

米英蘭仏の事例を踏まえた 洪水対策分野の気候変動適応策に関する考察

STUDY ON CLIMATE CHANGE ADAPTATION MEASURES FOR FLOOD RISK REDUCTION BASED ON CASES IN U.S.A. U.K. NETHERLANDS AND FRANCE

板垣修¹・大山璃久²・天野邦彦³
Osamu ITAGAKI, Riku OYAMA and Kunihiko AMANO

¹正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 室長
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

²工修 同 研究官

³正会員 工博 同 河川研究部 部長

The authors propose the priority challenges to be addressed for promoting the concrete discussion on Global Climate Change Adaptation Measures for Flood Risk Reduction based on cases in U.S.A., U.K., the Netherlands, and France. The cases are studied through the interview survey in May 2018, and Jan. 2019, in addition to the literature survey through the Internet.

After briefly presenting the cases, the authors point out the necessity and pre-conditions for considering the future sea level rise and peak river flood flow change, the necessity of the adaptive approaches, importance of distinguishing the new development from the already existing houses, and assessing the evacuation possibility when regulating the land use in high flood risk areas, and the necessity of river improvement projects for promoting local consensus building on Land Use Regulation.

Key Words : *Climate Change Adaptation, Flood Risk Reduction, Land Use Regulation*

1. はじめに

2017年の九州北部豪雨, 2018年の西日本豪雨等の激甚な豪雨による水害が頻発している。今後ともこれまでに経験したことのないような激甚な豪雨が発生する可能性を念頭に置いた水害対策を推進していくことが必須であり, 国土交通省水管理・国土保全局に気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会が設置される(2018年4月)など施策の検討が進められている。

本稿は米国, 英国(首都ロンドンを含むイングランド(England)地方のみ), 蘭国(オランダ王国), 仏国(フランス共和国)の4箇国の洪水分野の気候変動適応策等について2018年度に実施した現地訪問調査成果を紹介し, 我が国の洪水対策分野の気候変動適応策検討にあたって留意すべき事項を抽出し, 我が国の同適応策の検討に資するものである。

2. 事例収集対象国の選定

洪水対策分野の気候変動適応策等の事例収集の対

象国として米英蘭仏の4箇国を選定した理由は次の2つである。

まず, これまでに国土交通省水管理・国土保全局と情報共有・意見交換会議を開催してきた実績があること。さらに, これまでに文献等から洪水対策分野の具体的な気候変動適応施策又は洪水氾濫時の水害軽減のための土地利用規制施策等が確認されていること。

上記2つの観点から我が国及び4箇国の主要特性を整理すると以下ようになる。なお, 我が国は4箇国に比べ河川の流域面積が小さい(図-1)とともに, 河床勾配が大きく洪水時に急激に増水する¹⁾などの特徴があり, 各国の施策との比較にあたってはこれらの特性の違いを踏まえる必要がある。

(1) 我が国

氾濫原低平地への高度な人口・資産集積。豪雨時の急激な河川水位上昇(洪水予測に基づく洪水対策のリードタイムの短さ)。歴史的に洪水対策が重要視され法定河川管理者が存在。RCP8.5シナリオを用いた予測で21世紀末における短時間強雨の発生回数が増加すると予測されている²⁾。

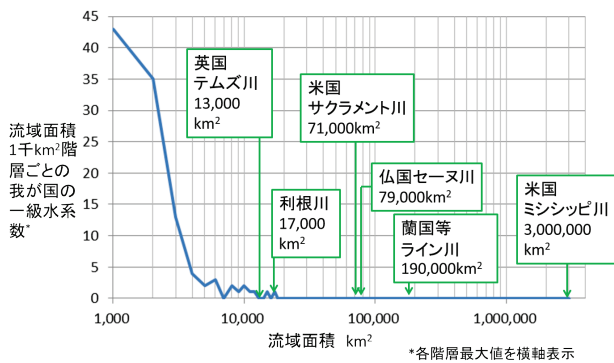


図-1 我が国と米英蘭仏の河川流域面積の比較**

**図中折れ線は流域面積1千km²階層ごとの我が国の一級水系数³⁾

(2) 米国

広大な国土、気候変動に対する懐疑論。1969年以来国家洪水保険制度（National Flood Insurance Program）が社会実装されている。1996年にそれまでの設計高水位・余裕高（Free Board）に基づく堤防計画・設計体系からリスクを踏まえた計画・設計体系へ移行した陸軍工兵隊（US Army Corps of Engineers、大河川の堤防整備等を所管）⁴⁾と、従来の計画・設計体系を維持している連邦危機管理庁（Federal Emergency Management Agency）の洪水保険制度が併存。気候変動影響による海面上昇・豪雨強度・頻度増大を予測⁵⁾。

