



2021年3月
**茨城県における
気候変動影響と適応策
—水害への影響—**

茨城大学

茨城県地域気候変動適応センター 共編

協力：茨城県



茨城大学
Ibaraki University

茨城県地域気候変動適応センター
iLCCAC
Ibaraki Local Climate Change
Adaptation Center



茨城県における 気候変動影響と適応策 —水害への影響—

茨城大学

茨城県地域気候変動適応センター 共編

協力：茨城県



茨城大学
Ibaraki University



発行によせて

茨城の地域サステイナビリティ・ビジョンに向けて

茨城大学は、2006年から「サステイナビリティ学」の研究拠点を設置して、気候変動の適応と緩和に関する理工学的手法の開発、気候変動に適応する農業の在り方や生態系機能の保全、サステイナブルな生活圏の計画づくり等の研究を行ってきました。このような研究を通して、私たちが一貫して追究してきたことの一つは、「茨城の地域サステイナビリティ・ビジョン」の提示です。

このような茨城大学の取組に呼応するように、我が国では2018年12月に気候変動適応法が施行され、都道府県毎に地域気候変動適応センターを設置して、自治体レベルで気候変動に対する適応計画を策定することになりました。茨城県では、2019年4月に、茨城大学にこのセンターを設置し、気候変動対応に関する調査・研究を進める体制を整えました。茨城大学では、茨城県における気候変動影響と適応策への理解が進むように、自治体や企業、地域の皆様と共に努力していく所存です。

本書は、「茨城県地域気候変動適応センター」の第2弾の報告書として、最新の気候予測を基に、茨城県の気候変動影響と適応策、なかでも水害への影響とその適応策についてまとめたものです。茨城県にご協力を頂き、茨城大学と茨城県地域気候変動適応センターが共同で編集しました。今後も、このような形で調査・研究の成果をお届けする計画ですので、皆様のご支援、ご協力をお願い致します。



茨城大学長
太田 寛行

茨城県地域気候変動適応センターは、茨城県からの委託を受けて2019年4月1日に本学に設置され活動を開始しました。2018年12月の気候変動適応法施行後全国で5番目、またはじめて大学に設置された地域気候変動適応センターです。

本センターでは、主な活動方針として①気候変動影響予測・適応評価、②気候変動影響に関するローカル情報の収集・検討、③自治体適応計画策定支援、④人材育成、アウトリーチなどを掲げています。これらの活動では茨城大学の教員だけではなく、関連する授業・演習・実習を通じて学生や院生も関わっています。

本書は、茨城県地域気候変動適応センターとして県内の気候変動影響と適応策をまとめたものです。2020年に初めて発行した「茨城県における気候変動影響と適応策—水稻への影響—」に続く、2冊目の冊子となります。

今回は、茨城県、国土交通省、気象庁、筑波大学等の関係者にも執筆にご協力いただき、水害への気候変動影響と適応策に焦点を絞りました。気候変動の影響は多岐にわたり、自治体の課題とニーズも多様です。今後も地域の方々と協力して他分野での影響と適応策についても検討し、その成果を発信していきます。

茨城県地域気候変動適応センターはまだ活動を開始したばかりです。引き続き、皆様のご協力をよろしくお願い申し上げます。



茨城県地域気候変動適応センター長
茨城大学理工学研究科（工学野） 教授
横木 裕宗

目次

1

概要	1
----	---

2

気候変動適応の現状	4
-----------	---

2.1 適応策とはなにか	4
2.2 国内外の適応策の動向	5
2.3 地域での適応	8
2.4 茨城県気候変動適応計画	10

3

将来の降水の気候変化シナリオ	12
----------------	----

3.1 茨城県の降水の経年変化と気候変動予測	12
3.2 関東の降水の経年変化とその不確実性	14

4

茨城県の河川対策の現状と適応策	18
-----------------	----

4.1 茨城県に被害をもたらした豪雨や台風の概況	18
4.2 久慈川・那珂川における緊急治水対策の取り組み	21
4.3 AIを用いたダム流入量予測システムの導入による新たな洪水調節操作の取り組み	30
4.4 茨城大学台風19号災害調査団による情報伝達と避難に関する調査	35
4.5 水戸市の水害対策	39
4.6 ソフト対策における研究機関・大学・行政・地域連携と取り組み	42

5

茨城県の沿岸災害の現状と適応策	43
-----------------	----

5.1 茨城沿岸海岸保全基本計画	43
5.2 海象変化予測と適応策	48
5.3 気候変動の沿岸域への影響と適応策	53

執筆者一覧

1

概要

田村 誠（茨城大学）

世界の平均気温は工業化以前の水準よりも約0.87°C (0.74°C /100年) 上昇しており、当面は過去の温室効果ガスの蓄積によって約0.2°C (0.1 ~ 0.3°C) /10年の昇温傾向が継続すると見込まれています (IPCC, 2018)。日本では世界平均気温よりも大きな約1.24°C /100年の割合で平均気温が上昇しており、特に1990年代以降は高温となる年が頻出し、異常高温の出現数も増加しています (文部科学省・気象庁, 2020)。茨城県の年平均気温も水戸市で1.4°C /100年、つくば市で2.2°C /100年上昇し、この変化には地球温暖化とともに都市化やその他の自然変動も含まれていると考えられます (東京管区気象台, 2019)。

気候変動は気温の変化に留まらず、降雨、日射など様々な気象の変化をもたらします。それらが誘因となって、近年は豪雨や渇水などの極端現象、海面上昇などが発生し、沿岸域、災害、農業、健康など様々な分野に影響を及ぼしています。既に、気候変動の影響は現れています。本書は、茨城県における気候変動の影響、とりわけ水害への影響とその適応策について論じるものです。

第2章は、気候変動の適応策について概説します。気候変動は、緩和策と適応策の二つの対策があります。気候変動自体を防ごうとする緩和策が最重要であり国際的取組が強調されているものの、人口増加、経済活動などにより世界の温室効果ガス排出量は依然として減少せず気候変動を抑え切れていないのが実状です。そこで、日本でも2018年に気候変動適応法が成立、施行され、地域の自然条件や社会情勢に応じたきめ細かい適応策を実施する重要性が高まっています。2019年4月に茨城県地域気候変動適応センターが茨城大学に設置された背景も同様です。2.4節では、茨城県地球温暖化対策実行計画、地域気候変動適応計画が紹介されています。日本政府は「温室効果ガス排出量を2030年度までに2013年度比で26%削減」という緩和目標を掲げ、茨城県は県実行計画において「2030年度までに家庭部門39%、業務部門40%、運輸部門28%、産業部門9%削減(いずれも2013年度比)」という部門別の削減目標を設定しています。また、本計画は、適応計画としても位置付けられており(2019年1月に既存計画を位置づけ)、自然災害・沿岸域分野の適応計画では、地域防災力の強化、災害に備えた強靭な県土づくり、気候変動に対応した海岸管理、津波・高潮対策、侵食対策の推進、森林防災機能の維持・増強を計画に盛り込んでいます。

第3章は、茨城県の気象、降水の現状と将来予測を示しています。3.1節は、水戸気象台の長期気象観測と将来の降水予測のデータが紹介されています。水戸市を例に挙げれば、1時間降水量50mm以上の年間回数が100年あたり約0.2日、無降水日数は100年あたり約7日増えています。こうした極端な多雨・少雨の双方が増加する傾向は、気候変動により今後さらに強まる予測されています。3.2節は、関東地方の気温や降水について最新の予測結果を示しています。気候変動は、平均的な気温上昇のみならず、猛暑

や熱帯夜などの高温の日数の増加、水蒸気量の増加も伴い、それによって激しい雨の頻度が増加することが予測されています。その結果、洪水リスクも高まることが予想されています。けれども、総降水量や日降水量の最大値などの指標を地域毎に詳細に精度よく予測することは今なお難しく、大きな不確実性がある中で適応策を立案していく必要があります。

第4章は、河川流域の水害の現状とその適応策について論じます。近年、既に豪雨や台風による水害が発生しています。こうした現在のリスクへの対応は、将来的な適応の基礎、教訓になります。4.1節は、茨城県でも大きな被害のあった平成27年9月関東・東北豪雨（2015年台風第18号）、令和元年東日本台風（2019年台風第19号）の気象と被害の状況を紹介しています。2019年台風第19号では、久慈川、那珂川等が決壊しました。4.2節は、久慈川、那珂川を管理する国土交通省常陸河川国道事務所の執筆者が河川の被害状況と「緊急治水対策プロジェクト」等を概説します。また、ダムは住民の生命や社会を支える重要なインフラです。4.3節では、茨城県の治水対策、中でもAIを活用したダム流入量予測システムの導入による新たな洪水調節操作について紹介しています。さらに、激甚化する水災害に対して新たな治水の取組が始まっています。4.2節の「久慈川・那珂川緊急治水対策プロジェクト」は、この流域治水の考え方を取り入れた先駆的取組に位置づけられます。4.4-4.6節は、水害へのソフト対策に焦点を当てています。4.4節では茨城大学台風19号災害調査団による住民の避難調査の概要を示しています。4.5節は、水戸市でのハザードマップ、マイタイムライン、避難支援、避難所運営など具体的な水害対策を紹介しています。4.6節は、ソフト対策における研究機関・大学・行政・地域連携の事例として、防災科学技術研究所による市町村への災害支援システムなどを取り上げ、行政間連携の重要性を指摘しています。

第5章は、沿岸域での気候変動影響と適応策を論じています。5.1節は、茨城県の海岸の現状と保全計画を概説しています。茨城県は、太平洋に面し、ほぼ南北方向に伸びた延長約194kmの海岸線を有し、多様な生物相を育む自然豊かな海岸域が形成されています。その海岸では、2004年に「茨城沿岸海岸保全基本計画」が策定され、2016年に改訂されました。「茨城沿岸海岸保全基本計画」は、地域の特性を活かした「防護」「環境」「利用」のバランスの取れた海岸の保全、整備に取り組んでいます。そうしたなか、2011年の東日本大震災での教訓や近年の高潮・高波の頻発化・激甚化を踏まえ、背後地に住宅や幹線道路をはじめ地域産業等が集積し、特に対策の重要度が高い海岸から順次、既存堤防の嵩上げや新たな防護ライン（防潮堤）の整備を進めています。5.2節は、茨城県の海象変化予測と適応策として、特に波浪や砂浜侵食等の変化とその対策を議論しています。2050年に約0.3mの海面上昇（RCP8.5）があった場合には、約25%の水際が後退するという予測がなされています。侵食対策は、砂が移動する範囲（陸域の流砂系と海域の漂砂系）全体で考えていくべきでしょう。しかしながら、実際には局所的な対策である海岸構造物（離岸堤、護岸、突堤・ヘッドランド等）の設置、不足している砂を補給する養浜等が多くの費用をかけて行われており、様々な制約条件下で適応策が講じられている状況です。5.3節は、沿岸域での浸水影響を平常時浸水リスクと一時的浸水リスクに分けて、それぞれの適応策の計画、実施の考え方を改めて整理しています。

これまで見てきたように、河川、沿岸域における水害への適応策は防護、順応、撤退に大別されます。これらは構造物等の設置によるハード面と、沿岸管理、土地利用、避難体制の整備などのソフト面の両方を組み合わせていくことになるでしょう。そして、豪雨や台風などすでに起りつつある水害に対処しながら将来にわたる地域毎の気候変動影響と人口動態等を考慮し、段階的かつ計画的に適応策を進めていくことが求められています。

参考文献

- IPCC (2018) Special Report on Global Warming of 1.5 °C.
- 東京管区気象台 (2019) 「気候変動レポート2018—関東甲信・北陸・東海地方ー」.
- 文部科学省・気象庁 (2020) 「日本の気候変動2020—大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書ー」.



気候変動適応の現状

2.1. 適応策とはなにか

田村 誠（茨城大学）

気候変動は、緩和策と適応策を対策の両輪として同時に進めていかねばなりません（図2.1.1）。気候変動のリスクに対して、温室効果ガス削減等によって極端現象などのハザードの発生確率を下げようするのが緩和策です。緩和策は、省エネルギー・代替エネルギーの開発と利用、森林保護や植林などにより温室効果ガスを削減して、気候変動の抑制を図る方法です。一方、曝露や脆弱性を下げることでリスクや悪影響を軽減しようとするのが適応策です。適応策は沿岸での堤防設置、防災、農業での栽培植物の変更、品種改良など気候変動の存在を前提に社会システムを調整していく方法です。緩和策は世界全体に広く効果をもたらしますが、効果を発揮するまでには時間が掛かります。既に大気中に蓄積した温室効果ガスによって最も厳しい緩和策を講じたとしても、今後数十年間は気候変動の悪影響の全てを回避することが困難だからです。現在あるいは短期的に発現している悪影響に対して、地域毎に適応策を講じていくことになります。

世界の平均気温は1850-1900年までの工業化以前の水準よりも約0.87°C上昇しており、過去の温室効果ガスの蓄積によって当面は約0.2°C (0.1 ~ 0.3°C) /10年の昇温傾向が継続すると見込まれています (IPCC, 2018)。日本では世界平均気温よりも大きな約1.24°C /100年 (1898 - 2019年) の割合で平均気温が上昇し、特に1990年代以降は高温となる年が頻出し、異常高温の出現数も増加しています (文部科学省・気象庁, 2020)。それゆえ、緩和策のみならず、極端現象などの局所的あるいは短期的な激しい悪影響、農業や水資源、生態系への影響に対して、様々なレベルで適応策を実施することが不可欠となります。気候変動対策の主要な目標は、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) にあるとおり、気候変動の進行と悪影響を危険な水準以下に抑えることです。2015年に採択されたパリ協定では、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保ち、1.5°Cに抑える努力をする、という長期目標が掲げられました。この長期的な緩和策と適応策は時間軸、空間軸とも相補的な関係にあり、適切に組み合わせて展開することが求められます。

2. 気候変動適応の現状

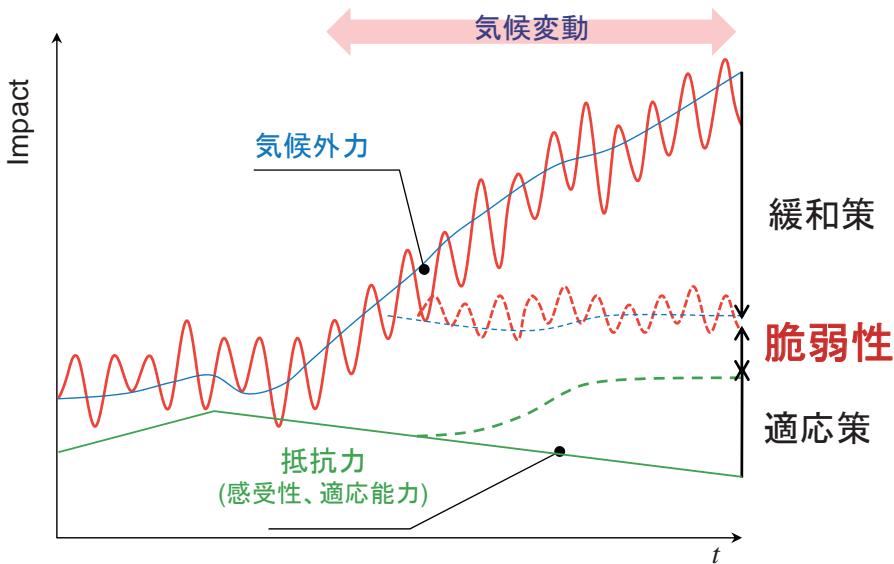


図2.1.1 緩和策と適応策 (Komatsu et al., 2013)

2.2. 国内外の適応策の動向

20世紀後半頃まで適応策は主に途上国中心であり、先進国は緩和策を中心に実施すべきという考え方がありました。これは温室効果ガスの累積排出量の大半を先進国が占め、気候変動の元凶が先進国にあり、途上国はその被害を受けているという認識によるものです。1997年に採択され2005年に発効した京都議定書においては、いわゆる先進国に分類される附属書I国のみにしか温室効果ガスの数値削減目標がありませんでした。そのため、当時の日本の温暖化対策は緩和策に重点が置かれていました。1998年に成立しその後改正を繰り返している地球温暖化対策推進法も緩和策の一つである温室効果ガス削減が主目的となっています。一方、2011年に京都議定書の下に適応基金が設置され、途上国には後発開発途上国48カ国への国別適応行動計画（NAPA）の支援が開始されました。

ただし、「緩和策は先進国、適応策は途上国」という、かつての構図は最近ではあまり意味をなさなくなっています。近年、先進国でも気候変動の悪影響が顕在化し、適応策の必要性が認識されています。途上国も人口増加や経済成長に伴って温室効果ガス排出量が増大しており、緩和策も求められるようになっています。EUは、2007年のEU洪水指令を皮切りに気候変動に伴う洪水リスクマップの作成を各国に指示しました。2007年にオランダは国家気候適応・空間計画戦略を策定しました。イギリスでは2008年に気候変動法が成立し、2013年に国家適応計画が策定されました。2020年11月現在、88/153国の中には途上国が国家適応計画（NAP）に策定プロセスを開始し、そのうち20カ国が適応計画を策定済みです（UNFCCC, 2020）。一方の緩和策は、2015年に採択されたパリ協定では先進国、途上国とも国別削減目標（Nationally Determined Contribution : NDC）を設定することになりました。例えば、2030年までにEUは-40%（1990年比）、日本は-26%（2013年比）といったNDCを設定しています。けれども、全ての国が現時点でのNDCを遵守したとしても21世紀末に気温上昇を2度までに抑えるという2度目標の達成がかなり困難である可能性が高いことが指摘されています（UNEP, 2020）。残念ながら、2019年のCO₂排出量は364億 [t-CO₂] であり、

1990年より約6割増えています。このことも適応策の重要性が叫ばれる要因の一つです（Global Carbon Budget, 2020）。

日本では「気候変動の影響への適応計画」が2015年11月に閣議決定されました。そして、2018年12月に気候変動適応法が施行され、日本の適応政策は大きな転換点を迎えました（図2.2.1）。1998年施行の地球温暖化対策推進法が緩和策の法的根拠となっていましたが、気候変動適応法によって適応策も法的裏付けを持ったことになります。同法において日本政府は気候変動適応計画を策定し、その進展状況の把握、評価手法を開発すること、約5年毎に気候変動影響評価を更新し計画を反映すること、情報基盤の整備、地域での適応の強化、などが規定されています。

2015年の「気候変動の影響への適応計画」の頃から、「農業、森林・林業、水産業」、「水環境・水資源」、「自然生態系」、「自然災害・沿岸域」、「健康」、「産業・経済活動」、「国民生活・都市生活」の7つの影響分野に対する適応策が検討されています。この学術的背景には、環境省総合推進費S-4（2005-09年度）、S-8（2010-14年度）、S-18（2020-24年度）、文科省RECCA（2010-14年度）、SI-CAT（2015-19年度）などの政府系研究プロジェクトがあります。これらのプロジェクトによる気候変動影響予測が国や自治体の適応計画立案の基礎となっていました。ただし、将来の気候変動には様々な不確実性が伴います。そこで、約5年毎に気候変動影響評価を更新して適応策を柔軟に調整していく方針が気候変動適応法に規定されています。

近年、気候変動への政府の取組は強化されつつあります。菅首相は2020年10月の所信表明において、日本が「2050年までに温室効果ガス実質ゼロ」とすることを目標に掲げ、緩和策、脱炭素化を新たな成長戦略に位置づけました。これまでの「2030年度に2013年度比26%削減し、2050年までに80%削減」という長期目標を強化したことになります。緩和策と同時に、適応策も推進していくことが必要です。これに先立ち、2020年6月には小泉環境大臣・武田内閣府特命担当大臣（防災担当）が「気候変動×防災」に関する共同メッセージを公表し、気候変動対策と防災・減災対策を効果的に連携していくことになりました。さらに、2020年12月に気候変動適応法施行後初となる気候変動影響評価（環境省, 2020）が公表されました。同報告書は、2015年評価時の約2.5倍に相当する引用文献からの科学的知見を集積した結果、多くの分野で影響の重大性、緊急性、確信度が高くなり、さらなる適応策が必要であることを指摘しています。2016年8月に国立環境研究所が開設した気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT, <https://adaptation-platform.nies.go.jp/>）には、これら適応策に関する情報基盤として、包括的な情報が掲載されています。

