

GRIPS Discussion Paper 22-11

**建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧
に関する研究**

—米国 FEMA P-2090 / NIST SP-1254 からの考察—

By

菅原 賢

Feb 2023



GRIPS

NATIONAL GRADUATE INSTITUTE
FOR POLICY STUDIES

National Graduate Institute for Policy Studies
7-22-1 Roppongi, Minato-ku,
Tokyo, Japan 106-8677

建築物及び関連するライフラインの災害時の 機能継続と復旧に関する研究 —米国 FEMA P-2090 / NIST SP-1254 からの考察—

菅原 賢

政策研究大学院大学 教授 (〒106-8677 東京都港区六本木 7-22-1)
E-mail: m-sugahara@grips.ac.jp

本研究は、建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧について、過去の大規模災害や被害想定を概観するとともに、米国において 2021 年に発出された FEMA P-2090 / NIST SP-1254 及び日本における関連施策の分析等を行った。FEMA P-2090 / NIST SP-1254 は、建築物及び関連するライフラインについて、復旧ベースの目標や設計基準等の共通のフレームワークの策定とそれに基づく対策を位置づけていること、建築物の再占有を促進するための一時的な基準を開発すること、復旧ベースの目標を様々な分野の計画に反映することなどに特徴がみられることを把握した。また、建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧に関する方策について、建築物やライフラインの強靱化、地区・都市のレベルにおける防災力の向上、多様な建築物における対応、多様な関係主体の連携・調整、各種災害への対応等の観点から考察した。

Key words: *Functional Continuity, Functional Recovery, Post-disaster Reoccupancy, Building and Lifeline Infrastructure, FEMA P-2090 / NIST SP-1254, Resilience*

1. はじめに

建築物は、平常時には、人々の日常生活における様々な活動の器であるとともに、災害時には、応急活動拠点や避難所等として、人々の命を守り、命をつなぐ拠り所となる。これまでの災害においては、建築物が被災し、倒壊やその危険性等から、使用が困難となったことのみならず、建築物の躯体等の被害は使用に支障がない程度であっても、ライフラインの障害によって建築物の使用に支障をきたす場合もみられた。

例えば、2019 年の令和元年東日本台風(台風第 19 号)の際には、大雨により、多摩川の水位が上昇し、武蔵小杉駅の周辺地域で内水氾濫によって、高層集合住宅に浸水被害が発生した。台風 19 号被災原因調査及び再発防止策検討状況の報告¹⁾によると、土嚢などにより 1 階の出入口や駐車場入口からの浸水を防ぐことができたが、雨水桝を經由し地下 4 階相当部の貯水槽へ水が流れ込み溢れる事により地下 3 階に浸水し、電気・機械設備が冠水、電気設備停止に伴い停電が発生、給排水、エレベーター、機械式駐車場などが停止し、さらに、排水ポンプも停電により動作を停止したとされている。このように、浸水被害とそれに伴う電気設備等の障害は、長期間にわたり、

住民の居住等に影響を与えた。

また、2018 年の大阪府北部地震の際には、エレベーターの被害が多数発生した。エレベーターの地震対策の取組みについての報告²⁾によると、約 6 万 3 千台が運転休止、そのうち、近畿 2 府 3 県において 346 台の閉じ込めが発生、故障・損傷が 729 件確認されたとされる。閉じ込めの発生原因としては、乗場戸スイッチ又はかご戸スイッチの一時的な開路、大きな加速度の検知、停電などが挙げられている。ほとんどは発災後 2 日以内に復旧したが、エレベーターの損傷や水道の破損による冠水等から、復旧にそれ以上の時間を要したものもあったとされる。エレベーターが機能しない場合、建築物内部での垂直移動が大きな負担となり、人々の活動の支障となる。復旧までに長期間を要すると、いわゆる高層難民として、居住の継続が懸念される。

これらのような過去の災害等の事例からも、建築物が、災害時においても、その機能を維持するためには、建築物の躯体等において、地震や風水害等における外力に対して、その使用が困難になるような被害が発生しないことが基本的に求められることであるが、それに加えて、人々が、建築物を使用して、生活や活動を行うために必要となる建築設備、電気、ガス、上水道、下水道といっ

たライフラインが利用できることが重要となる。

本研究は、大規模災害等における建築物とライフラインの被害やその復旧について概観するとともに、日本における災害時の機能継続のための対策や、米国において2021年に発出されたFEMA P-2090 / NIST SP-1254 - Recommended Options for Improving the Built Environment for Post-Earthquake Reoccupancy and Functional Recovery Timeを分析し、災害時の建築物及び関連するライフラインの機能継続や復旧の方策について考察することを目的とする。

日本の関連施策や米国のFEMA P-2090 / NIST SP-1254等について、関係法令、政府や関係機関の資料等により分析を行った。

2. 大規模災害における建築物及び関連するライフラインの被害等

2.1 過去の大規模災害における被害と復旧

2.1.1 阪神・淡路大震災

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災においては、住家は、全壊104,906棟、半壊144,274棟、一部破損390,506棟で、合計639,686棟の被害、非住家は、公共建物1,579棟、その他40,917棟の被害があった³⁾。被災建築物応急危険度判定が46,610棟で行われ、判定結果は、危険が6,476棟（他に使用禁止2,825棟）、要注意が30,832棟、調査済が9,302棟であった⁴⁾。

避難者の数は、1週間後に307,022人、1か月後に209,828人、3か月後に50,466人、7か月後に921人と推移した⁵⁾。避難所の数は、1週間後に1,138箇所、1か月後に961箇所、3か月後に639箇所、7か月後に0箇所と推移した⁵⁾。

ライフラインについては、電力は、約260万戸が停電し、平成7年1月23日に倒壊家屋等を除き復旧した⁶⁾。

ガスは、約84万5千戸が供給停止し、平成7年4月11日に倒壊家屋等を除き復旧した⁶⁾。

上水道は、約127万戸が断水、平成7年2月28日に仮復旧が完了、同年4月17日に全戸の通水が完了した⁶⁾。

下水道は、22処理場、50ポンプ場、管渠延長約164kmが被災し、平成7年4月20日に仮復旧が完了した⁶⁾。

2.1.2 東日本大震災

平成23年3月11日に発生した東日本大震災においては、住家は、全壊122,006棟、半壊283,160棟、一部破損749,934棟、床上浸水1,490棟、床下浸水9,785棟の被害、非住家は、公共建物14,527棟、その他92,892棟の被害があった⁷⁾。被災建築物応急危険度判定が95,381棟で行われ、判定結果は、危険が11,699棟、要注意が23,191棟、

調査済が60,491棟であった⁴⁾。

避難者の数は、発災から3日目のピークには全国で約47万人であり、1週間後に386,739人、1か月後に147,536人、3か月後に88,361人と推移した⁵⁾。避難所の数は、1週間後に2,182箇所、1か月後に2,344箇所、3か月後に1,459箇所と推移した⁵⁾。

ライフラインについては、電力は、東北電力では、地震発生直後、東北電力管内において約450万戸、東京電力管内において最大約405万戸が停電した。東北電力管内では、平成23年4月6日に約16万戸まで回復したが、平成23年4月7日に発生した余震で、青森県、岩手県、秋田県の全域、宮城県、山形県、福島県の一部地域で停電し、合計約401万戸が停電した。東京電力管内では、平成23年3月19日までに復旧が完了した⁸⁾。

ガスは、約46万戸に供給されなかった。平成23年5月4日に地震・津波による家屋倒壊・流出等が確認された戸数を除き復旧完了となった⁹⁾。

上水道は、発災直後の断水戸数は220万戸以上であった。津波により被災した地区を除き、震災発生から1ヶ月で90%程度の復旧が完了した¹⁰⁾。

下水道は、最大被災施設数が120で、震災から約2か月後の5月18日時点で未復旧施設数が69であった¹¹⁾。

2.2 大規模災害に関する被害と復旧の想定

2.2.1 首都直下地震

首都直下地震に関しては、中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループの報告¹²⁾において、被害想定として、地震動や風速等により複数のケースが示されている。

建築物については、揺れによる全壊が約175,000棟、地震火災による焼失が最大約412,000棟で、全壊と焼失の合計で最大約610,000棟の被害が想定されている。

ライフラインについては、電力は、被災直後、最大約1,220万軒（全体の約5割）が停電すると想定されている。供給側設備の被災に起因して、広域的に停電が発生し、主因となる供給側設備の復旧には1ヶ月程度を要するとされている。供給能力と夏場のピーク電力需要に対する割合は、被災1週間後が、約2,800万kw（52%）、1ヶ月後が、約5,000万kw（94%）と想定されている。

ガス（都市ガス）は、被災直後、供給停止戸数は最大で約159万戸と想定されている。なお、都市ガスでは、地震動により全半壊した建物や焼失建物は安全性等の条件が整うまでは復旧対象とならないため、供給停止戸数から除外されている。安全措置のために停止したエリアの安全点検やガス導管等の復旧により供給停止が徐々に解消され、供給停止が多い地域においても約6週間で供給支障が解消されるとされている。供給停止戸数と支障

率は、被災1日後が、約1,505,000人(16%)、1週間後が、約1,257,000人(13%)、1ヶ月後が、約485,000人(5%)と想定されている。

上水道は、被災直後、最大で約1,440万人(全体の約31%)が断水すると想定されている。発災約1ヶ月後には、ほとんどの断水の状況が解消され、断水人口、断水率は、被災1日後が、約13,545,000人(29%)、1週間後が、約8,516,000人(18%)、1ヶ月後が、約1,402,000人(3%)と想定されている。

下水道は、被災直後、最大で約150万人(全体の数%程度)が利用困難になると想定されている。発災約1ヶ月後には、ほとんどの地域で利用支障が解消され、機能支障人口・機能支障率としては、被災1日後が、約1,499,000人(4%)、被災1週間後が、約1,199,000人(3%)、1ヶ月後が、約50,000人と想定されている。

2.2.2 南海トラフ巨大地震

南海トラフ巨大地震に関しては、中央防災会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループの報告¹³⁾において、被害想定として、地震動や津波の組み合わせなどにより複数のケースが示されている。

建築物については、全壊及び焼失棟数が、東海地方が大きく被災するケースで約954千棟～約2,382千棟、近畿地方が大きく被災するケースで約951千棟～約2,371千棟、四国地方が大きく被災するケースで約940千棟～約2,364千棟、九州地方が大きく被災するケースで約965千棟～約2,386千棟と想定されている。

ライフラインについては、電力は、被災直後、最大約2,930万軒が停電し、東海三県の約9割、近畿三府県の約9割、山陽三県の約3～7割、四国の約9割、九州二県の約9割で停電すると想定されている。復旧推移は、電力は、発災直後に需要側の被災と発電設備の被災により需給バランスが不安定になることを主要因として広域的に停電が発生するが、供給の切り替え調整により、需給バランス等に起因した停電は数日間で解消され、電柱被害に基づく停電は、復旧に約1～2週間で要すると推定されている。なお、津波浸水により、建物全壊した需要家数は、復旧対象外として電灯軒数から除外されている。

ガス(都市ガス)は、被災直後、最大約180万戸の供給が停止し、東海三県の約2～6割、近畿三府県の最大約1割、山陽三県の最大約1割、四国の約2～9割、九州二県の約3～4割で供給が停止すると想定されている。なお、都市ガスでは、地震動や津波浸水等により全半壊した建物等は安全性等の条件が整うまでは復旧対象とならないため、供給停止戸数から除外されている。復旧推移は、安全措置のために停止したエリアの安全点検やガス導管等の復旧により供給停止が徐々に解消され、供給停止が多い地域においても約6週間で供給支障が解消されると

想定されている。

上水道は、被災直後、最大約3,570万人が断水し、東海三県の約6～8割、近畿三府県の約4～6割、山陽三県の約2～5割、四国の約7～9割、九州二県の約9割が断水すると想定されている。復旧推移は、発災約1ヶ月後では、東海三県で約1～2割、近畿三府県で数%、山陽三県で数%、四国で約1～2割、九州二県で約1割の需要家が断水したままであるが、これら15府県全体では9割以上の断水が解消されると想定されている。

