

多様化する自然災害リスクへの対応に関する一考察

副島 紀代 加藤 一紀
高田 祐希 樋口 俊一

Study on Diversification of Natural Disaster Risks

Michiyo Soejima Ikki Kato
Yuki Takada Shunichi Higuchi

Abstract

In recent years, interest in climate change and natural disasters has increased because of the increasing number of extreme weather events occurring worldwide. In Japan, these events have been mitigated for a significant amount of time. However, most of the infrastructure supporting our society are old and hence may be damaged by unexpected forces due to significant earthquakes or severe weather disasters. In addition, heat wave or heavy snowfall may be new disasters in the future. Therefore, it is necessary to understand the risks of natural disasters and reduce them to maintain a sustainable society. In this study, the characteristics of various natural disasters and their effects on infrastructure are analyzed, and response actions are considered.

概要

近年、世界規模で顕著な自然事象が増加していることから、気候変動や自然災害への関心が高まっている。自然災害の多い我が国においては、古来より様々な経験と知恵を蓄積し、災害の軽減に一定の効果を上げてきた。しかしながら、現代社会を支えるインフラ(社会基盤)施設はその多くが高度成長期に建設されており、切迫する巨大地震や激甚化する気象災害などにより設計時の想定を超える外力が作用する懸念が生じている。また真夏の猛暑や冬の豪雪なども、都市への一極集中や社会のデジタル化といった急速な社会環境の変化も相まって、新たな災害の形態を考えざるを得ない状況となってきた。社会全体の持続可能性を確保するためには、これらのインフラ施設に対する自然災害リスクを適切に把握し、低減していく必要がある。ここでは様々な自然災害について、その特徴とインフラ施設に対する影響を整理・分析し、今後の対応のあり方について考察する。

1. はじめに

近年、気候変動やそれに伴う自然災害への関心が世界的に高まりつつある。2018年10月に国連国際防災戦略事務局(UNISDR)が公表した報告書¹⁾によれば、1998年～2017年の20年間に発生した自然災害事件数は世界全体で7255件に上り、死者は130万人、経済損失総額は前20年間の2.2倍にあたる2兆9080億ドル(約330兆円)に達したとされている。また2020年1月に世界経済フォーラムが発表した「グローバルリスク報告書 2020年版²⁾」では、今後10年間に世界的に著しい悪影響を及ぼす可能性のあるグローバルリスクとして、「発生可能性が高いリスク」および「影響が大きいリスク」のいずれにおいても上位に「異常気象」、「気候変動の緩和や適応への失敗」、「自然災害」という項目が挙げられている(Table 1)。

地理的・地形的な諸条件から自然災害が発生しやすい環境にあり、これまでも様々な災害を経験してきた我が国も例外ではなく、近年は発生する自然的事象の頻度や強度が年々増大する傾向にあると言われている。

一方、私たちの社会を支える道路や鉄道、上下水道、ダム、港湾などの社会基盤(インフラ)施設については、その多くが高度成長期に整備されていることから、Fig. 1に

示すように建設後50年以上経過する割合が今後増大することが指摘されている³⁾。それに伴い、経年劣化による今後の維持管理・更新が課題になると共に、前述した自然災害に対するリスクの高まりも問題になっている。さらにICT技術の普及等による都市機能の高度化や人口の一極集中といった社会環境の変化に伴い、近年は自然災害による被害形態がより複雑化し、社会に与える影響も一層深刻さを増していると言える。

ここでは日本における自然災害の傾向を概観するとともに、今後インフラ施設等に影響を及ぼすと考えられるリスクを抽出し、その対応および課題について考察する。

Table 1 グローバルリスクの上位10位
Top 10 of Global Risks

(青字は自然災害に関係する項目)		
順位	発生可能性が高いリスク	影響が大きいリスク
1	異常気象	気候変動の緩和や適応への失敗
2	気候変動の緩和や適応への失敗	大量破壊兵器
3	自然災害	生物多様性の喪失
4	生物多様性の喪失	異常気象
5	人為的な環境災害	水危機
6	データ詐欺・盗難	情報インフラの機能停止
7	サイバー攻撃	自然災害
8	水危機	サイバー攻撃
9	グローバル・ガバナンスの失敗	人為的な環境災害
10	不動産バブル	感染症

出典：「グローバルリスク報告書 2020年版」²⁾を基に作成

2. 日本における最近の顕著な自然事象の傾向

我が国で災害を引き起こす顕著な自然事象の近年の特徴として、主に「現象の極端化」、「発生頻度の増加」、「過去に経験の少ない地域での発生」、「リスクとなる自然事象の多様化」の4つが挙げられる。以下にそれぞれの特徴について述べる。

2.1 現象の極端化

昨今は地球温暖化の影響で、極端な気象現象の発生が増大する傾向にあるといわれている。例えば気温の場合、1933年7月に山形で観測された40.8℃が我が国の観測史上最高記録であった。しかし21世紀に入り、2007年8月に岐阜県多治見で40.9℃を観測し、その後も2013年に高知県江川崎で41.0℃、2018年7月に埼玉県熊谷で41.1℃と記録が更新されている⁴⁾。(2020年6月現在)

