、防災対策の推進とまちの再建を事業化することが都市復興事業とするならば、この都市復興事業の実施が、復興の障害となる可能性について論じることも必要ではなかろうか。災害復旧事業、都市復興事業において B/C が厳密に論じられることはなく、またその必要もないと考えるが、巨大災害において最もコストを有する防災対策の公共事業に一定の制限をかけることは避けられない。有識者間では、南海トラフ地震において被害想定に近い被害が発生したならば、「東日本大震災と同様の土木復旧事業、都市防災事業を全面で行うことはできない」ことは共通認識となりつつある。その場合何が起こるのか、というシナリオは研究課題となり得るといえる。

そこで次なる研究課題の設定として、以下の条件を置いたシナリオを計算し、社会状況について論じることを提示する。

- ① 津波において 2m 浸水し建物が面的に全壊するエリアについては、しばらくの間、公共的な防災対策は何も着手しないという選択肢を置く（最小限の原形復旧）。またこの土地については被災前の価格による公的買い取りが行われるものとする。

- ② 津波被災地・農村部・都市部すべてにおいて、土地区画整理事業や市街地再開発事業といった面的な都市整備事業や防災対策事業を実施するとした際の費用をすべて個人に配分すると仮定する。
- ③ 住宅再建は、基本自力再建で行う。もとの場所にもとの家を獲得する、を大原則とする。なお必要となる資金については、災害復旧・都市整備を行わない分で、現状制度の拡充が行われることとする。
- ④ 自治体、都市、まち、集落の単位で資金を調達し、面的な再建をすることは可能とする。①の場所に個人が自力再建をすることを止めるものではない。
- ⑤ 災害救助法や被災者再建支援法で規定されている災害救助・被災者支援は着実に実行される。それゆえ仮設住宅や災害公営住宅は、必要な量が投入される。

このシナリオがもたらす利点は以下の通りである。

- ① 被災地に手をつけないという残酷な手法にみえるが、その被災地に生活ポテンシャルや産業ポテンシャルがあるならば、将来回復していくことは可能であると捉える。世代を超えた超長期にわたる仮住まい期と見ることができないか。
- ② このシナリオはほとんどの被災者に自力再建力を与える、というものであり、その次の判断として「集団」を設定している。究極的に自己選択権を高めたシナリオといえる。移転という選択肢がどの程度になるかは、計算してみないと不明であるが、それも自己選択である。
- ③ 商業や工業など、産業立地については、基本市場の論理に従うものであると考える。政策的な誘導も含めて被災地の将来性を、公共と民間市場が判断できれば、新規投資や再建も可能であると考え。そのための「公的買い取り」と考える。
- ④ ①に当てはまる場所の設定はもう少し議論の余地があるが、基本的には「大規模な被災を受けなければ範囲を外れる」ので、そのため事前に防災対策を実施することが最大の対策となる。

現状の事前復興準備計画は、あくまで既存制度の範囲でどのように事業を実施可能か、という点を論じている。このシナリオを提示することで新たな方向性について検討していくことを次のステップとしたい。

2.2 南海トラフ地震の災害復興における課題の連鎖性

照本清峰

2.2.1 南海トラフ地震の被害予測と東日本大震災の被害規模の比較

南海トラフ地震による影響は、広域性ととともに、巨大性、複合性、連動性等の特性を有する。そのため、災害発生直後からの緊急的な支援方策について様々な課題が生じるとともに、災害復興プロセスにおいても多くの問題があると想定される。東日本大震災の災害復興でも多くの複合的な課題が発生し、そのために長期にわたって被災地域に対する支援が必要であるとともに、様々な復興の問題が生じた。

東日本大震災の被害規模と想定される南海トラフ地震による被害規模の比較を表 2-2-1 に示す。南海トラフ地震については、2003 年の東海・東南海・南海地震の想定、及び 2012 年に実施された想定をもとにした 2019 年の被害想定の結果を示している。表 2-2-1 より、南海トラフ地震による両被害想定は、東日本大震災よりも大きくなると想定されることが確認される。

表 2-2-1 東日本大震災の被害規模と南海トラフ地震の被害想定結果の比較

項目	東日本大震災における被害の概要(2022.03.08 現在)	東海・東南海・南海地震被害想定結果 [2003]	南海トラフ巨大地震想定結果 [2019]
発生時期	2011 年 3 月 11 日 14:46	5 時、12 時、18 時	冬・深夜、夏・12 時、冬・18 時
地震の規模	Mw9.0	M8.7	強震動断層モデル Mw9.0 津波断層モデル Mw9.1
死者・行方不明者	死者：19,759 人 行方不明者：2,553 人 (震災関連死：3,789 人) 2022.3.31 現在	9,500～24,700 人	60,000～231,000 人
負傷者	重傷：701 人 軽傷：5,354 人 程度不明：187 人	—	153,000～519,000 人
建物被害	住家全壊：122,006 棟 住家半壊：283,160 棟 非住家（公共建物）：14,527 棟 非住家（その他）：92,892 棟 火災：330 棟	揺れ：308,500 棟 液状化：89,700 棟 津波：43,300 棟 急傾斜地崩壊：27,200 棟 火災：25,500～472,500 棟	揺れ：480,000～1071,000 棟 液状化：102,000～119,000 棟 津波：144,000～185,000 棟 急傾斜地崩壊：4,600～6,600 棟 火災：39,000～2094,000 棟

また、それぞれの地震の震度階及び予測震度階別の面積分布を表 2-2-2 に示す。東北地方太平洋沖地震の震度階の分布については、国土技術政策総合研究所地震防災研究室・地震動分布 ver.3.0(2015)をもとにして算出した。東北地方太平洋沖地震による震度階についてみると、震度 6 強以上は 930km²であるのに対して、2003 年想定 of 東海・東南海・南海地震では約 6,000 km²、2012 年想定 of 南海トラフ巨大地震では 11,000 km²である。2012 年に想定された南海トラフ巨大地震だけでなく、東海・東南海・南海地震（2003）でも東日本大震災を引き起こした東北地方太平洋沖地震（2011）よりも広域に渡って影響すると予測されることが確認される。そのため、より広い範囲で激甚な被害を受けていることを考慮した災害復興の対応方策を事前から検討しておくことが求められる。

表 2-2-2 東日本大震災と南海トラフ地震の被害想定結果の影響規模の比較

震度階	2011 東北地方太平洋沖地震	東海・東南海・南海地震 [2003 想定]	南海トラフ巨大地震 [2012 想定]
5 弱	19,070	37,850	42,590
5 強	19,860	28,870	31,250
6 弱	13,340	17,650	24,350
6 強	930	5,560	10,590
7	0	400	800

2.2.2 災害復興の制約条件

広域に渡る激甚な被害が生じることにより、東日本大震災の災害復興と同様の枠組みで検討する場合、復興に関する歳出の規模についても多くを要することになる。一方で、災害復興過程において、新たな巨大地震、気象災害等による複合災害が生じること懸念される。

また、復興過程において、社会基盤施設、住宅等の建設関連の再建の期間は、被災地域の復興過程と新たな地域の状況を決定する規定要因になる。ここで建設業関連の状況について、建設就業者数及び建設技能者数の推移をみると、図 2-2-1 より、2011 年以前までは漸減傾向にあったことが確認される。2011 年以降は、東日本大震災及び東京オリンピックのための建設需要によって大きくは変化しない傾向にあり、2020 年以降は再び漸減傾向になっていると見受けられる。そのため、再建過程において、建設関連の予算が割り当てられたとしても、人的資源等の減少によって再建が進まない制約があることも推察さ

れる。

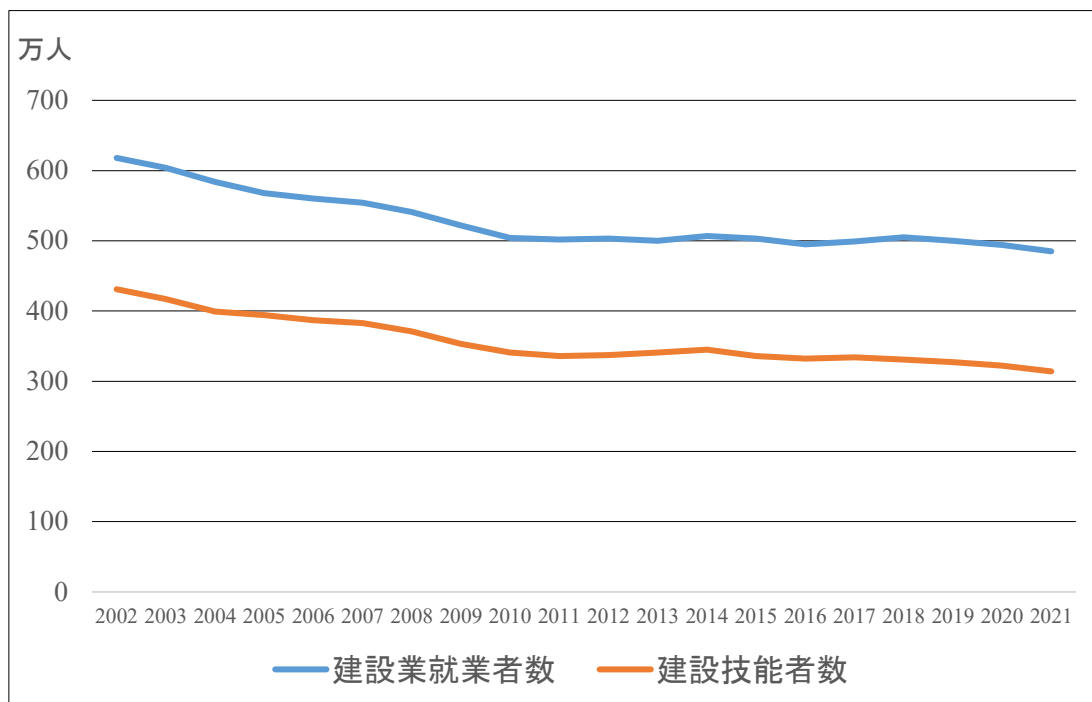


図 2-2-1 建設就業者数及び建設技能者数の推移

(出典) 日本建設業連合会資料をもとに作成：

<https://www.nikkenren.com/publication/handbook/chart6-4/index.html#link02> (2023. 03. 27 閲覧)

2.2.3 災害復興の課題の連鎖の基本的枠組みと対策の必要性

復興予算の問題、及び建設関連事業の問題の制約条件を踏まえ、図 2-2-2 に課題の連鎖に関する基本的な枠組みを示す。

再建の予算規模及び建設関連の資源量の減少による制約は、道路、港湾、宅地、病院等の社会基盤施設の再建の長期化をもたらす可能性がある。そのことによって、産業基盤の再建を引き起こすとともに、住宅再建の遅れを引き起こす可能性がある。住宅再建についても、関連事業者の縮減の影響によって、被災地域内で住宅再建の需要があったとしても、災害発生後、例えば 5 年程度は再建できない世帯は多くでてくる可能性がある。これらの循環によって、被災地域からの人口流出に歯止めがきかない可能性もあり、コミュニティの衰退につながる問題も生じる。

上記の課題に対して、復興予算の問題については、災害発生後に復興予算を検討するだけでなく、事前から南海トラフ地震のための復興予算を積み立てる等の対応も考えられる。建設関連の制約に対しては、社会基盤施設、住宅の再建等の建設関連の効率化とともに、社会基盤施設の再建の選定と優先順位の決定の枠組みを確認しておくことも重要である。

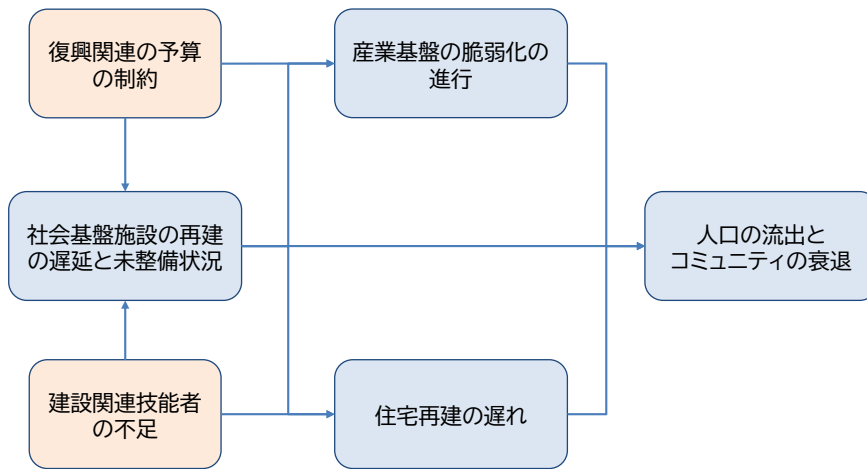


図 2-2-2 課題の連鎖の基本的枠組み

2.3 南海トラフ巨大地震への対応：地域経済とまちづくりの観点から

梶谷義雄

2.3.1 南海トラフ巨大地震復興を見る視点

災害を受けた地域では、被災前に見られた社会経済の衰退トレンドが加速度的に進行することが多い。自然災害に限らず COVID-19 のような感染症のケースでも、日本全体において出生率が減少し、少子化がますます加速している傾向が見られている。南海トラフ巨大地震においてもこのような災害を契機とした加速度的衰退は被災地の至る所で発生するのであろう。人口減少は需要の減退や人手不足を介して地場産業や地域の活力の衰退に繋がっており、結果として税収の減少や社会基盤維持等の問題に直面することは容易に想像される。

このような状況にあって、東日本大震災のように、次の災害に備えて大規模な防災インフラ投資を行いつつ災害復旧や大規模な集団移転等を実施するという、これまでの復興計画をそのまま当てはめることについては議論が必要である。これは決して、被災地域をないがしろにせよ、という意味ではなく、災害発生前の冷静な視点で考えれば、被災する可能性のある全国民が事前に議論すべきリスクコミュニケーション案件であることを意図している。

そもそも復興とは災害後の地域の人口や経済の変動を考慮した被災地域内だけの資本効率性の話だけではなく、被災地以外も含めて誰が資金を負担するのかという公平性の問題が関わってくる。例えば、東日本大震災後に長期間に亘って復興増税が課されているが、多くの国民にとって震災前にはおそらく想像がつかなかった負担と考えられる。東日本と比較して5倍以上の財産被害が予想されている南海トラフ巨大地震に対しても同様の財源措置が取られると想定すると、国民一人一人が復興に関与しているという当事者意識を持ちながら事前に取り決めを行うこと、がより成熟した社会の在り方といえるのではないだろうか。

以上のような議論を可視化していくためには、人口だけでなく、地域資源、地場産業、生産効率性、エネルギー・水・食料の自給、自治体の財政などを考慮した地域経済の持続可能性と、建物構造の置換や居住地域の変化などの減災と社会基盤の適正規模を念頭に置いたまちづくりを調和的に検討していく必要がある。こうした分析を通じて、現状復旧と

防災投資を組み合わせる既往のアプローチが有利と判断されるケースも生じ得るであろうし、最低限の社会基盤を維持しながら関係人口を中心とした地域づくりに移行するような将来像が描けるケースも得られると考えられる。被災状況に応じて、事前復興計画の土台となる地域の将来像のパターンを複数得ておくことが重要と考えられる。

2.3.2 何がワーストシナリオか

内閣官房に設置されたナショナルレジリエンス懇談会では、「起きてはならない最悪の事態」を整理し、令和元年4月10日時点において、35のワーストシナリオが提案されている（内閣官房国土強靱化推進室 2022）。多くは、国家的な緊急事態に対応するものであり、現在の物理的な防災・減災・復旧能力を自然災害の外力や被害状況が大幅に上回るようなケースが想定されているが、経済活動についてもサプライチェーンの寸断や社会インフラの長期的機能麻痺の問題などが挙げられている。

一方、本分科会で対象とする「（事前復興）まちづくり」ならびに地域経済の観点からは、「事業用地の確保、仮設住宅・仮店舗・仮事業所等の整備が進まず復興が大幅に遅れる事態（6-4）」や「国際的風評被害や信用不安、生産力の回復遅れ、大量の失業・倒産等による国家経済等への甚大な被害（6-6）」が関連してくるが、令和4年度の見直しにおいて追加された「自然災害後の地域のより良い復興に向けた事前復興ビジョンや地域合意の欠如等により、復興が大幅に遅れる事態（6-1）」も避けたいシナリオである。筆者にとっての南海トラフ巨大地震の最悪シナリオについても上記のシナリオ群に問題意識は近く、計画やビジョンの不足に起因して発生する「（産業）支援政策や適応の失敗」によって復興が中途半端なものとなることが懸念事項となる。ここで復興が中途半端なものになるとは、将来の地域の人口や経済のシナリオを顧みず、利用があまりなされない（産業支援）項目に予算の手当てがなされる、あるいはその逆に必要なところに予算や人的資源が投入されない、結果として地域が徐々に衰退するような事態を念頭に置いている。また、被災後のビジョンがないということは、事前の減災のためのまちづくりに対しても有効な手段が打てないということの意味している。上記の6-4シナリオも煎じ詰めれば復興計画の未整備に大きく影響を受ける。「適応の失敗」は、産業側の柔軟な思考に依存する。地域産業の中でも災害前から衰退傾向にあるような場合は、旧態依然の経営から脱却して時代の変化に適応していくことが特に求められる（梶谷 2022）。適応のビジョンを持ちながら改革を進めつつある事業者が復興を断念したり、被災地で新たに事業を展開するよ

