

見解

気候変動に伴う水災害の頻発化・激甚化に対応
して、今、科学・技術に求められるもの
～将来の市街地土地利用のために～



令和5年（2023年）9月15日

日本学術会議

土木工学・建築学委員会

気候変動と国土分科会

この見解は、日本学術会議土木工学・建築外委員会気候変動と国土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・建築学委員会気候変動と国土分科会

委員長	池田 駿介	(連携会員)	株式会社建設技術研究所研究顧問
副委員長	望月 常好	(連携会員)	公益社団法人日本河川協会監事
幹 事	清水 義彦	(連携会員)	群馬大学大学院理工学府教授
幹 事	持田 灯	(連携会員)	東北大学大学院工学研究科教授
	沖 大幹	(第三部会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	天野 玲子	(連携会員)	東日本旅客鉄道株式会社社外取締役
	大原 美保	(連携会員)	東京大学大学院情報学環 総合防災情報研究センター教授
	岡部 聡	(連携会員)	北海道大学大学院工学研究院教授
	小松 利光	(連携会員)	九州大学名誉教授
	小森 大輔	(連携会員)	東北大学グリーン未来創造機構特任教授
	田井 明	(連携会員)	福岡工業大学社会環境学部准教授
	田村 和夫	(連携会員)	建築都市耐震研究所代表
	田村 圭子	(連携会員)	新潟大学危機管理本部危機管理室教授
	塚原 健一	(連携会員)	九州大学大学院工学研究院教授
	永野 正行	(連携会員)	東京理科大学創域理工学部教授
	安福 規之	(連携会員)	九州大学大学院工学研究院教授

本見解の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

二瓶 泰雄	東京理科大学創域理工学部教授
長谷川兼一	秋田県立大学システム科学技術学部教授

本報告の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務	松室 寛治	参事官(審議第二担当)(令和4年7月まで)
	佐々木 亨	参事官(審議第二担当)(令和5年8月から)
	高橋 直也	参事官(審議第二担当)付参事官補佐(令和5年3月まで)
	柳原 情子	参事官(審議第二担当)付参事官補佐(令和5年4月から)
	石川 絵里	参事官(審議第二担当)付専門職付(令和4年12月まで)
	池川 教乃	参事官(審議第二担当)付専門職(令和5年3月まで)
	藤田 崇志	参事官(審議第二担当)付専門職(令和5年4月から)

要 旨

1 作成の背景

気候変動の影響を受けて洪水や土砂災害が頻発化・激甚化している。河川の氾濫原であるとともに海面下の土地を含む低平地に稠密な市街地が広がっている我が国は洪水や高潮などの水災害に対して極めて脆弱である。パリ協定^{*1}に基づいて各国が報告した緩和策*の取組内容では産業革命以前からの気温上昇が今世紀中に 2.1～2.9℃に達する可能性が高いとの分析がなされており、我が国においても浸水被害をもたらす豪雨の頻発化・激甚化がさらに進むことが懸念される。また、海面上昇が進む将来を想定すると潮位が底上げされ高潮の発生頻度が増加する。防潮堤嵩上げ等の防災対策を実施しても対策のペースが海面上昇の速度に追いつかないなど、対応不能な事態となることも危惧される。

2 現状及び問題点

政府は「流域治水*」を掲げて社会全体で対応する防災・減災対策へと大きく舵を切り、洪水に係る法制度を整備して本格的な取組をスタートさせた。この取組は、氾濫をできるだけ防ぐ対策に加え、被害の軽減、早期復旧・復興のための対策や被害対象を減少させるための対策を含み、洪水に限らず土砂災害や高潮などの水災害リスクに対して社会全体で取り組む総合的で多層的な施策展開を目指している。しかし、将来、気候変動の影響の激化が急速に進めば被災によって移住・移転を余儀なくされる事態が各地で頻発することも想定されるため、あらかじめ被害対象を減少させるための対策として、市町村内の部分的な対策だけでなく流域や国土全体を対象とした大規模で計画的な土地利用の変更も視野に入れ、さらに一歩先へと検討を進めるべきである。

規模の大小にかかわらず計画的な土地利用の変更は容易ではなく、また、長期間を要する。すなわち、現在の土地で生活を続けたいという住民の気持ちや地域への愛着に加え、人口や産業構造など、水災害リスク以外にも様々な要因を検討する必要がある。これらの要因は年月の経過とともに変化する。また、住民をはじめ行政や企業など多様な主体の連携が図られなければスムーズに進まない。今ではなく、数十年後の構想として検討を進め、自然外力*の変化や水災害に対する個々の土地の脆弱性という不都合な事実を社会全体が共通認識として受け止めるようになることが必要である。

計画的な土地利用の変更を水災害に係る適応策*の選択肢の一つとしてその実現性を高めるために科学・技術が貢献できることは何か。以下では、豪雨災害や高潮災害に限って、また災害の態様が異なる山間地や農地を除いて対象を市街地に絞り、計画的な土地利用の変更やこれと関連する住宅の耐水対策を推進するために、今、科学・技術がなすべきことについて見解を述べる。

なお、重要な災害事象である土砂災害については国土交通省が中心となって計画的に研究を進めている。研究の促進とともに、今後、その成果が計画的な土地利用の変更を進めるための知見として活用されることを切に期待するものである。

^{*1} 右肩に*を付した初出の用語については21頁以降に説明あり

3 見解の内容

(1) 市街地の土地利用の検討に資する水災害リスクに関する知見の考究

自然外力の変化状況や将来見通しとともに水災害に対する個々の土地の脆弱性に関する知見について考究し、その結果を公開するべきである。

① 水災害の要因となる要素の時間変化の明示

地方ブロックなどの広域スケールのエリアを対象に、豪雨災害については降雨量やその発生確率の変化、高潮災害については潮位偏差*と海面水位の変化について、過去から現在までの実測値の分析結果と将来予測値を時間軸とともに長期間にわたってプロットした図は計画的な土地利用の変更を行わなければならない時期の目安として活用できるとともに、社会全体の水災害リスク認識の共有にも資する。

このため、気象研究者、水文研究者、河川・海岸研究者は国土交通省や関係学会とともに、関係者の協力を得て、こうした研究を推進し、さらに毎年更新して、その成果を広く公開するべきである。

② 地形特性による豪雨の発生しやすさの明示

市町村単位やこれを越える中規模スケールのエリアを対象に、豪雨をもたらす気象現象ごとに地形特性による豪雨の発生しやすさを示すことは市街地の脆弱性を把握する有効なツールとなる。

このため、気象研究者と水文研究者は国土交通省や関係学会とともに、関係者の協力を得て、こうした研究を推進し、その成果を広く公開するべきである。

③ 地形特性による浸水形態別の区域の明示

市街地内のミニスケールのエリアを対象に、低速流浸水や高速流浸水など浸水形態別に区域を明示することは、住宅の耐水対策の効果と相まって、市街地内の土地利用の検討に有効なツールとなる。

このため、河川・海岸研究者と建築研究者は国土交通省や関係学会とともに、関係者の協力を得て、こうした研究を推進し、その成果を広く公開するべきである。

(2) 地域と連携した体制の整備

上記の研究によって得られた知見を地域に浸透させるとともに地域ごとに異なる事情を把握して新たな研究の推進を図り、その成果を地域に還元してさらに課題を把握するといった、地域と連携した体制の整備が知見の考究にとって極めて重要である。

特に住宅の耐水対策研究においては、地域と連携した体制の下で、被災住宅に関するデータ取得等の活動を積み重ねていく必要がある。

このため、建築研究者と河川・海岸研究者は地域の建築技術者や関係機関、NPO 等と連携し、流域治水協議会*等の場も活用するなど、地域と連携した体制を整備するべきである。

目 次

1	はじめに	1
2	土地利用の変更に係る最近の考え方と現状	3
(1)	我が国における最近の考え方	3
①	流域治水における考え方	3
②	国土形成計画における検討の方向性	3
(2)	欧米における最近の研究動向	4
(3)	IPCC 第2作業部会第6次報告書 SPM 等における考え方	4
(4)	土地利用の変更の現状	5
①	欧州の現状	5
①	我が国の現状	6
3	市街地の視点に立った水災害リスクに関する知見の再構築と考究	7
(1)	市街地側の視点の重要性と水災害リスクに関する知見の再構築の考え方	7
(2)	地方ブロック単位やそれを超える広域スケールのエリアで把握すべき 水災害リスク	8
(3)	市町村単位やそれを超える中規模スケールのエリアで把握すべき 水災害リスク	9
(4)	市街地内のミニスケールのエリアで把握すべき 水災害リスクと住宅の耐水対策	10
4	住宅の耐水対策に関連付けた浸水形態の再整理と知見の考究	12
(1)	住宅の耐水対策の視点から見た浸水形態の再整理	12
(2)	低速流浸水と住宅の耐水対策	13
①	低速流浸水による住宅の被害	13
②	低速流浸水に対する住宅の耐水対策	14
(3)	高速流浸水と住宅の耐水対策	15
①	高速流浸水による住宅の被害	15
②	高速流浸水に対する住宅の耐水対策	15
(4)	住宅の耐水対策技術の向上・改善に向けた取組	16
①	住宅の耐水対策技術の整理・展開、技術基準の整備	16
②	水害による住宅や諸建築物の被害実態の把握	16
③	建築物の水害対策に関連する研究・開発の推進	16
④	地域の特徴を踏まえた多様な連携による建築水害対策の推進	17
(5)	都市計画への反映に向けて	17
5	見解	19
(1)	市街地の土地利用の検討に資する水災害リスクに関する知見の考究	20
(2)	地域と連携した体制の整備	20

＜用語の説明＞	21
＜参考文献＞	24
＜参考資料 1＞審議経過	28
＜参考資料 2＞水災害リスクに関連するデータの図化イメージ	30

1 はじめに

気候変動の影響を受けて頻発化・激甚化する水災害にどう対処していくか。政府は数年をかけて旧来の考え方を変更し、豪雨に起因する水災害に対して社会全体で取り組む方向へと大きく舵を切った。国土交通省は2015年に「水防災意識社会の再構築」を掲げ、全国各地に「大規模氾濫減災協議会*」を設置して水災害リスク認識や防災意識を社会全体に浸透させるための動きを強化した[1]。2020年には「流域治水」の考え方が打ち出され[2]、翌年には「流域治水関連法」が成立して[3]、ハード・ソフト両面から社会全体で防災・減災に取り組む流域治水が本格的にスタートすることとなった。

2017年の日本学術会議による提言に記載の「時間軸を意識した適応策のレベル区分」[4]に従えば、現在の流域治水の取組は「気候変動の影響による自然外力の上昇等によりゼロリスクを守りきれなくなるレベル、受容可能な範囲のリスクに留める」というレベル2の段階から、「被災頻度の高い地域から居住地を移転したり、流域の土地利用全体を再構築する」などの対応を必要とするレベル3の初期段階に移行しつつあると考えられる。