(3) 英国

首都ロンドンの高潮対策の重要性（1953年の高潮災害で300人超の死者⁶⁾）を踏まえテムズ・バリア（Thames Barrier、テムズ川防潮可動堰）及び高潮堤防により年超過確率1/1000の治水安全度を確保⁷⁾。気候変動影響を洪水ピーク流量の増加率等として考慮する手法を実装（1999年より海面上昇量について、2006年より洪水ピーク流量等について）。気候変動影響による海面上昇・冬期（英国の洪水は冬期発生が多い）の降雨量増大を予測⁸⁾。

(4) 蘭国

輪中堤で守られた低平地に高度に人口・資産が集積。氾濫被害が国家の存亡にかかわるとの社会認識が強い。気候変動影響への柔軟な対応手法を2017年1月1日以降実装。堤防区間ごとの法定治水安全度を2017年以降法律で規定⁹⁾、同年よりライン川等の法定基準洪水流量廃止。以前は1996年制定の水防御法により輪中ごとの最低防御レベル（水位超過確率）が規定されていた。気候変動影響による海面上昇・冬期（蘭国の洪水も冬期発生が多い）降雨強度増大を予測¹⁰⁾。

(5) 仏国

以前の「堤防の時代」から、20年ほど前より自然への抵抗（堤防整備による洪水の封じ込め等）の限界を認識しリスクの低い土地の利用へ移行している。堤防新設事業は現在ほぼなし（堤防撤去事業あり）。

人口密度が低い場合に堤防強化が費用便益の観点から成り立たないことがある（オランダとは防御対象人口の桁が違うことがある）。災害リスクを考慮した土地利用規制の長い歴史で有名（5.（4）で詳述）。2018年1月1日以降堤防管理を中央政府から地域（コミューン、地方自治体の最小単位）へ移管中（単一のコミューンでは管理が難しい場合にはコミューンの連合体で管理）。コミューンが土地の開発許可と防災対策の両者に責任を持つこととした。気候変動影響による海面上昇を課題として明確に位置付ける¹¹⁾とともに、RCP2.6、4.5、8.5の3シナリオに基づく2071-2100年の豪雨強度増大を予測¹²⁾。

3. 訪問先機関

気候変動適応策等の最新状況について、2019年1月下旬に4箇国政府の下記洪水対策担当機関等を訪問し情報収集を行った。なお、米国陸軍工兵隊については2018年5月にも訪問し情報収集を行った。

(1) 米国

陸軍工兵隊 本部（在Washington D.C.）・水資源研究所（Institute for Water Resources、在Alexandria, Virginia）

(2) 英国

環境庁（Environment Agency、England地方の洪水対策等を所管）テムズ防潮堰事務所（在London）等

(3) 蘭国

社会資本・水管理省 王立水機構（Rijkswaterstaat, Ministry of Infrastructure and Water Management、洪水対策等を所管）レリスタッド事務所（在Lelystad）

(4) 仏国

環境移行・持続可能省リスク防止総局（Direction Generale de la Prevention des Risques, Ministere de la Transition Ecologique et Solidaire、自然災害対策等を所管、在パリ近郊La Defense）、アクア・バレー（Aqua-Valley、南仏Montpellierの研究機関等から構成される学際組織、在Montpellier）、中部ガロンヌ県気象協会（Association Climatologique de La Moyenne Garonne、在南仏Agen）、ロット・エ・ガロンヌ県庁地域局（Direction Departementale des Territoires, Prefet de Lot-et-Garonne、防災・土地利用規制等を所管する国の出先機関、在Agen）、国立環境・鉱物資源・持続可能開発大学（École Nationale Supérieure en Environnement, Géoressources et Ingénierie du Développement durable、在Bordeaux）

