

複合的な災害影響について

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.4 自然災害・沿岸域

省略：自然災害・沿岸域分野の各小項目

【複合的な災害影響】

自然災害・沿岸域分野では「河川」「沿岸」「山地」の3つの大項目で影響を整理してきたが、中でも平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨は、土砂災害と洪水氾濫という「河川」「山地」の両項目に関わる影響被害の深刻さを如実にあらわした。

ここでは、土砂災害と洪水氾濫、高潮と洪水氾濫など、複数の要素が相互に影響しあうことで、単一で起こる場合と比較して広域かつ甚大な被害をもたらす影響を「複合的な災害影響」と定義する。災害の外力となる総降雨量の大きい豪雨、勢力の強い台風などは、気候変動による発生頻度の増加が予測されている。複合的な災害影響の模式図を以下に示す。

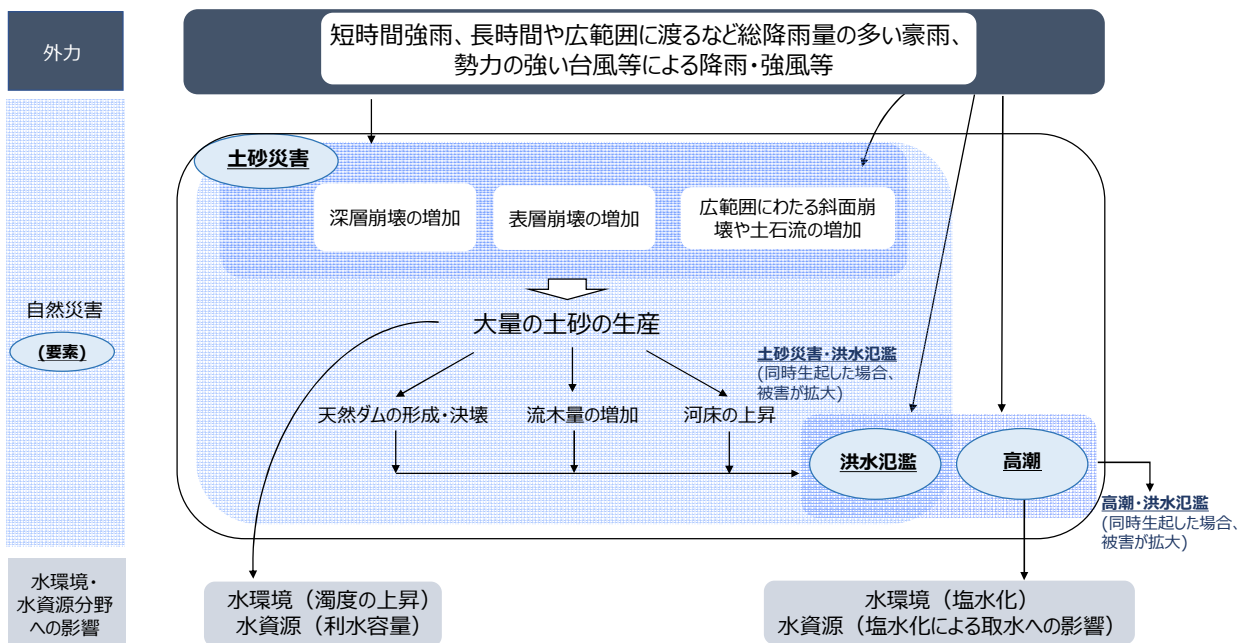


図 複合的な災害影響の模式図

なお、自然災害によるインフラ・ライフラインの途絶による影響など、ある影響が分野・項目を超えてさらに他の影響を誘発することによる影響の連鎖や、異なる分野での影響が連続することにより、影響の甚大化をもたらす事象（分野間の影響の連鎖）については、3.8で取り扱う。

(現在の影響)

平成29年7月九州北部豪雨では、広範囲にわたる斜面崩壊や土石流が直接的な災害の原因となったが、それに伴う多量の土砂が下流域に流出し、河川を埋め尽くすような河床上昇を引き起こすことで、甚大な洪水氾濫を助長する原因となった。このような崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害は

流域規模で発生する土砂災害の一つの形態といえる。また、崩壊によって発生した多量の流木は、溪岸や河岸の樹木の流木化と合わさって、下流域の被害を拡大させた。⁴¹¹⁰⁵⁹⁾

