

平成 31 年 3 月 5 日 (火)
国土技術政策総合研究所
気候変動適応研究本部

水技術政策に関する海外最新情報
【H31-1 号】

< 定点観測：米英蘭政府機関の動き >

(1) 【オランダ：気候変動適応都市のための実験用地を開設】

気候変動によって長期化する渇水と極端な降雨から都市を守る技術製品の開発を加速するため、起業家、研究者、行政が新技術の実験を行う街路レベルの実験用地“ウォーター・ストリート”がデルフト工科大学に開設された。(2018 年 5 月 16 日)

<https://english.deltacommissaris.nl/news/news/2018/05/16/delta-programme-commissioner-wim-kuijken-opens-climate-proof-city-testing-ground> (記事本文)

オランダでは、デルタプログラムで土地利用管理、雨水・貯留浸透、建築の耐水化等による「空間適応」※1の気候変動適応策を掲げているが、これを実現させるためには技術革新が欠かせないとしている。

また 2016 年よりグリーン成長政策として、環境に配慮したエネルギー、浄水等の分野の技術製品の開発を促進するため、「リビングラボ」※2の仕組みを取り入れた取り組み“グリーンヴィレッジ (Green village)”を実施している。“グリーンヴィレッジ”では、省庁が関連する民間企業と合意・相互契約を締結し、革新的技術の開発・実装の支障となる法律の条項を無効とする等、インセンティブを与えている。その詳細を 1) に紹介する。

昨年 5 月には、“グリーンヴィレッジ”の一つとして、デルフト工科大学 (Delft University of Technology) 校内で、起業家、研究者、行政が耐候・耐水技術の実験を行う“ウォーター・ストリート (water street)”という街路レベルの実験用地が開設された。ここで開発を行っている様々な技術について 2) で紹介する。

※1 デルタプログラムが定める“空間適応”

土地利用管理、雨水・貯留浸透、建築の耐水化等による適応策。2050 年までに国土の耐候性、耐水性のある空間配置 (レイアウト) を目標としている。空間適応に関して詳しくは、「水技術政策に関する海外最新情報 H29-3 号」を参照されたい。

URL: http://www.nilim.go.jp/lab/kikou-site/data/info_data/mail/h29-3_20171220.pdf

※2 リビングラボ (living lab)

リビングラボは、1990 年代初頭に米国で始まり、近年、欧州で広く利用されている、ユーザー・市民参加型のサービスや製品の開発者・提供者との共創活動であり、その仕掛けである。企業、大学、NPO、行政・地方自治体、市民など様々な利害関係者が参加して進められる事が多く、ユーザー・市民はサービスや製品を利用する現場での行動の評価、利用後のフィードバック、共創等を行う。ICT、エネルギー・環境、都市・まちづくり、医療・健康、社会保障、レジャー、文化、輸送など様々な分野で活用されている。

(富士通総研 (FRI) 経済研究所「日本における市民参加型共創に関する研究—Living Lab の取り組みか

らー」より引用：<http://www.fujitsu.com/jp/Images/no446.pdf>)

日本ではまだ普及していないが、以下、国内の事例を紹介したい。

- 産業技術総合研究所－「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」プロジェクト
https://www.airc.aist.go.jp/info_details/docs/170329/1615-Nishida.pdf
- 東京大学－「活力ある高齢社会の実現に向けた「国際連携型リビングラボ」の創設」プロジェクト
<http://www.cc-aa.or.jp/assets/files/170710.pdf>

1) グリーンヴィレッジ (green village)

グリーンヴィレッジの取り組みは、クリーンエネルギー、きれいな空気、きれいな水、廃棄物の再資源化に基づく持続可能で緑豊かな社会への転換を目指して、革新的技術の開発と実装の加速を目標としている。そのために、政府、市民、企業、技術者、科学者等すべての利害関係者が協力して、革新的技術の開発、試験、現場実験を行える環境を提供している。例えば、燃料電池車による電力の供給と蓄電の標準化等、様々なプロジェクトが行われている。

オランダの経済省 (Ministries of Economic Affairs)、国土環境省 (Infrastructure and the Environment)、内務・王室省 (Interior and Kingdom Relations) は、グリーン成長政策 (green growth policy) の政策手段の1つとして、関連企業と「グリーンディール・グリーンヴィレッジ (Green Deal The Green Village)」という合意・相互契約を締結して、法的な障害を特定し、技術の実装を加速する構造的な解決策を実行する等、革新的技術の開発に参画することを約束している。具体的には後に示すように、関連プロジェクトに対する法律条項の無効の措置が講じられている。

グリーンヴィレッジの運営資金は、自治体、民間企業、大学等、多様な主体が分担して拠出する。今回のデルフトの事例では、デルフト工科大学とグリーンヴィレッジ財団の主導で、ヨーロッパ地域開発基金 (European Regional Development)、南ホランド州、デルフト市、電力・ガス会社 (Alliander 社、GasTerra 社) 等が資金提供を行っている。

通常、革新的技術が製品化されるまでに、技術的なリスク、資本収益率の不確実性、安全性やプライバシーの問題、法規制等の様々な壁があるが、グリーンヴィレッジでは、このような体制が構築されていることで、それらの障害の多くが取り払われている。

Green Deal The Green Village (原文)

<https://translate.google.co.jp/translate?hl=en&sl=nl&tl=en&u=https%3A%2F%2Fwww.greendeals.nl%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fdownloads%2FGD204-dealtekst-The-Green-Village.pdf>

①危機・再編法による申請手続き等の簡素化と法律条項の無効化

危機・再編法 (Crisis- en Herstelwet) は、金融危機を背景に、建設業界に経済的な刺激を与え、空間計画、持続可能性、革新的技術開発の促進とプロジェクトの迅速な実行を目的として、関連するプロジェクトについて建築申請等の申請手続きを簡素化し、革新的技術の建設にとって障害となる法を無効にしている。2021年に施行される新環境法

(Omgevingswet) に統合される。

危機・再編法

<https://translate.google.co.jp/translate?hl=ja&tab=wT&sl=auto&tl=en&u=https%3A%2>