4. 洪水対策分野の気候変動適応策

収集された4箇国の洪水対策分野の気候変動適応策の事例を我が国の現状とともに以下に示す。

(1) 我が国

国土交通省による河川の洪水対策事業において将

来の気候変動影響による海面上昇、洪水ピーク流量増大ともに現在のところ考慮していない。

(2) 米国

潮位の影響を受ける河川区間等における陸軍工兵隊による洪水対策事業の計画・設計で将来の海面上昇による影響を3つのシナリオ（High, Intermediate, Low）により考慮するものとされている¹³⁾。

洪水対策事業の選択肢の比較・検討に当たっては、中間（Intermediate）シナリオを仮定して事業便益の評価を行うものとされている。なお、実際に施工される堤防等施設の規模は、中間シナリオと高（High）シナリオとの間で、費用便益費等の観点に基づき最も適切な施設規模を決定する。例えば、中間シナリオによる海面上昇量が3フィート、高シナリオによる同量が9フィートの場合、費用便益等の観点から6フィートのシナリオを選定することがありうる。また、複数の対策手法を組み合わせた順応的な適応手法（Tiered Approach）を推奨している¹⁴⁾。

また、洪水ピーク流量の将来変化については将来予測の不確実性が大きいことから現在のところ考慮していない。

(3) 英国

環境庁より2016年発出の「Adaptation to Climate Change: Advice for Flood and Coastal Erosion Risk Management Authorities（気候変動への適応：洪水・沿岸侵食リスク管理機関への助言）」により、気候変動影響による将来の海面上昇、洪水ピーク流量変化等を考慮する手法を提示（表-1、表-2）。2016年以前については2. (3)のとおり。

河川流域・年代ごとに複数の洪水ピーク流量変化率が提示されており、洪水対策事業検討時の感度分析に用いられているが、洪水対策施設（堤防等）設計時には原則として中位（Central）シナリオを適用する。また、順応的適応（Managed Adaptation）を推奨している¹⁵⁾。

これらの洪水ピーク流量変化率は、環境・食料・農村地域省（Department for Environment, Food and Rural Affairs）と環境庁による洪水・沿岸侵食リスク管理共同研究開発プログラム（Joint Defra/EA Flood and Coastal Erosion Risk Management R&D Programme）のうちのFD2648プロジェクトにより求められたものである。

FD2648プロジェクトでは、UKCP09（英国気候予測プロジェクト09）の気候変動シミュレーション結果に基づき、流域ごとの洪水ピーク流量変化率を評価している¹⁶⁾。なお、地球温暖化効果ガス排出シナリオとしては、IPCCの前世代（SRES）のシナリオであるA1B, B1, A1FIの3つを順に「中排出」「低排出」「高排出」シナリオとして用い、表-1に示す洪水ピーク流量変化率は中排出（A1B）シナリオに基づき算定されている。なお、表-2に示すH++シナリオが提示されており、水害発生時に極端な影響が予想される場合（例 原子力発電所、広域エネルギー

供給施設の被災）には評価に用いることができるとされている¹⁵⁾。

UKCP09の後継となるUKCP18（英国気候変動予測18）の成果が2018年11月以降順次公表されているが、環境庁の洪水ピーク流量変化率等のUKCP18に対応した見直しについては未定とのことであった（2019年1月時点）。

表-1 英国の年代・流域別洪水ピーク流量変化率¹⁵⁾

Climate Change estimate (percentile)	Total potential change anticipated for 2020s (2015-39)	Total potential change anticipated for 2050s (2040-2069)	Total potential change anticipated for the 2080s (2070-2115)
Northumbria			
Upper (90 th)	20%	30%	50%
Higher Central (70 th)	15%	20%	25%
Central (50 th)	10%	15%	20%
Lower (10 th)	5%	5%	10%
Humber			
Upper (90 th)	20%	30%	50%
Higher Central (70 th)	15%	20%	30%
Central (50 th)	10%	15%	20%
Lower (10 th)	5%	5%	10%

©Crown copyright (Environment Agency)

表-2 H++シナリオにおける洪水ピーク流量変化率¹⁵⁾

	Total potential change anticipated for '2020s' (2015-39)	Total potential change anticipated for '2050s' (2040-2069)	Total potential change anticipated for the '2080s' (2070-2115)
Northumbria	20%	35%	65%
Humber	20%	35%	65%
Anglian	25%	40%	80%
Thames	25%	40%	80%
SE England	30%	60%	120%
SW England	25%	50%	105%