下水道は、被災直後、最大約3,460万人が利用困難となり、東海三県の約9割、近畿三府県の約9割、山陽三県の約3～7割、四国の約9割、九州二県の約9割が利用困難になると想定されている。発災約1ヶ月後では、被災が大きい処理場を除きほとんどの処理場が運転を再開し、東海三県、近畿三府県、四国、山陽三県、九州二県の15府県全体で、9割以上の利用支障が解消される。なお、津波浸水により建物全壊した需要家数は復旧対象外として処理人口から除外されている。

2.2.3 大規模噴火時の広域降灰の影響

世界において、火山の噴火に伴う被害の発生がみられるが、日本は、世界有数の火山国であり、たびたび火山が噴火しており、富士山の噴火による首都圏への影響も懸念されている。中央防災会議 大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループの報告¹⁴⁾において、大規模噴火時に降灰により、どのようなことが起こるのかについて示されている。

建築物については、降雨時30cm以上の堆積厚で木造家屋が火山灰の重みで倒壊するものが発生し、体育館等の大スパン・緩勾配屋根の大型建物は、積雪荷重を超えるような降灰重量がかかると損壊するものが発生する。また、5cm以上の堆積厚で空調設備の室外機に不具合が生じるとされている。

ライフラインについては、電力は、降雨時0.3cm以上で碍子の絶縁低下による停電が発生し、数cm以上で火力発電所の吸気フィルタの交換頻度の増加等による発電量の低下が生じる。また、電力供給量の低下が著しく、需要の抑制や電力融通等の対応でも必要な供給力が確保しきれない場合は停電に至るとされている。

上水道は、原水の水質が悪化し、浄水施設の処理能力を超えることで、水道水が飲用に適さなくなるか、断水となり、停電エリアでは、浄水場及び配水施設等が運転停止し、断水が発生するとされている。

下水道は、降雨時、下水管路(雨水)の閉塞により、閉塞上流から雨水があふれ、停電エリアの処理施設・ポンプで非常用発電設備の燃料切れが生じると下水道の使用が制限されるとされている。

3. 日本における建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧に関連する政策

日本における建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧に関連する政策について、執筆時点で確認できる主なものとしては、以下が挙げられる。

3.1 建築物に関連する施策等

3.1.1 災害後の建築物の評価

災害後の建築物の評価について、日本においては、主なものとして、被災建築物応急危険度判定、被災建築物の被災度区分判定、罹災証明のための被害調査が挙げられる。被災建築物応急危険度判定は、余震等による二次災害発生の危険の程度の判定・表示等を行うものであり、判定結果は、「危険」、「要注意」、「調査済」とされる。被災建築物の被災度区分判定は、応急危険度判定の実施後に、震災建築物の復旧を目的として行われ、被災の程度が「軽微」、「小破」、「中破」、「大破」、「倒壊」などと区分される。罹災証明のための被害調査は、住家の屋根、壁等の経済的被害の全体に占める割合に基づき、被害の程度を認定するものであり、「全壊」、「大規模半壊」、「中規模半壊」、「半壊」、「準半壊」、「準半壊に至らない（一部損壊）」と区分される。

3.1.2 建築物の機能継続等

(1) 防災拠点等となる建築物の機能継続

国土交通省住宅局による防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン¹⁵⁾は、大地震の際に、防災拠点等となる建築物が機能継続を図るために、企画、設計、運用の各段階における基本的な考え方が示されたものである。建築物の構造体、非構造部材、建築設備について、大地震時において機能継続できるような耐震設計とすることなどが示されている。

ライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保については、建築設備システムの並列冗長化・分散化を基本とすること、一部の不具合が全体的な機能喪失に波及しにくい構成とすること、代替設備の導入が容易な構成とすること、平常時に使用する設備が非常時の対象建築物の機能継続のために活用できることが望ましいことなどが示されている。

また、大地震時の円滑な機能継続確保のための平時からの準備として、大地震時における建築物各部の点検及び継続使用の可否判定の手順の明確化と使用者等への周知、軽微な補修・調整、被災部分の安全確保等に必要な資材等の備蓄、設備の停止やライフライン途絶に備えた適切な規模の備蓄、ライフライン途絶時の代替設備の運

転や仮設電源・水源等の接続等の手順の明確化と使用者等への周知が示されている。

さらに、ライフライン途絶時における自立期間の目標については、組織のBCPとも整合させつつ、対象建築物が大地震時に求められる役割、ライフラインの復旧に要する想定時間など、災害・復旧シナリオを想定したうえで、設定するとされている。

(2) 官庁施設の業務継続

国土交通省大臣官房官庁営繕部による業務継続のための官庁施設の機能確保に関する指針¹⁶⁾は、発災時において官庁施設に求められる機能を定め、それを満たすための具体的手法を示すことにより、業務継続の確実な実施に資することを目的としたものである。

非常時優先業務を行う官庁施設は、非常時優先業務に必要な機能を維持するために必要となる耐震安全性を確保すること、津波、浸水の被害のおそれがある場合には、対津波に関する性能、対浸水に関する性能の水準を確保することとされている。

非常時優先業務を行うための活動空間等における機能を維持するために、大きな補修をすることなく、必要な基幹設備機能を相当期間継続できること、必要な基幹設備機能を発揮できない場合の代替手段を考慮すること、設備機器や配管等は、他からの波及被害を受け難いよう配慮すること、ライフラインの途絶に備えた対策を行うことなどに留意し、必要となる電力、通信・情報、給水・排水、空調、監視制御、エレベーター等に係る基幹設備機能を確保するものとされている。

また、施設管理者は、関係者の役割を認識し、発災直後の建築構造体の点検体制及び手順、発災後の施設機能の点検体制、復旧手順等を記載した「発災時における施設機能確保のための運用計画」を作成するものとされている。

3.2 ライフラインに関連する施策等

建築基準法第2条第3号において、建築設備とは、「建築物に設ける電気、ガス、給水、排水、換気、暖房、冷房、消火、排煙若しくは汚物処理の設備又は煙突、昇降機若しくは避雷針」とされている。このうち、一般的に、建築設備に、建築物の外部から接続した事業者等によりサービスが供給されるライフラインとしては、電気、ガス、給水、排水、汚物処理が挙げられる。

このため、本稿では、様々なライフラインのうち、建築物の使用に密接に関わるものとして、電気、ガス、上水道、下水道を想定すると、それらの機能継続や復旧に関して、執筆時点で確認できる主な関連施策としては、以下が挙げられる。

3.2.1 電力

災害対策基本法第2条第5号に基づく指定公共機関に指定された電力会社は、同法等に基づく防災業務計画を作成することとされている。当該計画においては、防災体制、災害予防対策、災害応急対策、災害復旧対策等について記載されている。

一般送配電事業者は、電気事業法第33条の2に基づき、共同して、災害その他の事由による事故により電気の安定供給の確保に支障が生ずる場合に備えるための災害時連携計画を作成する。当該計画においては、一般送配電事業者相互の連絡に関する事項、一般送配電事業者による従業者及び電源車の派遣及び運用に関する事項、迅速な復旧に資する電気工作物の仕様の共通化に関する事項等について記載されている。

また、建築物の電気設備については、国土交通省住宅局建築指導課、経済産業省産業保安グループ電力安全課による建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン¹⁷⁾において、建築物の電気設備に関わる様々な主体が、新築・既存の建築物について、洪水等の発生時における機能継続に向けて浸水対策を講じる際の参考となるよう、企画、設計、施工、管理・運用の各段階において検討すべき電気設備の浸水対策がとりまとめられている。

3.2.2 ガス

ガスの供給としては、都市ガス、簡易ガス、LPガスがある。都市ガスは、ガス製造事業、一般ガス導管事業、ガス小売事業という事業類型に区分される。

災害対策基本法第2条第5号に基づく指定公共機関に指定されたガス会社は、同法等に基づく防災業務計画を作成することとされている。当該計画においては、防災体制、災害予防対策、災害応急対策、災害復旧対策等について記載されている。内閣府防災担当のウェブサイト¹⁸⁾によると、防災業務計画は、都市ガス関係の東京瓦斯株式会社、大阪瓦斯株式会社、東邦瓦斯株式会社、西部瓦斯株式会社が作成済みであり、LPガス関係の岩谷産業株式会社、アストモスエネルギー株式会社、株式会社ジャパンガスエナジー、ENEOS グローブ株式会社、ジクシス株式会社が準備中とされている。

また、経済産業省と高圧ガス保安協会により、地震等の災害への対策をまとめたLPガス災害対策マニュアル¹⁹⁾が公表されている。マニュアルには、消費先の被災リスクの確認、体制整備、災害対策、LPガス販売事業者等の災害発生後の活動等について記載されている。

3.2.3 上水道

厚生労働省による危機管理対策マニュアル策定指針²⁰⁾は、災害時に、被災水道事業者等は、応急給水、応急復旧等の諸活動の計画的かつ効率的な実施が求められるこ

とから、各水道事業者等が規模・地域特性に応じた適正なマニュアルを事前に策定するための指針として示されたものである。

指針は、共通編、地震対策、風水害対策、水質汚染事故対策、施設事故・停電対策、管路事故・給水装置凍結事故対策、テロ対策、濁水対策、災害時相互応援協定策定、新型インフルエンザ対策、水道分野における情報セキュリティガイドラインにより構成されている。

事前対策としては、体制の確立、応急対策資料の準備、関係機関との連携、教育・訓練等（動員訓練、情報連絡訓練、水道施設の被害確認・緊急措置訓練、応援要請、受入・配備訓練、応急給水訓練、応急復旧訓練）、水道施設の耐震化が示されている。

事後対策としては、初動体制の確立、応急体制の確立、応急給水、応急復旧が示されている。応急復旧期間は、水道施設の被害の大きさとともに、被災者の不安感の軽減、生活の安定を考慮して設定し、厚生労働省健康局水道課による水道の耐震化計画策定指針²¹⁾では、応急復旧期間を2週間以内とすることが望ましいとされている。応急給水目標は、応急復旧期間において日数の経過に応じて、応急給水の目標水量及び市民の水の運搬距離を設定するとされている。

3.2.4 下水道

国土交通省水管理・国土保全局下水道部による下水道BCP策定マニュアル2019年版（地震・津波、水害編）²²⁾は、大規模地震や津波による下水道施設などの被災時に、迅速かつ高いレベルで下水道が果たすべき機能を維持・回復するため、実践的な下水道BCPの策定及び実効性を高める改善を支援することを目的としたものである。

業務継続の検討として、災害規模等の設定、被害想定に基づく業務量やリソースの把握、優先実施業務の選定、許容中断時間の把握、対応の目標時間の決定等が挙げられている。また、事前対策として、下水道台帳等の整備とバックアップ、資機材の確保（備蓄及び調達）、関連行政部局との連絡・協力体制の構築、支援・受援体制の構築、民間企業等との協定の締結・見直し、住民等への情報提供及び協力要請、復旧対応の記録が挙げられている。

3.3 自治体の計画

自治体では、東京都が、地域防災計画において、ライフラインの復旧目標を定めている²³⁾。当該目標は、被災から60日以内に全てのライフラインの機能を95%以上回復させることを目標とするというもので、電力7日、上水道30日、通信14日、下水道30日、ガス60日という日数が示されている。目標を達成するための主な対策として、浄水場等の耐震化、管路の耐震継手化、下水道管の耐震化等が示されている。

4. 米国における建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧に関連する政策

米国における建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧に関連する政策として、FEMA P-2090 / NIST SP-1254 が挙げられる。その経緯や概要を以下にまとめる。