うな事業者の参入を阻害したり、再雇用に向けた人的投資がないがしろしたりするような状況は、地域経済において避けたい事態といえる。

2.3.3 ワーストシナリオを見据えた対策の方向性

人口や地域資源等と関連する地域経済や自治体財政を考慮しながら、災害後の土地利用の変更や産業振興をはじめとする各種政策の効果を分析した研究はほとんどなされていないと考えられる。まずは、ワーストシナリオを含めた様々なシナリオを地域の実態に応じて可視化していく必要がある。事前復興まちづくりの支援のためにもこうした分析を積み上げながら、前述した関係者間のリスクコミュニケーションに反映させることが有用である。この際、東日本大震災や海外も含めた過去の災害の事例を丁寧に観察し、分析シナリオに反映していくことも求められる。

【参考文献】

内閣官房国土強靱化推進室（2022）：起きてはならない最悪の事態の見直し（素案）、第66回ナショナルレジリエンス懇談会 資料2-1、令和4年7月21日開催
梶谷義雄（2022）：経済復興、第12章 災害をめぐる人間行動と社会的反応、自然災害科学・防災の百科事典、丸善出版、pp.526-527

2.4 「復興しない」「復興できない」「復興してしまう」を選べない復興

澤田雅浩

2.4.1 「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、主語となった取組を積極的に支援し、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、頻りに地域を訪れ、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起きている。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組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てもできなかった（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2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。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。

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。

2.4.2 「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。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 2-4-1）。確かに砂防堰堤の構築によって土砂災害危険区域の指定は外れることになったが、結果として対策を講じることによって、その土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。



写真 2-4-1 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

2.5 ワーストシナリオを見据えた対策の検討方法

近藤民代

2.5.1 何がワーストシナリオか

南海トラフ地震は、その超広域性・超巨大性により、東日本大震災のようなマンパワー、資金が被災地外からつぎ込まれることを前提にできない。それによって、被災自治体が復興まちづくり計画を立案・リードできず、復興まちづくりが進まないことがワーストシナリオである、と当初は考えた。しかし、東日本大震災の復興まちづくりの方法論を踏襲しないことは、目指すべきベストシナリオであると考えようになった。その理由は東日本大震災で踏襲したフルコースの復興メニューは、結構大きな、副次的にネガティブな影響（例えば計画的移転地の多数の空地の発生）をもたらした（Kondo 2021）ためである。

南海トラフ地震を目の前に控え、ますます人口減少高齢社会が進行していく日本では、身の丈にあった復興に抑えなければならない。やるべきことをリストアップするのではなく、東日本大震災でやりすぎたメニューを「どれだけ減らせるか」、「何をしないのか」、「何だけは最低限行う必要があるのか」を追究していく必要がある。その方法論が次に述べるシナリオプランニングである。

2.5.2 ワーストシナリオを見据えた対策の方向性

単独のワーストシナリオを見据えた対策を考えるだけでなく、多様なシナリオに応じた多様な対策を検討する方向性が必要である。シナリオプランニングの要点は未来予測の精度を追究せず（Wade 2012）、不確実な将来を複数用意してそのための戦略を考えておく点にある。従来の計画学が前提としている、望ましい将来に到達するための手段を考えるのではなく、発生したら困る事態（外部環境）を避ける方法を事前に決めておくことが肝要である。

事前復興の第一世代の特徴は「目標・ビジョン先導型の事前復興方策」（Ichiko 2012; Nakabayashi 2008; Kato 2011）である。これが第二世代に移ると「守るべきものを決める」事前復興となっている（Iwaka 2014; Kim 2017）となった。これに続く第三世代とは、シナリオプランニングを用いた事前復興プランニングではないか（Kondo 2022）。長期的な復興過程において、その不確実性は排除できない。問われているのは、変化に対してそ

の都度行う事後調整 (adjustment) ではなく、復興まちづくりそのものの方法論を変える “Transformative Strategies” (Kahane 2012) だろう。対策のリストアップではなく、復興まちづくり方法論を変えること、これが急務だ。今後の分科会ではこの点に絞った議論を進めていく必要があると考えている。

【参考文献】

- Kondo, T. and Lizarralde, G. (2021): 「Maladaptation, fragmentation, and other secondary effects of centralized post-disaster urban planning: The case of the 2011 “cascading” disaster in Japan」, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 58,102219
- Wade, W. (2012) 「Scenario Planning: A Field Guide to the Future」, John Wiley & Sons, Inc.
- T. Ichiko. (2012) : 「Ten Years of Pre-Disaster Community Development for Post-Disaster Recovery in Tokyo」, J. Disaster Res., Vol.7, No.2, pp. 215-226, 2012.
- I. Nakabayashi, S. Aiba, and T. Ichiko (2008):「Pre-Disaster Restoration Measure of Preparedness for Post-Disaster Restoration in Tokyo」, J. Disaster Res., Vol.3. No.6, pp. 407-421
- T. Kato, H. Nakamura, K. Sato, and U. Hiroi (2011) : 「A Study on the Imagination Training for the Situations of Post-Disaster Urban Reconstruction – Pre-Disaster Measurements for Inexperienced Situations of Post-Disaster Recovery in the Districts of Saitama –」, J. of the City Planning Institute of Japan, Vol.46, No.3, pp. 913-918, 2011(in Japanese).
- K. Iwaka, Y. Kozuki, D. Hama, and R. Yamanaka (2014) : 「Problems and Measures for Formulation of Preliminary Reconstruction and Urban Development Plan by Residents in Minami Town, Pref. Tokushima」, J. of Social Safety Science, No.22, pp. 43-50, 2014(in Japanese)
- M. Kim et al. (2017) : 「Challenges in Realizing Sustainable Community Development: Case Study of Pre-Disaster Recovery Planning in Ena, Wakayama Pref.」, J. of Social Safety Science, No.30, pp. 1-11, 2017 (in Japanese).
- Kondo, T., and Takemoto, S. (2022): 「Scenario Planning Approach to Pre-Event Planning for Post-Disaster Recovery: The Case of the Future Mega-Tsunami Striking Kushimoto, Japan」, Journal of Disaster Research, 2022, 17 巻, 4 号, p. 541-545
- Kahane,A. (2012): 「Transformative Scenario Planning: Working Together to Change the Future」, Berrett-Koehler Publishers

2.6 ICTの観点からの課題

廣井 慧

2.6.1 南海トラフ巨大地震復興を見る視点（各自の立場からみた懸念事項）

2011年の東日本大震災から2022年までの11年で情報通信分野では、ICTが重要な社会・経済インフラとして定着するなど大きな変化があった。2011年は携帯電話が一般に普及し、スマートフォンへと移行しつつある時期で、同時にIoTの進展とともに産業はもちろん日常生活にも高機能なセンサが整備され、5Gサービスの提供により、医療、製造業をはじめとするあらゆる分野でクラウドサービス、テレワーク、EC、電子決済など「あらゆる社会経済活動を支えるインフラのインフラ」として定着している（令和4年度版防災白書）。

こうしたICTの推進は、これらの技術を活用した迅速・効率的な情報収集と情報伝達の高度化が期待される一方、南海トラフ地震で想定される規模の災害では、これまでとは様相の異なるICTに関連する社会への影響が懸念される。現代の高度化、複雑化し、変化し続けるICTについて、こうした規模の災害に対して、どのような被害が起きるのか想定がしきれないことが最も大きな懸念ではあるが、少なくとも大規模な投資を重ねた設備を社会資本に戻すことや、こうしたICTに支えられた社会で経済活動を行ってきた人々がインフラを失うことへの影響は大きいと考えられる。

2.6.2 何がワーストシナリオか（具体的な復興時のワーストなシナリオやそれらの結果、たどりワーストなもの）

ICT設備を復興するための費用として、公共に重要な通信インフラについては電気通信事業者によって復旧、復興が進められると考えられるが、無線基地局だけでも全国に約3億台が設置されており、これに付随するサービス設備も相当数がある。相当数の設備被害があった場合、民間企業としては、利益の観点からこれまでに投資されてきた設備の復旧やサービスの継続を断念する可能性もあり、それに伴う影響は経済活動に大きく影響すると考えられる。

近年、行政や民間で推進されるデジタルトランスフォーメーションが進められている。上記のような状況においては、高度なITインフラを前提としたデジタルトランスフォー

メーションに基づく業務推進を維持することができず、デジタルトランスフォーメーションの発展した産業が衰退するシナリオが考えられる。

コミュニティとして、デジタルツールによるコミュニケーションを前提としたコミュニティであり、IT インフラ復旧の投資がなされない地域となってしまった場合、IT に移行したコミュニケーションが移行前の状態に戻すことができずコミュニティの衰退につながる。こうした影響が人口の減少などに伝播し、通信インフラ以外で生じたワーストシナリオを加速してしまう恐れがある。

2.6.3 ワーストシナリオを見据えた対策の方向性（研究や対策の方向性）

現在の発展を踏まえて、南海トラフ地震によってどのような ICT の被害が起きるのか、他のインフラや社会経済にどのような影響を与えうるのか明らかにする必要がある。そのうえで具体的な復興時のワーストシナリオや、そのシナリオに至る過程を検討する。さらにそのシナリオを回避するための、ICT やデジタルトランスフォーメーションへの設計案を提示していくことが必要と考える。

【参考文献】

総務省（2022）：「令和4年度版情報通信白書 情報通信白書刊行から50年 ～ICTとデジタル経済の変遷～」

2.7 南海トラフ巨大地震復興を見る視点

牧 紀男

2.7.1 南海トラフ巨大地震復興を見る視点（各自の立場からみた懸念事項）

2.7.1.1 平成型復興の継続

「近代復興」からつづく「官」が主導して社会基盤の再建に加え、平成の時代の復興において「私」の生活再建支援を目的に住宅再建、さらには生業の再建まで「官」が支援するという仕組みが整備された。住宅・生業の再建は、地域が災害から立ち直る上で不可欠な要素ではあるが、果たして税金で支援する必要があるのか、住宅再建＝生活再建なのかについての議論は残されている。東日本大震災で完成した平成の災害復興支援の仕組みは、令和の災害においても、そのまま継続されており、生業についてはさらに手厚い支援が行われるようになっている。

しかし、南海トラフ地震・首都直下地震といった巨大災害においては、精緻な建物被害認定調査結果にもとづき支援を行うという仕組みが機能するのか、東日本大震災クラスの災害においてでさえ既に破綻している生活再建支援金支払いが可能なのか、さらにグループ補助金は継続可能なのかといった問題がある。国難クラスの災害を視野に、現状の仕組みの実施可能性について検証する必要がある。

2.7.1.2 復興の評価軸が定まらない―生業が戻らない・人口が減少する

災害による被災は、人々の移動を促進される。東日本大震災の復興においても、災害前から減少基調であった地域ではさらに人口減少が進むこととなった。特に若い世代が流出すると、子供の数も減り、将来の地域の持続性に大きな影響を与える。一方、若い世代が地域に残るためには生業があることが不可欠であり、生業⇔人口という関係から復興について考えていく必要がある。生業がなく地域が消滅するということが懸念されるが、それを「良し」とすることの検討の余地もあり、どういった復興を目指すのかということについて合意をしておく必要がある。

2.7.1.3 人手が足りない

東日本大震災の復興においても土木・建築工事について入札不調が頻発する、さらにはRC造での建築物はつくるのが難しいといった、復興事業を進める上での問題が発生している。また復興業務を発注する行政側の人員については日本全国から応援により職員の

確保が行われた。現在よりもさらに人口減少が進み建設工事が少なくなり、さらに役所の人員の確保も進むなか、どのようにして復興事業を行うのかについて十分な検討を行っておく必要があり、さらにその仕組みを平常業務にも適用していくことが必要である。

2.7.2 何がワーストシナリオか（具体的な復興時のワーストなシナリオやそれらの結果、たどりワーストなもの）

2.7.2.1 復興するお金がない・復興の評価軸がない：首都直下と連動する

平成の時代の手厚い復興の仕組みを想定した場合、インフラの直接被害の復旧に被害額の1.6倍程度（阪神・淡路大震災の復興予算）、さらに生活再建支援金の支払いが首都直下地震の事例で1兆3,200億円¹⁾、グループ補助金の支払い額が東日本大震災で5,104億円²⁾、熊本地震では1,432億円となっており、大変、多額の予算が「私」の財産の再建支援もふくめて使われるようになってきている。南海トラフ地震には、安政の事例のように首都圏での地震と同時期に発生する場合もある。現在の復興のように「元に戻すこと」を目標とするのか、どこまでの支援を実施するのかということについての「論理」を明確にしないと、どのような復興支援を行うのかということが決定できない事態が発生する。

2.7.2.2 工事が発注・実施できない

日本の建設業の就業者数は1997年（685万人）をピークとして減少が続いており、2022年はピーク時比69.9%の479万人³⁾となっている。今後も減少していくことが予想され、大きな被害が発生した場合の復興工事の実施が国内の企業では困難になると考えられ、さらに発注についても行政職員が不足しており、復興事業の実施自体が難しい状況が発生し、復興に長い時間が必要となる、できないという状況も懸念される。

2.7.2.3 大阪・名古屋といった大都会の被害、情報システムのダウン（電力・システム）

大阪・名古屋はこれまで何回も南海トラフ地震の揺れ・津波を経験してきている。前回の昭和南海地震以降、都市の姿は大きく変容し、沿岸部には工場、都市部には高層ビルが立ち並ぶようになり、一方、従前の木造密集市街地が残っている。さらに阪神・淡路大震災以降、情報システムが発達し、インターネット、携帯端末が様々な業務を行う上で不可欠なシステムとなっている。情報化された都市を南海トラフ地震を襲うのは、初めてのことであり、これまで想定されていないような被害・影響が発生することが想定され、未経験に被害に適切に対応できるかが課題となる。

2.7.3 ワーストシナリオを見据えた対策の方向性（研究や対策の方向性）

2.7.3.1 工事発注：民に任せる仕組みの検討

建設業の縮小を見据えて実施可能な工事量の推計を行うとともに、国内の建設業では対応できない工事に対する対処の方法、さらには行政の発注を民間が担う CM のような方策の検討、ならびに検討した手法の通常時の運用についての検討を行う。

2.7.3.2 首都直下と連動：大判ぶるまいしない

どういった状態の復興を良しとするのか、ということについてのビジョンの構築・共有を行うとともに、民、海外の力もうまく組み込んだ「官」が推進するのではなく、「官」とともに行う復興のあり方、新たな生活再建支援の姿の検討を行う。

2.7.3.3 大都市の被害シナリオ、いままで想定されていない被害を考える

電力提供が止まるということが、大都市に与える影響・被害、大都市での津波被害といったこれまで想定されていない被害の様相を明らかにする。

【参考文献】

- 1) 内閣府（防災）：「被災者生活支援制度とは？制度の概要：
https://www.bousai.go.jp/kaigirep/kentokai/saikenshien/pdf/kentou5/siryu3_2.pdf,」
2023年5月1日閲覧
- 2) 東北経済産業局：「中期政策に基づく震災からの産業復興の現状と今後の取り組み」、
2022年3月11日
- 3) 日本建設業連合会：「<https://www.nikkenren.com/publication/handbook/chart6-4/index.html>」、2023年5月11日閲覧

2.8 地方の住民・地域・行政から見たワーストシナリオ

井若和久

2.8.1 南海トラフ巨大地震復興を見る視点（各自の立場からみた懸念事項）

わが国では、南海トラフ沿いの大規模地震（M8～M9 級）は、今後 30 年以内に発生する確率が 70～80%と高く、同程度の発生確率の首都直下地震と同様に国難級の被害が発生することが想定されるため、これら「自然災害リスク」への取組が不可欠である。また、南海トラフ巨大地震の復興がなされているであろう 50 年後には、わが国の総人口は現在の 7 割に減少し、65 歳以上人口はおよそ 4 割を占めると推計されており、地方で既に進行している人口減少・少子高齢化・過疎化といった「社会リスク」への取組も並行して取り組まなければならない。「自然災害リスク」と「社会リスク」の両方を解決する取組として「事前復興まちづくり」があると考えているが、その取組は全国的にはまだ緒についたばかりであり、また、東日本大震災をはじめとした過去の復興まちづくりを単にトレースするだけでなく、縮小する社会を前提に、価値観の転換や科学技術の活用等により、成熟した社会を目指す取組にしていく必要がある。

2.8.2 何がワーストシナリオか

何がワーストシナリオかは、誰が・いつ・どこで・どの視点・価値観から見るか等によって内容は異なるため、ここでは地方の今後 30 年から、①住民、②地域、③行政の視点で考えてみたい。

①住民の視点で考えると、被災者の復興感（幸福感）が上がらないことがある。被災者の復興感を高めるためには、1995 年阪神・淡路大震災では、生活再建 7 要素（すまい・人と人とのつながり・まち・ところとからだ・そなえ・くらしむき・行政とのかかわり）が重要であること、2011 年東日本大震災では、生活復興・産業復興・社会復興・基盤復興の 4 次元復興が重要であることが明らかにされているが、南海トラフ巨大地震の被害想定結果や復興に要する期間・予算の試算結果を見ると、地方で被災者の復興感を上げるための要素を全て確保するのは困難な可能性がある。

②地域の視点で考えると、地域が復興できず消滅し、次世代に継承できないことがある。被災で壊滅的な被害を受けた周辺地域では、避難生活のために住民が散逸、地域の若者は

ど流出し、高齢者ばかりが残る。そのうえ、頼みの行政もマンパワー等に余裕がなく、市町村の中心部の地域だけしか十分な行政支援が得られないことが重なり、復興への資源不足に陥って、地域固有の幸せな暮らしが失われる可能性がある。