平成 30 年 7 月豪雨は、これまでの梅雨前線や台風による大事例と比べて、特に 2 (48 時間) ~ 3 日間 (72 時間) の降水量が記録的に多い地域が、普段雨の少ない瀬戸内地方を含め、西日本から東海地方を中心に広い範囲に広がっていたことが大きな特徴であり⁴¹²⁰¹²⁾、11 府県に特別警報が出され、災害として初めて特別非常災害に指定された。この豪雨には、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあったとされている。⁴¹²⁰¹²⁾ 記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生するなど、西日本を中心に被害が発生した。二級河川や支川などの中小河川のみならず、比較的流域面積の広い一級河川においても洪水氾濫が発生したほか、高梁川水系小田川等においてバックウォーター現象(本川と支川の水位が高くなる時間が重なって、支川の洪水が流れにくくなる現象)等により、両岸決壊や上下流での多点決壊が発生したことが報告されている。⁴¹¹⁰⁵⁷⁾ また、上流部で発生した土砂災害による大量の土砂が、継続する降雨により河川内に流入し続けたために、流速が比較的緩やかになる下流部に堆積して、河床上昇を引き起こすとともに、下流で土砂が氾濫したことにより、土砂・洪水氾濫が発生した。⁴¹¹⁰⁶⁰⁾

令和元年台風 19 号に伴う豪雨では、宮城県丸森町の内川、五福谷川、新川の平野部において土砂・洪水氾濫が発生した。五福谷川が最も顕著であり、河床の上昇、橋梁における流木の堆積が確認された。¹⁾ また、群馬県富岡市内匠地区においては、風化軽石層が斜面に沿って堆積(流れ盤状態の弱層)し、風化軽石層の上位は透水性の高い軽石や砂質火山灰土、下位は透水性の低い粘土の地質状況で、15~25 度の比較的緩い斜面で崩壊性地すべりが発生した。²⁾

一方で、「河川」、「沿岸」の両項目に関わる影響として、洪水氾濫と高潮氾濫の同時生起に伴う影響被害が想定され、たとえば 2018 年 21 号台風では淀川河口がそれを彷彿させる状況にはなったが、そのような影響被害の実例報告は今のところ確認されていない。

この災害による保険金支払額は 1 兆円を超えており³⁾、保険会社等からなる損害保険料率算出機構からは、自然災害による保険金支払いが増加していることや気候変動研究の成果から、火災保険の契約期間の最長年数を 35 年から 10 年に引き下げていることも報告されている。^{6017, 641005)}

(将来予測される影響)

土砂災害と洪水氾濫の複合的な災害影響や、深層崩壊の増加については、将来の可能性や予測に言及した研究知見がある。

総降雨量の大きい豪雨や数時間続く高降雨強度の豪雨の発生頻度に増加傾向がみられ、このような豪雨による土砂災害の激甚化が予想されている。また、土砂災害の形態・様相そのものの変化も懸念されている。例えば、これまで我が国では、土砂災害は深層崩壊によるものも発生しているが表層

¹⁾ 令和元年 10 月宮城県丸森町における土砂・洪水 宮城県丸森町における土砂・洪水 宮城県丸森町における土砂・洪水氾濫等氾

²⁾ 令和元年 10 月群馬県富岡市内匠地区における崩壊性地すべり

³⁾ 風水害等による保険金の支払い (https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/ctuevu000000530r-att/c_fusuigai.pdf)

崩壊によるものが多かった。しかし、今後、総降雨量の大きな降雨頻度の増大により深層崩壊が増えると大規模な崩壊による被害に加え、それが河川を堰き止め天然ダムを形成し、その後決壊すると下流に甚大な洪水被害をもたらす。また、広範囲に同時多発する表層崩壊・土石流の発生頻度の増加も予想される。これらの崩壊により供給された大量の土砂は河床上昇を引き起こし、二次災害や下流の貯水池堆砂の急速な進行をもたらす。さらに、深層・表層崩壊の増加に伴い流木量が増加し、家屋等への直接的被害、橋梁部等への集積・閉塞が洪水氾濫の新たな原因となる可能性がある。⁴¹¹⁰⁵⁹⁾

将来の潜在的な土砂災害の数を評価した研究によると、表層崩壊は21世紀末に現在と比較して20%増加し、深層崩壊は30%増加することが予測されている。^{複合災害-9)}

