

平成 29 年 8 月 10 日 (木)  
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

### 【H29-2 号】

#### < 定点観測：米英蘭政府機関の動き >

##### (1) 【英国：2017 年英国気候変動リスク評価報告書が公表された。】

英国環境・食料・農村地域省 (Defra: Department of Environment, Food and Rural Affairs) は 2017 年気候変動リスク評価報告書 (CCRA2: UK Climate Change Risk Assessment 2017) を公表した (2017 年 1 月)。

#### < 主な注目ポイント >

- ・ 5 年毎の作成が義務づけられた法定の気候変動影響評価報告書である。
- ・ 従来の多くの気候変動影響評価は、適応策強化による影響軽減効果を組み入れることはしていない。しかし、本報告書では、将来の適応策の強化シナリオを 6 パターンも想定した上で、気温上昇 3 パターン・人口変化 3 パターンによる 7 つ<sup>注)</sup>の気候・人口変化シナリオとの組み合わせによって、適応策による影響軽減効果を見込んだ評価を行っている。
- ・ 治水・利水・水環境の 3 分野の全てが、英国における気候変動影響の 6 大リスクの中に入っている。(治水分野は最大のリスクとされている。)

<https://www.gov.uk/government/news/climate-change-challenges-set-out-in-new-national-assessment> (記事本文)

<https://www.theccc.org.uk/uk-climate-change-risk-assessment-2017/>

(気候変動委員会 (CCC) のホームページによる CCRA2 の紹介)

[https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/UK-CCRA-2017-](https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/UK-CCRA-2017-Synthesis-Report-Committee-on-Climate-Change.pdf)

[Synthesis-Report-Committee-on-Climate-Change.pdf](https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/UK-CCRA-2017-Synthesis-Report-Committee-on-Climate-Change.pdf) (統合報告書本文: 4.8MB)

本報告書は、2008 年に世界に先駆けて施行された気候変動法 (Climate Change Act 2008) において、現在及び今後予想される気候変動による英国へのリスクを 5 年毎に調査し報告することが定められたことにより、2012 年の第 1 版 (CCRA1) に続く第 2 版として公表されたものである。本報告書の知見は、2018 年に予定されている第 2 次英国国家適応プログラム (the Second UK National Adaptation Programme) に反映される。

本報告書 (第 2 版) は、第 1 版と比較して、より緊急性の高いリスクを対象を絞り

込んでいる一方、適応策と社会経済的变化がリスク・好機に及ぼす影響についても分析している点が異なっている。さらに、英国国内だけでなく、海外における気候変動からの英国国内への影響についても取り扱っている。詳細は、表 1 を参照されたい。

本報告書は、外部に委託した 4 つの研究プロジェクトの研究報告書と、既存研究の分析データを集約した Evidence Report (8 章)、および、それらから得られる知見をまとめた統合報告書から構成され、全体で 2,000 頁を超えるものである (図 1)。

統合報告書では、気候変動によって引き起こされる、英国にとって今後 5 年間で最優先で対策を取るべき 6 大リスクを明記している (図 2)。その中で、特に最大のリスクとして 2 者を挙げており、その 1 つが“コミュニティ・企業・インフラへの洪水・沿岸変化のリスク”である (もう 1 者は健康へのリスク)。さらに、“公共用水、農業用水、エネルギー生産用水・工業用水の不足リスク”と“陸上・沿岸・海洋および淡水における生態系、土壌および生物多様性を含む自然資本のリスク”も 6 大リスクの中に含まれており、水分野のリスクが全体の半分を占めている。

表 1 CCRA1 (英国気候変動調査報告書第 1 版) と CCRA2 (第 2 版) の差違

報告書の内容	CCRA1	CCRA2
調査対象のリスクと好機	100 以上 (700 件のリストより優先付け)	約 60 (政府と執筆者が選択)
結果を要約するために用いる計測基準	重要度	緊急性
時間フレーム	2020 年代、2050 年代、2080 年代	現在、2020 年代、2050 年代、2080 年代、2100 年以後の海面上昇
分析の種類	リスクと好機の応答関数 (response functions) を作成するための新たな分析と既存データの混合。	特別に委託した 4 つのプロジェクトからの新しいデータを用いて、基本的には既存の分析を統合。
気候科学の活用	異なるシナリオ作成のために英国気候予測 (UK Climate Projections)、UKCP09 を使用。	UKCP09、グローバル CMIP5 モデルアンサンブル、単一モデル、およびその他のシナリオベースのアプローチによる調査に基づく文献。
危険要因の考慮	適応計画、及び人口増加以上の社会経済的变化の影響を考慮しない。	適応策と社会経済的变化がリスク/好機に及ぼす影響を考慮。
調査対象の地域	イングランド、北アイルランド、スコットランド、ウェールズ。国際的なリスクは定量化せず。	イングランド、北アイルランド、スコットランド、ウェールズ。海外からの影響によるリスクに関する 1 章を含む。
調査成果	分野毎の報告書 (11 本)、統合報告書 (1 本)、国家要約 (3 本) (約 2,000 ページ)	統合報告書 (1 本)、Evidence Report (8 章)、国家要約 (4 本)、研究報告書 (4 本) (約 2,000 ページ)
執筆者	Wallingford 水理研究所 (1982 年に民営化) 率いるコンサルタントが執筆し、Defra が署名。	独立した学識者と、適応策分科会 (ASC: Adaptation Sub-Committee of the Committee on Climate Change) が委託したコンサルタントが執筆。ASC が署名。

コスト	3カ年に渡り 300 万ユーロ	3カ年に渡り 65 万ユーロ
資金提供者	Defra、英国構成国の各当局	Defra、英国構成国の各当局、英国自然環境研究協議会（Natural Environment Research Council）、英国環境庁（EA: Environment Agency）

※ 気候変動委員会（CCC）は、温室効果ガス排出量削減の進捗状況を議会に報告し、気候変動に備えるため、2008年の気候変動法の下で設立された独立した法定機関。適応策分科会（ASC）は、気候変動（適応）の影響に関する研究の戦略的方向性を設定する。また、気候変動の準備と適応に向けた独立したアドバイスも提供。

