

提言

気候変動下の大規模災害に対する
適応策の社会実装
—持続性科学・技術の視点から—



平成26年（2014年）9月30日

日本学術会議

土木工学・建築学委員会

地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会

この提言は、日本学術会議土木工学・建築学委員会地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議土木工学・建築学委員会地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会

委員長	小松 利光 (第三部会員)	九州大学大学院工学研究院特命教授
副委員長	望月 常好 (連携会員)	公益社団法人日本河川協会参与
幹事	清水 康行 (連携会員)	北海道大学大学院工学研究院教授
	池田 駿介 (連携会員)	建設技術研究所国土文化研究室長
	磯部 雅彦 (連携会員)	高知工科大学副学長
	沖 大幹 (連携会員)	東京大学生産技術研究所教授
	沖村 孝 (連携会員)	神戸大学名誉教授
	落合 英俊 (連携会員)	九州大学理事・副学長
	風間ふたば (連携会員)	山梨大学大学院医学工学総合研究部・国際流域環境研究センター教授
	小池 俊雄 (連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	日下部 治 (連携会員)	独立行政法人国立高等専門学校機構茨城工業高等専門学校長
	新野 宏 (連携会員)	東京大学大気海洋研究所長・教授
	寶 馨 (連携会員)	京都大学防災研究所教授
	田村 幸雄 (連携会員)	東京工芸大学工学部教授
	塚原 健一 (連携会員)	九州大学大学院工学研究院教授
	西垣 誠 (連携会員)	岡山大学大学院環境学研究科教授
	道奥 康治 (連携会員)	法政大学デザイン工学部教授

本提言の作成に当たっては、以下の方にご協力頂いた。

大串浩一郎

佐賀大学理工学部教授

本提言の作成に当たっては、以下の職員が事務を担当した。

事務	盛田 謙二	参事官(審議第二担当)
	齋田 豊	参事官(審議第二担当)付参事官補佐 (平成26年8月まで)
	松宮 志麻	参事官(審議第二担当)付参事官補佐 (平成26年8月から)
	沖山 清観	参事官(審議第二担当)付専門職 (平成26年6月まで)
	菊地 隆一	参事官(審議第二担当)付専門職 (平成26年7月)
	太田 絵里	参事官(審議第二担当)付専門職付 (平成26年7月から)

要 旨

1 作成の背景

近年、国内外において風水害・土砂災害が激増しており、気候変動による災害外力増大との関連性が強く指摘されている。一方、我が国においては災害弱者の増加を伴う少子高齢社会にすでに突入しており、過密と過疎が併存する国土構造とも相まって、災害に対する脆弱性の増大が懸念されている。このため、将来起こると考えられる大規模自然災害に社会・経済が如何に適応し、被害・影響を軽減していくかが、大きな課題となっている。

2 現状及び問題点

東日本大震災以降、地震・津波をはじめ大規模自然災害に対する事前対策の法制度が大幅に整備・拡充され、ハード・ソフトが一体となったリスク・マネジメントの取り組みが全国的に展開されようとしている。防災・減災に係る適応策もこの一部を構成するものであり、今後、本格的な実施の段階に入るものと思われる。

従来の防災対策は、主として、防災施設の将来目標を設定してそれに向かって邁進するという形で行われてきた。しかし、気候変動下における防災・減災に係る適応策においてはこれまでとは異なる新たな内容や進め方が必要となる。

今後、自然外力の増大に加え、深層崩壊など社会的にも経験の少ない災害事象の頻発が想定される。さらに、各地域の人口構成や国土全体の経済構造が変化する一方、個人や企業のリスク認識の程度や事前対策の状況も変化する。これらはいずれも不確実性を伴い、変化の方向も一様ではない可能性が高い。こうした複雑な条件下では、「自然科学、工学、社会科学など多岐にわたる学問領域の研究者だけでなく実践者や政策立案者なども含めた超領域のネットワークを形成し、研究成果を踏まえて講じた施策が自然や社会・経済に及ぼした効果や問題点を評価分析するなど、自然や社会・経済を対象とした総合的な観察を行いながら、全体を進めていく」という持続性科学・技術の視点に立って、長期的に取り組むを続けていくことが必要になるものと思われる。

そのためには、まず、中核的な社会実装推進組織内の意識改革が必要である。また、「体制づくりや人材の育成を進め、社会実装の現場を核とした多分野にわたる研究の連携を図り、情報を集積し、これを施策や法制度の立案に活用する」という一連の仕組みを構築しなければならない。これらの課題と対応の方向性を提示することが急務となっている。

3 提言の内容

(1) 持続性科学・技術の視点の確立

防災・減災に係る適応策は戦略や計画を策定して後は実行すれば済むというものではない。持続性科学・技術の視点に立って長期的に取り組む必要がある。これには従来の防災対策とは異なる内容や進め方を伴う。

国は大規模自然災害への適応策の推進に中核的な役割を果たすことが求められている。このため、実践を通じるなどの方策により、関係組織内の意識改革を図っていくべきで

ある。

(2) 長続きのする連携体制づくりの展開と人材育成

適応策の社会実装には研究者や実践者などを含めた長続きのする連携体制づくりが必要となる。また地域ごとに自然や社会・経済の状況が異なるためそれぞれの地域で社会実装を進める必要があり、中心的な役割を果たす多数の人材の育成が課題となる。

このため、国においては、各地域での長続きのする連携体制づくりとこれに携わる多数の人材の育成に向け、必要な組織を整備するなどの方策により、戦略的な取り組みを進めるべきである。

また、地方公共団体や企業に対しては、官学民の力を結集しやすい公益法人で継続的に研修を行うなどの方策により、専門人材の育成を図るべきである。

さらに、社会との対話・連携・調整といった新しい専門能力を持つ民間技術者や地域で活動するNPOの育成も重要であり、このための施策や継続的な能力開発の仕組みを整えるべきである。

(3) 適応策の社会実装と連動した研究の促進

適応策の社会実装には自然外力の規模や出現頻度の変化、また社会的にも経験の少ない災害事象等に関する研究成果が不可欠である。さらに、被災後の効率的な復旧・復興のための事前対策に伴う課題など、社会実装の中で諸状況を把握しながら検討を進めることが必要な社会・経済面の研究課題も数多い。

このため、社会実装の現場を核として、自然科学、工学、社会科学等の多数の研究者を結集し、連携ネットワークを形成して、研究の促進を図るべきである。

(4) 社会実装に関する全国の情報の集積と実践者・研究者間の連携・交流の推進

適応策の社会実装がどこで行われているかについての情報は十分ではなく、その状況や課題等を観察・分析した情報はさらに少ない現状にある。

このため、学においては、各大学に設置されている災害センター等の組織やこれを束ねる組織を有効に機能させ、情報を把握・整理する仕組みづくりを行うべきである。

また、官においても、例えば国土交通省であれば国土技術政策総合研究所等の組織を活用し、国土交通省地方整備局等が参画している社会実装に関する情報を把握・整理して学の情報との共有・相互利用体制を構築するべきである。

加えて、社会実装に携わる人材の育成にも資するため実践者や研究者間の情報交換や連携・交流の推進に努めるべきである。

(5) 適応策深化のための施策や法制度の立案に向けた全国の情報の集積成果の活用

全国的な規模で展開される社会実装によって得られた課題やこれに対応した研究の成果は新たな施策展開にとって重要な情報となることは言うまでもない。

国は、必要に応じて追加的な調査を実施する等の取り組みを通じて、全国の情報の集積成果を適応策深化のための施策や法制度の立案に活用するべきである。

目 次

1	はじめに	1
2	自然外力や社会・経済環境の変化と適応策の現状	2
(1)	大規模自然災害の発生状況と外力の増大	2
(2)	国土構造の変化及び高齢化や人口減少に伴う社会・経済の脆弱性の増大	3
(3)	欧米における適応策に関する計画策定等の動向と我が国の現状	4
3	適応策を支える持続性科学・技術の課題	6
(1)	適応策の実行に欠かせない持続性科学・技術の視点	6
(2)	対象とする自然外力の変化に伴う課題	6
①	防災施設の能力を超える自然外力の設定とその評価	6
②	深層崩壊による天然ダムの形成・決壊と河道流下能力不足の長期化	7
③	橋梁等への流木集積による洪水災害の助長と流下物への対策	8
④	海面上昇に伴う課題	8
ア	高潮の強大化	8
イ	海岸侵食の増大	9
ウ	河川下流部の流下能力の低下	9
⑤	風災害の激化	9
(3)	適応策の社会実装に伴う社会・経済面での課題	10
①	事前対策投資と国家財政健全化の関係	10
②	土地利用のあり方	10
③	リスク認識と自然災害対策の統合化	11
④	被災後の復旧・復興のための事前対策	11
⑤	社会的な合意形成に関する課題	12
(4)	指標化に関する課題	12
4	適応策の社会実装の現状と課題	14
(1)	適応策の社会実装の重要性	14
(2)	適応策の社会実装の現状	14
①	国内の動向	14
②	英国における取り組み	16
(3)	今後の課題	17
①	連携体制の構築と人材育成に関する課題	17
②	各地域の取り組みに関する諸情報の把握・整理体制に関する課題	18
5	提言	19
	<用語の説明>	21
	<参考文献>	22
	<参考資料>	26