③行政の視点で考えると、小規模市町村では復興できる力がなく、周辺の中・大規模市町村に合併・吸収されることも考えられる。2011年東日本大震災で被災した東北沿岸地域の小規模市町村では、被災者は復興過程において、平成の大合併で合併した市町村内での周辺部から中心部、小規模市町村から周辺の大規模市町村へ移動する傾向が確認されている。行政職員のマンパワー不足や復興予算については、外部からの支援が少しは期待できるかもしれないが、中長期的には財政破綻になる可能性がある。

2.8.3 ワーストシナリオを見据えた対策の方向性

南海トラフ巨大地震のその被害の甚大性や広域性等から、バッドシナリオへの対策だけでも十分にできていない中で、ワーストシナリオを見据えた対策の方向性を示すことは困難を極めるが、その手がかりを考えてみたい。

①被災者の復興感（幸福感）が上がらないことについては、わが国では東日本大震災の被災者支援から始まった、被災者一人ひとりに寄り添った生活再建支援を行う災害ケースマネジメントの量・質を上げることで、被災者の復興感（幸福感）を誰一人取り残すことなく一定基準保障することができる可能性がある。ただし、多くの被災者の復興感（幸福感）を上げるためには、それに加えて、前述の生活再建7要素や4次元復興を揃えていく、あるいは、被災者の復興感（幸福感）そのものの価値観を変換していくことも必要であると考えられる。

②地域が復興できず消滅し、次世代に継承できないことについては、特に、災害前の平時から人口減少・少子高齢化・過疎化等の課題が深刻化している地域においては、今から如何に身の丈にあった事前復興まちづくりを進めていけるかにかかっている。しかし、そうした地域内では、深刻な資源不足に陥っていることが多いため、官民連携による伴奏型支援の仕組みづくりが必要であると考えられる。

③小規模市町村では復興できる力がなく、周辺の中・大規模市町村に合併・吸収されることについては、②と同じく自治体規模での事前復興まちづくりの取組に加えて、受援力向上や国レベルでの復興・財政制度の改革が必要である。ただし、行政の存在目的が住民の福祉の増進である限りにおいて、存続への見極めが重要であると考えられる。

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

—停電分科会—

研究調査中間報告書

2023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 恵昭	(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構副理事長兼 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	国土舘大学防災・救急救助総合研究所 准教授
橋富 彰吾	名古屋大学減災連携研究センター 研究員
寅屋敷 哲也	人と防災未来センター 主任研究員

【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】

藪下 隆史	(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
外寄 良一	同 研究調査部研究調査課長
井上 恭子	同 研究調査部研究調査課 課長補佐
岩田 麻央	同 研究調査部研究調査課 研究調査推進員

目次

1. 全体概要	1 p
2. 研究報告	3 p
2.1 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を踏まえた論点整理と停電による企業への影響に関する先行研究整理（寅屋敷）	3 p
2.2 発送電を支える設備・インフラの脆弱性についての検討（橋富）	7 p
2.3 災害における「相転移」のモデル化に向けた予備的考察及び未知の被災シナリオとしての災害関連死における季節性リスクの評価（中林）	14 p
2.4 長期停電に伴う被災社会の相転移（奥村）	20 p
2.5 サプライチェーンシミュレーションの精緻化（井上）	23 p
2.6 韓国の国土計画と電力供給の分散化からみた減災・防災の試み（朴）	26 p
2.7 防災に資する対策の提言（河田）	30 p
3. 成果の発表	32 p
3.1 論文発表	32 p
3.2 学会発表等	32 p

1. 全体概要

防災・減災・縮災対策はその効果が社会に浸透するまでに 10 年以上の歳月を要するものが多く、次の南海トラフ地震に向けて、私たちに残された時間は決して長くないとの認識を持つ必要がある。現時点において、我々が行動すべきことは何か、それを明確にし、優先順位の高いものから即座に実行に移す必要がある。

優先すべき事項を明らかにするためには、災害に「相転移」の概念を導入すれば良い(図 1-1)。例えば、災害関連死による死者数は停電日数に比例して多くなるわけではない。真夏や真冬の厳しい季節の災害では、停電日数が数時間の場合と数週間の場合における災害関連死の発生メカニズムがまったく異なるものになると想像される。そのメカニズムの違いを明らかにすること(各相の特徴の違いを明らかにすること)、どこにその境界があるのかを明らかにすることで、被害が劇的に拡大する相に転移しない方策や相転移した場合の方策を検討することが可能になる。

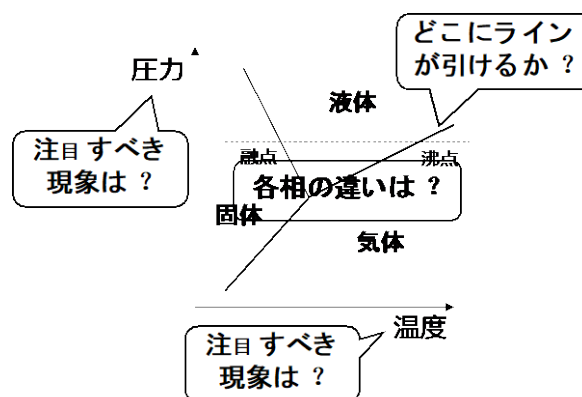


図 1-1 災害における「相転移」に着目するとは？

本分科会の目的は、第 1 に、南海トラフ地震の人的被害や社会・経済被害の相転移をもたらす要因を停電の観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停電期間、停電場所、停電の発生形態などを検討する。第 2 に、相転移を発生させない方策や相転移が発生した場合の被害軽減策を提案することである。水の相転移を例に考えると、圧力を高くすることで沸点が高くなり、温度上昇による相転移が起きにくくなるように、EV 車の普及や非常用自家発電設備の普及など、災害の相転移が起きにくくする方策を検討する。そのための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る長期停電等を対象とした次の 5 点 (A~E)

を目的として研究を進めている。A. 気候変動・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、B. アフターコロナの電力需要の変化を踏まえた需要者の停電対応力の評価、C. 長期停電等による人的被害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拡大シナリオの検討と「相転移」の抽出、E. 長期停電等による被害拡大の「相転移」を回避する対策の提案である。本研究では、従来災害による被害とされていた電力供給サイドの停電・電力不足を素因ではなく被害を拡大させる誘因として捉え、電力需要サイドを素因として研究を進めている。



図 1-2 研究の枠組みと役割分担

本中間報告書では、図 1-2 中の A を寅屋敷・橋富が、C を奥村・中林が、D を井上が、E を河田が、それぞれ報告する。また、災害における「相転移」のモデル化を中林が、韓国における国土計画と電力供給の分散化からみた減災・防災の試みについて朴が、それぞれ報告する。

なお、本研究は JSPS 科研費 (基盤 B) 22H01752 「相転移を回避するための南海トラフ地震による長期停電の新たな防災対策」 (代表：河田恵昭) の助成を受けた。

2. 研究報告

2.1 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を踏まえた論点整理と停電による企業への影響に関する先行研究整理

寅屋敷哲也

要約 本研究では、2022年3月16日23時46分に発生した令和4年福島県沖を震源とする地震（以降、「福島県沖地震」とする）により、東北・東京エリアの発電所の停止に伴う電力需給逼迫状況のデータを可視化し、また、首都直下地震の発生を想定した電力需給逼迫状況を推定し、今後発生し得る大規模災害に伴う電力需給逼迫の影響の軽減に向けた論点整理を行った。また、今後実施予定の計画停電による企業への影響の調査の参考とするために、停電による企業への影響に関する先行研究の整理を行った。

2.1.1 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を踏まえた論点整理

(1) 方法および分析結果

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）」のデータ^{注1)}を使用し、停止区分として設定されている「計画外停止」「計画停止」「出力低下」に分別し、東北・東京エリア別に地震が発生した3月16日23時30分～24時00分の間の認可出力量を算出した。その結果と前年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2-1-1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。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。

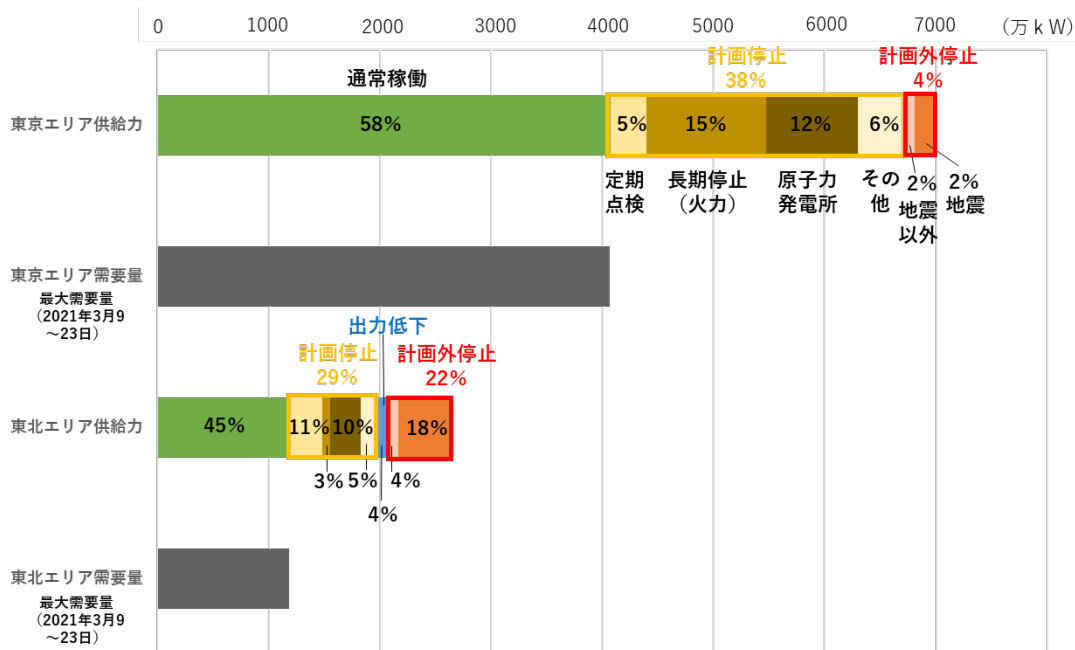


図 2-1-1 令和 4 年福島県沖を震源とする地震における東北・東京エリアにおける停止区分別の発電所の認可出力量（3 月 16 日 23:30～17 日 0:00）と最大電力需要（2021 年 3 月 9 日～16 日）との比較

（2）首都直下地震による電力需給逼迫状況の推定

今回の福島県沖地震により、特に東京エリアでは電力需給の逼迫の影響が生じたが、同エリアでは今後首都直下地震の発生が懸念されており、福島県沖地震以上の電力需給問題が発生すると考えられる。そこで、先述と同様の手法を用いて、首都直下地震（都心南部直下地震）が発生したと想定した場合にどの程度の供給力が喪失するかを算出した。図 2-1-2 に示すように、地震による影響で 37% の電力供給力が喪失する。計画停止と計画外停止を合わせると、稼働できない発電所は約 8 割にのぼる。想定される最大需要量約 4000 万 kW に対して、供給力が約 1500 万 kW となり、相当の電力が不足する事態に陥る。このような状況となった場合、停止発電所の緊急稼働や外部エリアからの電力の融通等といった供給力確保に加え、電力需要の使用制限や計画停電といった需要量の抑制の対策が講じられると考えられる。東日本大震災の後の電力需給逼迫よりも、厳しい状況が想定されるため、社会の混乱は非常に大きなものとなると推察できる。

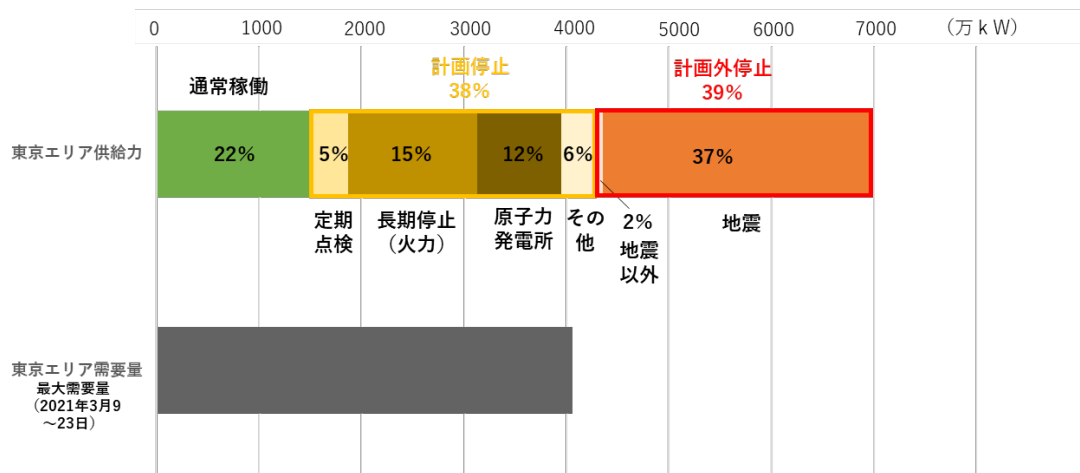


図 2-1-2 首都直下地震（都心南部直下地震）が発生した場合の停止区分別の発電所の認可出力量（推定）と最大電力需要（2021年3月9日～16日）との比較

（3）論点整理

今回は首都直下地震を対象として電力需給問題を検討したが、今後発生し得る南海トラフ地震のような大規模地震においても、各電力供給エリアで同等かそれ以上の電力需給問題が発生する可能性がある。大規模地震発生後における電力需給問題の論点を整理した。

1 点目は、直接被害を受けた家屋・事業所等の被災地内での活動継続および被災地の復旧活動に係る電力需要が発生するので、大規模災害後に被災地の電力が不足する事態がこれらの問題に対して死活的になり得る問題である。2 点目は、地震により発電所が被災した場合、エリア内の電力供給力が不足するが、地震による被害が小さいエリアにも影響が生じる問題である。すなわち、被害が比較的小さいエリアでの社会活動が抑制され、特に経済活動には大きな電力を使用していることから影響が大きいことが予測される。3 点目は、再生可能エネルギーの発電所増加や送電網の増強のような今後の電力システムの動向による地震後の電力需給逼迫に対する影響に関する問題である。以上のような論点を留意しつつ、今後の大規模災害後の電力需給問題を軽減する対策を事前に講じていく必要があるといえる。

2.1.2 停電による企業への影響に関する先行研究整理

今後発生が懸念される南海トラフ地震等においては、地震による電力供給力の低下によって電力需給問題が発生すると想定される。電力不足による影響のうち、経済活動への影

響に着目する。これまでの停電による企業への影響に関する先行研究を整理し大別すると、停電を金額（コスト）で評価する方法と影響の割合で評価する方法がある。停電を金額で評価する研究は、海外の研究も豊富で評価手法自体も確立されている。一方、停電による影響の割合評価の研究は、担当者の主観的評価であり、影響を正しく評価できているか不確実な点が懸念される。また、停電による企業への影響は1日以内の停電に対する評価が大半であり、長期的な停電の影響評価の研究あるいは電力不足による計画停電が発生した場合の影響の評価の研究はほとんどみられない。先行研究の手法を踏まえて、今後本研究で実施予定の計画停電による企業への影響調査の手法の検討を行う予定である。

【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 2022年4月11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)

2.2 送電を支える設備・インフラの脆弱性についての検討

橋富彰吾

要約 60Hz～50Hz 間融通を担う送電鉄塔の位置情報を作成し、富士山溶岩流可能性マップ等と突合し、これらの送電線が被災するシナリオがあることを確認した。そして、現在進められているこれら周波数変換施設の増強計画が、ハザードの内容によっては効果が無いことが明らかになった。また、2022年5月に愛知県豊田市で発生した明治用水頭首工の大規模漏水の発生時期を別の時期に発生させるとどうなるのか、季節によって変動する需要と漏水事故によって発生した発電能力低下のバランスについて検討した。その結果、2021年8月1日から2022年7月末日までの1年間において、2021年は8月9月12月に、2022年は1月2月と6月7月に、中部電力管内において碧南火力発電所が出力制限された場合の最大供給力を当日最大実績が上回る日が発生したことが明らかになった。

2.2.1 はじめに

わが国では電力導入の歴史的経緯から、北海道電力、東北電力、東京電力が50Hz、中部電力、北陸電力以西の電力会社が60Hzと異なる周波数で送電がなされている。この異なる周波数の送電網を直接接続すると、機器の故障などが発生する。そのため、この異なる周波数間で電力を融通するには周波数を変換する必要がある。この周波数変換を担う周波数変換所・設備（FC）がわが国には4か所あり、原発2基分に相当する合計210万kWの融通が可能となっている（表2-2-1）。東清水変電所（中部電力PG）は、中部電力275kV送電線（本検討の対象外）と東京電力富士川線が接続している。佐久間周波数変換所（電源開発送変電）は、佐久間西幹線（本検討の対象外）と佐久間東幹線が接続している。新信濃変電所（東京電力PG）は、東京電力PGの安曇幹線（500kV）と中部電力PGの新信濃分岐線（275kV）が接続している。また、飛騨信濃周波数変換設備は新信濃変電所と飛騨開閉所（中部電力PG）を結ぶ直流送電線である。周波数を変換する際に、必ず交流から直流に一旦変換するので、直流の送電線を建設している。このFCに接続する送電線について立地状況を確認するため、橋富ら（2021）と同様の方法で、275kV佐久間東幹線（電源開発送変電）、154kV富士川線（東京電力PG）、500kV安曇幹線（東京電力PG）の送電鉄塔の位置情報を収集した。その結果、275kV佐久間東幹線と154kV富士川線が富