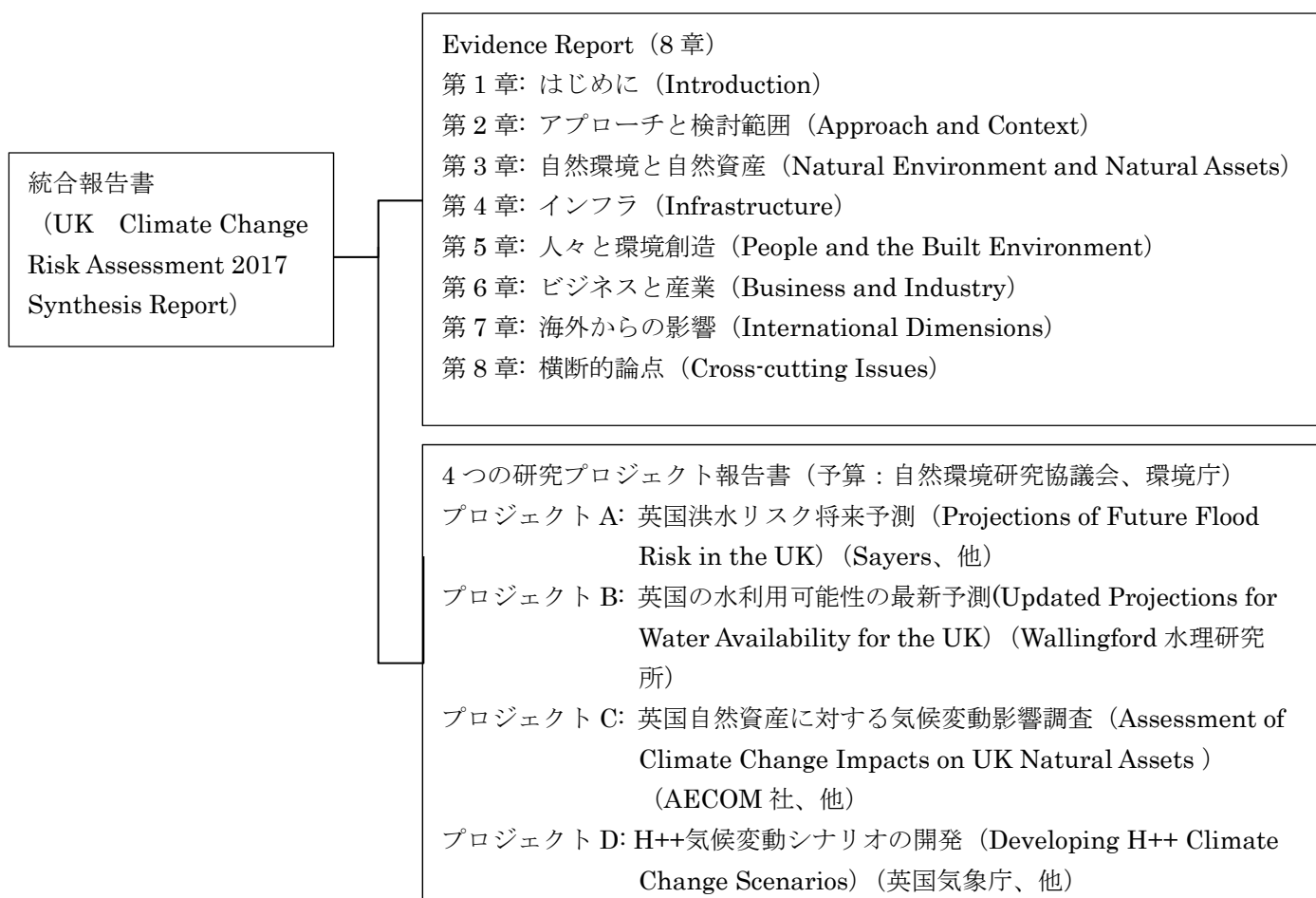


図1 CCRA2 報告書の全体構成

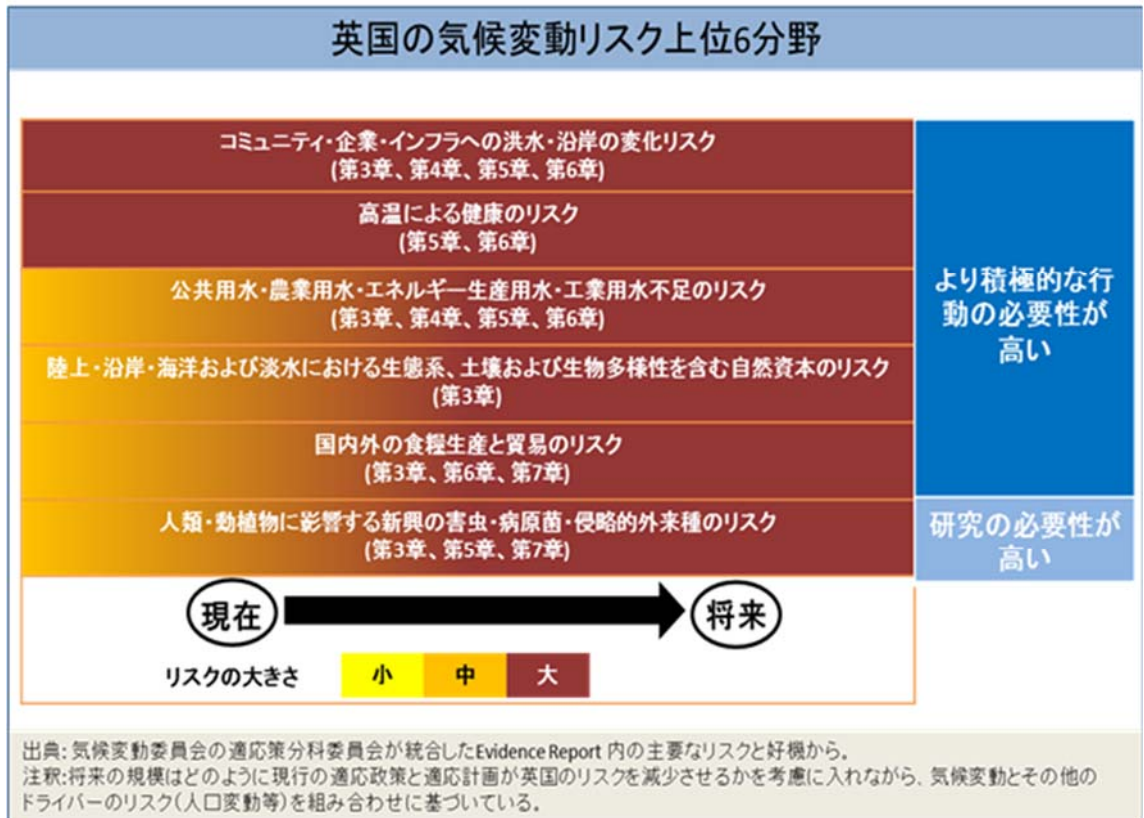


図2 今後5年間で最優先で対策を取るべき英国における6大リスク

以下、気候変動リスク評価のシナリオ設定の考え方と洪水リスクの評価結果を概観するとともに、洪水以外の気候変動リスク分析の1つの典型例として、交通関連のインフラへの影響に関する議論について紹介する。

1) 気候変動リスク評価のシナリオ設定の考え方と洪水リスク評価結果

本項では、気候変動リスク評価のシナリオ設定の考え方と、それに基づく洪水リスクの評価結果について、Project A「英国における将来の洪水リスク予測」(Projections of Future Flood Risk in the UK) 報告書の記述に基づき紹介する。

