

適応策の施策化過程に関する課題と解決策～インタラクティブ・アプローチ～

1. はじめに

(1) 背景

日本の気候変動適応研究は、2004年に環境省の地球環境研究総合推進費による「総合的気候変動影響に関する研究S4」に始まった。2009年にはこの研究成果を基礎に環境省から「賢い適応」が発表された。この研究成果を引き継ぐS8では、気候変動適応にかかる自治体の重要性に鑑み、自治体の協力のもと地域の影響評価や適応策ガイドラインの策定、情報提供の場としての「地域適応フォーラム」を立ち上げなど一定の成果を挙げつつある。

また、国においても2013年7月に中央環境審議会の下に気候変動適応部会を設置し気候変動予測を行い、2015年夏には国家適応戦略の策定を目指すなどの動きがある。

一方で地方自治体においては、国に先駆けて様々な動きがあるものの、多くの自治体において適応策の施策化は遅々として進んでいない。

東京都においても2008年に環境基本計画に適応策を位置づけて施策化に向けた動きを進めてきたが、現時点においても施策化に至っていない。

(2) 研究の目的

本研究は、自治体における気候変動適応策の施策化過程における課題を明らかにし、その対応方法とともに具体的な適応策施策化の手順を示すことを目的とする。

(3) 研究方法

筆者は、2009年から都における適応策の検討過程に携わり、実務を通して適応策施策化過程の課題について考えてきた。そして、①「気候変動予測の特性による関係者の思考停止」、②「関係者の当事者意識醸成の困難」、③「適応策施策化における具体的手順の欠如」の3つの課題を把握した。(2章)

次にこれらの課題を克服するための適応策施策化の具体的手順を設定し(3章)、これを①海外先進自治体適応策担当者へのヒアリング、さらに②自治体においてケーススタディを実施することにより手順の妥当性を実証した(4章)。

2. 施策化過程における課題

(1) 気候変動予測の特性による関係者の思考停止

今まで日本においては、「全球気候モデルによって気候変動を予測し、そこから分野別、地域別にどのような影響が出るかを示し、その影響に対応するため適応策を検討する。」という手順で適応策の検討を進めようとしてきた。

しかし、このアプローチで自治体の適応策実務担当者に対応を求めたところ、「予測

の不確実性が大きすぎて対応不能である。」「予測精度の向上を待つべきである」と言った意見や予測精度の議論に終始して会議が進まないといった状況が度々発生した。このような状況は、都のみならず他の県においても見受けられた。¹

気候変動予測には大きな不確実性が存在するため、最初の段階から「気候変動予測」に言及すると、その難解さから抵抗感が大きく、結果として思考停止や議論が進まないといった状況に陥りやすいと考えられる。

(2) 関係者の当事者意識醸成の困難

数十年先の気候変動予測結果を適応策実施担当者に提示することは、その不確実性の大きさ、遠い将来の結果であることと相まって担当者には危機感を持って伝わらない。結果として当事者意識の醸成を阻害する。理屈では分かるが、具体的な行動を伴わない事態が発生する。

(3) 適応策施策化の具体的手順の欠如

上記の2つの課題に加え、「気候変動の影響があり、対応が必要なのも理解はできるが、具体的に何をしたら良いか分からない」という意見も様々な自治体関係者の会議²で聞かれた。気候変動予測科学や適応策の概念が非常に難解なため、これらを理解した上で具体的な行動を起こすには困難が伴う。

3. インタラクティブ・アプローチ

本章では、2章で抽出した3つの課題を解決し、スムーズな適応策の施策化に資するために、具体的手順を「インタラクティブ・アプローチ」として設定した(図1)。以下に概要と具体的手順、実施上のポイントを説明する。

(1)概要

図1の左側「包括的アプローチ」とした全球気候モデルの将来予測を基本に、温暖化時の影響を予測、特定し、予測された影響に対して対策を考えるアプローチが今まで日本において多く実施されてきた方向性である。