②無効になる法律とその条項

i) 危機・再編法 第2章 2.4条

<https://wetten.overheid.nl/BWBR0027431/2017-05-16#Hoofdstuk2>

革新的技術の発展、経済危機、サステナビリティに貢献する実験の場合、以下の法律を無効にし、実験を促進する。

- ・ 1998年電気法（環境税法のエネルギー税収入に影響を及ぼさない範囲内で）
- ・ 熱法、水法（第5章水管理工事の建設および管理、第6章水道システム条例・セクション1. 許可証と一般的な規則・6.5条の導入文とc、第6章・セクション2. 水許可に関するその他の規定を除く）
- ・ 環境法の総則
- ・ アンモニアと家畜法
- ・ 騒音規制法（Wet geluidhinder）
- ・ 悪臭及び家畜飼育法
- ・ 大気汚染法
- ・ 環境管理法（Wet milieubeheer）（第5章環境基準 5.2b条、セクション 5.2 大気基準を除く）
- ・ 空間計画法（Wet ruimtelijke ordening）
- ・ 住宅法（Woningwet）

ii) 危機・再編法施行令 第3章 革新的技術の 6.m条
（概要）

<https://translate.google.co.jp/translate?hl=ja&tab=wT&sl=auto&tl=en&u=https%3A%2Fwww.rijksoverheid.nl%2Fonderwerpen%2Fomgevingswet%2Fcrisis-en-herstelwet>
（原文）

https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=ja&rurl=translate.google.co.jp&sl=auto&sp=nmt4&tl=en&u=https://wetten.overheid.nl/BWBR0027929/2018-11-29&xid=17259,15700019,15700186,15700190,15700248&usg=ALkJrhjZUjtgd7O1-EfUMh2LxXZQ54GSg#Paragraaf3

グリーンヴィレッジで無効になる規則について具体的に規定している。

2012年建築令（Bouwbesluit 2012）

- ・ 第3章 健康の観点からの技術建築規則
- ・ 第4章 使いやすさの観点からの技術的建築規則
- ・ 第5章 エネルギー効率と環境の観点からの技術建築規制
- ・ 第6章 建築設備の必要条件（セクション 6.5～6.8 火災検知設備、避難計画、消火設備、緊急車両の通過等に関する規則を除く）

環境法総則

- ・ 第2章 2.4条 2.：州が管轄するプロジェクトの申請に対する州の決定権
- ・ 第2章 2.14条 1.c：節1項目 採掘などにおいて最善の技術の実行
- ・ 第2章 2.8条：環境許可の申請に関する規則（“環境法行政規則第4章 4.1条 装置に

関する一般要項”と関連する)

- ・ 第2章 第2.1条 1.a節：全プロジェクト、または一部でも建設行為を行う場合の環境許可の申請

iii) 危機・再編法施行令 第3章 7.c条

(概要)

<https://translate.google.co.jp/translate?hl=ja&tab=wT&sl=auto&tl=en&u=https%3A%2F%2Fwww.rijksoverheid.nl%2Fonderwerpen%2Fomgevingswet%2Fcrisis-en-herstelwet>
(原文)

https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=ja&rurl=translate.google.co.jp&sl=auto&sp=nmt4&tl=en&u=https://wetten.overheid.nl/BWBR0027929/2018-11-29&xid=17259,15700019,15700186,15700190,15700248&usg=ALkJrhjZUjtgD7O1-E-fUMh2LxXZQ54GSg#Paragraaf3_Artikel7c

グリーンヴィレッジに関連するプロジェクトに対しては、空間計画法、自治体法

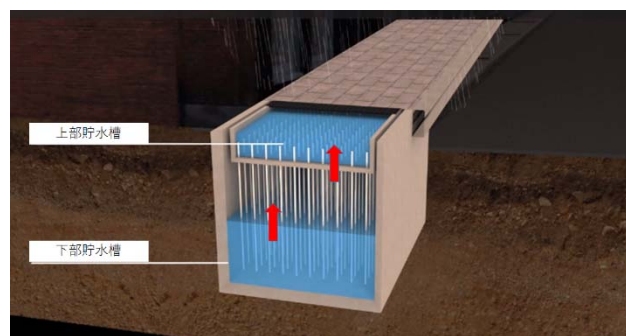
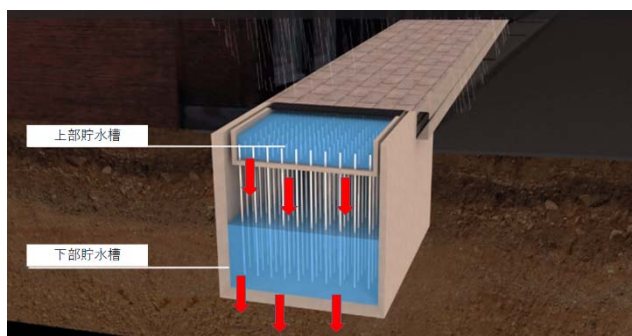
(Gemeentewet)、空間計画法令 (Besluit ruimtelijke ordening)、住宅法、騒音規制法、環境管理法、騒音規制令 (Besluit geluidhinder)、環境法一般規定 (Wet algemene bepalingen omgevingsrecht) の規則の追加と無効を規定している。この規制緩和により、自治体は対象地区について、本来は環境法の対象である環境計画の内容も含む、より幅広いゾーニング計画を策定することが可能である。このゾーニング計画から得た経験や知見は新環境法の制度検討にも用いる。

2) ウォーター・ストリート (water street)

デルフト工科大学のウォーター・ストリートは、グリーンヴィレッジ、デルフランド (デルフト) 水管理委員会 (Hoogheemraadschap van Delfland)、デルタ・テクノロジーと水の価値設定化プログラム (Valorisation Programme Delta Technology & Water (VPdelta)) によって、街路レベルの実験用地として開設された。12の革新的な技術から構成されており、以下、いくつか紹介したい。

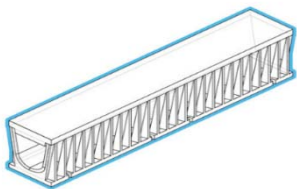
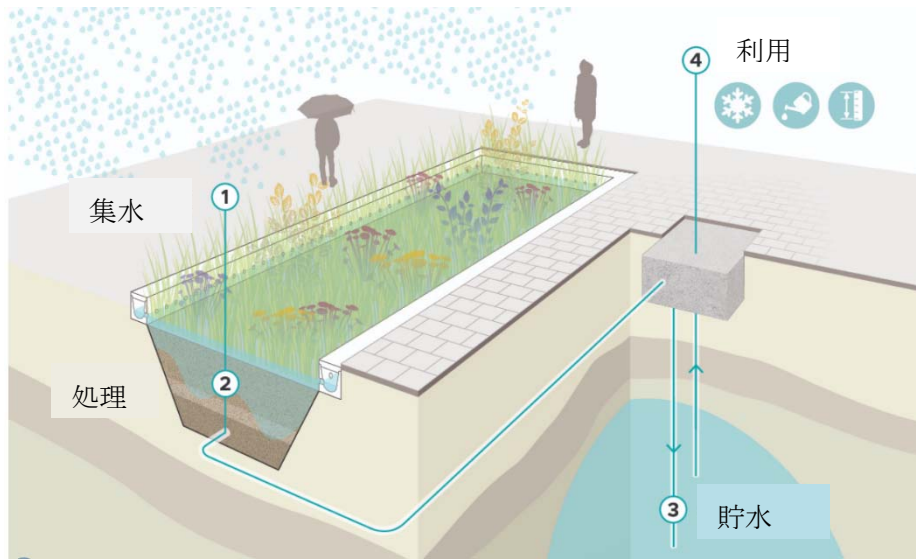
① レインロード (Rainroad)