降雨量についても、2011年台風12号では奈良県上北山村において72時間雨量1652.5mmという驚異的な雨量が観測された⁵⁾。さらに2019年10月の台風19号(令和元年東日本台風)による記録的な大雨では、神奈川県箱根で総雨量が1000mmに達したのをはじめとして、多くの地点で降水量の観測史上1位の記録を更新した⁶⁾。

2.2 発生頻度の増加

近年は現象の極端化だけではなく、その発生頻度も増加傾向にあるといわれている。Fig. 2はアメダス(気象庁の地域気象観測システム)が観測した1時間降水量80mm以上となる短時間強雨の年間観測回数のグラフであるが、約40年間での増加傾向が明瞭にみられる⁷⁾。

地震についても、我が国では兵庫県南部地震が発生した1995年前後を境に近年活動期に入ったとされ、社会に影響を及ぼす規模の地震の発生頻度が増えている。Fig. 3は過去50年間(1970年～2019年)に国内で発生した被害地震(何らかの被害を及ぼした地震)のうち、建物等に被害を生じた地震を抽出し、マグニチュードの大きさとともに時系列に示したものである⁸⁾⁹⁾。最近の25年間はその前の25年間と比べ、被害地震の頻度が増えているという傾向が認められる。また、近年はマグニチュードが6未満の被害地震が増えており、小規模でも影響の大きい内陸直下型の地震が増加していることも見て取れる。

2.3 過去に経験の少ない地域での発生

現象の極端化や発生頻度の増加に伴い、地域によっては住民が今まで経験したことのない規模の自然事象に遭遇する機会も増えていと考えられる。例えば2016年に発生した熊本地震の際には、被災した住民の多くが「まさかこんな大きな地震が起きるとは思っていなかった」と回答している¹⁰⁾。

また気圧配置や前線の動きといった気象条件も変わりつつある。その結果、台風が思わぬコースを辿ったり、例年と異なる場所で大雨が降ったりする事例が増えてい

る。例えば2016年8月には、北海道に3つの台風が相次いで上陸するとともに、東北地方の太平洋側(岩手県)にも別の台風が上陸した。これは気象庁が1951年に統計を開始して以来初めてのことであり¹¹⁾、北海道や岩手県では経験のない大雨による甚大な被害が発生した(Photo 1)。また2020年に発生した「令和2年7月豪雨」の際には、例年になく梅雨前線が本州付近に長期間停滞したため、九州を中心に総降水量が年降水量平年値の半分以上となった地点があるなど記録的な降雨量を観測した¹²⁾。

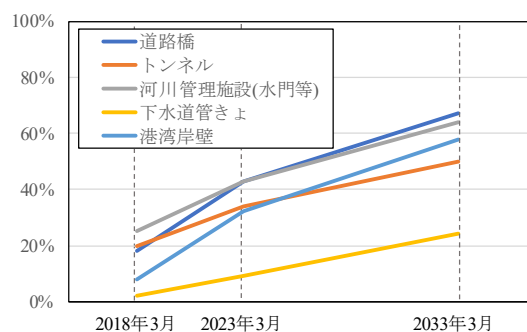


Fig. 1 建設後50年以上経過する社会資本の割合³⁾
Ratio of Infrastructures Over 50 Years after Construction

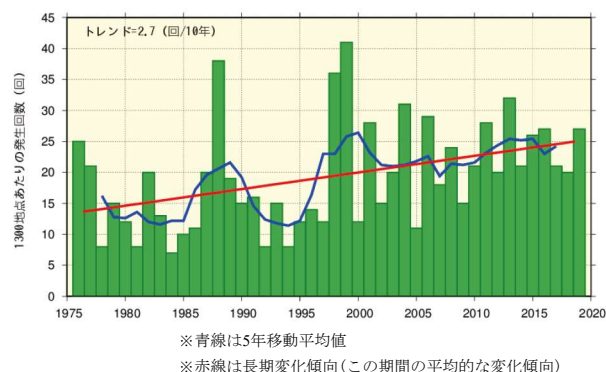


Fig. 2 全国の1時間降水量80mm以上の年間発生回数の経年変化(1976～2019年)⁷⁾
Secular Change in the Annual Number of Precipitation of 80mm or more per hour (in 1976-2019)

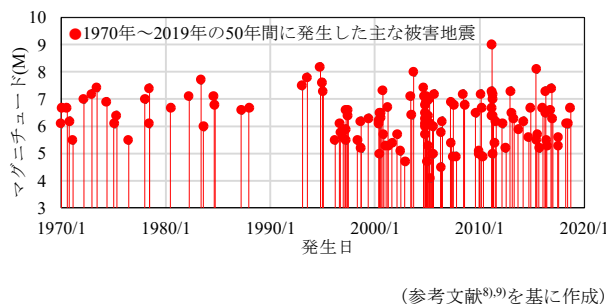


Fig. 3 国内の最近50年間の主な被害地震の発生状況(1970～2019年)
Occurrence of Major Earthquakes in Japan Over the Last 50 Years (1970～2019)

