

## 4. 1-4 気候の変化や極端な気象現象による観光業への影響に関する調査

### 4.1. 概要

本調査では、21世紀末における気候の変化が札幌市のイベント（さっぽろ雪まつり、さっぽろオータムフェスト等）に与える影響について評価を行い、イベントを継続実施するために有効な適応オプションを検討した。

まず、気候の変化や極端な気象が札幌市で開催されるイベントに与える影響について定性的な評価を行った。その結果、さっぽろ雪まつりにおける雪不足と強風・強雨によるさっぽろオータムフェストの中止を対象に、経済影響評価を実施した。

さっぽろ雪まつりについては、21世紀末降雪量の減少により、現在と同等規模の雪像制作を行うには遠方で採雪を行う必要があり、採雪コストが2.2倍程度増大するという予測結果となった。適応オプションとしては、遠方での採雪により雪の不足分を補う方法や、雪室等に雪を保管しておき不足分を補う方法等が挙げられる。

さっぽろオータムフェストについては、21世紀末強雨が増加し、休日の2日間イベントを中止すると仮定すると、直接的・間接的な経済損失は約30億円（観光客による直接的な消費額の減少17億円と間接的な消費額の減少13億円）になるという予測結果となった。適応オプションとしては、タイムライン作成や関係者間の連携構築による体制整備などが挙げられる。

#### 4.1.1. 背景・目的

北海道札幌市は、年間1300万人以上が訪れる国内有数の観光都市であり、北海道観光の拠点としての性格も有している。そのため、道内の観光や地域経済の活性化に寄与するべく、年間を通じて様々なイベントが市内で開催されている。一方、気候変動による降雪量の変化や台風等の極端な気象の到来により、地域のイベントにおいても経済損失をはじめとする影響が生じることが懸念されている。

本調査では、気候変動がさっぽろ雪まつり、さっぽろオータムフェストを中心とする札幌のイベントに与える影響について整理し、経済的影響を評価し、自治体の適応オプションの検討を目的に調査・検討を行った。

#### 4.1.2. 実施体制

本調査の実施者：日本エヌ・ユー・エス株式会社

アドバイザー：札幌国際大学 教授 河本 光弘、北海道大学 准教授 佐藤 友徳

協力・連携：札幌市環境局、札幌市経済観光局

データ・情報提供：さっぽろ雪まつり実行委員会、さっぽろオータムフェスト実行委員会

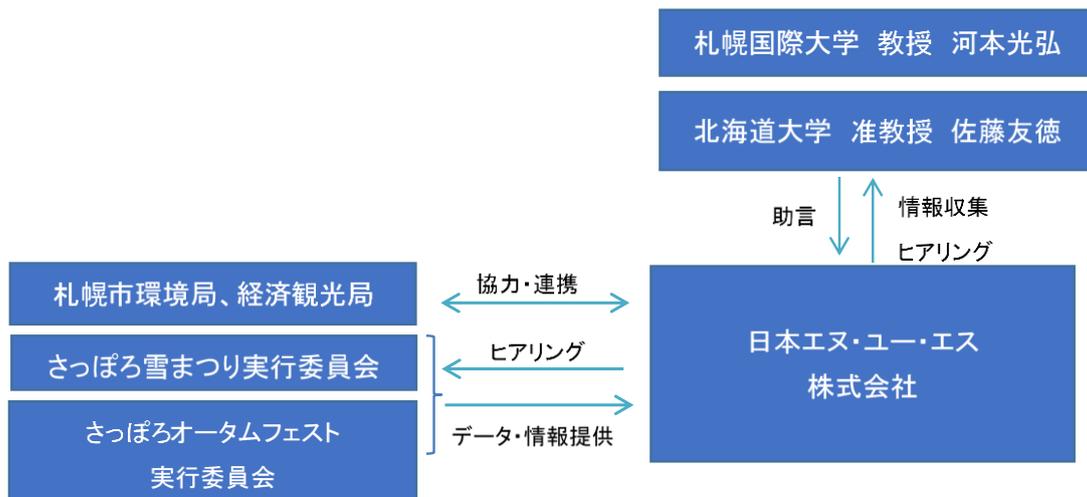


図 4-1 実施体制図

#### 4.1.3. 実施スケジュール（実績）

3ヶ年の実施スケジュールを図 4-2 に示す。1年目の平成 29 年度は、気候の変化や極端な気象がイベントに与える影響を整理するとともに、各影響の定性評価を実施し、次年度以降の経済影響評価を行うべきイベントを抽出した。平成 30 年度は、気候変動影響定性予測の結果に基づき、地域にとって優先度の高い気候変動影響を抽出し、経済評価手法の検討及び経済影響評価を実施した。平成 31 年度は、経済影響評価の実施結果に基づき適応オプションの検討を行った。

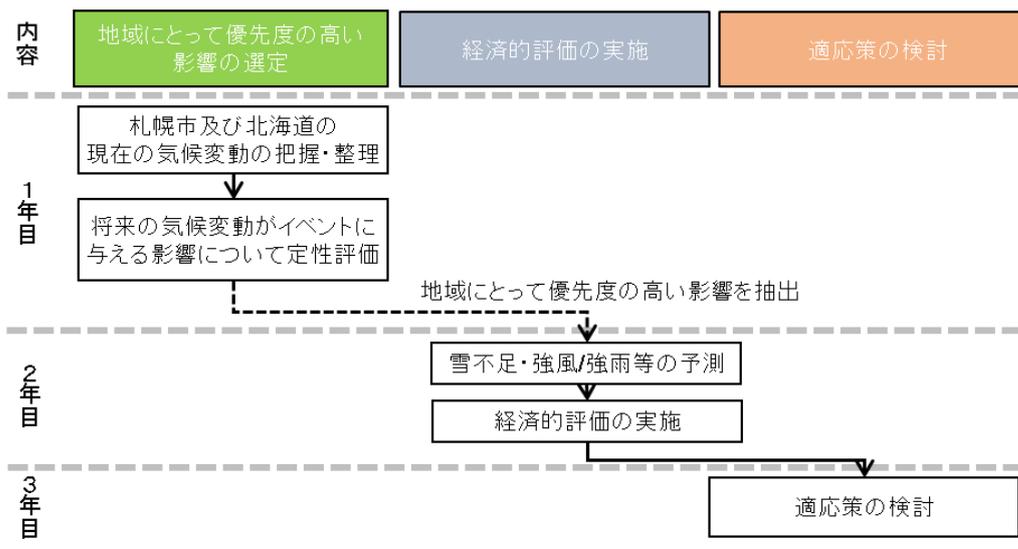


図 4-2 調査実施スケジュール

#### 4.1.4. 気候シナリオ基本情報

本調査で使用した気候シナリオの基本情報は、表 4-1 のとおりである。

表 4-1 使用した気候パラメータに関する情報

項目	地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定	さっぽろ雪まつりにおける雪不足	強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ	気象研究所 2 km 力学的 DS データ by 創生プログラム	
気候モデル	MRI-CGCM3 MIROC5	MRI-NHRCM02	
気候パラメータ	降水量 風速 気温	積雪深 積雪水量	降水量 風速
排出シナリオ	RCP2.6 RCP8.5	RCP8.5	
予測期間	21 世紀中頃 21 世紀末	21 世紀末	21 世紀末
バイアス補正の有無	あり (全国)	あり (地域)	あり (全国)

#### 4.1.5. 気候変動影響予測結果の概要

##### 4.1.5.1. 地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定

札幌市等にヒアリングを実施した結果、以下のことが分かった。

- 札幌市においては様々なイベントが開催されているが、最も懸念される気候変動の影響は、①さっぽろ雪まつりにおける雪不足、②強雨・強風によるさっぽろオータムフェスト等の屋外イベントの中止、の 2 点である (図 4-3)。