©Crown copyright (Environment Agency)

(4) 蘭国

洪水対策事業において気候変動影響による将来の海面上昇、洪水ピーク流量変化を考慮している。

気候変動適応策の検討時に参考としている蘭国気象庁による気候変動シナリオ（KNMI'06）には4つがあり、気候変動影響の大きいほうから順にW+（2100年4℃上昇相当）、W、G+、Gシナリオである。洪水対策施設の計画・設計時には通常高位（W+）シナリオを採用するものとされているが、順応的適応手法を採用する場合には中位（G又はG+）シナリオでも良いこととなっている¹⁷⁾。これは、洪水対策施設を随時かさ上げしていくような順応的管理が可能な場合には、初期投資を抑えた柔軟な対応を行うものである。

また、将来予測において避けられない不確実性を踏まえ、12年ごとに気候変動影響等による治水安全度の低下状況を確認し、治水安全度が警報レベル（所管大臣が設定）まで低下した時点で堤防のかさ上げ工事等の検討・調整を開始し、法定治水安全度まで安全度が低下する前に堤防かさ上げ等を完了する順応的管理⁹⁾を計画的に実施している。なお、蘭国では将来の海面上昇による影響よりも地盤沈下による影響の方が大きいと予測されている点に留意する必要がある。

(5) 仏国

洪水対策事業において、将来の海面上昇60cm

(2100年まで)を考慮している。洪水ピーク流量の変化については、将来予測の不確実性が比較的大きいため考慮していない。

5. 気候変動下の土地利用規制による水害対策

高水害リスクの場所の開発・利用を規制することにより水害を防止・軽減する施策は、気候変動影響の有無にかかわらず有効な水害対策の1つと考えられるが、規制の対象とする場所を適切に抽出・合意するためのリスク情報を河川管理者等が適切に提供することが重要である。以下に各国の概要を示す。なお蘭国については該当する具体的な施策が見つからない。

(1) 我が国

建築基準法第39条に災害危険区域（建築行為の制限）の規定があり、地方公共団体が条例により津波、高潮、出水等による危険の著しい区域を指定し（同条第1項）、住居の用に供する建築物の建築の禁止その他建築物の建築に関する制限で災害防止上必要なものを定める（同第2項）とされているが、導入事例は限られている。

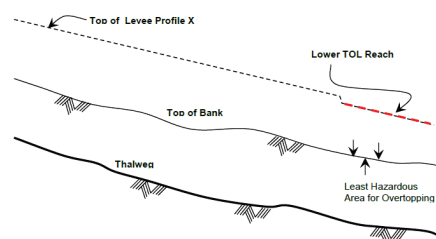
(2) 米国

国家洪水保険において高リスク地区に立地する建物の保険料をより高く設定することにより土地利用の低リスク地区への誘導を図っている。高リスク地区の建物について公的資金を借り入れるには洪水保険への加入が必要条件である。水害リスク低減対策を実施しているコミュニティ内の保険料を割引く制度（Community Rating System）がある。

また、陸軍工兵隊に次のような先駆的取り組みがある。2017年7月14日に手引き（Guidance）「Managed Overtopping of Levee Systems」（堤防システムにおける管理された越水）が陸軍工兵隊本部（CECW-CE, Headquarters, Directorate of Civil Works, Corps of Engineers）から発出されている。同手引きは、1987年発出のTechnical Letter (No. 1110-2-299)「Overtopping of Flood Control Levees and Floodwalls」の改定版であり、不確実性の考慮と、工兵隊のプロセス変更の2点に対応するために改定された。

同手引きは、堤防天端高さの縦断形に計画的に高低差を設ける（図-2）ことにより、設計規模を超える洪水時に越水する箇所を限定を図り避難時間の確保などの減災対策を行う方法について解説している。なお、本対策は強制ではなく選択肢の1つである。図-2では計画的越水箇所の堤防天端高さを通常よりも低くしているように見えるが、計画的越水箇所以外を通常よりも高くしているものである。計画越水深は、耐侵食構造（リップラップ等）の強さにより決まり、3フィート（約0.9m）等に設定される。