2.4 リスクとなる自然事象の多様化

豪雨や地震以外にも、最近ではさまざまな自然災害による被害が報告されている。2018年には噴火や大雪、台風による強風や高潮の被害も発生した。また、最近の夏場の気温の高さは「もはや災害級」と報じられることも多く、気象現象が極端化することで新たな災害リスクを生じることも考えられる。今後の気候変動なども考慮すると、現在は顕在化していないリスクも含め、多様な自然事象を対象に災害リスクを考えていく必要がある。

3. 自然災害によるインフラ施設への影響

様々な自然災害に対して、私たちの社会がどのような影響を受けるかを把握する必要がある。そこで、以下の12の自然事象を対象に、私たちの生活に欠かせないインフラ施設に生じ得る影響について、過去の被災事例を中心に整理した。

3.1 地震

地震による主なインフラ施設の被害としては、地震の揺れに伴う施設・設備の損傷、また液状化等の地盤変状による被害が主なものである。2011年東北地方太平洋沖地震の際は、地震に伴う大規模な津波被害やため池の決壊による水害が発生した¹³⁾。また2018年北海道胆振東部地震¹⁴⁾では大規模な土砂災害が発生し、水道供給の拠点となる浄水場が大きな被害を受けた(Photo 2)。

規模の大きな地震の場合には被害が広域に及ぶことも多く、事後の点検作業や被災箇所の復旧などに多くの人員と時間を必要とする場合も少なくない。さらに地震に伴い発生する停電・断水・通信途絶といったライフラインの停止が私たちの生活に及ぼす影響も大きいことから、近年は施設・設備等の直接被害だけでなく、社会全体への機能的な被害波及も問題となっている。

3.2 津波

津波による被害は、津波の流体力に起因する施設・設備の損傷と、浸水による被災という両側面がある。2011年東北地方太平洋沖地震による津波の際には、前者によって家屋などの建物をはじめ道路や鉄道の橋梁が流出したり漂流物の衝突による被害を受けたりした。港湾施設においても防波堤の破壊やコンテナの流出などの被害が生じている。一方、空港では滑走路や旅客ターミナル、地下アクセス路等の浸水による機能停止が生じた。

さらに大規模な津波の場合には、流出堆積物等が道路通行の支障になったり、大量の漂流物が港湾内に漂ったりするため、復旧活動にも影響を与える。

3.3 豪雨

豪雨による総雨量の増加は、大規模な河川氾濫を引き起こす。2019年10月の台風19号(令和元年東日本台風)では、20水系71河川の142箇所ですべて堤防が決壊、加えて多数の

河川で越水等による氾濫が発生し、流域に甚大な影響を及ぼした¹⁵⁾。さらにこの時は、損傷した河川堤防や橋梁等に埋設・添架された重要ライフライン管路が同時に被災する被害波及の事例も見られた¹⁶⁾。また総雨量の増加は、2013年に伊豆大島で発生した土砂災害¹⁷⁾や2014年の平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害¹⁸⁾のように、大規模な土砂・洪水複合災害を引き起こす原因にもなる。

一方で局所的な集中豪雨の際には、総雨量がそれほどでなくても短時間にまとまった雨が降ることから、一時的に地中に浸透できない雨水が下水道や中小河川に集中し、急激な増水や内水氾濫が発生する。2008年に神戸・都賀川で発生した水難事故¹⁹⁾や、東京・雑司ヶ谷の下水道幹線工事現場内での出水による作業員の死亡事故²⁰⁾は、このような急激な増水により引き起こされたものである。総雨量の増大傾向に伴い、近年は豪雨災害も地震災害と同様に影響の広域化や複合化が懸念されている。



Photo 1 2016年台風10号によるペケレベツ川の増水で流出した道路(北海道清水町, 読売新聞社撮影)
Road Damaged by Flood of the Pekerebetsu River due to a Typhoon Lionrock in 2016



Photo 2 胆振東部地震による土砂崩れで壊滅的な被害を受けた富里浄水場(北海道厚真町, 読売新聞社撮影)
Tomisato Water Purification Plant; Damaged by Large-scale Landslides Caused by the Iburu Eastern Earthquake

3.4 高潮

近年は勢力が衰えないまま日本に接近・上陸する台風が増えたことに伴い、台風時の高潮による被害も増えている。2013年11月にフィリピンを襲った台風30号では、最大で5～6mの高潮が現地を襲い、津波にも匹敵する甚大な被害を及ぼした²¹⁾。2018年台風21号では、大阪湾沿岸における高潮により、港湾施設や湾岸部のプラント等において、浸水による被害に加え、越波による防潮堤の破壊やコンテナ等荷役物の漂流、さらに他施設からの漂流物による被害が生じた。また浸水したコンテナの積荷(マグネシウムが水と反応)や車両(電子回路のトラッキング現象)から出火した火災も報告されている²²⁾。