降水量と平均気温、風速について、定性的な気候変動影響予測を実施した結果、以下のことが分かった。

- 冬季の札幌市中心部では、MRI-CGCM3 において、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃・21 世紀末に強い降水 (50 mm/day 以上) の発生頻度が減少する (図 4-4)。
- 夏季の札幌市中心部において、MRI-CGCM3 及び MIROC5 の双方において、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃・21 世紀末に気温上昇が見られる (図 4-5)。
- 夏～秋季の札幌市中心部における日平均風速は、MRI-CGCM3 と MIROC5 いずれにおいても RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃・21 世紀末で大きな変化は見られない (図 4-6)。

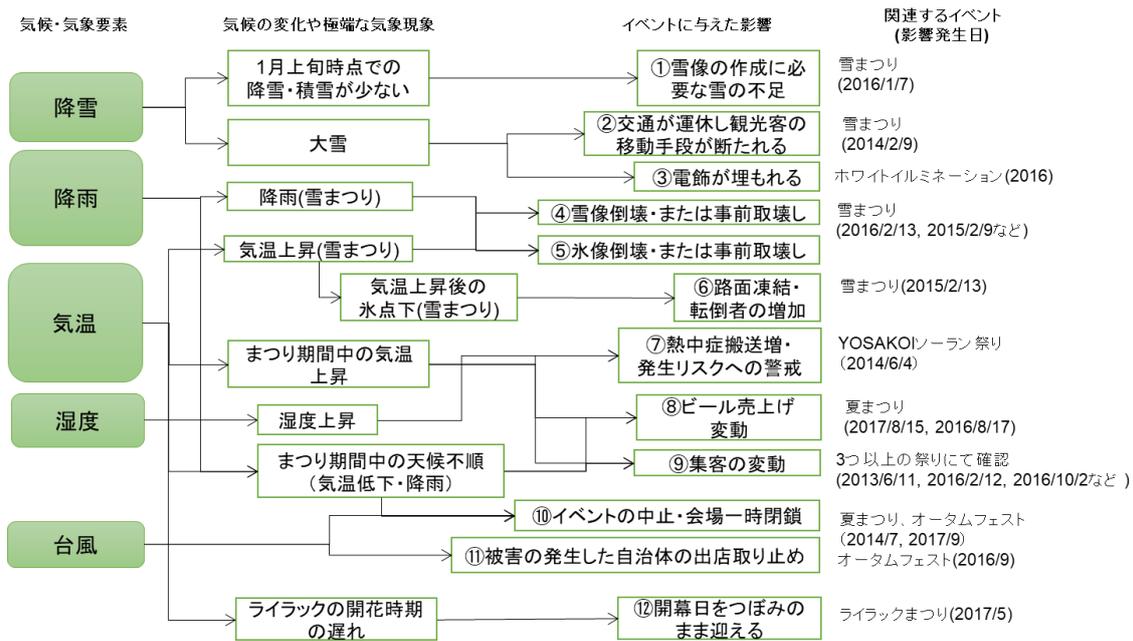


図 4-3 札幌市のイベントで懸念される気候変動の影響（ヒアリング結果）

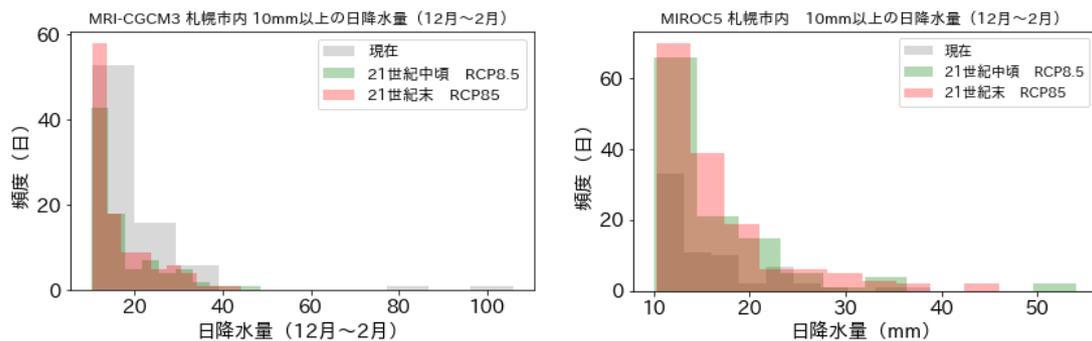


図 4-4 冬季の日降水量の頻度分布（札幌市中心部、左：MRI-CGCM3、右：MIROC5）

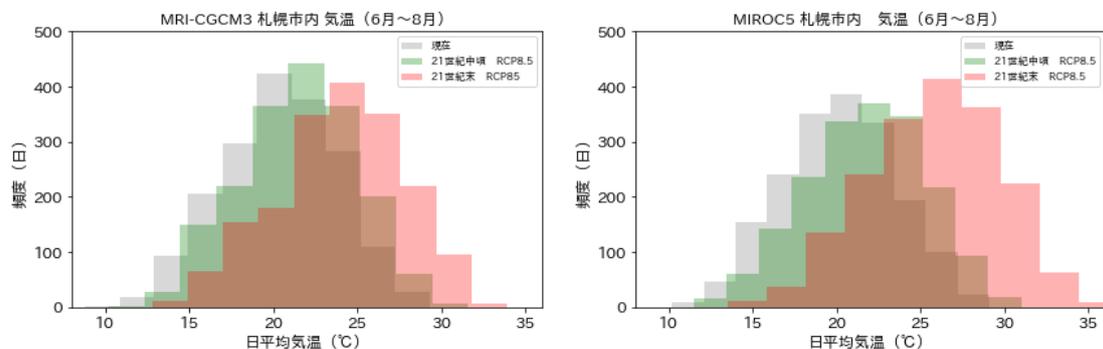


図 4-5 夏季の日平均気温頻度分布（札幌市中心部、左：MRI-CGCM3、右：MIROC5）

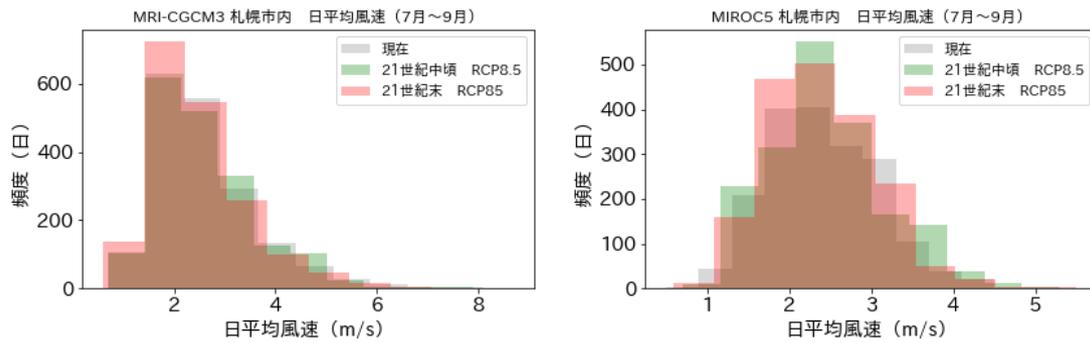


図 4-6 夏～秋季の日平均風速分布（札幌市中心部、左：MRI-CGCM3,右：MIROC5）

#### 4.1.5.2. さっぽろ雪まつりにおける雪不足

さっぽろ雪まつり実行委員会へのヒアリング及び文献調査を実施した結果、採雪のための諸条件や採雪に要するコスト（採雪地の条件別）が分かった（表 4-2）。

積雪深と積雪水量に関する定量的な気候変動影響予測と採雪コスト計算モデルを用いた経済経済影響評価を行った結果、以下のことが分かった。

- ・ 21 世紀末の札幌近郊における積雪深は、30 cm 以上となる地域が大幅に減少し、雪まつりに必要な量の雪の確保が困難になる可能性がある（図 4-7）。
- ・ 21 世紀末の積雪深分布、ヒアリングで得た採雪条件等に基づいて新たな採雪地を設定すると、約 100km 遠方まで採雪に行く必要が生じ（表 4-3）、現在との比較で 2.2 倍の採雪コストを要する（表 4-26）。
- ・ 21 世紀末の積雪深が将来予測に比べて 10% 多いと仮定した場合の採雪コストは現在と比較して 2.1 倍、10% 少ないと仮定した場合の採雪コストは 2.5 倍になる（図 4-28）。