しかしながらこのアプローチのみであると影響予測と適応策の施策化の間で2章において述べた状況が発生し、スムーズな適応策の施策化に結びつかなかった。そこで、別方向からの「個別アプローチ」と合わせて適応策の施策化を目指すことを提案する。

「個別アプローチ」では、個別の既存施策や施設、事業を対象とし、日常の業務に直結した具体性を持たせることにより、2章2節で述べた課題の「関係者の当事者意識醸

¹ 2013年気候変動対策自治体パートナーシップ会議 2013年5月14日開催

² 2013年九都県市首脳会議地球温暖化対策特別部会WG 2月28日、7月10日、8月8日、29日に開催

成の困難」を克服する。まず、過去の極端な気象現象を参考に、対象が現状でどこまでの気象現象に対応可能かを論ずることにより、気候変動予測に言及すること無く議論を進める方法をとる。これにより、スタートから不毛な予測精度や不確実性の議論に入り込むことを避けられ、遠い将来の問題という誤解も起きない。そして、関係者の気候変動リスク、適応策の理解に合わせて、少しずつ「包括的アプローチ」で実施した気候変動予測を導入してプロセスを進めることにより、2章1節で述べた課題「気候変動予測の特性による関係者の思考停止」の克服を目指す。さらにこのプロセスを実施することにより、気候変動予測科学の理解を必要とする適応策と必要としない適応策の選別が可能となり、気候変動予測の専門家人的資源、計算機資源、資金の有効活用を目指す。

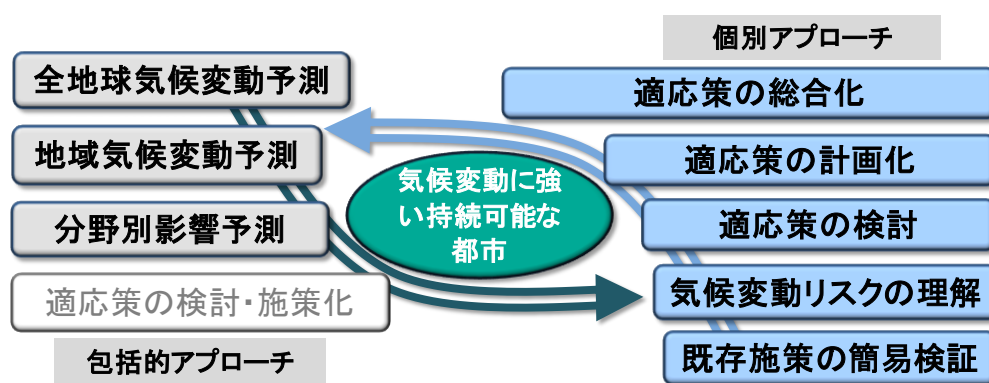


図1 インタラクティブ・アプローチの概念図

(気候変動に適応する社会 P62 「二つの適応アプローチ」より市橋改変)

(2) 具体的手順

個別アプローチの手順のうち、「既存施策の簡易検証」から「適応策の計画化」までを3つのステップに分けて説明する(図2)。その後、個別に計画化された適応策を総合化する手順について説明を加える。

① STEP1 過去の極端気象をベースとした簡易なリスク検証

過去の気象災害等を参考に、気象の影響を受けると考えられる個別の施設や事業、施策等を対象に関係者によるブレインストーミングを行う。まず、対象とする既存の施設や事業、施策を洗い出す。これは、「管理事務所」などの施設や「熱中症対策」等の施策、「〇川洪水対策事業」などの事業でも良い。

次に、対象に対し気候のどの要素がどのような影響を及ぼすか話し合い、対象の弱点や対応の限界を特定する。限界を超えた場合の影響で許容できる影響、許容できない影響を話し合う。