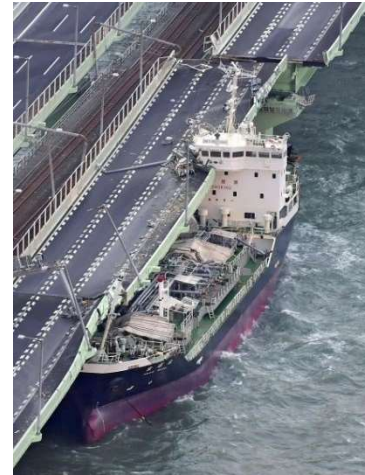


Photo 3 2018年台風21号による強風で関西空港連絡橋に衝突したタンカー(読売新聞社撮影)

A Tanker that Crashed the Kansai Airport Connecting Bridge due to Strong Winds Caused by Typhoon Jebi in 2018

3.5 強風

高潮同様、台風等に伴う強風も近年その強さを増してきている。2018年の台風21号の際には、強風で漂流したタンカーが関西国際空港の連絡橋に衝突し(Photo 3)、連絡橋の一部が損傷したことで、空港機能に大きな支障を生じた²³⁾。また2019年台風15号の際には、千葉県を中心に鉄塔の倒壊や倒木等が発生し、飛来物や倒木による電線・架線等の被害が多数に上ったことから復旧に時間を要したため、長期間にわたる停電が社会問題となった²⁴⁾。過去には1991年の台風19号の際、強風で巻き上げられた海水が送電施設に付着し、塩害による大規模な電気設備の機能被害(停電)を引き起こした例もある²⁵⁾。



Photo 4 竜巻で飛ばされたコンテナと倒れた鉄塔(宮崎・JR延岡駅構内, 読売新聞社撮影)

Flawed Container and Fallen Steel Tower by Tornado (JR Nobeoka St., Miyazaki)

3.6 竜巻

竜巻は大気の状態が不安定な条件下で発生するため、低気圧や前線、あるいは台風などに伴い生じることが多い。国内では竜巻の引き起こす突風による建屋の損傷や電柱の倒壊、また巻き上げられた飛来物の衝突による被害などが多く発生している。2019年に台風17号の接近に伴い宮崎県延岡市で発生した竜巻では、JR延岡駅構内で鉄塔の倒壊や貨物コンテナが吹き飛ばされる被害があった²⁶⁾。電柱の倒壊による停電は他のインフラ機能へ被害が波及する恐れもあり、実際に竜巻が多く発生するアメリカでは、2011年に竜巻による外部電源停止に起因する原子力炉の自動停止が2件発生している²⁷⁾。

3.7 豪雪

近年、いわゆる豪雪地帯ではない地域においても、短時間に多量の積雪を記録するような事例が増えている。日頃積雪を想定していない地域で急に積雪量が増加した場合には除雪が追い付かず、積雪によるトラフィカビリティ(車両走行性)の阻害や設備支障等による通行止めが発生し(Photo 5)、物流等にも大きな影響を与える。また積雪による施設・設備への荷重増加による影響も小さくなく、屋根の損傷や電線切断といった被害も生じる。



Photo 5 2014年2月の記録的な大雪で国道18号線軽井沢バイパスで立ち往生した車両の列(読売新聞社撮影)

Lines of Vehicles Stuck on Route 18 Karuizawa Bypass due to a Heavy Snowfall in February 2014

さらに、豪雪後に急な気温の上昇があると、短時間に多量の雪解け水が生じ、浸水害(融雪洪水)を引き起こす場合もある。

3.8 噴火

噴火によって発生する噴石や火砕流などは破壊力が大きく施設・設備にも大きな被害を引き起こすが、影響範囲は火口周辺に限られる。一方で、噴火による火山灰は広域に降り積もるため、インフラ施設に対する影響も大きなものとなる。降灰による主な影響としては、道路等のトラフィカビリティの阻害や設備支障および視界不良による交通支障、また積雪同様、火山灰堆積による施設・設備への荷重増加に伴う影響がある。2010年に発生したアイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル火山の噴火では、火山灰の影響により欧州各地で空港閉鎖や欠航が相次ぎ、運航再開まで1週間を要する事態となった²⁸⁾。

また、火山活動に伴う地盤変動によりインフラ施設が直接被害を受ける事例もあり、2000年に発生した北海道の有珠山噴火の際には、隆起や沈降などの地盤の変形に伴うトンネルや橋梁の被害が生じている²⁹⁾。さらに堆積した火山灰が降雨により流出し、泥流(火山泥流、ラハール)による被害も発生している²⁹⁾。

3.9 異常高温・異常低温

日本では2.1で述べた最高気温の上昇傾向だけでなく、Fig. 4に示すように近年は夏場の猛暑日の増加が問題となっている⁷⁾。熱中症対策もさることながら、設備・機器においても動作保証を超える温度になれば、故障等により機能障害を生じる恐れがある。

同様に、冬場の異常低温も課題のひとつとなっている。2016年1月に襲来した寒波は九州地方で近年にない最低気温を記録し、水道管の凍結による断水が西日本を中心に21府県の50万戸余りで発生し大きな影響を与えた³⁰⁾。

