

自然・社会環境の変化に順応的な治水対策を目指して



河川政策グループ 首席研究員
柳澤 修



河川政策グループ 主任研究員
岡部 真人

1 はじめに

我が国は、急峻な地形で平野が狭い地形特性とアジア・モンスーン地域に属する気候の特徴を有し、河川の堆積作用で生じた平野（氾濫原）に人口や資産が集積していることから、国土保全上また国土利用上の観点から治水対策が極めて重要である。このため、計画的な治水投資により堤防やダムなどの治水施設整備が段階的に行われ、十分とは言えないものの、現在の安全・安心な生活と経済活動を支える安全基盤が形成されてきた。

ところで、一般に、「水害リスク」は河川氾濫や内水氾濫等による水害の「発生確率」とその「被害規模」の組合せによって表現される。「被害規模」は災害外力（ハザード）と人口、資産、社会経済活動といった被害対象（エクスポージャ）及び被害対象の災害外力に対する脆弱性（バルネラビリティ）によって決定される。

例えば、ハザードは気候変動により増大する可能性が高く、バルネラビリティは高齢化により増加することが想定される。エクスポージャは、都市部への人口集中により増加することが想定される。これは、時間経過に伴いリスクが変化することを示しており、そのリスクに対応する対策の組合せも変化していく必要があることを示唆している。

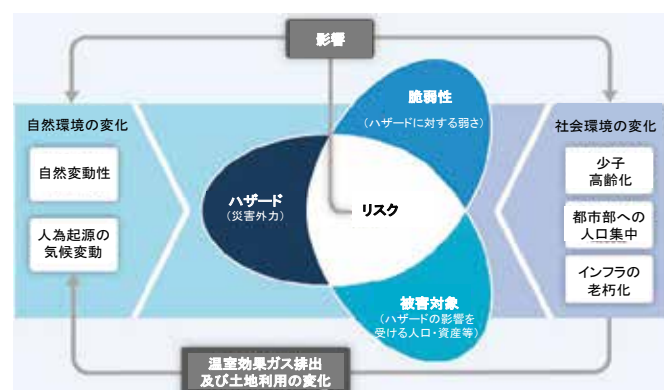


図-1 リスクの定義（IPCCの図面にJICE加筆）

2018年6月、世界最大の再保険引受け組織である英国のロイズ保険組合がLloyd's City Risk Index¹⁾を発表した。これを水関連災害に関するリスクランキングに整理したものが表-1である。左欄に示すように、世界の主要都市と比較すると、日本の大都市の年当たりのGDPに対する水関連災害の経済的損失の合計額は非常に大きく、東京はワースト3位、大阪は同5位、名古屋は同21位、福岡は同27位であり、日本の大都市は水関連災害のリスクが高いと評価されている。また、右欄に示すように、大規模な洪水、台風、津波による経済的損失額も世界中の都市と比較すると非常に大きい。

近年、毎年のように全国各地で観測史上初、統計史上初といわれる未曾有の豪雨による水災害が発生しており、ひとたび、想定最大規模の降雨による巨大洪水が発生すれば、甚大な人的被害に加え、莫大な資産、経済、財政的損失を被るとの想定²⁾もあり、脆弱な国土の上に成り立つ日本においては、できるだけ自然災害に対するレジリエンスを高める必要がある。

今後、高齢化の一層の進展、都市部への人口集中と人口減少、気候変動に伴う豪雨の頻発や激化等の自然災害の激甚化が予測される状況において防災・減災は喫緊の課題であり、自然・社会環境の変化に対応した順応的な治水対策である洪水被害軽減マネジメント計画（ビッグピクチャー）について一案を示すこととする。