1 はじめに

気候変動に伴い増大する風水害・土砂災害等のリスクをマネジメントするための総合的な防災・減災に係る適応策は、今後、本格的な実施の段階に入るものと思われる。

東日本大震災が発生した2011年3月以降、同年12月には『津波防災地域づくりに関する法律』、2013年11月には『首都直下地震対策特別措置法』と『南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法』が制定され、地震・津波の襲来に対する事前対策のための制度的枠組みが整備された。2013年12月には『強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法』が成立し、地震・津波のみならず火山噴火や洪水・高潮なども含めた大規模自然災害等に対するハード・ソフト一体となった事前対策の実施に向けて急ピッチで検討が進められつつある。これらは「巨大な自然外力による甚大な影響が想定され、様々な点で不確実性を伴い、対応に長期間を要し、時間とともに諸状況が変化する」といった複雑な条件下の対応に有効とされるリスク・マネジメント[1]の取り組みである。その一部を構成する防災・減災に係る適応策についても実施の本格化が期待される。

一方、2015年には国際的に大きな動きが予定されている。3月には『兵庫行動枠組』[2]の次の枠組みを決める第3回国連防災世界会議が仙台で開催される。9月には国連の『ミレニアム開発目標』[3]の改定が予定されている。年末に予定されている気候変動枠組条約締約国会議においては京都議定書の次の枠組みの決定が期待されている。これらはいずれも自然災害に対する防災・減災を重要なテーマとしており、防災・減災に係る適応策の実施促進が議論されるものと思われる。

日本学術会議は2008年6月に提言『地球環境の変化に伴う水災害への適応』[4]、2011年9月に提言『気候変動下における水・土砂災害適応策の深化に向けて』[5]を発出し、緩和策と並んで適応策が重要であること、「災害免疫力」という考え方が理解を深める上で有効であること、地域における実践が必要不可欠であるとともに国土構造等に関する総合的な検討が重要であること、等を指摘してきた。その後、適応策の重要性については世界的にも認識が高まってきていると思われるが、残された課題も多い。

自然外力に対する災害免疫力を高めるためには単に規模の大きい自然外力を想定するだけでは不十分である。今まで社会が経験したことの少ない災害事象についても想定しておく必要がある。また適応策が社会に実装されて初めて意味を持つことは言うまでもない。実装に伴って社会・経済面で重要度が增大すると思われる課題についても併行して検討を進めることが求められる。

すなわち、防災・減災に係る適応策においては「想定される課題に対して自然科学や工学、社会科学など多岐にわたる領域で研究を進め、これを各地域に実装し、その成果を評価して新たな課題を明確化し、さらに研究を進める」といったプロセスを通じて社会への実装を進めることが極めて重要である。

以下、防災・減災に係る適応策の本格的な実施に向け、現状を踏まえ、今後の課題と対応の方向性について提言するものである。

2 自然外力や社会・経済環境の変化と適応策の現状

(1) 大規模自然災害の発生状況と外力の増大

戦後の自然災害のうち洪水、高潮、土砂災害による死者及び行方不明者（以下「死者等」という。）の数においては、伊勢湾台風が来襲した 1959 年の 5565 人が突出している。直後の 1960 年代平均の死者等の数は年間約 360 人である。その後、10 カ年平均の死者等の数は急激に減少した。1980 年代には、長崎大水害が発生した 1982 年の 503 人を除けば平均の死者等の数は約 90 人となり、100 人を下回っている[6]。死者等数が大きい年はあっても 10 カ年平均値が明瞭な減少傾向を示すのは発生頻度の比較的高い中小洪水に対する防護レベルの向上による効果が大きいものと思われる。1954 年には災害関連事業の創設により災害復旧制度が拡充された。また、1960 年には治山治水緊急措置法の制定により五箇年計画に基づく計画的対応が可能となった。この結果、ほとんど未整備だった状態から流下能力を大幅に増大させる中小河川の整備が全国的に展開された。破堤による水害被害の割合が急激に減少したのも整備効果が現れ出したと思われる 1970 年代においてである[7]。

一方、大規模自然災害をもたらす発生頻度の低い大河川の大洪水についてはデータ数の制約もあり明瞭な発生傾向を把握することは困難である。しかし 2013 年 9 月の台風 18 号による豪雨では、桂川上流の日吉ダムが操作ルールを大幅に上回る洪水調節を実施したにもかかわらず、下流の京都市街を防護する堤防で越水が生じた[8]。このように、近年、都市部を流れる大河川でかろうじて破堤を免れた例が散見される状況となっている。また、深層崩壊が多数発生した 2011 年の熊野川の豪雨災害[9]、2013 年の伊豆大島の土石流災害[10]など、過去の降雨記録を大きく上回る例が相次いでいる。統計上も、1976 年のアメダスによる雨量観測開始以降、時間雨量 50mm 以上や 80mm 以上、日雨量 400mm 以上の観測回数が増大傾向にあることが気象庁から報告されており[11]、今後の大規模自然災害の頻発が懸念される。

近年、世界的にも大規模自然災害の例が多い。2012 年 10 月にはハリケーン崩れのスーパーストーム「サンディ」が米国東海岸を襲った。ニューヨーク市は上陸前から地下鉄や電車、バスをすべて止め、証券取引所も 2 日間休場となった。190 億ドルにもものぼる市内の被害額の 1/3 は経済活動の中止による機会損失だと推計されている[12]。また 2013 年 11 月にはフィリピンを台風 30 号(ハイヤン)が襲い、高潮などによって 7 千人以上の死者等という甚大な被害をもたらした[13]。2014 年には年始からの大雨でイギリス南部を流れるテムズ川が一部氾濫し、キャメロン首相は予定されていた中東訪問を取り止めて洪水対策にあたる[14]など、風水害は日本や途上国のみならず、いまや欧米にも深刻な社会影響をもたらしている。

気候変動に関する政府間パネル第 1 作業部会の第 5 次評価報告書[15]では、観測された気候システムの変化に係る降水に関する記述は気温に比べると慎重な表現となっている。これは 30~40 年程度のデータ観測の期間では不十分と考えられることなどによる。しかし将来に関しては「世界平均気温の上昇に伴って、中緯度の大陸のほとんどと

湿潤な熱帯域において、今世紀末までに「極端な降水がより強く、頻繁となる可能性が非常に大きい」と高い確信度で述べられている。

また、大規模自然災害をもたらす豪雨は大洪水を発生させるだけではない。2011年の熊野川の豪雨災害で多数の深層崩壊を生じさせたように社会的にも経験の少ない災害事象を引き起こす可能性がある。これらに対しては対応方策が確立されていないものも多く、自然外力の量的な増大への対応とともに、対応策の検討が急がれる。



写真 1 2013年9月の台風18号による洪水では桂川右岸の堤防で越水が生じた（出典：参考資料 [8]）

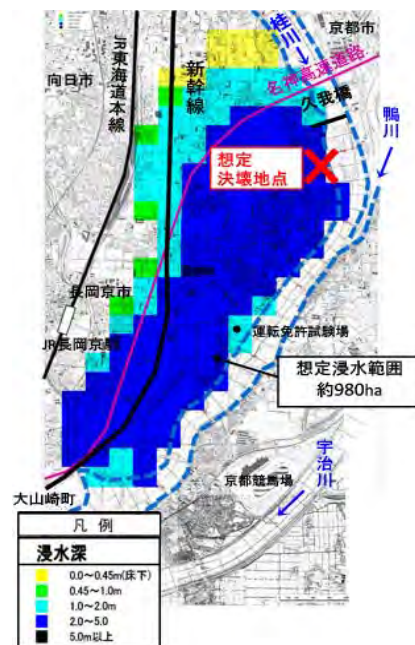


図 1 桂川右岸で破堤した場合には浸水面積で約980ha、浸水戸数で約13,000戸の被害発生が想定される（出典：参考資料 [8]）

(2) 国土構造の変化及び高齢化や人口減少に伴う社会・経済の脆弱性の増大

洪水や高潮による大河川の破堤や海岸堤防の決壊は大量の氾濫水の流入によって甚大な被害を発生させる。人口集中が進んだ大都市の場合には影響はさらに大きい。我が国の大都市は海に面し、背後にゼロメートル地帯を抱えているケースが多い。このような地域では堤防決壊箇所を締め切って氾濫水を排除しなければ被災者の救助もままならない。地下街や地下鉄などへの浸水はさらに深刻な事態を発生させる。膨大な数の被災者の避難先や避難手段の確保、救援物資の補給等、困難な課題が多い。また経済への影響も大きい。直接的な被害のみならず経済活動の長期間の停止や中枢機能の障害は国際的に厳しい競争環境に置かれている日本経済の将来に大きなダメージを与えることも懸念される。

洪水や高潮による大都市の大規模自然災害は1959年の伊勢湾台風による被災にまでさかのぼる。その後半世紀以上にわたってこうした事態を経験していないことが大都市の脆弱性を増大させる。この間に形成された過密な都市構造は安全性の確保を堤防など

の防災施設のみに依存しており、自然外力が防災施設の能力を超える事態を想定すれば、極めて脆弱性が高くなっているものと思われる。

一方、地方部では高齢化や人口減少が脆弱性を増大させる。近年の風水害の死者等における高齢者の割合は総人口における高齢者の割合を大きく上回っている[16]。また高齢者は避難等においても多くの支援を必要とする。広域的な大規模自然災害が発生すると公共セクターの支援が十分には行き渡らないため、地域社会における支援活動が重要になることは多くの事例からも明らかである。ところが支援活動に重要な役割を担う消防団においても人口減少や高齢化の影響は深刻である。1985年から2012年にかけて消防団員数は15%減少、50歳未満の団員比率は10%以上減少している[17]。

また、中山間地等の過疎化の進行に伴い災害時に集落が孤立するリスクも高まっている。2009年に内閣府が行った調査[18]によると災害時に孤立する可能性がある集落は農業集落、漁業集落とも全国で約3割にもものぼっており、5割を超える県も見られる。