Project A 報告書では、気候変動シナリオとして3つの気温上昇パターンを想定するとともに、社会変動シナリオとして同じく3つの人口増加パターンを想定して、両者の組み合わせにより7つのシナリオを設定した(気温のH++シナリオでは、人口増加について増加大のシナリオのみを考慮)。その上で、2020年代、2050年代、2080年代について洪水リスクの変化を予測した。

A) 気候変動シナリオ(3パターン)

2080年時点での世界の平均気温と人口増加について、1990年代のベースラインと対比して以下のように設定:

- ① 2°C上昇：UKCP09 サイエンスレポートの低排出シナリオ（2.6°C上昇）に準拠。IPCC 第4次報告書の低排出（SRES-B1）シナリオ（1.8°C上昇）に相当。
- ② 4°C上昇：IPCC の高排出(SRES-A1F1) シナリオ（4°C上昇）と中排出（SRES-A1B）シナリオ（2.8°C上昇）の補間値。
- ③ H<sup>++</sup>シナリオ（英国環境庁（EA）が設定した極端シナリオ（2011年））

B) 人口増加シナリオ（3パターン）

- ① 人口増加小（全英平均で2080年に+20%）
- ② 人口増加大（全英平均で2080年に+53%）
- ③ 人口増加なし

2080年の年間被害額期待値（EAD: Expected Annual Damages）は、人口増加がない条件で、2°C上昇の場合は50%、4°C上昇した場合には150%増大する。この影響には地域差があり、ある地域では他地域に比べて影響は3倍にもなる。また再起年75年以上の洪水にさらされる住宅数は、同じく人口増加がなく、適応策が現況レベルでなされた場合にも2°C上昇では40%、4°C上昇では93%増加する。さらに洪水高頻度区域に立地する介護施設（care home）の数は48%（2°C）と140%（4°C）、学校の数は32%（2°C）と95%（4°C）増加するなど評価している。

次に適応策の実施による効果を議論している。すなわち、現況レベルの適応策を実施する場合（CLA：Continuation of Current Level of Adaptation）、全ての適応策を強力的に推進する場合（EWS：Enhanced ‘Whole System’ adaptation、表2）など、8分野における複数レベルの対策の組み合わせによって計6パターンの適応策のシナリオを設定し、その効果を評価している。2°C上昇の場合、洪水対策予算の増加、開発をより厳しく制限する土地利用計画政策を含む最も野心的な適応策シナリオであるEWS（表2）であれば、人口増加が大きい場合であっても、国家レベルでは洪水被害の増加をほぼ全て相殺できる。しかし4°C以上上昇の場合、EWSによっても被害の70%しか削減できず、英国内の全ての地域で洪水リスクの増大が避けられないとしている。

表2 8分野における適応策シナリオ設定の例  
（EWS=全システムの適応策推進シナリオの場合）

適応策	具体的例
1. 河川・海岸防御施設整備	最も被害の大きい地域において、England内のパートナーシップ基金や革新的な設計へのイニシアチブに進んで投資をし、その他の国（Wales, Scotland and North Ireland）でも洪水防御の水準を維持する。
2. 海岸・河口域における自然プロセスを活用した適応策	維持管理費の削減とハビタット修復が強化される。再生された海岸延長が2030年で15%、2050年で25%、2080年で30%増加する。

<p>3. 農村流域における自然共生型洪水管理</p>	<p>自然共生型洪水管理（NFM: Natural Flood Management）の多面的便益が幅広く認識され普及する。2080年代までに、NFM対策により、高頻度事象におけるピーク流量の20%を削減し、再現期間100年のような低頻度事象では8%削減する。</p>
<p>4. 都市流域における洪水管理</p>	<p>都市雨水排水計画・方針を引き続き強化し、2050年代頃までに全ての新規開発のうち50%には、持続可能な都市排水システム（SUDS: Sustainable Urban Drainage System）を実装する。改築でも2050年代までに面積換算で30%まで増加させる。また、SUDSと並んで、あらゆる種類の地表水管理対策を更に促進。年超過確率1/30以上の高頻度事象の被害を2050年代頃までに50%削減する。</p>
<p>5. 空間計画による対策（浸水リスク域における新しい建築立地の変化）</p>	<p>地方自治体による空間計画（都市計画）において、高い優先度で洪水リスクが考慮され、年超過確率1/75以上の浸水リスク域への住居新築が2050年までに5%減少する。開発決定と計画管理の通知において浸水ハザードマップの使用が増加し、氾濫の可能性が高い地域での開発の防止に有効となる。</p>
<p>6a. 資産レベル保護対策（住居）</p> <p>※対策による減災の成功率を80%と仮定</p>	<p>河川・沿岸氾濫原の、すべての新しい住居は適切な防水・耐水対策を適用する。特に浸水の可能性が最も高い地域の改築に対して補助金を増加（20～50%）させる。洪水リスクと資産保全対策の実施への理解が高まり、中程度～低確率の洪水地域での実装もある程度進む。豪雨や地下水位上昇による改良された浸水マップや水害保険におけるインセンティブにより、河川・沿岸氾濫原以外の場所でも限定的には実装される。</p>
<p>6b. 資産レベル保護対策（住居以外の資産とインフラ）</p> <p>※カテゴリーAにおける対策は年超過確率1/200対応と仮定</p>	<p>洪水リスクに対する意識の高まりによって、特に河川/沿岸洪水の確率が高い地域に位置するカテゴリーA（エネルギー、水）・カテゴリーB（輸送、社会福祉/緊急、ごみ処理）のインフラに対する耐水・防水対策の実装率が、それぞれ100%（カテゴリーA）、50%（カテゴリーB）まで増加する。それ以外の地域では、特にカテゴリーAでは耐水・防水対策の実装率が50%まで増加するが、カテゴリーBでは低いままとなる。</p>

7. 予測、警告、コミュニティ対応	洪水の影響が少ない地域と自然の価値が高い地域では、従来の洪水防御は難しいまたは望ましくないという認識によって、洪水予警報整備に重点を置き、海岸地域の 100%、河川沿岸や非住宅地区ではそれより若干少ないレベルまで普及が進展する。レーダーやモデル技術の進歩によって予測精度が向上しリードタイムが伸びる。警告は広く受け入れられ、受信者のニーズに合わせて調整されており、直面しているリスクへの理解が深まっているため、コミュニティがより適切に対応することができる。結果として、年超過確率 1/75 より高頻度に発生する事象による直接被害は、2080 年代までに 15%減少する。
-------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2) インフラに対する気候変動リスク評価（交通分野の場合）

本項では、Evidence Report 第 4 章「インフラストラクチャー」(Infrastructure)の内容を一部紹介する。インフラへの気候変動リスクの評価の体系は、図 3 に示す通りであり、対象とするインフラ分野は、上下水道、交通、発電、配電、洪水・沿岸防災、固形廃棄物、ICT の多岐に渡る。以下、交通インフラに関する記述を抄訳で引用する。