表-1 水関連災害に関するリスクランキング

順位	都市名	GDP@Risk : GDP に対する年間平均損失 (単位 10 億ドル)				極端なシナリオ予測によるその都市の GDP 損失 (単位 10 億ドル)					
		洪水	台風	津波	合計	洪水	順位	台風	順位	津波	順位
1	台北	0.53	7.97	0.00	8.50	140.24	17	145.08	9	0.00	7
2	マニラ	0.44	7.39	0.04	7.87	135.74	18	177.98	4	23.04	5
3	東京	1.94	3.35	0.39	5.68	762.03	3	175.27	5	240.66	1
4	杭州	0.32	4.38	0.00	4.70	127.88	19	163.84	7	0.00	7
5	大阪	1.63	2.56	0.16	4.35	320.23	9	73.65	16	101.13	3
6	寧波	0.25	3.41	0.00	3.66	99.50	21	127.60	11	0.00	7
7	廈門	0.11	3.25	0.00	3.36	46.27	26	59.21	19	0.00	7
8	上海	0.91	2.38	0.00	3.29	369.67	8	119.07	12	0.00	7
9	蘇州	0.23	2.93	0.00	3.16	189.03	15	242.22	2	0.00	7
10	ソウル	0.44	2.63	0.00	3.07	149.91	16	172.40	6	0.00	7
11	東莞	0.13	2.80	0.00	2.93	81.97	23	104.96	13	0.00	7
12	ニューヨーク	2.47	0.00	0.00	2.47	1298.34	1	0.00	26	0.00	7
13	深圳	0.37	1.73	0.00	2.10	227.06	13	197.27	3	0.00	7
14	ロサンゼルス	1.94	0.00	0.07	2.01	795.93	2	0.00	26	165.60	2
15	広州	0.39	1.54	0.00	1.93	238.57	12	77.04	15	1.45	6
16	無錫	0.01	1.71	0.00	1.72	2.65	30	141.52	10	0.00	7
17	ヒューストン	1.49	0.19	0.00	1.68	392.48	7	59.40	18	0.00	7
18	メキシコシティ	0.42	1.23	0.00	1.65	256.68	11	334.99	1	0.00	7
19	ロンドン	1.64	0.00	0.00	1.64	505.52	6	0.00	26	0.00	7
20	釜山	0.16	1.29	0.00	1.45	33.91	28	39.00	23	0.00	7
21	名古屋	0.48	0.83	0.10	1.41	189.37	14	43.55	21	59.81	4
22	常州	0.17	1.05	0.00	1.22	68.04	24	87.14	14	0.00	7
23	パリ	1.16	0.00	0.00	1.16	606.60	4	0.00	26	0.00	7
24	南京	0.31	0.76	0.00	1.07	124.37	20	159.34	8	0.00	7
25	マイアミ	0.64	0.33	0.00	0.97	262.83	10	39.79	22	0.00	7
26	シカゴ	0.97	0.00	0.00	0.97	510.42	5	0.00	26	0.00	7
27	福岡	0.23	0.71	0.00	0.94	89.03	22	20.48	25	0.00	7
28	大邱	0.06	0.81	0.00	0.87	21.25	29	24.43	24	0.00	7
29	サントドミンゴ	0.11	0.73	0.00	0.84	50.19	25	71.78	17	0.00	7
30	南寧	0.11	0.69	0.00	0.80	44.71	27	57.22	20	0.00	7

注) 水関連災害に関するリスクランキングは、Lloyd's City Risk Index (2018)¹⁾ で公表されている世界 279 都市のデータを用いて、水関連災害（洪水、台風、津波）リスクが高いワースト 30 都市を JICE において抽出したものである。

2

最近の豪雨災害の特徴

2.1 近年の豪雨災害

我が国では、近年、水災害が頻発化・激甚化しており、ここ数年を振り返っても、関東・東北豪雨災害（平成 27 年 9 月）、観測史上初めての北海道へ上陸した 3 つの台風、東北地方へ太平洋側からの上陸した台風による豪雨災害（平成 28 年 8 月）、九州北部豪雨災害（平成 29 年 7 月）など毎年のように甚大な豪雨災害が発生している。平成 30 年も 7 月豪雨のような西日本一帯に影響を与えた豪雨災害が発生しており、従来、見られなかったような被災事例も散見される。ここでは平成 30 年の豪雨災害を振り返ることで、最近の豪雨災害の特徴に注目した。

2.2 平成 30 年 7 月豪雨（前線及び台風 7 号）

「平成最悪の水害」と報道された平成 30 年 7 月豪雨では、西日本一帯を中心に多くの地域で河川の氾濫や浸水被害、土砂災害が発生し、死者数 200 人を超える甚大な被害となった。全国で上水道や通信等のライフラインに被害が発生した。岡山

県総社市では、アルミ工場が浸水により溶解炉内で爆発、火災が発生するといった従来見られないような被害が発生した。また、自動車メーカー等でサプライチェーンの寸断により操業を休止に追い込まれた。