歩道や駐車場の下に設置する2層構造の貯水槽で、毛細管効果で上下の貯水槽を水が行き来する。降雨の場合は雨水を貯水し、上下の貯水槽ともいっぱいになれば地下に雨水を浸透させる。渇水時は貯水した水が上昇圧により引き上げられ、舗装の熱で蒸発し、舗装を冷却する。貯水槽の大きさは、3x2x2mと通常の貯水地よりも小さいため、都市部での設置に適している。

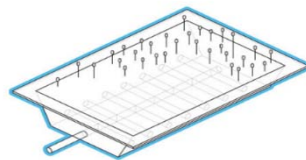


②ブルックブロック(Blue Blocks)

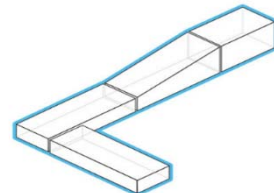
小規模の貯水地による雨水管理技術。排水を集め、バイオフィルタで処理し（植物による浄化）、地下に貯水する。貯水した水は、灌漑、親水、地下水水位の調節、工業（冷却水）に使用できる。48時間で60mmの雨水に対応可能で、90m²のバイオフィルタは30m²の舗装からの雨水を処理することができる。下水システムへの負担と極端な降雨による洪水のリスクを緩和する。



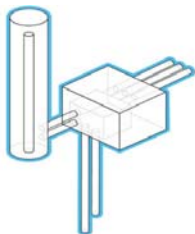
水路：雨水をバイオフィルターに集水又は排水する役目を果たす。組み立て式で軽い素材を使用する事で、少ない労力で、簡単に短期間で設置が可能。



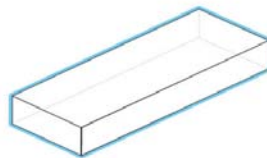
バイオフィルター：排水から堆積物、重金属、有機汚染物を排除する。水質や水の量など必要に応じてバイオフィルタの構成要素を変更できる。



付属品：縁石、フェンス、パイクスタンドなど



据え付け：パイプ、ポンプなどの部品。水の運搬だけで無く、システムの管理や観察も行う。



貯水スペース：池、屋根、等利用可能なスペースを用いて、一時的に雨水を保つ。

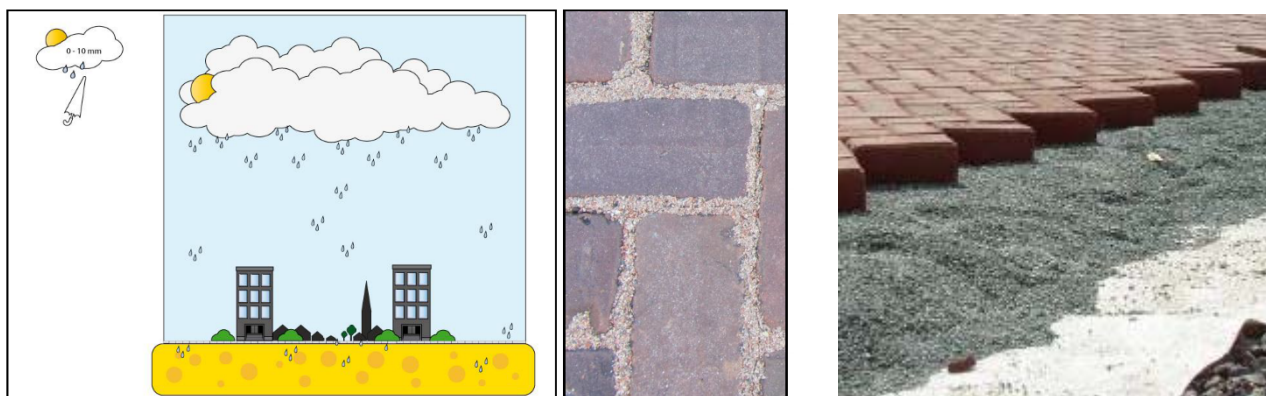
③緩衝ブロック (Buffer Block)

緩衝ブロックは、浸透性のある舗装ブロックの下に、敷砂層、ジオテキスタイルの層をはさんで設置する排水孔のあるブロックで、機能は通常の排水管きょと類似しているが、強度が高いため埋設深を浅くすることが可能である。そのため高い排水能力を有し、費用対効果も高い。緩衝ブロック内に浸透した雨水は、ブロック内に貯水して地中に浸透するか、外部に排水される。1平方メートルあたり 250～500 リットルの貯水が可能。一般的な下水道用の機器で検査・清掃できるように設計されている。



④フローサンド (Flowsand)

導水加工を行い毛細管機能を有する細かい敷砂を舗装に使うことで、道路表面の水を素早く舗装の下へ吸収し、ゆっくりと地中に浸透させる。その結果、排水溝に排出される水の量を抑え、その水を地下水の涵養と都市の冷却に使用する。舗装の下の地盤に対する水圧を緩和するようデザインされている。素早い排水だけを目的とした従来の浸透性の道路舗装とは異なり、豪雨対策というよりは、少量の降雨に対する対策で、年間降水量の 50%以上を吸収することが可能だとしている。



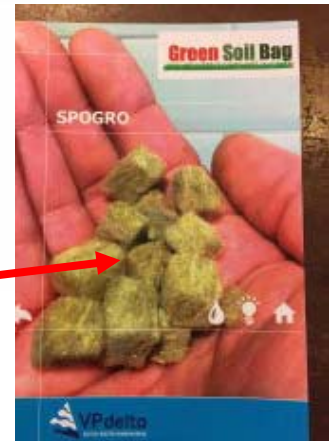
⑤アーバン・レインシェル (Urban Rainshell)

貝殻を用いた AA Eco Shells を使って排水処理を行い、豪雨による雨水が下水道に流れ込むのを防ぐとともに、鉱油、重金属、多環式芳香族炭化水素 (PAH) 等の汚染を浄化する。貝殻の層を強度の高いブロックで覆うことで、交通量が多くても耐えることが出来る。排水・浄水能力は 10 年確率の降雨に対応出来るようデザインされている。ウォーター・ストリートでは、120 平方メートルにアーバン・レインシェルを敷き詰めてその効果を検証している。