実際、国土交通省は、産業革命以前からの気温上昇が2℃となった場合には計画対象の降雨量が約1.1倍、流量が約1.2倍、洪水発生頻度が約2倍になるとの予測結果等も踏まえつつ、「近年の水災害による甚大な被害を受けて、施設能力を超過する洪水が発生することを前提に」流域治水を推進するとしている[5]。また、被害対象を減少させるための取組として2021年5月に「水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン」を公表し、「土地利用・住まい方の工夫や開発規制、安全な地域への立地誘導、移転などのまちづくり」と河川整備等との総合的・多層的な取組の必要性を指摘している[6]。主として水災害リスクが特に高い土地に係る部分的な土地利用の変更¹についても適応策の重要な手段の一つとして位置づけていると言える。

このガイドラインは主として市町村単位の取組を対象としているが、土地利用の変更という適応策の対象は市町村単位にとどまらない。気候変動が進んでさらに影響が顕在化してくれば、豪雨による脅威のみならず海面上昇の影響を受けた高潮の頻発が脅威となる[7]。こうした脅威に対して、河川の氾濫原であるとともに海面下の土地を含む低平地に稠密な市街地が広がっている我が国は極めて脆弱である[8]。また、地震・津波をはじめ豪雨や高潮による巨大災害時において国としての機能を確保するという観点からも、東京一極集中の是正など、広域的な視点から国土計画のあり方や土地利用の見直しが従来から議論され、一方で人口減少に悩む地方の活性化を意図して地方創生など様々な施策が実施されてきた。

しかし、規模の大小にかかわらず計画的な土地利用の変更は容易ではない。本分科会に設置された「佐賀低平地への適応策実装検討小委員会」における聞き取り[9]からも、浸水

¹ 土地利用の変更について、本見解では以下のように区別して用いている。「部分的な土地利用の変更」は、市街地全体の計画とは別に、水災害リスクが特に高い土地からの移住・移転のみに焦点を当てたもの。「計画的な土地利用の変更」は当該市町村の市街地全体や他市町村を含むさらに広域的な地域の計画に基づいた移住・移転に係るもの。このうち流域や国土全体を対象とした大規模なものを「大規模で計画的な土地利用の変更」とし、これら3区分を総称して「土地利用の変更」としている。

危険性が高い地区への新規立地については規制ではなく従来の治水対策によって浸水被害を防止できないかといった地域の意見が多く、また、自治体の長は地域の安全性向上と移住者の居住地確保による地域の持続可能性向上という2つの課題の間で悩んでいることがわかる。

防災・減災という観点だけで計画的な土地利用の変更を決められるものではない。その土地の利用のあり方を考える際には、緩和策の実施に伴う産業構造の変化や人口の増減、現在の土地で生活を続けたいという住民の気持ちや地域への愛着など、様々な要因やその変化が影響する。また、自然外力である豪雨や高潮の頻度や激甚さも年月とともに変化する。自然外力と社会や経済、さらには住民の気持ちや価値観も変化する中で計画的な土地利用の変更を実現するためには、社会全体が足並みをそろえなければならない。自然外力の変化や水災害に対する個々の土地の脆弱性という不都合な事実を自らの課題として社会全体が受け止めるようにならなければ、計画的な土地利用の変更はスムーズに進まないのである。

日本学術会議が発出した多くの答申や提言においても国土構造の再構築や土地利用の変更を防災・減災に係る重要課題とし[4][8][10][11]、さらに災害軽減に役立つ地域情報整備の必要性についても指摘している[12]。こうした認識を踏まえ、豪雨や高潮の頻発化・激甚化といった年月の経過とともに変化していく気候変動の影響への対処を社会全体が自らの課題として受け止めるために科学・技術は何をなすべきか、すなわち、社会のリスク認識を醸成しつつ国土構造の再構築や土地利用の変更に係る個々の施策の検討や展開を支えるための物理的な脅威に関する知見とその考究方策は如何にあるべきかといった観点から、具体的な提案を示すことが求められる。また、氾濫を前提とした対策として建築物の耐水対策の重要性を指摘した提言[7][11]の内容をさらに進め、土地利用と関連付けて検討する必要がある。

計画的な土地利用の変更を水災害に係る適応策の選択肢の一つとしてその実現性を高めるために科学・技術が貢献できることは何か。実現が困難であるからこそ、限られた視点からの見方であっても科学・技術が先行して取り組み、これに貢献する知見を見出していかなければならない。

以下では、豪雨災害や高潮災害に限って、また災害の態様等が異なる山間地や農地を除いて対象を市街地に絞り、適応策としての計画的な土地利用の変更やこれと関連する建築物の耐水対策を推進するために、今、科学・技術がなすべきことについて見解を述べる。

なお、被災後の生活再建においては住宅の確保が最も喫緊の課題であるとともに、土地利用のあり方を検討する際に氾濫が発生することを前提として考えざるを得ない市街地が多いことから、本見解では、建築物のうち特に住宅に注目し、耐水対策と計画的な土地利用の変更を関連付けてとりまとめた。本見解のとりまとめに当たっては、本分科会に設置された「流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会」の検討結果を踏まえ、また、公開シンポジウムにおける意見等を参照しているため、これらに関する資料については、別途、活用方策等について検討することとしている。

2 土地利用の変更に係る最近の考え方と現状

実施にあたって様々な課題を抱える土地利用の変更について、流域治水をスタートさせた我が国や社会状況等が我が国と似通っている欧米諸国ではどう考え、IPCC*はどう取り扱っているか。考え方と取り組みの現状について概観する。

(1) 我が国における最近の考え方

最近になって整備された制度から流域治水における土地利用の変更に関する考え方を捉えるとともに、広域的な土地利用の変更も視野に入れて検討が進められている国土形成計画の検討内容について述べる。

① 流域治水における考え方

流域治水は、ア)氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策、イ)被害対象を減少させるための対策、ウ)被害の軽減、早期復旧・復興のための対策から成り、このうちイ)被害対象を減少させるための対策が土地利用と密接に関係する。

従来、災害リスクの高いエリアへの新規立地は都市計画法施行令第8条や開発許可制度等によって抑制する方向であったが、災害リスクの高いエリアから、より安全な土地への移転を促進して土地利用を変更するための政策手段は限られていた。しかし、2020年には、災害リスクの高いエリアにおける新規立地の抑制や、より安全な土地への移転の促進といった防災まちづくり推進の観点から総合的な対策を講ずることを目的に「都市再生特別措置法等の一部を改正する法律」が公布され、災害リスクの高いエリアにおける新規立地の抑制の強化（開発許可の厳格化や居住誘導区域*からの除外等）に加えて、災害リスクの高いエリアからの移転の促進（防災集団移転促進事業*の拡充等）が図られるようになった。

一方、流域治水における被害対象を減少させるための対策の一環として、2021年に公布された「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律（流域治水関連法）」によって「浸水被害防止区域*」が創設された。これにより、同区域内の住宅や要配慮者施設等の新設に際して安全性の事前確認を制度化するなどの措置とともに、防災集団移転促進事業の対象となるよう事業対象要件を拡充するなど、水災害のリスクの高いエリアからの移転の促進が図られることとなった。また、土地利用を検討する際に必要となるリスク情報であるハザードマップの作成対象を、現行の大河川等から住家等の防御対象のあるすべての河川流域、下水道、海岸に拡大することとしている。

今後、これら関係法令・制度の運用により水災害による被害対象を減少させる土地利用の変更の推進が期待されるが、現状では、主として市街地内の特に危険性が高い区域に関する部分的な土地利用の変更を対象としていると考えられる。

② 国土形成計画における検討の方向性

国土交通省国土審議会計画部会は国土形成計画の策定に向けて幅広い見地から検討を進めている。人口減少、公共交通を含む地域インフラの経営悪化、Covid-19 など

の感染症リスク、カーボンニュートラル*に伴う産業構造の変化、国際競争力の低下、経済面も含めた安全保障問題などに加え、自然災害リスクの増大といった厳しい課題に直面している我が国はどのような国土の将来像を描くのか、その道のりをどう考えるのか、といった議論が進められている。

2022年7月に公表された中間とりまとめ[13]では、巨大な自然災害リスクへの対応など国土の課題を7つに整理し、これに対して重点的に取り組む分野の一つとして、カーボンニュートラル*に伴う産業構造転換にあわせて巨大災害リスクの軽減を図る「令和の産業再配置」を行って、機能を補完しあう国土を実現することを掲げている。国土構造のあり方や土地利用の変更について正面から取り扱っていると言える。

(2) 欧米における最近の研究動向

近年、欧米の研究者の間では、気候変動による影響の激化を踏まえ、移住・移転を伴う計画的な土地利用の変更への関心が高まってきた[14][15][16]。これは、米国で長年行われてきたバイアウト・プログラム（Buyout Program：浸水リスクの高い個々の土地を買い上げ、住民の移住を図るもの）とは異なり、社会的なネットワークや経済的な連携など様々な面で住民やコミュニティがより良い方向へ転換（transformation）することを意図した規模の大きな適応策である。

この適応策を実行するにあたっては、「長期的視野にたって計画を進めること、当事者であるコミュニティ自らが参画すること、土地建物の所有者への社会経済的支援などのインセンティブ付与が不可欠である」といった指摘[14]がなされている。また、「社会経済の転換を成し遂げるには、科学・技術とガバナンスの融合が必要であること、リスクを評価して脆弱な地域を明確化するための科学・技術の役割が重要であること、社会的合意を図るために地域の社会経済や文化を理解する必要がある」[15]、「気候変動に伴う転換の要として位置付けること、そのために多様な手法を取り入れることや分野横断的に連携することが必要である」[16]といった指摘など、実行に際しての枠組や留意点などの考え方に関する指摘が多くなされている。

また、一定の仮定を置いて、移住・移転の対象となる地域の想定[14]や気候変動が進んだ時点の様々な物理的障害の検討[17]など、計画的な土地利用の変更の規模や必要性に関する研究もなされている。

計画的な土地利用の変更についての重要性は認識されつつも、後述するように実施事例が少ないこともあって、コミュニティの社会経済構造分析や実施時期の判断に資する災害リスク評価など、科学・技術の貢献という点で今後の課題が数多く残されている。

なお、我が国の貢献が求められるアジア地域等における研究動向も重要であり、今後、その把握に努める必要があることを付言しておく。

(3) IPCC 第2作業部会第6次報告書 SPM 等における考え方

2022年2月に公表された IPCC 第2作業部会第6次報告書は主として適応策を対象としており、本文に加え、政策決定者向け要約（Summary for Policymakers: SPM）[18]

や技術的要約 (Technical Summary: TS) [19] などからなる膨大なレポートである。このうち SPM は各国の政府関係者も参加して合意のもとに作成されるため、各国政府の考え方も反映される。

SPM には具体的な適応策に関する記述は少なく、適応にあたっての基本的な考え方が述べられている。重要な点は、様々な経済活動や社会のあり様を転換 (transformation) して新たなシステムへ移行 (transition) することの必要性が強調されていることである。また、旧来型の適応策の効果は温暖化が進むとともに減少していき、よほどの財政的、組織的な努力や強力なガバナンスの発揮がなければ、いずれ適応の限界 (Limits to Adaptation) に達するとしている。こうした点を踏まえ、持続可能性の向上にも資する「気候変動に対して強靱性を有する発展 (Climate Resilient Development)」という名称の章を設け、適応策のみではなく幅広い課題に統合的に対応することの重要性を指摘している。なお、土地利用については、この章の中で、土地利用計画の不備はコミュニティの脆弱性を増大させる一方、適切な土地利用は強靱で持続可能な発展に寄与すると記述している。