2. 気候変動適応の現状

気候変動適応法の概要

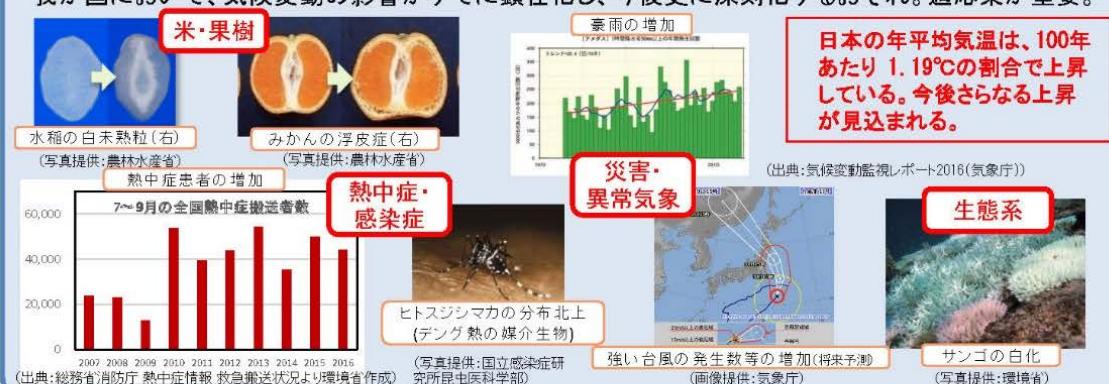
平成30年6月13日公布

○温室効果ガスの排出削減対策(緩和策)と、気候変動の影響による被害の回避・軽減対策(適応策)は車の両輪。

○本法により適応策を法的に位置付け、関係者が一丸となって適応策を強力に推進。

背景

我が国において、気候変動の影響がすでに顕在化し、今後更に深刻化するおそれ。適応策が重要。



法律の概要

1. 適応の総合的推進

- 国、地方公共団体、事業者、国民が気候変動適応の推進のため担うべき役割を明確化。
- 国は、農業や防災等の各分野の適応を推進する**気候変動適応計画**を策定。その進展状況について、把握・評価手法を開発。(閣議決定の計画を法定計画に格上げ。更なる充実・強化を図る。)
- 気候変動影響評価**をおおむね5年ごとに行い、その結果等を勘案して計画を改定。

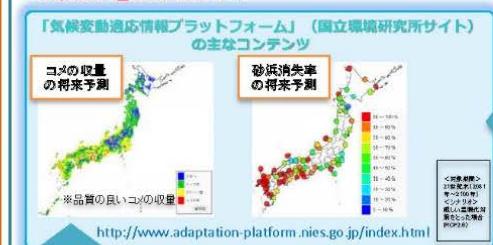
各分野において、信頼できるきめ細かな情報に基づく効果的な適応策の推進



将来影響の科学的知見に基づき、
・高温耐性の農作物品種の開発・普及
・魚類の分布域の変化に対応した漁場の整備
・堤防・洪水調整施設等の着実なハード整備
・ハザードマップ作成の促進
・熱中症予防対策の推進 等

2. 情報基盤の整備

- 適応の**情報基盤の中核として国立環境研究所**を位置付け。



3. 地域での適応の強化

- 都道府県及び市町村(東京23区を含む。)に、**地域気候変動適応計画策定の努力義務**。
- 地域において、適応の情報収集・提供等を行う拠点(**地域気候変動適応センター**)機能を担う体制を確保。
- 広域協議会**を組織し、国と地方公共団体等が連携して地域における適応策を推進。

4. 適応の国際展開等

- 国際協力の推進。
- 事業者等の取組・適応ビジネスの促進。

※施行期日:6ヶ月を超えない範囲で政令で定める日。ただし、施行前に気候変動適応計画を策定することができる。

図2.2.1 気候変動適応法の概要 (環境省)

2.3. 地域での適応

気候変動適応法では、国立環境研究所に2018年12月より設置された全国の気候変動適応センターを中心にして、都道府県に地域気候変動適応センターを設置し、各自治体でも地域気候変動適応計画を策定することが努力目標とされています。気候変動のリスクは地域毎のハザード、曝露、脆弱性に大きく依存するため、地域毎のきめ細かい影響の把握と適応策の実践が必要となるからです。2019年4月より、気候変動適応法に基づき、茨城大学は大学として初めてとなる茨城県地域気候変動適応センター（iLCCAC）の機能を担うことになりました。2021年1月現在、25の自治体（23府県、2市）が地域気候変動適応センターを設立しています（図2.3.1）。都道府県の環境部局もしくは地域の環境研究所が地域適応センターを担っている場合が多い中で茨城県は珍しい事例といえます。

iLCCACは、①気候変動影響予測・適応評価、②気候変動影響に関するローカル情報の収集・検討、③自治体適応計画策定支援、④人材育成、アウトリーチを主な活動方針に掲げています（図2.3.2）。①では2019年度に「茨城県における気候変動影響と適応策—水稻への影響—」を発行しました。②では、2019年度には常総市において抽出可能な全農家4,800件以上に郵送配布し、気候変動と適応策に関するアンケート調査も実施しました（田村他, 2020）。③では県内各市町村の適応策策定支援、④ではシンポジウム、公開講座などの情報発信、アウトリーチを推進しています。

茨城県の地球温暖化対策実行計画は、2011年4月に初めて作成された後、2017年3月に改定されました（2019年1月に適応計画へ位置づけ）。しかし、適応策は環境分野だけの政策、計画に留まりません。前述の主要7分野は農林水産部局、防災部局、保健部局など、多くの自治体で別の部局が設置されて実務に携わっています。水害関係では、河川整備計画基本方針・河川整備計画、2016年には茨城沿岸海岸保全基本計画が改訂されてきました。近年、2015年9月の関東・東北豪雨、2019年10月台風19号など豪雨災害が茨城県でも発生し、気候変動との関連も指摘されています。これらの水害への対応方針に将来的な気候変動影響を加味していくことが求められます。

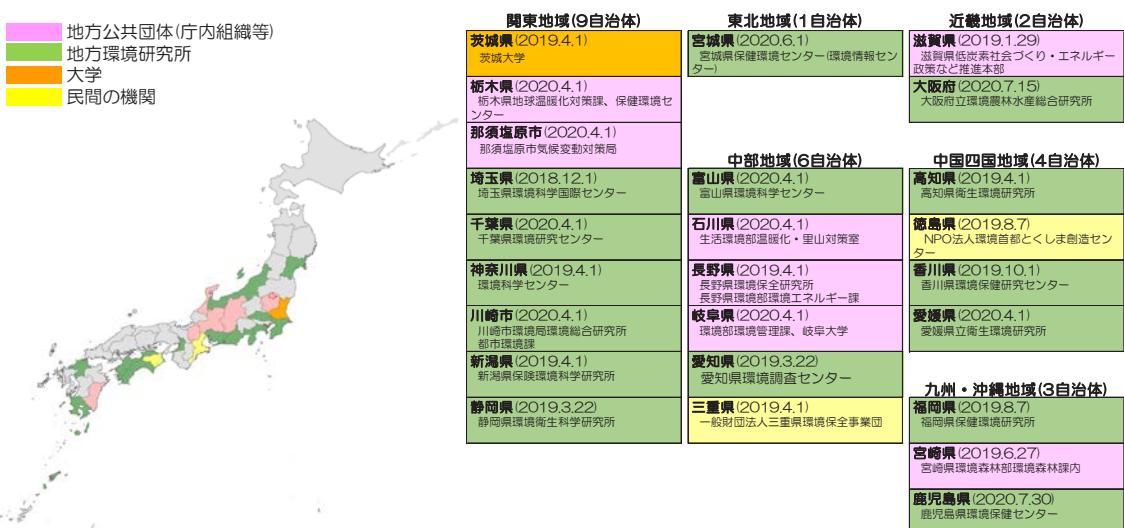


図2.3.1 地域気候変動適応センターの設置状況（2021年1月現在）

2. 気候変動適応の現状



図2.3.2 茨城県地域気候変動適応センター概要 (<https://www.ilccac.ibaraki.ac.jp>)

参考文献

- Global Carbon Budget (2020) Global Carbon Budget 2020.
- IPCC (2018) Special Report on Global Warming of 1.5 °C.
- Komatsu T, Shirai N, Tanaka M, Harasawa H, Tamura M, Yasuhara K (2013) Adaptation philosophy and strategy against climate change-induced geo-disasters. Proceedings of 10th JGS. Symposium on Environmental Geotechnics, 76-82.
- UNEP (2020) Emissions Gap Report 2020.
- UNFCCC (2020) Progress in the process to formulate and implement national adaptation plans, 44p.
- 環境省 (2020) 「気候変動影響評価報告書」.
- 田村誠・関根滉亮・王瑩・安原侑希・今井葉子・槇田容子 (2020) 「農業分野における気候変動影響と適応策: 茨城県常総市での2019年農家アンケート調査」土木学会論文集G (環境), 76(5), l_121-l_127.
- 文部科学省・気象庁 (2020) 「日本の気候変動2020－大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書－」.

2.4 茨城県気候変動適応計画

渡邊 章子（茨城県）

2.4.1 計画の位置付け及び基本方針

茨城県では、平成23年（2011年）に茨城県地球温暖化対策実行計画（以下「県実行計画」という。）を策定しました。その後、国の動向を踏まえ、本県の温室効果ガスの削減目標を見直すとともに、これまで取り組んできた温室効果ガスの排出抑制策（緩和策）や、気候変動影響への適応策をさらに加速するため、平成29年（2017年）3月、県実行計画を改定しました（図2.4.1）。

県実行計画は、「地球温暖化対策の推進に関する法律（平成10年法律第117号）」に基づく「地方公共団体実行計画」（区域施策編）と、気候変動適応法（平成30年法律第50号）に基づく「地域気候変動適応計画」に位置付けられており、取り組みを排出抑制策と適応策に分けて記載しています。これにより、県民、事業者、団体、市町村、県など、あらゆる主体が地球温暖化に対する意識を高め、連携・協働して自主的かつ積極的に取組む「県民総ぐるみによる地球温暖化対策」を推進しています。

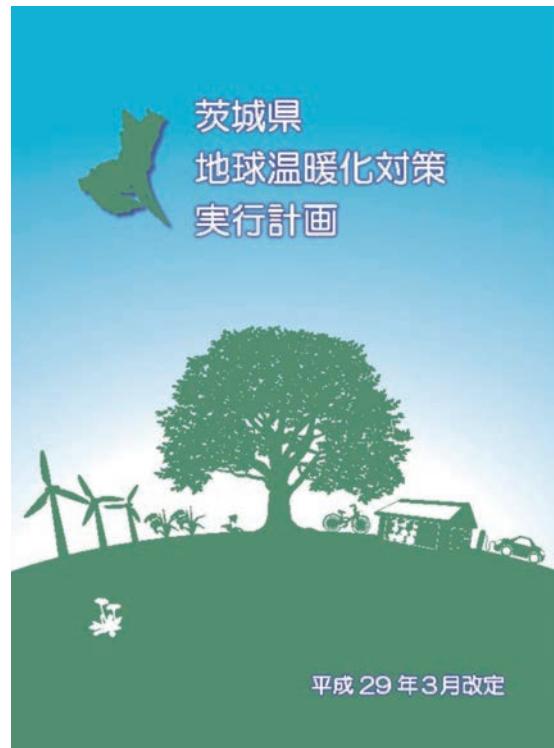


図 2.4.1 茨城県地球温暖化対策実行計画

2.4.2 適応策

平成30年（2018年）11月に策定された国の気候変動適応計画では、気候変動影響評価報告書に示された7つの分野（農業、森林・林業、水産業分野／水環境・水資源分野／自然生態系分野／自然災害・沿岸域分野／健康分野／産業・経済活動分野／国民生活・都市生活分野）において基本的な施策が示されています。

本県の適応計画では、本県で特に影響が懸念される5つの分野（農林水産業分野／自然災害・沿岸域分野／水環境・水資源分野／自然生態系分野／健康分野）の施策を掲げ、全部局をあげて適応策を推進しているところです（表2.4.1）。

このうち、「自然災害・沿岸域分野」については、地域防災力の強化、災害に備えた強靭な県土づくり、気候変動に対応した海岸管理、津波・高潮対策、侵食対策の推進、森林防災機能の維持・増強を計画に位置付け、取り組みを進めています（表2.4.2）。

2. 気候変動適応の現状

表2.4.1 茨城県の気候変動適応計画概要

農林水産業分野	<ul style="list-style-type: none">・気候変動に適応した品種選定、安定生産技術の開発・高温環境下に適応した技術の開発・海洋水産資源の変動要因解明のための海況変動の把握
自然災害・沿岸域分野	<ul style="list-style-type: none">・地域防災力の強化・災害に備えた強靭な県土づくり・気候変動に対応した海岸管理・津波・高潮対策、侵食対策の推進・森林防災機能の維持・増強
水環境・水資源分野	<ul style="list-style-type: none">・長期にわたる安定的な水資源の確保・河川、湖沼及び海域の水質保全
自然生態系分野	<ul style="list-style-type: none">・生物多様性戦略への適応の組み込み・生物多様性への影響の把握・野生鳥獣の調査・管理と外来種の防除・把握・県民と協働した生物多様性の保全
健康分野	<ul style="list-style-type: none">・熱中症対策・蚊媒介感染症対策

表2.4.2 茨城県の気候変動適応計画における「自然災害・沿岸域分野」の取組

地域防災力の強化	<ul style="list-style-type: none">・消防団員等地域防災の担い手の確保・広域的な相互応援体制の整備、ボランティアの活用体制整備・ハザードマップ等の作成支援、周知 等
災害に備えた強靭な県土づくり	<ul style="list-style-type: none">・県国土強靭化計画の策定・推進・地域に即した防災訓練の実施 等
気候変動に対応した海岸管理	<ul style="list-style-type: none">・気候変動に伴う外力変化の予測・モニタリング結果等の情報収集 等
津波・高潮対策、侵食対策の推進	<ul style="list-style-type: none">・護岸や堤防等の嵩上げ、砂浜や崖の維持・回復 等
森林防災機能の維持・増強	<ul style="list-style-type: none">・間伐や再造林等の森林の整備・山地や海岸林の災害復旧や予防 等

2.4.3 茨城県地域気候変動適応センター

本県では、地域の気候変動研究・情報収集を行う拠点として、平成31年（2019年）4月1日、「茨城県地域気候変動適応センター」を茨城大学に設置しました。

茨城大学は、適応研究等に関する国内でも有数の組織「地球変動適応科学研究機関（ICAS。現「地球・地域環境共創機構（GLEC）」）」を有し、多くの研究成果を挙げていることから、本県では、全国で初めて大学に適応センターを設置しました。

適応センターは、大学ならではのノウハウを生かし、気候変動・温暖化の影響やその適応のための様々な情報収集・解析をし、広く発信していく役割を担っています。

3

将来の降水の気候変化シナリオ

3.1 茨城県の降水の経年変化と気候変動予測

江崎 雄治（水戸地方気象台）

3.1.1 茨城県の気候

茨城県は太平洋岸気候区に属し、冬は晴天が多く乾燥する一方、梅雨期・秋霖期の雨量は多いという特徴があります。沿岸部では気温の日較差が小さいなど海洋性気候の特徴を持っています。海洋や霞ヶ浦等の存在は栃木県、群馬県などの内陸の県と比べ湿度が高くなる要因であり、そのため霧が多く発生します。北部では、阿武隈高地の山々が沿岸部までせまっており、海からの湿潤な風を受けることで年間を通じて地形の影響を受けた降水が多くなります。

3.1.2 水戸市及びつくば市における降水量の長期変化

水戸市（水戸地方気象台、統計期間：1897～2020年）及びつくば市（館野（高層気象台）、統計期間：1921～2020年）で観測された年降水量の経年変化を図3.1.1に示します。温暖化することにより、雨が降りにくくなるとともに一度に降る雨の量は増える可能性が指摘されていますが、実際の観測結果を見てみると、水戸市では年降水量に100年あたり約150mmの減少傾向がみられます、つくば市では統計的に有意な変化傾向はみられません。

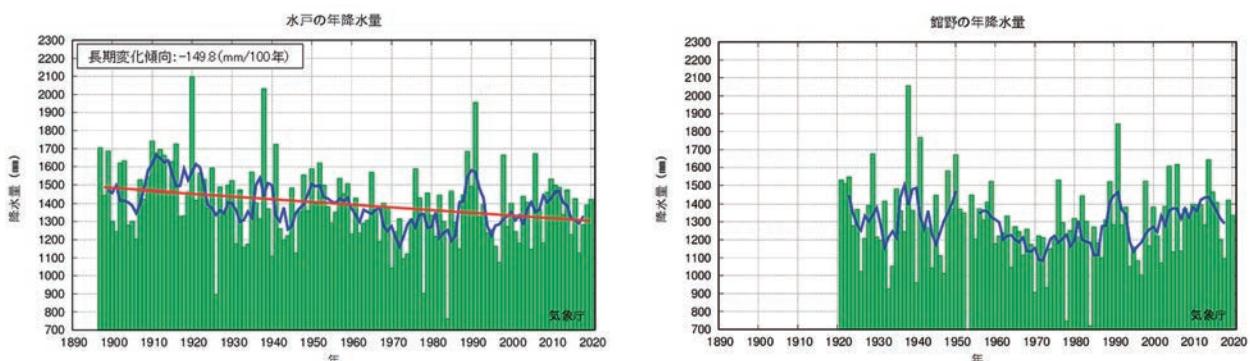


図3.1.1 年降水量の経年変化

左：水戸市（水戸地方気象台）、右：つくば市（高層気象台）

次に、水戸市（統計期間は同じ）で観測された1時間降水量50mm以上（滝のように降る雨）の年間回数と無降水日数の経年変化を図3.1.2に示します。1時間降水量50mm以上の年間回数は100年あたり約0.2

3. 将来の降水の気候変化シナリオ

日、無降水日数は100年あたり約7日増えています。

図には示していませんが、つくば市においても1時間降水量50mm以上の年間回数が100年あたり約0.4日、無降水日数は100年あたり約3日増えています（東京管区気象台、2019）。

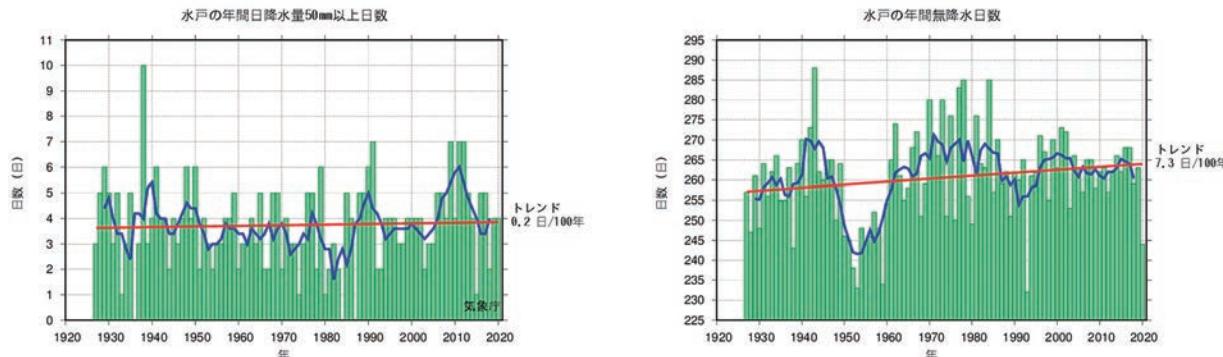


図3.1.2 水戸市における1時間降水量50mm以上の年間回数（左）と無降水日数の経年変化（右）

3.1.3 茨城県における降水の気候変動予測

気象庁は、温室効果ガスの排出が高いレベルで続く場合（RCP8.5シナリオ）の今後の気温や雨の降り方の予測結果を「地球温暖化予測情報第9巻」として公表しています（気象庁、2017）。その予測結果を都道府県別に領域平均して求めた、茨城県の1時間降水量50mm以上（滝のように降る雨）の回数と無降水日数の将来（今世紀末）気候の現在気候との差の予測を図3.1.3に示します。茨城県では、滝のように降る雨の発生が100年で約3倍増加、無降水日数が約8日増加する予測となっています。