また、このような気象条件下では、健康維持のために冷暖房の使用が不可欠となるが、停電を引き起こす他の事象(例えば地震)との複合災害となった場合には、より深刻な被害が生じる恐れがある。

3.10 海面上昇

世界的に温暖化による海面上昇が危惧されており、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)によれば、1993年～2010年では世界の海面水位は1年間当たり平均で約3.2mm上昇しているとされる³¹⁾。海面上昇は、水温の上昇による海水そのものの膨張、南極やグリーンランドなどの陸上の氷床の融解がその主な原因となっている。

この海面上昇は津波や高潮に比べて緩やかな浸水ではあるが、海面が上昇すれば浸水の頻度は増し、今まで淡水だった地域が海水になるなどの影響が生じる。そのため、海沿いの施設ではそのリスクを長期的な視点で分析することが重要である。また、堤防や防潮堤などの施設についても、水位の見直しが必要となる場合がある。

3.11 雹・霰

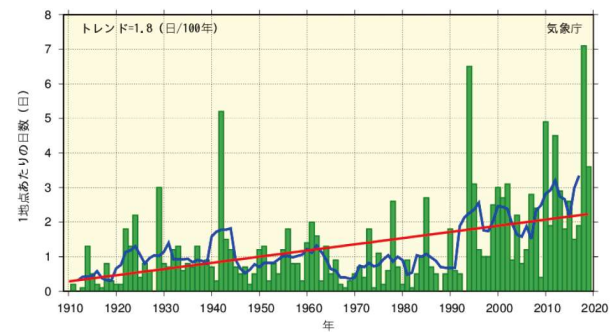
雹(ひょう)や霰(あられ)はいずれも雲の中で生成される氷の粒であり、直径が5mm未満のものは霰、5mm以上

のものは雹と呼ばれている。2017年7月には東京都豊島区付近で非常に激しい雷雨とともに大粒の雹が降り³²⁾、JR駒込駅ではプラットフォームの屋根が一部破損する被害が生じた(Photo 6)。一般的には家屋の庇や窓ガラス、農業用ハウス等の軽微な損傷が多いが、氷塊の大きさによっては、このように屋根や設備・機器の損傷などを生じる場合もあると考えられる。

また局地的に大量の雹が降った場合は排水に支障を来し、一時的に浸水被害を引き起こす場合がある。2014年6月に東京都三鷹市や調布市を中心に大量の雹が降り、深いところで30cm程度降り積もるとともに、床上浸水28件・床下浸水24件を引き起こした³³⁾。

3.12 雷

落雷による被害は例年多数報告されている。主なものは電気設備の故障や過電流による停電であるが、稀に構造物や道路・路面に損傷を生じることもある。また落雷による倒木等が送電設備の損傷(電線切断)を引き起こし、広域停電に繋がる場合もある。停電は被害波及効果が大きいため、他のインフラ施設の機能停止を引き起こすこともあり、対策が求められる。



※青線は5年移動平均値、赤線は長期変化傾向(Fig. 1に同じ)

Fig. 4 日最高気温35℃以上(猛暑日)の年間日数の経年変化(13地点平均、1910～2019年)⁷⁾

Secular Change in the Number of days with Daily Maximum Temperature of 35°C or more (Extremely hot day, in 1910-2019)



Photo 6 ホームの屋根が雹混じりの雨で破損(東京・JR駒込駅、読売新聞社撮影)

Damaged Roof of the Platform by the Hard Rain Mixed with Hail (JR Komagome St., Tokyo)

4. 自然災害リスクへの対応と課題

4.1 自然災害による影響要因

3章で述べた様々な自然災害によるインフラ施設への影響を、Fig. 5に示す災害リスクマトリックスを用いて整理した。主な影響の要因は、施設・設備の直接的な損傷と、それに起因する機能的な支障(ex.電線の破断による停電など)に大別することができる。これらを定量的に把握するためには、まず対象とする自然事象の規模を予測し、次にその事象によって生じる施設・設備の直接被害を予測することが重要である。さらに他の施設からの被害波及等も考慮し、要求される機能への影響を把握することも必要である。以下にそれらの対応について考察する。

4.2 想定する自然事象の予測

過去の被災事例や知見から、災害リスクとして想定すべき自然事象を特定するとともに、その事象がどの程度の規模で起こり得るのかを把握する必要がある。近年は数値解析技術の発展により、様々な自然事象に対する予測手法の精度も向上しており、それらを用いたシミュレーションも現象の把握に有効である。

一方、地震や洪水については、国や自治体が公表しているハザードマップを利用することもできる。例えば、Fig. 6は国が公表している洪水時の浸水想定区域図³⁴⁾であり、想定最大規模の降雨により生じる浸水域と浸水深が示されている。一方、Fig. 7はFig. 6と同じ地域の国土地理院による平成30年(2018年)7月豪雨の浸水実績図である³⁵⁾。実際に浸水したエリアはハザードマップで示された浸水域とほぼ重なっており、最近の浸水事例からも浸水ハザードマップの有効性が確認されつつある。