技術的要約の TS でも土地利用の変更に関する指摘がなされている。例えば、温暖化の進展によってやむを得ず又は計画的に人口稠密な地域からの移住・移転が行われるケースが出てくるであろうといった記述がある。また、「現時点では『社会的に受け入れられない、経済的に効率的ではない、技術的に困難を伴う』といった見方が一般的かもしれないが、海面上昇が進めば、これに追随するための防災対策コストやその技術的困難性の増大に伴って、移住・移転が唯一の実行可能な適応策となる」とも指摘している。

IPCC 第2作業部会第6次報告書 SPM 等においては、記述は少ないものの、移住・移転を伴う土地利用の変更を適応策の重要な選択肢として捉えていることがわかる。

(4) 土地利用の変更の現状

① 欧州の現状

EU加盟国は、「洪水リスク評価と管理に関する欧州議会・理事長指令」[20]に基づき、ア)不動産取引などの様々な場面での水害リスクの啓発、イ)開発を抑制すべき地区のゾーニング (線引き)、ウ)ゾーニングされた地区に対する地域レベルでの土地利用の制限、エ)ゾーニングされた地区に対する国レベルでの土地利用の制限、といった土地利用に関連した取組を実施している[21]。

具体事例[22]の主なものはいくつあり、以下のとおりである。

- ・ベルギーでは100年に一度以上の確率で浸水しうる地区をSignal Areaとして線引きして将来的な開発の抑制を行っている。
- ・チェコでは想定される浸水深さと流速を考慮して4段階の洪水危険ゾーンを線引きするとともに、それぞれのゾーンに対して奨励する土地利用を定めている。医療機関、災害対応に関わる機関、文化施設等の用途には4段階のうち最もリスクが低いゾーンが、住居や産業活動の用途にはその次の段階のゾーンが奨励されている。なお、残り2つの段階のゾーンは水面やスポーツ用等とされている。

- ・スペインにおいては水法に基づいて様々な段階での洪水リスクゾーンを設定するとともに、それらのゾーンで許可される土地利用を定めている。特に、500年に1度の確率で浸水しうる地区を高リスクゾーンとして線引きし水害に対して脆弱な活動に関する土地利用を制限している。

総じて危険性の高い区域への新規立地の抑制が主となっており、移住・移転を伴う計画的な土地利用の変更の取組に関する報告は見られない。また、気候変動の影響を考慮していないものも多く、前述した科学・技術研究者の認識とはズレがある。

なお、世界における取組の動向を確認するためには欧州以外の状況も重要であり、今後、その把握に努める必要があることを付言しておく。

② 我が国の現状

2 (1) で述べた近年の法律改正等の取組の以前から、被害対象を減少させることを目的とした災害リスクの高いエリアにおける土地利用の変更が進められてきた。実際、既存の土地利用規制制度である都市計画法の区域区分制度の運用や防災集団移転促進事業においても、限られた数ではあるが具体的な動きが見受けられる。

現在、立地適正化計画の居住誘導区域内にも災害リスクの高いエリアが存在する。こうした現状に対して、土砂災害特別警戒区域等を含む都市においては、同区域等を居住誘導区域から除外することが進められている。他方、浸水想定区域については、浸水深に応じて居住誘導区域から除外するなどの対応をとっている都市もみられるものの、多くの都市において浸水想定区域が居住誘導区域内に含まれているという状況である[23]。

また、北九州市は「災害に強くコンパクトなまちづくりを進めるため、市街化区域内の災害のおそれがある地域や人口密度の低下が見込まれる地域などを市街化調整区域へ編入」することを目的とした区域区分の見直し（いわゆる「逆線引き」）を図った。しかし、北九州市が行った逆線引きに関する説明会において、住民から「市街化調整区域に入れられることに不安がある」等の否定的な意見が多く出された結果、市街化調整区域への見直し面積を当初案の 1,157 ヘクタールから 333 ヘクタール（当初案の 29%）に縮小してその後の手続きを進めて行くこととなった[24]。このことから計画的な土地利用の変更に向けた関係住民の合意形成の難しさがわかる。

防災集団移転促進事業については、平成に入ってから以降、東日本大震災による津波災害を除けば水災害に係る事業が実施された実績はない。豪雨に起因する水災害を対象として江の川流域の美郷町や那珂川流域の那須烏山市等において事業実施に向けた動きが始まっているが[25][26]、こうした事例は未だ限られた状況である。

流域治水における被害対象を減少させるための対策としての土地利用の変更は住民の合意形成等、実施に向けて課題が多く、一気に推進するのは困難と考えられる。このため、課題を把握・整理・明確化し、課題の解決に向けて科学・技術が貢献していくことが求められる。

3 市街地側の視点に立った水災害リスクに関する知見の再構築と考究

計画的な土地利用の変更の必要性について多くの指摘がなされているにもかかわらず実施例は少ない。豪雨や高潮による水災害リスクが変化し増大しつつある中で生活し経済活動を行っているという認識を社会全体が持つこと、変化を新たな日常として受け止めることで、現在の土地に固執することなく、例えば、住民や企業の居住地や生産拠点の移転にあわせてインフラも再構築されるなど、社会の各分野における対応が進んでいくのではないかと。本格的に取り組もうとしている地域の実情を把握しながら今後検討を深めていく必要があるが、現時点で市街地の側にとって必要と思われる知見を想定し、その考究の方向性を述べる。

なお、水災害リスク検討の前提として当該土地の成り立ちを理解しておくことは、住民のリスク認識を醸成するという観点からも価値がある。例えば、かつては海面下であったが氾濫によってもたらされた土砂や人為的な埋め立てによって形成された土地であるため洪水氾濫や高潮氾濫に対して脆弱性が高い可能性がある、かつては河川の流路であったために大規模な氾濫が生じた場合には氾濫流が流下する可能性を考慮しておかなければならない、といった知見である。既存の知見を整理するとともに、当該土地の成り立ちが不明な場合など、必要に応じて地形研究者等の協力を得ることも求められる。

(1) 市街地側の視点の重要性と水災害リスクに関する知見の再構築の考え方

市街地の側に立って必要と思われる知見を再構築することが重要である。従来の治水計画では計画対象規模の洪水を河川から氾濫させないことに焦点を当て、治水対策を実施する側に必要な情報を取り扱ってきた。しかし、社会全体で対応する流域治水や高潮対策では、氾濫の影響を受ける社会の側にとって必要な情報が求められる。

現在、豪雨については産業革命以前から2℃と4℃の気温上昇が生じた場合の降雨量増加倍率が全国16ブロックごとに示されているが、パリ協定の目標である2℃を採用し、4℃のデータは使われていない[5]。また、豪雨の発生頻度等が時間の経過とともにどのように変化していくかといったデータは未整備である。このため、前述した「水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン」[6]では、防災まちづくりを進める期間内に豪雨の発生頻度等が変化していくことは説明されていない。一方、高潮については、例えば、現状を理解するための海面上昇速度の観測値に地点間で大きな差があること[27]や、将来に向けては潮位偏差観測データ分析[28]を用いた将来海面水位の下での高潮発生頻度等について、モデル計算による現状分析や将来予測の精度等に関する留意点はもちろん、現時点の知見や今後の研究課題等を含めて社会に向けて丁寧かつ科学的に説明することが重要である。

社会が信頼感を持って水災害リスクの変化を受け止めるには、こうした説明の重要性を踏まえつつ、観測データに基づいてリスク発生の可能性を毎年繰り返して分析し、その推移を将来予測値につなげて一緒に表示するといったことが重要となる。実績データには迫力がある。毎年繰り返すことで変化を捉えられる。Covid-19対応では感染者数がグラフ表示で毎日提供されたが、こうした対応を参考にすべきである。

計画的な土地利用の変更は完了までに長期間を要する。2次、3次の変更も視野に入れておかねばならない。このため時間軸の目安が無いと進めづらい。こうした点からも、時間軸を持った水災害リスク変化の表示は計画的な土地利用の変更役に役立つものと考ええる。

また、地形要因による水災害への影響を把握することは、計画的な土地利用の変更を可能とするための重要な前提条件である。山地などの地形が豪雨の発生にもたらす影響は市町村単位やそれを超える中規模スケールのエリアで捉えることが可能となる場合がある[29]。市街地内のミニスケールのエリアでは、土地の傾斜や水の流れが速くなる道路、氾濫水の行き場がない閉鎖的な土地といった地形要因が浸水形態に与える影響が把握できれば、住宅の耐水対策の実現可能性と関連付けて土地利用を検討することも可能となる。

(2) 地方ブロック単位やそれを越える広域スケールのエリアで把握すべき水災害リスク

気候変動の影響を受けた自然外力の変化を過去から将来にわたってシームレスに把握し、更新を繰り返して公表することは、社会全体のリスク認識を醸成することに資する。これに加えて豪雨や高潮の発生頻度を年単位で定量的に把握することができれば、自治体の長や担当職員が土地利用の変更を検討する際の効果的な情報となる。

まず、観測データを用いて過去から現在までの豪雨や高潮の発生頻度の変化を統合的・組織的に分析する必要があるが、そのためには自然本来の気象現象の揺らぎによる地域的な影響を極力除去して気候変動の影響を抽出しなければならない。また、統計分析は少なくとも数十年間のデータを用いて行うことが通常であるが、これを各年の1年間のデータを用いて行うという困難な課題に取り組む必要がある。このため、豪雨の場合、観測データ数の確保も考慮しつつ、類似した気象特性を持つ広域スケールのエリアを一つのエリアと見なして分析する方法[30]を追求する必要がある。高潮の潮位偏差については、1950年以降の気象庁の全国34箇所の観測データによれば1m以上の潮位偏差を観測した回数が少なく、2.5mを超えたのは3回のみである[31]。一つの観測地点では、観測開始以来、極端な潮位偏差が突出して1つだけ有るか無いかといったような状況のため発生頻度の分析は難しく、複数の観測地点をまとめて発生頻度分析が行われた事例はあるが[28]、年単位の分析はなされていない。一方、海面水位については、毎年の海面上昇量について広域スケールのエリア内の複数地点の観測データを用いた分析[32]がなされている。

気候モデルを用いた将来予測についても広域スケールのエリアで分析が行われている。豪雨について、気象庁は全国7つの地域区分別に21世紀末に気温上昇量が概ね4℃となるシナリオの下で降雨量の変化を予測している[33]。また、3(1)で述べたように、国土交通省は全国を16の地域に区分し、2℃と4℃の気温上昇が生ずるとした場合の降雨量変化倍率を求めている[34]。潮位偏差については、広域スケールのエリアではなく、三大湾（東京湾、大阪湾、伊勢湾）を対象とした予測事例[35]などがある。