4.1 FEMA P-2090 / NIST SP-1254 の経緯

FEMA P-2090 / NIST SP-1254 - Recommended Options for Improving the Built Environment for Post-Earthquake Reoccupancy and Functional Recovery Time²⁴⁾は、地震後の再占有と機能復旧のための構築環境の改善に関する推奨オプションであり、Public Law 115-307, National Earthquake Hazards Reduction Program Reauthorization Act of 2018 (2018 年米国地震被害軽減プログラム再授権法)²⁵⁾に基づき作成され、2021 年 1 月に発出された。

2018 年米国地震被害軽減プログラム再授権法では、コミュニティのレジリエンスの実現に重点が置かれており、NIST (The National Institute of Standards and Technology, 米国国立標準技術研究所) 及び FEMA (The Federal Emergency Management Agency, 米国連邦緊急事態管理庁) による NEHRP (The National Earthquake Hazards Reduction Program, 米国地震被害軽減プログラム) の活動に新たな内容が追加された。追加された内容のうち、本稿に関連するものは、専門家による委員会の開催により、地震後の再占有と機能復旧におけるパフォーマンスの目標に反映するための構築環境と重要なインフラストラクチャーの改善に関するオプションについて、評価、提言、議会への報告を行うというものである。

これを受けて、NIST と FEMA により、連邦機関、NGO、民間部門、防災、技術、建設、住宅建築の専門家団体の代表等で構成される委員会が開催された。委員会では、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システム (lifeline infrastructure systems) において、新規の設計、改修や戦略的な更新によってパフォーマンスの向上がどのように達成できるか、災害前の復旧計画、災害後の対応、教育や財源の強化によって、地震後の再占有と機能復旧の時間短縮がどのように実現できるかなどの調査、検討等が行われた。

4.2 FEMA P-2090 / NIST SP-1254 における用語等

FEMA P-2090 / NIST SP-1254 における特徴的な用語等を以下に示す。

4.2.1 再占有 (Reoccupancy)

再占有とは、地震後に、避難所の提供や建築物の建築物の保護のために、安全に再入館できるように、建築物

が、維持、修繕されたパフォーマンスの状態とされている。被災建築物は、基本的な機能や通常の使用に対応できないとしても、建築物に入館し、避難所として安全に使用できることを意味するとされている。

4.2.2 機能復旧 (Functional Recovery)

機能復旧とは、地震前に建築物の使用や占有又はライフライン・インフラストラクチャー・システムの供給水準に関して基本的に意図されていた機能が、地震後に安全で適切にサポートできるように、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムが、維持、修繕されたパフォーマンスの状態とされている。

4.2.3 再占有と機能復旧 (Reoccupancy and Functional Recovery)

コミュニティレベルでレジリエンスの目標をサポートするには、個々の建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの設計、建設、改修と、機能復旧までの時間で測定されるコミュニティのレジリエンスとの間のリンクを確立する必要があるが、このリンクは現在ないため、このリンクとして機能するために、再占有と機能復旧の概念を導入したとされている。

4.2.4 構築環境 (Built environment)

構築環境とは、建築物と重要なインフラストラクチャーの双方を示している。

4.2.5 重要なインフラストラクチャー (Critical infrastructure)

重要なインフラストラクチャーとは、輸送、電力、通信、ガスと液体燃料、上下水道等のライフライン・インフラストラクチャー・システムを示している。

4.2.6 復旧ベースの目標のパフォーマンスの状態 (Target Recovery-Based Performance State)

再占有と機能復旧の目標は、まとめて復旧ベースの目標と呼ばれる。復旧ベースの目標のための建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの設計による全体のパフォーマンスは、コミュニティにおける目標のパフォーマンスの状態を満たすとされている。

4.2.7 コミュニティのレジリエンス (Community Resilience)

コミュニティのレジリエンスは、大統領政策指令 21 (PPD-21)²⁶⁾において、「状況の変化に備えて適応し、混乱に耐えて迅速に回復する能力。レジリエンスには、意図的な攻撃、事故、自然に発生する脅威や事象に耐えて回復する能力が含まれる。」と定義されるとしている。

4.2.8 対象とする災害

FEMA P-2090 / NIST SP-1254 は、地震を対象としており、他のハザードにおける機能復旧の改善に関連する固有の課題については示されていないが、記載の推奨事項を活用して、他の自然災害にも適応させることができるとされている。

4.3 FEMA P-2090 / NIST SP-1254 の構成

FEMA P-2090 / NIST SP-1254 では、専門家委員会において作成、評価された推奨オプションが示されている。推奨オプションとは、推奨事項 (Recommendations)、タスク (Tasks)、選択肢 (Alternatives) がまとめられたものである (表-1)。推奨事項は、タスクと選択肢のまとめであり、タスクは、推奨事項の実施に関連する個別の行動、選択肢は、推奨事項の実施に関連して選択される行動とされている。

表-1 地震後の再占有と機能復旧の実現のための構築環境の改善に関する推奨事項、タスク及び選択肢²⁷⁾

推奨事項 1	地震後の再占有と機能復旧の目標に関するフレームワークを作成する
タスク 1.1	復旧ベースの目標のための方針を作成する
タスク 1.2	復旧ベースの目標のための設計基準を作成する
タスク 1.3	復旧ベースの目標のための適切なハザードレベルを決定する
推奨事項 2	復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物を設計する
選択肢 2-1	将来のナショナルモデルコードの規定を適用して、復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物の設計を義務付ける
選択肢 2-2	暫定の規定を適用して、復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物の設計を義務付ける
選択肢 2-3	復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物の自発的な設計を推奨する
推奨事項 3	復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物を改修する
選択肢 3-1	復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物の改修を義務付ける
選択肢 3-2	復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物の改修を開始する
選択肢 3-3	復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物の自発的な改修を推奨する

推奨事項 4 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムを設計、改善、維持する

タスク 4.1 ライフライン・インフラストラクチャーの部門全体の規制当局に関する国のガイダンスを提供する

タスク 4.2 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの能力を評価する

タスク 4.3 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの国の耐震設計基準を策定する

タスク 4.4 地域のライフライン協議会を設置する

選択肢 4-1 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの新規の設計と既存の改善を義務付ける

選択肢 4-2 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの自発的な新規の設計と既存の改善を推奨する

選択肢 4-3 復旧ベースの目標に適合するように、既存のライフライン・インフラストラクチャー・システムの改善を開始する

推奨事項 5 復旧ベースの目標に焦点をあてた事前災害復旧計画を策定、実施する

タスク 5.1 事前災害復旧計画を策定、実施する

タスク 5.2 地震時の継続プログラムを作成、推進する

タスク 5.3 地震後のアセスメントと評価の基準、ガイドライン、手順を拡張、改善する

タスク 5.4 地震後の復旧を促進するための十分な人員配置を計画する

タスク 5.5 建築物の占有再開プログラムを開発、実施する

タスク 5.6 再占有を促進するための一時的な居住性の代替基準を開発する

推奨事項 6 地震のリスクと復旧ベースの目標の認識と理解を高めるための教育とアウトリーチを提供する

タスク 6.1 建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの利害関係者に、地震のリスクと復旧ベースの目標について教育する

タスク 6.2 地震のリスクと復旧ベースの目標について、設計、建設業界の専門家を教育する

推奨事項 7 復旧ベースの目標を達成するために必要な財源へのアクセスを容易にする

タスク 7.1 復旧ベースの目標を達成するための災害前の資金メカニズムを開発、展開する

タスク 7.2 復旧ベースの目標を達成するための災害後の資金メカニズムを開発、展開する

4.4 再占有と機能復旧のフレームワーク

構築環境のパフォーマンスの向上には、地震後の再占有と機能復旧のためのフレームワークの開発が重要である。フレームワークは、様々な建築物の機能やライフラインのサービスについて、許容可能な再占有と機能復旧の時間を特定する政策決定に対応する。また、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの設計、改修、保守に関する設計要件やハザードレベル等の技術的基準にも対応する。

4.4.1 推奨事項 1：地震後の再占有と機能復旧の目標に関するフレームワークを作成する

再占有と機能復旧に関するフレームワークは、配備される必要があるサービスや、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムが、地震後に、規定の時間の枠内で、占有可能や機能的に復旧可能であるために必要な設計要件に関する国民の合意のために必要とされる。コミュニティの復旧に不可欠な機能とその時間枠、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムへの建設リソースの投資の優先付けの方法、機能復旧のために費用対効果の高い設計と建設の方法の決定には、合意過程が必要とされる。

全てのライフライン・インフラストラクチャー・システムの設計と建設を管理する単一の機関が存在しないため、ライフライン・インフラストラクチャー・システムについて、国のフレームワークの必要性が特に高いとされる。システムやコミュニティのレベルにおいて、それぞれが、ライフラインの復旧時間の改善のために取り組んでいるが、パフォーマンスの目標は様々な方法で設定されており、長期的な復旧ベースの目標達成の取組みに一貫性がなく、非効率的な可能性があると考えられる。

建築物については、復旧ベースの目標に対応するために、安全のための目標を超えて拡張できるコードや基準がある。建築物の復旧ベースの方針や設計の留意事項を独自に調査している一部の業界団体があるが、国のモデル建築基準に採用するためには、一貫性と有効性がある調整された全国的な取組みが必要となる。

フレームワークは、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムとの間で調整され、共通の地震のハザードレベルにおいて、共通の再占有と機能復旧が望まれる時間の目標とする必要がある。

(1) タスク 1.1：復旧ベースの目標のための方針を作成する

再占有と機能復旧を実現するための主要な機能、基本サービス、目標復旧時間を決めるため、復旧ベースの目標に関する合意に基づく国の方針が必要である。復旧ベースの方針には、地震後の社会等のニーズに基づいた建

築物の機能の目標復旧時間、最大の目標サービスの損失、ライフラインのサービスの復旧時間が含まれる。地震発生直後に全ての公共サービス、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムが必要になるわけではなく、機能復旧までの時間は、短期、中期、長期のフェーズで考えることができる。

方針決定の体系化のために、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムについて、目標となる再占有率と機能復旧時間を復旧カテゴリーとすることができる。復旧カテゴリーは、地震後の機能とサービスの優先順位の決定に用いることができる。概念上、機能やサービスは、地震ハザードレベルにおいて、建築物では、許容可能な復旧時間、ライフライン・インフラストラクチャー・システムでは、最大目標サービス損失と復旧時間に基づき、特定の復旧カテゴリーに割り当てられる。この割り当ては、機能やサービスを提供する建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの設計基準の設定に用いられる。

建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの機能復旧カテゴリーの考え方は表-2のとおり示される。それぞれの機能復旧カテゴリーが、機能やサービスにどのように関連付けられるか、機能復旧時間の方針に基づいて、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムが各カテゴリーにどのように割り当てられるかが示されている。

(2) タスク 1.2：復旧ベースの目標のための設計基準を作成する

建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムが、地震後の規定の時間の枠内で、占有可能や機能的に復旧可能とみなされるために必要な強度、剛性、容量を定めるためには、復旧ベースの目標の設計基準が必要である。様々な当局が基準を所管しているが、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの間で一貫した基準の確立が求められる。

新築建築物や既存建築物の耐震改修における基準では、将来の建築基準に反映させる方法、現行の建築基準の枠内で復旧ベースの設計を暫定的に規定する方法がある。基準においては、構造システム、非構造システムと部材、内容物、バックアップの設備システムを考慮する必要がある。基準は、現行基準と同様の形式となる場合、異なる設計値や再占有と機能復旧の阻害要因に対応する追加の要件となる場合がある。

ライフライン・インフラストラクチャー・システムにおける基準では、システムとコンポーネントのレベルでのパフォーマンスを考慮する必要がある。コンポーネントとは、ライフライン・インフラストラクチャー・システムを構成する相互接続された部分である。コンポーネ

ントには様々な種類があり、全てのコンポーネントの総合的なパフォーマンスが、システム全体のパフォーマンスを決めるため、各コンポーネント、コンポーネントのグループ、サブシステムにおいて、システム全体のパフォーマンスの目標と一致する基準が必要である。システムのレベル、コンポーネントのレベルのパフォーマンスは、パフォーマンスの定量化のための一貫した指標と評価方法によって定められる必要がある。各システムは、他のシステムと依存関係があるため、全てのライフライン・インフラストラクチャー・システムで一貫したもの