インフラへの影響として、電力では、中国電力で延べ 18 万 8,000 戸、四国電力で延べ 1 万 6,615 戸で停電が発生したほか、上水道の断水が広島県、愛媛県、岡山県他 9 府県で発生した。高速道路では、西日本高速道路管内で最大 2,299km が一時通行止めとなった。鉄道では、7 月 7 日に 32 業者 115 路線で運転休止が生じ、施設が被災した路線は北海道から九州まで全国的に見られた。特に被害の大きい中国・四国地方においては、10 月 30 日時点で鉄道の運行が再開していない区間もある。

農林水産省によると、10 月 24 日時点で農林水産業関連の被害額は約 3,033 億円に上ると発表されている。

2.3 台風 12 号

インターネット上で「逆走台風」などと呼ばれ話題となった台風 12 号は、7 月 28 日に日本列島に東側から接近して本州を西に進む珍しい経路を辿り、海沿いを走る国道 135 号では、

神奈川県内で高波により冠水し、搬送中の救急車や救助に向かう警察車両等を含む複数の車両が巻き込まれたほか、静岡県熱海市のホテルのレストランの窓ガラスが高波で割れるなどの被害が生じた。

2.4 台風 21 号及び北海道胆振東部地震

9月4日に西日本を縦断した台風21号は、近畿・東海・北陸・北海道を中心に記録的な暴風となったほか、大阪湾と紀伊水道の沿岸では記録的な高潮となり、風や高潮による被害が多く発生した。

インフラへの影響として、電力では、関西電力で延べ約224万7,000戸が停電、中部、北陸、北海道でも停電が発生した。交通への影響としては、関西国際空港で、高潮により第1ターミナルビルが浸水、停電するとともに、タンカーが連絡橋に衝突し、空港は全面閉鎖、孤立状態となった。その後、9月21日にはおよそ99%の旅客便、86%の貨物便が復旧した。この影響で、関西国際空港から航空便で輸出をしている国内企業が、他の空港へ振替の対応に迫られるなどの影響が発生した。

北海道では倒木、停電など被害をもたらした台風21号の翌日にM6.7の地震が発生した。

農林水産業への影響としては、東北、北海道など各地で果樹の落果や飼料作物の倒伏被害が発生した。

2.5 台風 24 号

9月30日に和歌山県田辺市付近に上陸し列島を縦断した台風24号では、雨や風だけでなく、海水が巻き上げられたことによる「塩害」により大規模な停電や鉄道の運行停止、農作物への被害が大きな問題となった。中部電力は台風24号による停電は119万1,310戸と発表し、中部電力管内では平成に入って最大の停電となった。

台風の接近に備え、JR各社は新幹線や在来線で「計画運休」を実施、関西国際空港も滑走路を閉鎖するなど、各地の交通は大きく乱れた。大手物流会社では集荷や配達の取止め、物流施設を停止した。大手百貨店では関西圏の店舗を中心に臨時休業したほか、首都圏でも閉店時間を早めた。

3

治水対策を取り巻く 自然・社会環境の変化

3.1 気候変動による水災害への影響

2014年11月に公表されたIPCC第5次評価報告書・統合報告書において、気候システムの温暖化に疑う余地はないことが示された。世界の一部の地域では気候変動の影響が顕在化しつつあり、今後さらに深刻化するおそれがあることから、我が国では災害や異常気象による被害を軽減することなどを目的とした「気候変動適応法」が2018年6月6日に成立し、12月1日に施行することが政令により公布された。

気候変動による将来の気温上昇を、2015年12月の気候変

動枠組条約第21回締結国会議（COP21）で採択されたパリ協定（2016年11月4日に発効）で目指している地球の平均気温の上昇を2℃以下に抑えたとしても、今後、全国の1級水系の河川整備の目標としている降雨量が約1.1倍、洪水発生確率の変化倍率が約2倍に増加³⁾し、現在、各河川で想定している整備だけでは目標とする洪水に対応することが出来ず、当初の目標を達成するには追加の河川整備が必要となり、現行の予算規模を前提とすると整備完了までの期間が延びることが想定される。