以上のような既往の研究や分析の成果を活用・発展させることが求められる。その際、気候モデルによる予測精度を高めることが重要であるが、社会のリスク認識を高めるためにも、以下のような課題を踏まえて観測データに基づく分析を進める必要がある。例えば、豪雨の分析においては広域スケールのエリアとそのエリア内の個々の流域や地点の豪雨発生頻度の相互関係を説明しなければならない。高潮については極端な潮位偏差のデータ数の少なさをどうやって克服するかという基本的な課題がある。海面水位の上昇は、現在、年間数ミリという小さな数字ではあるが、上昇が加速している。グリーンランドや南極の氷床の融解・流出による数値の加速度的な増加を把握することは将来の海面水位を想定する上で重要である。海面上昇量が小さなうちから増加の加速度に焦点を当てて観測データと予測を突き合わせ、さらに世界平均と比較して詳細な分析を行うことは、複数の将来予測シナリオを用いて土地利用の変更を検討する際に使用する予測値の幅を設定する上でも役に立つ。その際、各観測地点間の上昇量の差を説明するための黒潮大蛇行等による影響量の把握など、地域の理解を深めるための分析が必要となる。

また、観測データによる過去から現在までの分析結果と将来予測対象期間との間のつなぎ方が課題である。この間の予測データが必要なことはもちろんであるが、将来予測はシナリオに基づくために観測データによる分析結果とは性格が異なる。このため、つなぎの部分について社会に向けた丁寧で科学的な説明が求められる。

なお、気候変動の下で、どのような気象メカニズムが豪雨や高潮の発生頻度や激甚さを変化させ、各広域スケールのエリアに影響するのか、気象現象の力学過程を明らかにして平易に説明することが重要である。気象メカニズムを理解することで実際の災害時にも早期の避難等が可能となるなど、社会全体のリスク認識の向上にも役立つ。また、こうした研究の進展途上であっても、各段階での知見を逐次整理して社会に提示すべきである。

(3) 市町村単位やそれを超える中規模スケールのエリアで把握すべき水災害リスク

市町村単位あるいはそれを超える中規模スケールのエリアで豪雨の発生しやすさを捉えることは土地利用の変更を検討する上で当初から必要となる基本事項である。

中規模スケールのエリアの豪雨には地形特性が影響することが多い。例えば、大規模な水蒸気の流れ込みである「大気の川^{*}」の通過に伴う降水量は、脊梁山脈によって特徴づけられた山地地形の西～南斜面で特に大きくなることが観測データからわかっている[29]。また、アンサンブル計算実験 d4PDF^{*}の過去実験（現在気候）と将来実験（温暖化気候）を比較した将来予測によれば、山地の西～南斜面では地球温暖化によって強い降水の頻度が増加するが、その約5割から7割以上が大気の川に起因するとされている[36]。このような観測データと将来予測を具体的な中規模スケールのエリアを対象として一体化することが有用な知見となる。また、大気の川以外に、線状降水帯など、どのような豪雨の生起現象がどのような地形特性によって影響を受けるのか、研究を促進してその成果を社会に向けて丁寧に説明することが重要である。

こうした研究の成果を整理・編集し、豪雨が発生しやすい中規模スケールのエリアを

地図上に示すことは効果的であり、また、わかりやすい。このため、地形解像度を高めるとともに、全国的にこうした取組を進めるべきである。

なお、過去に豪雨災害をもたらした大気場に着目した場合、温暖化が進んだ将来に同様の大気場が生ずると強雨域の強度や範囲が増大する可能性があるといった疑似温暖化実験^{*}による指摘[37]もある。また、必ずしも中規模スケールのエリアとは限らないが、洪水流量についても疑似温暖化実験の手法が効果的である。例えば、流域形状と台風の移動経路や線状降水帯の形状との関係によっては、流域全体にわたって豪雨が発生して流量が極めて大きくなるケースや、本川・支川で同時に洪水ピーク流量が生じて洪水が集中しやすいケースなどが起こり得る。これまでの洪水実績から現象を分析し、かつ温暖化後のモデル計算を通じて同様の事例の発生しやすさを把握するといった手法であるが、こうした手法による検討も重要である。これらは将来発生する可能性のある具体的な水害リスク事例として土地利用の変更の検討に活用できよう。

(4) 市街地内のミニスケールのエリアで把握すべき水災害リスクと住宅の耐水対策

気候変動の影響による豪雨や高潮の頻発化・激甚化を想定すれば、氾濫を前提とした適応策の検討が不可欠となる。その場合、人命を守るだけでなく、インフラや医療施設など様々な施設の機能確保・早期復旧とともに、氾濫後の生活環境への影響の軽減、特に人々の生活の基盤である住宅への影響を軽減することが重要である。このため、住宅への水災害リスクやその軽減策の効果や限界を把握することが必要となる。また、地域の持続可能性の向上という観点からも、住宅への水災害リスクの把握結果を踏まえて計画的に土地利用を変更することの意義は大きい。以下に、どのようにして水災害リスクを把握し、また、その結果を活用しやすいものにするか、その考え方を述べる。

まず、住宅への水災害リスクを把握するために、氾濫流の流速や水深等によって分類される浸水形態²と、住宅が全壊する、あるいは泥濘によって屋内環境に悪影響が生じるといった被害形態との関係を明らかにする必要がある。浸水形態と被害形態との関係は個々の住宅によって異なるが、例えば、現在の一般的な住宅を対象として両者の関係を把握・整理することによって浸水形態から水災害リスクの概要を捉えることができる。浸水形態は地図上に図示することが可能であるので、計画的な土地利用の変更の検討に使いやすい。また、気候変動の影響に伴う浸水形態の変化も反映させることが可能である。

次に、市街地内の住宅への浸水形態を把握する必要があるが、これには地形特性や地物の影響を考慮する必要がある。例えば、市街地全域が平地であるか傾斜地であるか、

² 本見解では、氾濫流の流速や水深等が住宅へ及ぼす作用を意味するものとして「浸水」という用語を用いている。これは、床上浸水や床下浸水という用語が一般的に用いられていることを踏まえ、住宅の側から見た用語として適切であると考えたものである。また、流速や水深等が異なることで住宅の被害形態にも差が生ずるため、被害形態に対応した作用の形態を「浸水形態」として記述している。なお、耐水対策によって住宅内への浸水が発生しない場合や氾濫流によって住宅が損壊されるような場合においても、住宅への作用は存在することから、その作用を「浸水」としている。

あるいは部分的に周囲と異なる標高の土地があるかといった微地形を含めた地形特性によって氾濫流の流速や水深等が左右され、個々の住宅の浸水形態に影響を与える。また、構造物や舗装面などの地物は局所的な浸水形態に影響する。このため、浸水形態の図示に際しては、地形特性が影響するミニスケールのエリアの浸水形態について市街地全域を分割したメッシュごとに把握し、特に地物の影響が大きく作用する箇所について局所的にマイクロスケールのエリアの浸水形態を把握するなど、工夫が必要である。

さらに、将来の豪雨や高潮の頻発化・激甚化や治水対策等の進捗状況を見込み、住宅の耐水対策技術の向上やその普及の程度を勘案して浸水形態と被害形態の関係を修正し、その上で浸水形態を分類して図示すれば、市街地内の住宅への水災害リスクをわかりやすく把握することが可能となる。

特に重要な点は、年月の経過とともに豪雨や高潮の発生頻度等の予測値が変化することを考慮しなければならないという点である。このため、あらかじめ複数の図を用意しておき、前述の広域スケールのエリアや中規模スケールのエリアで得られる情報や知見を踏まえて、将来の想定に該当する図を使用するといった対応が必要となる。

4 住宅の耐水対策に関連付けた浸水形態の再整理と知見の考究

住宅の耐水対策との関係を踏まえ、浸水形態の再整理や浸水形態ごとの住宅の耐水対策について基本的な考え方を記述するとともに、今後の耐水対策技術の向上や都市計画への反映に向けて、地域と多様な分野の研究者間の連携の重要性について述べる。

(1) 住宅の耐水対策の視点から見た浸水形態の再整理

市街地内の氾濫可能性を踏まえて居住誘導区域を設定する場合などにおいては、氾濫形態や住宅の被害形態を考慮し、住宅の耐水対策とセットで検討する必要がある。そのため、住宅の耐水化の視点から氾濫・被害形態を整理し、浸水形態として再整理する。

まず、氾濫形態については、豪雨に起因する氾濫の場合、河川との関係によって外水氾濫と内水氾濫の二種類に分けられる。外水氾濫とは、河川の水位が上昇し、河川水が河川周辺に氾濫した現象のことである。氾濫要因には堤防の決壊や越水*、溢水*が挙げられ、地形特性が影響して、拡散型氾濫・貯留型氾濫・流下型氾濫の3つの形態に分類される。拡散型氾濫では、氾濫水が地形に応じて四方に拡散する。貯留型氾濫では、氾濫域が広がらず水は一定の氾濫域に溜まり、浸水位は概ね水平となる氾濫形態であり、浸水深や水位上昇速度が大きくなる傾向がある。流下型氾濫では、氾濫水が河川に沿って流下し、氾濫流と河川流が一体的に流れる氾濫形態であり、氾濫水位が河川の縦断方向に水面勾配を持っている。扇状地のような傾斜を持つ土地や溪谷内の平地に市街地が形成されている場合には、流下型氾濫が主な氾濫形態となる。内水氾濫は、河川（本川）に注ぐ支川や下水管、それらと本川を繋ぐポンプ施設に到達する水量が排水能力を上回り氾濫する場合と、河川水位が高く内水を河川へ排水できずに氾濫する場合がある。外水氾濫と同様に地形特性が影響する。

また、高潮による氾濫の場合には、海岸堤防決壊による拡散型氾濫やゼロメートル地帯等の低平地における貯留型氾濫などが考えられる。

次に、住宅の被害形態については床下・床上浸水と住宅流失・損壊の2つに大きく分けられる。床下・床上浸水は氾濫流が低流速で水位上昇速度も比較的小さいことから人的被害発生の可能性は低い。流入した泥濘の排除や内装材の交換、さらに健康面への悪影響の防止等が課題となる。この形態は堤防決壊地点からある程度離れた低平地における拡散型氾濫や貯留型氾濫、あるいは内水氾濫により発生する場合が多い。一方、住宅流失・損壊の被害形態は、氾濫流の流速や水深が大きく、静水圧に加えて動的流体力*が住宅に強く作用し、住宅の流失や損壊を引き起こす形態である。この形態は流下型氾濫や堤防決壊時における決壊地点周辺の拡散型・貯留型氾濫などにおいて生じる。また、水位上昇速度が大きく、かつ大水深となることが多く、垂直避難が困難となる場合もあり、人的被害につながる可能性が高い。この形態は特に氾濫域の面積に対して氾濫水量が大きい貯留型氾濫で発生することが多い。

以上の整理をもとに住宅の耐水対策の目的や内容を区分して明確化し、さらに3(4)で述べたように土地利用の変更に役立つ情報とするためには、氾濫形態を踏まえた上で、被害形態に対応した外力の作用を浸水形態として再整理することが効果的である。すな

わち、被害をもたらす外力の作用に着目し、床下・床上浸水をもたらすものを「低速流浸水」、住宅流失・損壊をもたらすものを「高速流浸水」とし、浸水形態として再整理する。

このうち、低速流浸水では、水深が大きくなった場合には壁面に作用する静水圧や住宅底面に作用する揚圧力を住宅設計上考慮すべきである。

また、高速流浸水では、住宅に作用する流体力として、流速が大きいため流失・損壊につながる動的流体力に注目することが重要であり、さらに周囲の住宅との位置関係による動的流体力の変化も住宅設計上考慮すべきである。