ただし、実際の自然現象が想定通り起こるとは限らない。対応を検討する際には、予測を上回ったり下回ったりすることも念頭におき、予測値の上下に幅を持たせた想定を行うことが重要である。また、現段階では予測精度や条件設定にまだ問題があり、定量的な把握を行うことが難しい事象もあるなかで、想定規模をどのように設定していくかが今後の課題である。

4.3 施設・設備の被害予測

自然事象による外力を定量的に予測できるものについては、個別の被害予測に基づき、より詳細に直接被害を把握することが可能である。例えば当社の開発した大規模高速化FEM解析ソフト「FINAL-GEO」³⁶⁾では、想定される地震の揺れに対して、地上部の橋脚や地中の基礎杭、トンネル部など、対象とする構造物のどの部分にどの程度の損傷が生じるのかを詳細に把握することができる。

この結果から、地震時の損傷の程度やそれに伴う機能低下、復旧の見通しをある程度定量的に予測することができる。一方で電気設備や精密機器など、外力による定量的な予測が現段階では難しいものもある。このような施設・設備に対する被害予測は今後の課題である。

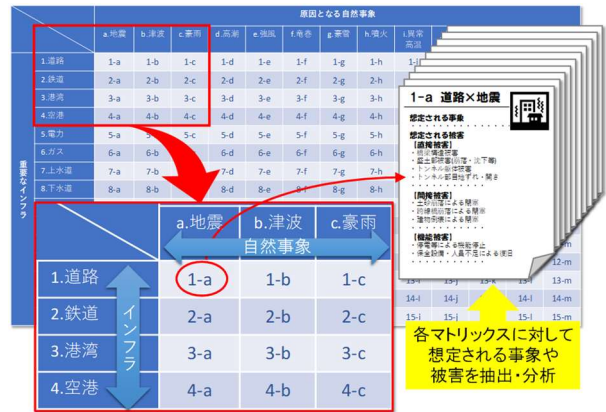


Fig. 5 インフラの災害リスクマトリックス
Image of The Matrix of Natural Disaster Risks to Infrastructures

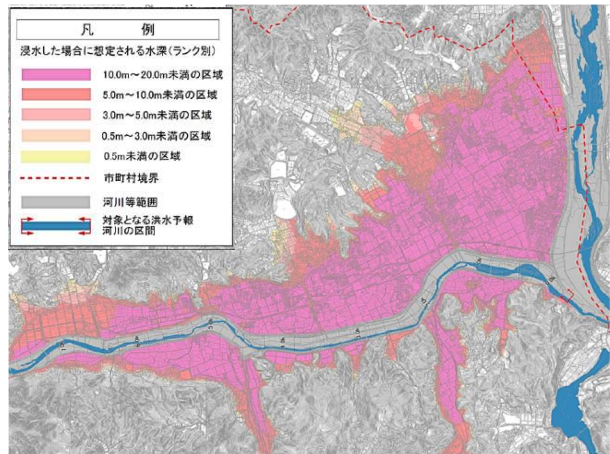


Fig. 6 高梁川水系小田川洪水浸水想定区域図³⁴⁾
(想定最大規模)

Flood Inundation Area Map of Odagawa in Takahashi River Water System (Maximum Estimation)

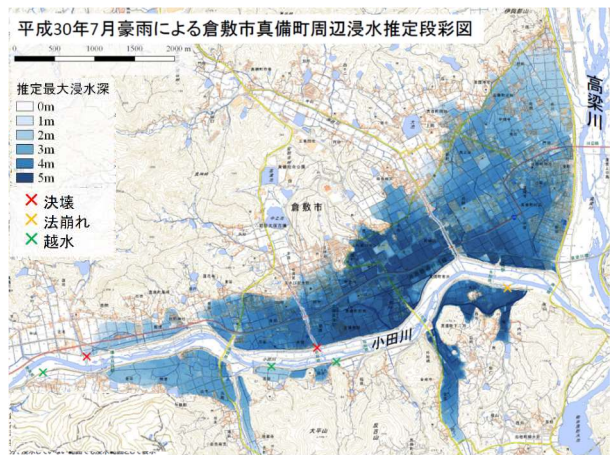


Fig. 7 倉敷市真備町周辺浸水推定段彩図³⁵⁾
(平成30年(2018年)7月豪雨)

Inundation Depth Estimation around Mabi-cho, Kurashiki city
(Heavy Rain in July 2018)

4.4 被害予測に基づく影響度分析

電力のようなインフラ施設の場合、「電力供給」という全体の機能(システム)を実現するために、発電所・送電線・変電所といった多数の施設・設備や資源(人、電気・ガス等のエネルギー、水、情報など)を必要としている。そのため、機能全体への影響を予測するためには、個々の被害予測とそれぞれの相関関係の把握が重要となってくる。例えばこれらの把握を助け、個別の被害が全体の機能に及ぼす影響を評価する方法のひとつとして、[事業継続影響度評価\(BCP対策選定支援システム\)](#)³⁷⁾がある。プロジェクト管理手法であるPERT/CPMを用いて、ある施設・設備の被害や、電力・水道といったリソース(資源)の不足が機能全体に及ぼす影響を的確に把握することで、より合理的な対策につなげることが可能となる。