気候変動の影響を受けない地震等も含めた大規模自然災害はサプライチェーンの運用にも大きな影響を与える。2011年に相次いで発生した東日本大震災やタイ大洪水は経済活動を支えるサプライチェーンが大規模自然災害に対して極めて脆弱だったことを浮き彫りにした。サプライチェーンの緻密なネットワークは世界中に張り巡らされ、効率性の高いシステムとなっている。しかし東日本大震災では東日本に立地する基幹的な半導体部品の生産が停止したことにより世界的な自動車生産に影響が発生した[19]。タイ大洪水では多くの自動車工場は被災を免れたものの使用する電子部品工場の多くが被災地に立地していたことで自動車生産も多大な影響を被った[20]。

高度にネットワーク化した現在の経済システムにおいては企業単独の対策のみで大規模自然災害に立ち向かうのは極めて困難で、ネットワーク総体の脆弱性が問題となる。

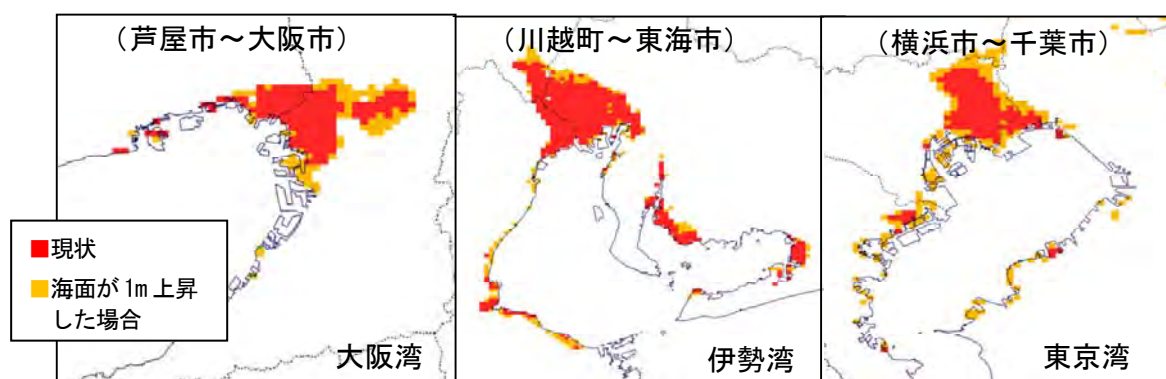


図2 三大湾のゼロメートル地帯：人口稠密な三大湾では、朔望平均満潮位以下のゼロメートル地帯に多くの人々が暮らしている（国土交通省資料より）

(3) 欧米における適応策に関する計画策定等の動向と我が国の現状

英国では2008年に『気候変動法』が成立・施行された。これを受けて、適応の必要性や基本的な考え方と原則、分野横断的に必要となる取り組み事項、プログラム策定までの流れ等をまとめた『英国気候変動適応一行動枠組』[21]が同年に発表された。これ

は 15 の関係省庁の適応に関する取り組みをカバーし、「持続可能性」、「均衡と統合」、「共同と公開」という適応プログラムの原則を挙げている。その後 2012 年には気候変動影響評価の最初のレポートである『英国気候変動リスク評価政府報告書』[22]が発表された。2013 年には気候変動法に基づく『国家適応プログラム』[23]が発表されている。

米国では『米国地球変動研究プログラム』[24]により部門別の影響評価が実施され、2009 年に『世界規模の気候変動の合衆国における影響』[25]として公表された。また、大統領令を法的根拠として、連邦政府の役割の明確化と適応に関する共通認識の形成を目的に 17 省庁や機関が参加する 9 分野のワーキンググループが組織され、2010 年に『国家気候変動適応戦略支援行動提言』[26]が策定・公表された。2013 年には『大統領気候行動計画』[27]が発表され、1) 米国内の炭素汚染削減策、2) 米国内の気候の変化影響への準備、3) 国際的な取組の主導、で構成される政策方針が示された。

欧州委員会は『EU 気候変動適応の総合的政策』[28]として、影響評価、適応戦略、ガイドライン、適応プログラムや投資及び保険のガイダンスなど、12 の文書を 2013 年に公表している。この中の『EU における気候変動への適応戦略』[29]では全加盟国が包括的な適応戦略を策定するよう促すとともに、適応能力を確立し行動を起こすための資金を提供するとしている。また 2014 年までに加盟国の準備のレベルを測る主要な指標を特定して適応準備スコアボードを作成し、それに基づき 2017 年には加盟国の取り組みが十分かどうかを評価するとしている。

このほか、オランダが 2005 年に影響評価報告書[30]、2007 年に適応計画[31]を公表し、2013 年には影響評価報告書の改訂[32]を行っている。

我が国では『気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート』[33]や『温暖化予測情報』[34]により気候の変化に関する観測や予測が気象庁等により定期的に取りまとめられている。全国知事会は地球温暖化による地域社会への影響やこれまでの地方公共団体による取り組み事例等を整理し、2010 年に『地球温暖化による地域社会の変動予測』[35]として取りまとめた。研究面では「21 世紀気候変動予測革新プログラム」とその後継である「気候変動リスク情報創生プログラム」（いずれも文部科学省）、「地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための気候変動シナリオに関する総合的研究」、「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」（いずれも環境省）等の予測情報や影響評価並びに新たな適応策に関する研究や、都道府県あるいは市区町村などの地域規模で行われる気候変動適応策立案に科学的知見として提供することを目的とする「気候変動適応研究推進プログラム」（文部科学省）等が実施されている。これらの成果を受けて我が国においても政府全体で取り組む適応計画が 2015 年を目途に取りまとめられる予定である。

以上のように戦略や計画策定の面で我が国は欧米より進捗が若干遅れている[36]が、一方、適応策の実行については各国とも未だ初期段階にあると言われている[37][38]。

3 適応策を支える持続性科学・技術の課題

(1) 適応策の実行に欠かせない持続性科学・技術の視点

適応策の実行には自然外力の設定が出発点となる。困難を伴うが、大規模自然災害をもたらす発生頻度の低い自然外力の観測データを分析して現在の状況を確認する必要がある。また、不確実性を伴うが、温暖化影響による将来の自然外力の変化を予測しなければならない。これらは諸状況を踏まえて逐次更新していく必要があるために自然外力の設定もその度に影響を受ける。深層崩壊の同時多発など、観測データに乏しく社会的に経験の少ない災害事象についても研究を進めなければならない。

防災施設の能力を超える自然外力は社会・経済に深刻な影響を与える。しかし、被災地域の過密や過疎の状況、企業を含めた地域の意識や事前対策の状況、さらにはサプライチェーン等の状況によって影響の程度や範囲は異なる。影響の詳細を把握して、事前対策を支援・促進するための法制度等を整備していくためには、適応策の社会実装を行いながら、社会・経済面での課題を抽出・整理していくことが欠かせない。このことは国土構造の将来構想を確かなものにしていくためにも不可欠である。

地球温暖化のような課題に対処するには科学も開発研究から持続性科学への転換が要請されると言われている[39]。「自然科学、工学、社会科学など多岐にわたる学問領域の研究者だけでなく実践者や政策立案者なども含めた超領域のネットワークを形成し、研究成果を踏まえて講じた施策が自然や社会・経済に及ぼした効果や問題点を評価分析するなど、自然や社会・経済を対象とした総合的な観察を行いながら、全体を進めていく」という持続性科学・技術の視点は適応策の実行においても欠かせないと思われる。

以下、自然外力の変化に伴う課題、適応策の社会実装に伴う社会・経済面での課題を例示するとともに、自然や社会に関する観察促進に資する指標化について、その課題を述べる。

(2) 対象とする自然外力の変化に伴う課題

① 防災施設の能力を超える自然外力の設定とその評価

個々の流域において過去の降雨記録を大きく上回る例が頻発し、IPCCは今後の温暖化の進展に伴って極端な豪雨がより強く頻繁になると高い確信度で指摘している。一方、大規模自然災害に対する社会・経済の脆弱性は増大しており、万一被災した場合には社会・経済に深刻な影響が生じることが懸念される。

このため適応策の実行に当たっては防災施設の現在能力を超える自然外力を設定することが基本となる。しかし、地震の場合とは異なり、温暖化の影響を受ける自然外力は時間の経過とともに発生確率が変化するものと思われる。観測データ数が少なく将来予測にも不確実性を伴う中で、この変化をどのように把握し、設定値をどう評価するかは、防災施設の将来能力目標にも関係し、困難ではあるが重要な研究課題で

ある。

一方、社会に設定値を提示する際、設定値が一つの場合にはそれ以上の自然外力は発生しないという誤解を招く恐れが高い。しかし、幅を持った複数の設定値を提示すると社会の側が混乱する恐れもある。設定値評価の説明方法の工夫を含め、社会実装を行いながら設定の方法を検討していく必要があると思われる。

② 深層崩壊による天然ダムの形成・決壊と河道流下能力不足の長期化

宮崎県の耳川流域では2005年の台風14号災害で深層崩壊による天然ダムが形成され洪水中に決壊した[40]。2011年の台風12号による紀伊半島水害では2000mmを超える豪雨により深層崩壊が多発して、熊野川流域内の13ヶ所（紀伊半島全体では17ヶ所）で天然ダムが形成されている[41]。また台湾では2009年に高雄県の小林村が深層崩壊により全滅するという大惨事が引き起こされた。天然ダムの形成・決壊は少なくとも16ヶ所で確認されている[42]。

深層崩壊は数十万～数億 m^3 に及ぶ土砂の移動を伴い甚大な被害を発生させる。また、崩壊土砂の谷部への崩落によって通常の河床変動の規模をはるかに越える広範囲にわたって河川地形が変化する。天然ダムが形成された直後には上流側の水位が上昇するが、これが急激に決壊した場合には下流側に向かって段波状の洪水流が発生することになり、河川を媒介として災害が上下流に及ぶことになる。さらに、河床の上昇により河川の流下能力が長期的かつ広範に阻害されるため、水系全体に及ぼす長期的影響を考慮しなければならない[43]。巨大地震津波と同様、深層崩壊に伴う災害の規模は甚大でその影響は広範囲かつ長期に及ぶことになる。