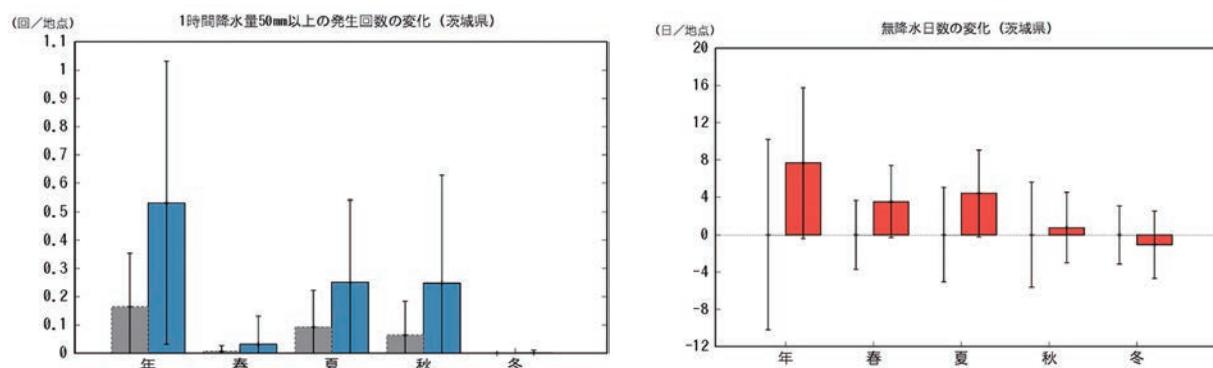


図3.1.3 茨城県の1時間降水量50mm以上の発生回数の将来気候における変化（左）
と無降水日数の将来気候における変化（右）

左図の棒グラフの灰色は気候モデルで再現された現在気候の、青色は将来気候で予測された1地点あたりの発生回数を示しています。それぞれのグラフの黒細線で示した縦棒は年々変動の標準偏差を示します。計算に用いた温室効果ガスの将来の排出シナリオは、RCP 8.5シナリオです。

参考文献

気象庁（2017）「地球温暖化予測情報第9巻」。

東京管区気象台（2019）「気候変化レポート2018—関東甲信・北陸・東海地方—」。

3.2 関東の降水の経年変化とその不確実性

若月 泰孝（茨城大学）

3.2.1 降水や気温の気候変化

災害をもたらすような大雨や高温リスクの気候変化の予測は、将来の防災計画にとって非常に重要です。一般的に、気候変化の予測は、世界各地の研究機関などで計算される全球規模の気候変化予測シミュレーションによって導出されています。また、その予測は、地域スケールに詳細化される処理が施されます。以下、その計算結果を気候シナリオとします。地球温暖化は、平均的な気温上昇のみならず、猛暑や熱帯夜などの高温の日数の変化を伴います。また、水蒸気量の増加も伴い、それによって激しい雨の頻度が増加することが明確に予測されています。短い時間で降る強雨の変化は、図3.1.2などに示されるとおりです。ところが、総降水量や日降水量の最大値などの指標を地域毎に詳細に精度よく予測することは非常に難しいものです。

図3.2.1は、年平均気温、猛暑日（最高気温が35°C以上）の日数、熱帯夜（最低気温が25°C以上）の日数の現在気候での推定値と将来気候での変化量を示しています。これらは、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書における将来の気温上昇を2°C以下に抑えるという目標のもとに開発された低位安定化シナリオ（RCP2.6）と2100年における温室効果ガス排出量の最大排出量に相当する高位参考シナリオ（RCP8.5）を仮定し、世界気候研究計画（WCRP）の第5期結合モデル相互比較計画（CMIP5）に基づく、GFDL-CM3、MRI-CGCM3、MIROC5、HadGEM2-ESという4つの気候変化予測シミュレーションデータを補正して、日本域で高解像度化された気候シナリオデータです（Ishizaki et al., 2020）。将来気候は21世紀末を想定し、4つのシナリオデータが平均化された結果です。茨城県付近では、RCP2.6では2°C程度の昇温、RCP8.5では4.7°C程度の昇温が予測されています。また、猛暑日日数や熱帯夜日数も現在気候に比べて大幅に増加することが予測されています。RCP8.5では、茨城県で猛暑日日数は現在より30日以上程度、熱帯夜日数も50日程度の増加となります。

Ishizaki et al. (2020)のデータに基づき、大雨の気候変化に着目します。図3.2.2は、3か月ごとの日最大降水量（その季節で年に平均的に1回発生する大雨の強さ）の現在気候での推定値と将来気候での変化倍率を示します。ほとんどの季節で増加傾向が示され、温暖化によって大雨が増強することが予測されます。また、21世紀末に向かって昇温が大きいRCP8.5は、RCP2.6と比較してより激しい雨に見舞われる事が予想されています。RCP2.6では約1割、RCP8.5では2割以上の増加となります。図3.2.3は、4つの気候シミュレーションの夏季（6月～8月）の変化倍率の違いを示しています。気候シミュレーションによってその変化傾向は大きく異なっており、不確実性が大きいことを示しています。なぜなら、気圧配置や大気の循環パターンの変化は、気候変化予測シミュレーションによって結果が大きく異なるからです。茨城県での大雨の気候変化による増大傾向はおおむね正しいと評価されるものの、その量的な推定精度を高めるにはさらなる研究が必要とされています。

3. 将来の降水の気候変化シナリオ

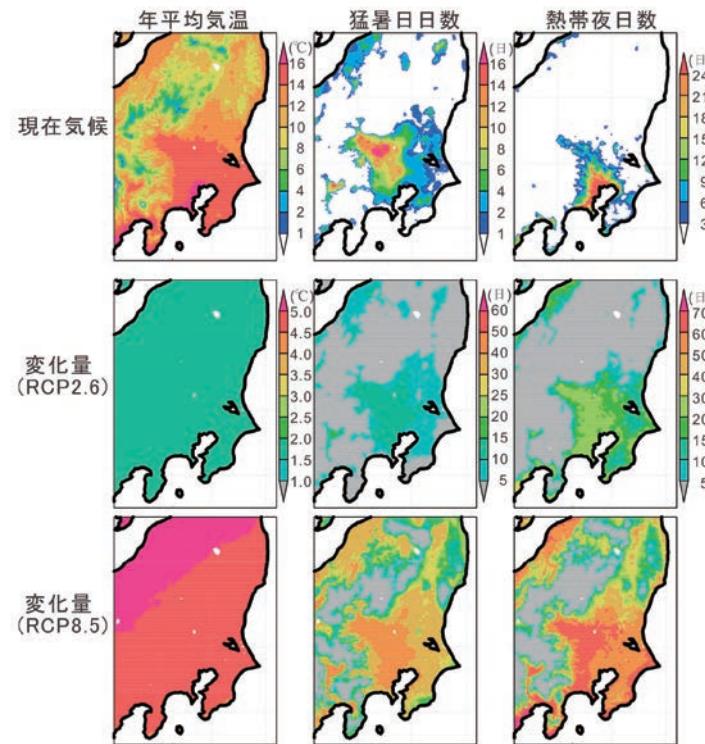


図3.2.1 年平均気温・猛暑日日数・熱帯夜日数の現在気候の値(推定値)とそれらの将来気候での変化量
上：現在気候での推定値、中：RCP2.6シナリオを基準とした変化量、下：同RCP8.5
ただし、現在気候は1986～2005年（20年間）、将来気候は21世紀末の20年間を想定

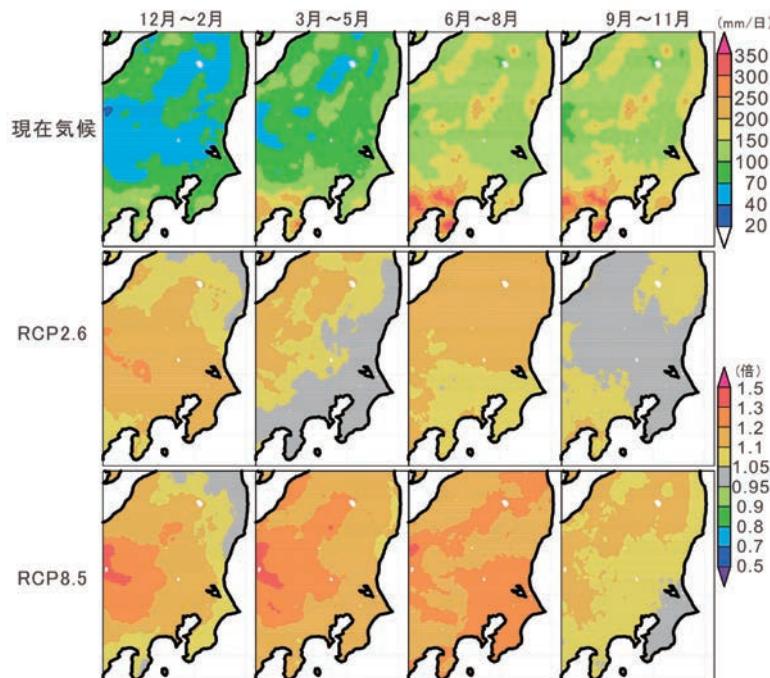


図3.2.2 日最大降水量の現在気候の値（推定値）とその将来気候での変化倍率
上：現在気候での推定値、中：RCP2.6シナリオを基準とした変化倍率、下：同RCP8.5

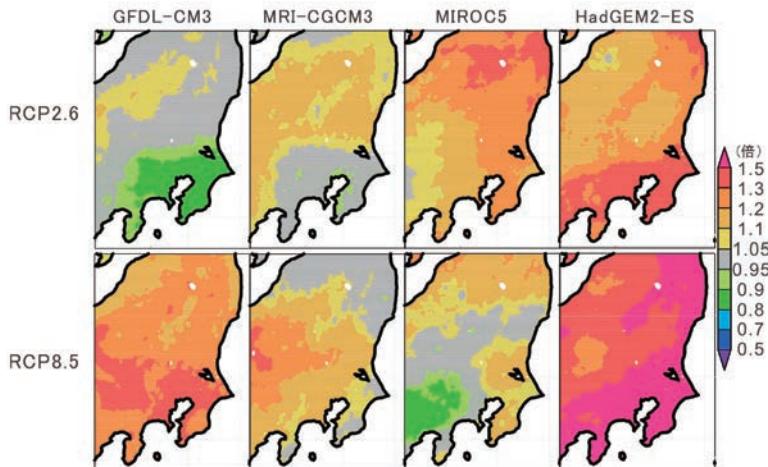


図3.2.3 図3.2.2の変化倍率の4つの気候シミュレーションでの比較（6月～8月）
上：RCP2.6シナリオを基準とした変化倍率、下：同RCP8.5

3.2.2 気候変化に伴う水害リスクの増強

若月他（2016）は、少し古いCMIP3の気候変化予測シミュレーションのデータを用いて、Special Report on Emissions Scenarios (SRES)- A1Bシナリオに基づいて関東域の高解像気候変化予測データを作成しました。このSRES-A1Bシナリオは、高位安定化シナリオ（RCP6.0）に比較的近く、RCP2.6とRCP8.5の間に位置します。この予測シナリオデータは、現在気候で実際に起こっている降水現象を将来気候環境に置き換えてシミュレーションする手法が取り入れられており、予測の不確実性を考慮するために18個の気候変化予測シミュレーションデータの平均的な環境変化要素が使われています。阿部他（2018）は、そのデータを用いて鬼怒川・小貝川流域で河川流量や水位がどのように変化するのかを予測しました。

図3.2.4は、鬼怒川の川島水位観測所における基準水位の超過頻度です。実績値と現在気候計算（1980～2010年を想定）と将来気候計算（21世紀末の30年間を想定）で年間の平均回数を比較しています。洪水リスクは水防団待機水位から計画高水位まで徐々に高くなっていき、氾濫危険水位を超えると特にリスクの高い状況になります。数値計算の結果は、実績と比較して多少誤差をもっていますが、いずれの水位レベルの頻度も温暖化によって増加することが予測されます。図3.2.5に、1988年の最大浸水深の現在気候計算と将来気候計算での分布図が示されます。将来気候計算の結果とは、1988年に起きた現象が、仮に21世紀末の大気環境で起きたらどのような浸水をもたらすのかといった観点で計算された結果です。同じ現象であっても、将来気候環境下であれば、浸水面積が増大し、浸水深も深くなっていることがわかります。

このように地球温暖化によって、大雨の強度や頻度は増大し、洪水リスクが高まることが予測されています。Kawase et al. (2021)は、2019年台風19号において、過去に起きた温暖化の影響で降水量が増大したことを示しました。将来気候における予測の不確実性の大きさの課題はあるものの、今後、茨城県において、どの程度地球温暖化が大雨による水害リスクを増大させるのか、精度よく推定する研究の発展が期待されます。

3. 将来の降水の気候変化シナリオ

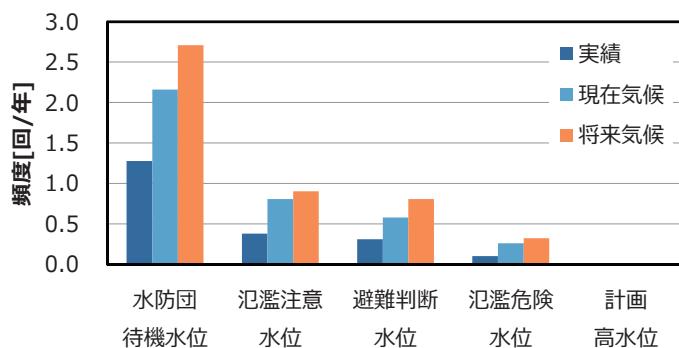


図3.2.4 川島水位観測所における基準水位超過頻度

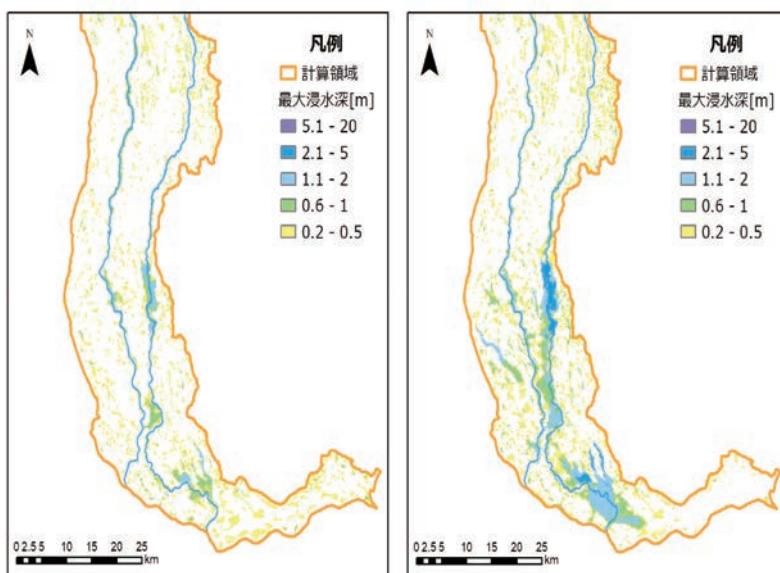


図3.2.5 1988年最大浸水深の現在気候計算と将来気候計算の比較

参考文献

- Ishizaki N, Nishimori M, Iizumi T, Shiogama H, Hanasaki N, Takahashi K (2020) Evaluation of two bias-correction methods for gridded climate scenarios over Japan. SOLA, 16, 80-85.
- Kawase H, Yamaguchi M, Imada Y, Hayashi S, Murata A, Nakaegawa T, Miyasaka T, Takayabu I (2021) Enhancement of Extremely Heavy Precipitation Induced by Typhoon Hagibis (2019) due to Historical Warming. SOLA, 17A, 7-13.
- 阿部紫織・若月泰孝・中村要介・佐山敬洋 (2018) 「RRIモデルを用いた鬼怒川・小貝川における水位・流量・浸水区域の気候変化影響評価」 土木学会論文集B1 (水工学), 74(5), I_7-I_12.
- 若月泰孝・原政之・藤田実季子・馬豊鉄・井上忠雄・木村富士男・小池俊雄 (2016) 「気候差分ダウンスケーリング法による関東・中部山岳域の確率論的気候変化予測」 土木学会論文集B1 (水工学), 72(4), I_55-I_60.

4

茨城県の河川対策の現状と適応策

4.1 茨城県に被害をもたらした豪雨や台風の概況

江崎 雄治（水戸地方気象台）

4.1.1 平成27年9月関東・東北豪雨

2015年（平成27年）9月7日から10日にかけて、茨城県では南部を中心に記録的な大雨となりました。この大雨により、鬼怒川などが氾濫するなどして人的被害、洪水害、浸水害などの被害が発生しました（表4.1.1）。

9月7日から8日は、東日本の太平洋沿岸に停滞する前線の影響により、雨が継続しました。7日に日本の南で発生した台風第18号は、9日の10時過ぎに知多半島に上陸した後、21時には日本海中部で温帯低気圧に変わりました（図4.1.1（左））。この台風や台風から変わった低気圧に向かって、湿った空気が流れ込んだ影響で雨が継続し、特に県西地域では、夕方から夜遅くにかけて非常に激しい雨となつた所がありました。10日は、台風から変わった低気圧に向かって湿った空気が流れ込んだ影響により雨が継続し、明け方から昼前にかけて非常に激しい雨となつた所がありました。

9月7日18時から11日12時までの雨量は、古河で297.5mm、坂東で265.0mm、下妻で228.5mmなど、南部を中心に200mmを超えた所がありました。解析雨量（同期間）では、県西地域と県南地域で200mmを超える雨を解析し、特に、古河市や境町、坂東市などでは300mmを超えた所がありました（図4.1.1（右））。

最大1時間降水量は、石岡市柿岡で56.0mm（10日07時09分までの前1時間）、常陸太田市中野で

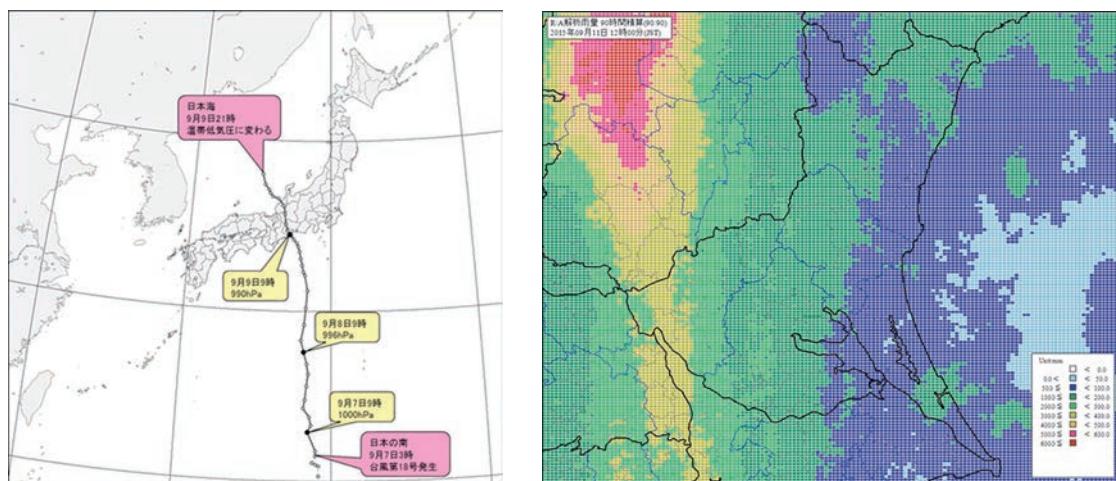


図4.1.1 台風経路図（日時、中心気圧（hPa））速報解析（左）

及び解析雨量（9月7日18時から11日12時までの90時間積算）（右）

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策

49.5mm（10日09時39分までの前1時間）、小美玉市美野里で46.0mm（10日08時20分までの前1時間）を観測しました。月最大24時間降水量は、古河で247.0mm（10日05時00分までの前24時間）となり、統計開始以来の極値を更新しました（水戸地方気象台、2015）。

表4.1.1 平成27年9月関東・東北豪雨における県内災害の状況

人的被害	死者：16名、重症：5名、中等症：23名、軽傷：28名
住家被害	全壊：54件、大規模半壊：1,795件、半壊：3,747件 床上浸水：230件、床下浸水：3,880件

令和元年12月9日現在 茨城県防災・危機管理課発表資料から抜粋

4.1.2 令和元年東日本台風

2019年（令和元年）10月12日から13日にかけて、台風第19号の影響により茨城県では強い風となり、非常に激しい雨の降った所がありました。また、海上ではうねりを伴った猛烈なしきとなりました。このため、大雨による人的被害や建物等の被害、鉄道の運休や広域の停電などの交通障害やライフラインへの影響があったほか、那珂川や久慈川などの氾濫による洪水害、浸水害などが発生しました（表4.1.2）。