住宅の耐水対策の目的という視点から見ると、低速流浸水に対しては影響を極力軽減して当該住宅での生活の継続性を高めることが主目的となるが、高速流浸水の場合には損壊等を防止して破損物の浮遊等による他の住宅等への悪影響を防ぐことも重要な目的に含まれるという点について、住宅設計に加え、地区レベルの詳細なまちづくり等においても留意する必要がある。

なお、本見解では低速流浸水や高速流浸水をもたらす豪雨や高潮の発生頻度や規模について具体的な数値には触れていない。一般的には、例えば、堤防の決壊が起これば決壊箇所近傍の住宅には高速流浸水が発生するといったように、何らかの状況変化の有無が浸水形態に影響することが考えられる。この場合、高速流浸水は発生頻度が小さく規模が大きな洪水に起因するケースが多いが、堤防が決壊しなくても市街地内の地物の影響を受けたマイクロスケールのエリアの浸水形態として高速流浸水が発生する可能性もある。このため、被災事例の把握・分析やシミュレーションを積み重ねて検討を進めるとともに、低速流浸水と高速流浸水のそれぞれが主たる検討対象となる場合について、耐水対策の主目的に照らして受容できる頻度を考慮し、対象とする外力の規模をそれぞれ設定する必要がある。すなわち、このような検討結果を踏まえた頻度に基づいて外力の規模を設定し、氾濫シミュレーションを行うことになる。その際、特に重要なことは、3(4)で述べたように、年月の経過とともに外力の発生頻度の予測値は変化するため、受容できる頻度を繰り返し考慮して外力規模を見直す必要があることである。また、異なる外力の規模に対応した低速流浸水と高速流浸水によって同一の住宅に被害が生ずるケースもあるため、図示には工夫が必要である。

(2) 低速流浸水と住宅の耐水対策

① 低速流浸水による住宅の被害

一般に地面の勾配が緩やかな地域では内水氾濫が生じても流れは緩やかになる。また、河川堤防の決壊・越水による氾濫が生じた場合においても、堤防決壊地点より離れた地域では同様である。このように比較的流れの緩やかな浸水の場合には、その地域内に存在する住宅や諸建築物には浸水深さに応じた静水圧が作用し、開口部などから住宅や諸建築物の室内に水が流入する。室内への浸水が発生すると、住宅では柱・梁などの構造体だけでなく、室内の床・壁・天井などの仕上げ材も濡れることで仕上げ材の性能や室内環境の劣化につながる。水が引いた後にも室内に湿気や泥濘が残り

カビや悪臭が発生するなど、復旧後の居住環境が損なわれ居住者の健康にも影響を及ぼす可能性がある。室内浸水深が大きくなり、2階などに垂直避難するスペースがとれない、あるいは行動能力の関係で避難できない場合には、人的な被害につながる可能性もある。また、濡れたことで再利用ができない部材や、使用できなくなる家具・什器・設備機器なども発生し、災害廃棄物となる。

一方、敷地が浸水した場合には、浸水深に応じて住宅や諸建築物には浮力が作用する。気密性能が高い住宅などでは水密性も高い。2階建ての木造住宅で水密性が高い場合には浸水深がおおよそ1m 前後以上で建物重量より浮力が上回り浮上してしまう可能性がある。また、室内外の水位差が大きくなると水圧で外周部の窓ガラスなどが割れるなどの被害を生じることもある。

浸水時には住宅の内外に静水圧が生じるが、一般の住宅では外周部の床下に換気孔が設けられており、この設置レベル以上の浸水深では室内に水が入り込むため、敷地浸水深の増大速度が特に速くて室内外の水位差が大きくなる場合を除いて、外壁部が破壊したり浮力で浮上したりすることは少ない。また、ベタ基礎のように床下の密閉度が高い場合には浸水後の排水が難しいが、あらかじめ基礎壁に排水口を設けることや、ポンプで排水し易いように床面に釜場を確保することなどの対応が可能である。

ただし、室内の1階床上まで浸水した場合には、1階では継続居住できる環境が維持できず、復旧までの一定期間2階や他の場所で生活せざるを得なくなることが多い。床下浸水など浸水深が比較的小さい場合には続けて生活できる可能性もあるが、浸水した部分の泥濘の除去・清掃・乾燥を進めながらの居住には環境面や生活上の制限のために課題も多い。例えば、浸水した1階に残った湿気や泥分により発生したカビや悪臭が復旧時の居住空間に移流し、室内環境の清浄性が損なわれるとともに、居住者の健康にも影響を及ぼすことが懸念される。

なお、対象構造物や浸水深によって影響が異なるため、低速流浸水と(3)で述べる高速流浸水の境界となる流速を現時点で明確にするのは困難である。例えば流速1～2 m/s 程度以下の流速の汜濫流による浸水を低速流浸水とすることも考えられるが、今後十分な検討が必要である。

② 低速流浸水に対する住宅の耐水対策

低速流浸水の地域に建つ住宅における浸水対策には、大きく分けて、水を室内に入れない方法と、室内浸水してもその被害や影響を小さくする方法の2つがある。

水を室内に入れない方法としては、敷地地盤の嵩上げ、高床化、外壁での止水、建物出入口部への止水板の設置、敷地全体への止水壁の設置などがある。ただし、外壁や出入口部を止水する場合には建物が浮上する可能性があり、大浸水深の場合の対応としては限界がある。これに対し、室内に水を入れることを許容しつつ、浸水時の被害程度を極力抑え、復旧のための費用・期間を少なくする考え方もある。例えば、浸水に強い建材の使用、清掃・乾燥や仕上げ材の取り換え復旧が容易な工法の採用、あるいは同様の配慮がなされた室内の平面計画・設備計画の採用などである。これらの

対策は敷地の浸水特性や室内への浸水による損失の程度と費用等の関係を考慮して検討する必要がある。なお、これらの対策には既存住宅の改修にも適用できるものがあるが、建て直し時なども含めた新築時でないとは採用しにくいものも多い。

(3) 高速流浸水と住宅の耐水対策

① 高速流浸水による住宅の被害

河川堤防の近傍や山間地の急流河川近傍などで堤防の決壊や越水により大流速を生じる高速流浸水が生じた場合には、住宅や諸建築物に対して大きな動的流体力や浮遊物による衝撃力も作用し、複雑な作用の様相を呈する。

氾濫流の流速や浸水深によっては、通常の設計で想定するレベルを超える大きな動的流体力が住宅に作用する可能性がある。この動的流体力は質量に応じて作用する地震力とは異なり、まず外壁部に作用し、構造骨組へと伝達される。外壁部が部分的にでも損壊すると、氾濫水はそこから室内に入り込み水流が変化し、室内から流れ方向の室外に向けての圧力も大きくなる。

住宅や敷地地盤の物的被害としては、住宅そのものの流失に加えて、外壁の損傷、室内外仕上げ材の損傷、構造骨組の損傷・崩壊・流出、敷地地盤の洗堀、さらには家財・設備の被害などがある。

① 高速流浸水に対する住宅の耐水対策

一般の木造住宅は高速流浸水の発生可能性があるところには配置するべきではない。しかし、実情としては堤防の近傍や急流河川の付近に既に多くの住宅が建っており、他地域への移転がすぐには困難なケースも多い。こうした場所にやむを得ず住宅を建てる場合には、一定の耐水対策を備えておくことが必要である。

高速流浸水に対する住宅の対策としては、氾濫流の力に抵抗させる方法と、氾濫流の力を低減する方法がある。

氾濫流に抵抗させるためには、まず、氾濫流の力を受ける外周部の壁や扉・窓などの抵抗力を高め、さらにそこから伝達される力に耐えられるように構造骨組全体を構築する必要がある。風圧力については外周部の壁などの面外方向の力に対する設計が一般的に行われている。しかし、高速流浸水ではこの耐風設計で一般に考えられている風圧力を大きく上回る荷重が作用することもあり、今後関連する情報の充実が不可欠である。なお、高速流浸水による強い力に耐えるために鉄筋コンクリート構造の壁などで低層部を構築する方法は有効である。

一方、氾濫流の力を低減する方法としては、ピロティ構造といわれる、柱のみで一階部分を構築し、氾濫流による力が建築物に作用しないようにする方法がある。この場合には大地震時などにもピロティ部分が崩壊しないような強度を備える配慮も併せ求められる。例えば、1階をピロティ構造として、その上部を免震構造にする方法は有効である。

(4) 住宅の耐水対策技術の向上・改善に向けた取組

① 住宅の耐水対策技術の整理・展開、技術基準の整備

住宅の耐水対策としては従来から敷地の盛土や高床化などの対策が示されている。また、被災後の対応に関するノウハウも蓄積され、インターネットなどを通じて情報発信もされている[38]。今後は、このような情報について工学的な評価に基づき系統的な整理を行い、対策技術を広く社会に浸透させ共有することが重要である。

我が国においては、住宅や諸建築物の水害対策に関係する指針もいくつか出されているが[39][40]、その記述は定性的なものが多く、具体的な評価法など今後整備すべき点も多い。諸外国には、建築物の水害対策に関して系統的に記述された基準・指針類も整備されているところもある[41][42][43]。これらも参考にして技術基準等の整備を進める必要がある。

② 水害による住宅や諸建築物の被害実態の把握

インフラやライフラインが被災した場合には、それぞれの管理者が被災状況調査を徹底してきた。住宅や諸建築物の対策技術整備のためには実水害時の被災状況の確認が重要であるが、現在までに被災状況の調査が十分に行われてきたとは言いがたい。水害が発生した場合には、被災時あるいは被災直後の状況調査と、被災後一定の期間経過後における被害、復旧状況等に関する調査を行い、工学的な判断のための情報を収集するべきである。例えば、外壁の損傷状況、室内への土砂や水の流入状況とそれによる室内の被害状況を調査するべきである。これにより、水害で作用した荷重やその他の建築物の状態に影響を及ぼした要因、被災メカニズムなどを明らかにした上で、耐水対策のための定量的な数値を提示できるようにするべきである。さらに、調査としては、これ以外にも、室内の空気環境など被災後の生活に関わる事項、復旧時の対応状況、住民の避難行動や避難時の生活など、幅広い事項を対象とするべきである。復旧に携わるボランティア人材や建築工事の技術者の関与の状況、被災地域を指揮する自治体組織の役割など、復旧に至るプロセス全体の状況を把握することも大切である。このように、被害実態の把握の対象は多岐に及ぶため、建築研究者や河川・海岸研究者、地域の官民建築技術者やNPO等が連携して取り組むことが重要である。

③ 建築物の水害対策に関連する研究・開発の推進

上記の諸活動を進めつつ、住宅や諸建築物の水害対策に関連する研究・開発を一層活発化させる必要がある。

従来、洪水による浸水は建築物の一般的な設計用の外乱*としては扱われてこなかった。気象現象が激化する時代を迎え、建築物を構成する部材や室内環境を含む建築物の機能維持に影響を及ぼす浸水を設計用の外乱としてとりあげ、これによる被害低減のための取組を進める必要がある。