深層崩壊に関しては歴史資料や地形・地質情報に基づき発生危険地域が推定され、監視警戒システムの整備が進んではいるものの、発生時期や被害が及ぶ範囲を事前に予測評価することは未だ困難な現状にある[44]。巨大地震と同様、歴史資料のさらなる蓄積・解析と深層崩壊の学理深化が急がれる。

また発災後の事後対応には膨大な事業費と期間を要する。直接的な被災地域の復旧・復興に加え、大量の河川内堆積土砂への対策も難しい。機械力による掘削と土砂の陸上運搬では事業費や期間の問題以外にも多数の搬出車両による一般交通への悪影響等の問題が生じる。前述した災害事例の中では宮崎県が耳川流域の総合土砂管理計画を策定し[45]、主に河川内での対応により、長期的な方向性に基づいた対策が動き始めた。しかし他の流域では未だ検討の段階にある。「研究の深化と歩調を合わせ、対策の実施に伴う社会・経済や自然環境に関する課題を把握しながら、次の対策を検討・実施する」という順応的な取り組みにより対応方策の全体像を順次確立していくことが望まれる。

一方、事前対策としては震災対応において普及しつつある事前復興の概念も有効である。手段としては中山間地域を対象としたランドデザイン作成や防災拠点の整備などが考えられる。これらは事後の河川内堆積土砂対策と同様、社会・経済や自然環境に関する課題を把握しながら順次進めていく必要があろう。

③ 橋梁等への流木集積による洪水災害の助長と流下物への対策

山腹崩壊や河岸の侵食に伴い発生した多量の流木が、河川水位の上昇に伴って橋桁や橋脚に集積して洪水を堰上げ、越水・氾濫して被害をもたらしている例が数多く見られる。さらに氾濫流に乗って流される流木は危険な凶器ともなる[46]。

これに対しては、当面、現在の防災施設能力の限界に相当する程度の自然外力を対象として堤防を補強するなどの対策を検討することが対策費用の面からも現実的であると考えられる。しかし、今後、極端な豪雨がより強く頻繁になるとされていることから、同時併行的に、流木等の流下物による被災事例をさらに収集・分析して治水対策の一環として水系全体の視点から対策を検討することが重要と思われる。

一方、風倒木災害対策として整備された砂防施設は流木の流出を防いでおり、ダムに大量の流木が捕捉されて結果的に流木による下流の災害を防いだ例もある[47]。また、捕捉されずに河口から海に流下した流木は港湾機能や漁業、海上交通等に障害を与える。

今後、防災以外の観点も含めた流下物に対する総合的な対策の重要性はさらに増大するものと思われる。流下物による社会・経済面への広域的な影響を把握するとともに、捕捉方法や収拾・処分に要する費用などの課題の整理やこれらに基づく総合的な対応策の検討を進める必要がある。

④ 海面上昇に伴う課題

世界平均の海面水位は、気温と同様、明瞭な上昇傾向を示している[48]。日本沿岸では1906年以降の長期間のデータにおいては明瞭な傾向は示されていないが、現在の観測体制となった1960年以降は上昇傾向が明瞭に現れている[49]。特に1993年から2001年のデータによる報告では日本海の海面上昇は世界平均の2倍程度に達している[50]。

海面上昇は今後も超長期にわたって続くとされており[48]、これに伴って様々な課題が生ずる。

ア 高潮の強大化

地球温暖化の進展とともに、21世紀末においては特に北太平洋西部や北大西洋において強大な台風やハリケーンの活動が活発化する可能性が高く、極端な高潮位やその発生頻度は世界的にも高い確信度で増大するとされている[51]。

海岸は地球温暖化の影響を強く受ける領域である。台風襲来時の気圧の低下や風速が大きくなることで高潮の威力は増大するが、平常時の海面水位が上昇することで脅威はさらに大きくなる。

まず高潮の影響を受ける範囲が拡大する。例えば0.5mの海面上昇を想定した場合でも高潮時の最高水位以下になる面積、人口、資産の増加は1,300km²、180万人、45兆円にも及び[52]、沿岸地域の脆弱性は著しく増大することになる。

また気圧の低下や風速が仮に同じであっても海面水位が上昇すると高潮の威力

は格段に大きくなる。高潮から防護するための海岸護岸や堤防は前面に広い砂浜を持たないものが多い。この場合、海底の勾配が緩やかで水深が浅いとわずかの海面上昇でも水深の増加率は大きくなるため、砕波位置は岸側に移動する。構造物設置地点での波高は従前よりも大きくなり、この結果、打上げ高が増加する。すなわち海面上昇によって平均水位が上昇する分に加えて打上げ高も増大することとなり、過去に建設された護岸や堤防の天端高はその両者を加えた分だけ不足することになる。その不足量は海面水位の上昇量の3倍以上に増幅されることも希ではない。

強大な台風の活動の活発化に加え、背後地の重要性と影響を受ける範囲の拡大、防災施設の長大な延長等を踏まえると、海面上昇は極めて重大な脅威となる。

イ 海岸侵食の増大

砂浜は沿岸域の生態系維持という面、波浪エネルギーを減衰させる防災効果を有するという面、さらにレクリエーションなどに利用されるという面など、様々な面で重要な場である。このため海面上昇による海岸侵食の問題は大きな影響を社会にもたらす。

海面上昇による汀線の後退量（砂浜の侵食）は水位上昇相当分にとどまらない。通常の砂浜では汀線から陸域にかけて波の作用により砂が積み上がって上に凸の平衡地形となる。海面上昇が起これば砂の総量が一定であるために地形が平行移動することができず、砂の一部が沖側に移動して平衡地形に達する。その結果、汀線の後退量が増加することになる。

海面上昇による日本全国の砂浜の侵食量を求めたところ1mの海面上昇により90%の砂浜が失われるという結果が得られている[53]。現在でも全国平均で年間約1/6mの海岸侵食が起こっている中で、海面上昇によってさらに加速される侵食問題をどのように解決するかは大きな課題である。

ウ 河川下流部の流下能力の低下

海面上昇は河川の下流端境界条件である河口水位の上昇をもたらす。河口で堰上がった河川水位は上流に向かって連続的に上昇し、河川の流下能力を減少させる。この影響は特に緩勾配の低平地河川で著しくなる。

すでに石狩川では具体的に河口水位が上昇した場合の影響の検討が行われており[54]、河口付近の堤防、水門、樋門などへの影響が指摘されている。他の河川でも河口海面の上昇による影響は大きいと考えられる。特に首都圏、東海、近畿の都市機能集積地帯や人口密集地帯では河川の流下能力低下の影響が多方面に及ぶことが懸念されるため、各河川において河口水位の上昇による影響の程度及びその範囲を想定するなど、必要な対策策定に向けて検討を進めることが急務となっている。

⑤ 風災害の激化

日本周辺の台風や竜巻の強さや個数などの客観的気象データには、今のところ、顕

著な変化傾向が見られる訳ではない。しかしヨーロッパではここ数十年の風速記録から漸増傾向を指摘する研究者もあり[55]、影響要因と思われる海表面温度 SST やパワー消散指標 PDI は北大西洋や西太平洋で 1970 年代以降急激に上昇している[56]。ヒートアイランド現象などの都市気候の変化にも関連して我が国の雷の発生数増加なども指摘されている[57]。また気候モデルのシミュレーションによれば台風等の発生頻度はむしろ低下するが強さが増大するとされており[58]、温暖化が風災害の激化を助長する方向に作用するであろうことは多くの研究者の共通認識と言える。

台風等の強い低気圧の発生や進路の予測技術、数値予報モデルと風工学モデルの融合によるローカルな風況予測技術の開発、衛星画像等を利用した被害自動認識技術、GPS 等の衛星測位技術利用による建物群応答モニタリング技術など、強風災害低減のための技術開発と都市防災への活用推進が必要である。供用期間の長い超高層建築物や長大橋等に関しては、過去の風速資料等によるだけでなく、将来の増加傾向を考慮して設計風速を適切に評価しなければならない。

竜巻等に関しても、人命保護の観点から、観測、予測、予報、情報伝達等の関連技術の研究・開発が喫緊の課題となっている。原子力発電所、産業廃棄物貯蔵施設、液化天然ガス貯蔵施設、データセンター等の高危険度施設、高重要度施設に関しては竜巻等の突風の影響を考慮して従来の耐風設計を見直す必要がある。崖や斜面上など耐風設計上不利な地点での宅地開発や都市開発等を控えるなどの配慮も必要となる。

また外装材のパフォーマンスに大きく支配される建築物等の耐風性能の向上には実大での破壊実験が不可欠である。実大ストームシミュレータの建設と活用によって風関連災害による巨額の経済的損失の低減や人命保護に供することが望まれる。

(3) 適応策の社会実装に伴う社会・経済面での課題

① 事前対策投資と国家財政健全化の関係

災害に対する事前対策投資の重要性は論をまたない。投資を怠れば、尊い人命の損失のみならず、往々にして事前投資すべきであった額の何倍もの救助・避難関係費用、復旧・復興費用が必要となり、被災後の税収も多くを望めない。温暖化が進むとともに自然外力が強大化し、国家財政への悪影響が増幅されることが懸念される。

国家財政の健全化が強く求められる我が国にあってはこうした損失を極力回避し、一方で過大な投資は避けなければならない。すなわち事前対策投資と国家財政健全化の関係が課題となる。

このため米国の事例[59]などを参考にしながら事前対策による国家財政健全化効果について検討を進めるべきである。また完成までに長期間を要し将来世代も負担するインフラ投資については、効果を幅広く把握することはもちろん、耐用年数や社会的割引率のあり方を含めて費用対効果分析について改めて検討する必要がある。