台風第19号は、10月6日に南鳥島近海で発生し、マリアナ諸島を西に進みながら、7日には大型で猛烈な台風となりました。小笠原近海を北北西に進み、12日には北寄りに進路を変え伊豆諸島北部を北北東に進みました。12日19時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した後、関東地方を通過し、13日未明に東北地方の東海上に抜けました（図4.1.2（左））。

10月10日18時から10月13日09時までの総降水量は、花園（北茨城市）で479.0mm、大能（高萩市）で405.5mm、徳田（常陸太田市）で345.0mmを記録するなど大雨となりました。期間最大1時間降水量は、花園（北茨城市）で60.0mm（12日20時21分まで）、大能（高萩市）で52.0mm（12日16時26分まで）など非常に激しい雨となった所がありました（図4.1.2（右））。また、県内では強い風が吹き、最大瞬間風速は、

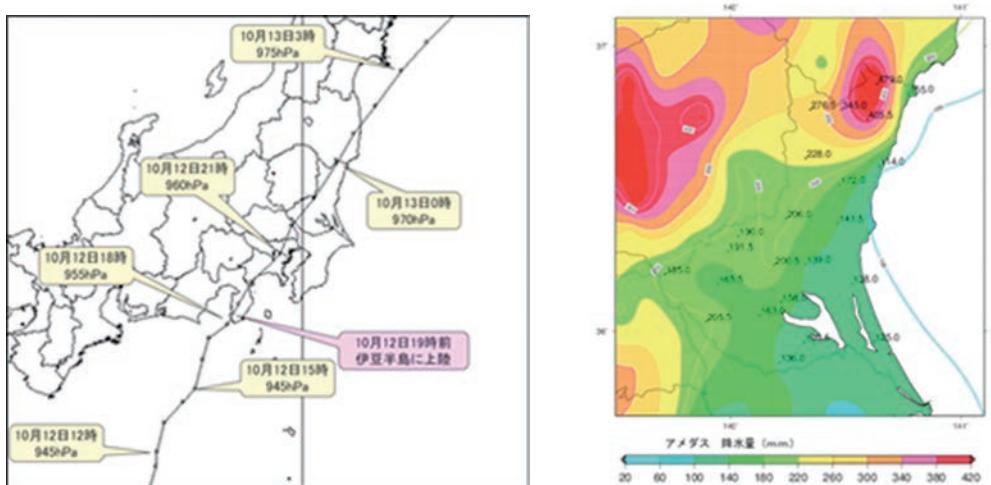


図4.1.2 台風第19号 経路図（日時、中心気圧（hPa））速報解析（左）

及びアメダス積算降水量分布図（2019年10月10日00時～13日24時）（右）

つくば（つくば市）で32.5m（南南東、12日22時08分）、鹿嶋（鹿嶋市）で30.7m（南南東、12日20時37分）を観測しました。

図4.1.3は、大雨のピークが過ぎた10月12日23時00分における大雨警報（土砂災害、浸水害）、洪水警報の危険度分布です。土砂災害及び浸水害がすでに発生していてもおかしくない警戒レベル4（紫色）の地域がみられました。洪水については、今後氾濫し、重大な洪水災害が発生するおそれが高い警戒レベル4（紫色）や氾濫が発生している警戒レベル5（黒色）が表示されていました（水戸地方気象台、2019）。

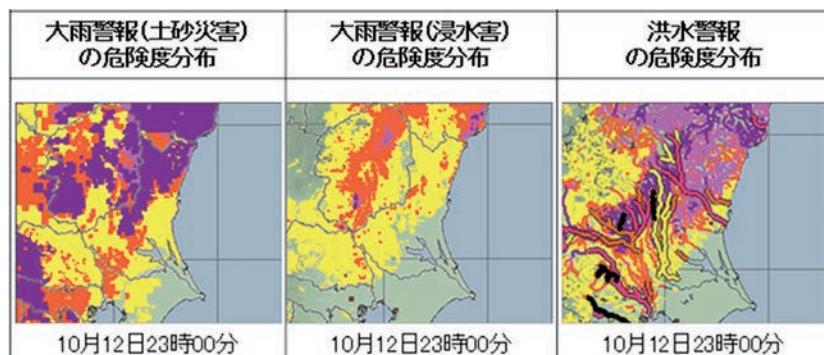


図4.1.3 大雨警報（土砂災害、浸水害）、洪水警報の危険度分布
(2019年10月12日23時00分)

表4.1.2 令和元年東日本台風における県内災害の状況

人的被害	死者：2名、中等症：7名、軽傷：13名、行方不明：1名
建物被害（住家）	全壊：146棟、半壊：1,561棟、一部損壊：1,326棟、 床上浸水：29棟、床下浸水：347棟
農林水産業の被害状況 (令和元年11月29日確定)	農林水産業推計被害額合計：9,730,109千円

令和元年11月29日15時現在 茨城県災害対策本部調べから抜粋（茨城県、2019）

参考文献

- 茨城県（2019）「平成27年9月関東・東北豪雨による本県の被害状況について（令和元年12月9日現在）」。
水戸地方気象台（2015）「平成27年台風第18号と前線による大雨に関する茨城県気象速報」。
水戸地方気象台（2019）「令和元年台風第19号に関する茨城県気象速報」。

4.2 久慈川・那珂川における緊急治水対策の取り組み

田村 修（常陸河川国道事務所）

4.2.1 はじめに

常陸河川国道事務所では、久慈川と那珂川の2河川を管理しており、久慈川は古くから奥久慈に代表される景勝と豊富な水量、良好な水質の河川として知られており、源を福島県、茨城県、栃木県にまたがる八溝山に発し、流域は福島県、茨城県および栃木県の三県にまたがる、流域面積約1,490 km²、流路延長527km（幹川124km、支川403km）におよぶ一級水系です。那珂川は首都圏の河川の中でも、古くからサケののぼる川として有名で、源を福島県と栃木県の境界に位置する那須岳に発し、流域は福島県、茨城県、栃木県にまたがる、流域面積は約3,270 km²、流路延長1,485km（幹川150km、支川1,335km）におよぶ一級水系です。

4.2.2 令和元年東日本台風における出水概要

最大勢力（中心気圧）が915hPaに達した令和元年東日本台風の影響により、久慈川・那珂川流域では強い雨が長時間にわたり降り続きました（図4.2.1）。久慈川においては、2日雨量（流域平均）および山方地点（基準地点）の流量ともに当時の整備計画目標洪水（1986年8月）の値を上回りました（図4.2.2）。那珂川においても、雨量が1日に集中し、時間20mm以上の強い雨が長時間にわたり降り続き、日雨量（流域平均）および野口地点（基準地点）の流量ともに当時の整備計画目標洪水（1998年8月）の値を上回りました（図4.2.3）。

その結果、久慈川では、大臣（国）管理区間3箇所で決壊が生じるなど、被害家屋1,325棟、浸水面積約1,500haの被害が発生しました。那珂川においても、大臣（国）管理区間3箇所で決壊が生じ、被害家屋2,071棟、浸水面積約3,300haの被害が発生しました。（写真4.2.1、4.2.2）。

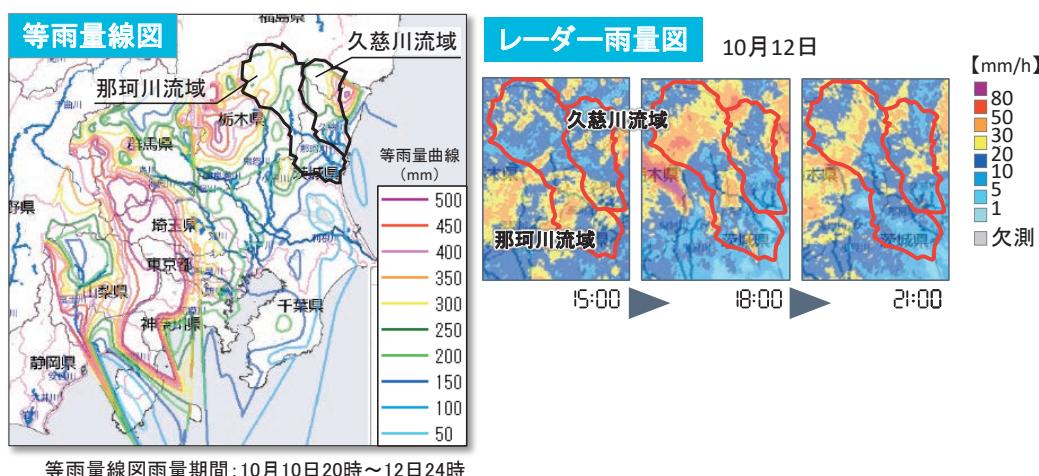


図4.2.1 令和元年東日本台風の降雨状況

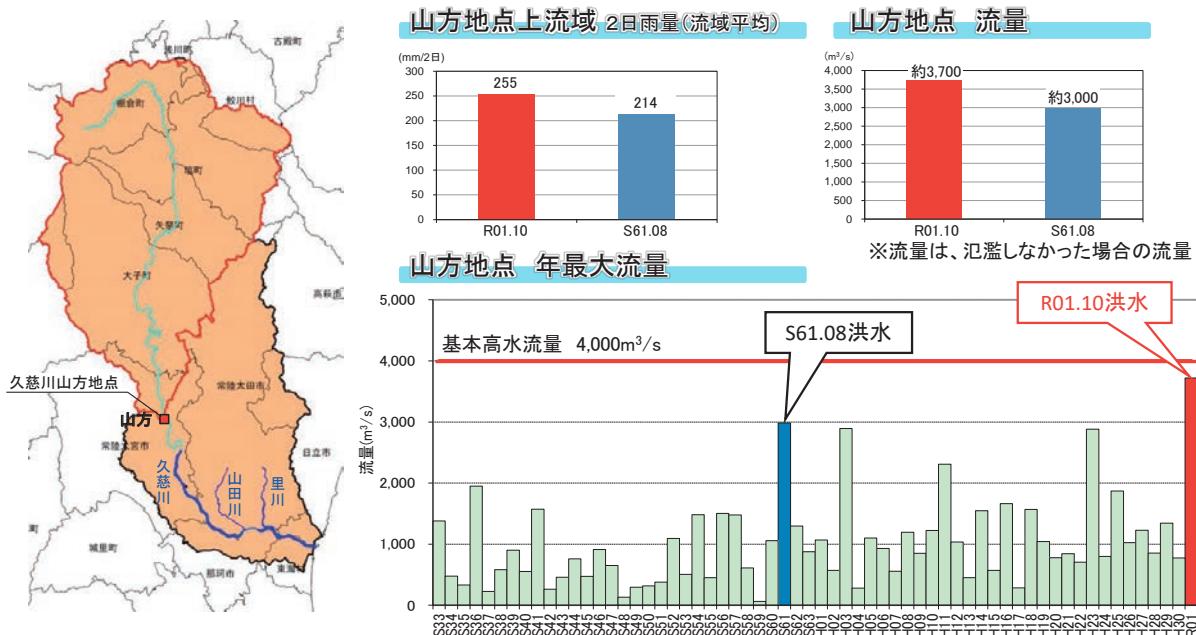


図4.2.2 令和元年東日本台風による洪水と前整備計画目標洪水(昭和61年8月洪水)との比較(久慈川)

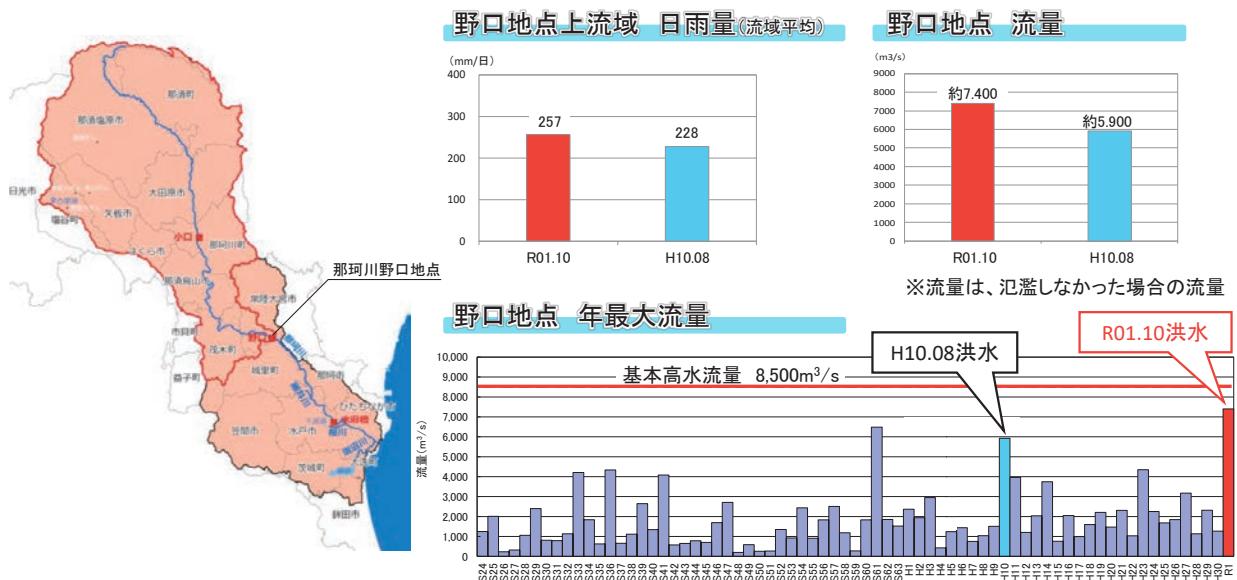


図4.2.3 令和元年東日本台風による洪水と前整備計画目標洪水(平成10年8月洪水)との比較(那珂川)

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策



写真4.2.1 常陸大宮市富岡、下町付近



写真4.2.2 水戸市飯富町、上国井町付近

4.2.3 緊急治水対策プロジェクトの策定

令和元年東日本台風により甚大な被害を受けた久慈川・那珂川水系では、流域の社会経済被害の最小化を目指す取組として「久慈川・那珂川緊急治水対策プロジェクト（以下「プロジェクト」という）」をとりまとめました。本プロジェクトは、令和元年東日本台風洪水における久慈川・那珂川からの越水防止を目的としており、事業期間は2019年度から2024年度までとしています。プロジェクトのとりまとめにあたっては、既存の「久慈川・那珂川流域における減災対策協議会」の枠組みを活用することとし、協議会に新たな部会を設けて、国・県・市町村で協議しとりまとめました。

プロジェクトは、国・県・市町村が連携し、「多重防御治水の推進」と「減災に向けた更なる取組の推進」の2つを柱として治水対策に取組んでいます。「多重防御治水」とは、地域と連携し、「河道の流下能力の向上」、「遊水・貯留機能の確保・向上」、「土地利用・住まい方の工夫」が三位一体となって社会経済被害の最小化を目指す治水対策です。

4.2.3.1 多重防御治水の推進

堤防決壊が発生した久慈川・那珂川の上流及び沿川には大規模なダムや遊水地などの貯留施設がなく、主に河道において洪水を溢れさせない治水対策を進めていましたが、令和元年東日本台風では現状の治水施設の能力を超えるような事象が発生し浸水被害が発生しました。

令和元年東日本台風洪水に対応するため、河道のみでなく、流域全体で洪水に対応する、三位一体の対策として多重防御治水を推進することとしました（図4.2.4）。



図4.2.4 多重防御治水のイメージ図

多重防護治水は次の3つの対策からなります。

1) 河道の流下能力の向上

河道の流下能力を向上させる取組として、堤防や護岸等の被災施設を迅速に復旧するとともに、河道内の土砂掘削や樹木伐採を行い水位の低減を図ります。また、掘削土を活用して堤防を整備することで洪水が円滑に流れやすい河道整備を推進し、施設規模を上回る洪水に対する取組として、堤防決壊までの時間を少しでも伸ばすための堤防の裏法尻の補強等を行います（図4.2.5、4.2.6）。

2) 遊水・貯留機能の確保・向上

遊水・貯留機能を確保・向上させる取組として、地形や現状の土地利用を考慮した遊水地・霞堤の整備を実施します。現存する霞堤については保全して有効活用します。また、水害の激甚化等を勘案し、利水ダム等の既存ダムについて、有効貯水容量を洪水調節に最大限活用できるよう検証・検討を行い、既存ダムの有効活用を進め、流出抑制の取組として、雨水貯留施設の整備や各戸貯留浸透施設の費用補助等を進めていきます（図4.2.5、4.2.6）。

3) 土地利用・住まい方の工夫

土地利用・住まい方の工夫について、都市計画マスターplanや立地適正化計画等「まちづくり」による水害に強い地域への誘導を進めるとともに、浸水が想定される区域の土地利用制限や家屋移転、住宅の嵩上げ、輪中堤整備、高台整備、高台移転等を進めます（図4.2.5、4.2.6）。

4.2.3.2 減災に向けた更なる取組の推進（ソフト対策）

多重防護治水による社会経済被害を低減する取組に加え、住民の生命を守るための取組として避難警戒態勢の確立や水防活動による減災対策を講じる必要があります。東日本台風では同時多発的な被害の発生により、状況把握・情報伝達・避難行動が円滑に進まなかつたことを踏まえ、関係機関が連携し、円滑な水防活動、避難行動のための体制等の充実を図る取組を進めます。越水・決壊を検知する機器の開発・整備（図4.2.7）や、危機管理型水位計、簡易型河川監視カメラの設置（図4.2.8）を進めるとともに、住民一人一人が災害時による防災行動を時系列で整理するマイ・タイムラインについても講習会等で普及を図ります。あわせて、要配慮者利用施設の避難確保計画作成の促進や緊急排水作業の準備計画策定と訓練の実施、防災メールや防災行政情報伝達システム、防災行政無線を活用した情報発信の強化の取組などを進めます。

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策



図4.2.5 久慈川緊急治水対策プロジェクトの概要



図4.2.6 那珂川緊急治水対策プロジェクトの概要

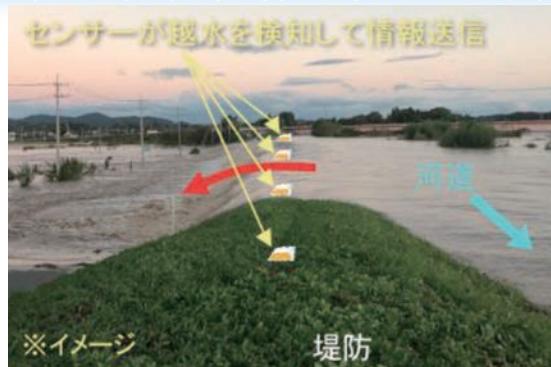


図4.2.7 越水・決壊を検知する機器のイメージ

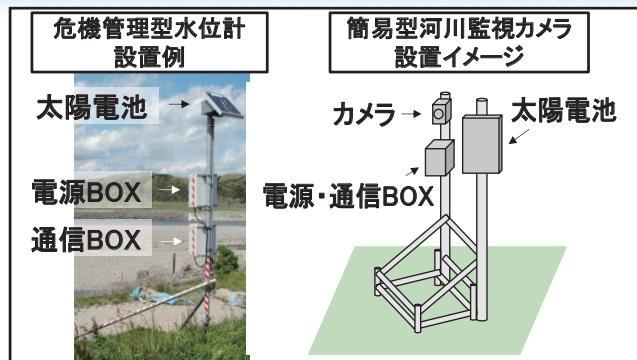


図4.2.8 危機管理型水位計および簡易型河川監視カメラ設置イメージ

4.2.4 緊急治水対策プロジェクトの実施状況

多重防御治水の推進について、国管理区間における堤防決壊箇所の復旧は久慈川・那珂川とともに本復旧が完了しました（写真4.2.3、4.2.4）。現在は、護岸の災害復旧工事や河道掘削、堤防強化などについて鋭意対策を進めているところです（写真4.2.5）。その他遊水地や堤防の整備箇所については、地域住民や土地所有者の方へ説明を行い（写真4.2.6）、測量調査や設計を実施しており、設計が完了次第、改めて説明を行い、地域住民や土地所有者の方にご理解とご協力を頂きながら用地補償や工事を進めてまいります。



写真4.2.3 久慈川 常陸大宮市塩原付近



写真4.2.4 那珂川 那珂市下江戸付近



写真4.2.5 水戸市渡里町付近



写真4.2.6 住民説明の状況

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策

土地利用・住まい方の工夫については、防災集団移転等を検討している地区において、自治体が主体となって地域住民へ事業の概要を説明した上で、住民の事情や意向把握のためのアンケート調査などを実施しており、引き続き、事業の推進に向けて河川管理者として自治体を支援してまいります。