さらに許容できない影響に対しどのような対策、対応が可能か、議論する。

考え出された対策の実施時期、コスト、効果、準備期間、耐用年数等についても可

能な範囲で特定する。対策後も残るリスクや連鎖についても考慮する。

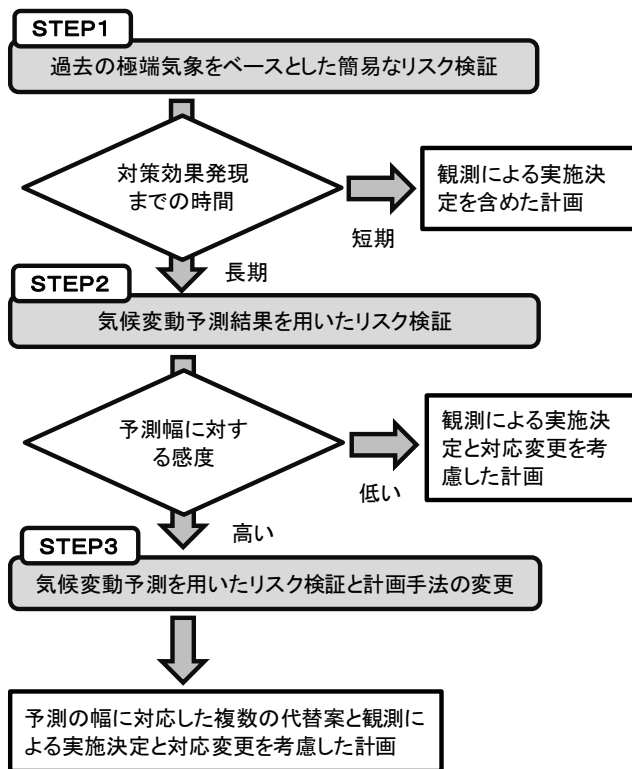


図2 インタラクティブ・アプローチ手順図

② STEP2 気候変動予測結果を用いたリスク検証

対策の準備期間に数十年を要する対策の場合、気候変動予測による検討が必要不可欠になる。数年先であれば、気候変動のトレンドを観測により捉えることができると考えられるが、数十年先の場合、トレンドの変化やティッピングポイントを超える変化が起こり得る。

STEP2では、STEP1（前節）で案出された適応策のうち準備期間の長い対策について、気候変動予測結果を用いて検証を行う。この段階では、包括的アプローチで実施した、気候予測や分野別の影響予測を活用することができる。また、STEP1のプロセスを経ることで、関係者の気候変動リスクや適応策についての理解と、適応策実施担当者としての当事者意識の醸成が進み、気候変動予測について学ぶ準備ができていると考えられる。

ここで使用する気候変動予測結果は、確率分布付の予測結果が望ましい。表1は、ニューヨーク市で作られた確率分布付の気候変動予測結果の例である。特定の気象の項目に対し、年代別に確率と幅を示してある。このように、具体的な数値の幅と確率を示すことにより、対策をより具体的に検討することが可能になる。

検討のポイントは、「予測の幅に対する対策効果の感度」であり、表2に整理した。

このような議論で整理された対策について、「対策効果発現までの時間」をキーワードに選別を行う。

数年の準備期間で対策効果が発現する対策については、気候変動予測で数十年先を予測する必要はなく、観測により気候変動のトレンドを把握し、実際に状況が出現する数年前に実施を決定して準備を始めれば十分に対応が間に合う。関係者は、難解な気候変動予測科学を理解する必要は無く、将来的に気候変動による影響が現れるということを知っていれば良い。多くの適応策がこの範疇に入ると考えられ、観測と組み合わせた計画とすることで適応策が完結する。