表 4-2 さっぽろ雪まつりにおける雪像制作のための採雪の諸条件

項目	条件
採雪量	<ul style="list-style-type: none"> <li>48,000 m<sup>3</sup> (重機圧縮後の体積、2018 年実績)</li> <li>重機で圧縮後の雪密度：700kg/m<sup>3</sup> (文献調査結果)</li> </ul>
採雪方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>採雪においては除雪車等を利用する。</li> <li>なるべく綺麗な雪を確保するため、採雪時に土砂が混入しないよう、地面から 10cm 以上雪を残して採雪する。</li> <li>そのため、積雪深が 30cm 以上であることが望ましい。</li> </ul>
採雪地	<ul style="list-style-type: none"> <li>採雪地の分類及び採雪量の割合は以下のとおりである (2018 年実績)。 <ul style="list-style-type: none"> <li>道路 (冬期閉鎖または未除雪の農道など)：約 34%</li> <li>施設等 (ゴルフ場の駐車場、霊園、レジャー施設等)：約 62%</li> <li>削り雪 (会場にて雪像制作のために削った雪を他の雪像に回すもの)：約 4%</li> </ul> </li> </ul>
単価	以下の項目ごとにヒアリング等で情報を得た。 <ul style="list-style-type: none"> <li>トラックの借り上げ料</li> <li>燃料代</li> <li>除雪車の借り上げ料</li> <li>有料道路の利用料</li> </ul>
1 日あたりのトラック往復回数	<ul style="list-style-type: none"> <li>20km 未満：4 往復</li> <li>20km 以上～40km 未満：3 往復</li> <li>40km 以上：2 往復</li> </ul>

注：特記以外の情報はさっぽろ雪まつり実行委員会へのヒアリングで得た情報である。

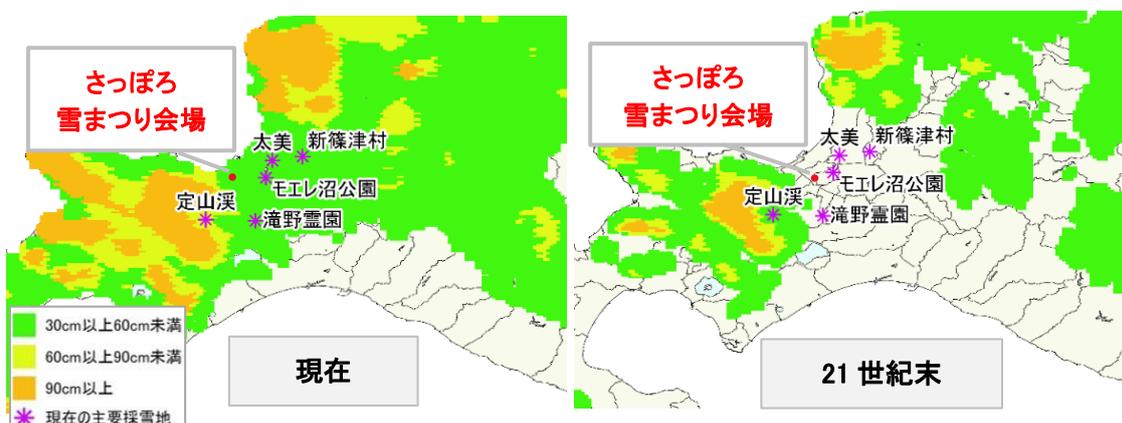


図 4-7 さっぽろ雪まつりの採雪期間中(1/5～1/27)の積雪深と現在の主要採雪地

(21 世紀末の予測は RCP8.5 シナリオ、使用モデルは MRI-NHRCM02)

注：星印は現在の主要採雪地、左図は現在での積雪深の分布、右図は 21 世紀末の気候での積雪深の分布を示す。

出典：日本エヌ・ユー・エス (株) が作成。地図情報：国土交通省国土政策局「国土数値情報 (行政区域データ・平成 30 年)」 (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>)

表 4-3 札幌近郊における将来の採雪候補地

No.	自治体	採雪候補地	片道道路距離(km)	土地の用途
1	倶知安町	倶知安町農道など	97.9	道路
2	札幌市	定山溪自然の村	29.6	採雪が大規模に行える施設 (施設内道路+ 駐車場)
3	当別町	道民の森(神居尻地区)	64.1	
4	当別町	道民の森(牧場南地区)	78.3	
5	真狩村	羊蹄山自然公園	82.8	
6	札幌市	札幌テイネGC	15.8	
7	小樽市	小樽市望洋サッカー・ラグビー場	34.1	採雪が小規模となる施設 (駐車場のみ)
8	小樽市	札幌ゴルフ倶楽部	39.4	
9	小樽市	おたる自然の村(キャンプ場)	41.0	
10	喜茂別町	喜茂別市ヶ原パークゴルフ場	60.6	
11	夕張市	丁未風致公園	71.5	
12	喜茂別町	泉川ルスツリゾート G72	71.8	
13	喜茂別町	ウェスティンルスツリゾート G72	71.9	
14	京極町	京極スリーユーパークキャンプ場	77.7	
15	京極町	ふきだし公園	77.7	
16	赤平市	エルム高原リゾート(オートキャンプ場)	92.5	

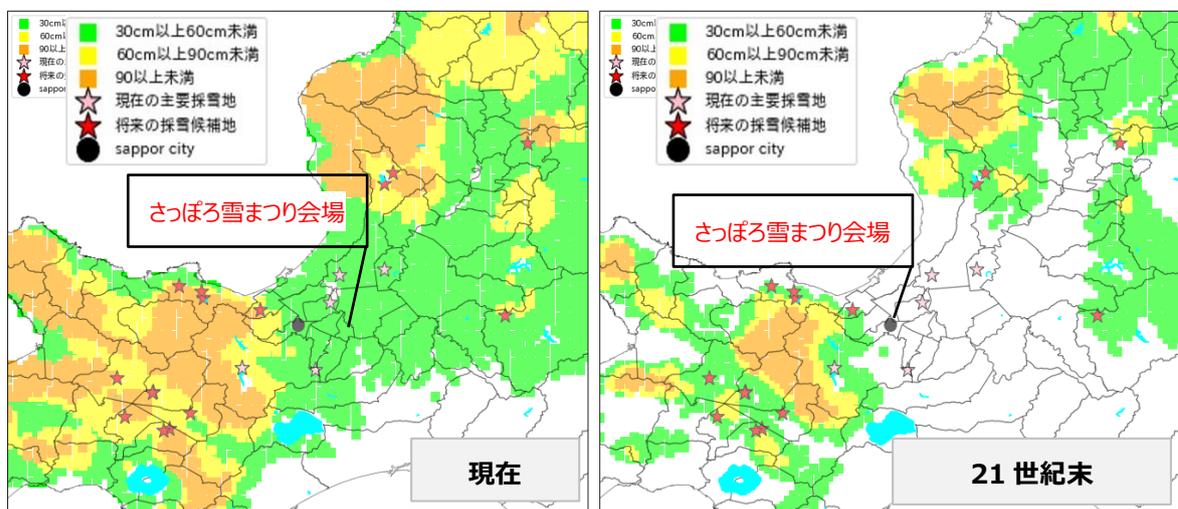


図 4-8 さっぽろ雪まつりの採雪期間中(1/5~1/27)の積雪深と  
将来の採雪候補地

(21世紀末の予測はRCP8.5シナリオ、使用モデルはMRI-NHRCM02)

注：ピンク色の星印は現在の主要採雪地、赤色の星印は新たな採雪候補地、左図は現在での積雪深の分布、右図は21世紀末の気候での積雪深の分布を示す。

出典：日本エヌ・ユー・エス(株)が作成。地図情報：国土交通省国土政策局「国土数値情報(行政区域データ・平成30年)」(<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>)