洪水氾濫と高潮氾濫の複合的な災害影響についても、将来の可能性や予測に関する研究知見がある。

気候変動により勢力の強い台風の出現頻度の増加が予測され、また、将来の降雨量の変化倍率は1.1~1.5倍と試算されており、高潮と洪水が同時生じた場合には、被害が拡大することが想定される。⁴¹¹⁰⁶⁰⁾

また、洪水と高潮が同年もしくは同日に発生する複合災害において、将来気候下の複合災害の年期待被害額は、2050年気候で約1.1~1.2兆円、2100年気候で約1.2~1.4兆円となる。被害額はそれぞれ1.4~1.5倍、1.5~1.8倍となることから、将来にかけて複合災害被害額は大きく増加することが予測されている。⁴¹¹⁰⁰⁶⁾

以上のような将来予測に関する知見や現在の状況を踏まえ、自然災害分野での土砂災害・洪水氾濫・高潮氾濫の複合的な災害影響の可能性についてまとめる。

極端な豪雨（総降雨量の大きい豪雨や数時間続く高降雨強度の豪雨、局所的に長時間にわたり停滞する線状降水帯による集中豪雨）は、流域に表層崩壊や土石流をもたらす。これが河床の上昇・流木量の増加につながる。また、表層崩壊に加え深層崩壊も予測され、これは天然ダムの形成につながる。こうした事象が下流域の洪水氾濫の拡大を助長する。また、これらが同時多発的に起きれば影響被害はさらに拡大する。

一方、洪水氾濫と高潮氾濫については、同時生じた場合の被害予測の研究例はあるもののこれまでに実際に起きた事例報告はない。しかし、このような影響被害の可能性も全くないとは言えず、今後は視野に入れていく必要性が指摘されている。さらに言えば、地理的条件次第では、土砂災害・洪水氾濫・高潮氾濫の全てが同時に起きることを想定しなければならない地域もありうる。

分野間の影響の連鎖について

3.8 分野間の影響の連鎖

前節までの各分野では、各分野の各項目において把握・予測される個々の影響に主眼を置いて整理をしてきた。

一方で、自然生態系とそれらを基盤とする人間社会の活動は、互いに様々な影響を及ぼし合いながら複雑な相互依存関係のもとで成り立っていることから、分野・項目を超えて気候影響が連鎖することが指摘されている。例えば、気候変動に伴う降雨パターンの変化や気温上昇は、生物の分布・個体群や生物季節を変化させ、生態系サービスを通して農業・林業・水産業分野などの他分野に連鎖することが知られている。

これらの事象については、影響の要因が複雑であるため、気候変動に起因するものであるかどうかは明確になっていないものもあるが、専門家の間では分野・項目を超えた影響の連鎖に着目することの重要性が議論されている。

そのため、本節では、ある影響が分野を超えてさらに他の影響を誘発することによる影響の連鎖や、異なる分野での影響が連続することにより、影響の甚大化をもたらす事象を「分野間の影響の連鎖」と定義し、分野横断的な視点で影響の関係性を整理した（図参照）。

連鎖の終点に着目して整理すると、分野間の影響の連鎖は、大きく健康への影響、農業・林業・水産業への影響、産業・経済活動への影響、国民生活への影響、インフラ・ライフラインの途絶による影響に分けられる。

健康への影響は、節足動物感染症リスクの増加（気温上昇に伴うヒトスジシマカ等の分布拡大（自然生態系分野））や、水系感染症リスクの増加（気温上昇に伴う水質悪化や内水氾濫による下水等への接触（水環境・水資源分野））、停電と猛暑が連続することによる熱中症搬送者数の増加（国民生活・都市生活分野）などが他分野との影響の連鎖によって引き起こされると考えられる。

農業・林業・水産業分野は、生態系サービスのうち供給サービス（自然生態系分野）を直接的に享受する分野である。そのため、気候変動により分布適域の変化や生物季節の変化、海洋一次生産量の変化などが起こると、その生態系から恵みを得ていた一次産業に影響が連鎖する可能性がある。また、極端現象に伴う斜面崩壊などによって、生産基盤そのものが被害を受ける事例も報告されている。

産業・経済活動のうち観光業は、スキーなどのレクリエーションの場して自然を活用する他、自然景観そのものを観光資源とするなど、生態系サービス（自然生態系分野）の文化的サービスの恩恵を受けている。海面上昇による砂浜の消失や、冬季の降雪量の減少による積雪深の不足は、自然を活用したレジャー・観光業に重大な影響をもたらす。