表1 確率分布付気候変動予測結果例

極端気象		ベースライン	2020年代		2050年代	
		1971年～2000年	25～75%間値	90%値	25～75%間値	90%値
暑熱	華氏90度(32℃)を超える年間日数	18	26-31	33	39-52	57
	熱波の年間回数	2	3-4	4	5-7	7
	平均期間(日数)	4	5	5	5-6	6
極寒	華氏32度(0℃)を下回る年間日数	72	52-58	60	42-48	52
降雨強度	2インチ(50.8ミリ)を超える降雨量の年間日数	3	3-4	5	4	5
高潮洪水	現在の100年に一度の洪水の年間確率	1.0%	1.2%-1.5%	1.7%	1.7%-3.2%	5.0%
	現在の100年に一度の高潮高さ変化	15.0	15.3-15.7	15.8	15.9-17.0	17.6

表2 予測の幅に対する対策効果の感度

予測の幅に対する対策効果の感度	低	中	高
事例	緑化	耐暑性品種の開発	洪水インフラ・都市整備
説明	○気温上昇が3℃でも5度でも実施した分の効果は上がる ○途中で変更が容易	○気温上昇が3度程度ならば適合する品種も5度だと不適合の可能性がある。 ○気温上昇が5度を越えた場合でも通常品種よりは耐性がある可能性がある。また、栽培地域の変更等で開発した品種は無駄にならない	○限界を超えると機能しなくなる ○途中の変更も困難 ○他地域への流用も不可能

例えば緑化対策の場合、気温上昇の程度が概ね分かっていたら、適当な樹種を選定、実施できる。予測した気温の上昇程度が多少変わっても緑化した分の効果はあるし、広範囲長期間にわたる緑化を行う場合、気候変動の推移に合わせて樹種を変更したり、範囲を変えたりすることも容易である。以上のように緑化は予測の幅に対する対策効果の感度は低いと言える。

次に耐暑性品種の開発の例について考える。気温上昇の程度がある程度変わると、開発された品種は適合しなくなる可能性がある。しかし、通常品種と比較して耐性があり、被害は少なく抑えられる可能性がある。また、開発された品種は他の場所へ流用可能なため無駄にならない。このように、耐暑性品種の開発のような適応策は予測

の幅に対する感度が中程度と言える。予測幅に対する感度が中程度以下の適応策の場合、気候変動予測結果を根拠として対策を早い時期にスタートさせ、観測により気候変動の進行状況を把握し、それに合わせて対応方法を変更していくことという方法をとることができる。

③ STEP3 気候変動予測を用いたリスク検証と計画手法の変更

予測の幅に対する感度が高いものには、洪水インフラなどインフラ系の適応策がある。このような適応策の場合、整備期間に長い時間を要するため観測によるトレンドも把握だけでは対応できない。一方で気候変動予測を根拠に特定の設計値で施設を整備すると、予測が過少な場合、施設は機能せず、例えば堤防は決壊し洪水被害が出る。予測が過大な場合、インフラ投資もまた過大となる。整備途中での変更は容易でなく、他の地域への流用など言うまでもなく不可能である。このように準備期間が長く、予測の幅に対する感度が高い適応策の実施は非常に困難である。