とするためには、システムのレベルにおいて一貫した基準も必要である。ライフライン・インフラストラクチャー・システムの基準では、損傷を抑制する設計が現実的でない場合、地震後にすぐに修理できるように交換のコンポーネントを用意するなどの代替方法を検討することもできる。地震発生直後に全ての機能やサービスが必要になるわけではないため、復旧時期や復旧区分の選択には柔軟性がある。建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの構造的、非構造的な損傷の種類と程度は、表-3のように、機能復旧の時間に関わる。

表-2 機能復旧カテゴリーの考え方²⁸⁾

機能復旧カテゴリー	目標機能復旧時間	復旧のフェーズと関連する機能とサービス	建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの例
機能復旧カテゴリーA (FRC-A)	数時間以内	早期 (ほぼ即時) 緊急対応一救助, 安全, セキュリティ, 事態の安定化	緊急, 初動対応施設 (病院, 消防署, 警察署等), 指定避難施設, 緊急オペレーション・センター, 緊急対応をサポートするライフライン・インフラストラクチャー・システム (電力, 通信, 重要な輸送手段等)
機能復旧カテゴリーB (FRC-B)	数日間から数週間	短期 シェルター, ガバナンス, 日用品, 脆弱な人々のケア	住宅, 地方自治体, 学校, 外来医療施設, 養護施設, 重要な小売店 (食品流通, 薬局, ホームセンター等), 短期的な活動をサポートするライフライン・インフラストラクチャー・システム
機能復旧カテゴリーC (FRC-C)	数週間から数か月間	中期 近隣の活動や経済的な活力の回復	一定以上の重要な事業者, 中期的な活動を支えるライフライン・インフラストラクチャー・システムのサービス
機能復旧カテゴリーD (FRC-D)	数か月間から数年間	長期 文化, 生活の質, 余暇活動	他のカテゴリーに分類されない建築物. 重要度の低い企業や小売, 娯楽, レジャー, 文化施設, 長期的な活動をサポートするライフライン・インフラストラクチャー・システムのサービスが含まれる可能性がある。

表-3 建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの損傷と時間枠²⁹⁾

時間枠	建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの構造的、非構造的な損傷の種類と程度
数時間	建築物は、構造的な損傷がない又は使用に影響しない程度の非常に軽微な構造的、非構造的な損傷がある。修理が必要な場合、技術評価や建築許可は必要なく、社内の作業員が、すぐに又は後日作業を行うことができる。非構造的な損傷は、基本的な機能に影響を与えない。施設は、地震後の安全性評価で緑色のタグ (ATC-20-1 調査済のプラカード) を受ける可能性が高く、制限なく使用が許可されていることを示す。ライフライン・インフラストラクチャー・システムは影響を受けていないか、現場のバックアップ・サービスが稼働する。
数日間	建築物は、軽微な構造的な損傷があるが、損傷は使用に影響しない。修理が必要な場合、技術評価や建築許可は必要なく、社内の作業員が、すぐに又は後日作業を行うことができる。非構造的な損傷は、軽度から中程度であり、基本的な機能への影響はあるが、損傷は数日以内に修復できる。施設は、基本的な機能に影響を与えないエリアで、緑色のタグ (ATC-20-1 調査済のプラカード) や黄色のタグ (ATC-20-1 使用制限のプラカード) を受ける可能性がある。ライフライン・インフラストラクチャー・システムは影響を受けていないか、修理によって数日以内に基本的なサービスを再開できる。
数週間	建築物は、軽微な構造的な損傷があり、限定的な技術評価が実施され、場合によっては修理のための建築許可が取得されるまで、使用に一時的な影響がある可能性がある。非構造的な損傷は、中程度であり、基本的な機能に影響があるが、数週間以内に修復できる。施設は、地震後の安全性評価で黄色のタグ (ATC-20-1 使用制限のプラカード) を受け、ある程度の修理が必要な損傷や危険性を特定し、修理がなされるまで使用や機能が制限される可能性がある。ライフライン・インフラストラクチャー・システムが影響を受けている可能性があり、数週間以内に基本的なサービスを再開するには修理が必要になる。
数か月間	建築物は、使用と機能に影響を与える中程度から重大な構造的な損傷を受け、工学的評価が必要になる。非構造的な損傷も重大な可能性があり、使用と機能に影響がある可能性がある。修理は相当のものになる可能性があり、建築許可と完了までに数か月が必要となる。施設は、地震後の安全性評価で黄色いタグ (ATC-20-1 使用制限のプラカード) を受け、修理が行われるまで使用と機能が制限される可能性がある。施設は、相当の修理がなされるまで使用は安全ではないことを示す赤いタグ (ATC-20-1 危険のプラカード) を受ける可能性があり、修理は経済的に困難になる可能性がある。ライフライン・インフラストラクチャー・システムは、長期間にわたる悪影響を受けている可能性がある。

(3) タスク 1.3: 復旧ベースの目標のための適切なハザードレベルを決定する

復旧ベースの目標のための適切な地震ハザードレベルの選択は、初期コスト、レジリエンスの配当 (resilience dividend)、将来の損害の可能性、損害の受容の観点からの事前投資の経済的なりソースと、将来回避される損失による利益とのトレードオフである。適切なハザードレベルの選択は、タスク 1.1 による目標復旧時間の政策目標と、タスク 1.2 による設計基準に基づいて行われる。地震ハザードが異なると、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムに与える影響が異なるため、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムのハザードレベルは異なる可能性がある。さらに、地震の影響は、ハザードレベルが低い場合と高い場合で不均衡に発生する可能性があるため、単一のハザードレベルでは受容可能なパフォーマンスに十分に対応できない可能性があることから、設計のために複数のハザードレベルを選択する必要がある場合がある。最終的に、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムのハザードレベルの選択は、全体的な復旧ベースの目標が一貫して満たされるように調整する必要があるとされる。

4.5 建築物のパフォーマンスの改善

建築基準の改正により、設計要件が大幅に変更される場合がある。米国の現在の基準は、地震に対して、生命、安全を保護できる妥当なレベルのものとなっているが、現在の基準には、復旧ベースの目標は明示的に考慮されていないため、大地震後、多くの建築物が長期間使用できなくなる可能性があり、合理的な時間枠内でコミュニティが復旧する能力が著しく低下することが懸念されている。既存建築物については、建築基準 (International Existing Building Code (IEBC)) により、増築、変更、修繕、居住者の変更、移転等の際に、耐震改修を行う必要がある場合が定められているが、実際には、耐震改修を回避するためにプロジェクトの範囲が縮小されることが多いとされる。また、新しい建築物も、過去の地震から、損傷により、構造的、非構造的な損傷が適切に修復されるまで、何ヶ月間も使用に適さないものになる可能性があることが示されている。大規模地震時における建築物の性能を向上させるには、新築の設計と既存建築物の改修のための新しい復旧ベースのアプローチが必要とされる。

4.5.1 推奨事項 2: 復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物を設計する

復旧ベースの目標を達成するために新築建築物を設計するコスト、ベネフィット、フィージビリティは、以下

の事項の決定によって対応できるとされる。

- ① どのような建築物をどのような再占有と機能復旧の目標のために設計する必要があるか。
- ② 再占有と機能復旧の目標を満たすために、どのような建築基準の規定が必要か。
- ③ 再占有と機能復旧の目標を満たす新築建築物の設計は、必須か自発的か。

(1) 選択肢 2-1: 将来のナショナルモデルコードの規定を適用して、復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物の設計を義務付ける

管轄は、推奨事項 1 により作成された建築基準の将来版を採用する。当該建築基準は、新築建築物が復旧ベースの目標を満たす基準に基づき設計することを求めるものである。

(2) 選択肢 2-2: 暫定の規定を適用して、復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物の設計を義務付ける

管轄が、復旧ベースの規定を短期的に実施することに関心があったり、必要性があったりする場合、モデルコードの現行版について、現地における修正として暫定規定を採用することができる。復旧ベースの規定が国のモデルコードの将来版に含まれ、管轄区域で採用されるまでの暫定段階として機能することを目的とする。

(3) 選択肢 2-3: 復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物の自発的な設計を推奨する

管轄は、建築物が、将来のモデルコードの規定や暫定規定に基づき、復旧ベースの目標に対応するように、自発的に設計されることを推奨する政策を実施する。推奨する政策には、金銭等のインセンティブが必要な場合が多い。

4.5.2 推奨事項 3: 復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物を改修する

安全性に基づく改修プログラムによってもたらされる再占有と機能復旧の時間を評価し、既存建築物における復旧ベースの目標に明示的に組み込む必要がある。既存建築物を改修するコスト、ベネフィット、フィージビリティは、以下の事項の決定によって対応できるとされている。

- ① どのような既存建築物を改修して、どのような再占有と機能復旧の目標を達成する必要があるか。
- ② 再占有と機能復旧の目標を満たすために、どのような改修の規定が必要か。
- ③ 再占有と機能復旧の目標を満たす既存建築物の改修は、強制、誘発、任意のいずれであるべきか。

(1) 選択肢 3-1: 復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物の改修を義務付ける

管轄は、推奨事項 1 により作成された将来の既存建築物の建築基準や暫定規定における復旧ベースの目標に基づき、既存建築物の耐震改修を義務づける。改修の対象となる建築物は、復旧カテゴリー、用途、使用、脆弱性、特定の欠陥の存在等によって定められる。

安全性に基づく改修プログラムでは、過去の地震で性能が低下した前歴がある構造システムを踏まえ、重要な建築物のグループが決められる。復旧ベースの改修プログラムでは、同じシステムが重要になるが、改修の目的と優先順位は、構造システムや欠陥に加えて、建築物の用途、機能、サービスを考慮した既存のレジリエンス・ベースのインベントリから決める必要がある。

改修プログラムの義務化を検討する場合、地震後の復旧時間の短縮という利点と、コミュニティの優先事項、経済への影響、居住やテナントの移転、住居費、貧困層やマイノリティのコミュニティ、歴史地区の特性の維持、建築物の放棄の防止、炭素排出量の削減等の課題とのバランスが重要である。

(2) 選択肢 3-2: 復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物の改修を開始する

管轄は、建築基準の地方採用版における現行規定、規定の追加、評価や改修の契機の改正を通じて、既存建築物の耐震性能を規制する。現行の改修の契機には欠点があるため、管轄は、強化、補足するために、耐震改修の対象となる契機の拡大を検討する必要がある。

(3) 選択肢 3-3: 復旧ベースの目標に適合するように、既存建築物の自発的な改修を推奨する

管轄は、推奨事項 1 により作成された将来の既存建築物の建築基準や暫定規定における復旧ベースの目標に基づき、既存建築物の自発的な改修を奨励する政策を実施する。奨励する政策には、金銭等のインセンティブが必要な場合が多い。

4.6 ライフライン・インフラストラクチャーのパフォーマンスの改善

FEMA P-2090 / NIST SP-1254 では、ライフライン・インフラストラクチャー・システムは、電力、ガス、液体燃料、上下水道、電気通信、マルチモーダル輸送システム等とされており、これらのシステムは、NEHRP の再認可 (PL 115-307) で承認され、国家インフラ保護計画 (National Infrastructure Protection Plan (USDHS, 2013 年)) において定義された 16 の重要なインフラストラクチャー・セクターのサブセットとされている。

国家インフラ保護計画では、16 の重要なインフラスト

ラクチャー・セクターとして、表 4 の内容が記載されている。

表 4 16 の重要なインフラストラクチャー・セクター³⁰

化学 (Chemical)
商業施設 (Commercial Facilities)
通信 (Communications)
重要な製造業 (Critical Manufacturing)
ダム (Dams)
緊急業務 (Emergency Services)
情報技術 (Information Technology)
原子炉、原料及び廃棄物 (Nuclear Reactors, Materials & Waste)
食品と農業 (Food & Agriculture)
防衛産業基地 (Defense Industrial Base)
エネルギー (Energy)
ヘルスケアと公衆衛生 (Healthcare & Public Health)
金融業務 (Financial Services)
上下水道システム (Water & Wastewater Systems)
政府施設 (Government Facilities)
輸送システム (Transportation Systems)