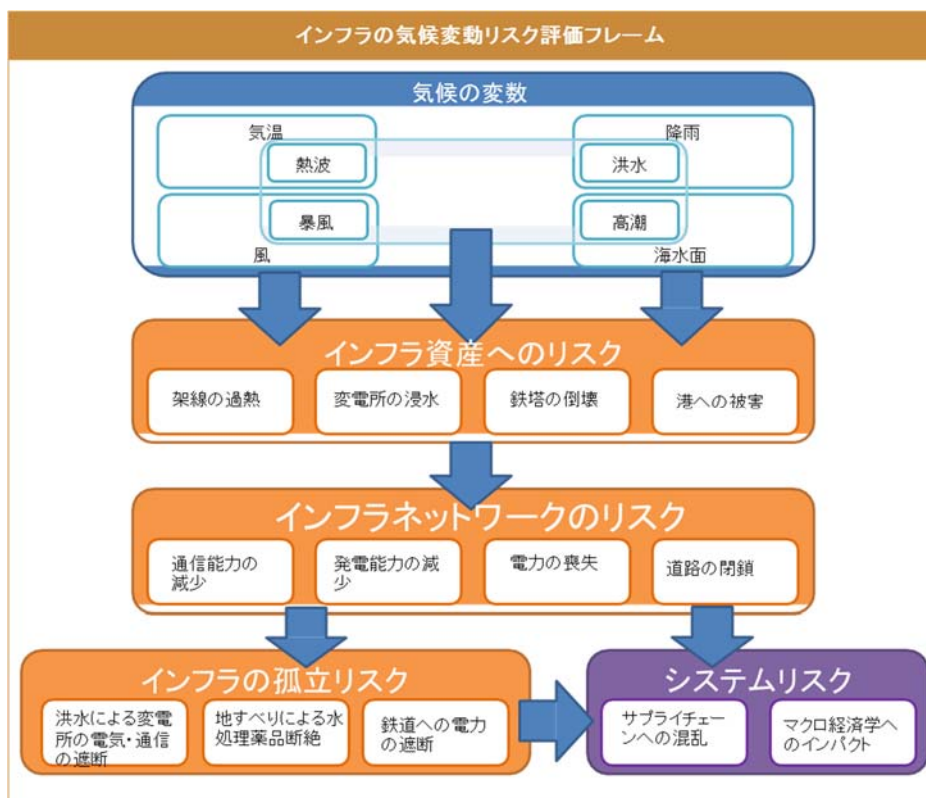


図 3 インフラへの気候変動リスクの評価体系

#### a) 橋

河川洪水は、全ての交通機関の橋に対して継続的なリスクを引き起こし、その崩落は交通ネットワークの強靱性に対して、破壊的な影響を与える。再現期間 50-500 年（平均 160 年）の洪水流量によって、全英で、2.6 年に 1 度の割合で 1 箇所以上の橋の崩落が予測されている。また予測される冬期雨量と河川流量の増加により、2080 年までに潜在的に 20 箇所に 1 箇所の割合で洗掘のリスクがある。完全な破壊ではない損傷についても、長期間の通行止めになり得る。

#### b) 盛土と切土

盛土の安定性は、陸上交通ネットワークの主要論点である。20,000km を超える切土と盛土が英国の交通インフラを支えているが、そのうち 1,651km で地すべりのリスクがある。これらの既存施設（アセット）の更新にはコストがかかる。例えば、イングランドとウェールズの鉄道ネットワークの土工の更新には、1 年あたり平均 1 億ユーロの費用が見込まれる。

気候変動は土工斜面の安定性を決定する進行過程やパラメータに影響を与える。モデリングでは土壌水分の変動で収縮と膨張による破壊リスクが増加し、乾燥によるひび割れで安定性が減少することが予測された。土の可塑性が大きい南東イングランドで最も深刻となり、英国のインフラで一番重大な地質災害になりえる。

深層崩壊等、斜面の土砂災害については、気候変動の影響はあまり明らかではない。しかし、予測される降雨頻度と継続期間の増加による斜面の脆弱性は、自然斜面及び切土斜面の崩壊により影響を受けた道路と鉄道ネットワークが、2012 年~2014 年の冬に増加したことによって示された。

さらに、豪雨は路面陥没を増加させる。2013 年/2014 年の冬に発生した暴風雨後にイングランドでは 21 の陥没の発生が報告された。陥没の発生は、その土地の地盤の状況にも左右されるが、降雨変化によって頻度が増加する見込みである。

#### c) 道路

現時点で洪水の影響を受ける道路延長は 6,600km であるが、2080 年までに 53-160%増加する可能性がある。2007 年に発生した洪水の被害額は 2 億ポンドだったが、2080 年には毎年、同等の規模の被害を受ける可能性がある。

海岸侵食の影響を受ける主要道路ネットワークの延長は現在の 1km から、2100 年までに 12km に増加すると予測されている。これは、ネットワーク全体の割合としてかなり低いですが、特にルートの変更しか対策がない場合には、影響は拡大するだろう。

また、夏季の高温化は橋梁や舗装への熱負荷を増加させ、熱膨張、アスファルトのブリージング（浸み出し）、わだち掘れを引き起こすことが予想される。気温が低下しなければ、これらの修復は有効に機能しない。

雪氷を伴う寒波は、現在すでに道路の被害や妨害の主な原因であり、2006-2014 年では天候に関連した主要道路ネットワークの渋滞の 16%を占めていた。



しかし、温暖化により将来的には、冬の維持管理費の減少とともに寒波に起因した渋滞も減る見込みである。

#### d) 鉄道

現在、580 の駅とのべ 2,400km 区間は、洪水のリスクが高い(年超過確率 1/75 年以上)。同等の洪水リスクを有する駅は 2080 年までに 10~28%増加すると予測され、鉄道延長は 41~120%増加する可能性がある。しかしその多くは、洪水位以上への嵩上げが進められることで安全になり得る。

England の鉄道網の 1%未満 (11km) は、今後 20 年以内に沿岸侵食の危険性がある地域に位置している。これらの地域はすべて防潮堤で保護されているが、破堤した場合、潜在的に非常に破壊的な結果をもたらす可能性がある。沿岸侵食にさらされる England の鉄道ネットワークの長さは、2050 年代までに 38km、2100 年までに 62km に増加すると予想されている。

高温による最も大きなリスクは座屈である。座屈は、2050 年代までに 4~5 倍の頻度で発生すると予想されている。2080 年代までに、高い気候変動シナリオ下において座屈と熱関連遅延の年間コストは 8 倍に増加する可能性がある。2040 年代の England 南西部では、線路の座屈を防ぐための速度制限が現在の 0.5 日から約 2 日間へ 4 倍 (2.5~7 倍の間) に増加すると予測されている。極端な気温による影響としては、さらに以下が挙げられる。