このようなタイプの適応策を有効かつ効率的に機能する対策とするためには、将来の気候変動の進行にフレキシブルに対応できるよう従来の計画手法を変更する必要がある。

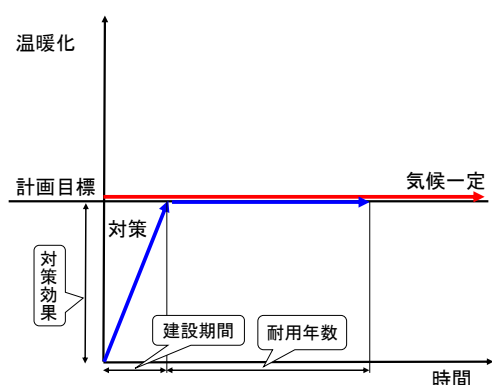


図3 現在の計画手法イメージ

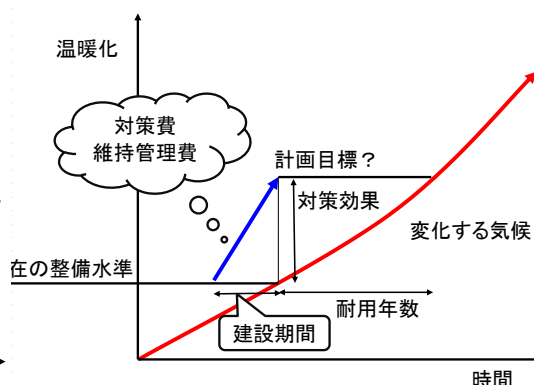


図4 新しい計画手法イメージ

ある。

従来の計画手法は、気候が長期にわたって一定であると考えられたため、例えば過去の降雨から設定した計画降雨量〇mm/日という様に、計画目標を一定に設定していた（図3）。時間の概念は建設期間と耐用年数のみであった。

しかし、気候変動により気候は長期にわたって変化するため（図4）、気候の変化に合わせて、対策効果、対策費用、耐用年数、維持管理費用等を考慮して特定の時点ごとに計画目標を設定し、効率的な対策の組合せを決めることが必要になる。

気候の変動ペースは、社会の発展状況によって変わる（図5）。緩和策が成功した低炭素型社会とほとんど緩和策を実施できなかった高炭素型社会の2つの線の間、実際の気候の変化の線は来ることになる。この幅と変化する目標にフレキシブルに対応

できるように、複数の代替案の検討と段階的な事業実施を考慮した計画とする。事前に対策を検討することで、対策実施検討時期（対策効果を気候の変化が上回る P 点から準備期間を考慮した S 点）の目安を得ることで、対策内容によって観測内容を明確化（縦軸の指標）することが可能となる。

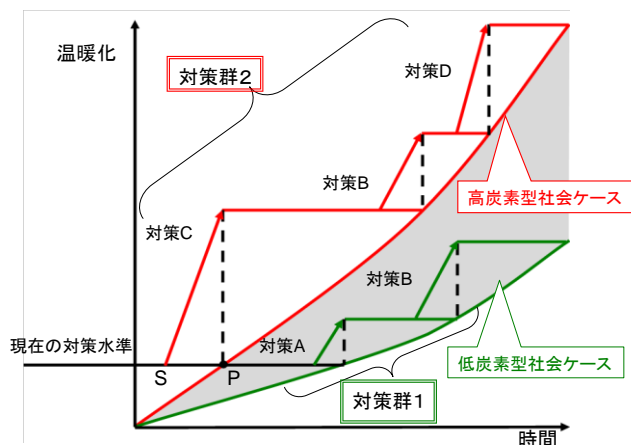


図5 複数代替案と段階的实施計画イメージ

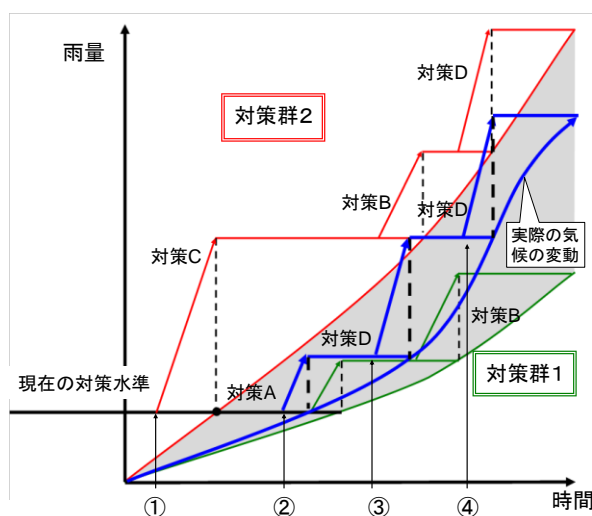


図6 観測を組合せた新しい計画運用イメージ

図6に新しい計画手法の運用例を示す。実際の気候が図に示す経路で変化したとすると、①の時点では観測結果から気候変化の進行が遅く対策群2は選択せず、対策群1対策Aの実施時期を図ることとし、②の時点で気候変化の進行状況から対策Aの前倒し実施を決定する。③の時点では気候変化の進行が早まった事から対策Bの代わりに対策Dの実施を決定、④の時点では、さらに進行が早くなった気候変化に対応するため、追加対策Dを実施する。このように観測と組み合わせて計画を運用することにより、的確な時期に的確な対策の選択が可能になる。