また、法尻の侵食対策の追加（費用増）がその他考慮すべき事項である。



©USACE

図-2 堤防縦断形における計画的越水箇所設定概念図¹⁸⁾

2019年1月18日聞き取り時点の同対策の現状と課題については以下のとおりであった。

- ・ 上記氾濫地点を計画的に限定する被害軽減対策の実施工事例はまだない
- ・ 同対策が進まない理由として以下が考えられる
 - ア. 住民の考え方の習性が変わらない
 - イ. 土地が貴重である
 - ウ. 残留リスクの住民による理解の難しさ
- ・ 政府提示土地価格が安いと土地所有者が土地を売る気にならない
- ・ 氾濫地点を限定する被害軽減対策推進上必要な土地を政府の提示価格では買収できない場合に市町村が買収することは、対象面積が大きいことから市町村の負担限界を超えており非現実的
- ・ 堤防が整備されると住民が安心してしまふ現状では、後から本対策を追加することは難しい。これから堤防を整備する箇所において同対策を最初から組み込むのであれば実現可能であると考えられる

(3) 英国

2006年12月にコミュニティ・地方自治省（Department for Communities and Local Government）発出の「計画政策書第25号：開発と洪水リスク」（Planning Policy Statement 25: Development and Flood Risk）（2010年改定）に基づき、洪水確率に応じた洪水区域を設定し、土地利用目的に応じて洪水確率のより低い区域へ土地開発を誘導する制度（逐次テスト（Sequential Test）、例外テスト（Exception Test））が実施されている。なお、環境庁は法定相談員（Statutory Consultee）として土地開発計画に関与している。

(4) 仏国

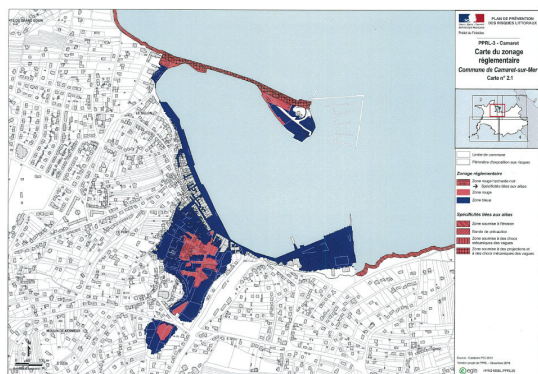
1935年の法律により洪水ハザード地図、都市域のゾーニング及び建築規制が導入されて以来、法的に強制されるハザード・ゾーニングが社会実装されている。1982年に洪水保険制度とともに洪水危険区域図（PER）が導入された。PERでは高洪水危険区域（赤色区域）での建築が禁止され、中洪水危険区域

(青色区域)では建築規制(例 基準浸水位より0.2m以上の高さに建築すること)が行われた。1995年にはPERが「予想される自然リスク防止計画」

(PPR)に強化され全地方自治体にPPRの作成を義務付けた¹⁹⁾。将来の海面上昇を考慮した洪水リスク図(中央政府出先機関が作成)が作成され同図に基づく土地利用規制図が地域で検討・作成される(図-3)。

2002年通達(中央政府発出)が水害対策の原則であり水害リスクの高い土地では都市開発を規制する。ただし既に都市化が進んでいると規制内容が異なる。既に開発されていればある程度までのリスクを許容し増築を認める(死に関わる重大リスクを除く)。

1995年設置のバルニエ基金により洪水危険区域にある資産を買い取ることができるようになった。洪水氾濫時の流速・浸水深によるリスク分類が最悪ランクであり、避難が困難で、なおかつ補強工事では予防できない(その建物の価値と同等以下の費用で対策できない)場合バルニエ基金で買い取る可能性がある。



©DGPR, MTES, France

図-3 将来の海面上昇を考慮した土地利用規制図例²⁰⁾

6. 我が国の洪水対策分野の気候変動適応策検討にあたっての留意事項

上述の事例を踏まえた我が国の洪水対策分野の気候変動適応策検討にあたっての留意事項について以下に述べる。なお、これらは所属組織の公式見解ではない。

(1) 将来の海面上昇考慮手法の導入

将来の海面上昇影響について、我が国を除く4箇国すべてにおいて洪水対策施設の計画・設計時に考慮されていることが確認された。我が国は周囲の海流の複雑さなどの特性を有するとはいえ、河川計画における出発水位に影響する海面上昇の考慮手法について検討が急がれると考えられる。なお、将来予測において現在の科学技術では避けることのできない不確実性が存在することを前提として、改築困難な施設、氾濫発生時に極端に甚大な被害が想定される箇所から優先的に考慮手法を検討・導入することが考えられる。