また、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が2018年10月8日に発表した「1.5℃特別報告書」⁴⁾における将来予測によると、（全世界での傾向と比較して）気温が1.5℃上昇すると河川流量が11%増加し、2℃上昇すると21%増加する可能性があるとされている。2100年において、1.5℃の気温上昇に対して（何の対策もなければ）世界で3,100～6,900万人が洪水の被害に遭う可能性があり、2.0℃の気温上昇に対しては、3,200～7,900万人が洪水の被害に遭う可能性がある。少なくとも136のメガシティ（2005年時点で人口100万人を超える港湾都市）は、さらなる対策を実施しなければ、気温上昇による洪水のリスクに晒される。

3.2 少子高齢化や人口減少等の社会経済変化による影響

国立社会保障・人口問題研究所が2018年3月発表した「日本の地域別将来推計人口（平成30（2018）年推計）」では、2030年にはすべての都道府県で人口が減少し、日本の総人口は2045年までに1億642万人になると予想している⁵⁾。また、2017年4月に発表した「日本の将来推計人口（平成29年推計）」では、2065年には8,808万人になると予想している。とりわけ都市部よりも地方での人口の落ち込みが激しい。また、高齢化により2065年には65歳以上の老年人口比率は38.4%となり、ほぼ4割が高齢者となる。生産年齢人口比率は51.4%に落ち込み、働ける人は2人に1人になる⁶⁾。

少子高齢化や人口減少等の社会経済変化により、税収の減少等による歳入の減少が見込まれる一方、高齢化の進展により社会保障関係経費等が増加し、その結果、治水関係予算等を含む社会資本整備予算（インフラ関連予算）の減少が懸念される。また、高齢者をはじめとする災害時要援護者が増加し、災害時の避難等の課題がより顕著になることが懸念される。

3.3 インフラの老朽化による影響

国民生活やあらゆる社会経済活動は、道路・鉄道・港湾・空港等の産業基盤や上下水道・公園・学校等の生活基盤、治水といった国土保全のための安全基盤によるインフラによって支えられている。1960年代の高度成長期に大量に整備された治水施設も老朽化する時期に来ている。成長著しいアジアの新興国との競争に打ち勝ちながら世界の先進国としてあり続けるには、大規模災害に備え、治水のインフラストックを的確に維持・更新していかなければならない。

4 諸外国における治水対策の動向

4.1 欧州全般

諸外国においては、治水施設整備と遊水池や湿地を活用した流域対策の取組、リスク評価に基づく治水施設整備・土地利用・危機管理対策の分担による取組等、各国の自然・社会環境の変化に応じた包括的な取組がなされており、今後の我が国の治水政策を検討する上で、参考とすべき点も多い。

欧州では、欧州連合が 2005 年に採択した洪水指令に基づき、現在までの気候におけるリスク評価を踏まえた洪水リスク管理計画を 2015 年までに策定し終えており、2018 年を目途に気候変動による影響を考慮した洪水リスクアセスメントを進めることとしている。洪水指令では、洪水によって川から水が溢れることが起こりうるという前提に基づいて、低頻度、中頻度、高頻度の洪水シナリオに基づくリスクマップの整備とその対策として「持続可能な土地利用の実践や遊水池などの保水の改善等も含む」(7 条 -3) こととしている。

また、欧州では 2009 年頃から死者を伴う洪水が毎年発生しており、治水施設の整備だけでなく、土地利用の規制・誘導を含めた包括的な対策（洪水保険の活用や危機管理対策）を進めている。

4.2 英国

英国の治水事業は都市計画の一部として実施されており、人口の集中している都市部と主に農地である郊外部で目安となる計画規模に差をつけている。

英国では、1998 年、2000 年、2007 年と大規模な洪水が発生し、従来提供されていた民間保険会社による住宅保険の洪水補償（洪水保険）において、高リスクによる契約を排除する事態が想定された。そこで、高リスク地区での購入可能性を確保する目的で個人向け洪水保険の再保険基金として「Flood Re」を発足させ、リスクの高い契約が Flood Re に再出すると共に、大規模な洪水では政府が支援を行える体制を整えた。

また、2012 年から 2016 年にかけて度重なる大規模（未曾有）な水災害が毎年発生していることを踏まえ、英国政府は環境保全と気候変動に適応した治水対策の必要性を認識し、2018 年には今後 25 年間の環境計画⁷⁾を策定した。気候変動に適応するため、従来の取組（ハード施設等の整備）に加え、自然の遊水池や湿地再生等の流域対策（natural flood management solutions）を活用することによって洪水等の水災害によるリスクを削減し、氾濫時のレジリエンスを高めようとしている。