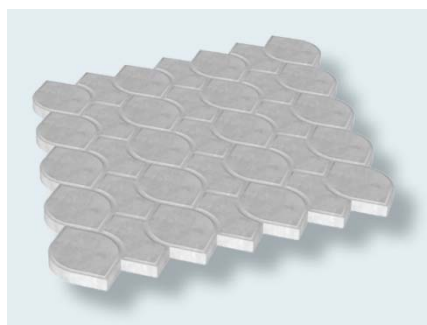
⑥ スポグロ (Spogro)

園芸用のグリーンハウスで使用された岩綿を再利用し、地中における降雨の吸水能力を向上する。コンクリート等の舗装を除去し、土壌とスポグロフレックを混ぜることにより、吸水性が増しかつ、植物を植える事が出来る。ウォーター・ストリートでは、吸収能力、浸透性・蒸発量等を調査中である。

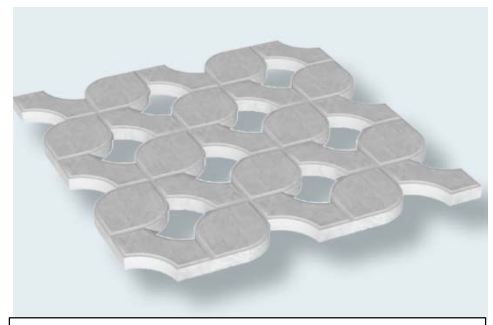


⑦ 波形タイル (蘭 : Wave tegels、英訳 : Wave tiles)

コンクリート製タイルを自由に組み合わせることにより、最大 25%の地面を露出する事が可能で、地面から地中に雨水を浸透させる。露出している地面には、砂利や芝など植える事ができる。タイルの下の基層の原料は貝殻で出来ており、植物を植えるのに適していると共に、浸透性も大きい。



路面の露出率 0%



路面の露出率 25%

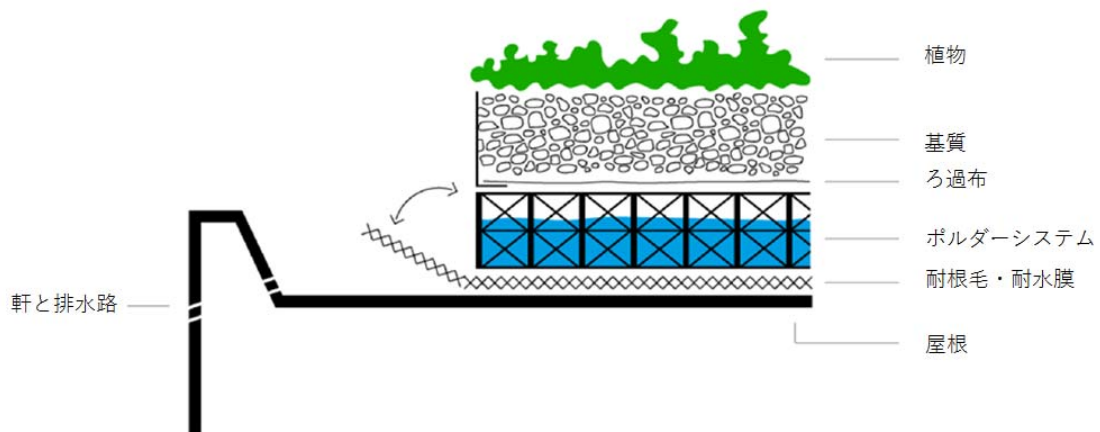
⑧スマート・動雨水タンク
(smart rainbarrel)

自動で排水と貯水を行う事が出来るタンク。オンライン天気解析によって、渇水時にタンクに水を満たし、豪雨の前には貯めた水を下水へ少しづつ自動で排水する。また、雨水タンクの所有者は、アプリでタンクの手操作をいつでも行う事が出来る。



⑨ポルダーーフ (polder roof)

屋上を有効活用した浸水・渇水対策。雨水を貯水可能な箱を組み合わせ、オンラインでいつでも水位を確認し、排水できる。ポルダーシステムと併せて基質やろ過布を設置して、屋上庭園や屋上菜園を作る事も出来る。



(2) 【英国環境庁：ビショップデール川における自然を活かした洪水管理】

英国環境庁（EA）、地方自治体、住民が協力し、自然を活かした洪水管理プロジェクト（Bishopdale natural flood management project）を進めている。（2018年7月5日）

<https://www.gov.uk/government/news/natural-flood-management-scheme-for-yorkshire-dales-communities>（記事本文）

「水技術政策に関する海外最新情報 H30-1号」で、英国環境庁の「自然を活かした洪水管理（Natural Flood Management: NFM）に関する報告書」（2017年10月）について紹介したが、今回はその具体例として、ヨークシャー州のビショップデール（Bishopdale）川のプロジェクトを紹介する。

ビショップデールプロジェクトの概要

ヨークシャーデール国立公園内にあるビショップデール川は、Humber川水系に属するUre川の支流で（図1）、流量面積41.397 km²の大部分は全長約7マイル（約11km）の切り立った谷と牧畜用の農地が占める。豪雨によるビショップデール川の氾濫によって、主要道路が分断され、住民が学校、病院、店等のインフラから孤立することが問題となっている。英国環境庁、地方自治体、住民が協力し、ビショップデールの自然を活かした洪水管理プロジェクト（以後「ビショップデールプロジェクト」と表記）を進めている。