国民生活への影響では、サクラ・ウメの開花の早期化に代表されるように、気温上昇が生物季節の変化（自然生態系分野）をもたらし、その結果それらを鑑賞するための伝統行事や祭りの時期に影響が連鎖する。また、集中豪雨などによって河川等の水質が悪化すると、河川等から取水している水道システムに影響が連鎖し、国民生活に影響を及ぼす。

インフラ・ライフラインの途絶による影響は、土砂災害・洪水氾濫などの災害を通じて他分野に直接的な影響を及ぼす。特に、電力システムの途絶は農業・林業・水産業分野や産業・経済活動に甚大な影響をもたらす。また、通信システム、上下水道システム、廃棄物処理システムなどの途絶は、産業・経済分野だけでなく国民生活にも影響を及ぼす。実際に、平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年台風 21 号、令和元年 8 月前線に伴う大雨、令和元年の台風 15 号や台風 19 号が、自然生態系、農林水産業、産業経済活動、人の健康、国民生活等の分野に多岐にわたる甚大な影響をもたらした実態が確認されている。

インフラ・ライフラインの途絶による影響については近年特に社会・経済への影響が大きいことから、本節で近年の災害による被害状況や気象の概況について整理する。

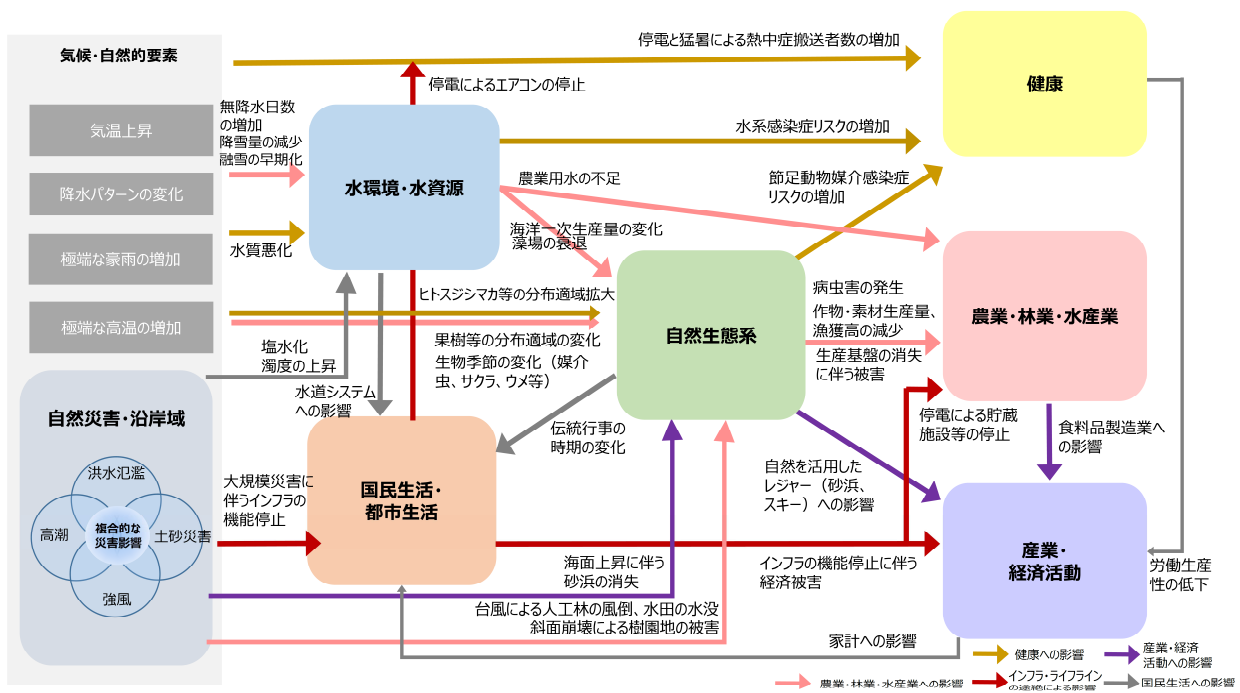


図 分野間の影響の連鎖の模式図

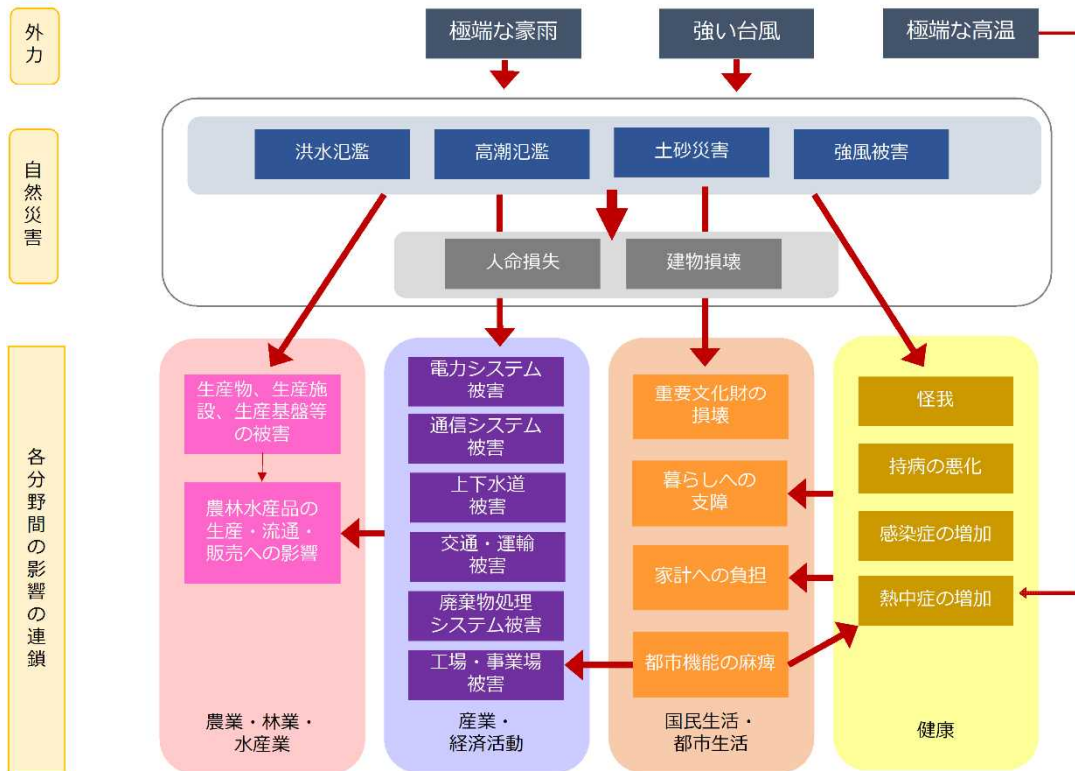
【インフラ・ライフラインの途絶に伴う影響】