図 4-9 さっぽろ雪まっりの採雪コストの比較

#### 4.1.5.3. 強雨・強風によるオータムフェストの中止

さっぽろオータムフェスト実行委員会等へのヒアリング及び文献調査では、以下のことが分かった。

- ・ さっぽろオータムフェストは秋季約 1 か月間にわたって準備・開催を行っており、21 世紀末においては台風等の強風及び強雨による中止が懸念される。
- ・ さっぽろオータムフェストの中止により、経済的影響が生じることが懸念される。
- ・ 経済的影響を定量化する際には、波及効果を考える必要があり、その際には産業連関表を用いることが望ましい。ただし、産業連関表の選び方によっては、波及効果が過小評価される可能性があるため注意が必要である。

降水量と風速に関する気候変動影響予測と、産業連関表を用いた定量的な経済影響評価を行った結果、以下のことが分かった。

- ・ さっぽろオータムフェスト開催期間中の札幌中心部において、強風日は減少するものの、強雨日は増加し、少なくとも強雨によってイベントを中止せざるを得ない場合が増えたと見込まれる (図 4-10)。
- ・ さっぽろオータムフェストの開催中止を休日の 2 日間と仮定した場合、直接的な経済的損失 (消費額の減少) は約 17 億円と予測された。また、間接的な経済的損失 (二次的・三次的な消費額の減少) は 13.0 億円、所得形成効果で 7.0 億円の低下、111.2 人の雇用が減少する予測結果となった (用語については表 4-4 を参照)。業種別では、飲食サービス、食品飲料、卸売り、小売り、鉄道輸送の順に経済的損失額が大きく、飲食サービスの損失額は 5.5 億円程度となる可能性がある (図 4-13)。

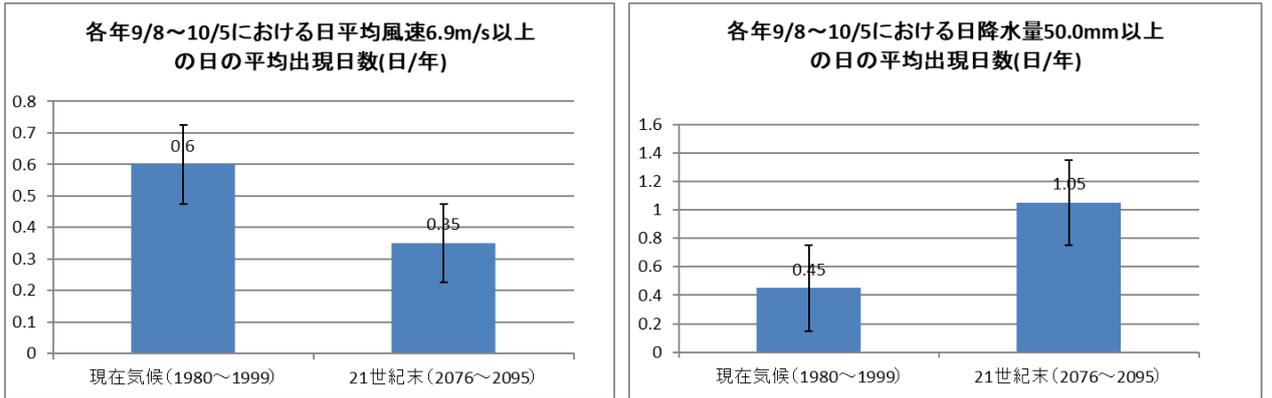


図 4-10 さっぽろオータムフェスト準備・開催期間(9/8～10/5)における日平均風速及び日降水量の基準値を上回る日の年間平均出現回数の比較(日/年)  
(21世紀末の予測はRCP8.5シナリオ、使用モデルはMRI-NHRCM02)