4.5 対策の実施

想定する自然災害による直接的・間接的な影響が把握できれば、それに対して何らかの対策を行うことが可能となる。ただし対策を実施する前に、対策による効果やコストの検討が必要である。また、どの程度の自然事象までを対象に対策を行うか、という視点や、ある程度被害を許容した上で致命的な影響を避けるという考え方も重要である。

その際に有用となるのが各種シミュレーション技術である。例えば津波による浸水シミュレーションに避難シミュレーションを組み合わせた[津波避難シミュレーション](#)³⁸⁾では、防潮堤による浸水時間の遅延や誘導による避難時間の短縮で避難安全性向上に効果があることを定量的に示すことができる。また浸水予測シミュレーション³⁹⁾では、建物内や地下空間における浸水状況を把握することができ、避難計画に反映することが可能である。人命を第一に考えるには避難安全性の確保が必須であり、このような手法で対策の効果を検証することは、人的被害の軽減に大変役立つ。また、ハード対策だけでなく、警報や避難誘導、教育・訓練といったソフト的な対策の効果も、シミュレーションにより検証が可能である。

4.6 今後の課題

近年の被害事例から特に重要な課題として指摘されているのは、「広域災害」や「複合災害」への対応である。

2011年の東日本大震災、2018年の西日本豪雨、2019年の東日本台風は、国内で多数の都道府県が広域にわたり同時に被災するという、近年では例をみない大規模な災害であった。それまでの事業継続マネジメントでは、被災した場合に備えて、代替となる経営資源を準備しておくのが常套手段のひとつであった。しかし広域被災により、代替先も同時に被災する状況が多く発生し、今後の事業継続マネジメントのあり方に一石を投じた。

また2016年の熊本地震では、地震から2か月後に豪雨災害も発生し、異なる災害が同時期に(または連続して)発生した場合の複合災害についても、今後検討が必要とさ

れている。2018年北海道胆振東部地震や2019年台風15号の際には大規模な停電が発生したが、そこに夏の酷暑や冬の大寒波が重なれば、新たな被害を生む恐れもある。気候や社会構造などの変化も考慮すると、将来はさらに被害の形態も多様化してくるものと予想される。

一方、2019年末に最初の発生が報告された新型コロナウイルスによる感染症(COVID-19)では、2020年現在、日本全国、世界各地でほぼ同時期に感染拡大の影響が広がり、地球規模で広域災害の様相を呈している。それだけでなく、感染症の流行期に地震や水害等の自然災害が発生した場合には、複合災害としての新たな検討も必要となってくる。実際に2020年の台風シーズンには、感染防止対策に基づき避難所における避難者の収容人数を制限したところ、避難所の数が不足するという事態に直面した。さらに復旧のボランティアも他県からの募集を断念するなど、これまでの災害対応とは異なる対応を余儀なくされており、withコロナの時代における新たな災害対応の模索が始まっている。

さらにこのコロナ禍では、緊急事態宣言による社会活動の制限をどのタイミングで解除するかといういわゆる「出口戦略」についても難しい判断を迫られることとなった。これは火山噴火や地震の余震活動などに対する警戒対応においても共通する項目であり、今後の新たな課題の一つとして注視していく必要がある。

5. まとめ

自然災害の多い我が国においては、被害想定や防災対策に関する技術開発が進められており、従来型の災害に対してはある程度効果的な対応ができる能力を有していると考えられる。しかしながら昨今は社会環境の変化や、従来の想定規模を上回る自然事象の発生を踏まえ、新たな災害の形態を考えざるを得ない状況となってきている。

これからは気象変動や社会構造の変化に伴い、新しい形態の災害が発生する可能性があることも考慮した上で、総合的にリスクに対応することが重要である。今後も今回のコロナウイルスのように予測や対応の難しい事象が発生する可能性もあるが、時代の変化に追随し、自然災害による被害の軽減に努めていくことが必要である。

参考文献

- 1) 国連国際防災戦略事務局(UNISDR) : Economic Losses, Poverty & DISASTERS 1998-2017, 2018.10
- 2) 世界経済フォーラム : 第15回グローバルリスク報告書2020年版, 2020.1
- 3) 国土交通省, “社会資本の現状と将来～社会資本の老朽化の現状と将来”, 国土交通省, 2016, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html, (参照 2020-07-31)
- 4) 気象庁, “過去の気象データ検索/歴代全国ランキ