② 土地利用のあり方

適切な土地利用によって自然災害に対する脆弱性に対処することは効果的な方法である。オランダでは、第1段が防災施設による対策、第2段が土地利用による対処、第3段が避難などのソフト対策であるとして、3層構造による防災・減災を構想している[60]。

しかし現在の土地利用を変更することは住民の地域への愛着や就業機会の喪失といった問題や産業構造の変更を含めた国土構造のあり方とも関係するため、重要ではあるが極めて困難な課題である。

土地利用による対処を選択可能な手段として確立していくためには、将来の国土構造のあり方を構想しつつ、各地域で適応策の社会実装を行いながら課題の抽出や対応する法制度の整備等について検討を進めることが重要となる。

なお、EUでは脆弱性が高い土地への新規の住宅建設や企業立地を抑制するとともに既存の住民や企業による事前対策の取り組みを促進することを目的に、自然災害に対する保険加入の義務付けやリスクを反映した保険料率の適用についても議論を始めている[61]。しかし保険料率によるインセンティブ付与の効果は一般的に弱いとの指摘もある[62]。またハリケーン・カトリーナ災害など相次ぐ大規模災害で国家洪水保険制度の赤字が大幅に拡大した米国ではリスクを反映した保険料率のアップを実施したものの、直後に再見直しを行っている[63]。購入可能な保険料率の水準や保険会社が支払い不能となった場合の最終的な国家負担のあり方など、現状では多くの課題が残されていると言えよう。

③ リスク認識と自然災害対策の統合化

「科学技術や成長発展が必ずしもハザードリスクの減少につながっていないのは何故か」という疑問を解き明かすための重要な研究対象の一つは意思決定に影響する政策決定者や住民のリスク認識である、との指摘がある[64]。

洪水、高潮、土砂災害、風災害のみならず地震・津波、火山噴火等を含めて異なる種類の自然災害に対して総合的に対応すべきことは言うまでもない。しかし、ある自然外力のリスクばかりが心理的に認識された結果、他の自然外力により想定外の甚大な被害が発生することも考えられる。

自然外力の種類によってリスク認識に心理的な偏りはないか、偏りがあるとなればその原因は何か、という視点は適応策の社会実装に伴う課題を把握する上で重要である。

④ 被災後の復旧・復興のための事前対策

被災による影響を最小化し、被災後の復旧・復興を迅速かつ適切な費用で進めるためには、事前対策が極めて重要である。

ハリケーン・サンディの襲来に際し、ニューヨーク市の地下鉄は上陸の1週間前から周到な準備を行い、驚異的な早さで運行再開を成し遂げ、影響を最小限に食い止めた[65]。以前からプランを練り、事前対策を講じていたのである。ニューヨークは地

盤高が高いため高潮で侵入した海水は地下鉄等を除き容易に自然排水されるが、ゼロメートル地帯を抱える日本の大都市では状況がまったく異なる。高潮にせよ地震にせよ、自然外力によって海岸や河川の堤防が決壊した場合、まず決壊部分を締め切った後にポンプで強制排水しなければならない。大深度利用が進んだ地下空間からの排水には高揚程の大容量ポンプが必要となる。

復旧・復興のための事前対策は社会・経済の脆弱性の所在を明らかにするだけでなく、個人や企業のリスク認識を高めて自発的な取り組みを促す。鉄道など公的な機能を果たす事業者が事前対策を検討・実施するためには影響を与える多くの利用者に対する周知徹底が必要であり、その結果、リスク認識の共有も進む。また事前対策として実施すべきハード対策の内容や規模に関して社会的な理解が深まることも期待される。さらに、検討・実施の過程で社会・経済面での諸課題が把握され、事前復興による対応方策を含め、個人や企業の取り組みを支援する法制度等の検討に資することになる。

復旧・復興のための事前対策は、社会・経済面での課題把握という点を含め、適応策の社会実装に係る取り組みの中でも重要な位置を占めるものと考えられる。社会・経済面での課題把握に努めながら被害想定に基づきハード・ソフトの事前対策の検討・実施を急ぐ必要がある。

⑤ 社会的な合意形成に関する課題

適応策の社会実装が進むと社会的な合意形成に関する諸課題の重要性が増大してくるものと思われる。

社会実装が進むとともに個人や企業は自然外力の変化状況や防災施設の現状・将来計画等を今まで以上に理解する。理解が進めば、自助・共助に対する個人や企業の負担の可能性、負担の程度に関する地域差等に関連した課題について社会的合意形成を図ることが重要になるものと思われる。

また必ずしも地域内の全員が賛成しない状況で適応策を進めざるを得ない場合に、例えば一定多数の合意による被災後マンションの建て替え制度のように、私権に一定程度の制限を加えることについて、関係する諸制度の再整理・再構築が課題になるものと思われる。

(4) 指標化に関する課題

洪水や高潮のみならず気候変動の影響を受けない地震等を含めた様々な自然災害によるリスクを指標化することができれば、対策の目標、達成度などの客観的評価やこれを踏まえた施策の持続的展開に大きく寄与できる。また地域間、国際間の比較も容易となる。ただし、国、組織、個人によって災害リスクに関する考え方が異なるため、合意可能な共通認識を把握し、これをもとに指標を設定することが重要である。

また、防災・減災に係る適応策は「気候変動の影響を受けて増大する災害リスクを総合的に対処することによって減少させるもの」として捉えることができる。この総

合性を明確化する上でも指標化は効果的である。

災害リスクは以下の式で表わされる[66]。

$$DR = [H] \times [E] \times [V] / [C]$$

ここに、DR は災害リスク、[H]はハザード（災害原因事象）、[E]は曝露（被災可能な人や資産）、[V]は脆弱性、[C]は災害対策である。今のところこの式は概念的なものでありDRの値を定量的に評価できる段階ではない。しかしDR自体の指標化や各項の指標化を検討していく上で有用である。ハザードが大きくなればなるほど、被災可能な人や資産が多くなればなるほど、その地域や防災システムが脆弱であればあるほど、災害リスクは大きくなる。一方、災害対策を講じることによって災害リスクが小さくなる。これらを概念的に示している。

従来、[H]の指標としては「100年確率」や「T年に1度」といった再現期間（リターンピリオド）を用いてきた。しかし、気候変動の影響によって従来のようなリターンピリオドが有効な指標として使い続けられるのか、という議論がある[67]ことに留意しなければならない。

[E]の指標としては洪水に対しては「氾濫原内人口」などが考えられる。広域地震を想定すれば「地域内の人口」全体が被災可能者となり得る。人口のみならず資産の集積度（密度）も考えねばならない。土地利用規制や移転などにより「氾濫原内人口や資産」は抑制・減少が物理的には可能だが、広域地震に対しては地域内の至る所で被災する可能性があるという意味で[E]を減らす手立てはない。

脆弱性[V]の指標化は難しい。地震に対する耐震診断においては構造耐震指標（建物の耐震性能を示す） I_s 値が用いられる。これは個々の建物に対しては設定できるが、地域全体の耐震性能を示すものではない。100年確率の洪水に対する治水計画が立てられている地域で河川整備が完了していない場合はその整備率が当該流域の脆弱性の指標となり得るが、整備できている延長（距離）の比率のみでは適切な指標とは言い難い。整備できていない部分の堤防が低ければ脆弱性は格段に高まる。我が国はすでに高齢社会に突入しているが、その一方で発展途上国では開発と都市化が急激に進行している。こうした点も加味して脆弱性を適切に評価する手法や指標が必要である。

災害対策[C]として、耐震補強、河川整備、ダムや砂防堰堤などの整備により[H]の影響を軽減することができる。すなわちDRを低減できる。土地利用規制や移転により[E]を減らすことができる。また防災情報システム（ハザードマップや避難所も含む）の整備・充実などにより地域住民の防災力を高めて[V]を低減することも可能であろう。

今後、災害リスクに関する当該地域の評価に加えて地域間の比較についても客観的に行えるよう、指標化に関する研究の進展が期待される。

また社会実装の過程を通じて大規模自然災害による中長期の被災可能性や被災後の復旧・復興の速度などを把握し、これを指標に反映させることも重要である。

災害事象と被災形態の多種多様性、地域の多様性、国家の政治経済体制、国民性や宗教・文化の違いなどもあり、万国共通の指標を構築するのは大変チャレンジングかつ重要な課題であり、まさに学際的なアプローチが必要である。

4 適応策の社会実装の現状と課題

(1) 適応策の社会実装の重要性

適応策は社会実装されて初めて効果を発揮するものであることは言うまでもない。また適応策を効果的に推進するための施策や法制度の立案にはその基礎となる研究が必要とされ、対象とする自然外力の変化に伴う課題や社会・経済面での課題を把握することが重要となる。前述したように、これらの課題は社会実装を行う中で把握されるものがほとんどであり、研究の成果もこれを踏まえて施策や法制度を構築し社会実装を行って初めて確認される。

適応策の効果を発揮し、持続性科学・技術の視点に立って適応策を深化させるためには、各地域で実施される社会実装がその鍵を握っていると言えよう。

(2) 適応策の社会実装の現状

防災・減災に関する適応策の基本は、11頁2行目から略述したオランダの例によるまでもなく、防災施設による対策である。脆弱な国土条件下にある我が国においては、これなくして社会・経済活動は成り立たない。このため防災施設による対策については、前述の自然外力の変化に伴う課題や社会・経済面での課題に関するものは別として、社会実装に関する知見は歴史的にも集積されてきたと言える。