(2) 将来の洪水流量変化考慮手法の検討

洪水ピーク流量の将来変化については、英蘭2箇国では考慮され、米仏2箇国では考慮されていないことが確認された。同考慮手法については、将来予測における不確実性の大きさと、氾濫発生時の被害の重大さの両面を踏まえ政策的に決定するものと考えられ、地形・資産分布特性等に依存するものと考えられる。例えば、我が国の河口部低平地に広がる大都市部は英蘭に近い地形・資産分布特性を有すると考えられ、同地域を流下する河川の基本・計画高水流量の将来変化の考慮手法検討の必要性が高いと考えられる。

なお、英国・蘭国の事例(4. (3)(4))にあるように、将来の気候変動シナリオは必ずしも単一である必要はなく、将来の施設改築の困難さ、洪水氾濫発生時に想定される被害の深刻さに応じてシナリオを変えることが合理的である。これらの前提条件(対象施設の改築の困難さ、氾濫発生時の被害の深刻さ)を明確にしたうえで気候変動シナリオを検討することが考えられる。つまり、将来の改築(かさ上げ)が困難で、氾濫時の被害が激甚であるほど、より高排出のシナリオを採用する考え方である。これら対象施設の特性を踏まえずに気候変動シミュレーション結果のみから洪水対策施設の計画・設計向けの共通の気候変動シナリオを見いだすことは難しいと考えられる。

(3) 将来予測の不確実性を前提とした順応的適応策

現在の科学技術では避けることのできない気候変動影響の将来予測における不確実性を踏まえ、蘭国の事例(4. (4))の様に定期的(蘭国では12年ごと)に気候変動影響について確認し、適宜洪水対策施設の改築(かさ上げ)等の検討を行う手法が、我が国においても河川整備計画等において参考とすべき手法と考えられる。なお、米国・英国においても順応的適応策を推奨している。仏国については調査中である。

(4) 土地利用規制における既存・新規開発の区別

河川整備規模を超過する洪水時の被害軽減対策の1つとして挙げられる「土地利用規制」は、一般に導入には強い抵抗があり、大規模災害の直後等を除き実現は難しく我が国でも導入事例は限られている。仏国(及び英国)の事例(5. (3)(4))は住み続ける場合と新規土地開発する場合とで規制内容を変える実際的な手法と考えられる。つまり同じ水害リスクの土地について新規開発であれば認めないが既存建物であれば継続しての居住を認めることがある。高水害リスクの場所での居住継続には避難体制の確保等が当然前提条件となるが、我が国の高水害リスク地区の土地利用規制の検討において参考になる。

(5) 避難可否に応じた高水害リスク地区の定義

上述の土地利用規制の検討には、規制対象地区を

抽出するのに必要なリスク情報を河川管理者等が適切に提供することが重要と考えられ、高水害リスク地区をどのように定義するかが課題の1つとなる。想定される最大浸水深、氾濫流速、浸水位上昇速度等による定義がまず考えられるが、避難の困難さも重要な指標と考えられる。仏国の事例（5.（4））では、高リスク地区の建物のバルニエ基金による買収は「重大リスク（死に関わる）」があつて、「避難が困難」で「補強工事では予防できない」場合に限定される。避難の困難さの尺度としては氾濫の予測困難性が挙げられ、例えば南西仏を流れる大河ガロンヌ川の場合には増水速度の観点から事前避難可能と考えられるとのことである。

我が国の上流域河川等では洪水予測が困難であることを踏まえ、適切に高水害リスク地区を定義し、対策を検討することが重要であると考えられる。

（6）土地利用規制導入時の河川改修の重要性

米国の事例（5.（2））は、土地利用規制等の堤内地での減災対策を推進する際に必要な利害関係者の合意形成促進において、河川改修等による地域の治水安全度の向上が重要な役割を担うことを示していると考えられる。我が国においても、洪水対策施設の整備が堤内地における減災対策に係る合意形成を促進する面を再認識し、河川整備と地域の減災対策とが連携した水害リスク低減対策推進手法を確立することが望まれる。