4.3 オランダ

オランダでは 1953 年の高潮被害を受けて 1956 年に堤防の治水施設整備の安全度を 1/3,000 に設定したが、堤防強化がその後進まず、1977 年には 1/1,250 に安全度を引き下げ

ている。1993 年、95 年に発生した大規模な洪水を契機に、土地利用や避難を洪水対策として検討することとなった。今後の気候変動による河川流量の増加後においても 1/1,250 の安全度を堅持するとしている。

オランダでは、洪水リスク評価に基づき、治水施設整備、土地利用、危機管理の対策を組合せることにより、一人当たりの死亡率を 2050 年までに 10 万分の 1 以下にすることを目標に対策を進めている。この目標に対して、人口が密集している箇所及び氾濫による影響が大きい箇所についてはハード施設の安全度を高く設定し、影響がそれほど大きくない地域については他の地域と比較して低くしており、治水施設整備による安全度は地域によって異なる。そのため、治水施設整備に加えて土地利用や危機管理対策を組合せて目標を達成しようとしている。

4.4 米国

米国では堤防、遊水池、ダム、流出抑制等の様々なハード対策により水害被害の軽減を図ってきたが、水害被害額が増加し続けたため、1960 年代よりハードとソフト対策を組合せた氾濫原管理を行うように方針を転換した。氾濫原管理の施策としては、リスクベースの洪水対策として連邦洪水保険プログラム（1968 年～）の運用と、洪水保険料率マップ（ハザードマップ）の作成、それに基づく土地利用の規制等である。氾濫原（1/100 の洪水で浸水する可能性のあるエリア）に含まれない地域は洪水保険へ加入する必要はないが、氾濫原に住居を構えるためには嵩上げ等の必要な対策を講じなければ洪水保険プログラムに加入できない仕組みとなっており、氾濫原に居住する場合のリスクを削減している。

連邦洪水保険プログラムには、地元の自発的な防災・減災対策の実施内容に応じて地元住民が保険料の割引を受けられる仕組み（Community Rating System）があり、地元自治体がリスク削減対策を積極的に実施するインセンティブとなっている。

洪水保険の料率を決定する根拠となる洪水保険料率マップは、災害による被災状況を踏まえて見直しを行っている。例えば、今まで氾濫原ではなかった場所が新たに氾濫原として指定される場合には、住宅を改修する必要がある。この際には、洪水保険料率マップが改正されて新たに氾濫原とされるまでに家屋等の改修を実施する場合に、連邦政府が補助金を支給し、新たなリスクに対処した土地利用となるような誘導が図られている。一方で、洪水保険プログラムは 21 世紀に入って頻発している大災害を受けて 246 億ドル（2017 年 8 月のハリケーン・ハービー来襲前時点）の負債を抱えており、現在、保険制度の見直しを進めている。

5 将来の変化に順応できる治水対策

5.1 リスク分析と翻訳

自然・社会環境の変化に順応できる治水対策に取り組んでいくためには、全体最適となる洪水被害軽減マネジメント計画（ビッグピクチャー）を策定・共有することが必要不可欠であると考ええる。

洪水被害軽減マネジメント計画を策定、共有するにあたっては、行政のみならず、住民や企業等が水害リスクについて理解を深めることが必要である。水害リスク情報については、「国土交通省ハザードマップポータルサイト～身のまわりの災害リスクを調べる～」（<https://disaportal.gsi.go.jp/>）や「国土交通省 地点別浸水シミュレーション検索システム（浸水ナビ）」（<https://suiboumap.gsi.go.jp/>）、防災情報マップ（水害・土砂災害リスクマップ、水害リスクマップ、地震リスクマップ）等が公表されているが、住民や企業等が浸水深をただで身のまわりに起こる可能性のある被害事象を想像し難く、水害リスクを「我がこと」と認識し、自己責任のもとに行動するまでには至っていない。

「我がこと」として水害リスクを住民や企業等に広く理解してもらうためには、リスクを理解するリテラシーの向上と、受け手の想像力・理解に合った水害リスク情報の提供を実施する必要があると考える。水災害に対するリテラシー向上には、自然現象（降雨）から災害（浸水）に至るまでの想像力、理解力が求められ、その想像力、理解力を培うための「リスクの翻訳」と、その翻訳結果を的確に伝えることが必要であると考えられる。