以下、これとは別に、防災施設の現在能力を超える自然外力を対象とした適応策の社会実装についてその現状を述べる。

① 国内の動向

広域的な社会実装を目指して検討が進められている事例としては、まず「東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会」の活動が挙げられる。伊勢湾への巨大台風の襲来による高潮・洪水を対象に、国土交通省中部地方整備局が被災想定区域内の地方自治体等官公庁、マスコミ、自衛隊、鉄道やライフライン事業者等の多数の機関とともに同協議会を組織した。2008年に『危機管理行動計画（第一版）』[68]、2009年には『同（第二版）』[69]を作成・公表している。これは、被害想定を行った上で、発災前の情報共有・避難から被災後の救助・応急復旧それぞれのフェーズについて行動内容を具体的に設定したものである。凶上演習を繰り返すことを通じて参加機関の認識を高め、行動内容の見直しを行ってきた。その一環として、2013年10月の台風27号の本土接近に際して中部地方整備局が名古屋地方気象台とともに設置した情報共有本部は地方自治体に対する波浪の打ち上げ高等の情報提供を試行している。さらに、同協議会の被害想定をもとに、中部地方整備局は被災後の破堤箇所仮締切りやその後のポンプ排水などの具体策を検討し、その結果を『濃尾平野の排水計画（第一版）』[70]として2013年8月に公表した。翌9月には排水ポンプ車による実働訓練を実施している。今後、要避難者の避難判断や市町村長の避難勧告・指示等に役立つ情報提供の内容等を具体化してタイムライン行動計画へと進化させることが同協議会の次のテーマとなる

う。また被災後の排水計画については、道路啓開や航路啓開との連絡調整、災害協定業者との連絡調整を密に行い、計画の実効性を高めていくことが求められる。

また首都圏では、2010年に中央防災会議「大規模水害対策に関する専門調査会」が取りまとめた利根川・荒川の大規模洪水や東京湾高潮による被害想定[71]をもとに、内閣府が主導して、関係府省、被害想定区域内の地方自治体、マスコミ、鉄道やライフライン事業者等からなる「首都圏大規模水害対策協議会」を2013年11月に発足させた。現在、氾濫が発生する前の段階の避難準備・避難について具体策の協議を始めたところである[72]。

現段階ではいずれの事例も参加機関内での取り組みにとどまっており、今後、本格的な社会実装に向けた展開が望まれる。

複数市町村をまたがる規模で社会実装が行われている事例としては佐賀平野の取り組みが挙げられる。社会実装を行った結果のフィードバックも比較的容易な規模であり、適応策を深化させる上でも重要な事例となっている。

佐賀平野は我が国最大の干満差を有する有明海に面して広大な低平地が広がっており、洪水や高潮などによる広域かつ長期の浸水で甚大な災害となる可能性が高い地域である。2006年に県、市町、民間及び国の各機関から構成される「佐賀平野大規模浸水危機管理対策検討会」が設立された[73]。2007年には『佐賀平野大規模浸水危機管理計画』が策定され、「情報収集・伝達」、「広域応援・緊急輸送路ネットワーク」、「連携強化」の3分野27項目の施策が検討されている。洪水や高潮による被害想定に基づいて具体的な対策を取りまとめると同時に、関係機関が連携して防災訓練や机上演習を行うことで危機管理計画の検証と改訂を継続して実施している。2011年に『危機管理計画』の第2回改訂を行って関係機関に周知するとともに、武雄河川事務所のホームページで広報を行っている。

被災後の復旧・復興のための事前対策としては、破堤箇所等へのアクセスとして高架道路から堤防天端への接続路の整備が進められている他、九州電力により変電施設等の耐水化工事が実施された。希望する企業等に対してBCP作成の支援も始めており、社会実装に伴う課題の抽出等の成果が望まれる。

一方、コミュニティーレベルの取り組みについてはすでに社会実装を実施している事例が見られる。片田他が報告した事例[74]では、土砂災害に対する避難体制の構築を目標に専門家と行政が30世帯から300世帯程度の複数地区に入り、ワークショップを繰り返す形式のリスクコミュニケーションを通じて住民の主体的な取り組みを引き出した。またリスクコミュニケーション手法を評価分析しており、社会実装の過程そのものに関して観察を行ったものと言えよう。

しかしながら、こうした社会実装の事例がどの程度あるのか、それぞれの内容はどのようなものなのか、といった情報を一覧できるような状況にはない。社会実装に伴う課題やその対策、対策効果に関する客観的な評価分析などについては報告数そのものが少ない現状にあると思われる。

2014年に入り、首都直下地震や南海トラフ地震に備えた『対策計画』[75][76]が国

土交通省により4月にいち早く策定され、6月には『国土強靱化基本計画』[77]が政府によって閣議決定されている。また国土交通省の「水災害に関する防災・減災対策本部」はハリケーン・サンディの教訓を踏まえた防災行動計画の素案[78]などを4月に公表し、全国109の一級水系で取り組みが開始されている。

こうした動きの中で、今後、持続性科学・技術の視点に立った適応策の社会実装が展開されることが期待される。

② 英国における取り組み

法的根拠に基づき国家的な枠組みを整備している英国は最も先進的な取り組みを実施していると思われる。前述の『国家適応プログラム』では「気候変動のリスクと機会に対し、タイミングよく、先見性を持ち、十分な情報に基づく決定ができる社会の創出」というビジョンを挙げ、重点領域ごとの目標と取り組みの説明及び優先度の高いリスクに対する行動を7分野に分けて示している。また附属資料の『国家適応プログラムの経済性』[79]には、政府の役割に加え、更新される影響評価情報を活用した不確実性の下での意思決定方法、地域レベルでの費用対効果分析手法などを提示し、地域で取り組みを進めるためのツールの提供等を行っている。

また環境局が主導して、農業・林業、都市環境、ビジネス、健康・福祉、インフラ、自治体、自然環境の7分野で、それぞれの分野関連の団体及び民間セクターへのアドバイス及び支援をすることを目的として「Climate Ready サポートサービス」が設置され、気候変動の影響把握のためのツールとして「Adaptation Wizard」と呼ばれるツールが紹介されている。このツールは気候変動に関する基礎的な理解と気候変動リスクの意思決定への統合を図ることを目的に作成されており、ツールを用いて、脆弱性の評価、リスクの特定、適応戦略の策定・実行が可能となっている。

英国の適応策実施の特徴の一つは専門家及び政府機関による情報の共有が図られていることにある。『英国気候変動リスク評価政府報告書』の作成過程では、気候変動の要因と影響、結果の繋がり、さらにそれがもたらす次の影響等のプロセスを段階的に分析しており、この分析支援のためにデータ入力・検索システムが開発され提供されている。第一段階の分析でリスト化された文献等はこのシステムに入力され、第一段階で抽出されなかった影響や結果の特定、あるいは分野横断的な影響・結果の特定に使用され、第2段階の分析に反映される。その結果、リスク指標とメタデータが蓄積される。このようにリスク指標作成の基となったデータや情報も一般にも公開されている。

このほか、政府が『気候変動法』に基づいてインフラ関係企業に適応策の実施状況の報告を求めてこれを公表するという施策を講じており[80]、適応策の社会実装に効果を発揮している。

しかしながら、社会実装の事例に関する報告は未だ少なく、政府や専門家による支援ツールの作成・提供が主となっているように思われる。

(3) 今後の課題

適応策の社会実装はそれぞれの地域によって諸状況が異なることから地域ごとに進めなければならない。前述した持続性科学・技術の視点を踏まえて取り組みを進めるには多分野にわたる研究者や実践者などを網羅した連携体制の構築とともに、これらに携わる多様かつ多数の人材の育成が重要となる。取り組みの持続性を担保する枠組みづくりと数多くの人材の確保は防災・減災に関係する適応策の推進にとって最大の課題であると思われる。

また、各地域における取り組み状況や課題解決方策、その観察・分析等の情報を継続して把握・整理し共有することは地域間の情報交換・連携に役立つとともに、人材育成にも資するものと思われる。

① 連携体制の構築と人材育成に関する課題

適応策はものづくりと異なり、変化する自然・社会に対して適応策を実装することから、その取り組みを継続的に把握して整理し、さらに改善に結びつけることができる体制の構築が必要である。その体制とは行政（以下「官」という。）のみが関与すればいいというものではない。課題を発見・整理し改善を提案する研究者（以下「学」という。）、適応策を技術の面から支え場合によってはステークホルダー間の調整に携わる専門技術者や実際に災害に向き合う住民・企業等（以下「民」という。）の連携によって構築されるべきである。

このような組織づくりとともに重要であるのが適応策に取り組むことができる官学民の人材育成である。

大規模自然災害等に対しては『強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災に資する国土強靱化基本法』で、国、地方公共団体、事業者及び国民それぞれの責務が定められた。国は国土強靱化に関する施策を総合的かつ計画的に策定・実施する責務を有し、特に重大性又は緊急性が高い場合に中核的な役割を果たすことが求められている。大規模自然災害の場合、人材や資機材、資金などの様々なリソースの投入は国が主導的な任務を担わなければ実現しない。国においてはこれらの責務・役割に対応した質と数の人材育成が急務となっていると言えよう。

また、地方公共団体の人材育成も喫緊の課題である。災害の基本を理解し、災害時には適切な判断ができ、首長に助言することができる専門人材を、例えば官学民の力を結集しやすい公益法人で継続的に研修して育てるなどの取り組みが必要であろう。このことは企業において防災・減災やBCPの作成・運用を担う人材についても同様であろう。

学の特徴は中立性と継続性である。この特徴を生かして官と地域住民の間の連携役を果たし、地域住民の災害意識の醸成や災害時に活躍できる地域リーダーの育成に携わることができる。多くの大学では災害センターのような組織が設置されつつあり、官とともにこのような組織を中核として適応策に継続的に取り組むべきであろう。