- 線路のメンテナンスが不可能な日数が増加し、英国全体で著しく、スコットランドでも 3 倍に増加する。
- 架線のたるみが、南部、東部イングランドでは頻度が 2-7 倍になる。
- 屋外労働者への熱ストレスが増加し、2040 年代までに南部、東部イングランドでは 2-9 倍になる。

鉄道網では、2006 年から 2013 年までの乗客に影響する遅延等混乱の 5%は強風によるものであった。大部分の損傷は、樹木や枝が鉄道線路に吹き付けられ、線路を塞ぎ、電車に損傷を与えたり、ケーブルを引き下げたりすることによって、混乱が発生する。気候変動が植生に及ぼす影響は不確実なため、潜在的な変化を緩和するため、植物の成長率、種、落葉についてより良く理解することが重要としている。

一方で、雪と凍結の日数が少なくなり、冬季の維持費を削減することができる。

地下インフラは、雨水や地下水、温度による快適性への影響が特に懸念される。高い気候変動のシナリオでは、ロンドン深い地下鉄路線は、乗客が不快感を経験する可能性があり、列車の冷却は効果的だが、十分でない可能性がある。

#### e) 航空

気候変動が英国の航空に及ぼす影響は、すべての交通手段の中で一番小さいと予想される。現在の最大の課題は異常天候である。雪と凍結は引き続き問題となるが、気候変動によって減少すると予想される。霧は常に問題だが、気候変動の霧への影響予測は限られ、信頼性は低い。洪水による影響は空港では一般的に限られているが、周辺施設に問題を引き起こす可能性がある。なお、ガトウィック

空港は 2013 年のクリスマスイヴの大洪水により、ターミナル地下の電源や IT 施設の浸水による大きな混乱を経験している。

#### f) 港湾

現在、すでに極端な気候により影響を受けており、気候変動がこれを増加させる。英国の港の半分は東海岸にあり、高潮 (tidal surge) による被害のリスクが最も高い。多くの港湾が特定の貨物のみを取り扱っており、冗長性の欠如は、主要な港への混乱がより広域への経済的被害をもたらすことを意味する。2080 年までの 50cm 以上の海面上昇は、特に老朽化した港湾インフラに対する影響が懸念されており、洪水被害の脅威も増加する。浚渫の必要性がどのように変わるかは不明である。港湾は侵食に対して耐性があるが、広い河川流域での土壌浸食や土砂輸送の変化の影響が、浚渫の必要性を増加させる可能性がある。強風や波の作用の変化によって海運や航海に付加的な影響が加わる可能性があるが、明確ではない。

英国の内陸水路は、現在、主にレジャーに利用されている。インフラは老朽化しており、特に気候変動の影響を受けやすい。運河・河川における流量への気候変動の影響は、2080 年代には -20%~+80% の範囲で変化するとされており、非常に不確実である。干ばつ時の流量減少は舟運を制限し、豪雨による流量増大は局所的な洪水や浸食を増加させる可能性がある。これらの問題に取り組むには、特に古いインフラに対して大幅な適応策の実施が必要となる。

## (2) 【英国：再保険会社が英国気象庁に委託した世界の気候の関連性によるリスク分析結果を公表した。】

英国の再保険会社ロイズ (Lloyd's) は、世界で発生している様々な極端な気象による災害 (global extreme weather perils) 間の相互関係や、異なる災害が互いに依存するメカニズムに関する調査を英国気象庁 (Met Office) に委託した。ロイズは、その研究成果報告書 “世界の気候の関連性によるリスク (The risk of global weather connections)” を公表した (2016 年 11 月)。

### <主な注目ポイント>

- ・民間のロイズ社が英国気象庁に委託した研究報告書である。
- ・主要気象災害の生起について、一部には地球規模のテレコネクションによる弱い相関は見られるものの、災害損失額に大きな影響を与えるほどの有意な相関性と影響はないことについて、科学的・工学的な説明を試みている。
- ・過去気象データのみでは相関係数の不確実性の評価は不十分と判断し、地球規模気象現象や災害生起についてモデル化を図り、疑似時系列データ群を多数発生させることで、評価結果の信頼幅の評価を行っている。

<http://www.metoffice.gov.uk/news/releases/2016/lloyds-teleconnections-report>

(記事本文)

<https://www.lloyds.com/~media/files/news%20and%20insight/risk%20insight/2016/1781g%20lloyds%20met%20report%202016%20links.pdf> (報告書本文：3.2MB)

ロイズは、世界中のハリケーン、暴風雨、冬期の嵐、雹、洪水など多くの災害の被害等に対する保険金支払を含めて必要となる再保険用資本を評価するための内部モデル（以下、「ロイズ保険運用資本モデル」）を持っているが、ここでは、気象の極端現象は独立して発生するものと仮定している。

一方、気象・気候学では、離れた地域で数日から数年隔てて起こる気象の極端現象間の関連性をテレコネクション (teleconnections) と呼び、以前から多くの研究が行われてきている。このため、近年、保険監督専門機関の間では、気象の極端現象の生起における独立性の仮定に関して疑問視する声があがっている。本調査は、ロイズ保険運用資本モデルにおけるこの仮定が、同モデルの運用の観点から適正であるかを検証するとともに、テレコネクションのリスクモデルに関する理解を深めるために行われたものである。

まず、ロイズの再保険市場への関連性に基づいて、12の地域とそれに対応する **16種類**の「**地域災害 (region perils)**」を選定した (表3)。

次に、それらの地域災害に対する影響力と季節性を考慮し、

- 1) エルニーニョ・南方振動 (ENSO: El Niño-Southern Oscillation)
- 2) 北極振動 (AO: Arctic Oscillation)
- 3) 南極振動/南半球環状モード (AAO/SAM: Antarctic Oscillation / Southern Annular Mode)
- 4) 北大西洋振動 (NAO: North Atlantic Oscillation)
- 5) 北太平洋振動 (NPO: North Pacific Oscillation)
- 6) 太平洋・北米パターン (PNA : Pacific North America Pattern)
- 7) 東大西洋パターン (EAP: East Atlantic Pattern)
- 8) スカンジナビアン・パターン (SCP: Scandinavian Pattern)
- 9) インド洋ダイポールパターン (Indian Ocean Dipole: IOD)

の **9つ**の「**地球規模気象現象 (earth system drivers)**」を選定した。

表3：検討対象とした16の地域災害

地域	災害事象	地域	災害事象
オーストラリア	洪水	インド洋	熱帯低気圧
〃	暴風	メキシコ	洪水
〃	森林火災	北東アメリカとカナダ (東海岸)	熱帯低気圧
ブラジル	洪水	北西太平洋	熱帯低気圧
中国	洪水	南アフリカ	洪水
ヨーロッパ	洪水	タイ/マレーシア	洪水
〃	暴風	アメリカ	洪水
メキシコ湾とフロリダ	熱帯低気圧	〃	竜巻