土山のごく近傍に立地しており、溶岩流の影響を受けそうな位置に立地していた。

表 2-2-1 我が国の周波数変換設備 (FC) 一覧

周波数変換設備	容量	管轄	所在
東清水変電所	30万kW	中部電力PG	静岡県静岡市清水区
佐久間周波数変換所	30万kW	電源開発送変電	静岡県浜松市天竜区
新信濃変電所	60万kW	東京電力PG	長野県東筑摩郡朝日村
飛騨信濃周波数変換設備	90万kW	東京電力PG・中部電力PG	長野県東筑摩郡朝日村～岐阜県高山市

(出典) 各電力会社 HP をもとに筆者作成

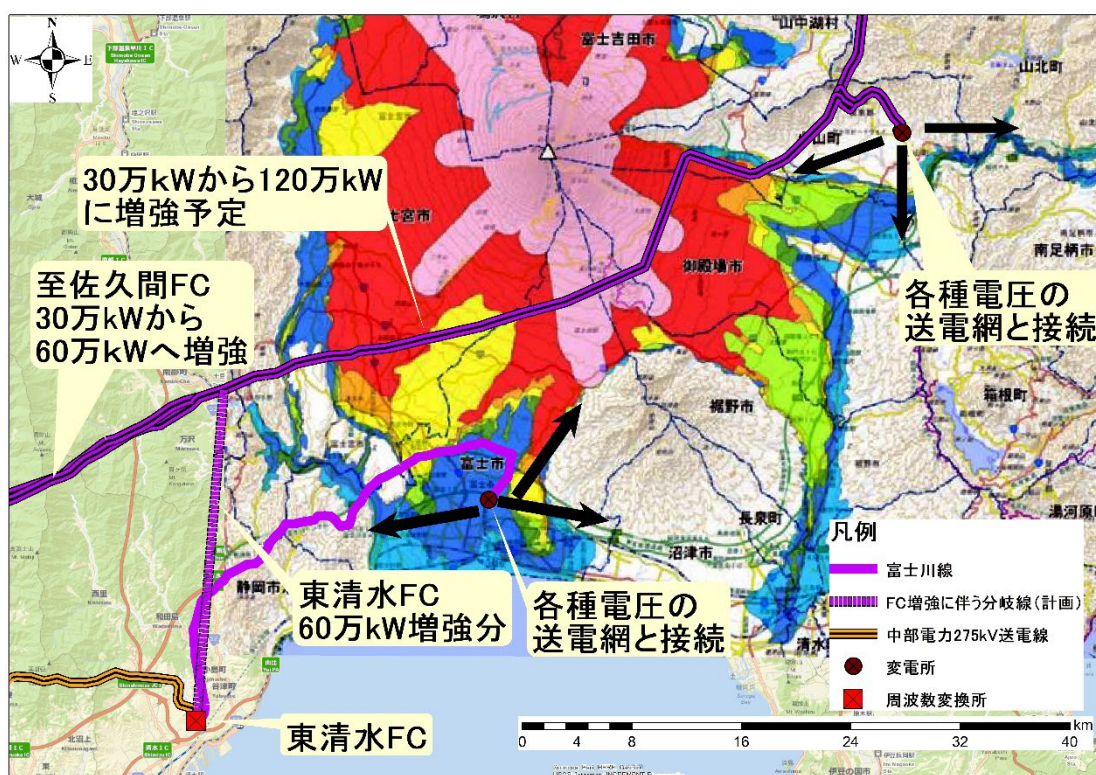
南海トラフでは100～150年間隔でM8クラスの巨大地震が発生していることが知られている。このうち、平成23年東北地方太平洋沖地震以前のわが国で史上最大とされている1707年に発生した宝永地震(M8.6)は、関東から九州までの広範囲で強い揺れと巨大な津波が来襲している。この宝永地震の49日後、富士山が大噴火し、大量の火山灰が広範囲に降り注いだ。この降灰は、江戸でも観察されている。また、富士山の噴火自体は歴史上、他にも発生しており、平安時代の864年に発生した貞観噴火では大規模な溶岩流が発生した。このとき、剱の海は埋まり、残った部分が現在の西湖と精進湖である。またその時の溶岩流の上に形成されたのが青木ヶ原樹海である。

また、Nishimura (2017) は、Mw7.5以上の地震が発生した後、震源から200km圏内にある火山が5年間は噴火する確率が地震以前に比べ50%上昇していることを、スミソニアン協会のグローバルデータを解析し明らかにしている。このような事例や研究成果もことから、南海トラフ巨大地震後に富士山の噴火が発生した場合の影響を検討しておくことは必要であると考えられた。そのため、まず、富士山噴火単体での影響について検討することとした。

2.2.2 60Hz-50Hz 間融通を担う送電線の立地と富士山の大規模溶岩量噴出

収集方法はGoogle MAPの航空写真から送電鉄塔の座標データを収集するもので、橋富ら(2021)と同様の方法である。この方法を用いて、FCに接続している送電線の位置を特定したところ、富士山近傍に、東清水変電所と佐久間周波数変換所の2か所のFCに係る送電線が立地していることが明らかになった。また、先述の通り、富士山は南海トラフ沿いの巨大地震後に発生した事例がある。そのため、富士山ハザードマップと突合し

たものが図 2-2-1 である。このハザードマップとの突合により、大規模な溶岩流が発生すると、佐久間 FC に接続している佐久間東幹線と東清水 FC に接続している富士川線が破壊され、現在の設備構成で、最大 60 万 kW 分の融通が不能になる恐れがあることが明らかになった。特に、佐久間東幹線はその経路が過去に火口が発生し、将来的にも火口が発生し得る場所を通っている。また、火砕サージの到達可能性範囲内でもある。そのため、噴火の様相次第では、被災後長期的にわたって復旧が困難となり、迂回経路の建設などが必要となる恐れがある。



山頂	△
噴火する可能性のある範囲	△
溶岩流が2時間で到達する可能性のある範囲	■
溶岩流が3時間で到達する可能性のある範囲	■
溶岩流が6時間で到達する可能性のある範囲	■
溶岩流が12時間で到達する可能性のある範囲	■
溶岩流が24時間で到達する可能性のある範囲	■
溶岩流が7日で到達する可能性のある範囲	■
溶岩流が最終的に到達する可能性のある範囲	■

図 2-2-1 富士山溶岩流可能性マップと FC 接続送電鉄塔の分布

(出典) 富士山火山防災対策協議会溶岩流可能性マップに筆者加筆

現在、FCの増強が進められている。既に、飛騨信濃周波数変換設備（90万kW）が運転開始している。これに続いて、佐久間FCの近傍に新たに30万kWの周波数変換所の建設と東清水変電所の周波数変換設備60万kW分の増強工事が進められている。富士山の大規模な溶岩流によって破壊される恐れがあるとされた送電線は、FCの増強にも関連している。

表 2-2-2 FC設備容量の推移と富士山噴火による大規模溶岩流被災後の推定稼働容量

年次	FC設備容量(A) A=B+C+D	系統別FC容量		
		佐久間東幹線(B)	富士川線(C)	安曇幹線(D)
2011年	100万kW	30万kW	10万kW	60万kW
2013年	120万kW	30万kW	30万kW	60万kW
2021年	210万kW	30万kW	30万kW	150万kW
2027年度末 (計画値)	300万kW	120万kW	30万kW	150万kW
年次	富士山噴火後FC 推定稼働容量(E) E=F+G+H	富士山噴火後FC推定稼働容量		
		佐久間東幹線(F)	富士川線(G)	安曇幹線(H)
2011年	60-70万kW	0万kW	0-10万kW	60kW
2013年	60-90万kW	0万kW	0-30万kW	60kW
2021年	150-180万kW	0万kW	0-30万kW	150kW
2027年度末 (計画値)	150-180万kW	0万kW	0-30万kW	150kW

(出典) 筆者作成

増強分の90万kW分は、佐久間東幹線を介して、東京電力管内から送電される。そのため、佐久間東幹線が被災し切断されると、この90万kW分は利用できなくなる。そのため、将来、FCの容量が300万kW体制になった場合でも、最大150万kW分が利用できなくなる恐れがあることが明らかになった(表2-2-2)。

2.2.2 明治用水頭首工の大規模漏水 ―水と電力供給の関係について―

愛知県豊田市の矢作川にある明治用水頭首工で2022年5月14日に大規模な漏水が発生した(図2-2-2)。この漏水事故により、トヨタ自動車などの工場がある西三河地域に供給する工業用水と農業用水が断水した。工業用水の断水は翌日には解消したが、とはいえ

平常時の 30%の供給からのスタートであった。そのため、各社では井戸水の利用や上水の利用がなされるなどした。この工業用水は、株式会社 JERA が運営する碧南火力発電所（410 万 kW）にも供給されていたが、供給が制限されたことから一時的に 85 万 kW まで出力を低下させていた（図 2-2-3）。南海トラフ地震が発生すると、様々なインフラやライフラインが破壊または機能を停止することが想定される。これらのインフラやライフラインは相互依存の関係にあることが知られている。今回の明治用水頭首工での大規模漏水による工業用水の断水とそれによる碧南火力発電所の出力低下は、まさにこの関係を明示するものであった。一方で、電力の需給バランスに比較的余裕のある 5 月の発生であったことから、大規模な停電や節電要請はなかった。



図 2-2-2 漏水中の明治用水頭首工

(出典) 筆者撮影

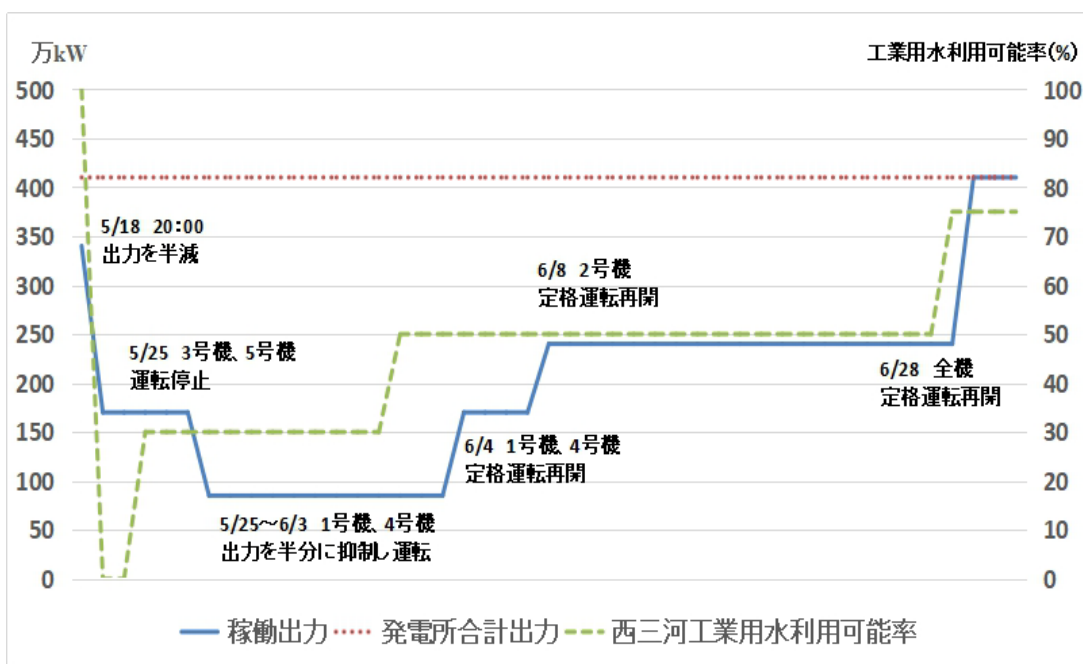


図 2-2-3 碧南火力発電所の出力と工業用水利用制限の推移

(出典) 株式会社 JERA および東海農政局 HP、愛知県 HP をもとに筆者作成

今回、この事故の発生時期が別の季節に発生した場合にどのような影響が起りえたの

か検討を試みた。具体的には、2021年8月1日～2022年7月31日の期間において、碧南火力発電所が出力制限した場合の中部電力管内の火力発電所と水力発電所の発電能力合計値と各日の最大実績値（需要）を比較した。その結果、2021年は8月に3日、2022年は1月に1日、7月に2日、碧南火力が出力制限された場合の最大供給力（図 2-2-4 中の黄色のライン）を当日最大実績が上回る日が発生したことが明らかになった（図 2-2-4）。今回の大規模漏水による断水では、工業用水を利用している工場は、井戸水や貯水タンクの水を利用して影響を最小化するように努めていた。偶然、発電に余裕のある季節に発生したため、大事に至らなかったが、電力需給が逼迫するような季節に発生していた場合、工業用水を利用する西三河地域の大規模工場は、断水と電力利用制限のダブルパンチを受けていた恐れがある。

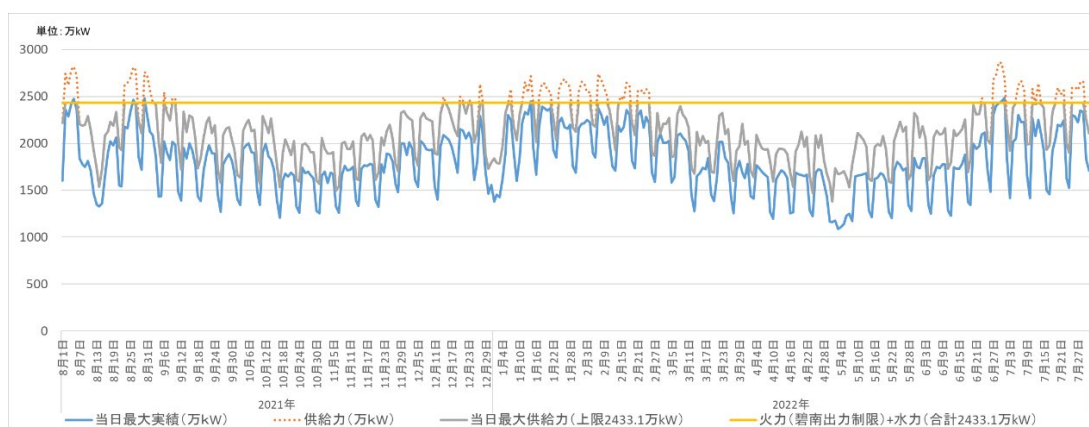


図 2-2-4 (2021年8月1日～2022年7月31日) 中部電力管内電力需給の推移

注：破線部は、碧南火力発電所が出力制限した場合の発電能力を供給力が上回った日

(出典) 中部電力 HP 電力使用状況データをもとに筆者作成

今後の課題として、今回の検討ではベース電源である火力や水力しか対象となっておらず、近年有力なさらに、太陽光発電などの発電量も検討対象に加え、停電のリスクについて検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) Takeshi Nishimura, 2017, Triggering of volcanic eruptions by large earthquakes, Geophys. Res. Lett., 44, doi:10.1002/2017GL074579.

- 2) 橋富彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・奥村与志弘・河田恵昭（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」, 第 40 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集 pp. 44-52.
- 3) 橋富彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・井上寛康・奥村与志弘・河田恵昭（2022）：「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 pp. 75-80.
- 4) 橋富彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・井上寛康・奥村与志弘・都築充雄・河田恵昭（2023）：「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.