建築分野に関わる研究者・技術者は、河川・海岸研究者、地域の建築技術者や関係機関との連携の下で、上記に関連する以下の課題に取り組むべきである。

- ・外乱としての浸水ハザード情報の建築物設計への活用
- ・浸水から建築物や室内空間を守る、あるいは被災後迅速に復旧する技術の整備、浸水に強い外壁材・室内仕上げ材、工法の開発
- ・地下を含む浸水に対する建築物の性能評価法、設計法の開発（浸水に対する建築物の性能診断法（耐水診断法）を含む）
- ・建築物の日常の諸性能や、地震・風や火災など多様な外乱に対する性能を対象とした総合的設計法の整備（各外乱への対策の性能や費用対効果を含む）

さらに、既に連携協定を結んでいる土木学会と日本建築学会をはじめ、防災学術連携体に参加している多くの学協会が相互に知見を共有し、新たに把握された課題等の解決に向けて研究・開発連携が具体化されることが求められる。

④ 地域の特徴を踏まえた多様な連携による建築水害対策の推進

住宅や諸建築物の水害対策を進める上で地域の水害ハザードの理解は重要である。地域の地形・気象や地域社会の特徴を踏まえて、住宅や諸建築物の水害対策の性能や費用を明確化した上で、地域のビジョンと整合する水害対策を進めるべきである。そのためには、河川や治水関連分野、都市計画分野と建築分野のそれぞれの研究者、技術者や行政関係者が連携して中心的な役割を果たす必要がある。このため、各分野の連携に向けた意見交換会や情報共有のためのシンポジウム等を継続的に開催することも重要である。

(5) 都市計画への反映に向けて

市町村は、現行制度の下で、市街地内の個々の土地の水災害リスクに関する知見を都市計画の市町村マスタープランに反映させ、市街化区域や市街化調整区域の設定に活用することができる。また、特に浸水に対する脆弱性が高い区域を都道府県知事が浸水被害防止区域に指定すれば、当該区域を立地適正化計画における居住誘導区域から除外し、さらには防災集団移転促進事業を活用して被災する前に相対的に安全な土地への移転を推進することも可能である[3]。

一方、今後、水災害リスクがさらに増大していく場合、時間スケールを考慮しながらではあるが、都市計画の変更を繰り返さざるを得ないことも視野に入れておく必要がある。例えば、水災害リスクの変化状況と将来予測に関する知見や人口の変化などを踏まえて立地誘導を図る市街地の範囲を設定したとしても、その後も水災害リスクが増大し人口減少が加速している場合には、さらに安全な地域に絞り込むといった方策が必要となる可能性がある。一方で、移住者によって人口が増加していく場合も考えられる。その場合には、絞り込んだ安全な地域の中で高層建築などによって対応するという方策も検討に値する。

また、市街地の安全性を検討する際には、浸水形態と関連付けた住宅の耐水対策の効果や限界に関する知見が重要となる。1時間に100mmを超えるような豪雨が珍しくなくなった昨今の状況下にあって[44]、水災害リスクが市街地全域に及ぶような市町村にと

っては住宅の耐水対策という手段がなければ都市計画の検討も難しくなる。

立地誘導を図る市街地の範囲設定はもとより、治水施設・雨水排水施設の整備や流域内貯留等の推進、さらには住宅の耐水対策といった多層的な対策手段を持ち、水災害リスクに関する知見を踏まえて、次の一手、次の次の一手を順次講じていくことは自然外力の脅威の増大に適応して地域の持続可能性を高めることにつながる。

しかし、移住・移転を伴う計画的な土地利用の変更は容易ではない。現在の土地で生活を続けたいと考える人も多い。また、自然外力のみならず、人口、産業、人々の価値観など様々な要素が変化していく中で検討を進めなければならない。新たな制度等がなければ対応が極めて困難となることも想定される。

それぞれの地域の実情把握と課題の明確化が重要である。このため、まずは研究によって得られた水災害リスクに関する知見を各地域に普及させ、その結果、各地域が抱える課題が明確化されて、さらに研究が促進されるといったサイクルの構築が必要となろう。全国各地に設置されている流域治水協議会等の場も活用するなど、地域と連携した研究体制の整備が求められる。

5 見解

気候変動の影響を受けて洪水や土砂災害が頻発化・激甚化している。河川の氾濫原であるとともに海面下の土地を含む低平地に稠密な市街地が広がっている我が国は洪水や高潮などの水災害に対して極めて脆弱である。パリ協定に基づいて各国が報告した緩和策の取組内容では産業革命以前からの気温上昇が今世紀中に 2.1~2.9℃に達する可能性が高いとの分析がなされており[45]、浸水をもたらす豪雨の頻発化・激甚化がさらに進むことが懸念される。高潮も脅威となる。2018 年の台風第 21 号で関西国際空港が高潮で被災したが、その際の潮位偏差の最大値は計画に迫るものであった[46]。海面上昇が進む将来を想定すると、潮位が底上げされ高潮の発生頻度が増加する。防潮堤嵩上げ等の防災対策を実施しても対策のペースが海面上昇の速度に追いつかなくなるのではないかと指摘[17]もあり、被災頻度の増加とともに復興不能な事態となることも危惧される。

これに対して政府は「流域治水」を掲げて社会全体で対応する防災・減災対策へと大きく舵を切り、洪水に関係する法制度を整備して本格的な取組をスタートさせた。氾濫をできるだけ防ぐ対策に加え、被害の軽減、早期復旧・復興のための対策や被害対象を減少させるための対策を含み、洪水に限らず土砂災害や高潮などの水災害リスクに対して社会全体で取り組む総合的で多層的な施策展開を目指している。あわせて、気候変動を踏まえた計画を検討するなど、自然外力の定常性*を前提とした旧来の対策から、定常性が成立しない状況下における適応策への転換を図ろうとしているのである。

流域治水における被害対象を減少させるための対策の一部である土地利用の変更は、現状では、主として浸水リスクが特に高い地区からの移住・移転のみに焦点を当てた部分的な土地利用の変更を対象としていると考えられる。今後、気候変動の影響の激化が急速に進めば被災によって移住・移転を余儀なくされる事態が各地で頻発することも想定されるため、事前対策として市町村の市街地全域を対象とした計画的な土地利用の変更を検討することはもちろん、さらに一步を進め、流域や国土全体を対象とした大規模で計画的な土地利用の変更についても、適応策の重要な選択肢として同時並行的に基礎的な検討に取り組むべきである。

規模の大小にかかわらず計画的な土地利用の変更は容易ではなく、また長期間を要する。すなわち、現在の土地で生活を続けたいという住民の気持ちや地域への愛着に加え、人口や産業構造など、水災害リスク以外にも様々な要因を検討する必要がある。これらの要因は年月の経過とともに変化する。また、住民をはじめ行政や企業など多様な主体の連携が図られなければスムーズに進まない。今ではなく、数十年後の構想として検討を進めざるを得ない。その間に、自然外力の変化や水災害に対する個々の土地の脆弱性という不都合な事実を社会全体が共通認識として受け止めるようになることが期待される。

計画的な土地利用の変更を水災害に係る適応策の選択肢の一つとしてその実現性を高めるために科学・技術が貢献できることは何か。以下では、豪雨災害や高潮災害に限って、また災害の態様が異なる山間地や農地を除いて対象を市街地に絞り、適応策としての計画的な土地利用の変更やこれと関連する住宅の耐水対策を推進するために、今、科学・技術がなすべきことについて見解を述べる。

なお、重要な災害事象である土砂災害については国土交通省が中心となって計画的に研究を進めている。研究の促進とともに、今後、その成果が計画的な土地利用の変更を進めるための知見として活用されることを切に期待するものである。

(1) 市街地の土地利用の検討に資する水災害リスクに関する知見の考究

自然外力の変化状況や将来見通しとともに水災害に対する個々の土地の脆弱性に関する知見について考究し、その結果を公開するべきである。

① 水災害の要因となる要素の時間変化の明示

地方ブロックなどの広域スケールのエリアを対象に、豪雨災害については降雨量やその発生確率の変化、高潮災害については潮位偏差と海面水位の変化について、過去から現在までの実測値の分析結果と将来予測値を時間軸とともに長期間にわたってプロットした図は計画的に土地利用を変更しなければならない時期の目安として活用できるとともに、社会全体の水災害リスク認識の共有にも資する。

このため、気象研究者、水文研究者、河川・海岸研究者は国土交通省や関係学会とともに、関係者の協力を得て、こうした研究を推進し、さらに毎年更新して、その成果を広く公開するべきである。

② 地形特性による豪雨の発生しやすさの明示

市町村単位やこれを越える中規模スケールのエリアを対象に、豪雨をもたらす気象現象ごとに地形特性による豪雨の発生しやすさを示すことは市街地の脆弱性を把握する有効なツールとなる。

このため、気象研究者と水文研究者は国土交通省や関係学会とともに、関係者の協力を得て、こうした研究を推進し、その成果を広く公開するべきである。

③ 地形特性による浸水形態別の区域の明示

市街地内のミニスケールのエリアを対象に、低速流浸水や高速流浸水など浸水形態別に区域を明示することは、住宅の耐水対策の効果と相まって、市街地内の土地利用の検討に有効なツールとなる。

このため、河川・海岸研究者と建築研究者は国土交通省や関係学会とともに、関係者の協力を得て、こうした研究を推進し、その成果を広く公開するべきである。

(2) 地域と連携した体制の整備

上記の研究によって得られた知見を地域に浸透させるとともに地域ごとに異なる事情を把握して新たな研究の推進を図り、その成果を地域に還元してさらに課題を把握するといった、地域と連携した体制の整備が知見の考究にとって極めて重要である。

特に住宅の耐水対策研究においては、地域と連携した体制の下で、被災住宅に関するデータ取得等の活動を積み重ねていく必要がある。

このため、建築研究者と河川・海岸研究者は地域の建築技術者や関係機関、NPO 等と連携し、流域治水協議会等の場も活用するなど、地域と連携した体制を整備するべきである。

<用語の説明>

d4PDF 9 頁

「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」のこと。気象庁気象研究所の全球気候モデルAGCMと領域気候モデルNHRCMを用いた大規模な気候変動アンサンブル実験によるデータであり、文部科学省・気候変動リスク情報創生プログラムの下で、温暖化対策策定の目的で作成された。

IPCC 3 頁 4 頁 5 頁

気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）のこと。1988 年に国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）によって設立された組織。気候変動に関する世界の研究者だけでなく各国政府も加わって定期的に報告をとりまとめるほか、特定テーマに関しても特別報告を行っている。

越水と溢水 12 頁

洪水が堤防を乗り越えて氾濫することを越水、川沿いに堤防は無く洪水が川から溢れ出ることを溢水と言う。

カーボンニュートラル 4 頁

CO₂などの温室効果ガスの排出量と吸収・排除量を均衡させること。大気中の温室効果ガスの増加が止まった状態。

外乱 16 頁 17 頁

地震・風・洪水により作用する荷重など、建築物の状態や性能に影響を与える外部作用。

緩和策 ii 頁 2 頁 19 頁

気候変動を引き起こす CO₂などの温室効果ガスについて、排出の抑制や大気中からの吸収・排除を促進する対策のこと。

疑似温暖化実験 10 頁

ある年に起きた特定の異常天候や極端現象などの地域的気象イベントの大気場に着目し、将来は温暖化によって海面水温や水蒸気量などが変化するものとして行う数値実験のこと。実際に発生した気象イベントの再現実験と比較することで、温暖化に伴う豪雨強度や強雨域の変化等の可能性を把握することができる。