減災に向けた更なる取組の推進では、国において越水・決壊を検知するセンサーの実用化に向けて、那珂川の一部堤防に設置し、試験を行っています（写真4.2.7）。また、危機管理型水位計、簡易型河川監視カメラを決壊箇所や氾濫発生箇所に設置し、出水時の水位や状況を把握できるようにしました。その他、自治体において、洪水からの「逃げ遅れゼロ」に向けた避難時のチェックリストとして活用する「マイ・タイムライン」の作成講習会を国と共同で開催しており、マイ・タイムラインの普及促進や、防災行政無線、防災ラジオなどの活用による情報発信の強化、要配慮者利用施設の避難確保計画作成の促進などにも取組んでいます。

プロジェクトの内容や実施状況について、地域住民の皆様へお知らせするために、定期的に広報誌「久慈川・那珂川だより」（図4.2.9）を発行し、関係自治体へ周知をするとともに、プロジェクトの進捗状況（図4.2.10）と合わせて事務所のHP（<https://www.ktr.mlit.go.jp/hitachi/hitachi00814>）に掲載しています。



写真4.2.7 越水・決壊検知センサー設置状況



図4.2.9 広報誌「久慈川だより」「那珂川だより」

久慈川緊急治水対策プロジェクトの進捗状況

【R3.1月末時点】

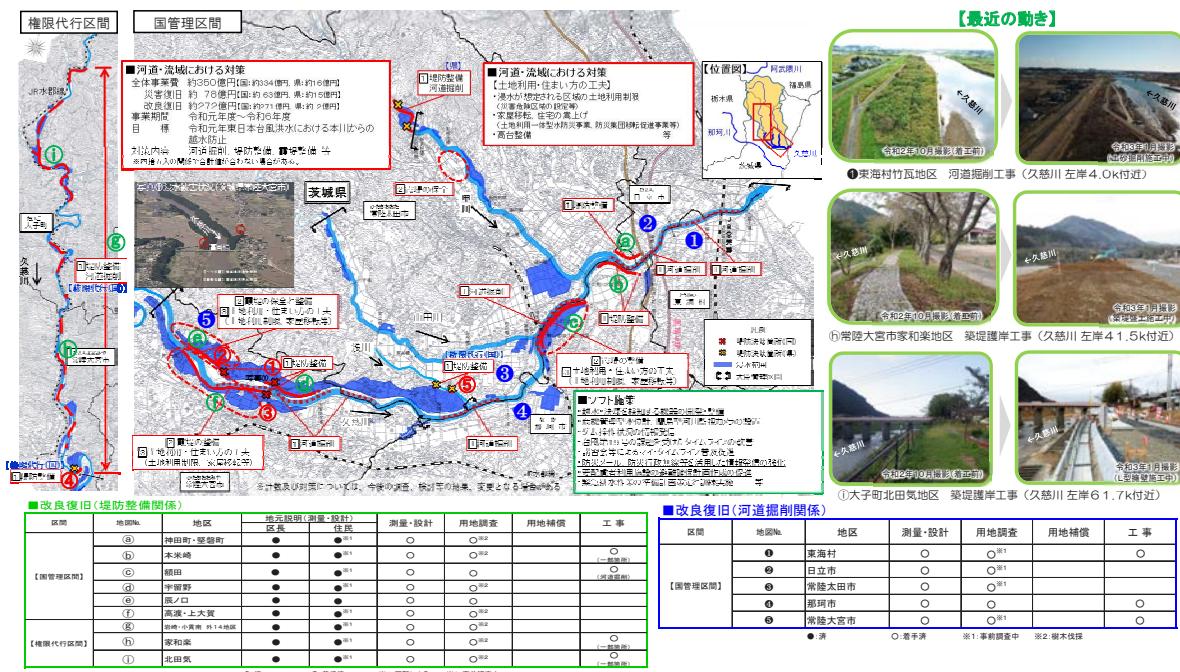


「久慈川緊急治水対策プロジェクト」を進めています。

○国、県、市町村が連携し、以下の取り組みを実施して、
①多重防護治水の推進【河道・流域における対策】

②減災に向けた更なる取組の推進【ソフト施策】

①多重防護治水の推進【河道・流域における対策】
②減災に向けた更なる取組の推進【ソフト施策】
○令和2年度は、築堤箇所の本格的な災害復旧や河道掘削等の改良復旧、堤防の保全・強化、簡易型河川監視カメラの設置、越水・決壟検知機器の開発などを進めていきます。



那珂川緊急治水対策プロジェクトの進捗状況

【R3.1月末時点】



令和元年東日本台風により甚大な被害が発生した那珂川水系において、国、県、市町が連携し、「[那珂川緊急治水対策プロジェクト](#)」を進めています。

○市、県、市町が連携し、次の取り組みを実施していくことで、社会性被災者の最小化を目指します。

①多重防護治水の推進【河川・流域における対策】 **②減災に向けた更なる取組の推進【ソフト施策】**

○令和2年度は、決壟箇所の本格的な災害復旧や河道掘削等の改良復旧、防災集団移転促進事業等、簡易型河川監視カメラの設置、越水・決壟検知機器の導入等、河川・流域の総合的な治水対策を実施します。



図4.2.10 緊急治水対策プロジェクトの進捗状況

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策

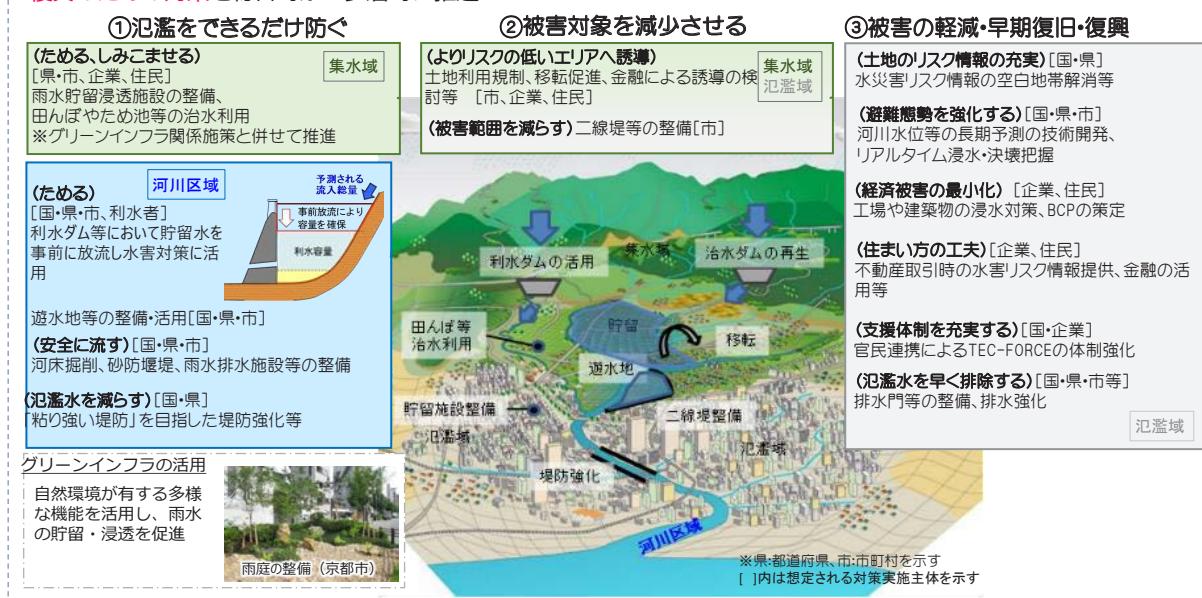
4.2.5 おわりに

全国的にも昨今の気候変動の影響による激甚化する水災害に対して新たな治水の取組が始まっています。河川管理者だけでなく流域に関わるあらゆる関係者が流域全体で取組む「流域治水」への転換が求められています（図4.2.11）。「久慈川・那珂川緊急治水対策プロジェクト」は、「流域治水」の考え方を先駆的に取り入れた新しい取組であり、流域の社会経済被害の最小化のために、自治体をはじめとする各関係機関と連携を図り、水害に強い地域づくりに引き続き取組んでまいります。

- 気候変動による水災害リスクの増大に備えるためには、これまでの河川管理者等の取組だけでなく、流域に関わる関係者が、主体的に取組む社会を構築する必要
- 河川・下水道管理者等による治水に加え、あらゆる関係者※により流域全体で行う「流域治水」へ転換する

※国・都道府県・市町村・企業・住民等

- ・地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策を総合的かつ多層的に推進



出典:「国土交通省防災・減災対策本部(第2回)会議(令和2年7月6日) 資料3 総力戦で挑む防災・減災プロジェクト 主要施策」より抜粋

図4.2.11 あらゆる関係者により流域全体で行う「流域治水」への転換

4.3 AIを用いたダム流入量予測システムの導入による新たな洪水調節操作の取り組み

佐田 朋義（茨城県）

4.3.1 はじめに

4.3.1.1 令和元年東日本台風における県管理ダムの状況

令和元年東日本台風では、東日本を中心に記録的な大雨となり、本県も花園観測所（北茨城市）において観測史上最大の464mm/2日（図4.3.1）を記録しました。

全国146ダムで下流河川への洪水被害を防止するため、洪水を一時的にダムに貯留する洪水調節（図4.3.2左）を行いました。そのうち6ダムでは、洪水を貯留する貯水池内に許容範囲を超える量の水が流入し、設計以上の貯水位となることが見込まれたことから、ダムへの流入量と同程度の水量を放流する異常洪水時防災操作（緊急放流（図4.3.2右））を行いました。

本県においては、水沼ダム（写真4.3.1）及び竜神ダムの2つのダムでこの操作を行うこととなりました。



図4.3.1 降雨線図



写真4.3.1 水沼ダムの放流状況

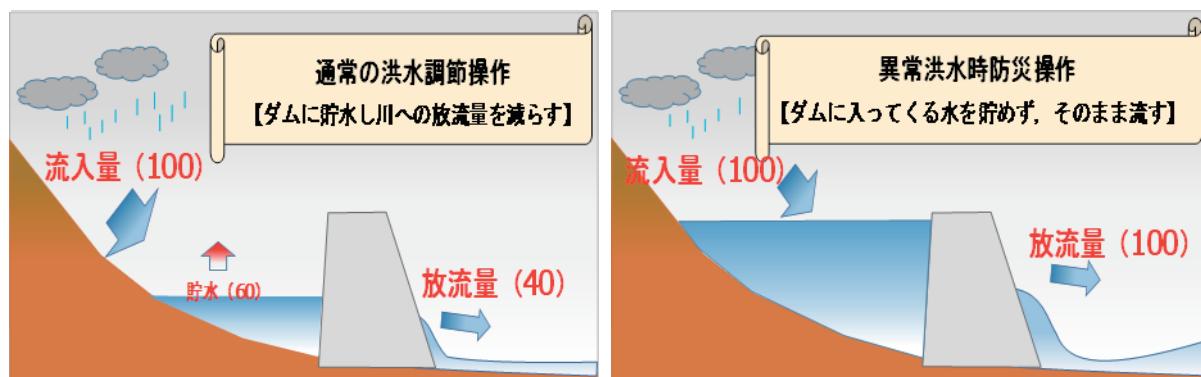


図4.3.2 水調節操作と異常洪水時防災操作（イメージ）

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策

4.3.1.2 洪水時のダムのゲート操作における課題と現状

平成30年7月豪雨では、西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨となり、四国地方では異常洪水時防災操作へ移行したダムの下流で人的被害を含む甚大な被害が発生したことから、洪水時のダムのゲート操作が課題となっていました。令和元年東日本台風では県内2ダムを含む全国6ダムで異常洪水時防災操作を実施したことから、人為的操業により洪水調節を行うダムの操作について全国的に注目を浴びることになりました。

4.3.2 治水協定と事前放流

これらの災害を踏まえ、国によりダムの治水機能を最大限に活用するため、治水目的以外の貯水容量を活用する方針の策定や事前放流ガイドラインの改訂が行われました。それに伴い、県内7つのダムで大雨が予想された場合、あらかじめダムの水位を低下させ、洪水を貯留する容量を確保する「事前放流」を行うこととし、国、ダム管理者及び市町等の水道事業者と治水協定を締結しました。これにより洪水調節に利用できる容量は平均で約2割増加することとなりました。

表4.3.1に治水協定締結による各ダムの諸元を示します。

表4.3.1 ダムの諸元および事前放流による貯留量の増加量

水系	ダム名	目的	流域面積(km ²)	洪水調節容量(万m ³)	治水協定締結後の洪水調節容量(万m ³)	増加量(万m ³)
那珂川水系	藤井川ダム	FNAW	70	375	419	44(12%)
	飯田ダム	FNW	14	113	148	35(31%)
久慈川水系	竜神ダム	FNWI	14	185	275	90(49%)
大北川水系	水沼ダム	FNWI	37	136	166	30(22%)
	小山ダム	FNWI	80	1,370	1,500	130(9%)
花貫川水系	花貫ダム	FNWI	44	175	200	25(14%)
十王川水系	十王ダム	FNWI	38	178	210	32(18%)
合 計			296	2,532	2,918	386(15%)

※F：洪水調節 N：河川の正常な流量の維持 A：灌漑 W：上水道 I：工業用水

4.3.3 AI流入量予測システム

4.3.3.1 AI流入量予測システムの必要性

事前放流を行うには、予測される降雨量からダムへの流入量を把握しなければなりませんが、雨量とダムへの流入量の関係は明確な計算式がなく、これまででは過去の実績による総雨量とダムへの総流入量の相関という単一の指標のみで全体の流入量を予測することしかできませんでした。そのため、雨の降り方によつては、確保した洪水調節容量に大きな過不足が生じる可能性がありました。

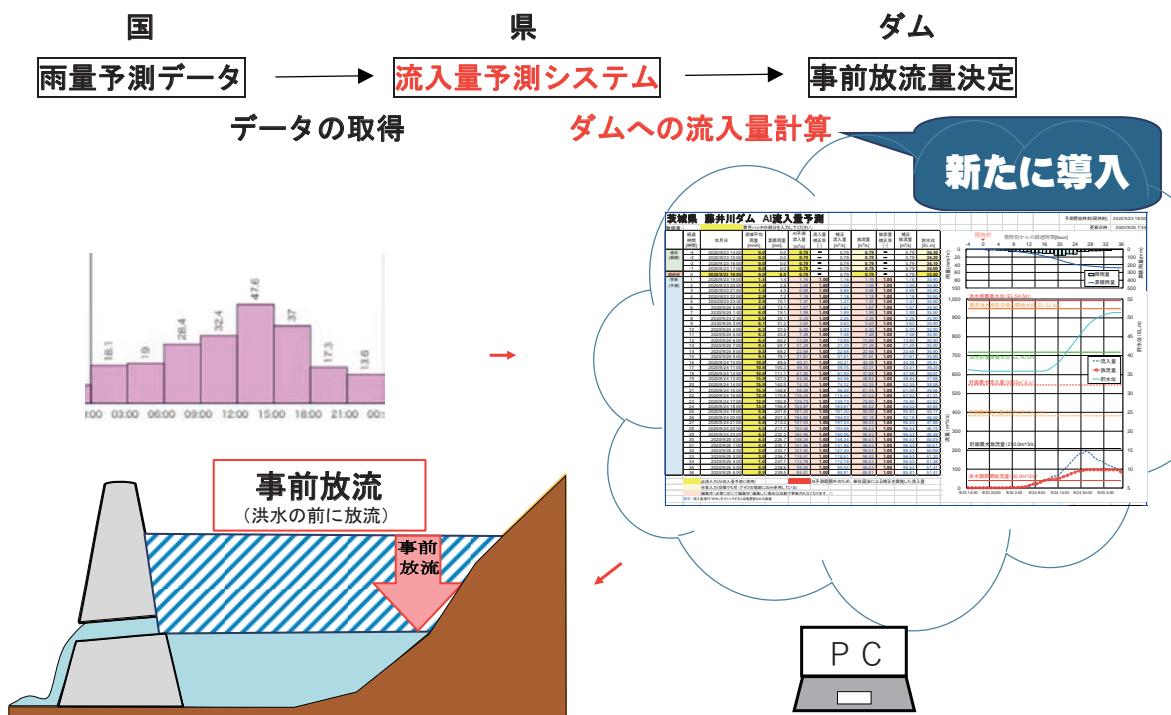
このようなことから、1時間毎のより正確な流入量を把握可能とするため、洪水調整に人為的操業が必要となる県内4つのゲートダム（藤井川ダム、竜神ダム、水沼ダム、花貫ダム）において、AI流入量予測システムを導入しました（図4.3.3）。

4.3.3.2 AI流入量予測システムの概要

対象となるダムへの流入量を算出するため、他県等で実績のあるGRU（ニューラルネットワークを高度化した深層学習の一種）を用いた多層ニューラルネットワークモデルを採用し、ダム建設時から令和元年までの全ての洪水時の一時間毎の雨量と流入量の関係をシステムに学習させました。

4.3.3.3 予測に用いる雨量の入手方法、予測方法

2020年度より国から提供される3日先までの雨量予測データをAI流入量予測システムに入力し、流入量を予測しています。洪水調節に要する容量が不足する見込みとなった場合には、事前放流を実施します。



4.3.4 流入量予測システムの精度検証

流入量予測モデルの精度検証のため、図4.3.4、図4.3.5、図4.3.6の3つの洪水で検証しました。代表して水沼ダムの検証結果を掲載します。

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策

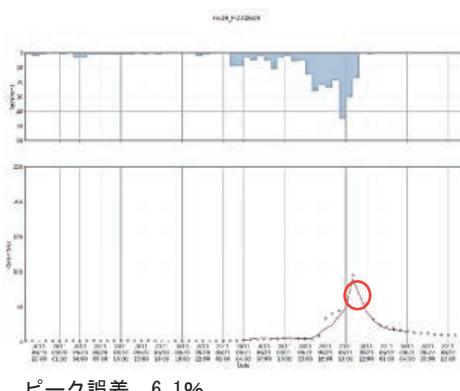


図4.3.4 平均程度の流量かつ一山波形
(2011年9月19日)

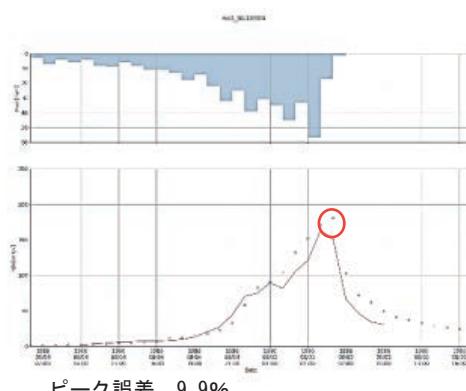


図4.3.5 流量規模が大きい洪水
(1986年8月4日)

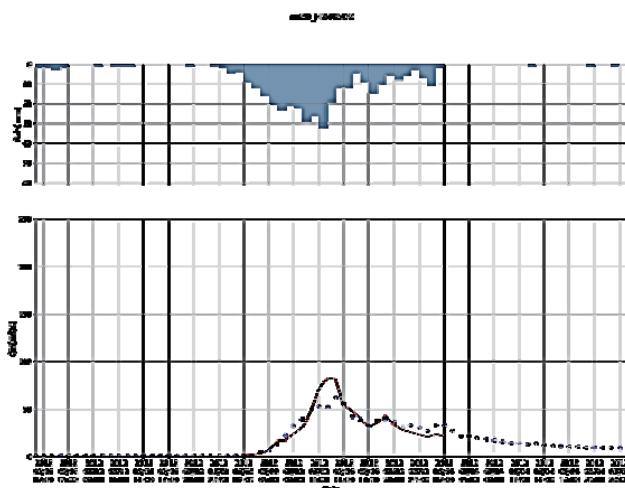


図4.3.6 二山など複雑な波形
(2012年5月2日)

平均的な洪水として抽出した図4.3.4では、洪水の立ち上がり、ピーク流量、洪水低減部は、精度よく再現できています。流量規模が大きい洪水として抽出した図4.3.5では、ピーク流量がやや過小評価となるものの100m³/s程度までの洪水の立ち上がりは、精度よく再現できています。