2.3 災害における「相転移」のモデル化に向けた予備的考察及び未知の被災シナリオとしての災害関連死における季節性リスクの評価

中林啓修

要約 本研究部会の前身である共同研究「南海トラフ地震に備える政策研究」の「多様な災害シナリオ」研究部会（シナリオ部会）では、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、災害の規模の「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。本稿では、相転移を災害の実証研究に適用可能にするためのモデル化に向けた予備的考察として、相転移を成立させる形、相互作用そして運動という3つの要素を提示した。これらを用いて相転移のモデル化を進める一環として、巨大災害に伴う長期停電の影響の分析に3つの要素のうち、運動と相互作用との関係性を、令和元年台風15号における千葉県の停電状況と県内各消防本部の熱中症搬送件数との関係性として分析し、一定の関係性を示唆する結果を得た。

2.3.1 災害における「相転移」のモデル化に向けた予備的考察

本研究部会の前身である共同研究「南海トラフ地震に備える政策研究」の「多様な災害シナリオ」研究部会（シナリオ部会）では、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、災害の規模の「質的な変化点」を示すことができるような（量的な内容を含んだ）事項の洗い出しを試みてきた。この過程で、上記の「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。

このアプローチの要となるのは、分析枠組みとして十分な操作性を持たせた「相転移」概念のモデル化である。そのような形で「相転移」をモデル化することなしに、被害を劇的に拡大させるような具体的現象やメカニズムを社会システムの中から発見（解釈）する

ことは不可能だからである。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の一例から、災害研究への応用可能性を考えてみた。土屋荘次らは、相転移を「分子の形、分子間 相互作用、分子 運動 の三つの微妙な 協奏 効果によって起こる」と論じている^注り。ここでは、形、相互作用、運動そしてそれらの協奏という 4 つのキーワードが与えられている。

これを本研究のメインテーマである、巨大災害における長期・大規模な停電に当てはめてみると、図 2-3-1 のように考えることができる。

すなわち、「停電期間・規模の変化」という外環境の変化（温度の変化）によって、「形」（事業所や個人の活動様式）、「運動」（事業所や個人のパフォーマンス）、そして、「相互作用」（事業所間・個人間の交流）という要素間の相互作用が変化し、その結果、経済被害・人的被害が質的に変化する「相転移」が発生するということである。

そうだとすれば、観察やデータ収集と分析を通じて具体的に描き出した長期停電の様相（停電期間・規模）と、具体的な事象における「形」、「運動」および「相互作用」に与える影響やこれら要素間の相互作用に与える影響を明らかにすることで、被害が質的に変化する「相転移」を具体的に分析することができるはずである。

その手がかりとして、次に、令和元年房総半島台風（令和元年台風 15 号）を題材に、停電の様相（時間的变化）と相転移の三要素との関係性の分析を試みる。ここでの目標は停電の様相が相転移を構成する要素に影響を与えることを確認することであり、三要素を総合した指標として、熱中症による搬送件数を用いる。以下で詳述するように、令和元年房総半島台風では、それまでに千葉県が経験していなかった多数の熱中症搬送者数を記録した。熱中症は、個人の体調（パフォーマンス）とその個人の活動によるところが大きいですが、災害と停電により、その個人が置かれた環境（他者との関係性）に生じた変化が個人の体調や活動に影響すると考えられる。例えば、医療介護サービスの停止が個人の体調に影響する、被災により周囲の支援が得にくくなっている環境で不慣れな活動（例えば物資の運搬や家屋復旧）をしなければならない、などである。熱中症搬送者数はこれら三要素の相互作用によって、個人の体調が悪化した結果であり、停電の様相と熱中症搬送者数との関係性を明らかにすることで、相転移を含む可能性がある被災シナリオを検討することができると考えられる。

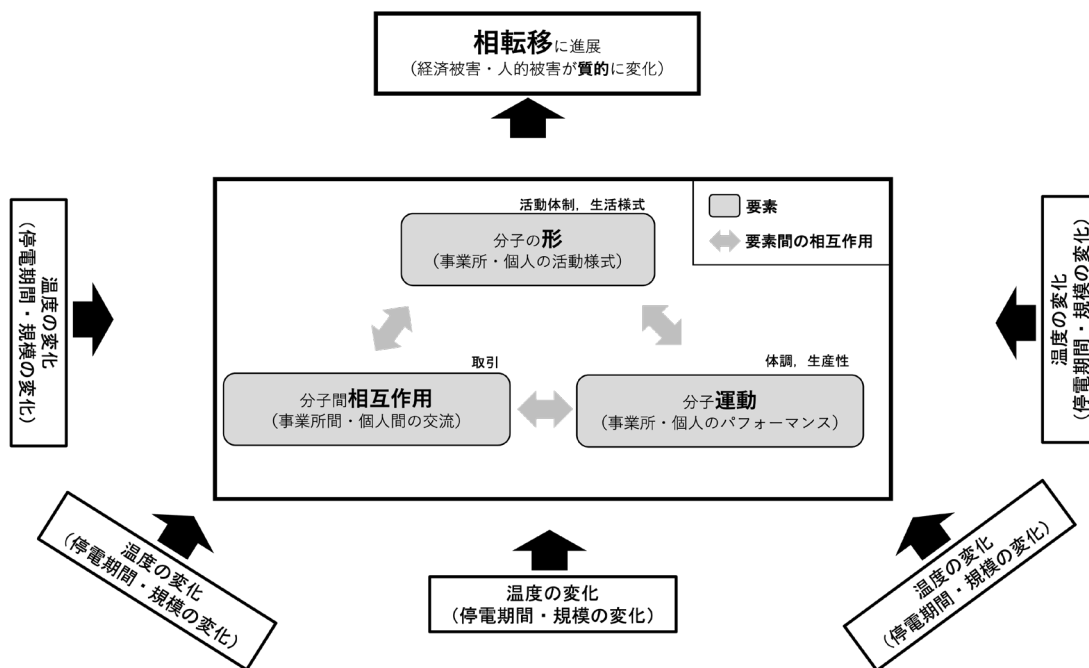


図 2-3-1 相転移の緒要素（括弧内は社会経済被害・人的被害の場合の解釈）

（出典）執筆者作成

2.3.2 相転移を含む可能性がある被災シナリオの検討:令和元年房総半島台風を題材に

（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。この台風によって、最大の被害が発生したのは台風が通過した千葉県であった。被害の中心は建物被害（全半壊 4200 棟以上）と大規模な停電であった。特に停電については、9月9日から最大で9月24日ごろまで継続している。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2)}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。

（2）長期停電による季節性リスクの可能性の検討

このように、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（表

2-3-1 参照)。

表 2-3-1 令和元年房総半島台風における千葉県内災害関連死者の内訳

(令和 3 年 1 月 21 日時点)

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ポンペ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。

(出典) 千葉県「令和元年台風 15 号(第 130 報)について」をもとに執筆者作成

この点を明らかにするために、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 2-3-2 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 万人当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 2-3-3 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 万人当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 万人当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を比較し、カイ 2 乗検定（平均値： $\chi^2(3)=17.542$ ， $p<.01$ 中央値： $\chi^2(3)=17.506$ ， $p<.01$ ）を行ったものを表 2-3-2 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 2-3-2 千葉県市区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「千葉県市区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」

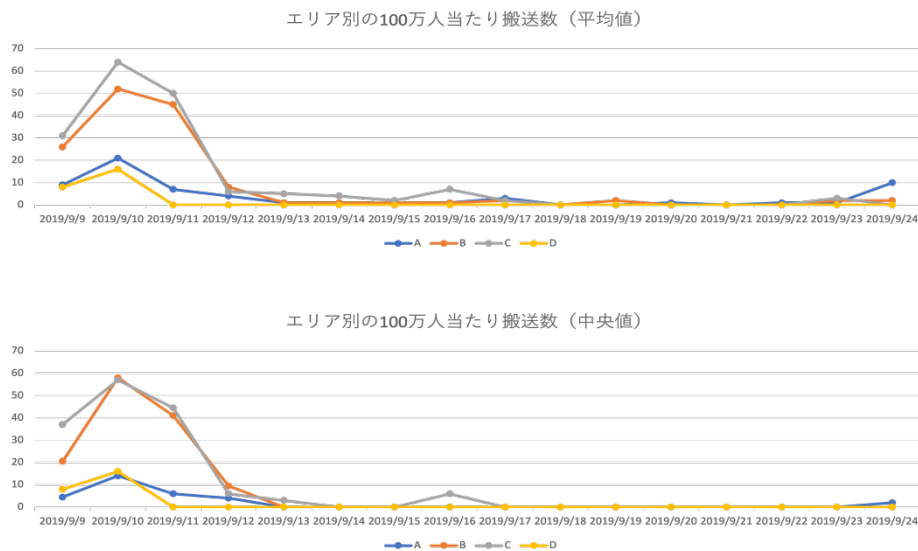


図 2-3-3 エリア別の熱中症搬送件数の平均値および中央値の推移

(令和元年 9 月 9 日～24 日)

(出典) 各種資料をもとに執筆者作成

表 2-3-2 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	中央値	R1 停電最大	H25 最大
A	21	9	A	14	5
B	52	13	B	58	13
C	64 (+)	10 (-)	C	57 (+)	9 (-)
D	16 (-)	16 (+)	D	16 (-)	16 (+)

(出典) 各種資料をもとに執筆者作成

2.3.3 まとめ

本稿では、相転移のモデル化に向けた予備的考察として、相転移を成立させる形、相互作用そして運動という三要素と、相転移を促す外部環境の変化との関係をモデル化して提示した。これらを用いて相転移のモデル化を進める一環として、巨大災害に伴う長期停電の影響を、停電期間と熱中症搬送者数とを指標とした分析を行った。具体的には、令和元年台風 15 号における千葉県の停電状況と県内各消防本部の熱中症搬送件数との関係性を分析した。その結果、外部環境の変化と三要素の間には一定の関係性が認められる可能性が示唆された。ただし、今回の結果では、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、変化の方向性（停電時間の長短）と三要素との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よう。今回例示した事例を含め、モデルとその構成要素に対する実証的な分析を通じて、相転移のモデル化を進め、それによって、巨大災害における未知の被災シナリオの解明に繋げていきたい。

【注釈】

注 1) 土屋荘次、平川暁子『物質の科学・反応と物性』、第 8 章「相転移」、放送大学教材、1999 年。(https://info.ouj.ac.jp/~hamada/TextLib/rm/chap8/Text/Cr990801.html 最終確認：2023 年 3 月 1 日)

注 2) 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://chiba.secure.force.com/services/apexrest/commonsfile/?fileid=00P0o00002LY58PEAT&key

=vzcW4AjnXmnDs7VqtxVHas6kjJxEQnsP2TxrmyJ 最終確認：2023年3月1日)

注 3) 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：2023年3月1日)

【参考文献】

- 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。
- 2) 土屋荘次、平川暁子『物質の科学・反応と物性』、第8章「相転移」、放送大学教材、1999年。
- 3) 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。

2.4 長期停電に伴う被災社会の相転移

奥村与志弘

要約 停電の継続期間と関連死発生率を用いて、個々の巨大災害が長期停電によって相転移が発生したと言える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、呼吸器系疾患による関連死が、避難生活の長期化に伴う関連死発生率を増大させ、被災社会を質的に大きく変化させる要因であることを明らかにした。

2.4.1 「通常停電」相と「長期停電」相の境界を規定する要素に関する検討

災害関連死の発生率（避難者1万人あたりの関連死者数）は最大避難者数が増えるほど指数関数的に増加することが分かっている（関連死被害関数）。停電が長期化すると（例えば、1ヶ月以上）、在宅避難者や避難所生活者を取り巻く環境は厳しさを増す。そのため、この場合の関連死被害関数は、数週間程度の停電が生じる通常の巨大災害に対する関連死被害関数とは異なる形状になると考えられる。

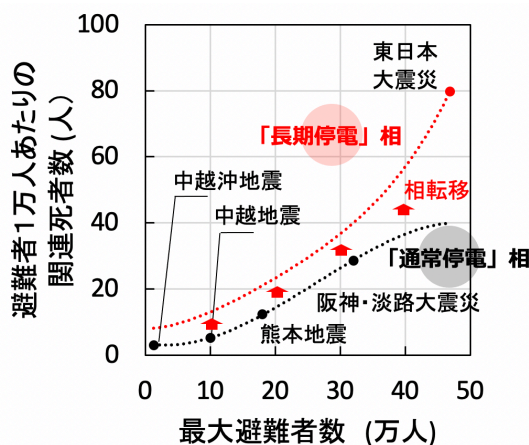


図 2-4-1 長期停電に伴う相転移のイメージ。同じ最大避難者数の災害でも、長期停電の有無で関連死の死亡率に大きな差が生じる。

図 2-4-1 はそれを模式的に示したものである。東日本大震災は、最大避難者数が 10 万人以上になった阪神・淡路大震災以降の 4 つの災害のうち、唯一停電が 1 ヶ月以上継続した災害であり、通常の巨大災害に対する関連死被害関数上にプロットされないと考えた。このようにモデル化すると、停電の継続期間と関連死発生率の両データを用いて、個々の巨大災害が長期停電によって相転移が発生したと言えるかどうかを判定できる。

2.4.2 「長期停電」相という被災社会の特徴と被害軽減策の検討

図 2-4-2 は死亡原因の種別に関連死の発生時期を整理したものである。この図から循環

器系疾患と呼吸器系疾患は死亡数の発生時期にピークがあることが分かる。これらの死亡原因による関連死は、1週間以上、1ヶ月以上継続する避難生活の中で急激に増加している。したがって、これらは関連死発生率を大幅に上昇させ、被災社会を質的に大きく変化させている特徴であると言える可能性がある。図2-4-3は介護のタイプで関連死発生プロ

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 2-4-2 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)

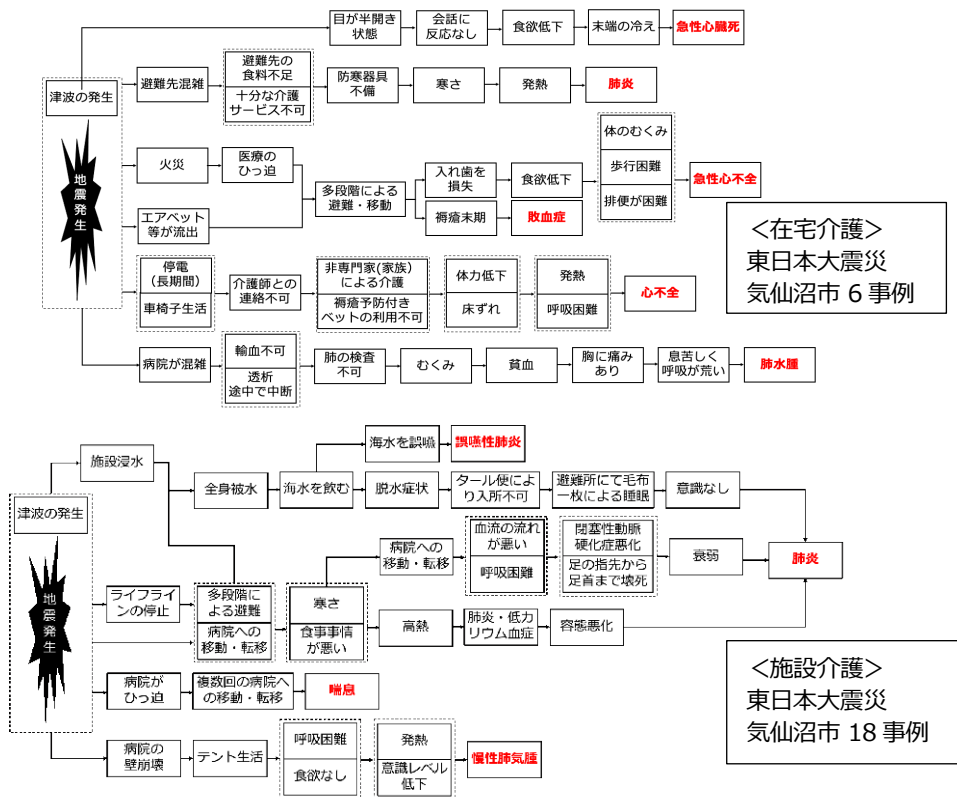


図 2-4-3 関連死発生プロセス

セスに違いがあることが分かる。すなわち、在宅介護は介護サービスの低下が関連死に影響している可能性があり、停電の影響も見られる。他方、施設介護ではその特徴は見られない。

謝辞 2.4.2 における検討は、著者の指導の下で山崎健司氏、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。

2.5 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 2011 年の東日本大震災（GEJE）によって引き起こされたサプライチェーンの混乱に起因する経済的損失を再現する際、これまでのモデルと異なり、事業所レベルでのサプライチェーンモデルを利用した。以前の研究を次の 4 つの点で改善した。1. 以前のモデルよりも多くのパラメータが含まれるが、それは企業全体ではなく産業で分けられている。2. 東日本大震災とその後の津波に関する事業所レベルの国勢調査と調査データ、および地理情報システム（GIS）データを使用して、被災地の生産設備の被害をより正確に把握した。3. 事業所レベルでネットワーク全体を記述することはできないが、事業所レベルのデータを使用することで、被災地の非本社事業所と他の地域の事業所間のサプライチェーンを表すことができる。このモデルの精緻化により、東日本大震災後の経済的振る舞いを再現するための能力が大幅に改善されることが確認された。

2.5.1 推計の過程

従来シミュレーションに用いたデータは、各企業の本社以外の事業所における所在地の情報が含まれていない。このことは被災地域に事業所があっても、それが本社でなければ含まれず、推計に歪みが生じてしまう。そこで、総務省と経済産業省が収集した政府統計である 2016 年経済センサス活動調査(以下、センサス)の全セクタの全 5,880,504 事業所を統合した(Inoue 2022 et al.)。そのうえでパラメータの推定をやり直したものが図 2-5-1 である。本社住所のみのモデルでは再現できなかった最初の 3 か月程度の落ち込みの部分が、事業所住所を含むモデルでは改善していることがわかる。推計の仮定は図 2-5-2 にある。

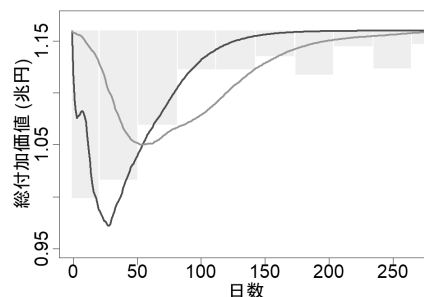


図 2-5-1 東日本大震災の被害を再現するためのシミュレーションの調整。矩形のエリア

は鉱工業指数（生産）から推計した GDP の落ち込み。これを再現するようにパラメータを推計したものがより深い落ち込みの線であり、企業の事業所情報を用いている。より緩やかな落ち込みの線は企業の本社住所のみを用いた推計結果である。