ライフライン・インフラストラクチャー・システムは、物的なインフラストラクチャーと、それらを所有、運用する様々な組織 (公共、民間、連邦、州、特別地区等) で構成される相互依存システムである。ライフライン・インフラストラクチャー・システムの運用は、様々な標準、手順、材料が用いられて、設計、構築されてきた無数のコンポーネントに依存している。1 つの重要なコンポーネントの障害が、システム内や他のシステムに連鎖的に障害を引き起こす可能性がある。ライフライン・インフラストラクチャー・システムの障害は、洪水、爆発、火災、感電死、汚染水、移動や通信の制限等の二次災害を引き起こす可能性がある。

ライフライン・インフラストラクチャー・システムは、相互接続や相互依存の性質があるが、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの組織は、それぞれが他の組織とは独立して意思決定を行っている。ライフライン・インフラストラクチャー・システムには、多数の規制と規制当局があるが、全てのライフライン・インフラストラクチャー・システムを包括する単一の機関はない。運用の様々な側面から複数の規制当局があるライフライン・インフラストラクチャー・システムもある。

ライフライン・インフラストラクチャー・システムは、多くの場合、通常のサービスが可能な状態 (風、雨、雪、氷、年間の洪水、運用上の要求等) や標準的な運用上の変更と修繕の下で、サービスが失われる可能性が非常に低いように設計されている。ほとんどのシステムは、地

震、竜巻、ハリケーン、異常な暴風雨や洪水、異常な運用上の制約、稀な損傷シナリオ（水道システムにおける異常に多数のパイプ修理等）など、より極端な条件下で継続的なサービスを提供するには設計されていない。

ライフライン・インフラストラクチャー・システムのコンポーネントの設計と構築の基準に関する様々なマニュアル、ガイド、基準が利用可能である。ほとんどの場合、コンポーネントやライフラインのサービスの地震後の復旧時間について具体的に言及していない。

一部の例外を除いて、ライフライン・インフラストラクチャー・システムは、一般に、特定の顧客に対して、より信頼性の高いサービスを提供するには設計されていない。つまり、より重要なコミュニティ機能（病院等）に関する顧客と、それほど重要でない機能（標準的な産業用建築物等）に関する顧客に提供されているサービスの信頼性は同じレベルとなっている。

4.6.1 推奨事項 4: 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムを設計、改善、維持する

ライフライン・インフラストラクチャー・システムの大地震時におけるパフォーマンスの改善には、新規のシステムの設計と既存のシステムの改善と保守において、復旧ベースのアプローチが必要である。

短期間での大規模なシステムの交換は、労働力、資材、財源が不足するため、困難である。さらに、大規模な交換に伴う費用と社会の混乱は大きなものになる。しかし、既存のコンポーネントは、老朽化、劣化、新しい要件、需要や必要な容量の変化により、継続的に交換される。

各コンポーネントの交換、追加によって、理論的には、システムは、長い時間枠で復旧ベースの目標を達成できる可能性がある。一部のシステムは、過去数十年にわたって整備された基準により改善された。推奨事項 4 は、短期的な取り組みではない。全てのライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者、運用者、規制当局による長期的な関与、エンドユーザーのサポート、全ての政府やコミュニティのレベルでのリーダーシップが必要である。

ライフライン・インフラストラクチャー・システムの改善においては、コミュニティレベルのニーズの重要性に基づいて、ユーザーを対象としたライフライン・サービスに絞ること、合理的な時間枠（数年又は数十年）にわたる不確実性（例：指定されたハザードレベルに対するパフォーマンスレベルの平均値や変動性）を組み込むこと、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者と運用者が予算を組むことができること、地方、州及び連邦の能力に見合った適切な資金調達を可能にすることに重点を置く必要がある。

(1) タスク 4.1: ライフライン・インフラストラクチャーの部門全体の規制当局に関する国のガイダンスを提供する

ライフライン、インフラストラクチャーの全ての部門にわたって規制当局をレビューし、連邦、州、地方、部族、地域のレベルにおいて、重複やギャップが存在する可能性がどこにあるか確認する必要がある。レビューに基づき、全てのライフライン・インフラストラクチャー・システムにわたり一貫した一連の規制を提供するためのガバナンス構造を整備するため、国のガイダンスを作成する必要がある。このようなガバナンス構造は、適切な権限によって整備されるべきであり、連邦による関連規制を考慮すべきである。

(2) タスク 4.2: 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの能力を評価する

ライフライン・インフラストラクチャー・システムが復旧ベースの目標を達成する能力の評価は、連邦、州、地方、部族、地域の各レベルで、特定の規模のシステム又は特定の重要なサポート機能について義務付けられるか、強く推奨されるべきである。老朽化や劣化、システムの変更、方針の変更、新技術等のライフサイクルの影響を組み込むための定期的な資産管理の検査に基づいて、定期的な再評価が必要になる。これにより、ライフライン・インフラストラクチャー・システムが適切に維持され、復旧ベースの目標を達成できるようになる。

予想されるサービスの損失とそれらを地震後に復旧する能力を定め、将来のアップグレードの優先順位を決め、他のタスクにおける作業を示すために、初期評価が必要である。各ライフライン・インフラストラクチャー・システムが復旧ベースの目標を達成できる能力は、全てのユーザーに明示される必要がある。ライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者と運用者は、開示が国家安全保障に悪影響を与える可能性がある場合を除き、システム評価の結果と地震後におけるサービスの潜在的な可用性を公開する必要がある。これらの評価に関連するデータは、エンドユーザーが一時的なライフライン・サービスの必要性について、意思決定を行うことに役立つ。

(3) タスク 4.3: 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの国の耐震設計基準を策定する

ライフライン・インフラストラクチャー・システムの国レベルの耐震設計ガイドラインや基準の整備により、相互依存システムのネットワーク全体で、一貫した復旧ベースの設計、運用、保守が保証される。多くの場合、

既存のガイドラインと基準を修正して、復旧ベースの目標を達成するための基準を組み込むことができる。これができない場合は、新しい文書を作成する必要がある。

州の境界をまたぐライフライン・インフラストラクチャー・システムでは、相互に依存するライフライン・インフラストラクチャー・システムの全体的な目標復旧時間を達成するために、復旧ベースの目標に一貫性が必要である。しかし、一貫したガイドライン、標準、基準を採用することが困難な場合がある。復旧ベースの目標を達成するために、全てのセクターにわたるライフライン・インフラストラクチャー・システムの設計について、国の方向性を定める必要がある。

(4) タスク 4.4 : 地域のライフライン協議会を設置する

地震後の復旧には、ライフライン・インフラストラクチャー・システムと危機管理システム間のシステム・レベルの相互作用と相互依存性を適切に把握し、関係者間で手段と方法を共有する必要がある。公共、民間のライフライン、インフラストラクチャーの組織は、組織間の相互作用を改善し、システムの相互依存性を理解し、事態後の対応と復旧の調整を強化するために、地域のライフライン協議会を設置する必要がある。

(5) 選択肢 4-1 : 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの新規の設計と既存の改善を義務付ける

当局は、推奨事項 1 により作成された復旧ベースの目標を用いて、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの新規の設計、既存の改善を義務付ける。

義務付けは、特にライフライン・インフラストラクチャー・システムの新規の設計において非常に効果的な場合があるが、それは、義務付けが監視の下で実施され、改善に必要なコストをカバーするための値上げが許容され、合理的な顧客主導の目標が明確に定められ、顧客に料金の上昇が伝えられている場合である。

(6) 選択肢 4-2 : 復旧ベースの目標に適合するように、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの自発的な新規の設計と既存の改善を推奨する

ライフライン・インフラストラクチャー・システムについて、当局は、推奨事項 1 により作成された復旧ベースの目標を用いて、自発的に、新規に設計し、既存の改善を行うことを推奨する政策を実施する。推奨する政策には、金銭等のインセンティブが必要な場合が多い。

(7) 選択肢 4-3 : 復旧ベースの目標に適合するように、既存のライフライン・インフラストラクチャー・システムの改善を開始する

当局は、システムの強化が行われた際に改善が必要となる契機を通じて、既存のライフライン・インフラストラクチャー・システムの耐震性能を規制する。契機は、規制当局、立法プロセスを通じて、又はライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者や運用者の内部方針として確立され得る。契機としては、システム全体の評価 (タスク 4.2) によって特定された復旧ベースの目標を達成できないこと、老朽化、劣化、コンポーネントの交換、需要の変化など様々なものがある。契機を通じた改善の範囲は、適切なレベルに設定する必要がある。例えば、最終的に大規模な改善や交換が必要になる契機は、影響が大きすぎる、費用がかかりすぎる、政治的に実行可能ではないという可能性がある。契機を通じた改善は、システム全体でランダムに発生するため、義務付けよりも効果が低くなる可能性がある。

4.7 災害前の計画と実施による復旧の迅速化

建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムを強化するための優れた基準や高度な技術があったとしても、災害前の復旧計画が、復旧とコミュニティのレジリエンスの促進に不可欠であるとされる。米国では、2011 年に、大統領政策指令 8 (PPD-8) により、国レベルの災害復旧戦略の策定が義務付けられ、FEMA により、国家災害復旧枠組み (National Disaster Recovery Framework (NDRF)) が発行された。NDRF では、復旧の原則、復旧コーディネーターなどの役割と責任、全ての利害関係者間のコミュニケーションと連携を促進する調整構造、災害前後の復旧計画のガイダンス、コミュニティの取組みの全体的なプロセスが示されている。NDRF により災害復旧計画の一般的な基盤が提供されているが、コミュニティは、地震後の建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの再占有と機能復旧を可能にするための災害前の復旧計画を作成する必要がある。

4.7.1 推奨事項 5 : 復旧ベースの目標に焦点をあてた事前災害復旧計画を策定、実施する

再占有と機能復旧のための構築環境の設計、建設、改修、維持に加えて、政府当局、建築物の所有者と管理者、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者や管理者による災害前の復旧計画は、復旧ベースの目標の達成に必要である。災害前の復旧計画の一環として、復旧ベースの目標に取り組む責任を誰が負うかを考える場合、各コミュニティの既存の管理構造で行うのが最善の場合がある。ライフライン・インフラストラクチャー・システムに関しては、それぞれのライフライン・インフラストラクチャー・システムの機関が、個別又はより大きなグループの取組みの一環として、災害前の

復旧計画を実施する。期待される役割、地震後にユーザーにサービスを提供する方法、他のライフライン・インフラストラクチャー・システムや危機管理の機関との連携方法を明らかにする。この取組みは、システム・レベルでのレジリエンスを強化するために、老朽化し脆弱なコンポーネントに対処するための統合された資産管理計画や、地震後にシステムを迅速に評価、修復、復旧するための災害前の復旧計画を改善することによって、システムの所有者や管理者に役立つ。

(1) タスク 5.1：事前災害復旧計画を策定、実施する

各レベルの政府は、復旧ベースの目標を、総合計画、一般計画、緊急対応計画、土地利用計画、インフラストラクチャー及び輸送計画、住宅計画、経済開発計画、環境関連計画等の既存の計画に組み込む必要がある。これらの計画の定期的なレビューでは、復旧ベースの目標に関する最新の基準やガイドラインが組み込まれていることを確認する必要がある。復旧ベースの目標を参照して、既存の計画を補強することに加えて、コミュニティは、コミュニティ・レジリエンス・プランを検討する必要がある。コミュニティは、コミュニティ・レジリエンス・プランに加えて、復旧ベースの目標を減災計画（Hazard Mitigation Plan）に組み込む必要がある。これらの計画は、コミュニティの能力、該当するハザード、関連するリスクの評価を示して、目標や行動を含む減災戦略を提案する。コミュニティのリーダーが、コミュニティにおける優先事項を定めて対処する方法を決めるために、ハザードの脆弱性分析とシナリオ損失の想定を用いる必要がある。減災計画に復旧ベースの目標を組み込むことにより、コミュニティの能力やリスクの評価のための統一的な基盤が提供される。