居住誘導区域 3 頁 6 頁 12 頁 17 頁

都市再生特別措置法に基づいて作成される立地適正化計画において、都市の居住者の居住を誘導すべき区域として市町村が定める区域。都市の防災機能の確保に配慮し、建築基

準法に規定する災害危険区域等は居住誘導区域に含めないものとされている。

自然外力 ii 頁 iii 頁 1 頁 2 頁 4 頁 8 頁 18 頁 19 頁 20 頁

豪雨や台風、高潮など、災害を引き起こす要因となる現象による作用。

浸水被害防止区域 3 頁 17 頁

特定都市河川浸水被害対策法に基づいて都道府県知事が指定するもの。洪水などによる浸水が発生した場合に建築物が損壊したり浸水深が深くなるなど、人命にも危険が及ぶおそれが高い区域。都道府県知事が移転等の勧告をすることができる。

大気の流れ 9 頁

上空の非常に強い水蒸気の流れが長さ 1,500km 以上に渡って続く現象。日本付近では、太平洋高気圧の北側で発達した前線に向かって熱帯の湿った空気が大量に流れ込んだときに発生する特徴がある。また、台風に影響されて形成される場合もある。

大規模氾濫減災協議会 1 頁

平成 29 年の水防法改正により位置づけられ、全国各地域で設立されている協議会。国土交通省や都道府県の河川部局が事務局となり市町村や地方気象台などが参画して、地域内の防災意識の向上や災害時の各機関の行動内容の整理・共有、災害関係情報の入手・周知方法の改善、など、大規模な洪水による被害の軽減を図るために連携して様々な活動に取り組んでいる。

潮位偏差 iii 頁 7 頁 8 頁 19 頁 20 頁

天体の動きから算出した天文潮位（推算潮位）と気象などの影響を受けた実際の潮位との差。

定常性 19 頁

年月が経過しても豪雨などの発生頻度が変化しない状態。従来、こうした状態を前提として発生頻度を分析してきたが、気候変動の影響を受け、この前提は成り立たなくなっている。

適応策 ii 頁 1 頁 2 頁 4 頁 5 頁 10 頁 19 頁

気候変動により既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対策のこと。

本見解では、洪水や高潮の頻度や規模の増大に対して被害の発生を防止又は軽減するための対策など、水災害に関する適応策に焦点を当てている。

動的流体力 12 頁 13 頁 15 頁

流水の中に家屋のようなものがあると、流れが家屋から剥離するような現象が生じて家屋の周囲に圧力差が発生し、流れの方向に力が働く。また、流れの運動エネルギーのほとんどが圧力となる家屋前面では局所的に大きな力が作用する。こうした力が動的流体力の主なものである。

パリ協定 ii 頁 7 頁 19 頁

2015 年にパリで開催された国連気候変動条約締約国会議（COP21）で採択された協定。産業革命以前からの気温上昇量を 2℃に抑え、さらに 1.5℃を目指して努力することとされた。

防災集団移転促進事業 3 頁 6 頁 17 頁

国の財政的な特別措置等を受けて災害危険区域等からの住居の集団移転を促進する事業。浸水被害防止区域も本事業の対象とされた。

流域治水 ii 頁 1 頁 2 頁 3 頁 6 頁 7 頁 19 頁

流域の全員が協働して流域全体で行う治水対策のこと。気候変動の影響によって施設能力を超過する洪水が発生することも考慮し、治水施設整備や流域の遊水機能の確保・向上などによってできるだけ洪水氾濫を防ぐことに加え、氾濫後の復旧・復興のための対策や、被害を受ける対象を減少させる対策を含む。

洪水だけでなく土砂災害や高潮災害なども同様の考え方で一体的に取り組むとされている。

流域治水協議会 iii 頁 18 頁 20 頁

令和 3 年に改正された特定都市河川浸水被害対策法に基づいて特定都市河川及び特定都市河川流域が指定されると流域水害対策協議会が設置される。この協議会は、国、都道府県、市町村等の関係者によって構成され、流域水害対策計画の作成等に関して協議し、対策実施に関する連絡調整を行う。

流域治水協議会は法律に基づく協議会ではないが、同様の関係者によって多くの地域で設立され流域治水を推進するために様々な活動を進めている。

<参考文献>

[1]国土交通省水管理・国土保全局、「水防災意識社会再構築ビジョン」、2015 年 12 月 11 日

<https://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/pdf/vision.pdf>

[2]国土交通省社会資本整備審議会、答申「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について～あらゆる流域全体で関係者が行う持続可能な「流域治水」への転換～」、2020 年 7 月

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/kikouhendou_suigai/pdf/03_honbun.pdf

[3]国土交通省水管理・国土保全局、都市局、「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律（令和 3 年法律第 31 号）について～流域治水関連法～」、2021 年 5 月公布

https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_hoan/pdf/gaiyo.pdf

[4]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、提言「大規模風水害適応策の新たな展開に対応した科学・技術研究を進めるために―社会実装の進展とともに顕在化するニーズに応えて―」、2017 年 9 月 1 日

<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t248-5.pdf>

[5]国土交通省水管理・国土保全局、社会資本整備審議会河川分科会河川整備基本方針検討小委員会（第 119 回）資料 1 「河川整備基本方針の変更の考え方について」、2022 年 5 月 27 日

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/kihonhoushin/dai119kai/03_houshinhenkou.pdf

[6]国土交通省都市局、水管理・国土保全局、住宅局、「水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン」、2021 年 5 月

<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001406357.pdf>

[7]日本学術会議土木工学・建築学委員会気候変動と国土分科会、提言「低平地等の水災害激甚化に対応した適応策推進上の重要課題」、2020 年 6 月 17 日

<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t290-1.pdf>

[8]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、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―」、2014 年 9 月 30 日

<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t201-5.pdf>

[9]日本学術会議土木工学・建築学委員会気候変動と国土分科会佐賀低平地への適応策実装検討小委員会、「同小委員会（第 25 期第 3 回）議事要旨」、2022 年 7 月 27 日

<https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/bunya/doboku/25/pdf/kikou.saga-yoshi2503.pdf>

[10]日本学術会議、答申「地球規模の自然災害の増大に対する安全・安心社会の構築」、2007 年 5 月 30 日

<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/shimon-20-3.pdf>

- [11] 日本学術会議地球惑星科学委員会地球・人間圏分科会、土木工学・建築学委員会 IRDR 分科会、提言「災害が激化する時代に地域社会の脆弱化をどう防ぐか」、2020 年 5 月 26 日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t289-2.pdf>
- [12] 日本学術会議地球惑星科学委員会地球・人間圏分科会、提言「災害軽減と持続可能な社会の形成に向けた科学と社会の協働・協創の推進」、2017 年 8 月 8 日
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t247-7.pdf>
- [13] 国土交通省国土審議会計画部会、「国土形成計画（全国計画）中間とりまとめ」、2022 年 7 月
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001491169.pdf>
- [14] Sayers, P. et al., “Responding to climate change around England’ s coast - The scale of the transformational challenge,” Ocean and Coastal Management, 2022
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569122001624>
- [15] Moss, R. H. et al., “Planned relocation: Pluralistic and integrated science and governance,” Science, 2021
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh3256>
- [16] Mach, K. J. et al., “Reframing strategic, managed retreat for transformative climate adaptation,” Science, 2021
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh1894>
- [17] Alphen, J. et al., “Uncertain Accelerated Sea-Level Rise, Potential Consequences, and Adaptive Strategies in The Netherlands,” Water, 2022
<https://www.mdpi.com/2073-4441/14/10/1527>
- [18] IPCC WG II, “Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers,” 2022
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf
- [19] IPCC WG II, “Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Technical Summary,” 2022
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf
- [20] The European Parliament and of the Council, “Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks,” 2007.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060&from=EN>
- [21] European Commission, “Implementation of planned Programmes of Measures and New Priority Substances,” 2021.
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2021/0970/COM_COM\(2021\)0970_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2021/0970/COM_COM(2021)0970_EN.pdf)
- [22] European Commission, “Current Practice in Flood Risk Management in the European Union,” 2021, (Report Findings, Land use planning, p ii)

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/21d8c5c2-2199-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-232431484>

[23]国土交通省都市局、水災害対策とまちづくりの連携のあり方検討会（第1回）資料3-2「防災性向上に向けたまちづくりの取り組み状況について」、2020年1月8日

<https://www.mlit.go.jp/common/001323942.pdf>

[24]北九州市ホームページ、「区域区分の見直し（市街化区域から市街化調整区域への区分の見直し）」、2022年10月28日更新

<https://www.city.kitakyushu.lg.jp/ken-to/07900339.html>

[25]国土交通省中国地方整備局、島根県、江津市、川本町、美郷町、邑南町、「治水とまちづくり連携計画（江の川中下流域マスタープラン）【第1版】」、2022年3月30日

<https://www.cgr.mlit.go.jp/hamada/kasen/suishin/pdf/mastarplan220330.pdf>

[26]那須烏山市ホームページ、「広報なすからすやま 2022年7月号」

https://www.city.nasukarasuyama.lg.jp/data/doc/1657167776_doc_10_0.pdf

[27]国土地理院ホームページ、「地盤上下変動を補正した海面水位変化」

https://www.gsi.go.jp/kanshi/tide_sl_trend_F5.html

[28]河合弘泰、合田良実、久高将信、仲井圭二、「地域頻度解析手法によるわが国沿岸の高潮偏差の極値統計解析」、土木学会論文集B2（海岸工学）、2010年

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/66/1/66_1_121/_pdf/-char/ja

[29]Youichi Kamae, Wei Mei, Shang-Ping Xie, “Climatological Relationship between Warm Season Atmospheric Rivers and Heavy Rainfall over East Asia,” Jour. Soc. Japan, 95, 411-431, 2017.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/95/6/95_2017-027/_pdf/-char/en

[30]Wright, D. B. et al., “U. S. Hydrologic Design Standards Insufficient Due to Large Increases in Frequency of Rainfall Extremes,” Geophysical Research Letters, 2019

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019GL083235>

[31]文部科学省、気象庁、「日本の気候変動2020（詳細版）」、2020年12月

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_shousai.pdf

[32]Sweet, W. V. et al., “Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States,” 2022

<https://aambpublicoceanservice.blob.core.windows.net/oceanserviceprod/hazards/sealevelrise/noaa-nos-techrpt01-global-regional-SLR-scenarios-US.pdf>

[33]気象庁、「地球温暖化予測情報 第9巻」、2017年3月

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol9/pdf/all.pdf>

[34]国土交通省国土技術政策総合研究所、「気候変動を踏まえた治水計画のための降雨量変化倍率に関する技術資料」、国土技術政策総合研究所資料、No. 1205、2022年4月

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1205pdf/ks1205.pdf>

[35]森信人、福井信気、志村智也、「気候変動を考慮した我が国三大湾の高潮最大潮位偏差についての研究レビュー」、土木工学論文集B2（海岸工学）、Vol. 76, No. 1, 1-6, 2020

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/76/1/76_1/_pdf/-char/ja

[36]Kamae, Y. et al., “Atmospheric Rivers Bring More Frequent and Intense Extreme Rainfall Events Over East Asia Under Global Warming,” Geophysical Research Letters, 2021

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021GL096030>

[37]小坂田ゆかり、中北英一、「2012 年亀岡豪雨の疑似温暖化実験における線状対流系の将来変化と解像度依存性に関する解析」、京都大学防災研究所年報 第 63 号 B、2020.