複雑な流入波形を持つ洪水として抽出した図4.3.6では、ピーク流量がやや過大評価となるものの、洪水の立ち上がり部分や二山以降の洪水波形がよく再現できています。

4.3.5 今後の課題と展開

導入した流入量予測システムの課題として、既往最大の洪水を超過する洪水を適切に予測できない点があります。これは流入量予測システムに用いられている深層学習の特性として、入出力データが学習データの範囲内に含まれていることが想定されており、範囲外のデータについては精度が保証されていないた

めです。

ダムを管理する上では、超過洪水が想定された場合のピーク流入量を算出することも重要であるため、流入量予測システムに既往最大の降雨を超過する降雨量が入力された場合には、各ダムにおける既存の流出モデルで算出される流入量により補正する機能を追加して、既往最大規模を超える洪水にも対応できるものとしています。しかしながら、運用開始後、幸いにも既往最大規模を超える洪水が発生していないため、当該補正の検証までには至っていません。

4.3.6 おわりに

ダムは住民の生命や社会を支える重要なインフラであり、近年頻発化する豪雨に対応した不斷の運用の改善が求められています。

本県のダム下流では、浸水被害が発生した事案がある一方で、流域面積の割に、ダムの貯水容量が少ないダムが多いことから、本システムのような新たな知見をとり入れることで、より効率的かつ効果的な運用を図っていきます。

4.4 茨城大学台風19号災害調査団による情報伝達と避難に関する調査

若月 泰孝（茨城大学）

地球温暖化によって、豪雨のリスクが増大することが予想される中、河川構造物の強化などのハードウェアの対策だけでの水災害の防御には限界があります。そこで重要なのは、早期避難等によって犠牲を減らすソフト対策です。ソフト対策には、河川などの監視の強化と避難に資する災害情報の伝達、避難先の受け入れなどが含まれます。ここでは、災害情報の伝達と避難行動に着目します。日本においては、災害情報の伝達において行政が大きな役割を果たしており、気象庁・国土交通省・茨城県・市町村などがそれぞれ役割分担しながら連携をとって住民の避難を促す活動を行っています。

令和元年東日本台風（台風19号）の水害において、茨城県でも多くの河川で決壊・越水が確認され、水戸市・常陸大宮市・常陸太田市・大子町などの市町村で浸水被害が発生しました。茨城大学台風19号災害調査団は、情報伝達と避難行動について、水戸市と大子町で被災地住民向けのアンケート調査を行い、水害時の住民の情報取得とその背景が避難行動に及ぼす影響を調査しました。水戸市の飯富地区と渡里町の低地の住宅と、大子町の罹災証明発行住宅を対象にポスティングや郵送でアンケートを配布し、水戸市で267世帯（回答率約50%）、大子町で197世帯（回答率45.1%）の回答を得ました。その結果の一部を以下に紹介します。

避難率は比較的高く60%を超えていました。これは、近年の水害や避難に対する関心の高まり、行政等による有効な情報伝達、調査地域が河川の中・下流域に位置していたことなどが影響していたと思われます。情報の種類別に災害情報の取得率と取得した情報が避難のきっかけになるかどうかに着目し、それらが日頃の対策や水害の進展とともにどのように変化するかを分析しました。図4.4.1は、避難のきっかけとなった情報の回答率を示します。近所の声かけや周囲の慌しい様子をきっかけとして避難する人が最も多いことがわかります。また、避難指示や避難勧告をきっかけとしている人も多いことがわかります。続いて多いのが、浸水を確認したことによって避難した人です。避難率自体は高いものの、かなりの人が現

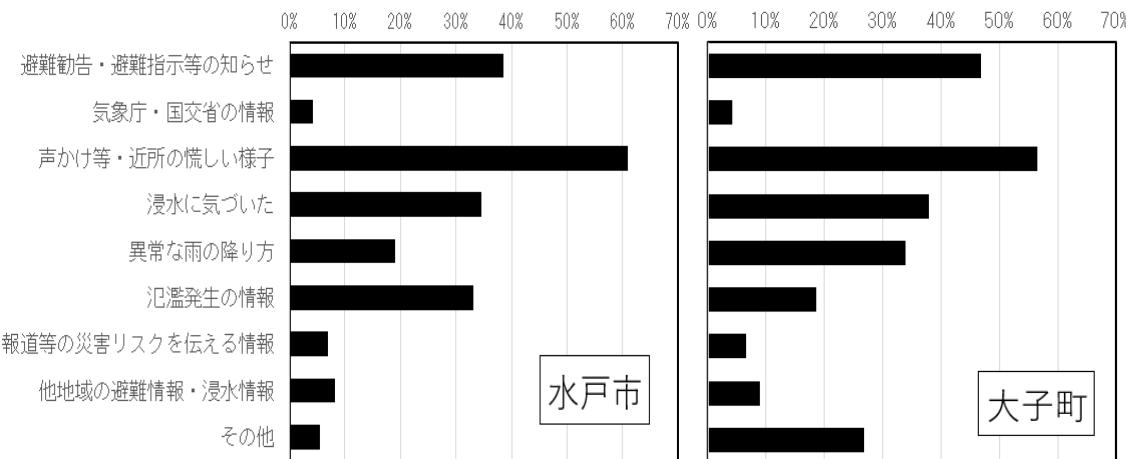


図4.4.1 避難のきっかけとなった情報の回答率

象確認によって避難を決断した実態が見えてきます。取得した情報が避難のきっかけになった割合を調べた結果、避難のタイミングによらず、身近な人の声かけや行政の戸別訪問が高い傾向にありました。これには、主に市町村職員や消防団などからの戸別訪問による避難の呼びかけがなされていたことが大きく影響していました。また、家族や近所の声かけも避難行動を起こすきっかけとして有効でした。直接の声かけは、避難の動機づけとして説得力があるものと思われます。さらに、多くの住民は、様々な情報の取得で避難の判断を模索していたこともわかりました。防災行政無線や防災ラジオなどの情報だけでなく、インターネットを利用してより詳しい情報を求める行動が見えてきました。複数の情報を多角的に受けることで、避難すべきかどうかの判断をしているのです。水害を振り返って、豪雨災害時に行動を決断させるのに有効だと思う情報の回答率を図4.4.2に示します。避難の判断の動機づけとして、呼びかけや声かけを求める意見は非常に多いことがわかりました。また、浸水発生の詳細情報や河川水位の変化の情報などを求める意見も多くありました。図4.4.3に豪雨災害時に避難決断につながる情報の出し方の要望を示します。茨城県の詳細な情報の不確かさがあったとしても、頻繁に出てほしいという要望が高いことが示されました。気象庁の危険度分布情報、国土交通省や県の河川水位情報などの活用が期待されますが、インターネットによる情報取得率は必ずしも十分高いとは言えず、さらなる利便性の向上や普及啓発が必要とされています。一方で、住民の中には、自分は大丈夫と思う人も一定程度いて、そのような人は取得した情報が避難のきっかけになりづらくなっていることもわかつてきました。当然、避難行動も遅れる傾向

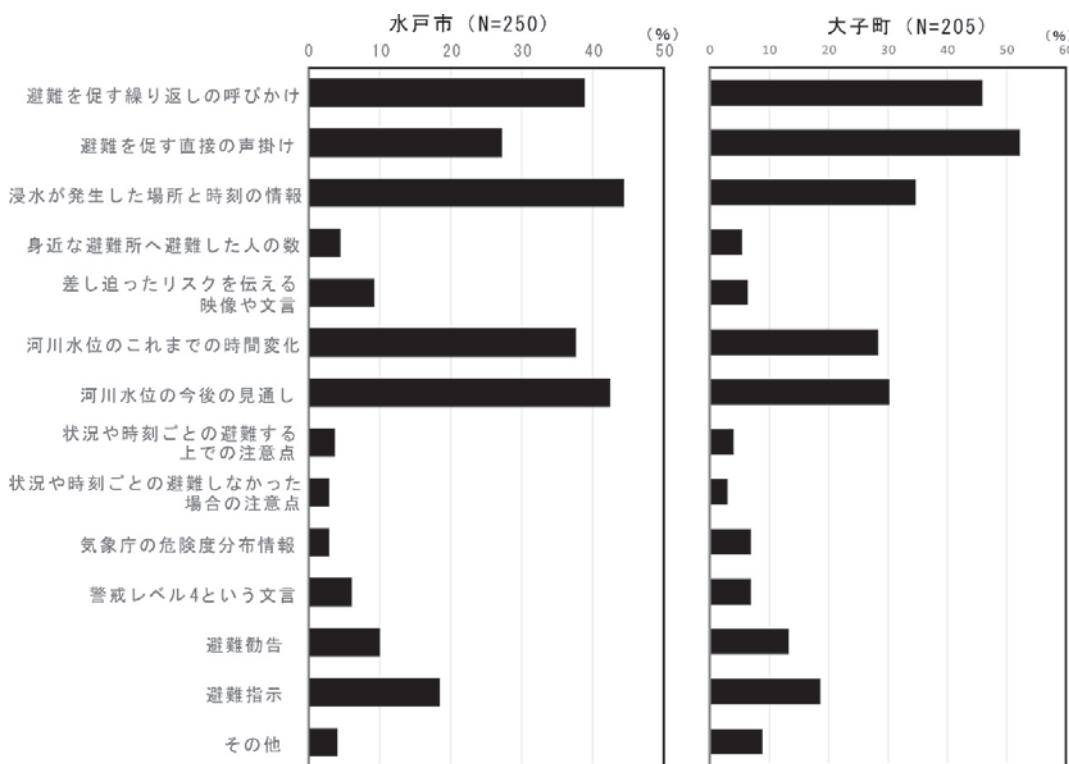


図4.4.2 豪雨災害時に行動を決断させるのに有効だと思う情報の回答率

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策

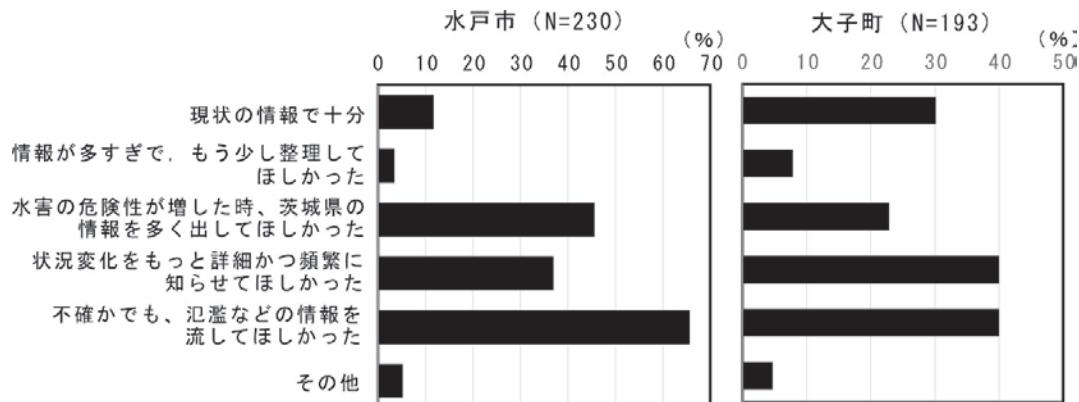


図4.4.3 豪雨災害時に避難決断につながる情報の出し方の要望の回答率

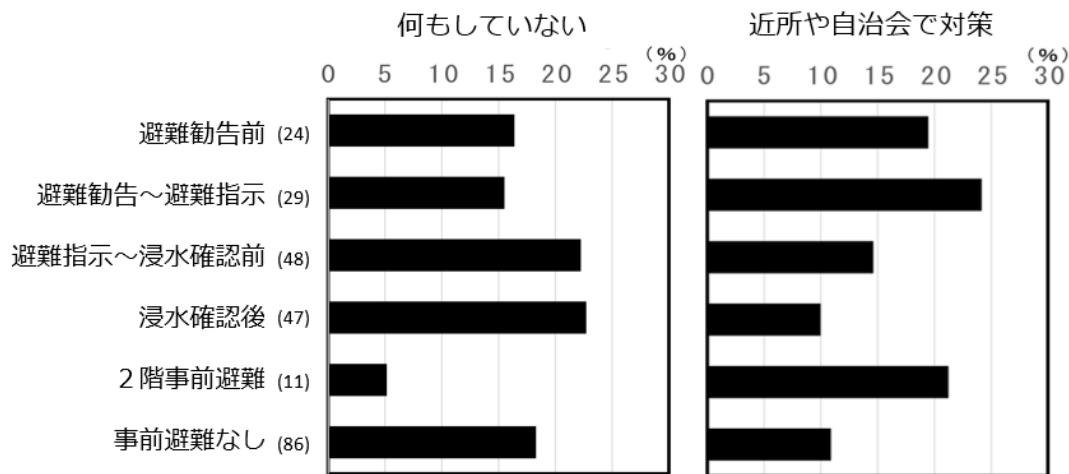


図4.4.4 平時の対策別の、避難行動ごとの対策をとっていた回答者の割合。（ ）は対象回答者数。

にあります。情報発信の工夫や次に述べる平時の対策等を通じて、「自分は大丈夫」から「我がこと」への転換の働きかけが重要になってきます。

過去の水害経験や平時の対策が、避難行動に及ぼす影響についても調査しました。調査結果の分析から過去の水害経験が早期避難につながっていることがわかりました。しかし、水害の程度も過去の経験と照らし合せてしまうため、過去の事例より大きな被害がでてしまった地域などでは、予測を過小評価してしまうことで避難をためらい、避難が遅れる、もしくは避難しなかったケースが多々あることがわかりました。避難判断においては、過去の経験だけにとらわれすぎず、客観的な情報を取得し、ハザードマップなども確認しつつより大きな被害を想定して決断しなければならないことを示唆しています。地球温暖化による豪雨頻度の増加で、過去に経験のない水害はこれからも起こると考えるべきでしょう。

平時の対策において重要なのは、ハザードマップの確認はもちろんのこと、家族などで避難場所や避難経路を確認しておくこと、地域住民で継続的に水害対策について話題にすることです。図4.4.4は、平時

の対策を何もしていない人と、地域で対策をしていた人で、避難行動別の人数の割合がどのように違うかを調べた結果です。地域での対策とは、「近所や自治会等で避難経路や避難場所と一緒に確認している」や「自治会等での避難・防災訓練に参加したことがある」などです。地域で対策を行っている人では、早期避難者の割合が高い傾向にあることがわかります。逆に何も対策をしていない人は、事前避難をしない人の割合が高いことがわかります。このように平時の対策が、水害時の行動に大きく影響を及ぼしていましたが明確となりました。地球温暖化を見据えた避難行動力強化のためには、これらを参考にした平時の対策強化が求められる結果といえます。

4.5 水戸市の水害対策

坪井 正幸（水戸市）・若月 泰孝（茨城大学）

市町村は、災害情報発信の最前線です。例として、気候変動影響を踏まえた水戸市の水害対策（ソフト対策）を紹介します。2019年台風第19号（令和元年東日本台風）により、水戸市においても甚大な被害が発生し、水戸市防災・危機管理課としては、近年の気象環境の変化などに伴い激甚化する豪雨災害の脅威を痛感しました。改めて、市民の命を必ず守るため、河川管理者である国や県に協力いただきながら、ハード・ソフトの両面により各種対策を強化しているところです。避難対策について、被災された方々からの聴取調査、自主防災組織の皆様との意見交換など、多くの市民からご意見をいただき、市民協働による実効性のある避難体制づくりに取り組んでいます。

4.5.1 洪水ハザードマップの改定、配布

市民の方々のさらなる防災意識の啓発のため、洪水ハザードマップを改定し（2020年7月）、浸水想定区域の各世帯に配布するとともに、市ホームページへの掲載やSNSによる発信などを行っています。

4.5.2 マイ・タイムラインの普及啓発

マイ・タイムラインは、防災行動のチェックリストとして、また避難判断の支援ツールとして活用することにより、逃げ遅れゼロに向けた効果が期待されています。改定した洪水ハザードマップに、マイ・タイムラインを書き込めるスペースを設けるとともに、子どもたちにも容易に作成できる資料となるよう、解説や記載例を追記しました。ハザードマップの配布とともに普及、啓発を図るほか、地域の防災訓練や研修会、さらには、個別説明などにおいて、ハザードマップを活用したマイ・タイムラインの作成支援を行うとともに、災害対応に有効となる防災情報の入手方法、避難方法などの普及啓発に努めています。

※マイ・タイムライン：国土交通省WEBサイト

<https://www.ktr.mlit.go.jp/river/bousai/index00000043.html>

4.5.3 防災ラジオの普及

水戸市では、防災行政無線による情報伝達のほか、浸水想定区域や土砂災害警戒区域等の災害リスクの高い地域に確実に避難情報等を伝達するため、FMばるるんと連携し、緊急時に自動で電源が入り、屋内でも情報を入手できる防災ラジオを導入しています。台風第19号の対応においても効果を発揮したところであり、情報伝達の強化を図るため、一層の普及に努めています。

4.5.4 避難指示の伝達強化

自主防災組織の方々との意見交換や被災された方などへの聴取調査、茨城大学などと連携して行ったアンケート調査の中間結果等を踏まえ、よりわかりやすく情報を伝えるため、避難指示の発令時などにおい

て、避難を呼びかける言葉とともに、緊急性を伝えるため防災行政無線によりサイレンを鳴らすこととしました。水害を想定した防災訓練を9月1日に実施した中で、サイレン放送について市民の皆様に確認していただき、有用性を検証したところです。

4.5.5 避難行動要支援者の避難支援

水戸市では、東日本大震災の教訓を踏まえて改正された災害対策基本法に基づき、災害時に支援が必要な方の名簿を作成しています（名簿掲載者数 3,816名 2021年2月15日時点）。名簿に登録された方には、防災ラジオを無償貸与し、防災ラジオにより、台風や河川の状況とともに、避難勧告や避難指示の情報、市民の方々がとるべき行動、開設している避難所の情報などをお伝えしています。あわせて、災害時には、職員が電話するほか、支援者がご自宅を訪問するなど、安否確認や避難所までの移動支援を行なっています。台風第19号の際にも、浸水想定区域内の避難行動要支援者588名の方、一人一人に電話連絡をするなど、安否確認や避難誘導を行いました。そして、移動手段のない185名の方やその御家族の方などについては、市職員や社会福祉協議会、県ハイヤー・タクシー協会のご協力を得て、避難所に搬送しました。

4.5.6 避難確保計画の作成支援

水防法及び土砂災害防止法が2017年6月に改正され、要配慮者が利用する施設の所有者または管理者については、洪水・土砂災害における防災体制や訓練の実施に関する事項を定めた「避難確保計画」を作成し、各市町村長に届け出る義務が課されることとなりました。水戸市では、説明会を実施するとともに、計画のひな型を作成し、提供するほか、新規に建設される施設について訪問して説明を行うなど、計画作成の支援に努めています。水戸市にある河川の洪水浸水想定区域に含まれる施設については、作成率は100%となっています。

4.5.7 避難場所の確保

4.5.7.1 洪水時緊急避難所の追加指定

洪水時緊急避難所は、市内で洪水が発生したとき、または発生する恐れがあるとき、さらには、水戸市の所有する避難施設において、避難者の収容人員を超えるなど、受入れが困難な場合に開設する避難所です。茨城大学、水戸第一高等学校、JAグループ茨城教育センターなど、9か所の緊急避難所に加え、水戸第二高等学校、茨城大学附属小学校の2か所を新たに指定しました。

4.5.7.2 ホテル・旅館の確保

34の施設が加盟している茨城県ホテル・旅館生活衛生同業組合水戸支部と、災害時における宿泊施設の提供に関する協定を締結し、避難者の収容人員を超える場合などに、宿泊施設を緊急避難所として使用することについて協力体制を構築しました。

4. 茨城県の河川対策の現状と適応策

4.5.8 新たな洪水予測システム開発への参加

新たな洪水予測システムを開発している東京大学と宇宙航空研究開発機構（JAXA）のチームに、水戸市が実証研究の立場として加わり、試験的に最大39時間先までの洪水リスクの予測情報の提供を受けています。既に、最新情報を確認できる環境が整っており、今後、台風が発生したときには、国や県からの様々な情報に加え、本システムから得られる情報も参考にしながら、避難対策の強化につなげていきたいと考えています。