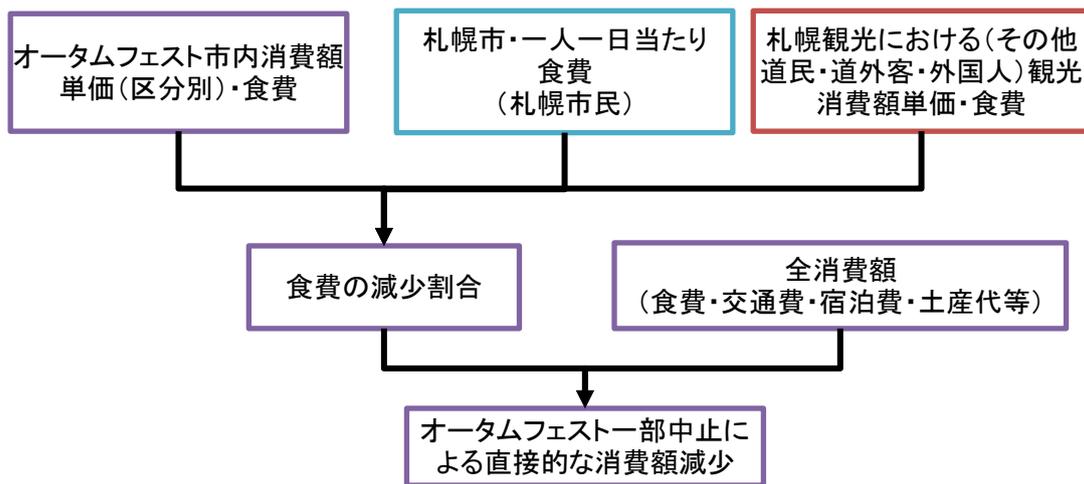


図 4-11 さっぽろオータムフェストの中止によって生じる直接的な消費額減少の考え方

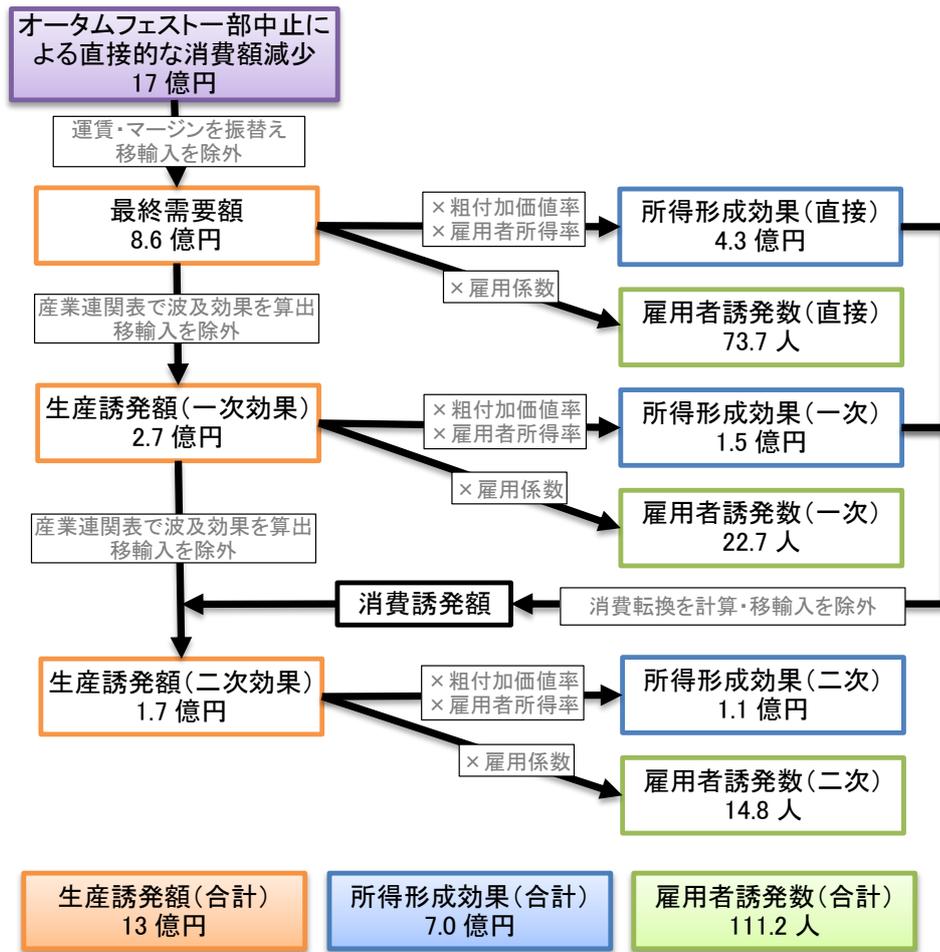


図 4-12 さっぽろオータムフェストの中止に伴う経済波及効果（減少額）の計算過程

表 4-4 経済波及効果計算に関する用語集

用語	説明（出典）
産業連関表	<ul style="list-style-type: none"> <li>一定地域（本調査においては札幌市）において一定期間（通常は1年間）に行われた財貨・サービスの産業間の取引、各産と最終需要者（家計など）の間の取引及び地域間の取引（移輸出入）を一覧表にしたもの。</li> </ul>
最終需要	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要のうち、生活のうえでの個人消費（家計消費）や、建物、機械などの設備投資等が最終需要になる。本調査は観光を対象にしており、最終需要は、個人消費のみと考えられる。</li> <li>原材料などとして他の商品の生産のために加工、消費されるものが中間需要である。</li> </ul>
生産誘発額	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終需要が直接・間接に地域内において誘発した生産額をいう。</li> <li>観光によって支払われたお金が、札幌市内において直接・間接に生産に結び付いた額となる。</li> <li>一次効果・二次効果を考える際に、札幌市外から移輸入された財・サービスに支払われた金額は除外している。</li> </ul>
所得形成効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終需要の変化によってもたらされる雇用者の所得額の変化。</li> </ul>
雇用者誘発数	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終需要の変化によってもたらされる雇用者の数。</li> </ul>
財、サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業連関表で扱っている商品（生産物）は、大きく財とサービスに分けられる。</li> <li>財は、消費者にわたる有形の商品をいい、サービスは役務の提供などの無形の商品をいう。</li> </ul>

注1：本表の説明は、本調査における分析の理解を促すために出典の説明をベースに相当程度簡略化している。学術的な定義は専門書を確認すること。

和歌山県：[https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/020300/sangyo/h12/syosai/index\\_d/fil/s3\\_2.pdf](https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/020300/sangyo/h12/syosai/index_d/fil/s3_2.pdf)

富山県：[http://www.pref.toyama.jp/sections/1015/lib/renkan/\\_rep23/report2\\_04.pdf](http://www.pref.toyama.jp/sections/1015/lib/renkan/_rep23/report2_04.pdf)

注2：本調査では「2日間の中止」を仮定しているが、産業連関表の考え方から、生産誘発・所得形成・雇用者誘発は、長期的な連鎖の中で生起するものであり、イベントを中止した2日間でこれらの変化が起こることを意味するものではない。

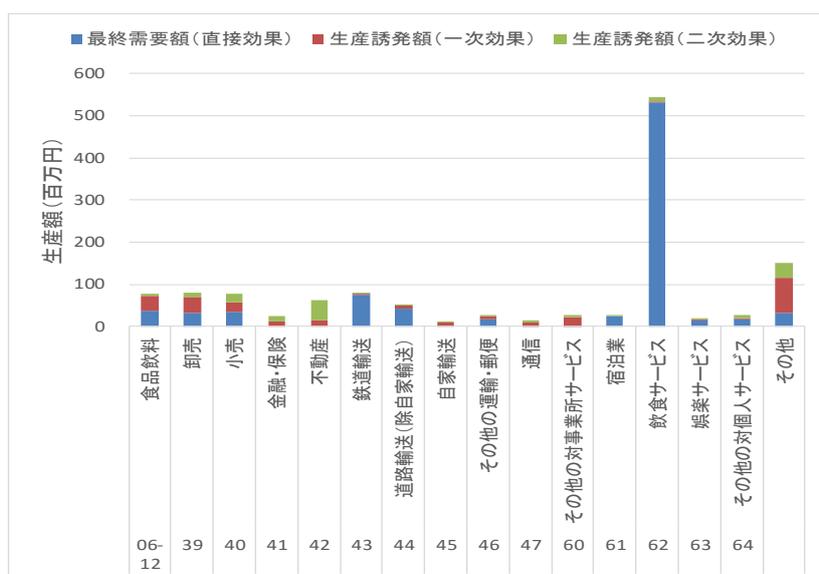


図 4-13 さっぽろオータムフェストの一部中止に伴う業種別生産波及効果（減少額）

#### 4.1.6. 活用上の留意点

##### 4.1.6.1. 本調査の将来予測対象とした事項

###### 【地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定】

札幌市において開催されている様々なイベントを対象に、定性的評価の対象としたが市内全てのイベントや事象等を網羅しているとは限らない。

###### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

降雪量（降雪深）に関する定量的な気候変動影響予測、また、その影響下で生じる採雪に関する定量的な経済影響評価を対象とした。

###### 【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止】

強雨・強風に関する気候変動影響予測、また、その影響下で起こり得るオータムフェストの中止に関する経済影響評価を対象とした。なお、経済影響評価の仮定条件は 4.3.8 を参照のこと。

##### 4.1.6.2. 本調査の将来予測の対象外とした事項

経済影響評価を行うにあたり、物価及び人件費の変動の影響は考慮していない。

###### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

採雪期間中の気温上昇による雪質の変化<sup>9</sup>、さっぽろ雪まつり開催期間の気温上昇による雪像への影響、土地利用の変化は考慮していない。

###### 【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止】

さっぽろオータムフェストの中止による経済影響の波及効果を評価するにあたって、雇用者数・消費支出等の変動、生産技術の変化（技術革新による生産性の向上等）、観光客の札幌市外における経済活動（例えば、道外からの観光客が新千歳空港等にて土産を購入する際に、その土産が札幌市内で生産されている場合など）は考慮していない。

---

<sup>9</sup> ただし、気温上昇によって雪の密度が変化する点は考慮されている。

#### 4.1.6.3. その他、成果を活用する上での制限事項

##### 【地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定】

地域にとって優先度の高いイベントを選定するため、札幌市において開催されている様々なイベントについて定性的な気候変動影響予測を行ったものであり、定量的な予測を行ったものではない。

##### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

成果を活用する上での制限事項はない。

##### 【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストオータムフェスト中止】

強雨と強風によるイベント中止の基準はそれぞれ日降水量 50mm 以上、日平均風速 6.9m/s 以上と本調査独自に定められたものであることに留意が必要である。

さっぽろオータムフェストの中止による経済影響評価において、波及効果の計算に産業連関分析を行っているが、分析の前提条件や係数の設定によって、分析結果は異なることに留意が必要である。

#### 4.1.7. 適応オプション

##### 4.1.7.1. さっぽろまつり雪まつりにおける雪不足

さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプションについては、①現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合（表 4-5）と、②規模や内容、場所を変更して開催する場合（表 4-7）、の2つの観点から整理を行った。

表 4-5 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプション  
（①現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合）

適応 オプション	想定される 実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
遠方からの採雪	●	●		普及が進んでいない	採雪コストが増大する	△	◎	△	◎	短期	高
人工降雪機・造雪機等の利用	●	●		普及が進んでいない	自然雪と性質がことなるため、雪像に不向き	◎	○	△	△	短期	中
雪蔵・雪室等の活用	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程が増えることにより、雪に不純物が混じる可能性がある</li> <li>貯蔵温度によっては雪質に変化が生じる可能性がある</li> </ul>	△	○	N/A	△	短期	中
少ない雪で作れるような工法の工夫（大雪像）	●	●		普及が進んでいない	実現可能性は不明	△	△	N/A	△	短期	中
開催時期の変更	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>春節時期とずれる場合、来場者数が減少する可能性がある</li> <li>他イベントとの調整が必要</li> </ul>	△	○	N/A	△	短期	高