7. おわりに

4箇国の洪水対策分野の気候変動適応策を比較すると、地形・資産分布特性等に応じた対策を実施していることを再認識させられる。我が国には河口部の低平地に高度に人口・資産が集積している地域、資産集積度の比較的低い地域等が混在し、前者については英国の首都ロンドンや蘭国の洪水対策手法が大いに参考になり、後者については地域特性に応じた洪水対策が重要と考えられ、米国・仏国の事例が参考となる部分があると考えられる。

謝辞：本研究にご協力いただいた米国陸軍工兵隊、英国環境庁、蘭国王立水機構、仏国環境移行・持続可能省リスク防止総局、南仏モンペリエのアクア・バレー、同アジャンの中部ガロンヌ県気象協会、ロット・エ・ガロンヌ県庁地域局、南西仏ボルドーの国立環境・鉱物資源・持続可能開発大学並びに国土交通省水管理・国土保全局河川計画課国際室の各位にこの場を借りて心から御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：河川事業概要2006，日本と世界の河川の比較，p.3，2006.
- 2) 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁：気候変動の観測・予測及び影響評

- 価統合レポート2018，パンフレット，p.2，2018.
- 3) 国土交通省：河川関係情報・データ，水系別・指定年度別・地方整備局別延長等調，平成30年4月30日現在，2018.
- 4) Davis, Darryl, Faber, Beth, Stedinger, Jery: USACE Experience in Implementing Risk Analysis for Flood Damage Reduction Projects, Journal of Contemporary Water Research & Education, Issue 140, pp.3-14, Universities Council on Water Resources, 2008.
- 5) U.S. Global Change Research Program: Fourth National Climate Assessment, Summary Findings, 10. Infrastructure and 11. Oceans & Coasts, 2018.
- 6) Environment Agency: the Thames Barrier and associated tidal defences, Pamphlet, received at Thames Barrier Office in London on Jan. 28, p.1, 2019.
- 7) Environment Agency: Thames Catchment Flood Management Plan, Summary Report, p.6, 2009.
- 8) Met Office: UKCP18, Factsheet, 2018.
- 9) ENW: Fundamentals of Flood Protection, English edition, pp.48, 65, 2017.
- 10) Royal Netherlands Meteorological Institute: KNMI'14, Revised edition 2015, p.5, 2015.
- 11) ONERC: The coastline in the context of climate change, Report to the Prime Minister and Parliament, p.1, 2015.
- 12) Drias: France in the 21st Century, <http://drias-www.climat.fr/accompagnement/section/182>, 2019年4月26日閲覧.
- 13) USACE: Incorporating Sea Level Change in Civil Works Programs, ER 1100-2-8162, p.2, 2013.
- 14) Manous, Joe: USACE Approach to Water Resources Adaptation from Climate Impacts, Presentation Material, p.9, Nov. 28, 2018.
- 15) Environment Agency: Adapting to Climate Change: Advice for Flood and Coastal Erosion Risk Management Authorities, pp.6-12, 2016.
- 16) Kay, A.L., Crooks, S., Davies, H.N., Prudhomme, C. and Reynard, N.S.: Practicalities for implementing regionalized allowances for climate change on flood flows, Final Technical Report, Project FD2648, p.iii, 2011.
- 17) Rijkswaterstaat: RWS INFORMATIE –Werkwijzer Ontwerpen Waterkerende Kunstwerken – Ontwerpverificaties voor de hoogwatersituatie Groene versie 2018, p.34, 2018.
- 18) USACE: Managed Overtopping of Levee Systems, ECB2017-15, CECW-CE, Headquarters, Directorate of Civil Works, Corps of Engineers, p.10, 2017.
- 19) RIZA Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment: A quick scan of spatial measures and instruments for flood risk reduction in selected EU countries, p.53, 2004.
- 20) DGPR MTES: Carte de laea a echeance 100 ans (avec prise en compte de leffet des structures de protection), Commune de Camaret-sur-Mer, 2016. (2019. 4. 2受付)