※対象地域の選定には、ロイズ再保険業務の市場が反映されていると考えられる。

これらの地球規模気象現象と地域災害の間の発生の関連性について、以下の手順による分析を行っているので、それぞれの過程と結果についてまず紹介する。これらの分析結果によって得られる知見については、最後にまとめて言及する。

- i) 各地球規模気象現象について、1979～2015年にかけての35年間（各々の時間スケールと相互関連性の時差を考慮）での発生度合いの指標の時系列（月単位）を整理し、それぞれの地球規模気象現象同士の関連性（カスケード形式の階層プロセス）にも配慮した自己回帰移動平均（ARMA: AutoRegressive-Moving-Average）モデルを同定する（北大西洋振動、スカンジナビアン・パターン、太平洋・北米パターンのみ独立とみなすことができ、他は、相互に関連して生起しているとしている。）。このプロセスは、35年間の実経験のみでは、地球規模気象現象間のあらゆる関連性の分析を網羅的に分析するのは不十分と想定されるため、後のプロセスにおいて、より長期間にわたる疑似時系列データを作成するために実施するものである。
- ii) 各地球規模気象現象と各地域災害の相関に関する過去データを200以上の文献から収集し、相関係数（平均値、フィッシャーZ変換による母分散推定値）として整理する。その結果を表4に示す。1つの地域災害に対して複数の地球規模気象現象が相関性を有する結果となっている例が多い。

表4 9種の地球規模気象現象と16種の地域災害の相関

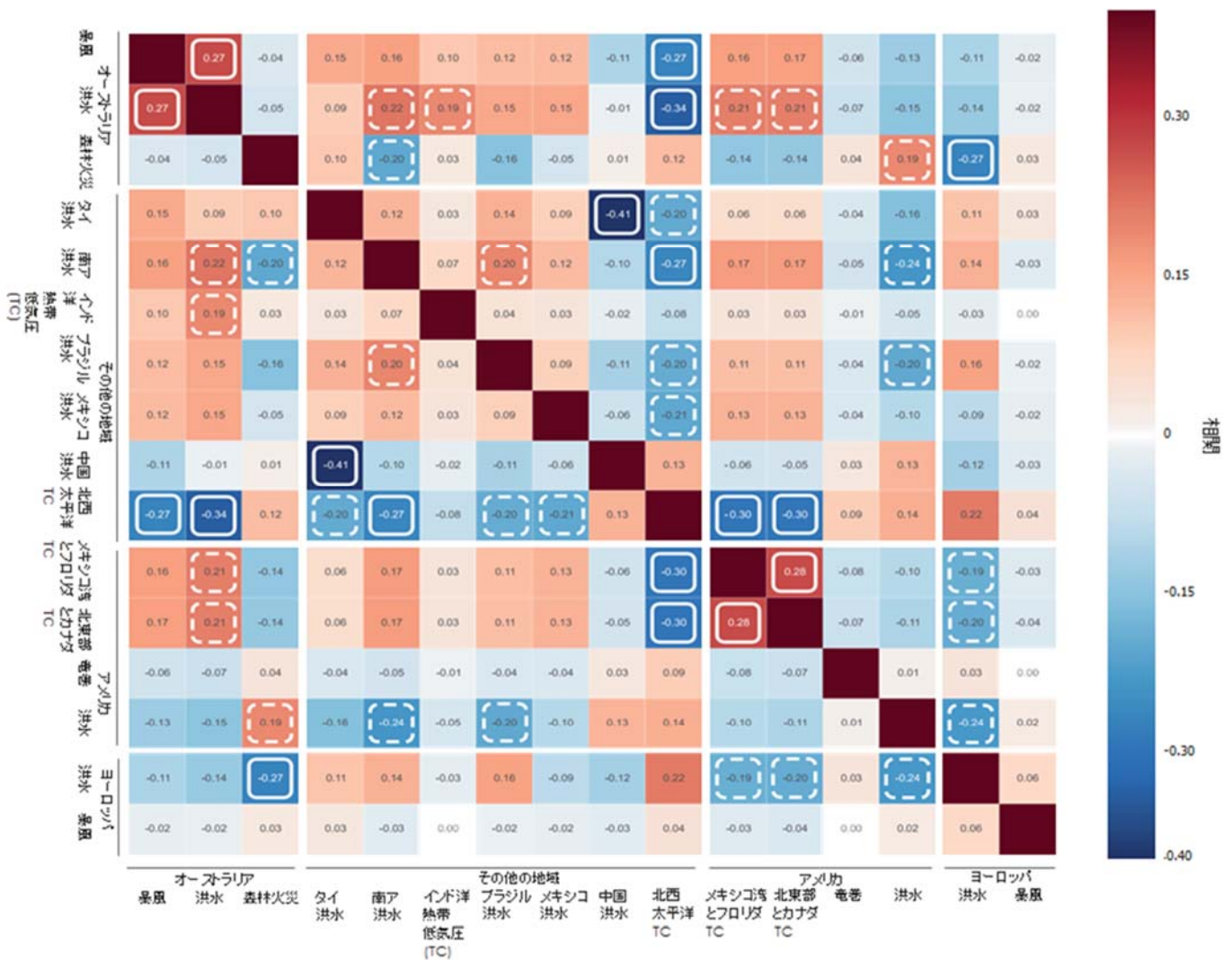
	オーストラリア 暴風	オーストラリア 洪水	オーストラリア 森林火災	南アフリカ 洪水	インド洋熱帯低気圧	タイ/マレーシア 洪水	メキシコ 洪水	ブラジル 洪水	中国 洪水	ヨーロッパ 暴風	大西洋熱帯低気圧-メキシコ湾とフロリダ	大西洋熱帯低気圧-北東アメリカとカナダ	北太平洋熱帯低気圧	アメリカ 洪水	アメリカトルネード	ヨーロッパ 洪水
エルニーニョ・南方振動	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4		-0.3	-0.3	-0.3	-0.1		-0.5	-0.5	0.7	0.2	0.1	0.3
北極振動									-0.3							
南極振動	0.3	0.6		0.3	0.4	-0.2		0.5								
北大西洋振動										0.2	-0.2	-0.2				0.35
北太平洋振動								-0.6								
太平洋・北米パターン										0.3		-0.7	0.3	-0.2		
東大西洋パターン									0.1							
スカンジナビアン・パターン									-0.2							-0.1
インド洋ダイポールパターン	-0.4	0.4	-0.5		-0.7		-0.4	0.3						0.5		-0.3