※普及状況については、さっぽろ雪まつりとして普及が進んでいるかどうかを示す

※情報面については、さっぽろ雪まつりとして知見があるかどうかを示す

※効果については、現在の雪まつりの規模やクオリティを保つための効果について示す

表 4-6 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプションの考え方

(① 現在と同じ雪像の規模 (大きさ・数) で開催する場合)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
遠方からの採雪	コスト面：採雪コストが 2.2 倍になるという計算をもとに△とした 現在のさっぽろ雪まつりの雪像の数や規模、クオリティを保った状態での開催のために比較的实现可能性が高い
人工降雪機・造雪機等の利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題:製造方法によっては雪質の変化が速くなるとの指摘あり (「人工雪種及び人工雪製造方法」 <a href="https://patents.google.com/patent/JPH0827112B2/ja">https://patents.google.com/patent/JPH0827112B2/ja</a>)</li> <li>・ コスト面：人工造雪機を使用する場合、氷の単価：11 万円/t、人工造雪機レンタル単価：56 万円/台・日かかるとし、仮に必要な雪の 10%を造雪機で賄う場合氷代だけでも 3 億 7000 万円かかるため△とした (参考： <a href="https://event21.co.jp/mat608_snow.htm">https://event21.co.jp/mat608_snow.htm</a>, <a href="http://www.ohtakeya.sakura.ne.jp/1.html">http://www.ohtakeya.sakura.ne.jp/1.html</a>)</li> </ul>
雪蔵・雪室等の活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 普及状況：雪室を利用して食品を保存・熟成する手法は全国的に普及しつつあるが、雪像制作に関する実績についての情報はなかったため、「普及が進んでいない」とした</li> <li>・ 効果：雪質が変化する可能性が考えられることから、パウダー状の自然雪を利用している現在に比べて雪像の強度等クオリティが下がる可能性があるとして中とした</li> </ul>
少ない雪で作れるような工法の工夫 (大雪像)	物的側面、情報面：現在大雪像は土台も全て雪を利用して作られている。土台を雪以外の物に代える方法は、強度や耐久性を確保するために技術開発が必要であり、実績もないため△とした
開催時期の変更	効果：開催時期をずらす場合、時期以外は現在と同じ条件、規模で開催での開催が期待できるため高とした

表 4-7 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプション  
 (②現在と異なる雪像の規模(大きさ、数)、内容、場所で開催する場合)

適応オプション	想定される実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
氷像による代替	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般市民・自衛隊の、制作への参加が困難</li> <li>形状によって、溶けてパーツごと落下する可能性がある</li> <li>氷の大量生産が必要</li> </ul>	△	△	N/A	◎	短期	中
雪まつりを盛り上げる代替手段(有名人の招聘、プロジェクトマップピング)	●	●		普及が進んでいる	特になし	△	○	△	◎	短期	中
開催地を山間部に変更	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>会場への交通手段を整備する必要がある</li> <li>アクセスのしにくさによって来場者数が減少する可能性がある</li> </ul>	△	△	N/A	△	短期	中

※普及状況については、さっぽろ雪まつりとして普及が進んでいるかどうかを示す  
 ※情報面については、さっぽろ雪まつりとして知見があるかどうかを示す  
 ※効果については、現在の雪まつりの規模やクオリティを保つための効果について示す

表 4-8 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプションの考え方  
 (②現在と異なる雪像の規模(大きさ、数)、内容、場所で開催する場合)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
氷像による代替	効果：氷像の制作・展示は現在の雪まつりでも行われているが、ここでは雪像の不足分を氷像に代えることを想定している。雪まつりのシンボルである雪像の数や規模の縮小を伴うため中とした
雪まつりを盛り上げる代替手段(有名人の招聘、プロジェクトマップピング)	効果：プロジェクトマップピングや有名人の招へいは現在の雪まつりでも行われているが、ここでは雪像の不足分を補うためのコンテンツとしての利用を想定している。雪まつりのシンボルである雪像の数や規模の縮小を伴うため中とした
開催地を山間部に変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>効果：現在と同程度の雪量を確保でき、かつクオリティの保持も期待できるが、開催場所が市街中心部から離れることにより、来場者数の減少とともにさっぽろ雪まつりの規模も縮小する可能性があるため、中とした</li> <li>コスト面：採雪コストを抑えられる可能性がある一方、来場者のための交通手段の整備が必要になる。必要なコストは開催場所にもよるため、N/Aとした</li> </ul>

#### 4.1.7.2. 強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止

さっぽろオータムフェスト期間中における極端な気象の発生に対する適応オプションは、強雨・強風などの極端な気象が現在よりも頻発すると仮定した場合、急遽キャンセル等による経済的損失を最小にするという観点で整理を行った。詳細を表 4-9 に示す。

表 4-9 さっぽろオータムフェストの中止に対する適応オプション

適応オプション	想定される実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
極端な気象発生時の体制整備（基準整備／情報共有／連携の構築等）	●	●		普及が進んでいる	関係者間の連携システムの構築が必要	△	◎	◎	◎	短期	低
屋内での開催	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>規模、開催期間、集客の縮小の可能性がある</li> <li>他イベントとの調整が必要</li> </ul>	△	◎	N/A	◎	短期	高
雨用の大型テントの導入	●	●		普及が進んでいない	極端な気象の場合には実施不可能	△	◎	△	◎	短期	中

※普及状況については、さっぽろオータムフェストとして普及が進んでいるかどうかを示す  
 ※情報面については、全国のイベントとして知見があるかどうかを示す  
 ※効果については、経済的損失を最小にする効果について示す

表 4-10 さっぽろオータムフェストの中止に対する適応オプションの考え方

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
極端な気象発生時の体制整備（基準整備／情報共有／連携の構築等）	オータムフェストは屋外で開催するため、極端な気象現象が発生した場合のキャンセルは免れない。しかし、例えばオータムフェスト独自のタイムラインを作成するなど事前に体制を整えておくことで、計画的なキャンセルが可能になる。（国土交通省 HP <a href="http://www.mlit.go.jp/river/bousai/timeline/index.html#know">http://www.mlit.go.jp/river/bousai/timeline/index.html#know</a> ）
屋内での開催	効果：さっぽろオータムフェスト全期間を通じて屋内施設で開催することを想定である。天候に左右されず安定して開催できるため、高とした
雨用の大型テントの導入	効果：屋外で開催し、一部に雨除けのテントを設置することを想定。通常の降水でも開催を継続できるが、極端な気象現象が発生した場合にはイベント自体のキャンセルは免れないため、中とした

## 4.2. 気候シナリオに関する情報

### 4.2.1. 気候シナリオ基本情報

本調査で使用した気候シナリオの基本情報は、表 4-11 のとおりである。

表 4-11 使用する気候パラメータに関する情報

項目	地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定	さっぽろ雪まつりにおける雪不足	強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ	気象研究所 2 km 力学的 DS データ by 創生プログラム	
気候モデル	MRI-CGCM3 MIROC5	MRI-NHRCM02	
気候パラメータ	降水量 風速 気温	積雪深 積雪水量	降水量 風速
排出シナリオ	RCP2.6 RCP8.5	RCP8.5	
予測期間	21 世紀中頃 21 世紀末	21 世紀末	21 世紀末
バイアス補正の有無	あり (全国)	あり (地域)	あり (全国)

### 4.2.2. 使用した気候パラメータに関する情報

#### 4.2.2.1. 地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定

使用した気候パラメータである冬季の日降水量分布と夏季の日平均気温分布、夏～秋季の日平均風速分布を図 4-14、図 4-15、図 4-16 に示す。

冬季 (12～2 月) の日降水量分布をみると、現在と比べて MRI-CGCM3 では RCP8.5 のシナリオの 21 世紀中頃・21 世紀末で強い雨 (50 mm/day 以上) の発生頻度が減少することが予測された。しかし、MIROC5 では、21 世紀中頃・21 世紀末と強い雨 (50 mm/day 以上) の発生頻度が増加することが予測された。

また、夏季 (6～8 月) の日平均気温分布をみると、MRI-CGCM3 では RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃で +2～3℃、21 世紀末で +4～5℃ 程度の上昇が予測された。MIROC5 では、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末で +5℃ 以上の上昇が予測され、高温域の出現頻度が多くなることが予測された。

夏～秋季 (7～9 月) の日平均風速の分布をみると、MIROC5 の RCP8.5 シナリオでは、21 世紀中頃、風速 3.5m/s 以上の日が現在よりも若干増加すると予測された。しかしながら、全体的には MRI-CGCM3、MIROC5 いずれにおいても、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃の予測結果、21 世紀末の予測結果と現在とでは大きな変化は見られない。