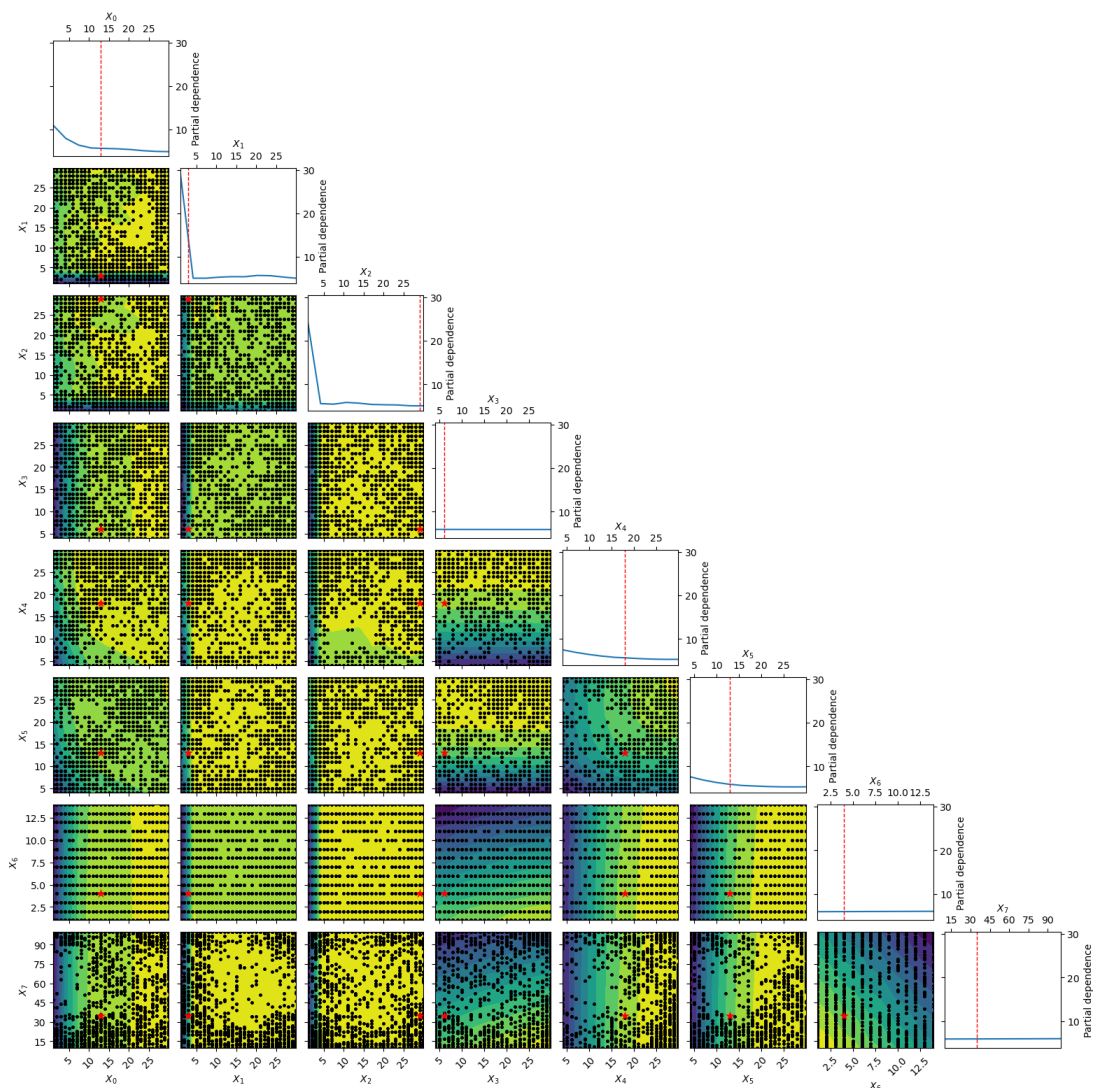


図 2-5-2 モデルの最適化プロセス。x0 から x6 までの変数は、一次・二次・サービス産業の回復率（%）および在庫、停電日数、停電による操業低下率（%）。対角上のグラフは推定誤差である。このグラフで他の変数は平均化されている。対角下のパネルは、等高線グラフとサンプルプロットである。黒い点はサンプルである。等高線の色はエラーを示し、黄色がより小さいエラーである。この等高線は、他の変数を平均化することにより、2 変数による推定に基づく。赤い星は、最良の誤差を持つサンプルである。

【参考文献】

- 1) Inoue, Hiroyasu, et al. "Establishment-level simulation of supply chain disruption: The case of the Great East Japan Earthquake." RIETI Discussion Paper Series, 22-E-059, 2022.

2.6 韓国の国土計画と電力供給の分散化からみた減災・防災の試み

朴 延

要約 今後発生が想定される大規模災害（南海トラフ地震など）に備え、電力の安定供給と安心安全なまちづくりを進めるため、韓国における首都圏一極集中の是正を目指す国土計画（公共機関移転など）の取り組みと電力供給の分散化の事例を通して、ここでは、南海トラフ地震に備える際、参考になる電力供給の在り方を考察した。

2.6.1 研究の視座

韓国は、日本と同じく政治・経済機能が首都圏に集中し、安全保障面や国土の均衡ある発展を目指すため、首都圏にある国の公共機関や国営企業の半数（約 150 機関）を地方に分散する受け皿として人口 2～5 万人規模の革新都市を 10 か所に建設した。電力関係では、韓国電力公社本社と関連会社がソウルから全羅南道羅州市に建設された「光州・全羅共同革新都市」に移転した。また、首都圏での電力需要を各地域に分散化させ、供給面では再生可能なエネルギーの導入を加速させ、各圏域に電力需給をマッチさせる電力供給の分散化に取り組んでいる。韓国は大規模災害がほとんどなく、電力供給は韓国電力公社一社の体制で、日本とは異なる社会状況であるが、南海トラフ地震による巨大災害のリスクを軽減し早期の復旧・復興を図る観点で韓国の取り組みは示唆を与えると考えている。既往研究¹⁾では、東日本大震災の教訓を生かして、国土強靱化の考え方から東京一極集中を脱皮し、防災・減災を図るという意味で類似しているが、首都機能移転を実現し、国土均衡発展と電力分散において首都圏と地方の役割分担を試みている韓国の事例を参考にしたい。

2.6.2 韓国の国土計画と電力供給の分散化からみる示唆点

韓国は、2010 年以降、首都圏が国土 12%の面積に 50%以上の人口と国内 GDP を占めており、韓国の 100 大企業の 9 割以上が密集している。政府は、首都圏一極集中を是正するため、国土計画の一環として、2005 年 3 月には「新行政首都フォローアップ対策のための燕岐・公州地域における行政中心複合都市建設に関する特別法」を制定し、ソウルの国の中央行政機関を世宗市に移転するなど、国土の均衡発展を積極的に進めている。また、2007 年 1 月「公共機関地方移転における革新都市建設及び支援に関する特別法」を制定し、国

の公共機関や国営企業の地方移転を促進することとし、国内 10 か所に革新都市を建設した。このうち、光州広域市と県レベルの全羅南道では共同で革新都市を建設し、韓国電力公社などを共同で誘致した。韓国電力公社は「Energy Valley Master Plan (2015-2020)」を作成し、4つの産業団地にエネルギー関連の 561 社誘致し、約 12,000 人の雇用を達成した。加えて、韓国エネルギー工科大学も 2022 年 3 月に開校し、エネルギー関連の人材育成・確保の成果をあげている。韓国は、地震や津波による大規模災害はほとんどないが、停戦状態の北朝鮮に面しているという安全保障面でのリスク軽減と同時に国土の均衡ある発展を目指す施策は日本にとっても参考になると判断する。

電力供給についても、電力消費量が多い事業所が首都圏に集中していることから電力供給の地方分散を進めている。産業通商資源部（日本の経産省に相当）は、「第 10 次電力需給基本計画（2022-2036）」に基づき 2036 年まで、再生エネルギーの導入を加速するバックアップ設備構成のため約 4.5 兆円投資計画を発表した^{注1)}。これらの計画を制度的に支援するため、「分散エネルギー活性化特別法案（以下、分散エネルギー法案）」について 2021 年 7 月国会で具体的な議論が行われた。分散エネルギー法案の提案理由として、長距離送電方式による中央集中式の電力供給から脱皮し、新たな再生エネルギーを基盤に電力需要地の近くで電源立地を進める分散エネルギーの普及拡大を目指していることが記載されている。韓国の発電所の分布の実態は図 2-6-1 に示している。首都圏であるソ



図 2-6-1 2019 年広域市・道（県）別の電力需給及び電力自立度

（出典）韓国電力公社「第 89 号韓国電力統計」に加筆

ウル特別市・仁川広域市・京畿道の電力自立度は、それぞれ 3.9%・60.1%・247.3%であり、電力需要に対して約 60,000GWh の電力が不足している。このため、電力自立度の高い、忠南・慶北・江原などの地域から送電している状況である。送・配電に伴う電力損失や莫大なインフラ構築・維持管理費用の問題があるため、首都圏近くでの新再生エネルギー発電を通して、電力分散型のカーボンニュートラルが進められている。韓国統計庁の 2022 年の電源発電量の現況（割合）によると、石炭（35.6%）、原子力（29.0%）、LNG（26.4%）、新再生（6.6%）、その他（2.4%）の順であり（2020 年基準）、環境問題の解決のため、石炭発電を縮小しており、LNG に転換を試みている。また、韓国電力公社の報告書²⁾によると電気自動車拡大に連携し、V2G（Vehicle to Grid）の技術を通して、2034 年までに 485 万台を目標とし、電気自動車の貯蔵電力を予備電力として活用することを模索している（2020 年 10 月基準、電気自動車は約 35 万台登録、※日本は約 2 万台）。

2.6.3 まとめと今後の課題

国土計画の一環としての首都圏一極集中の是正は、韓国にとって政権は代わっても解決すべき長年の課題であった。韓国における公共機関の移転や電力需給の地方分散政策は、国難と懸念される南海トラフ地震に対する防災・減災の参考になる部分がある。集中は経済効率を高めるが、戦争という有事や自然災害の発生を考えれば大きなリスク要因となりかねない。日本においても東京一極集中の是正が問題となっているが、地方分権は防災・減災対策としても有効な対策となり得ると判断する。

さらに、韓国の主要な政府企業（韓国電力公社など）の地方移転を通じた高度な人材の移住と、韓国エネルギー工科大学の新設（2022 年 3 月）から高度な人材の育成による地域活性化の事例は、日本にとってもタイムリーな課題であり、示唆すべき点があると考えている。今後は日本の公共機関の移転について考察することを目標にしたい。

【注釈】

注 1) 「第 10 次電力需給基本計画（2022～2036）」に、再生エネルギーのバックアップ設備に関連する予算と事業が初めて含まれた。

【参考文献】

- 1) 大西隆（2021）：「国土強靱化政策とその脆弱性」、月刊誌「都市問題」国土強靱化政策のいま, 第 112 巻第 8 号, p. 38-47, 公益財団法人後藤・安田記念東京都市研究所

- 2) 韓国産業通商資源部（2020）：「第9次電力需給基本計画（2020～2034）」
- 3) 韓国産業通商資源部（2023）：「第10次電力需給基本計画（2022～2036）」
- 4) 韓国政府（2019）：「第5次国土総合計画（2020－2040）」

2.7 防災に資する対策の提言

河田恵昭

要約 長期停電が『災害の相転移』をもたらし、人的および社会経済被害が未曾有になるという仮説を提案した。相転移とならないためには、文明的対策と文化的対策が必要であることを確かめるために、まず、それぞれの対策の特徴を整理した。その結果、わが国の防災対策は近年、前者中心に実施されてきたことを明らかにした。この防災対策の文化・文明論の視点からの仮説の妥当性は、新型コロナウイルス感染症のパンデミックにおける感染率、死亡率に関する国内外の資料解析から明らかにできた。例えば、都道府県単位での感染率、死亡率に関して、山梨県は前者が37位および後者が38位で感染症対策が相対的に成功したと指摘できた。その原因となった理由のうち、文明的対策と文化的対策の割合が同じとなり、災害や感染症では従来のような科学を基礎とした文明的対策のみならず日常習慣のような文化的対策も必要なことが明らかになった。

2.7.1 文明的対策と文化的対策の特徴

文明的対策は、科学的対策と考えるもよく、公助として実施されるという特徴を有し、『しなければならない』『そうなるべきだ』というような価値観で実施される。つまり、最善の解として実施されるものである。たとえば、水害対策であれば堤防を嵩上げするか治水ダムを築造するとかである。一方、文化的対策の特徴は、日常の生活習慣と考えられるものであって、『した方がよい』『そうなる方がよい』というような価値観で行われる。つまり、最善の努力として実施されるものである。たとえば、水害対策であれば、住宅の床上浸水で大きな被害とならないために、大切なものは2階に置いておくとか、避難指示が発表されれば、近隣の避難行動要支援者と一緒に避難するとかである。地球温暖化に伴う洪水災害は、従来の破堤氾濫から越流氾濫に移行するという特徴を有しており、これに対応するためには、文明的対策だけでは不十分であり、文化的対策すなわち流域治水も併用しなければならないが、その減災効果は決して科学的に評価できるものではないことを承知しておく必要がある。

2.7.2 新型コロナ感染症対策における実証

標記の感染症に関する危機管理に関しては、すでに世界の国民一人当たりのGDPの上位50カ国中、人口当たりの感染率、死亡率はもっとも小さいことを明らかにした。これはわが国の文明的対策と文化的対策の効果によるものである。これを実証できる資料が2022年12月に公表された。山梨県は一般財団法人読売調査研究機構に委託して、感染症対策の検証を実施した。同県は、47都道府県中、感染者数と感染率、死亡者数と死亡率はそれぞれ44位と38位、44位と37位だった。このように、感染症拡大に対して比較的良好に対応できた理由は、表2-7-1に示すように10項目指摘されている。そこで、それぞれの対策の特徴を文化的対策と文明的対策に分けて評価すると表1のようになった。これからわかることは、両者の割合が等しいことから、山梨県は文化的対策と文明的対策を同等に適用した結果、相対的に感染症対策を効果的に進めることができた結論される。

表 2-7-1 山梨県で採用された感染症対策とそれらの区分

	検証における提言内容	区分
1	感染症対策センターの機能強化	文化・文明
2	感染症対応で「広範な即戦力」の人材育成	文明
3	県と市町村は「重層的な協力関係」の構築	文化・文明
4	国と県は意思疎通と人事交流を緊密に	文化
5	コロナ後遺症の診療。相談体制の拡充	文明
6	初期救急医療の体質改善が急務	文化・文明
7	開業医の発熱外来開設を後押し	文明
8	グリーン・ゾーン認証のブランド力維持	文化
9	若年層のワクチン接種を促進しよう	文化・文明
10	コロナ対策の県民対話集会などの開催	文化

【参考文献】

- 1) 河田恵昭 (2022) : 「相転移」した感染症拡大と2つの効果的対策、NIRA 総合研究開発機構 <https://nira.or.jp/paper/my-vision/2022/covid-19-2.html#sec027>

3. 成果の発表

3.1 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
山崎健司・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
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

3.2 学会発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
寅屋敷哲也・河田恵昭	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―	第50回地域安全学会研究発表会(春季) B-4 愛媛大学城北キャンパス共通講義棟A(愛媛県・松山市)	2022.05.20
橋富彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・井上寛康・奥村与志弘・河田恵昭	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3-4(オンライン)	2022.08.08
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II-4-6立命館大学草津キャンパス(滋賀県・草津市)	2022.09.18
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II-4-7立命館大学草津キャンパス(滋賀県・草津市)	2022.09.18
橋富彰吾・寅屋敷哲也・中林啓修・井上寛康・奥村与志弘・都築充雄・河田恵昭	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17-5東京大学生産技術研究所(東京都・目黒区)	2023.01.27

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

—首都直下初動対応分科会—

研究調査中間報告書

2023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	国土舘大学防災・救急救助総合研究所 准教授（※首都直下初動対応分科会リーダー）
加藤 健	防衛大学校 准教授
高岡 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	国土舘大学防災・救急救助総合研究所 助教

【研究員】

吐合 大祐	(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
平石 知久	同 研究員

【事務局】

藪下 隆史	(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
外寄 良一	同 研究調査部研究調査課長
井上 恭子	同 研究調査部研究調査課 課長補佐
岩田 麻央	同 研究調査部研究調査課 研究調査推進員

目次

1. 全体概要	1
2. 研究報告	
2.1 東京都 23 区内における避難場所の地理的特性と住民避難からみた避難場所の課題について（加藤 健）	3
2.2 首都直下型地震に伴う火災発生時に東京都区部で想定される消火活動上の課題の検討（都 城治）	8
2.3 ライフライン被害が引き起こす医療機関・福祉施設等への影響から、利用者や地域住民への被害と対応を考える。（高岡 誠子）	12
2.4 首都直下地震における自衛隊の初動対応に関する研究（中林 啓修）	15
3. 研究会の開催状況	19

1. 全体概要

本研究では、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。令和 4 年に発表された東京都による首都直下地震の被害想定では、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。これは、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。加えて、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であろう。