図-2 浸水により身のまわりに起こる可能性のある被害事象

例えば自宅の浸水状況、被害状況を実在する風景にバーチャルの視覚情報を重ねて表示することで、目の前にある世界を仮想的に拡張する「拡張現実（AR：Augmented Reality）」の技術、また、避難等の判断支援ツールとして、河川氾濫や内水氾濫の危険度をこれまでの観測データやハザードマップ等を用いて「人工知能（AI：Artificial Intelligence）」を活用して自

動的に危険な地域を旗揚げし、人間の負担を軽減する技術などの開発が期待される。

5.2 計画の枠組みと役割分担

社会の意識を「治水施設の対応能力には限界があり、治水施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へと変革を促し、社会全体で常に洪水に備える「水防災意識社会」の再構築の取組が、現在全国の国管理河川及び都道府県等が管理する河川で展開・拡大されており、ハード・ソフト対策の一体的・計画的な推進が進められている。しかしながら、治水施設整備を除く他の対策については、実施分担、達成時期・目標が必ずしも明確なものとはなっていない。

これら包括的な対策の枠組みの実効性を高めるためには、ハード・ソフトという切り口ではなく、対策の目的・効果という視点で再構築する必要があると考えられる。すなわち、図3示す洪水被害軽減マネジメント計画のように、①治水施設の整備等の「被害軽減策」、②治水施設を超える外力が発生した場合の「危機管理対策」、③被災後に元の生活に戻るための「早期復旧策」で分類体系化することが必要である。これにより、対策の恩恵を受ける人が明確になり、誰が対策に取組むべきなのかの議論が進み、計画の枠組みと役割分担が明確となる。

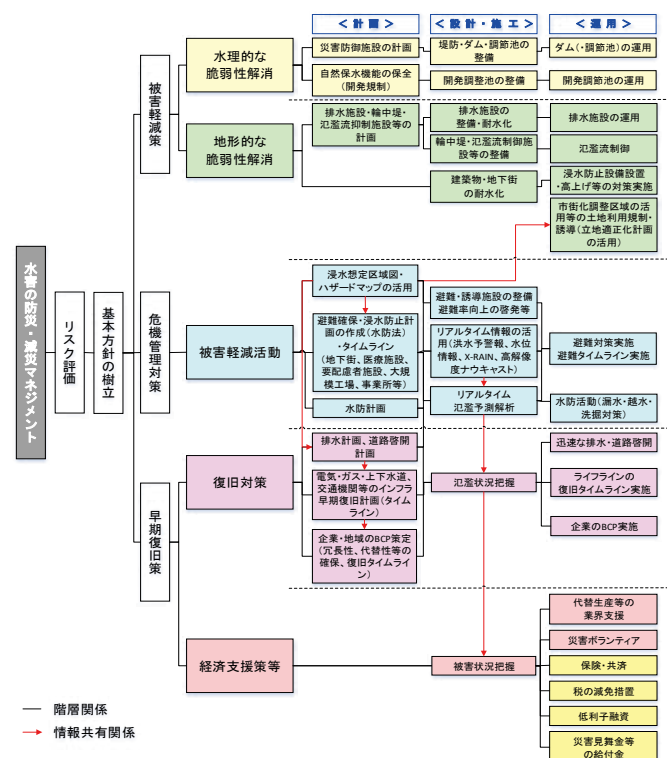


図-3 洪水被害軽減マネジメント計画のイメージ⁸⁾

5.3 計画の実効性の確保

5.3.1 治水施設の整備等の「被害軽減策」の推進

2013年12月17日に「国土強靱化政策大綱」及び「大規模自然災害等に対する脆弱性評価の指針」が国土強靱化推進本部によって決定され、毎年「国土強靱化アクションプラン」が

策定され、2018年8月6日には「脆弱性評価の結果」が取りまとめられた。ここでは、「起きてはならない最悪の事態」を回避するという観点からの脆弱性の総合的な評価が行われており、治水施設の整備等は水理的な脆弱性の軽減に効果を発揮するとされている。治水施設整備は、社会経済活動を支える安全基盤として、住民、企業、ライフライン事業者、交通機関といった様々なステークホルダーに広く遍く恩恵をもたらすものであり、基本となる対策である。