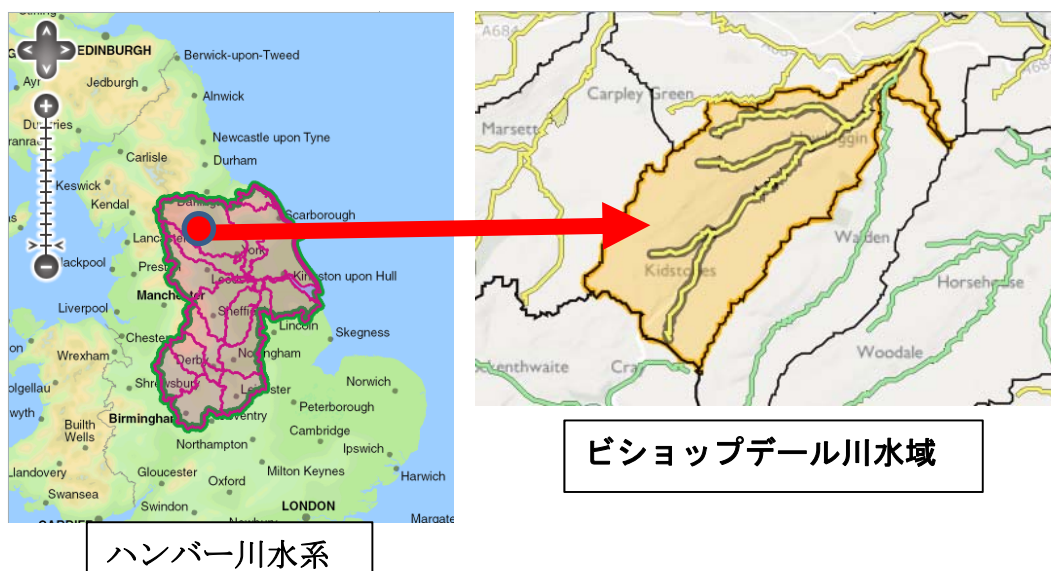


図1 ハンバー川水系におけるビショップデール水域の位置

英国環境庁の Catchment Data Explorer より引用（URL：

<http://environment.data.gov.uk/catchment-planning/WaterBody/GB104027069360>）

プロジェクトの運営機関

英国環境庁、ヨークシャーデール河川トラスト (Yorkshire Dales Rivers Trust)、ヨークシャーデール国立公園、周辺住民が協力して実施している。土地の所有者や農業者と個々の農地計画を立て、地元の農業の支援と洪水管理の実施を目指す。

プロジェクトの資金

2016年の英国秋の予算編成で、環境・食料・農村地域省 (Defra) は、洪水を減少させるために英国全土の自然を活かした洪水管理計画 (NFM: Natural Flood Management Schemes) に 1500 万ポンド (約 22 億 1 千万円) の財源を投入する事を表明した。翌年 2017 年にその資金を配分するプロジェクトが公表され、ビショッパデールプロジェクトを含む、北ヨークシャー洪水管理プロジェクト (North Yorkshire Natural Flood Management Project) に、501,000 ポンド (約 7400 万円) が支給された。

自然を活かした洪水管理の手法

プロジェクトは、スキームの作成段階を経て、2018年夏から実際の施策実施に入った。環境庁によれば、洪水管理手法 (自然との協働手法) として、流出抑制 (run-off management)、堤防 (earth bunds) の整備、透過型木質小堰堤 (leaky wooden dam) の整備、泥炭地 (peatland) の再生、林地造成 (woodland creation)、河畔林帯 (riparian buffer strip) 整備、氾濫原を利用した放牧 (floodplain grazing) 等が検討されている (図 2)。

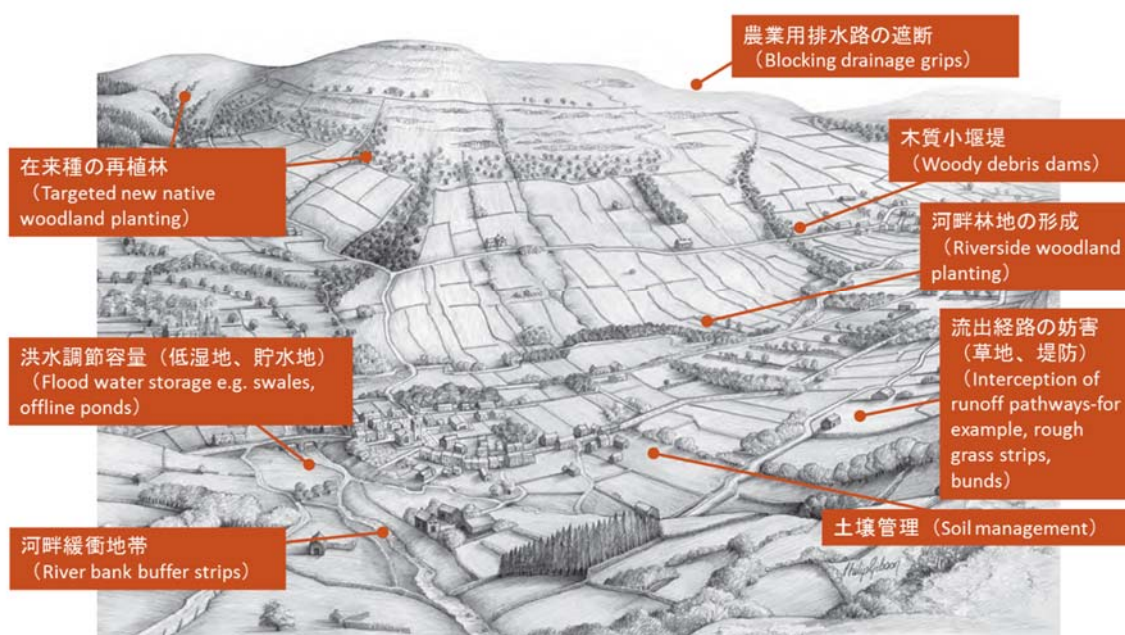


図 2 ヌークシャーデール国立公園内で自然を活かした洪水管理が実施可能な立地

また、ヨークシャーデール国立公園から、“自然を活かした洪水管理－農業者のための実践的なガイド (Natural Flood Management Measures- a practical guide for farmers)”を公表している。これは実際に対策を実施する土地管理者や農業者に対して、自然を活かした洪水管理プロジェクトに関するわかりやすい情報として、ヨークシャーデール河川トラスト、ノース・ヨークシャー州議会がヨークシャーデール国立公園と協力し、英国環境庁と*ナチュラル・イングランド (Natural England) の支援を受けて作成された。

[http://www.yorkshiredales.org.uk/data/assets/pdf_file/0003/1010991/11301_flood_management_guide WEBx.pdf](http://www.yorkshiredales.org.uk/data/assets/pdf_file/0003/1010991/11301_flood_management_guide_WEBx.pdf) (ガイド : 3.62MB)

このガイドは特に、農業地における排水システムの役割を担い、20年に1度程度の高い再現確率で洪水が発生する小規模河川を対象として作成されている。自然を活かした洪水防御だけでなく、洪水防御システムなどの構造物と併せて施工するとより効果があるとしている。

このなかで、自然を活かした洪水管理の定義として、下流の洪水ピーク水位の低下または、下流のピーク流量の到達時刻を遅らせ、洪水への準備時間を増やす事を目的とする。そのための5つ手法として、①土壌の浸透性の向上、②植物や土壌からの蒸発散、③氾濫原の再生等による流出の減速、④池や水路等による貯水、⑤林地などの土地による流れの分散、を用いて流域における流出量を軽減する。

表 1 自然を活かした洪水管理の基本的な5つの手法

1	土壌の浸透性の向上 ：水はけの良い土壌は、飽和状態になりにくく、表面流出量を減少させる。
2	蒸発散 ：植物や土壌からの蒸発散により、水の貯留量が増す。
3	流出の減速 ：流れに対する粗度を増やす；例えば、氾濫原や湖畔の植林、泥炭地の排水路（グリップ）の遮断。
4	貯水 ：池、溝、築堤で囲まれた貯水地、水路、又は土地の使用、機能維持。
5	流れの分散 ：草地や森林などの緩衝地帯によって、表面水の流れを遮る