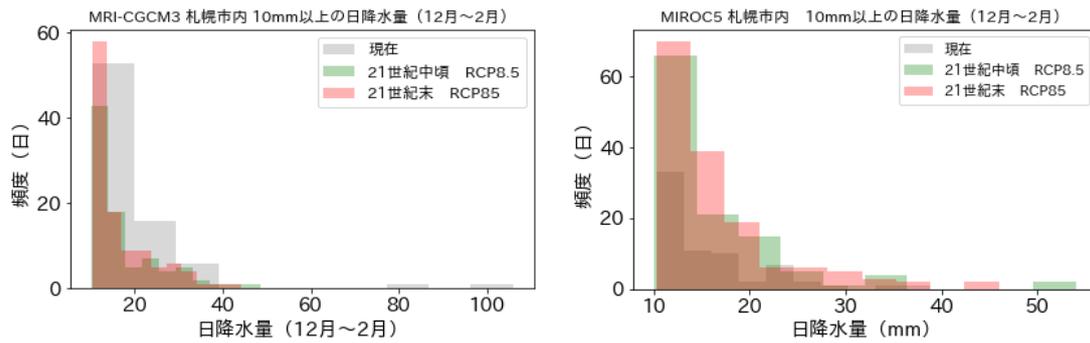


図 4-14 冬季の日降水量の頻度分布（札幌市中心部、左：MRI-CGCM3、右：MIROC5）

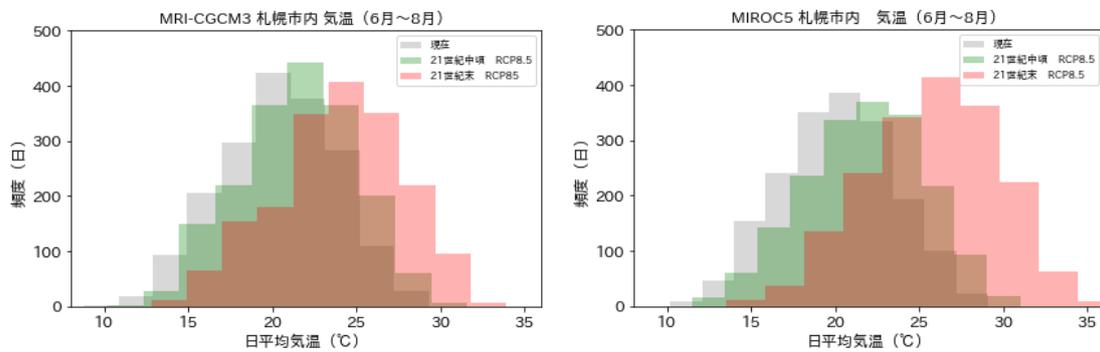


図 4-15 夏季の日平均気温頻度分布（札幌市中心部、左：MRI-CGCM3、右：MIROC5）

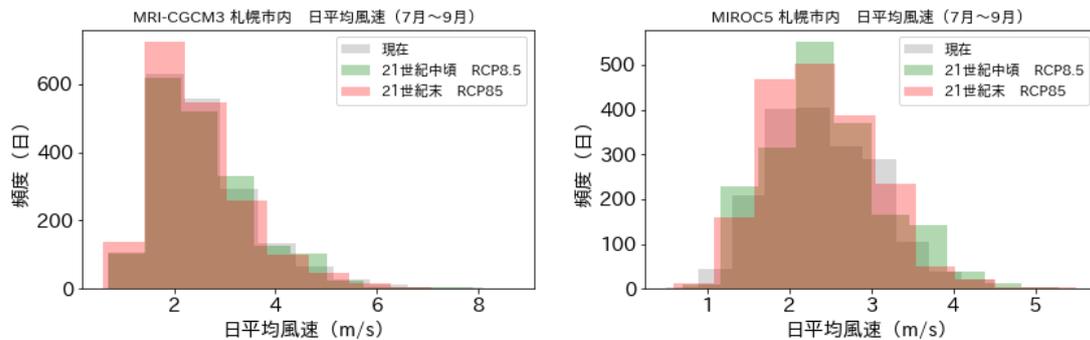


図 4-16 夏～秋季の日平均風速分布（札幌市中心部、左：MRI-CGCM3、右：MIROC5）

#### 4.2.2.2. さっぽろ雪まつりにおける雪不足

さっぽろ雪まつり採雪期間中における採雪地の積雪深を現在及び21世紀末の気候で予測した結果、RCP8.5シナリオでは、21世紀末の気候で、全ての地点で積雪深が現在の半分程度に減少することが予測された（図 4-17）。なお、現在の採雪地は、おおむね平野部にあるため、積雪深の減少が予測されたが、山岳地帯では積雪深が増加する地域も存在する結果となった。

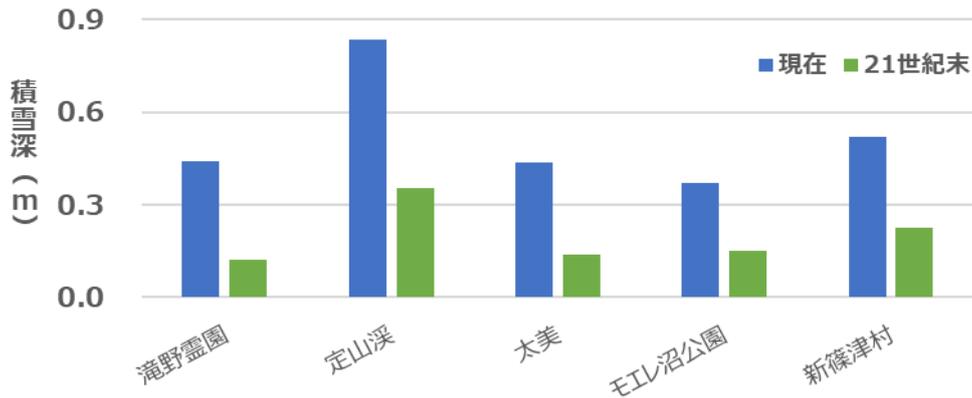


図 4-17 現在の採雪地における採雪期間中（1/15～1/27）の積雪深の変化  
（21 世紀末の予測は RCP8.5 シナリオ、使用モデルは MRI-NHRCM02）

#### 4.2.2.3. 強雨・強風によるオータムフェストの中止

さっぽろオータムフェスト開催期間中における、日降水量と日平均風速の分布を図 4-18 に示す。

日降水量については、現在と比較して 21 世紀末は 150 mm 以上の強い雨が出現する頻度が増加することが予測された。日平均風速については、現在と比較して 21 世紀末は 8m/s 以上の強い風が出現する頻度が減少することが予測された。

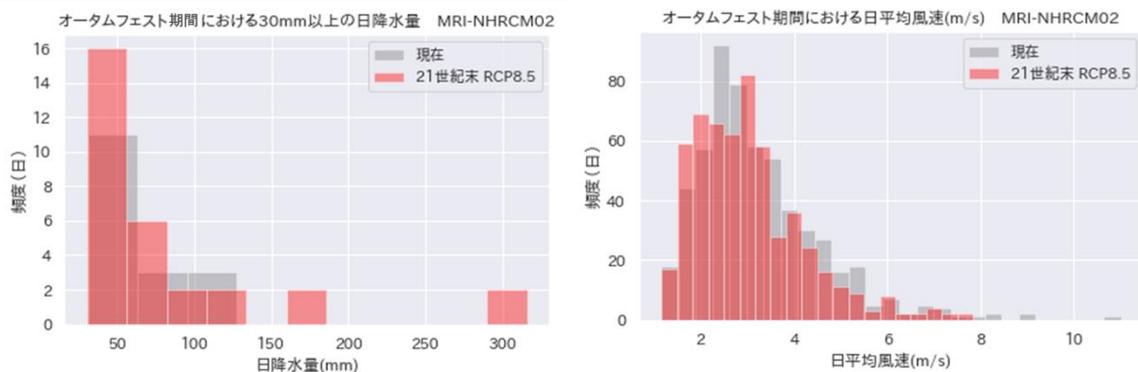


図 4-18 札幌市内における日降水量及び日平均風速の強度別出現頻度分布  
（21 世紀末の予測は RCP8.5 シナリオ、使用モデルは MRI-NHRCM02）