土木学会の技術検討報告書²⁾においても、事前に投資を行うことで、税収減を防ぐことができると示されており、政府が治水施設整備を実施していくことが必要である。

表-2 対策の合計費用と税収縮小回避（税収増）効果²⁾

洪水	合計事業費	税収縮小回避 (税収増) 効果
東京荒川巨大洪水	9.0 兆円	2.6 兆円
大阪淀川巨大洪水		0.7 兆円
名古屋庄内川等巨大洪水		0.8 兆円

5.3.2 治水施設を超える外力が発生した場合の「危機管理対策」と被災後に元の生活に戻るための「早期復旧策」の推進

社会経済が複雑化している今日の世界情勢では、水災害等の発生によって被災地域のみならず、インフラ、交通網、サプライチェーンの寸断等による経済的波及被害が大きくなり、世界経済に大きな影響を与えている。

我が国が安定的に経済発展を続けていくためには、これらの水災害に対して治水施設整備等による被害軽減対策のみならず、危機管理対策や早期復旧策による包括的なマネジメント計画を立てて災害による被害を最小化していく必要がある。

危機管理対策や早期復旧対策を実施しなかった場合、復旧・復興に時間がかかり、経済的な損失が拡大する可能性がある。一度停滞した経済活動が被災前のレベルに戻るには相当な時間がかかることが分かっており⁹⁾、そのような経済的被害を最小化した計画とすることが重要である。

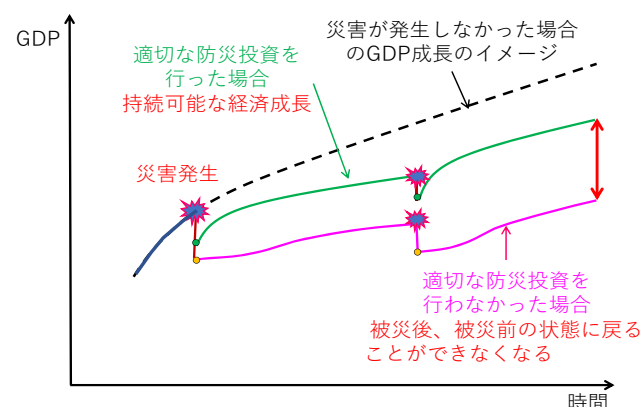


図-4 治水投資の有無による経済的影響

自然災害に対するレジリエンスを高めるためには、気候変動による外力（降雨、流出機構）の変化、少子高齢化や人口減少

等の社会経済の時間的、空間的变化、社会基盤の老朽化の進行等、自然・社会環境の変化に柔軟に対応できる図-3に示した洪水被害軽減マネジメント計画の実現に向けて取組んでいかなければならない。

6 おわりに

本稿は、最近の豪雨災害の特徴、治水対策を取り巻く自然・社会環境の変化、諸外国における治水対策の動向を踏まえて、将来の自然・社会環境の変化に順応できる治水対策の取組について、著者の考えを一案として示したものであり、忌憚のない意見が取り交わされることを期待したい。

最後に、IPCCの第5次評価報告書・統合報告書において、気候変動は不確実性を伴うものの、もはや疑う余地がないとされており、一度大災害が発生すれば被害が甚大となることから、「後悔しない政策（no regret policy）」を展開していくことが必要である。

参考文献

- 1) Lloyd's City Risk Index (2018)
- 2) 土木学会平成29年度会長特別委員会「レジリエンスの確保に関する技術検討委員会」「[「国難」をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書] (2018)
- 3) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会「将来の降雨量等の試算結果（第二回資料3-1）」(2018)
- 4) IPCC「GLOBAL WARMING OF 1.5 °C」(2018)
- 5) 国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口（平成30（2018）年推計）」(2018)
- 6) 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年推計）」(2017)
- 7) イギリス政府「A Green Future: Our 25 Year Plan to Improve the Environment」(2018)
- 8) 土木学会平成29年度会長特別委員会「レジリエンスの確保に関する技術検討委員会」治山・治水緊急提言（2018）
- 9) Hiroyuki Wada, Katsumi Wakigawa, Muneta Yokomatsu, Kimio Takeya: The Role of a Macro-Economic Model for Disaster Risk Reduction Policy in Developing Countries, Journal of Integrated Disaster Risk Management (2014)