④ 適応策の総合化

①から③までで様々なレベルの個別適応策の計画化について説明した。気候変動の影響は空間的にも分野的にも非常に広範囲に及ぶため、対象を一番良く知っている関係者が集まり個別の適応策を検討することは有効である。

一方で広範囲に及ぶが故に重複を避け、より効率的に対策を打つための相互間の調整が重要となる。また、一度に多くの対策を同時に実施することは、人的、資金的にも難しいため優先順位をつける必要もある。

以上のことから、個別に検討された適応策の検討結果を分析、総合化する必要がある。個別適応策の報告書には、影響の対象やその対策、対策効果、対策コスト、対策時期及び影響の連鎖、独自で対策できない影響等が特定されているため、これら进行分析することで総合的な適応策の検討を実施することができる。

4. インタラクティブ・アプローチの検証

本章では、3章で説明したアプローチについて、まず複数の先進自治体担当者に意見を照会し、妥当性を確認した。さらに文化背景等の違いから海外で実施可能なものが、日本で可能とは限らないことから、日本の自治体におけるケーススタディで実効性を検証した。

(1) 海外先進自治体担当者へのヒアリング



写真1 Connecting Delta Cities WSの様子

2013年6月4日から6日にかけて、オランダのロッテルダムにおいて、Connecting Delta Cities³のワークショップ(以下WSという)が開催された。この会議は、ニューヨーク、ロンドン、コペンハーゲンなどの適応策先進都市も含めて23都市の適応策担当者が集まり、自治体の適応策導入について内容の濃い議論がなされた。

この会議において、筆者は上記アプローチに関しプレゼンテーションを行

い、意見交換をした。各担当者の代表的な意見を紹介する。

- バンクーバーでは、気候変動影響やそれに対する脆弱性を理解するために、過去の気象現象を使って関係者と議論した。⁴
- ニューヨークにおいても、スタートの時は過去の災害から説明に入った。初めの一歩としては良いと考える。⁵

また、その後、ロンドン市を訪問し適応担当者にヒアリングを行った。⁶

- 東京が実際に起こった災害をベースにブレインストーミングを導入として行うのは良い方法だと思う。我々も2年間かけてWSをセクター別に行った。まず、①自分たちの事業や施設がうまくいっている状態を想定し、何を指標にして良いとするかを考えてもらう。②次にその状態に極端な気候現象がどのような影響を与えるかを考えてもらう。③最後にそれに対してどう対応できるかを考える。というような手順で行った。

さらには、気候変動を考慮した先進的な洪水管理計画を策定、実施している英国環境

³ C40(大都市気候先導グループ)内のサブネットワークグループ

⁴ City of Vancouver Senior Sustainability Specialist

⁵ New York City, Policy advisor, Mayor's office of long-term planning and sustainability

⁶ Greater London Authority, Policy and programs manager for climate change adaptation and water

庁⁷の担当者の意見を紹介する。

- 我々は、「将来の雨が何ミリになるからどういう対策をするか」という問い方をしない。「何ミリまでなら現在の対策で対応できるか？」そして「現在の対策で対応できなくなったらどうするか」という問いを立てる。



写真2 ICLEI 日米セミナーの様子

また、2014年1月27日、28日米国サンディエゴ市で ICLEI の主催により行われた、「地域の気候変動適応策推進に向けた日米政策対話」事業の日米セミナーにおいても、プレゼンを実施し、フィラデルフィア市、サンディエゴ市の担当者、適応にかかわる団体関係者や研究者等の意見を聞くことができた。