4.5.9 洪水時における地域間の連携協力

水戸市住みよいまちづくり推進協議会（自主防災組織（34地区会））と水戸市は、想定最大規模の洪水が発生した場合に、近助、共助の精神の下、洪水浸水想定区域内の16地区会に、区域外の18の地区（当初16地区）が迅速かつ円滑に応援できるよう、あらかじめ連携する地区的組み合わせや要請時のルールなどを定めた協定を2017年8月に締結しました。そして、地域間の連携について理解を深め、実効性のある協力体制を構築するため、説明会等も実施し、日頃からの備えとして、連携する地区会の防災訓練への参加などについてお願いしています。台風第19号の際にも、飯富地区の避難所運営が長期化したため、各地区的女性会や女性防火クラブなどご協力により炊き出しを実施し、温かい食事を提供していただきました。

4.6 ソフト対策における研究機関・大学・行政・地域連携と取り組み

若月 泰孝（茨城大学）・臼田 裕一郎（防災科学技術研究所）

水害対策においては、行政間連携が大変重要になってきます。これに加えて、研究機関や大学などが、災害情報伝達の仕組みを研究・開発し、これを地域行政の水害対策に実装する試みがなされています。水害対策は非常に多角的であるため各専門分野で知見を積み上げられていますが、これに加え、各地域（県単位）で連携して知見を積み上げたり、実装したりしていくことも重要になってきます。

国立研究開発法人防災科学技術研究所は、茨城県と連携し、都道府県としては全国初となるLINEを活用した防災チャットボットを利用した災害対応訓練を、2019年7月5日に実施しました。訓練では、台風による風水害と土砂災害の想定の下、一般市民役の県下11市担当者が実際にLINEを立ち上げ、防災チャットボットを通じた災害情報の投稿を実施しました。県災害対策本部職員はSNSに投稿された情報を、最先端の技術を活用したシステムを使って整理し対応しました。また、防災科学技術研究所は、AIを活用した災害時の避難勧告・指示等発令の市町村支援システム開発のために、茨城県常総市をモデル自治体に実証実験を開始しました（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）※第2期課題『国家レジリエンス（防災・減災）の強化』におけるテーマVII「市町村災害対応統合システム開発」）。防災科学技術研究所は、常総市での地区防災計画づくりなどにも協力しています。

茨城大学も、平成27年関東・東北豪雨調査団、令和元年台風19号災害調査団等を立ち上げて、行政機関と連携して調査を行いました。また、過去3回、茨城豪雨災害対策ワークショップ（豪雨災害に関する情報交換会（茨城））を主宰し、活発な議論によって、茨城県内の研究機関と地域行政機関の問題意識の共有を図ってきました。その中では、自主防災組織の活動によって水害対策に積極的に取り組んでいる常総市根新田地区の事例などの紹介も受けながら、先駆的事例や知見の共有にも取り組んでいます。

このような活動の継続的な実施が、数年もしくは数十年に1度しか発生しない突発的な水害時における、実践的な効果にもつながっていくと思われます。

5

茨城県の沿岸災害の現状と適応策

5.1 茨城沿岸海岸保全基本計画

松浦 健郎・小嶋 崇央・横山 耕平（茨城県）

5.1.1 茨城沿岸の現況と課題

茨城県の海岸は、太平洋に面し、ほぼ南北方向に伸びた延長約194kmの海岸線を有しています（図5.1.1）。

海岸線の様相は、一級河川那珂川を境に大きく異なり、北部域は、切り立った断崖と岩礁が続き、その間に砂浜が点在するなど、変化に富んだ優れた景観を持つ海岸です。この沿岸には、大津漁港、那珂湊漁港のほか、北関東地域の物流やエネルギー供給の拠点となっている茨城港の日立港区や常陸那珂港区などがあります。

一方、南部域は、通称「鹿島灘海岸」と呼ばれる単調で長大な砂浜が続く海岸となっており、この沿岸には、カーフェリー基地の茨城港大洗港区や鹿島臨海工業地帯を支える鹿島港、まき網漁業の基地である波崎漁港があります。そして、この沿岸域の低平地や海食崖上には、多くの人口や資産、社会資本等が集積しています。

海岸は、地震や台風、冬季風浪等の厳しい自然条件にさらされており、津波、高潮、波浪等による災害や海岸侵食等に対して脆弱な面があります。このため、海岸の背後に集中している人命や財産を災害から守るとともに国土の保全を図るために海岸整備を進めてきました。

しかし、近年は、2011年の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）の甚大な地震・津波被害をはじめ、これまでに経験したことのない異常な高潮や高波が頻繁に発生し、堤防などの海岸保全施設が広域かつ大規模に被災する傾向にあります（写真5.1.1）。

また、1980年代以降、河川からの土砂供給の減少や沿岸の大規模構造物による沿岸漂砂の不均衡、東日本大震災に伴う地盤沈下など、様々な要因から砂浜の減少や海食崖の侵食が顕著となり、海岸線の後退が進行しています。



図5.1.1 茨城沿岸

さらに、既存の海岸保全施設の老朽化が懸念されているほか、大規模な海溝型地震による津波の発生や気候変動の影響による平均海面水位の上昇など、今後、沿岸防災を取り巻く状況は益々厳しくなることが危惧されています。



写真5.1.1 越波状況 (小木津地区海岸 日立市 2006年10月撮影)

5.1.2 茨城沿岸の近年の海象状況

[潮位]

1980年(昭和55年)～2009年(平成21年)の約30年間に茨城港大洗港区で観測された潮位データ(図5.1.2)によると、朔望平均満潮位の実測平均値は、東京湾平均海面(T.P.)+0.59mとなっていますが、直近5年間の平均値ではT.P.+0.64mを記録しており、30年間平均値を5cm程度上回っています。

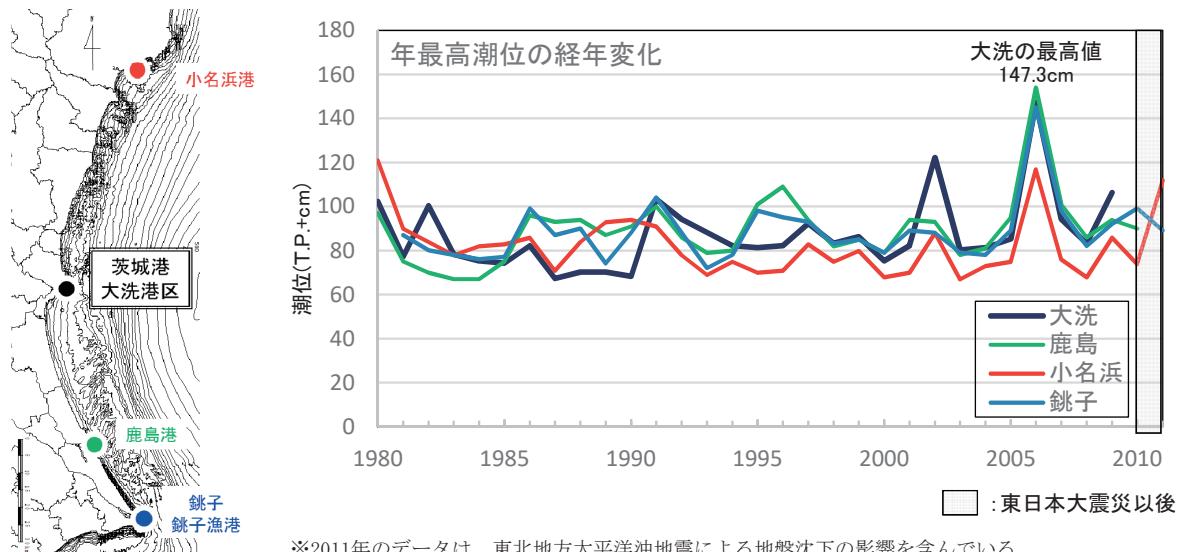


図5.1.2 茨城沿岸周辺の年最高潮位の経年変化 (1980～2011年)

5. 茨城県の沿岸災害の現状と適応策

また、既往最高潮位は、2006年10月7日に本州東方沖の海上で発達した大型低気圧の通過に伴って観測されたT.P.+1.47mとなっています。この時に記録した高潮（潮位偏差）は77cmとなり、その高潮状態が1日程度継続する特異な現象でした。

最近の平均潮位値は、上昇を示していますが、明確な傾向とは認められません。しかし、60cmを超える高潮が高頻度で生じていることから、今後も長期的な傾向を把握していく必要があります。

【波浪】

1980年～2010年の30年間に茨城港常陸那珂港区で観測された波浪データ（図5.1.3）によると、波向は北北東（NNE）～南南東（SSE）の7方向に分布し、有義波高5m以上の高波は東北東（ENE）～東南東（ESE）の3方向に卓越していました。また、直近10年間では有義波高6m以上が増えており、近年の高波の高頻度化が懸念されています。

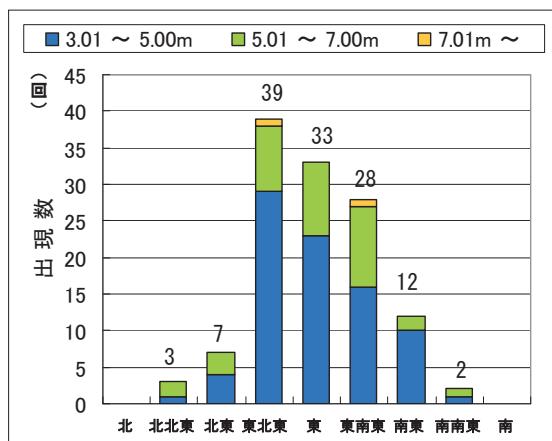


図5.1.3 茨城港常陸那珂港区
波高別高波の出現頻度(1980～2010年)

5.1.3 「茨城沿岸海岸保全基本計画」の概要

「美しく、安全で、いきいきした海岸」を次世代へ継承していくことを基本理念とした海岸法により国が定めた「海岸保全基本方針」に基づき、都道府県知事は海岸の保全に関する事項や海岸保全施設の整備に関する事項などを記載した「海岸保全基本計画」を定めることとなっています。

茨城県は、2004年に初版となる「茨城沿岸海岸保全基本計画」を策定しました。その後、2014年に東日本大震災の教訓を踏まえた今後の海岸保全のあり方や海岸保全施設の適切な維持管理の推進を定めた海岸法が改正され、併せて「海岸保全基本方針」も変更されたことから、2016年に現在の「茨城沿岸海岸保全基本計画」に改訂しました（図5.1.4）。

海岸保全基本計画には、茨城沿岸を取り巻く状況を踏まえ、地域の特性を活かした「防護」「環境」「利用」のバランスの取れた海岸の保全、整備に取り組んでいくため、「茨城沿岸のあるべき姿と保全の方向」を定めるとともに、地域の特性などにより区分した84の地区海岸毎に取り組みの方向と整備方針を示しています。



図5.1.4 茨城沿岸海岸
保全基本計画

5.1.4 海岸の保全に関する基本的な事項

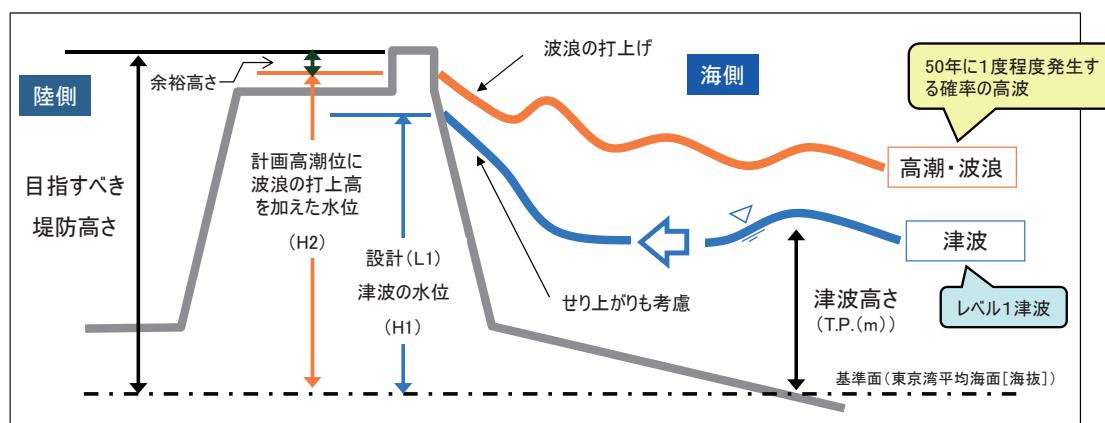
茨城県の海岸では、近年、高潮・高波による被害が発生している地域や、砂浜や海食崖の侵食が進む地域が増えています。また、近い将来、東日本大震災のような大規模地震による津波が再び生じる可能性も

あります。

このため、茨城沿岸全体の「防護水準（表5.1.1）」を示すとともに、海岸保全施設を設計する上で基本となる津波、高潮、波浪の「計画外力諸元」と「目指すべき堤防高」を定めています（図5.1.5）。

表5.1.1 茨城沿岸の防護水準

対象	防護水準
津波	設計津波（発生頻度は高く（数十年から百数十年の頻度）、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波＝レベル1津波）に対して防護する。 なお、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（レベル2津波）に対しては、住民等の生命を守ることを最優先とし、住民等の避難を軸に、とりうる手段を尽くした総合的な対策を確立していく。
高潮・波浪	想定される高潮位に50年確率波浪の影響を加えた高さに対して防護する。
侵食	砂浜海岸にあっては、想定される高潮位に50年確率波浪の影響を加えた高さに対して背後地の防護に必要な砂浜を確保、維持する。 崖海岸にあっては、崖上の住居、幹線道路等の守るべき資産の安全を確保する。



$$\begin{array}{c}
 \text{L1津波(H1)} \quad \text{比較} \quad 3.3 \sim 4.2\text{m} \\
 \text{高潮・波浪(H2)} \quad \text{4.0} \sim 6.4\text{m} \\
 \end{array}
 \left. \begin{array}{c}
 \text{高い方の高さ} \\
 \text{神栖市の一部以外は} \\
 \text{高潮・波浪の方が高い}
 \end{array} \right\} + \text{余裕高} \quad (約1m程度) = \text{目標すべき堤防高} \quad (T.P.+5.0\sim8.0\text{m})$$

図5.1.5 目指すべき堤防高の設定手順

その他、防護目標を達成するために実施する施策として、(1) 津波・高潮対策、(2) 侵食対策、(3) 海岸保全施設の整備、(4) 海岸保全に関する基礎的データの取得、蓄積、(5) 海岸保全事業の計画を具体的かつ明確に示しています。

5. 茨城県の沿岸災害の現状と適応策

5.1.5 海岸保全の進め方

茨城県では、東日本大震災の教訓や近年の高潮・高波の頻発化・激甚化を踏まえ、背後に住宅や幹線道路、地域産業等が集積する海岸を中心に堤防の嵩上げや新たな防護ライン（防潮堤）の整備を進めています（写真5.1.2）。

併せて、砂浜が侵食されている海岸では、沿岸域での土砂管理が重要であることから、各関係機関と連携して積極的にサンドリサイクルやサンドバイパスに取り組むとともに、より効果的な手法による養浜を行っています。

また、海岸保全施設の老朽化対策については、所要の機能を確保するため、各施設の点検を実施し、構造、修繕履歴、健全度（老朽化）の状況および砂浜や周辺地形の変化等を勘案した長寿命化計画を作成し、予防保全の考え方に基づいた維持管理を行っています。

さらに、今後の気候変動を踏まえ、平均海面水位の上昇や台風の強大化など、超過外力の来襲による被害の発生を前提としたレジリエントな防災のあり方について、検討を進める必要があると考えています。



写真5.1.2 海岸保全施設の整備状況

（左：下桜井地区海岸 北茨城市 2017年2月撮影、右：大洗港区海岸 大洗町 2018年9月撮影）

5.1.6 「茨城沿岸海岸保全基本計画」の改訂に向けて

農林水産省と国土交通省は、海岸保全を過去のデータに基づきつつ、気候変動による影響を明示的に考慮した対策に転換するため、2020年11月に「海岸保全基本方針」を変更しました（農林水産省・国土交通省、2020）。今後は、この新たな方針に基づいて「茨城沿岸海岸保全基本計画」を改訂していく予定です。

参考文献

茨城県（2016）「茨城沿岸海岸保全基本計画」、2016年3月。

農林水産省・国土交通省（2020）「海岸保全区域等に係る海岸の保全に関する基本的な方針」、2020年11月。

5.2 海象変化予測と適応策

武若 聰（筑波大学）

5.2.1 茨城県の砂浜

茨城県には44市町村（32市10町2村）があり、その内9市町村（7市1町1村）が延長約190 kmの沿岸域にあります（写真5.2.1、表5.2.1）。海辺の象徴の一つが砂浜で、それぞれの沿岸市町村に特徴のある砂浜があります。北部（北茨城～ひたちなか）の砂浜の多くは崖により区切られており、海辺に立つと砂浜と岬を同時に眺めることができ変化に富んでいます。一方、南部（大洗～神栖）には鹿島灘に面する長い砂浜があります。風景は単調なものの雄大です。かつては自然状態で一続きの砂浜であった鹿島灘は、現在では鹿島港により南北に分断されています。

茨城沿岸にある一級河川は、北から久慈川、那珂川、利根川です。現在の利根川の姿は江戸時代に行われた利根川東遷によるもので、かつては東京湾に流入していました。重要港湾は茨城港（日立港区、常陸那珂港区、大洗港区）と鹿島港で、それが長い防波堤により泊地が守られています。これらの重要港湾は工業生産、流通、交通など茨城県の経済と生活を支える重要な役割を果たしています。

表5.2.1 各市町村の砂浜延長*

市町村名	砂浜延長 [km]	
北茨城	11	
高萩	5	
日立	16	
東海	4	
ひたちなか	3	
大洗	7	鹿島灘 北部
鉾田	20	
鹿嶋	14	
神栖	16	南部
計	96	

*著者が航空写真等から読み取った結果

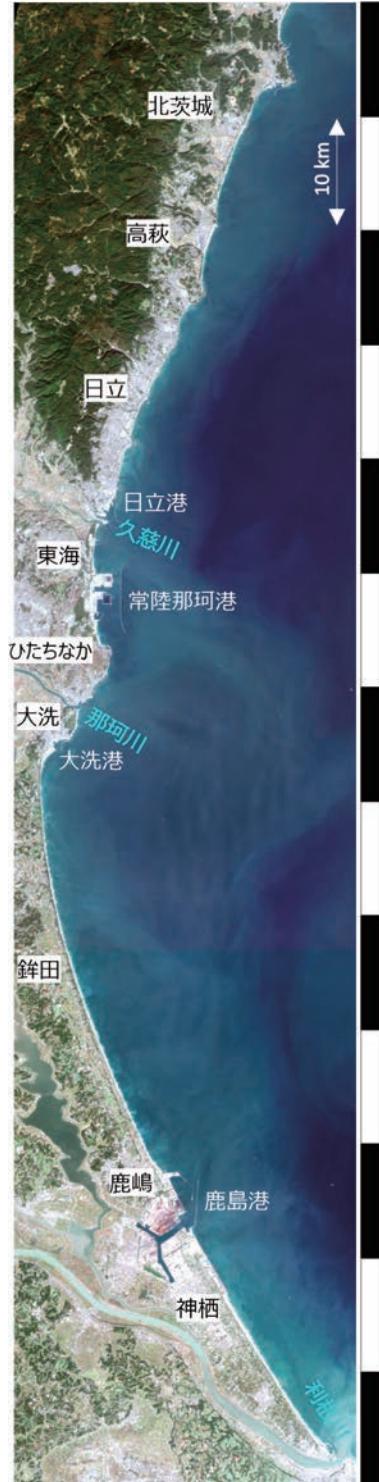


写真5.2.1 茨城沿岸
(Sentinel 2: 2019/11/01)

5. 茨城県の沿岸災害の現状と適応策

5.2.2 砂浜の侵食

茨城沿岸の砂浜は侵食で悩んでいるところが多くあります。砂浜は海辺らしさを象徴するだけでなく、来襲する波を徐々に減衰させるという防災の機能、魚貝類に生息場を提供するという機能も持ち合わせており、その保全は重要な課題です。

海岸侵食は、第二次世界大戦後の社会の発展と共に顕在化し、長い年月をかけて進行していました。その原因については概ね整理がついており（宇多, 2004）、茨城沿岸に関連するものとしては、流域の開発による河川から海域への土砂供給減少、海岸崖の崩落保全、海域の港湾、構造物の設置による土

砂移動の阻害などがあげられます。いずれも、現在の社会活動、経済活動を支える営為に関連するもので、簡単に解決策を見つけられない点にこの問題の困難さがあります。

侵食の対策は、砂が移動する範囲（陸域の流砂系と海域の漂砂系）全体で考える必要があります。しかしながら、実際には局所での対策である海岸構造物（離岸堤、護岸、突堤・ヘッドランド等）の設置、不足している砂を補給する養浜等がかなりのコストをかけて行われています。