ガイドでは以下のように、自然を活かした洪水管理手法を難易度で3つのレベルで分類している（表2）。また、それぞれの手法について、治水上の目的、農業上のメリットや設置費用・維持コストや労力の大小等、補助金の利用の可否とそれにあたっての専門家の助言の要否等を示している。設置費用、維持コストはそれぞれ3つのレベル（表3）で評価されている。

表 2 自然を活かした洪水手法の総合的な難易度

レベル 1	<ul style="list-style-type: none"> 透水性の向上～土壌を耕してほぐす (Increasing soil permeability - reducing soil compaction) 緩衝地帯の作成と管理 (Creating and managing buffer strips) 生け垣の作成と管理 (Planting and managing hedgerows) 林地利用 (Using trees) 冬期のカバー作物の利用 (Winter cover crops) 農場用通路の横断ドレーンの設置 (Cross drains in farm tracks) 	英国環境庁、ヨークシャーデール国立公園等による、建設工事の必要が無い、又は最小限の工事で済む手法。通常、低コストで、設置が簡単であるが、非常に効果的である。
レベル 2	<ul style="list-style-type: none"> 堤防と遊水池 (Bunds and detention basins) 低湿地 (Swales) 沈砂池 (Sediment traps) 堰堤 (In-channel barriers) 洪水調整池 (永久構造物) (Offline flood storage pond (permanent structure)) 泥炭地の排水溝の閉鎖 (Blocking moorland drainage grips) 	一定のレベルの協議や承諾が関係当局から必要になる。費用は低～中程度で、建設業者による設置が必要になる場合もある。
レベル 3	<ul style="list-style-type: none"> 氾濫原の再生 (Floodplain restoration) <ul style="list-style-type: none"> a.湾曲の再生 (Restoring meanders) b.河道と氾濫原の再連結 (Reconnecting the river with its flood plain) 	流域の防御する特定地域が定められており、計画許可と関係当局からの承諾が必要で、ほとんどのケースで水管理専門家の助言を要する。費用は高く、建設業者による設置が必要となる。

表 3 設置費用・管理費用の評価

	設置費用	管理費用
高	大量の材料、専門的な設備や専門家の関与が必要。	専門家の助言、もしくは設備の維持管理が頻繁に必要となる(例:5年未満)。
中	多少の材料、専門的な設備、および/もしくは専門家の関与が必要。	専門家の助言、もしくは設備の維持管理がしばしば必要となる(例:10年未満)。
低	土地管理者が最低限の助言、専門的な設備、特別な材料で実施する事が可能。	ほとんどの場合、土地管理者でも実施可能な定期点検と簡単な管理。

*ナチュラル・イングランド (Natural England)

自然環境に関する政府アドバイザーと位置付けられる英国環境・食糧・農村地域省 (Defra) の非省庁公共機関 (NDPB : Non-Departmental Public Body) で、イング

ランドの自然保護のため、科学に基づいた実践的助言を行う。

Natural England - GOV.UK

(URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/natural-england>)

泥炭地の再生

北イングランドのブランケット型泥炭地 (blanket bog systems) は、泥炭の採掘や放牧による浸食や劣化だけでなく、それに伴い動植物の消失、二酸化炭素の排出、水質汚染、洪水が発生している。そのため、EU・LIFE プログラム (EU LIFE program) のペナン泥炭地プロジェクト (Pennine PeatLIFE project) において、ヨークシャー泥炭地パートナー (Yorkshire Peat Partnership) が、土地の所有者と協力してビショップデールにおける泥炭地の再生を行っている。

英国では、第2次大戦後に農業生産の増加を目的とした土地の有効活用が奨励された。泥炭地ではグリップ (grip) と呼ばれる排水路が設けられ、泥炭地を乾燥させて牧草地とした。しかし、排水路の整備によって、上流から素早く雨水が流出し、豪雨の場合は人口の集中している下流で射流洪水が発生する等、洪水が深刻な問題となっている。そのため、石や板等を利用した堰により流出量を調整し、浸食された部分にミズゴケの植生を行等、泥炭地の再生を行い、貯水能力の向上に努めている。

EU LIFE program (URL: <http://ec.europa.eu/environment/life/about/index.htm>)

Pennine PeatLIFE project (<http://penninepeatlife.org.uk/about/>)

<その他のニュース>

(3) 欧米の治水事業に関する分析

■破堤確率に関する論文 (Proceedings of 2013 IAHR* World Congress)

破堤統計、「地盤の不確実性」、洪水ハザードマッピングにおける残留リスク
(Levee Breaches Statistics, “Geotechnical Uncertainty”, Residual Risk in Flood Hazard Mapping)

https://www.researchgate.net/publication/249322939_Levee_Breaches_Statistics_Geotechnical_Uncertainty_Residual_Risk_in_Flood_Hazard_Mapping

※国際水理学会 (International Association for Hydraulic Research)

イタリアの研究者が、北イタリアの4河川（ポー川 (Po River)、ピアヴェ川 (Piave River)、タリアメント川 (Tagliamento River)、アディジェ川 (Adige River)) で、過去200年の洪水と破堤に関する分析を実施した。その結果、平均で再現期間が100~200年、余裕高0.5~1mで設計された堤防において、100年間あたりの破堤回数が0.8回/kmであった（表4）。このことは、洪水エリアの氾濫リスクが、洪水ハザードマップでデザインされたよりも実際には高いと言えるとしている。

ポー川全体の320kmでは、1800年~1951年の間に破堤が225回あり、破堤密度 (Failure density) は0.5回/km/100年である。今回の対象区間98kmでは、破堤密度は0.16回/km/100年に減少する。図3のグラフによれば、ポー川の対象区間98kmにおいて、記録がある50%の破堤原因として最も多いのはパイピングであり、その破堤密度は0.06回/km/100年で全体のおよそ4割を占める。なお、既往研究によれば、ポー川とタリアメント川でも破堤メカニズムで最も多いのはパイピングと侵食である一方、ピアヴェ川では、越水が最も多い。

表4 北イタリアにおける4河川の破堤統計

Table 1 Statistics of levees' failures for the four investigated rivers in Northern Italy. In brackets the percentage of failures caused by levees' piping or erosion, out of those for which the failure mechanism is known, is reported.