それぞれのライフライン・インフラストラクチャー・システムの事前災害復旧計画では、地震後の機能復旧目標の決定、システム内の脆弱性と機能復旧目標の達成のためのギャップの特定、又、必要に応じて、重要なコンポーネントのアップグレードや交換、機能復旧目標のための変更や適応戦略により、脆弱性を軽減するための持続的なプログラムを開発する必要がある。様々なライフライン・インフラストラクチャー・システムの部門において、適切な政府機関を定めて、地方の計画の策定プログラムを監督する必要がある。

(2) タスク 5.2：地震時の継続プログラムを作成、推進する

コミュニティにおいては、地方管轄が所有するもの以外の建築物やライフライン・インフラストラクチャー・システムも、地震の被害を受ける可能性があるため、建築物の所有者や入居者が、建築物が被害を受ける可能性

が最も高いリスクについて学び、特定するための耐震継続プログラムをコミュニティが作成し、促進する必要がある。

災害前の復旧計画には、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者が関与することが最も重要である。建築物が、地震被害によって閉鎖又は利用できなくなり、コミュニティに重大な悪影響を与える可能性がある。計画は、地震後の評価以外に、地震により発生する可能性のある建築物の損傷、設備やサービスの中断の種類予測、再入居の促進のための計画や戦略の策定を行うことが理想的である。

コミュニティの復旧は、人々が安全で、日常のニーズを満たす住居を持つことにかかっている。効果的な事前災害復旧計画には、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムが、住宅、教育、医療、公共の安全、ガバナンス、小売、レクリエーション等に対する人々の継続的なニーズを確実にサポートするための方針が含まれる。一時的なシェルターは、コミュニティの長期的な復旧ベースのニーズを満たすことができないため、政府は、コミュニティの構成員の日常を回復できる代替住宅の提供について検討する必要がある。

(3) タスク 5.3：地震後のアセスメントと評価の基準、ガイドライン、手順を拡張、改善する

地震後の評価の基準、ガイドライン、手順は存在するが、復旧ベースの目標を考慮して改善する必要がある。地震後の構造の安全性や居住性を適時に評価することは、建築物の所有者や居住者の再入居や機能復旧に重要である。地震後の建築物の安全性評価に関するガイダンスが利用できるが、コミュニティの認識や、検査官の事前のトレーニングの必要性への認識が低い可能性がある。管轄は、事前災害復旧計画の取り組みを通じて、どの評価ガイダンスがコミュニティにおける建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムに最適か特定し、ガイドラインを用いる準備が整っていることを確認することが望まれる。ライフライン・インフラストラクチャー・システムの評価のための一貫したガイドラインや手順は存在せず、開発する必要がある。

(4) タスク 5.4：地震後の復旧を促進するための十分な人員配置を計画する

多くのコミュニティでは、地震後の安全性評価の実行や、他のコミュニティの復旧における問題に適時対応するための訓練を受けた十分な人員がいない。災害前の復旧計画の策定過程は、人員配置の課題を明らかにし、優先事項とすることに役立つ。

地方管轄は、減災、準備、対応、復旧等の防災活動のために、十分な資金を提供し、人員を配置する必要がある。

る。復旧ベースの目標に焦点を合わせると、コストを削減し、地震後の復旧時間を早めるために、事前に追加の人件費が必要になる場合がある。例えば、建築部局は、通常、建築基準の施行を担当しており、地震の前後に、計画の見直しや建築の検査に従事する十分な人員が必要である。査定や評価業務をできるだけ迅速に実行するために、地震後に人員の一時的な増加が必要になる場合がある。効果的な事前災害復旧計画は、これを達成するための手段となる。可能性としては、地震後に、需要の少ない業務のスタッフを需要の高い業務に再配置すること、民間部門の人員を一時的に雇用するプロセスを促進すること、近い地域との相互扶助協定を締結すること、域外の人員を確保することがある。復旧ベースの目標を可能にする適時の評価を促進するために、管轄には十分な人員配置能力が必要である。

(5) タスク 5.5: 建築物占有再開プログラムを開発、実施する

地震直後、人々は、建築物に戻るものが安全かどうかを知りたがっている。対応の1つとして、建築物の占有再開プログラムの開発や実施の推奨がある。建築物の占有再開プログラムについては、通常、地方管轄、建築物の所有者や主要なテナントが共同で責任を負う。民間の技術者が常駐し、地震発生直後から建築物の安全性評価を実施できるのが大きな特徴である。地震発生前に地元の工務店と契約することで、評価までの待ち時間を短縮でき、建築物が安全であれば、地方管轄の職員による建築物の検査を待たずに建築物を再入居することができる。

(6) タスク 5.6: 再占有を促進するための一時的な居住性の代替基準を開発する

事前災害復旧計画では、被災した住宅に関して、一時的な居住性に関する代替基準により、住民が自宅に留まることができるようにする必要がある。最低限の基準や代替となる居住性の基準は、修繕のために、居住者が立ち退くことを最小限に抑えるために、居住性に関する現行の建築基準を限られた期間、免除できる基準と手順を定めることを目的としている。基準の策定における課題としては、緩和された要件によるリスクの増加、特に余震の継続に伴うリスクと、混乱の減少や再占有までの時間の短縮による利点とのバランスをとることにある。

代替となる居住性の基準の策定では、リスクのトレードオフを慎重に検討しながら、建築物の担当者、緊急対応担当者等からの情報を考慮する必要がある。基準は、様々な種類の建築物や住宅を区別する必要がある。FEMA P-2055には、一時的な居住性の基準の例、一時的な基準を策定する際の課題、実施のオプションが示されている。

4.8 教育と財源で行動を可能にする

教育やアウトリーチの取り組みでは、様々な利害関係者について、現在の知識や認識の状況とともに、新しい考え方や行動を変える傾向を考慮する必要がある。地震後の再占有と機能復旧を促進する設計、建築、改修、事前災害復旧計画の実施には、官民による財源が必要である。

4.8.1 推奨事項 6: 地震のリスクと復旧ベースの目標の認識と理解を高めるための教育とアウトリーチを提供する

一般の市民や政府関係者の多くは、規定に基づき建築された建築物は、生命の安全以上のものを提供すると信じており、地震直後に、これらの規定に基づき建築された建築物を再占有できると考えている。しかしながら、現在の基準が復旧ベースの目標を念頭に置いて設計されていないことには気づいていない。同様に、地震直後に、ライフライン・インフラストラクチャー・システムのサービスが利用可能であると想定しているが、そうではない可能性を認識していない。リスクと利益に関する十分な情報に基づいた認識と理解によって、コミュニティは、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムをどのように新規に設計、建設すべきか、既存のものを推奨事項2から4に基づき、どのように改修、維持するか合理的な決定を下すことができる。

(1) タスク 6.1: 建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの利害関係者に、地震のリスクと復旧ベースの目標について教育する

一般に、教育の取り組みは、アクセス可能で実行可能な方法でリスクと解決策を伝えることに重点を置く必要がある。専門用語は正確ではあるが、認識と理解にギャップが生じ、専門用語に精通していない人々の行動の欠如を引き起こす。教育には様々な形があり、幼稚園児からのインタラクティブな学校プログラムから、一般の全ての人々を対象としたソーシャル・メディア・キャンペーンにまで及ぶ可能性がある。

利害関係者は、想定される様々な地震において、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムがどのように機能するかについて、透明性のある情報を必要としている。災害前の復旧計画の一環として、コミュニティのワークショップや会議を利用して、復旧ベースの目標について人々を教育し、優先順位を確認することができる。ワークショップには、様々なコミュニティの利害関係者が参加する必要がある。フォーラムでは、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者や運用者は、予想される復旧時間を共有する必要がある。教育活動に参加する人々は、リスク、減災の機会、

費用と利益、地震の被害を軽減するための基準やガイドラインを決定して採用する上での役割を理解する必要がある。

(2) タスク 6.2: 地震のリスクと復旧ベースの目標について、設計、建設業界の専門家を教育する

設計や建設業界の専門家や関係団体は、復旧ベースの目標に向けて重要な役割を果たし得る。最初のステップとして、設計や建設業界の専門家のための大学や大学院のカリキュラムを修正して、復旧ベースの設計概念を統合する必要がある。設計や建設業界の専門家は、現在、学校教育や認定資格を超えて、新しい情報を学んでいることと同様に、復旧ベースの目標について学ぶための継続的な教育を行う必要がある。

設計や建設業界の専門家団体の会議は、復旧ベースの目標に関する情報共有や教育に用い得る。また、教育セミナーやウェビナーを実施し、出席者に必要な継続教育単位を与え得る。設計や建設業界の専門家団体は、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの所有者や運用者に、地震後のサービス復旧の能力を向上させるよう助言する必要がある。団体の規定は、地震のリスクや復旧ベースの目標を参照するために見直されるべきである。

政府関係者、基準の担当者、運輸部門、公益事業等の関係者が、復旧ベースの目標に関する教育やトレーニングを受けることも考えられる。関係者は、個人として、また、専門家団体への参加を通じて教育を受けることとなる。これに加え、継続教育の機会にも参加する必要がある。機会としては、ウェビナー、専門的な会議、プレゼンテーション、省庁間のタスクフォース会議、地域の会議、連邦機関による国レベルでの資料等がある。

4.8.2 推奨事項 7: 復旧ベースの目標を達成するために必要な財源へのアクセスを容易にする

復旧ベースの目標に焦点を置くことは費用を要する。コストの負担者は、取組みに必要な財源が必要である。復旧ベースの目標に関連するコストは、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの新規の設計、既存の改修、損傷したものの修復における現在の安全ベースの基準に関連するコストよりも増加する。コストの増加は、事実上ゼロ（現在の設計により、復旧ベースの目標を満たす建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムが既に創出されている場合）から約3%（強化された耐震設計が必要な新築の場合）、また、既存建築物の改修において選択された復旧ベースの目標に応じて、さらに大幅な増加となることもある。

復旧ベースの目標に焦点を置くと、初期のコストが増加する可能性があるが、損傷や事業の中断に関連した将

来の損失は減少する可能性が高く、初期のコストの上昇を相殺することが期待される。また、地震後の復旧ベースの目標達成の可能性が高まることにより、保険料が下がり、資金調達コストが低下することから、運用コストも低下する可能性がある。具体的な費用やその費用の負担者に関わらず、復旧ベースの目標の実施には、十分に適時の財源が必要である。大地震発生可能性があるコミュニティでは、利用可能な災害前及び災害後の財源へのアクセスの調査、明確化、促進が重要である。

(1) タスク 7.1: 復旧ベースの目標を達成するための災害前の資金メカニズムを開発、展開する

社会経済的な地位に関係なく、より多くの人々が復旧ベースの目標を求めるためには、基本的な経済理論では、所有者のコストを削減するか、所有者の需要を増やすか又はその両方が提案される。需要のみでは、コミュニティのレジリエンスへの十分な行動につながらない可能性があり、行動に変化を引き起こすには、インセンティブが必要になる場合がある。復旧ベースのインセンティブの本質は、所有者のより高性能な建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの需要へのコストを削減することである。このため、金銭的インセンティブ、保険の割引、公共の支援により、所有者のコストを相殺する方法が挙げられる。様々なメカニズムが開発され、復旧ベースの目標の促進のために展開され得る。これらのメカニズムには、官民パートナーシップ、公共政策を通じたインセンティブ・システム、政府の助成金プログラム、税制、インセンティブ・ゾーニング等が挙げられる。