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、記録的な豪雨に伴う土砂災害が下流域の洪水氾濫をさらに助長し、平成 30 年 7 月豪雨では、それに加えて土砂が河道を下流まで流れたことにより氾濫するなど、ある影響被害が他の影響被害を拡大させる状況が確認されている。また、令和元年の台風 15 号や台風 19 号では、台風に伴う強風や大雨が、人命損失・建物浸水・農林水産被害、工場・商業施設等被害などの直接的被害とともに、電力・通信・上下水道・運輸・廃棄物処理システム等のあらゆるインフラ・ライフラインの途絶等を引き起こし、これらがさらにまた国民生活や事業活動にはね返って甚大な影響をもたらしたことは記憶に新しい。

これらの影響被害は、起点となる外力の変化が気候変動に起因するものであるかどうかは研究により明らかにされているものもあれば、まだ明確には断定し難いものもある。しかし、これらの影響被害が気候変動によるものであったかどうかは現時点で明確でないとしても、極端な豪雨や勢力の強い台風の出現頻度の増加は一定の確度をもって予測されており、仮にこれらの予測のように外力が変化すれば、将来、同様の影響被害が増加する可能性も十分想定されると言うことはできる。

以上を踏まえ、このような極端な豪雨・台風等によるインフラ・ライフラインの途絶に伴う影響について、主に現在の状況で述べた台風被害の実態やこれを補完する専門家の考察に基づいて整理した（図参照）。

図 インフラ・ライフラインの途絶等に伴う影響の模式図



(現在の影響)

- 平成 29 年 7 月九州北部豪雨 (応用生態工学会・平成 29 年 7 月九州北部豪雨調査報告書)