民間技術者の育成も大切である。適応策の実装では設計や施工のようないわゆるハ

ード技術のみでなく、社会と対話・連携・調整ができる技術者が求められる。このような新しい専門能力を持つ技術者を養成することが求められている[81]。それとともに民間においてはNPOなどを中心とした地域のリーダーの存在がますます大切になっている。NPOを育てる施策や継続的な能力開発の仕組みが必要である。

② 各地域の取り組みに関する諸情報の把握・整理体制に関する課題

すでに述べたように適応策の社会実装がどこで行われているかについての情報が十分ではない。また、その状況や課題等を観察・分析した情報はさらに少ない現状にある。

各地域における実践者や研究者間の情報交換や連携は適応策の社会実装を上手に進めるために効果的であると思われ、さらには携わる人材の育成にも役立つことが期待される。

このため、学においては、各大学に設置されている災害センター等の組織やこれを束ねる組織を有効に機能させ、情報を把握・整理する仕組みづくりを行うべきである。

また、官においても、例えば国土交通省であれば国土技術政策総合研究所等の組織を活用し、国土交通省地方整備局等が参画している社会実装に関する情報を把握・整理して、学の情報との共有・相互利用体制を構築するべきである。

5 提言

近年、国内外において豪雨や台風、またそれに伴う風水害・土砂災害が激増しており、気候変動による災害外力増大との関連性が強く指摘されている。一方、我が国においては災害弱者の増加を伴う少子高齢社会にすでに突入しており、過密と過疎が併存する国土構造とも相まって、災害に対する脆弱性が增大することが懸念されている。このため、将来起こると考えられる大規模自然災害に社会・経済が如何に適応し、被害・影響を軽減していくかが、大きな課題となっている。

これに対し、特に東日本大震災以降、地震・津波をはじめ大規模自然災害に対する事前対策の法制度が大幅に整備・拡充され、ハード・ソフトが一体となったりリスク・マネジメントの取り組みが全国的に展開されようとしている。気候変動下における防災・減災に係る適応策もこの一部を構成するものであり、今後、本格的な実施の段階に入るものと思われる。

地域が有する自然や社会条件はそれぞれ異なるので、当然のことながら適応策はその地域の特性に応じて計画され社会に実装されることが重要である。また、社会実装を進める中で対象とする自然外力の変化に伴う課題や社会・経済面での課題を把握・研究しなければ適応策の深化は望めない。

以下、防災・減災に係る適応策の社会実装に関し、関連する今後の課題と対応の方向性について提言する。

(1) 持続性科学・技術の視点の確立

防災・減災に係る適応策は戦略や計画を策定して後は実行すれば済むというものではない。「自然科学、工学、社会科学など多岐にわたる学問領域の研究者だけでなく実践者や政策立案者なども含めた超領域のネットワークを形成し、研究成果を踏まえて講じた施策が自然や社会・経済に及ぼした効果や問題点を評価分析するなど、自然や社会・経済を対象とした総合的な観察を行いながら、全体を進めていく」という持続性科学・技術の視点に立って、長期的に取り組むを続けていく必要がある。

国は大規模自然災害への適応策の推進に中核的な役割を果たすことが求められている。適応策の社会実装には従来とは異なる新たな内容や進め方を伴うため、国は、実践を通じるなどの方策により、関係組織内の意識改革を図っていくべきである。

(2) 長続きのする連携体制づくりの展開と人材育成

適応策の社会実装には研究者や実践者などを含めた連携体制づくりが必要となる。「自然外力の変化に伴う課題や社会・経済面の課題を把握し、対策を検討して実施する」というプロセスを繰り返すことになるため、この連携体制は長続きするものとしなければならない。

また地域ごとに自然や社会・経済の状況が異なるため、それぞれの地域で適応策の社会実装を進める必要がある。脆弱性が高いと思われる地域だけでも全国で相当数にのぼ

ると思われ、中心的な役割を果たす多数の人材の育成が課題となる。

このため、国においては、各地域での長続きのする連携体制づくりとこれに携わる多数の人材育成に向け、必要な組織を整備するなどの方策により、戦略的な取り組みを進めるべきである。

また、地方公共団体や企業に対しては、官学民の力を結集しやすい公益法人で継続的に研修を行うなどの方策により、専門人材の育成を図るべきである。

さらに、社会との対話・連携・調整といった新しい専門能力を持つ民間技術者や地域で活動するNPOの育成も重要であり、このための施策や継続的な能力開発の仕組みを整えるべきである。

(3) 適応策の社会実装と連動した研究の促進

適応策の社会実装には自然外力の規模や出現頻度の変化、また社会的にも経験の少ない災害事象等に関する研究成果が不可欠である。さらに、被災後の効率的な復旧・復興のための事前対策に伴う課題など、社会実装の中で諸状況を把握しながら検討を進めることが必要な社会・経済面の研究課題も数多い。

このため、社会実装の現場を核として、自然科学、工学、社会科学等の多数の研究者を結集し、連携ネットワークを形成して、研究の促進を図るべきである。

(4) 社会実装に関する全国の情報集積と実践者・研究者間の連携・交流の推進

適応策の社会実装がどこで行われているかについての情報は十分ではなく、その状況や課題等を観察・分析した情報はさらに少ない現状にある。

このため、学においては、各大学に設置されている災害センター等の組織やこれを束ねる組織を有効に機能させ、情報を把握・整理する仕組みづくりを行うべきである。

また、官においても、例えば国土交通省であれば国土技術政策総合研究所等の組織を活用し、国土交通省地方整備局等が参画している社会実装に関する情報を把握・整理して学の情報との共有・相互利用体制を構築するべきである。

加えて、社会実装に携わる人材の育成にも資するため実践者や研究者間の情報交換や連携・交流の推進に努めるべきである。

(5) 適応策深化のための施策や法制度の立案に向けた全国の情報集積成果の活用

全国的な規模で展開される社会実装によって得られた課題やこれに対応した研究の成果は新たな施策展開にとって重要な情報となることは言うまでもない。

国は、必要に応じて追加的な調査を実施する等の取り組みを通じて、社会実装に関する全国の情報集積成果を適応策深化のための施策や法制度の立案に活用するべきである。

<用語の説明>

深層崩壊 ii 頁、2 頁、3 頁、6 頁、7 頁

山崩れ・がけ崩れなどの斜面崩壊のうち、すべり面が表層崩壊（厚さ 0.5m-2.0m 程度の表層土が、表層土と基盤層の境界に沿って滑落する比較的規模の小さな崩壊）よりも深部で発生し、表土層だけでなく深層の地盤までもが崩壊土塊となる比較的規模の大きな崩壊現象をいう。

自然外力 ii 頁、iii 頁、1 頁、3 頁、6 頁、8 頁、10 頁、11 頁、12 頁、14 頁、19 頁、20 頁

台風、豪雨、高潮、竜巻、地震、津波などの自然災害を引き起こす災害因子のこと。

リスク・マネジメント ii 頁、1 頁、19 頁

リスクを組織的に管理（マネジメント）し、被害などの回避または低減をはかるとともに被災後の事態に対処するプロセスのこと。

適応策 ii 頁、iii 頁、1 頁、2 頁、4 頁、5 頁、6 頁、10 頁、11 頁、12 頁、14 頁、15 頁、16 頁、17 頁、18 頁、19 頁、20 頁

気候変動によりすでに生じている影響や今後生じるであろう影響に対し、悪影響を軽減し、または有益なものを活用するプロセスのこと。防災・減災に係る適応策は、気候変動に伴う自然外力の増大に対し、防災施設による対策を含め社会・経済がそのあり方を調節することにより防災力を高め、自然災害の悪影響を抑制すること。

緩和策 1 頁

気候変動を引き起こす CO₂などの温室効果ガスの排出を抑制し、または大気中からの排除を促進すること。

社会実装 ii 頁、iii 頁、1 頁、6 頁、7 頁、10 頁、11 頁、12 頁、13 頁、14 頁、15 頁、16 頁、17 頁、18 頁、19 頁、20 頁

気候変動による災害外力の増大に対する適応策を実際の社会・経済や地域で実践すること。

<参考文献>

- [1] IPCC WG II. “AR5 Summary for Policymakers.” 2014.
- [2] ISDR. “Hyogo Framework for Action 2005–2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters.” 2005.
- [3] 外務省、「ミレニアム開発目標 (MDGs)」、
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/doukou/mdgs.html>
- [4] 日本学術会議 地球惑星科学委員会・土木工学・建築学委員会合同 国土・社会と自然災害分科会、提言『地球環境の変化に伴う水災害への適応』、2008年6月。
- [5] 日本学術会議 土木工学・建築学委員会 地球環境の変化に伴う水害・土砂災害への対応分科会、提言『気候変動下における水・土砂災害適応策の深化に向けて』、2011年9月。
- [6] 国土交通省、「平成24年水害統計調査」、
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL02100104.do?gaid=GL02100102&toacd=00600590>
- [7] (財) 国土技術研究センター、「今後の治水対策の方向性に関する研究」、2003年7月。
- [8] 国土交通省 近畿地方整備局 河川部、「平成25年9月 台風18号洪水の概要」、2014年3月。
- [9] 国土交通省 近畿地方整備局、「平成23年紀伊半島大水害 (台風12号・15号)」、2013年2月。
- [10] 国土交通省 国土技術政策総合研究所 危機管理技術研究センター・(独) 土木研究所 つくば中央研究所 土砂管理研究グループ、「2013年台風26号により伊豆大島で発生した土砂災害」、土木技術資料、2013年12月。
- [11] 気象庁、「気候変動監視レポート2012」、2013年6月。
- [12] The City of New York, Mayor Michael R. Bloomberg. “A Stronger, More Resilient New York.” 2013.
- [13] 日本経済新聞 Web版、「フィリピン台風半年、住宅復旧に遅れ 死者は6300人」、2014年5月7日。
- [14] the guardian. “David Cameron cancels Middle East visit to lead flooding response.” 11. 2. 2014.
- [15] IPCC WG I. “AR5 Summary for Policymakers.” 2013.
- [16] 総務省 消防庁、「季刊 消防科学と情報」、No. 103、2011年。
- [17] 内閣府 政策統括官 (防災担当)、「平成25年版 防災白書」、2013年。
- [18] 内閣府 政策統括官 (防災担当)、「中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況 フォローアップ調査」、2010年1月。
- [19] 経済産業省、「通商白書2011」、2011年8月。
- [20] 経済産業省、「通商白書2012」、2012年6月。
- [21] GOV. UK. “Adapting to climate change in England –A framework for Action.” 2008.
- [22] GOV. UK. “UK Climate Change Risk Assessment: Government Report.” 2012.
- [23] GOV. UK. “National Adaptation Programme.” 2013.