- アメリカでも気候変動予測から入る方法が一般的。双方向から進め

るアプローチは非常に興味深い。⁸

以上のように、すべて肯定的で批判的な意見は全くなかった。先進的自治体では、既に本アプローチと同様な方法を実施して成功している例もあり、本アプローチの有効性が一定程度立証された。

(2) 自治体におけるケーススタディ

本ケーススタディは、ICLEI 日本が墨田区、江戸川区、板橋区などとともに「地域



写真3 墨田区におけるWSの様子

の気候変動適応策推進に向けた日米政策対話」事業として実施した。筆者は、本事業のアドバイザーという立場でこの事業にかかわった。

ケーススタディは、STEP1 の簡易なリスク検証をブレインストーミング方式のWS で実施し、墨田区庁舎を対象にして、庁舎への影響、庁舎に施された対策の限界、許容できない影響に対する対策の特定まで実施することができた。なお、WS は自由な意見を奨励するため、勉強会の位置づ

⁷ Environment Agency, Regional Climate Change Programme Manager

⁸ ICLEI Local Governments for Sustainability USA, Director of Climate Programs

けで行った。2013年11月18日と12月16日の2回実施し、1回目は、気候変動対策
 主管課の環境保全課と墨田区庁舎を管理する部署の職員で行った。2回目はさらに議論
 を深めるため庁舎周辺のインフラ管理や気象災害対応に関係する部署の職員も交えて
 実施した。2回にわたるWSの結果を表3に示す。

表3 墨田区WSの結果

	想定される影響/確度	現行の対策/限界	考えらる今後の適応策	他機関による対策が必要な事項/ 優先順位
気温上昇	・雨水タンクの水質の悪化	・雨水はトイレ用。濾過・消毒を実施 ・タンクの定期清掃	・清掃回数増等のメンテナンス強化	
	・害虫の発生	・消毒、害虫駆除実施 ・定期点検	・広範囲な害虫発生情報など、状況に応じて薬剤散布または薬剤変更 ・モニタリングの強化	
	・水不足	・上水供給は東京都水道局の管轄 ・中水/雨水利用で節水	・東京都水道局へ要望	【東京都水道局】 ・流域間相互利用、漏水対策、節水対策、ダム運用等渇水対策を実施
	・道路の温度上昇(熱中症)	・優先的順位の高い箇所から遮熱性舗装を実施	・街路樹に緑陰を得やすい樹種を選択するなどの方針転換	
	・施設の消耗が早まる	-	・遮熱性の塗料を塗る。	
降雨量・強度の増加	・下水の逆流による、庁舎内浸水 ・空調機器、電気機器が水没・機能停止 【影響の確度】 ・内水氾濫は河川氾濫より確度の高いと考えられる	・排水負荷軽減のため水利用制限 ・雨水タンク容量を超えた場合にポンプ排出 ・地下駐車場入り口に防水板(50cm)を設置 【現行対策の限界】 ・水没によるポンプの機能不全 ・下水逆流、50cm超浸水深による地下駐車場入口防水板の機能不全	・区役所地点の下水排水能力の検討 ・降水予測による事前のタンク内貯留水調整 ・気象庁からの高精度な予測情報の入手 ・試験的運用などにより経験知の蓄積 ・下水逆流防止弁の設置	緊急性高 【東京都下水道局】分流式下水道整備
	・地下浸水により、防災緊急車両の出勤困難	・津波を想定。地震直後に車両移動	運用の検討が必要	緊急性高
	・隅田川氾濫時は、庁舎周りの流速が早く孤立の可能性あり ・庁舎内防災センターへのアクセス不能または困難。 【影響の確度】 ・水門閉鎖による流量調整で氾濫は考えにくい	・洪水を想定したBCPは未策定	・改めて運用の見直しが必要 ・防災船着き場の活用の検討	
	・長期間浸水で防災センターや区役所の機能を維持が困難	・自家発電機により防災センター機能維持が可能 ・高置水槽の水利用可、水利用を最小限に制限	・雨水タンクの水を浄水装置で飲用水として利用 ・雨水高置水槽と浄水装置の接続要検討 ・自家発電機の補完として、太陽光発電の導入	
	・荒川が氾濫すると甚大な被害が想定される。	・荒川氾濫の場合のハザードマップを作成		【国交省】被害シミュレーション実施。氾濫時流速不明
海面上昇	・高潮浸水により地下設備が使用不能	・降雨浸水対策と同様	・降雨浸水対策と同様	
台風強大化	・暴風による窓ガラスの損壊	・飛散防止フィルム 【現行対策の限界】 設計強度は50m/秒	・低層階に飛散物防止シャッターを設置	・庁舎のみでなく、避難所のガラス強度にも対応が必要
	・災害備蓄倉庫、非常設備の被災可能性	・現在は地震を想定し計画(備蓄場所は区民向け3F、庁舎用18F)	・最適な備蓄場所を改めて検討	
	・街路樹の倒壊	・控え木による強度をアップを実施	・植栽時に倒れにくい樹木を選択	
	・標識の倒壊	・現況の強度基準が風速50m	・基準強度の見直し ・強風が予測される場所の検討	
大雪	・路面凍結	・予報情報による凍結防止剤の散布	・ロードヒーター等の導入 ・道路舗装の改善	
竜巻	・強風による被害	・現在のところ想定なし		