[離岸堤]

高萩市の有明海岸に設置されている9基の離岸堤が写真5.2.2です。離岸堤は海岸線に平行に設置し、波を大きく減衰させ、静穏となった背後に砂を効果的に留めることができます。侵食で砂浜幅が狭くなり、背後地への波当たりが厳しくなった海岸では有効な対策となります。一方、岸辺から沖合への眺望を妨げて景観を悪くする（写真5.2.2の離岸堤の海に沿っての長さは約140 m）、砂浜の形状が波状になるといったデメリットもあります。

[ヘッドランド]

ヘッドランドは鹿島灘の北部に1985年より連続的に設置され、沿岸方向を移動する砂を制御して侵食を防ごうとするものです。ヘッドランド間の間隔は約1 kmであり、ここに緩やかに湾曲した砂浜が形成されます（写真5.2.3）。



表5.2.2 砂浜の消長に関する要因と気候変動に伴う変化

要因	砂浜との関連
潮汐	<ul style="list-style-type: none"> ●日々の海面上昇下降の際に潮汐流が発生し、土砂の移動が生じている。一日の移動量は大きくなっているが、長期間にわたる蓄積は無視できない場合もある。 ●潮汐は気候変動による影響を受けないとされている。
海面上昇	<ul style="list-style-type: none"> ●海面の高さは、陸域と海域の境目を定める根本的な要因である。 ●気候変動により、海面の高さは上昇することが予想されており、その高さはRCP 8.5 シナリオで21世紀末に0.7 m程度である。 ●砂浜の場合、海水が単に海浜面に沿って上昇することにより水際位置が後退するだけでなく、砂浜自身が変形することにより一層の後退が生じる可能性がある。
波浪	<ul style="list-style-type: none"> ●波浪は砂浜の土砂移動をもたらす最も大きな要因である。荒天時の高波により、土砂は岸冲方向と沿岸方向に移動する。沖合の深い領域への土砂移動、沿岸方向の一方的な土砂移動は侵食の要因である。 ●将来の茨城沿岸の波浪は、平均的には現在とほぼ同じ状況になると予測されているものの、台風に伴う極端な高波の出現の増加が懸念されている。波浪の予測については不確実な点が多い。
河川出水	<ul style="list-style-type: none"> ●砂浜を構成する砂粒は河川出水の際に流域から供給される。治水対策、土地利用などの進展により、流域から海域への土砂供給は原自然の時に比較して減少している。 ●気候変動により河川の出水が大きくなると予想されているが、これに伴い土砂供給が増すか否かについての予測結果は無い。

注：●は現状について、●は将来についての説明

[養浜]

茨城沿岸には侵食で困っている海岸が多くある一方、港湾の周辺で砂が過剰に堆積しているところもあります。このように堆積した土砂や河道掘削をした砂を不足している海岸に運んで投入するのが養浜です。元々あった砂と同じ粒径の砂を入れることが理想的ですが、侵食が生じる根本要因を取り除けない場合、投入した砂はいずれ失われてしまいます。この場合、養浜を何回も行う必要があり、コストの面から養浜事業を継続する難しさがあります。

5.2.3 将来の砂浜

気候変動による影響は砂浜にも現れると予想されています。砂浜の消長に関する項目を表5.2.2に示します。ある砂浜に着目した場合、そこに移動して流入する砂が、沖合と砂浜外に流出する砂と均衡すれば、砂浜は安定的に存在します。

海域への砂の流入は、河川の出水時の土砂輸送、海岸崖の崩壊によりもたらされます。気候変動により、雨と出水の増加が予想されており、海域に供給される土砂が増えることが期待されます。

砂の流出は、大きな波の来襲による沖合の深い領域への土砂移動と沿岸方向への移動により発生します。また、海面の高さも砂の沖合方向への移動に大きな影響を与えます。気候変動に伴い、茨城沿岸の波と海面の高さには変化が生じる可能性があり、これによる侵食の激化が心配されています。砂浜では、海水が

5. 茨城県の沿岸災害の現状と適応策

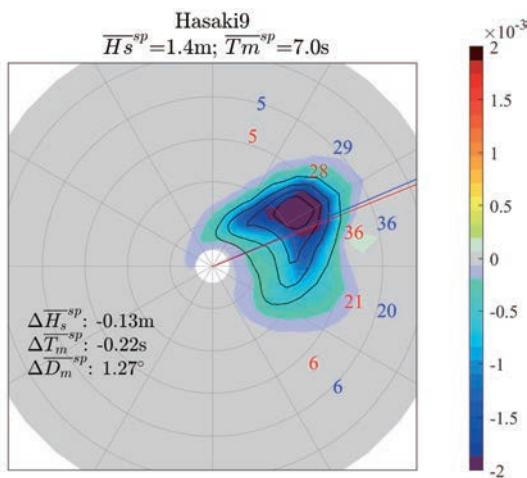


図5.2.1 鹿島港付近の波浪方向スペクトル

茨城沿岸では、夏に南寄りの波が、冬に北寄りの波が来襲する。等値線が現在のスペクトル、カラーセンターが予測値（RCP8.5）。志村・森（2019）

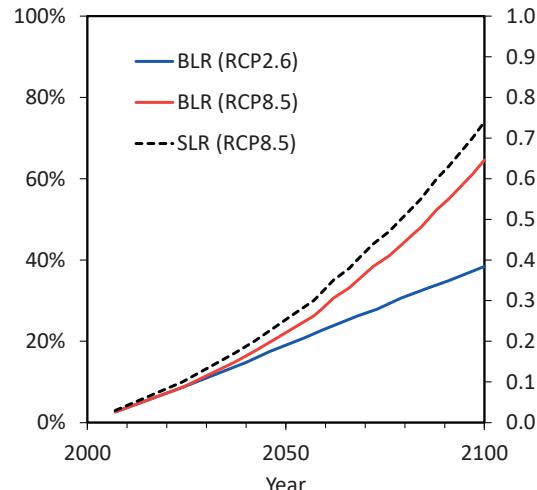


図5.2.2 茨城沿岸の砂浜消失の予測

茨城沿岸の平均砂浜幅82.4 mに対して、海面上昇（SLR）があった場合の消失率（BLR）をBruun則により予測した結果。有働・武田（2014）

単に海浜面に沿って上昇することにより水際位置が後退するだけでなく、砂浜自身が変形することにより一層の後退が生じる可能性があります。

[茨城沿岸の波浪の変化予測]

図5.2.1に鹿島港付近の現在の波浪と将来の予測を示します。これは、海上の風を解析することにより得られた結果で、現在の平均的な波の高さは1.4 m、周期は7.0 s、入射角（北方から時計回り）は66.8°、これがRCP8.5に基づく予測では1.3 m、6.8 s、68.0°になるとされています。平均的には、沿岸に到達する波は小さくなり、また、北寄り波が減る予想です。北寄りと南寄りの波の割合が変化し、沿岸方向の土砂移動に変化が生じる可能性があります。大きな波をもたらす台風は、全体の数が減るもの、規模が大きいものの発生増加が予想されています。

[茨城沿岸の砂浜の変化予測]

図5.2.2にBruun則という考え方に基づき予測した砂浜消失率を示します。波浪、海浜砂の粒径等は現在と同じ状況を想定し、氷床の融解、海水膨張などにより海面上昇があった場合（RCP8.5で2050年に約0.3 mの上昇）にどの程度水際が後退するかが予測されています（RCP8.5で2050年に約25%の消失）。現在でも侵食で悩んでいる海岸が多い中、さらに侵食が加速すると予測されています。

[砂浜に関する対策]

現在でも海岸侵食への対策は行われていますが、その根本要因への対処が難しく、効果が限定的となっている場合が見受けられます。現状の局所的な対応（海岸構造物の設置、養浜）は非常にコストが高く、これを一層推し進め継続することについては、関係者の間で疑問が持たれることがあります。抜本的な対策は流域と海域の土砂移動の連続性を確保することですが、これには様々な要素技術の開発（流域から海域への土砂供給と沿岸に沿った土砂移動の促進など）、様々なセクター間（河川、港湾の管理者など）の

連携が必要です。また、実施できた場合にも、効果が現れるまでに長い時間がかかることが予想され、非常にチャレンジングな課題です。

沿岸の一部では人口減が進み、海岸背後地の土地利用が放棄されることも考えられます。こういった地域では従来とは異なる海岸防護があるかもしれません。最も極端なのは、水際位置を保持することを諦め、陸域の消失を認めることです。この場合、海面上昇、波浪の変化、土砂供給の不足等を見込み、どこまで水際位置が後退するかを予測する技術が必要になります。

茨城沿岸の調査研究

茨城県には海に関する調査研究を行っている試験・研究機関が多数あり、多くの目で沿岸を見守つてゆける恵まれた状況にあります。水産試験所は沿岸漁業のための水産情報を収集しています。国土技術政策総合研究所ではヘッドランド設計の際に様々な検討が行われました。水産技術研究所は鹿島灘の名物ハマグリについて調査研究を継続的に行ってています。港湾空港技術研究所は波崎海岸の観測桟橋で砂浜に関する世界的な研究成果をあげています。茨城大学、筑波大学では茨城沿岸の防災、砂浜の動向などについて各機関と協力して研究を進めています。

- 茨城県 水産試験場
- 国土交通省 国土技術政策総合研究所
- 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部
- 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 波崎海洋観測施設
- 国立大学法人 茨城大学
- 国立大学法人 筑波大学

参考文献

- 宇多高明 (2004) 『海岸侵食の実態と解決策』山海堂, 304p.
- 有働恵子・武田百合子 (2014) 「海面上昇による全国の砂浜消失将来予測における不確実性評価」土木学会論文集G (環境), 70(5), L_101-L_110.
- 志村智也・森信人 (2019) 「気候変動による日本周辺の波候スペクトルの将来変化予測」土木学会論文集B2 (海岸工学), 75(2), L_1177-L_1182.

5.3 気候変動の沿岸域への影響と適応策

横木 裕宗（茨城大学）

5.3.1 気候変動の沿岸域への影響

気候変動による沿岸域への影響は、IPCC報告書（IPCC, 2014）などによると、水没、氾濫、海岸侵食が主に挙げられています。そして、それらの影響を及ぼす気候変動に関する外力として、海面上昇、台風などの強い低気圧、風や波、海水温上昇、海水酸性化、淡水・塩水侵入が挙げられています。さらに、海面上昇については、主に海水温上昇による膨張に伴うもののに、海流系や海岸地形など局所的な特性による局所的な海面上昇も考慮に入れる必要があります。

水没・氾濫の影響については、海面上昇による平常時浸水リスク（水没）と、海面上昇に加えて高潮や河川洪水氾濫による一時的浸水リスク（氾濫）があります。平常時浸水リスクとは、満潮時に海水位が地盤高を越えて、海水が陸域に侵入してくることを想定しています。茨城県では低平な河口部を除けば、このような被害は考えにくいですが、東南アジアの広大なデルタ地帯の先端海岸部やツバルに代表される南太平洋小島嶼国では、この被害想定は現実的です。

一時的浸水リスクとは、台風襲来に伴い高潮が発生し浸水するリスクや、集中豪雨によって河川氾濫が生じて沿岸域が浸水するリスクを想定しています。高潮による浸水リスクは、海面上昇により高まり、さらに来襲する台風（熱帯低気圧）の強度が増加すればさらに高まると考えられます。茨城県をはじめとする日本を含むアジア地域では、比較的沿岸の低平地に多くの人口や資産が集中しているため、このリスクに備えることが重要課題です。

海岸侵食は、日本ではすでに大きな問題となっていますが、海岸における土砂（底質）の、主に河口からの供給量と沿岸漂砂による移動量とのバランスが崩れることによって生じております。現時点で侵食が顕在化していない海岸においても、海岸に来襲する波浪が高くなるなど、沿岸漂砂が活発化することにより、土砂の供給と移動のバランスが崩れ、海岸侵食が顕在化する可能性もあります。

5.3.2 沿岸域における適応策の考え方

気候変動の影響への対策として、大きく「緩和策」と「適応策」に分けて議論されることが多くあります。緩和策とは、気候変動・地球温暖化の進行を遅らせる、あるいは止めることを目的としたもので、端的には温室効果ガスの大気中への排出を削減したり、止めたりすることです。一方、適応策とは気候変動・地球温暖化によって生じた悪影響を和らげたり、なくしたりすることを目的としています。沿岸域で言えば、温暖化が進むにつれて浸水リスクが高まっていくとすれば、それに対して例えば堤防の整備（嵩上げなど）を行うことが挙げられます。このように、気候変動がなくても生じる災害が気候変動によってより悪化するような場合の適応策は従来の防災対策（場合によっては環境保全策）と同一かその延長線上に位置づけられることになります。しかし、気候変動によって全く新たな悪影響が生じる場合にはあてはまりません。

緩和策は、気候変動・地球温暖化およびその影響に対して、より根本的な対策ですが、効果が現れるのには相当の時間がかかります。一方で、適応策は影響に直接対応することから非常に効果的に見えますが、気候変動・地球温暖化という影響の原因には何ら作用していません。そのため、温暖化の対策としては緩和策を旨とすべしという意見もありますが、すでに影響が現れている現状や将来的に緩和策を進めても相当程度の悪影響が生じることが予測されていることを考えると、緩和策か適応策かではなく、それらをうまく組み合わせて将来の気候変動とその影響に備える必要があることは言うまでもありません。

沿岸域における適応策については、例えばIPCCの報告書（Nicholls et al., 2007）では表5.3.1のようにまとめられています。ここでは、沿岸域の適応策（の考え方）として、大きく「防護」「順応」「撤退」の3つに分けられています。

防護とは、気候変動の影響を構造物等で防ぐことであり、堤防や護岸の天端を嵩上げして高波・高潮災害を防ぐというのがこれにあたります。日本では三大湾をはじめとして人口や資産が集中する地域が海岸線付近に多くあります。ただし、海岸の自然環境や利用面を考えると、護岸や堤防の形状などを工夫することによって、単なる天端の嵩上げにならないような技術開発の余地がありそうです。防護策のオプションとしては、海岸・港湾施設の整備、改良、設計基準の変更、排水システムの強化、河川・海岸の総合的土砂管理（サンドバイパス、養浜）などがあります。

しかし、例えば日本で考えてみても、今後の人口減少や必ずしも右上がりとは言えない不透明な経済状況を踏まえると、全国の海岸で一律ではなく地域ごとにメリハリのついた防護計画が必要となります。また、防護計画の施行（構造物の整備）にも長い年月がかかることから、気候変動・地球温暖化の進展をモニタリングしながら防護計画を見直していく、段階的な計画・実施が望まれます（海岸における地球温暖化適応戦略検討委員会, 2011）。

表5.3.1 適応策の計画・実施の考え方（Nicholls et al., 2007を改変。日本語訳は横木）

沿岸域の適応策	適応の目的	適応の方法	適応策の例
防護	海岸線の防御力の強化	海岸線創出・前進	埋立 干拓
		海岸線保全	砂丘 養浜
順応	より弾力的な沿岸域利用		洪水に強い建物 浮体構造物の利用
	危険情報伝達や災害への備えを改善	コミュニティに着目した対策	ハザードマップ 洪水警報
撤退	適応能力を増加させる	海岸線の撤退	土地利用の再配置
		ある程度の対策	その場しのぎの護岸建設
		何もしない	モニタリングのみ
	適応能力が減少する傾向を修正	持続可能な対策	湿地の回復

5. 茨城県の沿岸災害の現状と適応策

順応とは、浸水などが起こっても実際の被害に至らないように生活様式や利用方式を工夫することです。また、ハザードマップを作成して、避難態勢を整えることも含まれます。順応は、想定を越える高潮のような外力に対しても対応しやすいという長所をもっていますが、日常生活を含めて、人間活動はある程度の制約を受けることになります。順応策には、建築様式の変更（建築物の嵩上げ、セットバック）、干潟の嵩上げ、漁場海底の覆砂、水揚げ魚種の変更に伴う漁港施設の建て替え、内湾・河口域での開削・攪拌による水温調節（可能性）、総合的沿岸域管理、迅速な避難支援、地域防災力強化（情報提供、共有）、災害復旧基金、補助金の創設、浸水保険制度、モニタリング（長期、リアルタイム）など多種多様にわたります。

住民がいない地域や、人口がきわめて希薄な地域においては、防護することなしに撤退し、自然に任せた高潮や海岸侵食を受け入れることも可能性の一つです。また、ただ撤退するだけではなく、影響のモニタリングをしつつ、その場その場で適切な構造物を設置することも、広い意味で撤退と言えます。さらに、撤退した海岸域に湿地などの自然環境を回復させるなどの対策も含まれるでしょう。この対策のオプションとしては、土地利用の変更・規制（緩衝帯の設置、遊水池などの設置、住居などの移転）、モニタリング（長期、リアルタイム）などがあります。

防護、順応、撤退という適応策は、単独で用いるだけではなく、組み合わせて進めることも考えられます。特に、高潮などに対する現状の目標レベルに対しても海岸の防護が完成せず、さらに台風の強度の増加を含む将来の不確実な外力レベルに対してまですべての海岸の防護水準を上げることは不可能と考えられます。こういった状況では、ある程度のレベルまでは構造物などによって完全に防護しつつも、それを越えた外力に対しては、順応策を取り入れて被害を最小にするという考え方が必要です。

5.3.3 茨城県における適応策の考え方

茨城県では海岸保全計画により、沿岸域への外力である津波、高潮、波浪などを適切に設定して、海岸保全施設の整備を行っております。また、代表的な自然海岸である砂浜海岸についても、詳細な調査研究を行い、砂浜侵食を食い止めるよう様々な施策が講じられております。このように、現状の茨城県の海岸・沿岸域は、上で述べた防護策により守られていると言えます。

東日本大震災での津波による氾濫・浸水被害は比較的記憶に新しいと思いますが、津波以外にも、台風や爆弾低気圧による高潮や、潮位の季節変化（異常潮位）など、沿岸域の浸水被害を引き起こす要因は様々で、それらは今後の気候変動の進展次第で大きな外力になり得る可能性があります。

今後予想される外力の増大に対して、現状の海岸保全施設や養浜などの整備では間に合わないことも考えられます。また、一方で人口減少や社会経済状況の変化により、居住域を中心とした土地利用計画・都市計画の変更も検討されるかもしれません。上で述べた順応策や撤退策が、防護策に比べて経済的・効率的かどうか結論を出すのは早計かもしれません、近い将来にそのような検討を始める必要があるかもしれません。

参考文献

- IPCC (2014) *Climate Change 2014-Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 p.
- Nicholls, R. J. et al. (2007) Coastal systems and low-lying areas. *Climate Change 2007: Impacts Adaptation and Vulnerability*. IPCC, AR4, WGII, Parry, M. L. et al., Cambridge University Press, 315-356.
- 海岸における地球温暖化適応戦略検討委員会 (2011) 「海岸保全施設の更新等に合わせた地球温暖化適応策検討マニュアル(案)」 50p.

執筆者一覧

茨城大学

田村 誠 地球・地域環境共創機構 准教授 1章、2.1-2.3節

若月 泰孝 大学院理学研究科（理学野）准教授 3.2節、4.4-4.6節

横木 裕宗 大学院理学研究科（工学野）教授／茨城県地域気候変動適応センター長 5.3節

茨城県

渡邊 章子 県民生活環境部環境政策課（地球温暖化対策グループ）主事 2.4節

佐田 朋義 土木部河川課 水防災・砂防対策室 室長補佐 4.3節

松浦 健郎 土木部港湾課（建設・漁港グループ）係長 5.1節

小嶋 崇央 土木部河川課（海岸グループ）主任 5.1節

横山 耕平 農林水産部水産振興課（漁港グループ）主任 5.1節

気象庁

江崎 雄治 水戸地方気象台 次長 3.1節、4.1節

国土交通省

田村 修 関東地方整備局 常陸河川国道事務所 調査第一課 建設専門官 4.2節

水戸市

坪井 正幸 市民協働部防災・危機管理課 副参事 4.5節

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

臼田 裕一郎 総合防災情報センター センター長 4.6節

筑波大学

武若 聰 システム情報系 教授 5.2節



2021 年 3 月
茨城県地域気候変動適応センター

〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1
E-mail : iLCCAC@ml.ibaraki.ac.jp