確認が強い
  明確な確認がない
  確認が弱い

iii) 各地球規模気象現象について i) で求めた ARMA モデルにおける誤差項にガウスノイズを与えるモンテカルロシミュレーションにより、10,000 ヶ月分<sup>※</sup>の時系列データを疑似生成する。これに、ii) で求めた各地球規模気象現象と各地域災害との相関係数群で定まる分散共分散行列を適用することにより、**地域災害危険度指標 (peril index)** の時系列データ (全時系列データによる平均をゼロとして分散で正規化) が生成される。その 1 年単位での平均値として、毎年の peril index 値を算出する。1 つの地域災害に対して複数の地球規模気象現象が影響するため、各 peril index は多変量正規分布に従うことになる。次に、ここで求めた各 peril index 同士の相関係数 (地域災害相関係数) を算出する。地域災害は 16 種類あることから、その組み合わせは 120 通りとなる。

※) : 「35 年分を 1 セットとした上での 10,000 セット」と解釈すべき可能性あり。

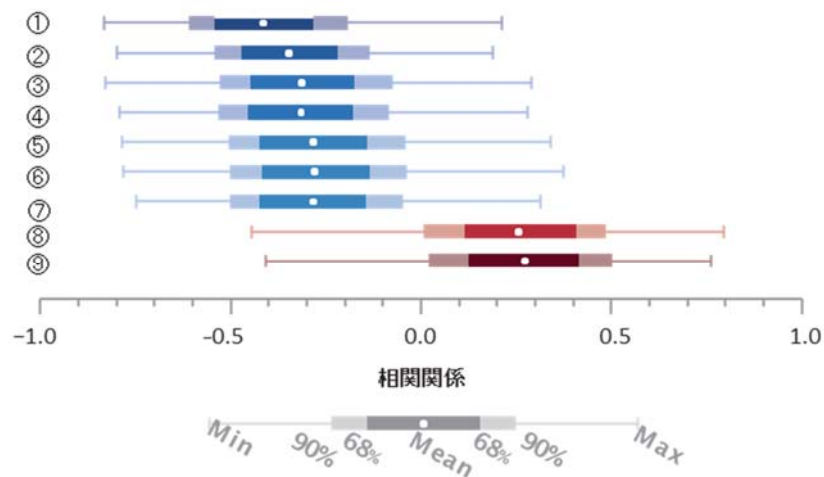
表 5 地域災害相関係数の期待値の算出結果



iv) 上記の iii)のプロセスを 100 回繰り返すことにより、各 peril index 同士の相関係数（地域災害相関係数）の期待値と信頼区間を評価する。本分析により、地域災害間の相関（テレコネクション）の存在・程度とその確からしさを併せて把握することができる。まず、その地域災害相関係数の期待値の算出結果を表 5 に示す。0.7 を超えるような強い相関は見られず、むしろ大多数が相関はないと言って良い結果となった。但し、120 の組合せのうち、9 つのみは有意な相関係数値を示した（表 5 の実線で囲われた組合せ）。

一方、それらの有意な地域災害相関係数について、取り得る信頼区間を含めて評価すると、正と負のいずれの相関にもなり得ることがわかった

（図 4）。例えば、地理的に比較的近接しているオーストラリア暴風の指数と北西太平洋熱帯低気圧の peril index 同士の相関関係の例を図 5 に示すが、弱い相関が見られるにせよ、両者の関係はほぼランダムと見なしても良いことが理解できる。さらに、120 個の地域災害の組合せの相関係数において、大多数の 105 個の係数値がほぼ 0 に近かった。



- ①タイ/マレーシア・洪水 - 中国・洪水
- ②オーストラリア・洪水 - 北西太平洋・熱帯低気圧
- ③北東アメリカとカナダ・熱帯低気圧 - 北西太平洋・熱帯低気圧
- ④メキシコ湾とフロリダ・熱帯低気圧 - 北西太平洋・熱帯低気圧
- ⑤オーストラリア・森林火災 - ヨーロッパ・洪水
- ⑥オーストラリア・暴風 - 北西太平洋・熱帯低気圧
- ⑦南アフリカ・洪水 - 北西太平洋・熱帯低気圧
- ⑧オーストラリア・暴風 - オーストラリア・洪水
- ⑨メキシコ湾とフロリダ・熱帯低気圧 - 北東アメリカとカナダ・熱帯低気圧

図 4 9 つの有意な地域災害相関係数の取り得る信頼区間

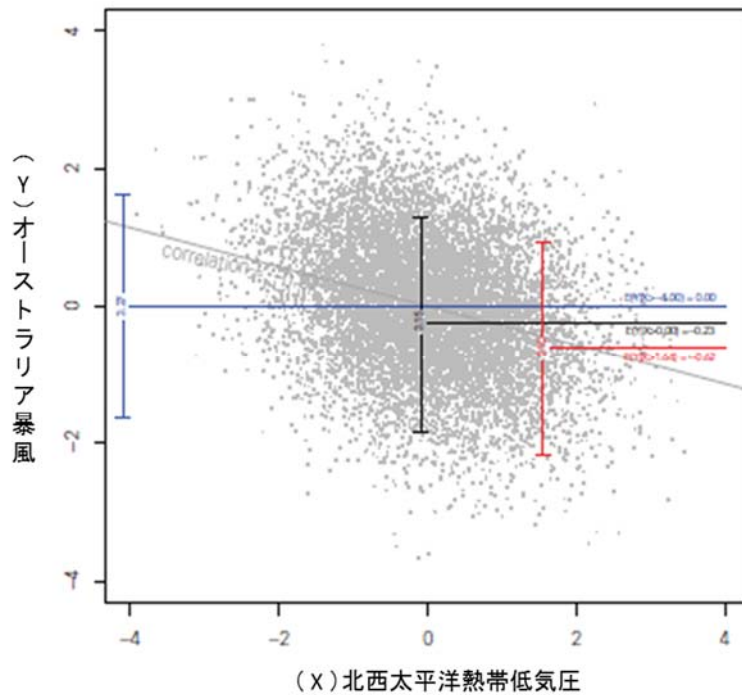


図5 オーストラリア暴風の peril index と  
北西太平洋熱帯低気圧の peril index の相関関係の例

- v) 上記までの i)~iv)の分析により、地球規模気象現象と地域災害との様々な組み合わせの相関関係が分析され、弱い相関がごく一部にはみられることが明らかにされた。しかしながら、これらの関連性の結果としてある時期のある地域災害の **peril index** が高くなっているからといって、そのときに必ず極端な気象現象が発生し、かつ、地上の脆弱性と重なることで大災害が発生するとは限らない。例えば、1992年はエルニーニョ年で、ハリケーンの発生を減少させる気候パターンだったにもかかわらず、ハリケーン・アンドリューにより20世紀最大の保険損失を被ることとなった。そのため、地球規模気象現象と地域災害の相関が高い場合に大災害が発生し、相関が低い場合は発生しないとは必ずしもみなせない。