	<i>Po river between Cremona and Borgoforte</i>	<i>Tagliamento between Pinzano a/T and the sea outlet</i>	<i>Piave between Nervesa and the sea outlet</i>	<i>Adige between Merano and S. Michele a/Adige</i>
Number of levees' failures	24 (9/18=50%)	166 (29/41=71%)	82 (17/58=29%)	69 (n.a.)
Observation period begin (year)	1800	1800	1800	1872
Observation period end (year)	1951	1966	1966	2011
Reach length (km)	98	91.4	65.1	50
λ failure density (km ⁻¹ 100 yrs ⁻¹)	0.16	1.1	0.8	1.0

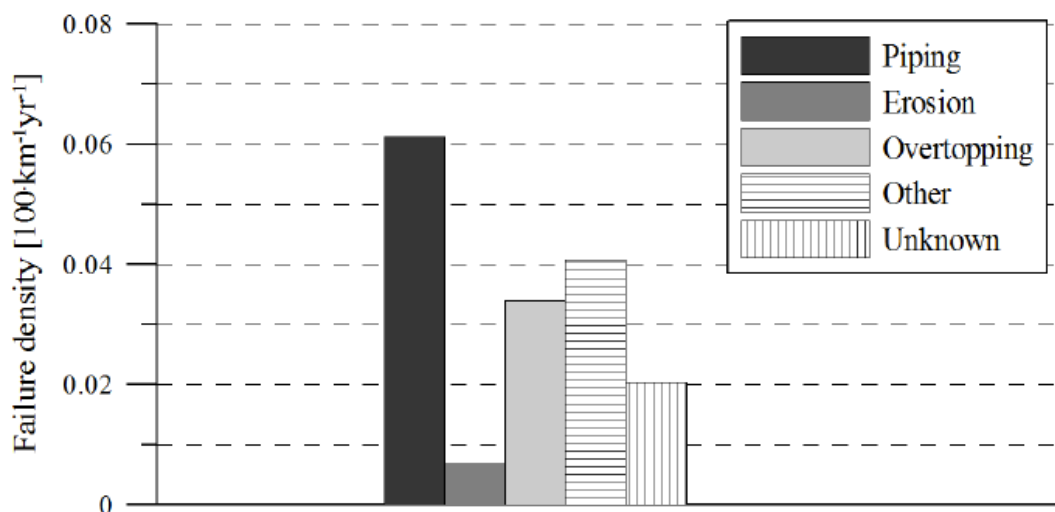


Figure 2 Statistics of levees' failure mechanisms in the 98-km river reach between Cremona and Borgoforte, along the Po River (Cr and Bor in Figure 1a).

図3 ポー川の Cremona～Borgoforte 間 98km の破堤メカニズムの統計

■ヨーロッパ全土における洪水影響の推移（ネイチャー・ジャーナル）

1870 年以降、ヨーロッパ全土で洪水による浸水地域の面積と被災者数は増加したが、それによる経済損失と死者数は減少したことを報告する論文（Trends in flood losses in Europe over the past 150 years）が発表された。

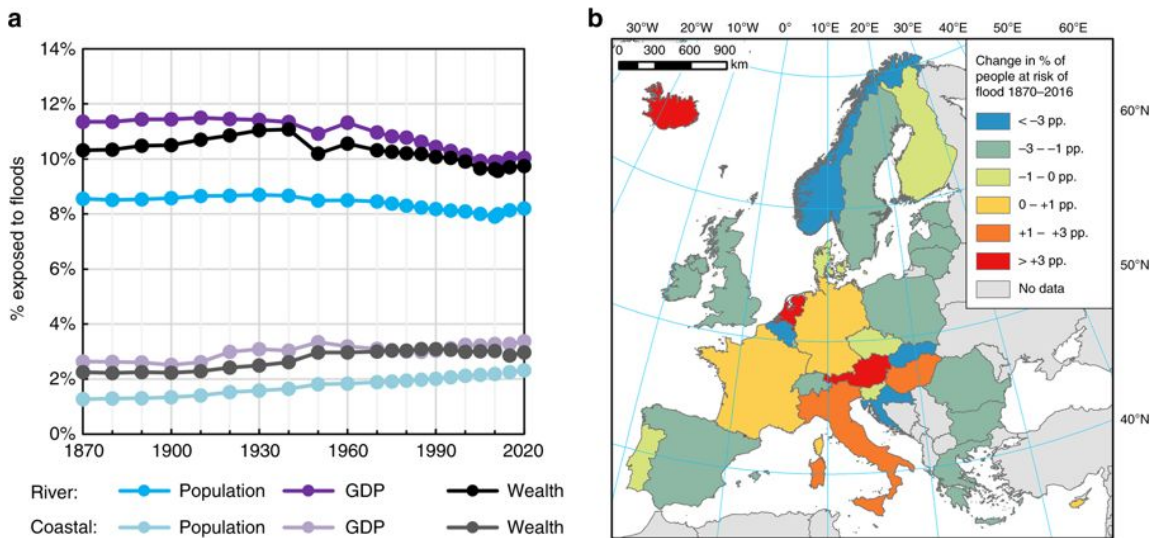
<https://www.nature.com/articles/s41467-018-04253-1>

論文によれば、1870 年以降の 150 年間でヨーロッパの総人口は著しく増加し（1.3 倍増）、都市部の面積もさらに著しく増加した（10 倍増）。また、ヨーロッパ全土における総資産は 20 倍増加していた。

一方、図 4a の通り、1870 年以來、100 年確率の河川洪水の浸水想定域内の人口、GDP、資産の割合は減少傾向だった。すなわち、ヨーロッパ全体の平均的な増加率に比べて、河川洪水の浸水想定域内の人口や資産の増加は小さかったと言える。なお、沿岸洪水の浸水範囲ではそれらの割合は増加傾向にある。

また、図 4b の地図が示しているように、多くの国、特に中央ヨーロッパおよび北ヨーロッパでは、100 年確率洪水の浸水想定区域内の人口の割合は減少しており、区域内の人口の割合が増加しているのはフランス、ドイツ、イタリア、オランダなど一部の国のみである。

From: Trends in flood losses in Europe over the past 150 years



Trends in flood exposure. Percent of the population exposed to the 100-year river and coastal flood in Europe (a), including short-term projection to year 2020, and change in population exposed (b), in percentage points, to the 100-year flood (either river or coastal) in each country (1870–2016). Source of data: HANZE database⁴⁷ with country borders from PBL⁸²

図4 過去150年(1870~2016)のヨーロッパにおける洪水暴露の傾向

a : 欧州内河川・海岸の100年確率洪水浸水域内の人口(青)・GDP(紫)
 ・資産(黒)の割合(2020年までの短期予測を含む)

※濃い色が河川流域、薄い色が沿岸域

b : 各国の100年確率洪水(河川か海岸)内の人口割合の変化(1870~2016)