<https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no63/ronbunB/a63b0p22.pdf>

[38]一般社団法人 岡山県建築士会倉敷支部・倉敷市、「水害に備えて 水害前から水害後の応急処置・復旧まで 第 3 版」、2020 年 3 月

<https://www.pref.okayama.jp/uploaded/attachment/298530.pdf>

[39]一般財団法人 日本建築防災協会、「家屋の浸水対策マニュアル わが家の大雨対策 — 安心な暮らしのために—」、2001 年 7 月

[40] 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、「建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン」、2020 年 6 月

[41]ASCE, “ASCE/SEI24-14, Flood Resistant Design and Construction.” 2014

[42]FEMA, “Homeowner’s Guide to Retrofitting.” 2014

<https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/480>

[43]Ministry of Housing, Communities & Local Government, “Improving the flood performance of new buildings: flood resilient construction” 2007

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/7730/flood_performance.pdf

[44]気象庁、「8 月 1 日から 6 日の前線による大雨」、2022 年 8 月 22 日

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2022/20220822/jyun_sokuji_20220801-0806.pdf

[45]United Nations, “Nationally determined contributions under Paris Agreement,” 2022

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2022_04.pdf

[46]大阪管区气象台、「災害時気象報告 平成 30 年台風第 21 号による 9 月 3 日から 5 日にかけての暴風、高潮等」、2019 年 3 月 16 日

https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201904.pdf

＜参考資料 1＞審議経過

令和 3 年

- 1 月 22 日 気候変動と国土分科会（第 1 回）
役員選出、これまでの分科会の活動報告、今後の審議内容について
佐賀低平地への適応策実装検討小委員会の設置について
- 4 月 13 日 気候変動と国土分科会（第 2 回）
流域治水の今後の検討・研究課題について
今後の進め方について
- 7 月 16 日 気候変動と国土分科会（第 3 回）
新たな国土ビジョンについて
流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会の設置について
- 8 月 4 日 佐賀低平地への適応策実装検討小委員会（第 1 回）
役員選出、委員の交代
令和元年 8 月佐賀豪雨とその後の対応状況について
気候変動と国土分科会の動向について
- 10 月 15 日 気候変動と国土分科会（第 4 回）
降雨流出・氾濫予測の技術的課題と気候変動影響評価について
防災・減災を主流化したまちづくりに関する取組について
- 12 月 24 日 佐賀低平地への適応策実装検討小委員会（第 2 回）
幹事の選出
令和元年、3 年と相次ぐ豪雨災害への対応状況と課題について

令和 4 年

- 1 月 4 日 気候変動と国土分科会（第 5 回）メール審議
公開シンポジウム「縮退時代において、20 年後のまち・社会を考える～宇宙×都市×遺伝子×生態～（仮）」日本学術会議若手アカデミー越境する若手科学者分科会との共催について
- 1 月 6 日 流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会（第 1 回）
役員選出、準備会の活動内容、今後の進め方について
建築学会の提言について
気候変動の影響を踏まえた洪水ハザード予測の現状と課題について
- 1 月 24 日 気候変動と国土分科会（第 6 回）
流域治水に関する土木学会提言とその課題認識について
流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会の活動報告
- 3 月 29 日 気候変動と国土分科会（第 7 回）
IPCC 第 2 作業部会第 6 次評価報告書について
佐賀低平地における防災・減災対策の取り組みについて

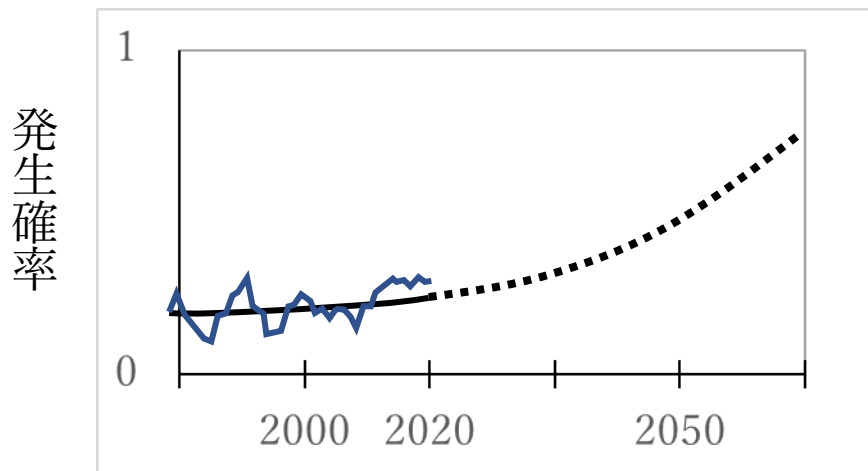
- 4月1日 流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会（第2回）
各地の洪水氾濫シミュレーションから見える特徴と建物被害評価の課題
浸水害住宅の室内環境と復旧のための課題
- 6月3日 流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会（第3回）
建築物の複合災害に関する取り組みについて
建築物の水害対策に関する設計・検討法と課題の整理
- 7月7日 気候変動と国土分科会（第8回）
大気の流れによる近年の豪雨災害と今後の見通しについて
見解の発出に向けて
- 7月27日 佐賀低平地への適応策実装検討小委員会（第3回）
流域治水の現状と諸課題について
気候変動と国土分科会の動向について
- 9月2日 流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会（第4回）
金融庁・火災保険水災料率に関する有識者懇談会について
報告書の枠組み・内容について
シンポジウム開催について
- 10月24日 気候変動と国土分科会（第9回）
土砂災害分野における気候変動適応の高度化等に向けた研究の現状について
見解の骨子、執筆分担、スケジュール等について
建築分野の水害対策に関するシンポジウム開催について
- 12月15日 佐賀低平地への適応策実装検討小委員会（第4回）
流域治水の最近の状況について
気候変動と国土分科会の動向について
- 12月28日 流域治水に資する建築物の耐水設計検討小委員会（第5回）
小委員会報告書の内容について
気候変動と国土分科会からの「見解」について
シンポジウム開催について

令和5年

- 1月25日 気候変動と国土分科会（第10回）
見解の案について
公開シンポジウム「水害対策と建築分野の取組み」の開催について
- 8月25日 科学的助言等対応委員会承認
見解「気候変動に伴う水災害の頻発化・激甚化に対応して、今、科学・技術
に求められるもの～将来の市街地土地利用のために～」

＜参考資料２＞水災害リスクに関連するデータの図化イメージ

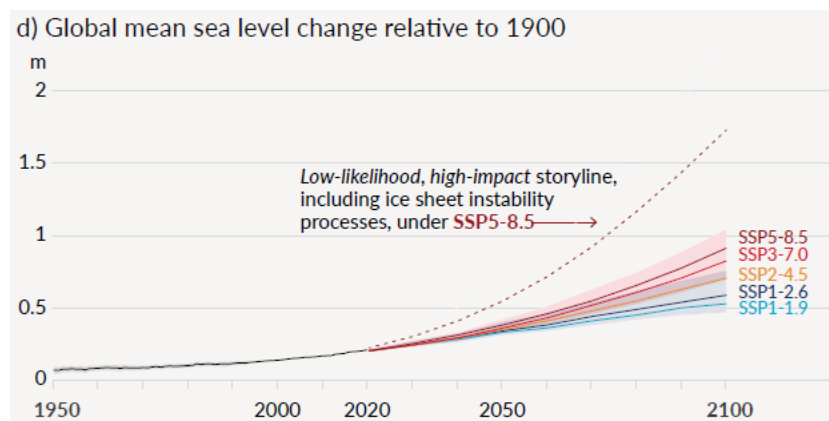
広域スケールのエリアで豪雨の発生確率の変化とその将来予測を示すイメージ図



出典) 参考文献[30]を踏まえて独自に作成。

説明) 降雨継続時間と降雨量を設定し、当該豪雨発生確率の経年的な変化を示す。実線は観測値を分析した値（青）とその移動平均（黒）。破線は将来予測値。ただし、作成にあたっては観測値を分析した値と将来予測値の関係付けが課題となる。

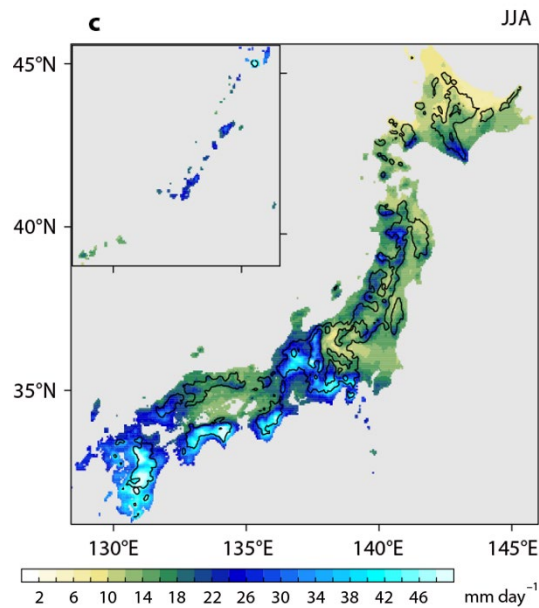
広域スケールのエリアで海面上昇量の変化とその将来予測を示すイメージ図



出典) IPCC WG I, “Climate Change 2021, The Physical Science Basis, Summary for Policymakers,” 2021

説明) 図は IPCC の第 6 次報告書記載のものであるが、これと同様に、日本近海の観測値を分析した値と将来予測値を表示。ある程度年数が経過した時点でどの曲線に乗っているかを確認することで当該曲線による将来予測の確信度向上が期待できる。ただし、図 A-1 と同様、観測値を分析した値と将来予測値の関係付けが課題。

中規模スケールのエリアで地形特性の影響による豪雨の発生しやすさを示すイメージ図



出典) Kamae, Y., W. Mei, and S.-P. Xie, 2017: Climatological relationship between warm season atmospheric rivers and heavy rainfall over East Asia. J. Meteor. Soc. Japan, 95, 411-431.

説明) 図は $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ のメッシュで整理された6月から8月の1日あたりの実績降雨量のうち、大気
の川の影響を受けた時の平均値。黒の実線は山地を表示。大気の川による豪雨の場合、こうした図の解
像度を高めるとともに災害をもたらす規模の豪雨を対象として表示することで、中規模スケールで地形
特性の影響による豪雨発生しやすさを表示。あわせて大気の川の流れの方向を種々に設定したモデル
計算を行い、当該地域に豪雨をもたらす恐れの高い大気の川の過去事例と照らし合わせて分析すること
も有意義。

市街地内のミニスケールのエリアで地形特性による浸水形態の区域を示すイメージ図



出典) 国土交通省

説明) 図中の赤斜線は家屋倒壊等氾濫想定区域図を示す。堤防の決壊等による高速流浸水によって家屋
倒壊等の恐れがある区域を示すもので、すでに各地で公表済みのも。本見解で示した低速流浸水や他
の要因による高速流浸水についても同様に図示。