現行のロイズ保険運用資本モデルでは、(上記に示したような地球規模気象現象や他の地域災害との相関、あるいは、それから評価される **peril index** とは関係なく) 個別の地域内生起特性に応じて独立して大災害を発生させる仮定を行っている。そこで、ロイズ保険運用資本モデル独自の方法で独立して大災害を発生させる場合と、i)~iv)の方法で相互関連性に基づき評価された **peril index** に対応した確率で大災害を発生させる場合で、災害損失額が変化するか否かの感度分析を行った。その結果、両者の差はほとんど検知できなかった。また、i)~iv)で分析した相互関連性を仮定しなくても、ある地域災害同士が同時に発生することを十分再現できることを確認した。すなわち、ロイズ保険運用資本モデルにおける大災害発生の特異性の仮定は適切で

あると結論した。

本報告書は、本調査における最も重要な知見を最終的に以下の4点にまとめている。

- 1) ロイズ保険運用資本モデルにおける気象の極端現象間の独立性の仮定は、適切である。
- 2) 地球規模気象現象間、地球規模気象現象と地域災害間で、幾ばくかの相関関係を示したが、ロイズ保険運用資本モデルを変更するほど重大ではない。
- 3) ある地球規模気象現象と地域災害の相関が高いからといって、ある地球規模気象現象のもとで必ず大災害に繋がるとは限らない。
- 4) 地域災害は、相互に関連がない場合でも、同時に発生する可能性がある。

すなわち、本調査が気候変動の現在までの状況とそのダイナミクスの理解に基づいていることを前提としつつも、極端な自然災害リスクのモデリングにおいて、それぞれの地域で発生する災害の独立性を仮定することは適切としている。また、このことは、再保険業界が複数の地域におけるリスクをプールすることは資本運用の観点から効率的であることを支持する。世界の一部の保険監督機関では、リスクのための資本は国際的に分散させず、自国の管轄内で運用されるべきであるという考え方が広がっているが、それを否定する結論と言える。それぞれの地域ごとにリスクの収支を合わせようとすることは、(再)保険市場の資本効率を低下させ、その結果、保険契約者の負担を不必要に増加させる。そのため、国際的な資本の分散化により、気象の極端現象によるリスクをできるだけ平準化することが、保険契約者にとって最善としている。

今後は、気象災害に含まれる極端なイベントの性質に焦点を当てた研究など、モデルの改良を進めることが望ましいとしている。全球気候モデルや他のモデルにより、これまで観察されていない新たな同時生起事象があり得ることが認識されることによって、災害による影響を調査するのに役立つ可能性がある。その場合、意味のある結論を引き出すために、十分な精度で災害がモデル内で分析されているかどうかを評価することが重要としている。



## <その他のニュース>

- (3) 【国総研気候変動適応研究本部：河川・海岸分野の気候変動適応策に関する研究報告書を刊行しました】

地球温暖化等による気候変動の影響の下で、河川・海岸の計画目標レベルや既存の施設整備水準を超える外力（豪雨／少雨等）の発生頻度が高まることにより、洪水や渇水等の水災害が増大することが懸念されます。そのような超過外力の下では、災害を完全に防ぐことは困難であり、社会全体としてその被害を最小化していく減災の取り組みが求められます。そこで、国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部において、気候変動が河川整備・管理に及ぼす影響を評価する手法、超過外力発生時の災害リスクを評価する手法及びそれらの水災害を軽減するための施策メニューの拡充手法等の開発を行うとともに、それらを総合化した防災・減災マネジメントの考え方を提示することを目的としたプロジェクト研究「気候変動下での大規模水災害に対する施策群の設定・選択を支援する基盤技術の開発(2010-2013年度)」を実施しました。2013年から2014年にかけて公表されたIPCC第5次報告書や環境省気候変動予測データも一部踏まえて追加実施した研究成果を含めることで、研究成果報告書として2017年4月に公表したものです。

以下のリンク先から、報告書全体、もしくは各章毎にPDFファイルをダウンロードできます。

今後の研究の方向性等、読者各位からのご意見をお寄せいただければ幸いです。

### ■ 国土技術政策総合研究所 プロジェクト研究報告書 第56号

「河川・海岸分野の気候変動適応策に関する研究－「気候変動下での大規模水災害に対する施策群の設定・選択を支援する基盤技術の開発」の成果をコアとして－」

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoku/kpr/prn0056.htm>

## <目次>

第Ⅰ部 [研究の概要](#)（気候変動適応研究本部事務局）

第Ⅱ部 [河川・海岸の整備と管理に関わる気候変動影響の評価](#)

1. 国内外における気候変動予測の現状（水循環研究室）
2. 治水施策の視点から見た気候変動影響－気候変動予測結果の翻訳と人口の長期的変化の考慮（河川研究室）
3. 都市雨水排水対策の視点から見た気候変動影響（下水道研究室）
4. 沿岸に作用する外力に見込まれる気候変動影響（海岸研究室）
5. 水資源計画・管理の視点から見た気候変動影響（水循環研究室）
6. 河川環境の視点から見た気候変動影響（河川環境研究室）
7. まとめと今後の課題（第Ⅱ部）（気候変動適応研究本部事務局）

### 第Ⅲ部 気候変動影響に対する適応策に関する研究

#### Ⅲ-1 [海外における適応策のレビュー](#)（気候変動適応研究本部事務局）

#### Ⅲ-2 [豪雨による水害への対応](#)

1. 全体構成
2. 気候変動影響・超過洪水生起を踏まえた新しい治水フレームの考え方（研究総務官）
3. 超過洪水時の治水システム挙動を考慮した被害生起シナリオと施策効果の分析手法（河川研究室）
4. 河川および流域に関する様々な適応策オプションの拡充と適用条件の明確化
5. まとめと今後の展開（Ⅲ-2部）

#### Ⅲ-3 [海岸分野における気候変動への対応](#)（海岸研究室）

1. はじめに
2. 閣議決定「気候変動の影響への適応計画」までの海岸分野における検討の変遷
3. 海岸関係4省庁における気候変動適応策
4. 海岸分野における気候変動適応策に向けた研究の動向

#### Ⅲ-4 [水資源分野における気候変動への対応](#)

1. 水資源計画・管理における施策動向（水循環研究室）
2. 気候変動によるダム貯水池の水質への影響と適応策の検討（水循環研究室）
3. 都市域における水資源確保代替案としての再生水利用の検討（下水処理研究室）

- 国総研資料第749号「気候変動適応策に関する研究（中間報告）」についても、併せてご参照ください。

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0749.htm>

- 気候変動適応研究本部ホームページ

<http://www.nilim.go.jp/lab/kikou-site/index.htm>

#### 【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 深見（M8092-3512, [fukami-k92ta@mlit.go.jp](mailto:fukami-k92ta@mlit.go.jp)）

山本（M8092-3527, [yamamoto-y92td@mlit.go.jp](mailto:yamamoto-y92td@mlit.go.jp)）

（情報収集担当：河川研究室 生江）