- [24]U. S. Gov. “U. S. Global Change Research Program.”
<http://www.globalchange.gov/>
- [25]U. S. Global Change Research Program. “Climate Change Impacts in the United States: U. S. National Climate Assessment.” 2009.
- [26]U. S. Gov. “Progress Report of the Interagency Climate Change Adaptation Task Force: Recommended Actions in Support of a National Climate Change Adaptation Strategy.” 2010.
- [27]Executive Office of the President. “The President’ s Climate Action Plan.” 2013.
- [28]European Commission. “EU Adaptation Strategy Package.” 2013.
http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm
- [29]European Commission. “An EU Strategy on adaptation to Climate Change.” 2013.
- [30]Netherlands Environment Assessment Agency. “The effects of climate change in the Netherlands.” 2005.
- [31]Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, Ministry of Economic Affairs. “National Programme for Spatial Adaptation to Climate Change.” 2007.
- [32]PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. “The effects of climate change in the Netherlands: 2012.” 2013.
- [33]文部科学省、気象庁、環境省、「日本の気候変動とその影響」
- [34]気象庁、「地球温暖化予測情報」、
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/index.html>
- [35]全国知事会、「地球温暖化による地域社会の変動予測」、2010年3月。
- [36]Mullan, M. et al. “National adaptation planning: Lessons from OECD countries.” 2013.
- [37]OECD. “Water and Climate Change Adaptation.” 2013.
- [38]U. S. Global Change Research Program. “Climate Change Impacts in the United States: U. S. National Climate Assessment.” 2014.
- [39]柴田徳思、「学術フォーラム「原発事故調査で明らかになったことー学術の役割と課題ー」総括討論」、学術の動向、2013年8月。
- [40]社団法人土木学会、土木学会台風14号災害緊急調査団、「平成17年台風14号の記録的豪雨による災害の調査と減災対策に関する研究報告書」、2006年。
- [41]社団法人土木学会、土木学会平成23年台風12号土砂災害現地調査団、「平成23年台風12号土砂災害調査報告書」、2012年。
- [42]Wen-Chi Lai, et al., The 1st International Seminar on Typhoon and Flood Defense Strategies and The 10th Seminar on Flood Defense Technology for Next Generation, Seoul, Korea. “An overview of disasters resulted from Typhoon Morakot in Taiwan.”

2010.

[43]小松利光他、「気候変動に対する適応策としての流水型（穴あき）ダムのすすめ」、水利科学、57、3、No. 332、2013年8月.

[44]社団法人 砂防学会、「深層崩壊に関する基本事項に係わる検討委員会 報告・提言」、2012年3月.

[45]宮崎県、「耳川水系総合土砂管理計画」、2011年10月.

[46]社団法人土木学会、土木学会九州北部豪雨災害調査団、「平成24年7月九州北部豪雨災害調査団報告書」、2013年2月.

[47]国土交通省 河川局、「台風10号出水レポート 北海道「流木災害」(速報)」、2003年.

[48]IPCC WG I. “AR5 Summary for Policymakers.” 2013.

[49]気象庁、「気候変動監視レポート2012」、2013年6月.

[50]IPCC WG I. “AR5 Ch.13 Sea Level Change.” 2013.

[51]IPCC WG I. “AR5 Summary for Policymakers.” 2013.

[52]松井貞二郎他、「海面上昇に伴う日本の沿岸域の浸水影響予測」、海岸工学論文集、第39巻、1992年.

[53]三村信男他、「砂浜に対する海面上昇の影響評価（2）－予測モデルの妥当性の検証と全国規模の評価－」、海岸工学論文集、第41巻、1994年.

[54]石狩川流域における気候変動に適応した治水・利水対策検討会、「石狩川流域における気候変化に適応した治水・利水対策のあり方について 取りまとめ」、2011年3月.

[55]Kasperski, M. “A new approach to the specification of the design wind speed considering long-term trends in the wind climate.” Global Environmental Research, 13, 2009, 161-168

[56]Emanuel, K. A., “Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years.” Nature, 436, 2005, 686-688.

[57]小林文明、「2004年の気象災害」、日本風工学会誌、31(2)、2006. 93-98.

[58]Bender, M. A., Knutson, T. R., Tuleya, R. E., Sirutis, J. J., Vecchi, G. A., Garner, S. T., Held, I. M., “Modeled impact of anthropogenic warming on the frequency of intense Atlantic hurricanes.” Science, 327, 2010. 454-458.

[59]The Multihazard Mitigation Council, a council of the National Institute of Building Sciences. “Natural Hazard Mitigation Saves: An Independent Study to Assess the Future Savings from Mitigation Activities.” 2005.

[60]The Ministry of Infrastructure and the Environment, The Ministry of Economic Affairs. “Working on the delta - Promising solutions for tasking and ambitions.” 2013.

[61]European Commission. “Green Paper on the insurance of natural and man-made disasters.” 2013.

[62]IPCC WG II. “AR5 Ch.17 Economics of Adaptation FINAL DRAFT.” 2014.

[63]FEMA. “Flood Insurance Reform.”

<http://www.fema.gov/flood-insurance-reform>

[64] ICSU. “A Science Plan for Integrated Research on Disaster Risk.” 2008.

[65] 特定非営利活動法人 環境防災総合政策研究機構、「防災・減災フォーラム in 東京―超巨大台風から都市を、住民を、守る―報告書」、2014 年.

[66] 寶馨 他 (編)、京都大学防災研究所 (監修)、「自然災害と防災の辞典」、丸善出版、2012 年 12 月.

[67] 竹内邦良、「米連邦水関係機関共催「非正常性、水文頻度解析、水マネジメント」ワークショップ参加報告」、河川、2010 年 2 月.

[68] 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会、「危機管理行動計画 (第一版)」、2008 年 3 月.

[69] 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会、「危機管理行動計画 (第二版)」、2009 年 3 月.

[70] 国土交通省 中部地方整備局 河川部、「濃尾平野の排水計画 (第一版)」、2013 年 8 月.

[71] 内閣府、「大規模水害対策に関する専門調査会」、

<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/daikibosuibai/index.html>

[72] 内閣府、「首都圏大規模水害対策協議会」、

http://www.bousai.go.jp/fusuibai/syutoken_suibai/h25/index.html

[73] 国土交通省 九州地方整備局 武雄河川事務所、「佐賀平野大規模浸水危機管理対策検討会」、

http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/prepare_bousai/daikibo_shinsui/index.html

[74] 片田敏孝他、「土砂災害を対象とした住民主導型避難体制の確立のためのコミュニケーション・デザイン」、土木技術者実践論文集、2010 年 3 月.

[75] 国土交通省 南海トラフ巨大地震・首都直下地震対策本部、「国土交通省 首都直下地震対策計画 (第一版)」、2014 年 4 月.

[76] 国土交通省 南海トラフ巨大地震・首都直下地震対策本部、「国土交通省 南海トラフ巨大地震対策計画 (第一版)」、2014 年 4 月.

[77] 内閣官房、「国土強靱化」、

http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/

[78] 国土交通省、「水災害に関する防災・減災対策本部会議 (第 2 回)」、

<http://www.mlit.go.jp/saigai/bousai-gensai-2kai.html>

[79] GOV.UK. “Economics of the National Adaptation Programme.” 2013.

[80] GOV.UK. “Adaptation Reporting Power: received reports.”

<https://www.gov.uk/government/publications/adaptation-reporting-power-received-reports>

[81] 科学技術・学術審議会 技術士分科会、「技術士に求められる資質能力 (コンピテンシー)」、2014 年.

＜参考資料＞土木工学・建築学委員会地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分
科会審議経過

2012年

- 2月3日 地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会（第1回）
今後の分科会活動方針について
- 4月17日 地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会（第2回）
風災害に関する話題提供
2011年の水・土砂災害について
- 6月22日 地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会（第3回）
2011年のタイ水害に関する報告
東日本大震災に関係した法制度・技術体系について
- 9月1日 地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会（第4回）
2011年紀伊半島における水・土砂災害について
適応策の実装に関する現場の今後の連携について
- 12月12日 地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会（第5回）
風災害に関する話題提供
有明海沿岸域への適応策実装検討小委員会の立ち上げについて

2013年

- 6月4日 地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会（第6回）
佐賀低平地における気候変動適応に向けての取り組み
2012年7月九州北部豪雨災害の報告
オーストリアにおける穴あきダムを活用
佐賀の小委員会の立ち上げについてとその後の経緯について
- 12月20日 地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応分科会（第7回）
小委員会の立ち上げと活動について
第22期の提言の作成について

2014年

- 9月19日 日本学術会議幹事会（第201回）
土木工学・建築学委員会地球環境の変化に伴う風水害・土砂災害への対応
分科会提言「気候変動下の大規模災害に対する適応策の社会実装－持続性
科学・技術の視点から－」について承認