(2) タスク 7.2: 復旧ベースの目標を達成するための災害後の資金メカニズムを開発、展開する

地震後の財源への迅速なアクセスは、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの復旧ベースの目標に焦点を置いた地震前の設計、建設、改修を補完するものである。地震後の復旧を促進するために必要な財源を提供するために、災害後の追加の資金メカニズムの開発と展開が必要である。災害復旧に資金を提供するため、現在、米国では、連邦政府のプログラム、民間の借入と貯蓄、民間の開発者、慈善団体、民間の保険を組み合わせるものがある。多くの連邦政府機関が何らかの形の復興補助金やローンに関与しているが、主要な資金提供機関は、FEMA、住宅都市開発省（HUD）、中小企業局（SBA）である。政府の支援のほとんどは、公共の建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムを対象としている。民間企業の経営者は、通常、修理費用を保険や民間資金に依っている。民間資本のアクセスは、地震の被災者が修復を迅速に開始できるよう

に、貸し手や保険会社と提携することを奨励することで改善される可能性がある。民間資本に加えて、連邦政府によって提供されるものもある。

地震保険は、現在、加入は任意であるが、比較的低い割合となっている。建築物を耐震化した保険契約者は、保険料が安くなる場合がある。地震保険に関して、検査所要時間、高額の免責額、高額な保険料、補償範囲の制限、地震前の状態への再建に制限されている資金の問題に対処するために、さまざまな追加のメカニズムが採用され得る。保険会社は、多くの災害において、複数のハザードが同時に発生することや、相互の結果として発生することを認識して、マルチハザード保険を再考し、調査し、地理的な領域とハザード全体で、コストとリスクのバランスを取り得る。また、保険会社は、非政府組織や政府機関と提携して、マルチハザード保険をどのように管理できるか、導入にかかる費用はいくらか、住宅所有者や企業が保険の資格を得るにはどうすればよいか、

経済的に実現可能かどうかを調査し得る。

4.9 利害関係者の役割

地震後のコミュニティの復旧には、全ての利害関係者が参加する共同で包括的な計画が必要である。復旧ベースの目標を満たすための新規施設の設計や既存施設のアップグレードには、所有者、開発者、運用者、設計・建設業界の専門家、一般の人々からの意見が必要である。各推奨事項の実装における様々な利害関係者グループの潜在的な役割は、表-5にまとめられる。

4.10 実施のタイムライン

再占有と機能復旧の時間の観点から、建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムのパフォーマンスの向上には、全ての推奨事項にわたり調整された行動が必要である。表-6に、将来に向けて実行できる短期、中期、長期の活動のタイムラインが示される。

表-5 推奨事項の実施における様々な利害関係者の役割³¹⁾

推奨事項	連邦政府 (NEHRP 機関)	州政府, 地方政府, 部族政府, 準州政府	基準や標準の開発組織	計画, 設計, 建設の専門家, 業界団体	建築物とライフライン・システムの所有者, 開発者, テナント, 利用者, 一般市民
推奨事項 1 地震後の再占有と機能復旧の目標に関する枠組みを作成する	主導又は強力な支援	国の取組みへの参加, 地方の主導	強力な支援又は主導	参加	参加
推奨事項 2 復旧ベースの目標に適合するように, 新築建築物を設計する	支援	国の取組みへの参加, 地方の主導	技術開発の主導	開発への参加, 実施の主導	開発への参加, 実施の主導
推奨事項 3 復旧ベースの目標に適合するように, 既存建築物を改修する	支援	地方の開発と実施の主導	技術開発の主導	開発への参加, 実施の主導	開発への参加, 実施の主導
推奨事項 4 復旧ベースの目標に適合するように, ライフライン・インフラストラクチャー・システムを設計, 改善, 維持する	開発と実施の主導又は強力な支援	国の取組みへの参加, 地方の開発と実施の主導	強力な支援又は技術開発の主導	開発への参加, 実施の主導	開発の主導, 実施の主導
推奨事項 5 復旧ベースの目標に焦点をあてた事前災害復旧計画を策定, 実施する	強力な支援又は主導	地方の開発と実施の主導	開発の支援	開発への参加, 実施の主導	開発への参加, 実施の主導
推奨事項 6 地震のリスクと復旧ベースの目標の認識と理解を高めるための教育とアウトリーチを提供する	主導	主導又は強力な支援	強力な支援	強力な支援	参加
推奨事項 7 復旧ベースの目標を達成するために必要な財源へのアクセスを容易にする	強力な支援又は主導	強力な支援又は主導	支援	支援	参加

表-6 実施のタイムライン (Bonowitz, 2020 より) ³²⁾

タイムライン	行動
短期	<ul style="list-style-type: none"> ・ 行政による利用可能なツールとプラクティスの実施, 適用, 採用の主導 <ul style="list-style-type: none"> ○ 機能復旧の目標のための新築建築物の設計 ○ 再占有の目標のための既存建築物の改修 ○ 既存建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムのレジリエンス・ベースのインベントリ/評価を考慮したシナリオの計画により示される減災プログラム/優先事項 ○ 復旧を促進するための計画, プログラム, 方針の整備: 地震前の計画 (事業継続, 建築物の再占有計画, 相互援助協定, 保険) や地震後の対応 (安全性評価, プラカード, 許可, 一時的な居住基準) ・ 地域のライフライン協議会の設立 ・ 復旧ベースの目標のための目標時間や適切なハザードレベルの開発をサポートするための研究や技術調査 ・ 将来の復旧ベースの基準や標準をサポートするための研究や技術開発 (建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システム) ・ コミュニティ, 設計者, 開発者による自発的なイノベーション <ul style="list-style-type: none"> ○ イノベーション, 実施, 適応戦略を示す ○ アイデア, 課題, 可能な低コスト/無料の方策を提起する ○ 教育キャンペーンを通じて, 世論や政治的な意思を創出する ○ 対話を最小限の安全から復旧や全体的なレジリエンスに変える
中期	<ul style="list-style-type: none"> ・ より多くの地域のコミュニティと利害関係者がリーダーに従う ・ 多くの地域で復旧ベースの計画, 基準, プログラムが実施されている ・ 地域のライフライン協議会は, 復旧ベースの減災の取組みや地震後の対応計画を作成し, 調整する ・ 復旧ベースの目標のための目標時間, 設計ガイドライン, ハザードレベルを含む機能復旧フレームワークの初版 ・ 建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムの復旧ベースの基準や標準のモデルの開発への取組み ・ 地震からの復旧から, 他の災害からの復旧の促進の取組みへ ・ 復旧を焦点とした財源が, コミュニティで広く利用できる
長期	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国の機能復旧のフレームワークの完成 ・ 建築物とライフライン・インフラストラクチャー・システムに利用できる, 国民のコンセンサスが得られた復旧ベースの基準や標準のモデル ・ 地域のプログラムによる復旧ベースの基準や標準等の使用の推奨 ・ ベスト・プラクティスや成功事例による全国的な加勢と進捗

5. 建築物及び関連するライフラインの災害時における機能継続と復旧に関する考察

5.1 大規模災害等における建築物やライフラインの被害と復旧について

阪神・淡路大震災や東日本大震災においては, ライフラインの仮復旧や概ねの復旧は, 電気が最も早く, 上水道, ガス, 下水道が続いた。また, 大規模災害等の被害想定では, ライフラインの供給支障が, ほとんどの地域で解消されるまでの期間は, 首都直下地震では, 電力, ガス, 上水道, 下水道について約1か月, 南海トラフ巨大地震では, 電力が数日間から約1~2週間, 上水道, 下水道について約1か月, ガスについて約6週間などと想定されている。

これらのように, 俯瞰的なライフラインの概ねの復旧期間は想定されているが, 各建築物に着目すると, その被害の程度や地域の被災状況等によって, ライフラインの復旧までに要する期間は異なる。建築物が, 全壊や浸水等により使用困難な程度の被害は受けなかった場合であっても, ライフラインの供給支障により, 長期間にわたり, 建築物の使用が困難となる場合が相当発生することが想定されることから, その対応が重要である。

5.2 日本及び米国における建築物及び関連するライフラインの災害時の機能継続と復旧に関連する政策について

日本においては, 災害後の建築物の安全性の評価として, 被災建築物応急危険度判定, 被災建築物の被災度区分判定, 罹災証明のための被害調査等が行われる。建築

物の機能継続に関しては、防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン、業務継続のための官庁施設の機能確保に関する指針等において、建築物の耐震性の確保やライフラインの途絶等に対応した建築設備の機能確保のための対策等が示されている。ライフラインについては、電気、ガス、上水道、下水道において、それぞれ、被災時の機能継続や復旧のための計画の策定等が行われている。また、東京都は、地域防災計画において、ライフラインの復旧日数の目標を定め、目標達成の主な対策を示している。

米国の FEMA P-2090 / NIST SP-1254 の特徴的な内容としては、災害後の建築物の再占有とインフラの機能復旧に関して、復旧ベースの目標のための方針や設計基準の作成、適切なハザードレベルの決定という一連の流れや、機能復旧の時間の目標などをフレームワークとして位置づけていることが挙げられる。

また、復旧ベースの目標に適合するように、新築建築物の設計や既存建築物の改修、ライフライン・インフラストラクチャー・システムの設計、改善、維持を行うとしており、建築物とライフラインに関して、一貫したフレームワークや目標のもとに、対策を位置づけている。

さらに、復旧ベースの目標に焦点をあてた事前災害復旧計画を策定し、実施すること、復旧ベースの目標について、総合計画、緊急対応、土地利用、インフラ、輸送、住宅、経済開発、環境関連等の既存の計画に組み込むこと、コミュニティのレベルで減災計画に組み込むことが必要であるとしており、多様な分野における計画に反映することとしている。

事前災害復旧計画では、被災した住宅に関して、一時的な居住性に関する代替基準により、住民が自宅に留まることができるようにする必要があるとしている。

また、推奨事項の実施にあたって、各層の政府、基準等の開発組織、専門家、業界団体、所有者、開発者、テナント、利用者、一般市民等が、それぞれ果たすべき役割を提示している。このように、多様な分野において、多様な関係主体が連携、調整して、建築物及び関連するライフラインの災害時の対応を図ることを目指すものであることが特徴的である。

5.3 建築物及び関連するライフラインの災害時における機能継続と復旧に関する方策について

(1) 建築物やライフラインの強靱化

建築物を使用して、様々な活動が可能であるためには、建築物自体が使用困難な状態にならないこと、また、建築物を使用して活動するためのライフラインが利用できることが必要である。

災害によって、建築物が使用困難な状態となることを

抑制するためには、平時の事前対策として、災害時に建築物に加わる外力に耐え得るように、新規建築物を設計・施工すること、既存建築物の改修等を行うことが重要である。また、災害後に、建築物が使用可能であるかどうかを早期に確認されることが必要であり、応急危険度判定の迅速化のための仕組みづくりや技術の高度化等が重要である。さらに、被災した建築物の迅速な復旧が必要である。災害後に、FEMA P-2090 / NIST SP-1254 や FEMA P-2055 に示されるような一時的な基準の活用によって、より多くの建築物がより迅速に使用できるようになる可能性がある。

災害後にも、建築物を使用して活動するためのライフラインが利用できるためには、ライフライン自体が災害によって途絶されにくいものとする、途絶時にも迅速に復旧できるようにすることが重要である。ライフラインの強靱化が進められてきた一方で、これまでの災害では、多くの場合、ライフラインの途絶が発生していることから、現実的な対応として、建築物において、ライフラインの途絶時に、各自が生活を一定期間維持できるように備えることが重要である。電気、ガス、上水道、下水道といったライフラインの途絶に対して、代替手段は、バッテリー、非常用自家発電機、カセットガス、水、簡易トイレなどの備蓄による対応となる。例えば、CASBEE-レジリエンス住宅チェックリスト³³⁾においては、住まいのレジリエンス度を確認する項目として、停電時でも使用可能な電源の備え、暖房がなくても数日間しのぐ備え、断水時に数日間しのぐ飲み水の備え、断水時に数日間しのぐ生活用水の備え、災害後に数日間しのぐトイレの備えなどが挙げられている。このような備蓄による対応のほか、建築物内で、エネルギーの需給、給水、汚水処理等を自律的に確保するための設備や構造等のシステムでの対策も検討の必要がある。