今回の災害で、幾つかの河川は土砂で埋まり、そこに生息した魚類は壊滅的状态となり、そのような河川の生態系はリセットされたといっても過言ではないだろう。(中略) 長期的な生態系の回復のプロセスを受け入れ、継続的で長期にわたるモニタリングを行うことが重要だろう。(略)

- 平成 30 年台風 21 号

平成 30 年 9 月 4 日に「非常に強い」勢力を保ったまま徳島県南部に上陸し、その後兵庫県神戸市付近に再上陸した台風 21 号は、四国や近畿地方に記録的な暴風をもたらした。この台風はまた記録的な高潮ももたらし、接近・上陸に伴って近畿や四国の沿岸部では急激に潮位が上昇し、大阪では 1961 年の第 2 室戸台風の時に観測した過去の最高潮位を瞬間的に上回る値を観測した。さらに、四国や近畿、北陸周辺に台風本体の活発な雨雲がかかった。これらにより、樹木の転倒、建物屋根の飛散、床上・下浸水などの住宅被害、トラックの横転、建設現場の足場やクレーン、さらには、港のガントリークレーンの転倒など、多大な被害をもたらし、大規模な停電も発生した。大阪湾沿岸では、強風に伴う高潮被害、関西空港では浸水および漂流したタンカーの衝突による連絡橋の破損など、公共インフラ、土木構造物などにも多大な被害をもたらした。⁴また、この災害による支払保険金額は、約 9,698 億円にものぼる。⁵

- 令和元年 8 月前線に伴う大雨

[被害状況]

- ✓ 佐賀の鉄工所への浸水により工業油が流出し⁶、家屋への浸入がみられたほか、田畑にも流出し、農作物が廃棄となった⁷。
- ✓ 河川被害 (国管理河川で堤防決壊 12 箇所、県管理河川で堤防決壊 128 か所)、土砂災害 962 件

- 令和元年台風 15 号 内閣府・令和元年台風 15 号に係る被害状況等について)

[気象の概況]

台風の接近・通過に伴い、伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風、猛烈な雨となった。特に、千葉市で最大風速 35.9m、最大瞬間風速 57.5m を観測するなど、多くの地点で観測史上 1 位の最大風速や最大瞬間風速を観測する記録的な暴風となった。

(被害状況)

- ✓ 人的被害 (死者 1 名)、建物被害 (住家全壊 342 棟等)

⁴災害調査報告—平成 30 年台風 21 号による強風・高潮災害について— (京都大学防災研究所年報 第 62 号)

⁵平成 30 年台風 21 号および台風 24 号に係る各種損害保険の支払件数・支払保険金 (見込含む) 等について

⁶令和元年 8 月の前線に伴う大雨に係る被害状況等について

⁷佐賀新聞

- ✓ 河川被害（国管理の 10 河川で護岸損壊等、都道府県管理 4 河川で溢水・内水）
- ✓ 土砂災害 77 件
- ✓ 農業用ハウス・農作物・畜産用施設のほか農業用施設・家畜・樹体への被害
- ✓ 林地荒廃のほか、林道施設・特用林産物施設等への被害
- ✓ 漁具倉庫や漁具・漁船等への被害
- ✓ 農業・林業・水産業関連の合計被害額は約 815 億円（2019 年 12 月 5 日時点）
- ✓ 日本原子力研究開発機構大洗研究所敷地内の冷却塔の倒壊
- ✓ 君津市の石油コンビナート（日本製鉄(株)君津製鉄所）で燃焼放散塔の倒壊
- ✓ 大規模な倒木、土砂崩れ等による停電、停電による断水、停電や基地局の被災による通信障害
- ✓ 鉄道の運休や高速道路の通行止め等の交通網の停止による空港へのアクセス制限
- ✓ 停電による医薬品の製造・出荷の一時停止
- ✓ コンビナートからの希塩酸の一部海洋流出
- ✓ 浸水等による多量の災害廃棄物の発生

● 令和元年台風 19 号（内閣府・令和元年台風 19 号に係る被害状況等について）

〔気象の概況〕

台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。10 日からの総雨量は神奈川県箱根町で 1,000mm に達し、関東甲信地方と静岡県の 17 地点で 500mm を超えた。この記録的な大雨により、12 日 15 時 30 分に静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県の 7 都県に、12 日 19 時 50 分に茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県の 5 県に、13 日 0 時 40 分に岩手県に特別警報を発表した。