- ング” , 気象庁, 2020-07-31,
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/rankall>,
 (参照 2020-07-31)
- 5) 気象庁：災害時気象速報 平成23年台風第12号による8月30日から9月5日にかけての大雨と暴風, 災害時自然現象報告書 2011年第3号, 2011.11
 - 6) 気象庁：台風第19号による大雨, 暴風等 令和元年(2019年)10月10日～10月13日, 災害をもたらした気象事例, 2019.10
 - 7) 気象庁：気候変動監視レポート2019, 2020.7
 - 8) 日本地震学会, “日本付近のおもな被害地震年代表－20世紀後半(1951-)”, 公益社団法人日本地震学会,
https://www.zisin.jp/publications/document05_06.html ,
 (参照 2020-07-31)
 - 9) 気象庁, “日本付近で発生した主な被害地震(平成8年以降)”, 気象庁, 2020-07-31,
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/higai/higai1996-new.html>, (参照 2020-07-31)
 - 10) 東京消防庁 防災部 震災対策課：平成28年(2016年)熊本地震に伴う室内被害の実態調査結果, 2018
 - 11) 気象庁：平成28年台風第7号・第9号・第10号・第11号及び前線による8月16日から8月31日にかけての大雨及び暴風等, 2017.1
 - 12) 気象庁：「令和2年7月豪雨」の特徴と関連する大気の流れについて(速報), 気象庁報道発表, 2020.7
 - 13) 総務省消防庁：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160報), 2020.3
 - 14) 土木学会：2018年北海道胆振東部地震・大阪府北部の地震 被害調査報告書, 2019.9
 - 15) 国土交通省, “堤防決壊箇所一覧(令和2年4月10日9:00時点)”, 国土交通省, 2020-04-10,
<http://www.mlit.go.jp/common/001313204.pdf>, (参照 2020-07-31)
 - 16) 国際石油開発帝石株式会社, “台風19号の影響について(第二報)”, 国際石油開発帝石, 2019-10-29,
<https://www.inpex.co.jp/news/assets/pdf/20191029.pdf> ,
 (参照 2020-07-31)
 - 17) 土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会：平成25年10月台風26号による伊豆大島豪雨災害調査報告書, 2014.3
 - 18) 土木学会・地盤工学会：平成26年8月広島豪雨災害調査報告書, 2015.5
 - 19) 気象庁：大気の状態不安定による大雨と突風 平成20年(2008年)7月27日～7月29日, 2008.7
 - 20) 気象庁：大気の状態不安定による大雨 平成20年(2008年)8月4日～8月9日, 2008.8
 - 21) 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社：フィリピンにおける台風30号ハイエンの被害と忍び寄る高潮リスク, リスクマネジメント最前線 No. 50, 2013.11
 - 22) 国土交通省：台風第21号による被害状況等について(第12報), 2018.10
 - 23) 内閣府：令和元年度防災白書, 2019.7
 - 24) 東京電力ホールディングス株式会社：第7回電力レジリエンスWG 台風15号に伴う停電復旧対応の振り返り(中間整理), 2019.10
 - 25) 片山恒雄, 他：台風9119による大規模停電の都市機能への被害波及, 東京大学生産技術研究所国際災害軽減工学研究センター耐震防災工学研究室, Report No. 92-1(16), 1992.4
 - 26) 宮崎地方気象台：現地災害調査報告 令和元年9月22日に宮崎県延岡市で発生した突風について, 2020.2
 - 27) 森田正光, “川内原発を竜巻が襲ったら”, Yahoo! ニュース, 2014-07-17,
<https://news.yahoo.co.jp/byline/moritamasamitsu/20140717-00037459/>, (参照 2020-07-31)
 - 28) 株式会社損保ジャパンリスクマネジメント：アイスランド火山噴火と企業への影響, SJRMレポート Issue 36, 2010.4
 - 29) 廣瀬亘, 他：2000年有珠火山の噴火とその被害, 応用地質 第41巻第3号, pp. 150-154, 2000.8
 - 30) 中村幸司, “解説アーカイブス「どう防ぐ? 冬の水道管破裂」”, NHK, 2019-01-18,
<http://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/700/312832.html> ,
 (参照 2020-07-31)
 - 31) 環境省：パンフレット「STOP THE 温暖化」, 2017.3
 - 32) 東京管区気象台：平成29年7月18日の大雨と降ひょうに関する東京都気象速報, 2017.7
 - 33) 東京管区気象台：平成26年6月24日の大雨に関する東京都気象速報, 2014.6
 - 34) 国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所, “高梁川水系小田川洪水浸水想定区域図”, 岡山河川事務所, 2020-03-30,
http://www.cgr.mlit.go.jp/okakawa/bousai/hanran_sim/sim/pdf/L2/28_L2_oda1-1.pdf, (参照 2020-07-31)
 - 35) 国土交通省国土地理院, “平成30年7月豪雨による倉敷市真備町周辺浸水推定段彩図”, 国土地理院, 2018,
<https://www.gsi.go.jp/common/000208572.pdf>, (参照 2020-07-31)
 - 36) 米澤健次, 他：3次元大自由度モデルによる地盤－構造物連成系の地震応答FEM解析, 大林組技術研究所報, No. 76, 2012.12
 - 37) 副島紀代：地震被害予測に基づく事業継続影響度の評価方法, 大林組技術研究所報, No. 72, 2008.12
 - 38) 武田篤史, 他：津波避難シミュレーションを用いた地域の安全性向上, 大林組技術研究所報, No. 78, 2014.12
 - 39) 榎木康太, 他：地下空間への浸水シミュレーション技術の適用とその検証, 大林組技術研究所報, No. 84, 2020.12