出典: HANZE データベース

そこで、ヨーロッパ37カ国において、1870年以降の150年間で1,564件の洪水事象とそれらの人命および経済への影響を調べた。

まず、統計上に記録されている被害(死者数、被害額)に対して、各時点の氾濫域内の人口、GDP、資産の割合を乗じることにより、相対的な被害の値を算出している。例えば、オランダの1953年の洪水は死者1,835人、被害額48億ユーロの損害をもたらしたが、1953年から2011年の期間に洪水の影響を受けた地域の人口が60%、資産が636%増加したことを反映する「正規化」によって、死者は2,930人、経済被害は355億ユーロとなる。すなわち、本研究の対象期間内を通じて脆弱性(人口、資産)は一定であり、損失の値が地域の人口及び経済的成長に比例して変化するという仮定となっている。

さらに、過去の統計におけるデータの欠落、国ごとの統計のばらつき、小規模洪水の過小評価などデータが不完全であることから、これらのデータの制約に対して検討し補正を加えている(図5)。なお、補正手法に本論文の多くの議論が割かれているが、補正を加えてもデータの誤差が大きい可能性についても言及されている。

図5の結果から読み取れることとして、洪水事象数(a)は、統計値(青)に対し、

不足データを補うことによって（赤）、統計値のみから読み取れる急激な増加傾向は大きく緩和した。しかし、浸水面積（b）は依然として急激な増加傾向を示しており、被災者（d）は 20 世紀半ばにピークがあるが、1870 年以降、長期的にみると増加傾向にある。それに対して、死亡者（c）は顕著に減少しており、経済損失（e、f）は横ばいか、20 世紀半ばのピーク以降やや減少傾向にある。

なお、今回の分析は、河川洪水及び沿岸浸水が対象で、都市部における内水被害は含まれていない。

From: Trends in flood losses in Europe over the past 150 years

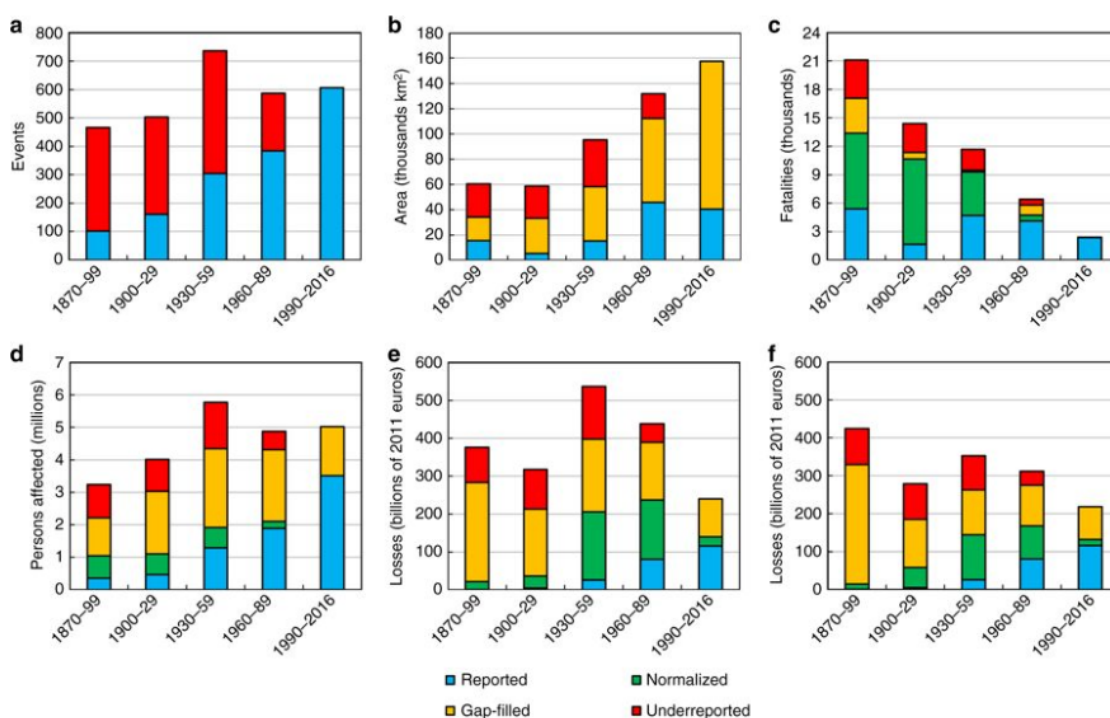


図 5 3 タイプの補正を加えた洪水の数とそれによる損失（各 30 年間合計）
a : 洪水事象の数、b : 浸水エリア、c : 死者数、d : 被災者数、e : GDP で正規化した経済損失、f : 資産で正規化した経済損失

※青：統計値、緑：正規化、黄色：データの補足、赤：過小評価の是正

さらに 310 ケースの主要洪水について分析したところ、浸水面積、死者数、被災者、経済損失の指標は、一人あたりの GDP と負の相関を示している。これは通信、交通の大幅な改善や、観測・予測の発達による早期警戒、効果的な避難、救助・救援活動、災害対策のためと考えられる。また、都市面積の割合は、死者数・被災者数と強い負の相関を示している。これは農村部と比べて、都市部の建築がレンガやコンクリートで強固な構造であるためではないかとしている。このような社会変化による洪水被害への効果は、「直感的」にも結論づけられることだが、約 150 年の統計データより裏付けられる。

論文の著者らは、多くの論文で近年、水害被害が大幅な上昇傾向にあるとされていることに対し、総人口、総資産も大きく増加していることを考慮して評価すべきだとして、人口、資産を補正した図 5 グラフの「正規化」(緑)のデータで議論を進めている。しかしこの「正規化」の操作を経るまでもなく、元の統計値(青)に記録の不足を補ったデータ(黄、赤)を加味しただけでも、被災者数(d)は域内の人口増加を反映して右肩上がりの傾向にあるが、それにも関わらず死者数(c)は減少傾向にあり、被害額(e, f)はほぼ横ばいにあることが見てとれる。

なお、わが国の総人口は横ばいから減少傾向にあるが、山梨大学の秦康範准教授(地域防災)は、国や都道府県が指定した河川洪水による浸水想定区域の居住者(2015年時点)が20年前の1995年と比べて人口で4.4%、世帯数は24.9%増加したとしている。

秦康範・前田真孝「全国ならびに都道府県別の浸水想定区域内人口の推移」

(日本災害情報学会 第20回研究発表大会予稿集, pp.24-25, 2018.10)

http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~yhada/userdata/2018JASDiS_hada.pdf

日経新聞「浸水想定域に3540万人 河川洪水、20年で世帯24%増」

(2018年12月17日)

<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO3902292017122018CR0000/>

【お問合せ先】

国土技術政策総合研究所 気候変動適応研究本部 事務局

河川研究部 服部 (M8092-3512, hattori-a92f4@mlit.go.jp)

山本 (M8092-3527, yamamoto-y92td@mlit.go.jp)

(情報収集担当：河川研究室 生江)