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。

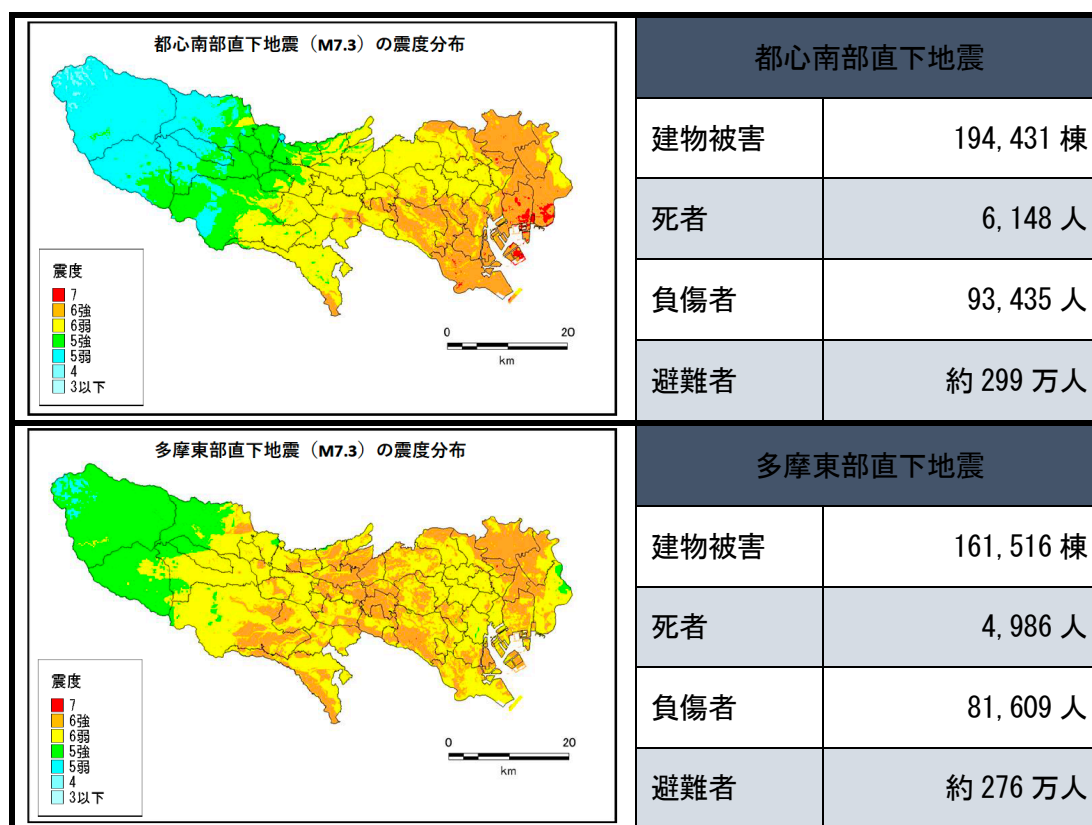


図 1.1 首都直下地震の被害想定例（都心南部直下地震及び多摩東部直下地震）

この目的に従い、令和4年度は、8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。

2. 研究報告

2.1 東京都 23 区内における避難場所の地理的特性と住民避難からみた避難場所の課題について

加藤 健

2.1.1 研究目的

本稿は、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の課題を洗い出すことである。

問題点を抽出する際の具体的な方法は、東京都が 2022 年（令和 4 年）5 月 25 日に改訂・公表した「首都直下地震による東京の被害想定」（以下、「報告書」）を精査したのち、さまざまな角度から批判的な検討・考察を加え、報告書では想定されていない未知の課題や未知のシナリオを抽出するという手順である。

2.1.2 今年度の研究内容

本稿では、報告書の記載内容を二つの次元から整理する。一つは人と集団の分析レベルである。具体的には、①個人レベル（被災者/帰宅困難者）・②集団レベル（避難所/一時滞在施設）・③組織レベル（行政機関）である。もう一つは、ライフラインとインフラである。具体的には、①ライフライン（電気、上水道、下水道）・②インフラ（通信、道路・地盤）である。これら二つの次元を組み合わせたものが表 2.1.1 である。

表 2.1.1 「首都直下地震による東京の被害想定」において検討されていない課題

	ライフライン			インフラ	
	電気	上水道	下水道	通信	道路・地盤
	停電	断水	断水	基地局の停波	通行不能・渋滞
	<ul style="list-style-type: none"> ・照明停止 ・空調停止 ・エレベーター停止 ・信号機の滅灯 	<ul style="list-style-type: none"> ・飲料水不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・トイレの利用制限 	<ul style="list-style-type: none"> ・輻輳でつながりにくい状況 ・メールやSNSの遅延 ・携帯基地局電源の枯渇 	<ul style="list-style-type: none"> ・落橋/電柱倒壊/延焼火災/液状化/トンネルの天井落下/道路寸断/放置車両/陥没/道路啓開で生じた障害物/信号機の滅灯
被災者/帰宅困難者 (個人レベル)	<ul style="list-style-type: none"> ・熱中症や脱水症状のリスク(夏場) ・風邪をひくリスク(冬場) 	<ul style="list-style-type: none"> ・応急給水拠点に長蛇の列→熱中症のリスク 	<ul style="list-style-type: none"> ・高架水槽を設置している住宅では、水道が供給されても停電下では下水道が使用不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・家族の安否確認に支障 ・バッテリー切れ ・公衆電話に長蛇の列 	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋の亀裂や倒壊や火災 ・避難者や帰宅困難者が路上に溢れ出す
避難所/一時滞在施設 (集団レベル)	<ul style="list-style-type: none"> ・発電機の燃料が枯渇した場合、テレビやスマートフォンによる情報収集や、照明、空調等の利用が困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・避難所外避難者や帰宅困難者が避難所や一時滞在施設へ飲料水を取りに来る→飲料水が早期に枯渇するリスク 	<ul style="list-style-type: none"> ・悪臭や衛生環境の悪化→集団感染(インフルエンザ・ノロウイルス)のリスク(冬場) 		<ul style="list-style-type: none"> ・避難所の亀裂や倒壊や火災 ・道路寸断による孤立 ・道路寸断によるボランティア供給のばらつき ・道路や鉄道の復旧が長期化する地域では、一時滞在施設での滞在期間が長期化
行政機関 (組織レベル)	<ul style="list-style-type: none"> ・発電機の燃料が枯渇した場合、業務の継続が困難 ・職員の熱中症や脱水症状のリスク(夏場) 	<ul style="list-style-type: none"> ・給水車による給水活動は限定的 	<ul style="list-style-type: none"> ・ごみやし尿処理の遅れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・避難所の把握に支障 ・必要な物資の把握に支障 ・被害状況の確認が困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・庁舎の亀裂や倒壊や火災 ・参集に時間 ・被害状況の確認が困難 ・救出活動が困難 ・消火活動が困難 ・医療搬送が困難 ・物資輸送が困難 ・緊急車両の移動が困難

表 2.1.1 より、集団レベル（避難所/一時滞在施設）のインフラ面において、報告書では、十分な被害想定がなされていないことが分かる。具体的には、通信の輻輳・途絶による避難所や一時滞在施設内での混乱である。例えば、一時滞在施設に身を寄せる帰宅困難者であれば、情報途絶により、交通機関の運行再開情報等を一時滞在施設の管理運営者に求めるであろう。その結果、こうした帰宅困難者の対応に追われ、一時滞在施設の管理運営者の本来業務は滞ってしまうことも想定される。

続いて本稿では、東京都が指定する避難場所までの避難距離は最大 3km に設定されているものの果たしてすべての住民は避難可能であるのか？という観点から、東京都が公開しているデータを用いた地理的分析も行った。使用したデータは、東京都総務局が公表している①東京都防災マップ（避難所一覧データ・避難場所一覧データ）、②都立一時滞在施設一覧、東京都都市整備局が公表している③避難場所、④地区内残留地区、さらに東京都総務局統計部が公表している⑤住民基本台帳による東京都の世帯と人口である。

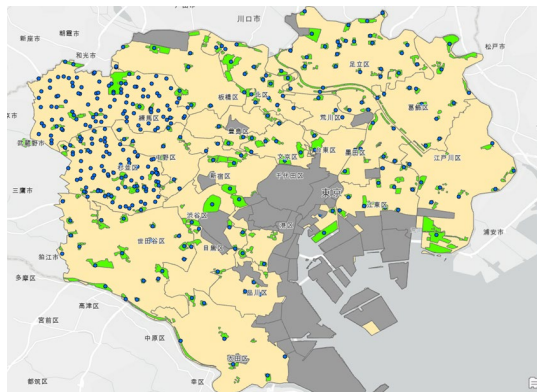


図 2.1.1 23 区内の避難所と地区内
残留地区

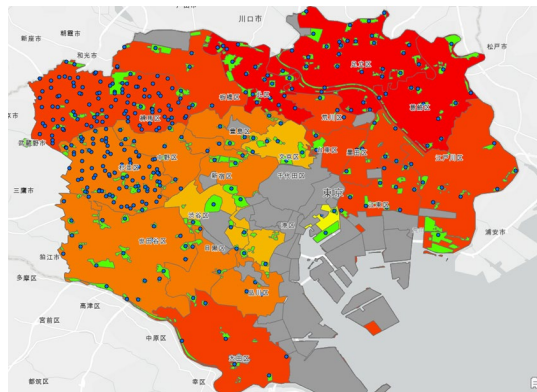


図 2.1.2 23 区内の 65 歳以上の人口比

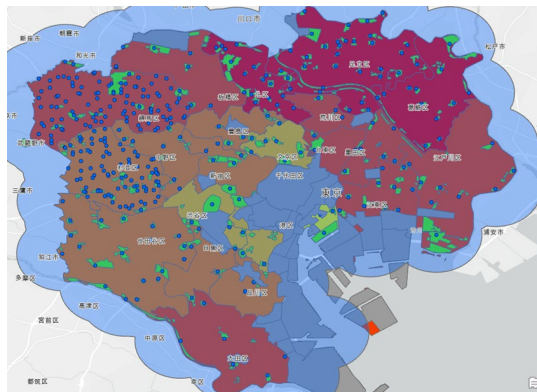


図 2.1.3 避難場所から半径 3km 圏内

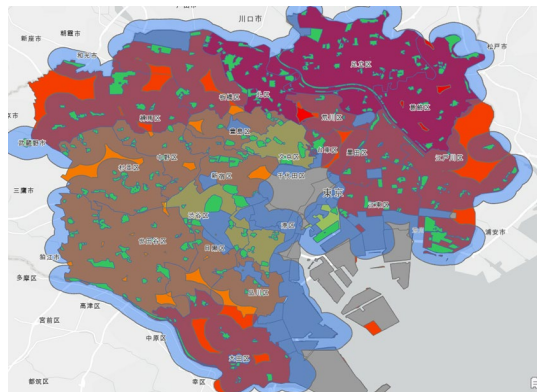


図 2.1.4 避難場所から半径 1km 圏

図 2.1.1 は、東京 23 区内における避難場所と地区内残留地区を地図上にプロットしたものである。青い点は避難場所(ポイントデータ)を表し、黄緑色も同様に避難場所(ポリゴンデータ)を表している。灰色部分については、地区内残留地区を表している。この図から、区によって避難場所の設置数には差があることがうかがえる。

図 2.1.2 は、東京 23 区内における 65 歳以上の人口比を色分けした階級区分図(コロプレスマップ)である。区の人口に占める高齢者の割合が高くなるほど濃い赤色に近づく。この図から、23 区内においては外縁部において高齢者層が多くなっていることがうかがえる。

図 2.1.3 は、区が指定する避難場所から半径 3km 圏内を青色で示した図である。この図から、東京都が記載しているとおおり、指定する避難場所までの距離を半径 3km に設定した場合、都内の全住民が避難可能であると言える。しかしながら現実問題として、大規模災害時において、火災の発生、建物の倒壊、道路の亀裂・段差・隆起等が発生する中で、避

難場所までの 3km を避難することは可能であろうか？

若年成人の場合、平坦な道であれば、分速 80m での移動が可能である。すなわち、3km 先の避難場所までの移動時間は 35 分程度である。しかしながら、後期高齢者の場合、平坦な道であっても、分速 59m 程度である。3km 先の避難場所に到達するまでには 48 分ほどかかる計算である。これが大規模災害時であれば、さらに時間がかかることは想像に難くない。

2.1.3 得られた成果

図 2.1.4 は、区が指定する避難場所から半径 1km 圏内を青色で示した図である。この図から、一部の区においては、青色で囲まれていない地域があることが分かる。これは大規模災害時において、半径 1km 程度の避難が限界であると仮定した場合、一部の区民は、どここの避難場所にも逃げられないことを意味している。

本稿では、高齢者の割合が多く、かつ青色で囲まれていない面積の多い江戸川区を取りあげこの問題を考察した。半径 1km 圏内に避難場所がない区民全員が亡くなると仮定した場合、江戸川区では、75 歳以上の高齢者 79,883 名のうち、39.1%に当たる 31,194 名が亡くなる計算となる。首都直下地震が発災した場合、江戸川区だけでも甚大な人的被害がもたらされることとなる。

今後、各自治体では、大規模災害に備え、特に高齢化が進む区民の避難のあり方や、避難場所の設置範囲についてさらに検討を重ねていく必要があるであろう。

2.1.4 次年度に向けた取り組み

首都直下地震における初動対処や住民避難を考える上で重要なのは、そもそも住民は首都直下地震に対し、どのような意識を持ち、どのような備えをしているのか？といった地域住民の基本的な防災意識や備えの現状を知ることである。現在この点について、次年度に向けて取り組んでいるところである。

具体的には、特に「自助」と「共助」の観点から、①首都直下地震に対する意識、②過去の災害や防災訓練等で得た経験・知識、③首都直下地震に対する備え、の三点についての調査・分析を行う予定である。そして、それらを 23 区内での地域差や、性差、年代差、被災経験の有無など、さまざまな角度から分析した上で、自治体が考慮すべき適切な初動対処のあり方や住民の避難誘導についての提言を行っていく予定である。

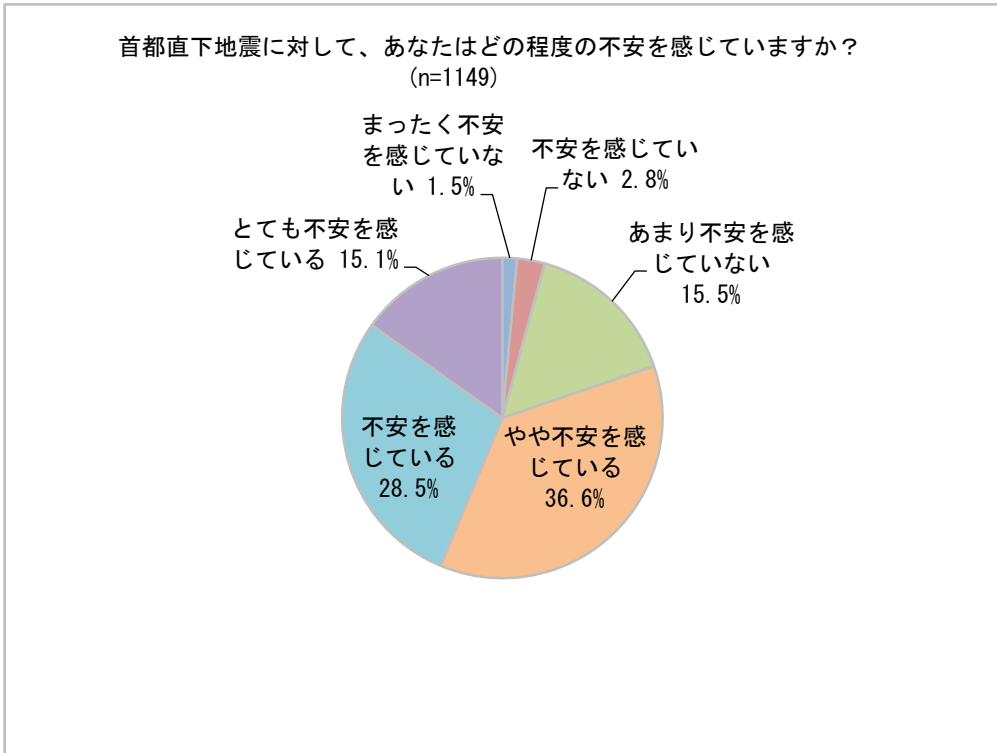


図 2.1.5 首都直下地震に対する不安（アンケート結果）

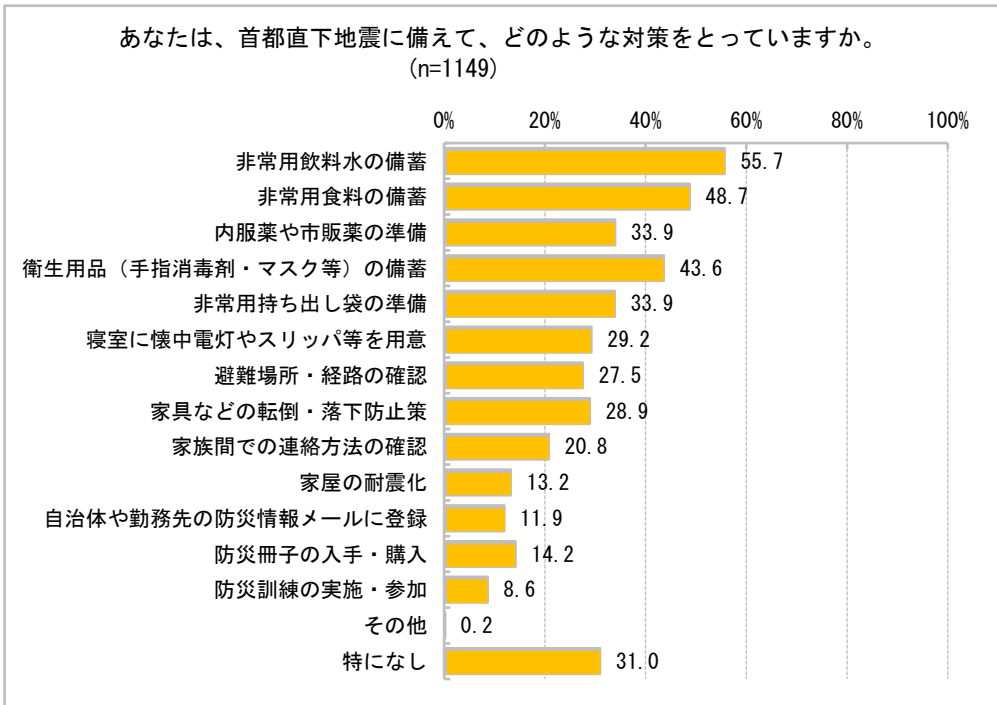


図 2.1.6 首都直下地震に対する備え（アンケート結果）

2.2 首都直下型地震に伴う火災発生時に東京都区部で想定される消火活動上の課題の検討

都 城治

2.2.1 背景と研究目的

地震に伴い発生する火災は、被害を拡大させる要因の一つである。2022年5月、東京都により首都直下型地震の被害想定が新たに発表されたが、従来の被害想定と比較すると死亡者数は大きく減少した¹⁾。その最大の要因は火災による被害が減少したことだが、被害想定は数理的モデルに現実のデータを組み込み定量的に評価したものであり、解析に組み込まれた変数以外に未調整の交絡因子が多く存在する。つまり、検討されていないものの火災発生時に被害を拡大させる要因は、他にも多く存在する。