このケーススタディから、まず、気候変動予測に言及することなしに、スムーズな適応策の案出まで行えることが分かった。思考停止を避けるスタートの方法としては、良い方法であることが実証された。また、水不足や内水氾濫など墨田区だけでは対応が困難な影響について特定できたことは適応策の総合化の場面で有効である。

WS後の参加者の意見から、「意外と洪水のことについて考えていないことがわかり、認識が改まった。」「やってみたら色々意見が出てきて、良い勉強になった。」「他の部署と話しができて貴重な機会だった。」等、課題を自分自身の問題として捉え思考していることがわかり、適応策への理解も進展していることが見て取れた。

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

本研究では、自治体が適応策の施策化を行うにあたり、どのような手順で対応したら良いか、5年間あまりの適応策の準備作業を担当し試行錯誤した経験から、具体的に具体的な手順を考案した。手順は、まず、過去の極端現象をベースとした簡易なリスク検証を実施、プロセスを通して適応策を絞り込みつつ、気候変動予測結果を用いたリスク検証へと進み、最終的に気候変動予測を用いたリスク検証と計画手法を変更することにより対応するものとした。

この手順について、海外の適応策先進都市の担当者等の意見を聴取した。その結果、適応策策定の初期段階で同様の手法をとった先進自治体の例を複数確認することができた。また、多くの適応策に携わっている実務者の賛同を得ることができた。

さらに、区役所におけるケーススタディとしてその一部を実施することにより、2章1節で挙げた課題「気候変動予測の特性による関係者の思考停止」、2章2節の課題「関係者の当事者意識醸成の困難」について考案した手順の有効性を確認することができ、合わせて2章3節の課題「適応策施策化の具体的手順の欠如」について、考案した具体的手順を提案していくことが解決につながることを確信した。

(2) 今後の課題

適応策の検討が進んでいる世界の自治体のほとんどが、「首長の強いリーダーシップがある」か「法律により適応策の検討が義務付けられている」かのどちらかまたは両方に該当する。首長が変わったために適応策にかかる動きがストップまたは逆戻りしてしまう自治体も見られる。中央集権的な国家である日本の場合、国の動きが非常に大きな推進力となる。現在、策定作業が進行中の国の適応戦略に期待したい。

一方で、我が国において適応策の策定方法については、未だ手探り状態で確立された方法は無い。本稿で説明した方法論は、自治体における適応策策定のアプローチ方法の一つとして非常に有効であると考え。今後、さらに別の区や県レベルでのケーススタディを積み重ねてさらなる実効性の検証と改良が必要であると考え。