これらの個別の取組みに関しては、備蓄可能量や、既存建築物の改修等が構造やコスト等の観点から容易ではないなどの課題を有する場合があります。災害時における機能継続や早期復旧には、ライフラインの強靱化が重要であることが改めて認識される。このため、建築物自体と建築物に関連するライフラインにおける対策を組み合わせることが必要である。

(2) 地区・都市のレベルにおける防災力の向上

建築物の単位や、建築物に入居する各家庭や各事業者等の単位で、ライフラインの途絶に備えることは、自助として基本的な対応となるが、個別の備えが限界となった場合に、近隣のサポートによる共助が重要となる。近隣の地区レベルで、ライフライン途絶時の対応が行われることにより、避難する必要がなくなる場合がある。これにより、避難による人流や交通の混乱や危険性の低減、

避難所の逼迫等の抑制につながり得る。

近隣の地区レベルでの対策として、FEMA P-2090 / NIST SP-1254 に示されるようなコミュニティによる地震時の継続プログラムや事前災害復旧計画の作成等が効果的であると考えられる。

また、都市は、行政の基礎的な単位であり、防災政策においても一義的な対応が求められることから、住民の居住継続において果たすべき役割は大きい。

地区や都市のレベルでの共助が効果的に実施されるためには、建築物単体、地区、都市の各レベルにおいて、ライフラインの供給元や、災害時にライフラインの供給がどのくらい維持されるのかなどを把握し、各レベルにおいて、ライフラインの機能継続や復旧の目標設定、対応方針の検討が重要であると考えられる。

(3) 多様な建築物における対応

災害時における建築物の機能継続については、防災拠点等となる建築物や官庁施設といった災害対応や復旧活動等に重要な役割を果たすことが期待される建築物について、ガイドライン等が示され、対応が進められている。防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドラインに示されるように、一般の共同住宅やオフィス等が被災後に継続使用できることは、避難所等の負担を減らし、強靱な地域の形成に貢献する。建築物の用途、規模、立地等により、災害時における機能継続のために必要な対応は異なる部分はあるが、既存のガイドライン等を踏まえて、一般の建築物においても、対応が進められることが重要である。

(4) 多様な関係主体の連携・調整

建築物には、所有者、管理者、占有者等の様々な主体が関わる。また、ライフラインも同様に様々な主体が関わる。様々な対象物や関係主体の間では、機能継続や復旧の目標や対応が異なる場合がある。FEMA P-2090 / NIST SP-1254 においては、全てのライフラインの整備を管理する単一の機関が存在しないため、地震後の再占有と機能復旧の目標に関する国レベルのフレームワークの必要性が高いこと、システムは相互依存関係があるため、一貫した基準が重要であること、ライフラインに関連する組織は、組織間の相互作用の改善や災害後の対応と復旧の強化のために、地域のライフライン協議会を設置する必要があることなどが示されている。このような建築物及び関連するライフラインの関係主体間の機能継続や復旧に関する目標や対応の連携、調整が重要であると考えられる。

(5) 各種災害への対応

地震、風水害、火山災害等の災害の種類や規模等によ

って、建築物及び関連するライフラインの被害の状況が異なる。また、被災範囲の広がりによって、機能継続や復旧のために必要な対応が変わる。南海トラフ巨大地震のように広域的な超巨大災害では、建築物やライフラインの被害が広範に及ぶことから、被災地域外からの応急、復旧活動の支援において、困難な状況が発生することが想定される。火山災害に関しては、例えば、富士山噴火による首都圏への影響として、降灰によって、建築物やライフラインにもたらされる被害は、地震や風水害とは異なったものとなる。このような降灰への対応として、例えば、桜島の火山活動が継続的に発生している鹿児島市への調査³⁹⁾によると、建築物において、降灰除去排水のための勾配をつけたバルコニー床面、目詰まりしにくい特殊なフィルタを採用した空調換気、灰の侵入を防ぐ窓やドアの開閉部の構造、灰のたまりにくい構造・形式等の対策が行われている。このように、様々な災害に関する被害の想定や、その特性を踏まえた機能維持や復旧のための取組みが求められる。

6. まとめ

本研究では、災害時の建築物及び関連するライフラインの機能継続や復旧について、大規模災害等における建築物やライフラインの被害や復旧の状況、被害想定を概観し、日本と米国における関連施策の分析等を行った。米国の FEMAP-2090 / NIST SP-1254 は、建築物及び関連するライフラインについて、復旧ベースの目標や設計基準等の共通のフレームワークの策定とそれに基づく対策を位置づけていること、建築物の再占有を促進するための一時的な代替基準を開発すること、復旧ベースの目標を様々な分野の計画に反映することなどが特徴的で、興味深い内容を含むが、近年、推奨オプションとして提示された文書であり、今後の運用状況等が注目される。

これらの分析を踏まえ、災害時における建築物及び関連するライフラインの機能継続・復旧の方策について、

(1) 建築物やライフラインの強靱化、(2) 地区・都市のレベルにおける防災力の向上、(3) 多様な建築物における対応、(4) 多様な関係主体の連携・調整、(5) 各種災害への対応の観点から考察した。

災害後に、より多くの建築物が活動に供することは、社会の様々な機能継続に寄与するとともに、建築物の使用困難に伴う避難の減少にも資するものである。避難の減少は、避難者本人の避難の負担、関係主体による避難所等の開設・運営の負担、避難所等への移動により生じる交通負荷等の軽減につながる。建築物及び関連するインフラの機能継続や復旧は、建築物における対策とインフラにおける対策を両輪で進めることが重要であり、多様な関係主体が連携して、社会のレジリエンスの向上に向けた取組みを進めていくことが重要である。

参考文献

- 1) パークシティ武蔵小杉ステーションフォレストタワー SFT1013 対応タスクフォース (2020): “台風 19 号被災原因調査及び再発防止策検討状況の報告”, <https://stationforesttower.com/wp-content/uploads/2020/03/SFT-Report-20200229.pdf>, pp.8-9 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 2) 国土交通省 (2020): “エレベーターの地震対策の取組みについて (報告)”, <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001354002.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 3) 総務省消防庁 (2006): “阪神・淡路大震災について (確定報)”, <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/assets/post1.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 4) 全国被災建築物応急危険度判定協議会: “応急危険度判定の実施状況”, <http://www.kenchiku-bosai.or.jp/nwcon017/wp-content/uploads/2019/12/hantei191220.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 5) 復興庁: “東日本大震災、阪神・淡路大震災及び中越地震の比較について”, <https://www.reconstruction.go.jp/topics/hikaku2.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 6) 兵庫県 (2022): “阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について”, <https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk41/documents/fukkyuufukkou0402.pdf>, p.1 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 7) 総務省消防庁 (2022): “平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) について (第 162 報)”, <https://www.fdma.go.jp/disaster/higashihon/items/162.pdf>, p.5 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 8) 総務省消防庁 (2013): “東日本大震災記録集”, <https://www.fdma.go.jp/disaster/higashihon/post.html>, pp.118-120 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 9) 前掲 8, pp.124-126 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 10) 前掲 8, pp.121-123 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 11) 中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」(2011): “東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会第 1 回会合 参考資料 2 被害に関するデータ等”, <https://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/1/pdf/sub2.pdf>, p.6 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 12) 中央防災会議 防災対策推進検討会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ (2013): “首都直下地震の被害想定と対策について (最終報告)”, https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/pdf/syuto_wg_report.pdf, pp.12-15 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 13) 内閣府政策統括官 (防災担当): “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/nankaitrough_info.html (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 14) 中央防災会議 防災対策実行会議 大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ (2020): “大規模噴火時の広域降灰対策について 一首都圏における降灰の影響と対策—富士山噴火をモデルケースに—”, <https://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/index.htm> 1 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 15) 国土交通省 (2019): “防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン”, <https://www.mlit.go.jp/common/001292551.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 16) 国土交通省 (2010): “業務継続のための官庁施設の機能確保に関する指針”, <https://www.mlit.go.jp/common/001145819.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 17) 国土交通省, 経済産業省 (2020): “建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン”, <https://www.meti.go.jp/press/2020/06/20200619003/20200619003-1.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 18) 内閣府政策統括官 (防災担当): “指定公共機関の防災業務計画”, https://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/gyomu_koukyou.html (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 19) 経済産業省, 高圧ガス保安協会 (2020): “LP ガス災害対策マニュアル (第 3 次改訂版 [改])”, https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/lpgas/anzen_torikumi/file_itakujigyou/2021_7_s.pdf (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 20) 厚生労働省 (2020): “危機管理対策マニュアル策定指針”, <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kikikanri/sisin.html> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 21) 厚生労働省 (2015): “水道の耐震化計画策定指針 (厚生労働省健康局水道課)”, <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/0000089462.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 22) 国土交通省 (2020): “下水道 BCP 策定マニュアル 2019 年版 (地震・津波, 水害編)”, <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001342056.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 23) 東京都防災会議 (2019): “東京都地域防災計画 震災編”, https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_001/000/359/2019honsatu_1.pdf (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 24) Federal Emergency Management Agency, National Institute of Standards and Technology (2021): “Recommended Options for Improving the Built Environment for Post-Earthquake Reoccupancy and Functional Recovery Time”, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1254.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 25) Congress.gov (2018): “Public Law 115-307, National Earthquake Hazards Reduction Program Reauthorization Act of 2018”, <https://www.congress.gov/115/plaws/publ307/PLAW-115publ307.pdf> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 26) The White House (2013): “PRESIDENTIAL POLICY DIRECTIVE/PPD-21, Critical Infrastructure Security and Resilience”, <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2013/02/12/presidential-policy-directive-critical-infrastructure-security-and-resil> (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 27) 前掲 24, pp.4-5 より作成 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 28) 前掲 24, p.85 より作成 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 29) 前掲 24, p.87 より作成 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 30) USDHS (2013): “National Infrastructure Protection Plan”, <https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/national-infrastructure-protection-plan-2013-508.pdf>, p.9 より作成 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 31) 前掲 24, p.71 より作成 (2023 年 2 月 8 日閲覧)
- 32) 前掲 24, pp.73-74 より作成 (2023 年 2 月 8 日閲覧)

- 33) 一般社団法人 日本サステナブル建築協会：“CASBEE-レジリエンス住宅チェックリスト”，
https://www.jsbc.or.jp/research-study/casbee/tools/resilience_checklist.html (2023年2月8日閲覧)
- 34) 政策研究大学院大学・建築研究所共催シンポジウム「火山災害への備え～トンガにおける2022年の火山噴火の被害実態，富士山噴火の被害想定等から考える～」(2023年1月16日)における岩下剛氏のプレゼンテーション資料

FUNCTIONAL CONTINUITY AND RECOVERY OF BUILDINGS AND RELATED LIFELINE INFRASTRUCTURE IN THE EVENT OF DISASTER, WITH REFERENCE TO US FEMA P-2090 / NIST SP-1254

Masaru SUGAHARA

This study provides an overview of damage to and recovery of buildings and related lifeline infrastructure in the context of past large-scale disasters and estimation of damage caused by several expected disasters. It also analyzes US FEMA P-2090 / NIST SP-1254, issued in 2021, and related measures in Japan. Characteristic aspects of the FEMA P-2090 / NIST SP-1254 include the development of a common framework and measures regarding recovery-based objectives and design standards for buildings and related lifeline infrastructure. It also describes the development of alternative standards for temporary habitability and the incorporation of recovery-based objectives into the planning of various stakeholders. In this study, the functional continuity and recovery of buildings and related lifeline infrastructure in the event of disaster are considered in relation to the enhancement of the resilience of buildings and lifeline infrastructure, improving disaster prevention capabilities at the city and district level, developing measures for diverse buildings, providing for coordination among various stakeholders, and responding to various disasters.