そこで本稿は、首都直下型地震の被害想定では検討されておらず、被害が拡大する可能性のある要因について検討することを目的とした。本研究では以下の三つのフェーズに分けて問題点を検討する。すなわち、Ⅰ.地震発生後の住民による初期消火に関わる問題 Ⅱ.消火に利用する消防水利の問題 Ⅲ.消防団員をとりまく問題、である。

2.2.2 方法と結果

本研究で対象とするのは、2022年5月に東京都が発表した首都直下型地震発生時の被害想定のうち火災による焼失棟数が最大になる都心南部直下地震（冬・夕方・風速 8m/s）とした（以下、対象とする被害想定）。また、対象地域は火災による被害が大きい東京都区部に限定した。

（1）地震発生後の住民による初期消火に関わる問題

対象とする被害想定での初期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。

対象とする被害想定では住民による初期消火成功率は 36.6%と推定されているが、実際にはさらに低下することが想定される。初期消火成功率の想定手法は、東京消防庁「火災予防審議会地震対策部会答申書（第 19 期）」を用いて算定し、各種係数の決定には平成 16 年～20 年に発生した火災帳票データが用いられている²⁾。しかし、火災帳票デー

々は平時の住宅火災の発生状況と消火に関わる情報をまとめているものであり、地震に伴う火災の実態と乖離していると考えられる。平時の火災は覚知方法が煙や臭気の認知によるものであり、出火から短時間で発見することが可能である³⁾。しかし阪神・淡路大震災では出火の6割は通電火災によるもので、建物圧壊から3時間後に出火件数が最大となっている⁴⁾。そのため、地震に伴う火災の発生直後に現場に住民が居合わせ、平時の火災と全く同様に初期消火を試みる状況は、限定的であると考えられる。また、地震に伴う火災であれば、出火場所の周囲に可燃物が散乱していることが推定され、平時と比較すると火災の成長が速い可能性がある。以上のことから住民による初期消火成功率はさらに低下することが想定される。

(2) 消火に利用する消防用水利の問題

対象とす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、防火水槽の一部が使用不能となり、消火活動が難航し消火成功率は低下することが想定される。また、葛飾区の一部地域では実際の被害はさらに拡大する可能性がある。

対象とする被害想定での消火率の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考慮されていない。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こと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ことが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、1割が使用不能であった⁵⁾と報告されているにもかかわらず、防火水槽の破損は消火成功率の想定条件に組み込まれていない。水利の破損は消防活動を展開するのに無視できない重要な要素であり、消火活動の難航に伴い実際の被害は想定より拡大すると考えられる。

東京23区全ての防火水槽を地図上にプロットし可視化した結果、葛飾区の一部において防火水槽の密度が低い地域が確認された(図2.2.1)。また、23区の中でも液状化現象が最も多く発生するのも葛飾区と想定されている。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過去に報告されている⁵⁾。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、給水を行うための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、消火活動の難航によ

り実際の被害は想定より拡大すると考えられる。

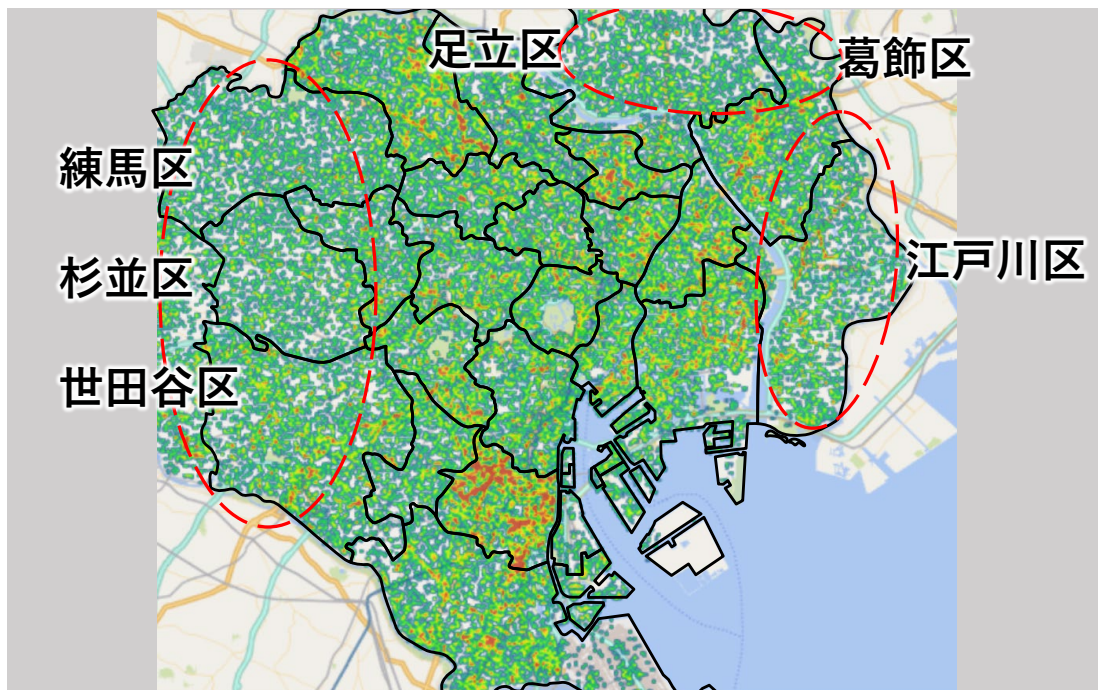


図 2.2.1 東京 23 区における防火水槽の設置状況

(3) 消防団員をとりまく問題

東京 23 区の消防団員の年代別構成比を日本全国の消防団員と比較した。その結果、50 歳以上の団員の構成率が全国平均では 23%であったのに対し、東京 23 区では 57.2%と 2 倍以上の差があった。

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。しかし、消防団員に期待される活動は消火や救助などの過酷な活動であり、50 歳代以上の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、二次災害のリスクも伴う。全国的に消防団員の高齢化は進んでいるが、東京都は特に進んでおり、学生消防団員や機能別団員の導入等、入団促進のさらなる加速が重要と言える。

東京 23 区の消防団員の定数に対する不足人数を算出し、各行政区の出火件数とのバランスを検討した。その結果、消防団員の不足数と出火件数は相関し、想定される火災被害とリソースにミスマッチがあることが明らかとなった。消防団員の定数は条例によって定められており、消防用ポンプ数の運用、もしくは地域住民の避難誘導に必要な人数で算出されている。現在東京 23 区には 58 の消防団が存在するため、23 区ごとの定員に対する不

足数に変換し、23 区別の出火件数と合わせて散布図にプロットした。出火件数の多い足立区、江戸川区、江東区、世田谷区、大田区をサブカテゴリ化し、2 群に分けて回帰直線と、95%信頼区間を描画した(図 2. 2. 2)。Spearman 順位相関係数を算出し $r=0.76$ と正の相関が確認できた。

本結果の解釈として、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いることを表している。阪神・淡路大震災をはじめとして、各種災害の発生時には消防団員の活動が有効であったという報告は後を絶たない⁶⁾。首都直下型地震発生時にも消防団員には大きな期待が寄せられているものの、団員不足は深刻な問題であり、団員の確保や効果的な運用方法についてさらなる検討が必要である。

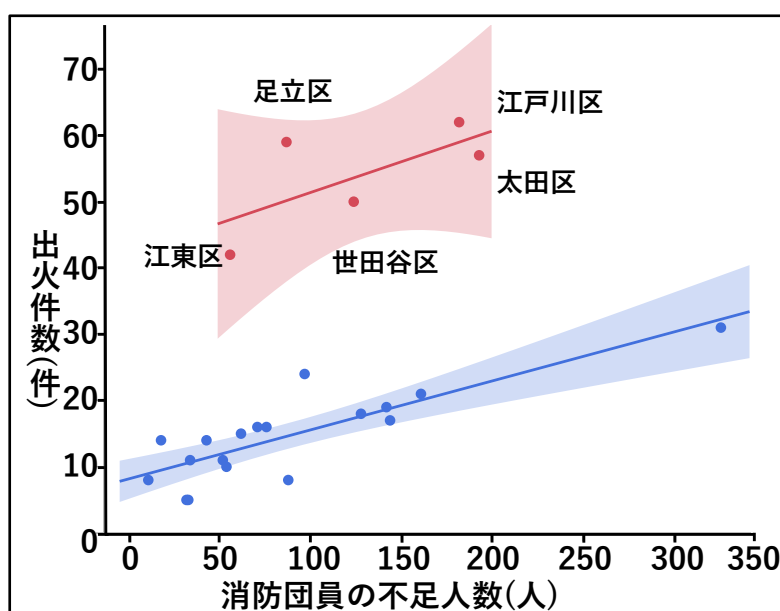


図 2. 2. 2 東京 2 3 区における出火件数と消防団員の不足数

【参考文献】

- 1) 東京都「首都直下地震等による東京の被害想定」, 2022 年.
- 2) 東京消防庁「火災予防審議会地震対策部会答申書(第 19 期)」, 2011 年.
- 3) 東京消防庁「令和 4 年版火災の実態」, 2022 年.
- 4) 日本火災学会「兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書」, 1996 年.
- 5) 吉原浩. 防火水槽の地震被害について. 安全工学. 2006, 45(2), pp. 104-109.
- 6) 北後明彦. 熊本地震後に発生した火災事例調査報告. 消防防災の化学. 2016, 126, pp. 25-32.

2.3 ライフライン被害が引き起こす医療機関・福祉施設等への影響から、利用者や地域住民への被害と対応を考える。

高岡 誠子

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呼ぶ。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¹⁾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²⁾と報告されている。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。これは、医療機関だけではなく、福祉施設等の入所施設や福祉サービス等を提供している施設も共通と考える。また、これらの施設への被害は、入院されている方だけでなく、通院やサービスを受けられている地域住民の健康への影響もあると考える。

今年度は、首都直下型地震によるライフライン等被害が引き起こす医療機関や福祉施設等への課題を検討した。

2.3.1 ライフライン被害による施設への影響とは

ライフライン被害を、電力・水道・道路・交通機関と選定し、以下図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より生命を保っている方の命が危険にさらされることになる。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出る。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。

災害対応には、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水の円滑な運搬は困難と考えられる。また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 2.3.1 ライフライン被害による施設への被害

2.3.2 施設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

2.3.1 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 2.3.2 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

2.3.3 今年度のまとめ

首都直下型地震では、1都3県への重大な被害が想定されている。前述の課題がそれぞれの地域で起こった場合、被災地外からの支援の適切な分配が必要となってくる。そのため、1都3県それぞれの災害対策本部より広域的に水・電力・人等の資源の適切な分配の戦略を担う機関・本部機能が必要と考える。また、それぞれの自治体に入ってきた資源を、その被災地内の多くの需要に対して適切に分配する機能、例えば給水であれば、医療機関や福祉施設、避難所等へ継続的に提供ができるように、自治体組織内に戦略を担う機能が必要である。

図2.3.3は、首都直下型地震における応急対策活動に関する計画の概要がまとめられているが、それぞれの項目が全て命につながる事柄であり、それぞれが総合的に機能することで、健康被害や災害関連死を予防することにつながる。これら資源を、被災地域へ適切な分配をすることが重要であり、次年度はこの点に関しても検討していきたいと考える。

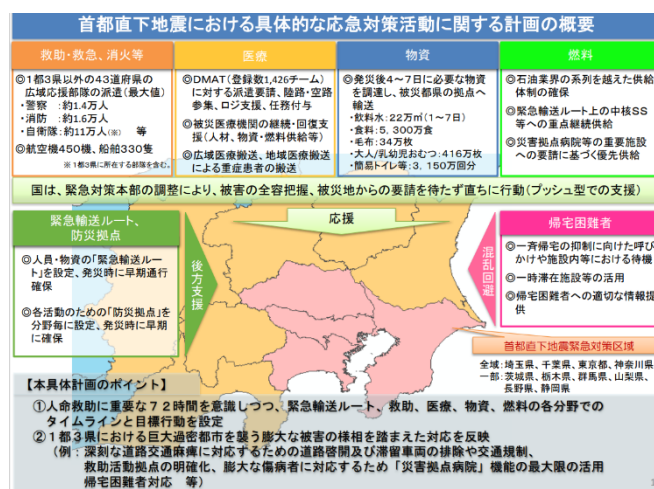


図 2.3.3 首都直下型地震における具体的な応急対策活動に関する計画の概要

(https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/pdf/syuto_oukyu_gaiyou.pdf. 最終確認 2023年3月26日)

【参考文献】

- 1) 復興庁「東日本大震災における震災関連死に関する報告」, 2012年.
- 2) 熊本県「平成28年熊本地震熊本県はいかに動いたか(復旧・復興編)」, ぎょうせい, 2018年.

2.4 首都直下地震における自衛隊の初動対応に関する研究

中林 啓修

2.4.1 本稿の目的

本稿は、首都直下地震の初動対応における自衛隊等の初動対応についてまとめたものである。自衛隊による災害派遣は、前身となる警察予備隊・保安隊の時代から組織の本来業務に位置付けられており、さまざまな形で実施されてきた。わけても、1995年の阪神・淡路大震災以降、災害対応における自衛隊の役割や能力が広く社会的に認識されるようになった。こうした認識は2011年の東日本大震災を経て完全に定着し、かつ高い社会的評価を受けるに至っている。

1都3県を中心に最大で2万3千人の死者が想定されている首都直下地震は、その被害規模に加えて、日本の首都が大きな被害を受けるという意味でも、国家的な危機と呼んでいい重大な災害である。首都直下地震への対応には、自衛隊を含めた最大規模の対応・救援態勢が必要になるが、本稿では、自衛隊は具体的にどのような活動を行うことになるのか、その際の課題は何かを検討していく。

2.4.2 首都直下地震での自衛隊の災害派遣の概要

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2.4.1参照）。

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、組織的には二つの時期に分けられる（図2.4.1参照）

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下で、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。

全体： 110,000人 [^] (120,000人) [^] ：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
	東部方面隊：11,000人
	中部方面隊：17,000人
	西部方面隊：14,000人



表 2.4.1 首都直下地震における自衛隊の派遣規模

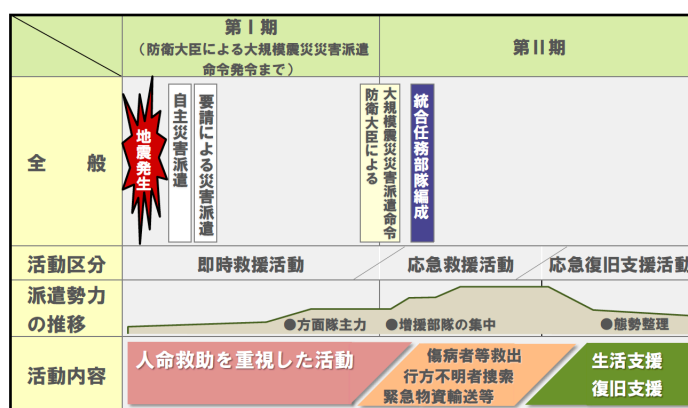


図 2.4.1 自衛隊による首都直下地震対応の計画上の推移

2.4.3 首都直下地震での自衛隊の災害派遣で予想される論点：過去の派遣事例調査から

上記の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 (L0) 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。

首都直下地震においてもこうした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。

【参考文献】

- 1) 中央防災会議幹事会「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」、2022 年。
- 2) 陸上自衛隊東部方面隊「首都直下地震に対する取り組み」、作成年不詳（2013 年以降）。
- 3) 内閣府「平成 30 年 7 月豪雨に係る初動対応検証レポート」、2018 年。

(<http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/h301116shodo.pdf> . 最終確認 2023 年 3 月 18 日)

3. 研究会の開催状況

令和4年度は8回の研究会を行った。各回の状況は以下の通り。

回数	開催日	報告者
0	R4. 07. 02	顔合わせ
1	R4. 08. 20	概要説明、研究計画発表（全員）
2	R4. 09. 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及び中林委員からの研究の進捗報告）
6	R5. 01. 14	研究報告（加藤委員、高岡委員の研究の進捗報告）
7	R5. 02. 18	研究報告（全員からの研究の進捗報告）
8	R5. 03. 18	研究報告（報告書についての確認）

以上