東京都江戸川臨海では観測史上 1 位の値を超える最大瞬間風速 43.8m を観測するなど、関東地方の 7 箇所でも最大瞬間風速 40m を超える暴風となったほか、東日本から北日本にかけての広い範囲で非常に強い風を観測した。また、12 日には千葉県市原市で竜巻とみられる突風が発生した。

〔被害状況〕

- ✓ 人的被害（死者 99 名）
- ✓ 河川被害（国管理河川で堤防決壊 12 箇所、県管理河川で堤防決壊 128 か所）、土砂災害 962 件
- ✓ 防災重点ため池や防災重点以外のため池で、決壊や損傷の被害
- ✓ 農業用施設等への被害や農地の損壊のほか、農作物、農業・畜産用機械、農業用ハウス等への被害
- ✓ 林地荒廃のほか、林道施設、木材加工・流通施設、治山施設、特用林産物施設等への被害
- ✓ 漁港施設、共同利用施設、水産物、漁具等への被害、海外漂着物による被害
- ✓ 農業・林業・水産業関連の合計被害額は約 3,181 億円（2019 年 12 月 12 日時点）
- ✓ 暴風雨で倒木・飛来物等が配電設備を損傷したことによる停電
- ✓ 道路崩壊等に伴う水道管破損による断水、浄水場への濁水流入による断水、河川増水に伴う

浄水場・ポンプ場水没による断水、停電による断水、橋梁添架の水道管の流出

- ✓ 浄化センターの浸水による下水処理機能の停止
- ✓ 長野車両センター留置中の北陸新幹線車両の浸水に伴う運転見合わせ
- ✓ 国宝・重要文化財等の物的被害
- ✓ 浸水等による金融機関店舗や郵便局の営業停止

(将来予測される影響)

極端な豪雨や勢力の強い台風に伴う強風・豪雨によって、まず、洪水氾濫・高潮氾濫・土砂災害・強風被害といったいわゆる自然災害が発生し、人命損失や建物損壊等の直接的被害が生じる。同時に、こうした自然災害は、複数の分野に一気に影響を及ぼすため、重大である。例えば、水環境や水資源（地下水・水循環）等の物理的な自然環境に変化をもたらす、自然生態系にも生物の生育・生息地の消失等の形で直接的被害をもたらす可能性がある。農業・林業・水産業においても、農作物・林地・水産物といった生産物そのものや各種の生産施設・設備、生産基盤等への直接的被害が発生し、さらに、工場・商業施設等の産業施設や、電力・通信・上下水道・運輸・廃棄物処理システム等のあらゆるインフラ・ライフラインにも浸水・損壊・途絶等の直接的被害をもたらす。

国民生活や事業活動の基盤であるインフラ・ライフラインへの影響被害をもたらす更なる波及影響は極めて甚大で、国民の日常的な暮らしに停電・断水等の形で支障を与え、様々な事業者の製造・流通・販売等の事業活動にも深刻な打撃となる可能性がある。また、インフラ・ライフラインにおける影響被害は、農業・林業・水産業等の一次産業に対しても停電・断水・流通途絶等で同様に波及的な影響をもたらしかねない。

自然災害は、人命損失だけでなく、国民の健康にも影響を及ぼす可能性がある。例えば、避難生活の長期化に伴う持病の悪化や感染症の発症等の拡大が想定される。なお、梅雨や台風の時期は、極端な高温日と重なる可能性が少なからずある。実際に、令和元年台風15号通過の翌日には、大規模停電の影響を受けた千葉県において、高気温の程度が同様の東京都に比べてはるかに多くの熱中症救急搬送者数が報告されている。このように、梅雨や台風による甚大な自然災害と高温とが重なれば、新たな人命損失を招きかねず、今後、防災面の検討に際してはこのような事態も想定していく必要がある。

以上の連鎖の可能性は、研究に基づく知見だけでなく専門家の判断・考察により補完している部分もあるが、このような影響・リスクの可能性を排除せず、想定しておくことが今後気候変動影響に備えていく上で重要になる。なお、ここでは、あくまで極端現象による影響被害に着目をしてまとめており、漸進的変化（年平均気温の上昇、海面上昇等）による影響被害は包含していないことに注意が必要である。