#### 4.2.3. 気候シナリオに関する留意事項

##### 【地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定】

気候データは、優先度の高い気候変動影響を洗い出すための定性評価にのみ用いており、気候シナリオに関して特段留意すべき事項はない。

##### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

積雪深のバイアス補正においては、観測値として気象庁のメッシュ平年値を用いている。メッシュ平年値は、点在する測定結果を地形因子等により補間して得られたものであり、測定データの乏しい山岳地帯のメッシュ平年値については不確実性が高く、バイアス

補正結果についても不確実性が高いと考えられる。なお、山岳地帯では採雪を行わないため、本調査では、この不確実性について問題とならないと考えられる。

#### 【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止】

会場最近傍メッシュのデータのみを使用しており、将来予測における気象擾乱、例えば台風の経路のような不確実性は考慮しきれていないことに留意が必要である。

### 4.2.4. バイアス補正に関する情報

#### 【地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定】

全国事業においてバイアス補正済みのデータを使用したため、本調査ではバイアス補正を行っていない。

#### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

気象研究所 2 km力学的 DS データを用いた積雪深予測には一定の誤差が含まれることから気象庁メッシュ平均値と気候モデル出力値（現在）とによるバイアス補正を行った。

バイアス補正の方法を表 4-12 に、バイアス補正に使用したデータを表 4-13 に示す。バイアス補正にあたっては、まず、観測値（1月の最深積雪深）に合わせて、モデル出力値（現在）の1月における最深積雪深を算出し、地点や標高による影響を受けないよう、1地点毎（メッシュ1点毎）に観測値とモデル出力値（現在）の比率を求めた。次にこの比率をモデル出力値（現在、将来）の平均積雪深とかけ合わせることでバイアス補正を実施した。

以上の手法によりバイアス補正を行った結果を図 4-19、図 4-20 に示す。求めた比率をマッピングした結果を示す。示した図の領域内において、全体的な傾向として比率の値が0に近い値(モデル出力値(現在) > 観測値)となっており、特に日高山脈や十勝岳付近ではより0に近い値を示していることが分かる。しかし西側の沿岸域においては、比率の値が高く(観測値 > モデル出力(現在))なることが分かった。十勝岳や日高山脈エリアについては、補正後には低い値となった。一方で、モデル出力値(将来)において積雪深が0mで再現されている地点に関しては、補正結果が0mとなるため、積雪がない地点におけるバイアス補正の手法については今後の課題である。

表 4-12 バイアス補正の方法

1)モデル出力値（現在）の最深積雪深（表 4-13B）と、その最近点となる観測値の最深積雪深（表 4-13 A）から、1 地点毎に観測値とモデル出力値(現在)の最深積雪深の比率を求める。

$$\text{最深積雪深の比率} = \frac{\text{観測値における 1 月の最深積雪深}}{\text{モデル出力値(現在)における 1 月の最深積雪深}}$$

2) 1)で作成した比率を、モデル出力値（現在）とモデル出力値（将来）の平均積雪深に掛け合わせ、1 地点毎に補正を行う。

$$\begin{aligned} \text{モデル補正值(現在、将来の平均積雪深)} \\ = \text{モデル出力値(現在、将来の平均積雪深)} \times \text{比率} \end{aligned}$$

表 4-13 バイアス補正に使用したデータの詳細

用途	バイアス補正式作成用		影響評価用 (補正対象データ)	
	A	B	C	D
データ名	気象庁メッシュ 平年値	気象研究所 2km 力学的 DS データ		
データ用途	観測値	モデル出力値 (現在)	モデル出力値 (現在)	モデル出力値 (将来)
使用変数	1 月の最深積雪深	1 月の最深積雪深	雪まつり期間の AM9 時における 平均積雪深 (1 月 5 日～1 月 27 日)	雪まつり期間の AM9 時における 平均積雪深 (1 月 5 日～1 月 27 日)
使用期間	1981～2010 年 30 年平均値	1980 年～1999 年 20 年平均値	1980 年～1999 年 20 年平均値	2076 年～2095 年 20 年平均値

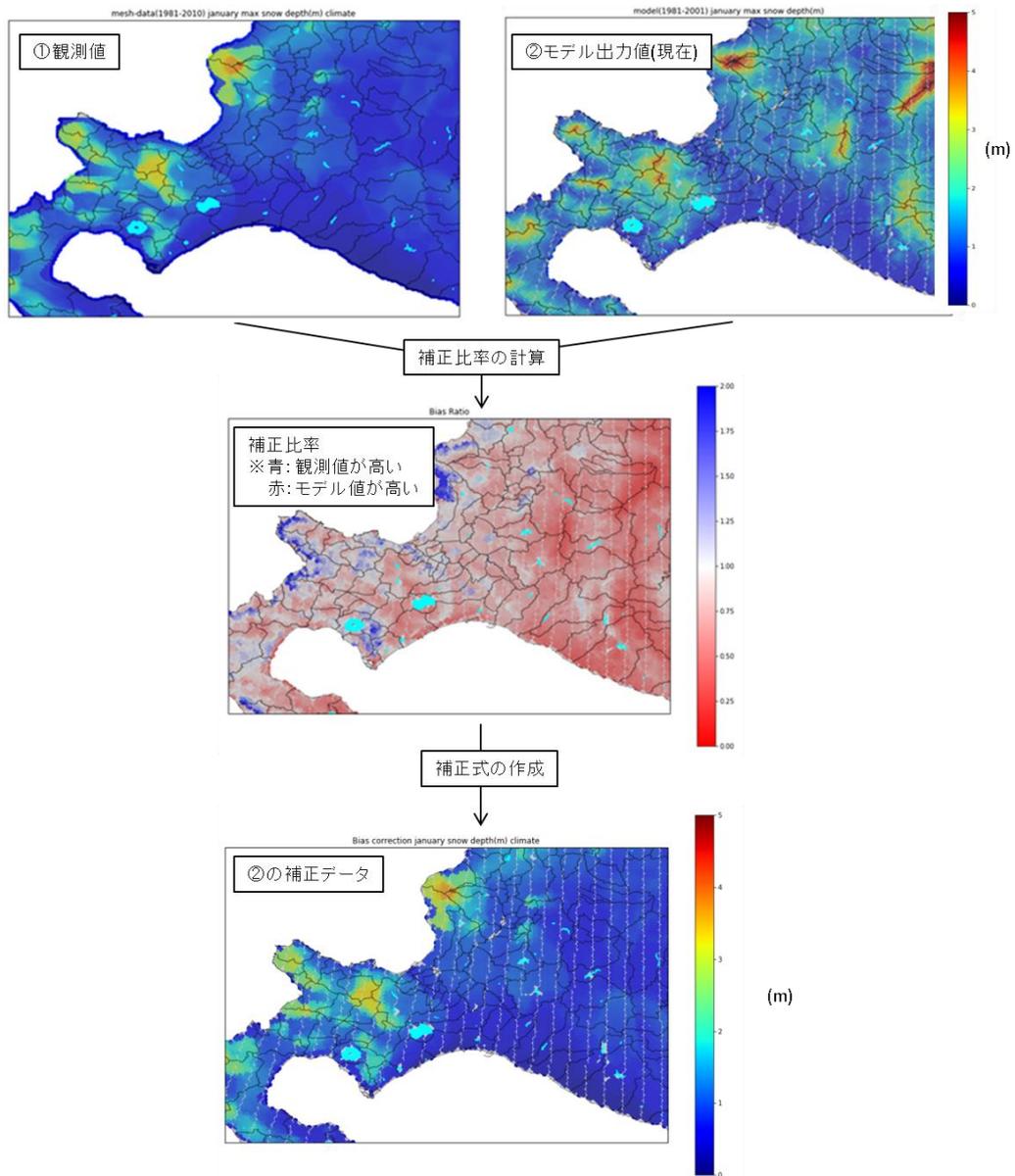


図 4-19 比率を用いたバイアス補正結果

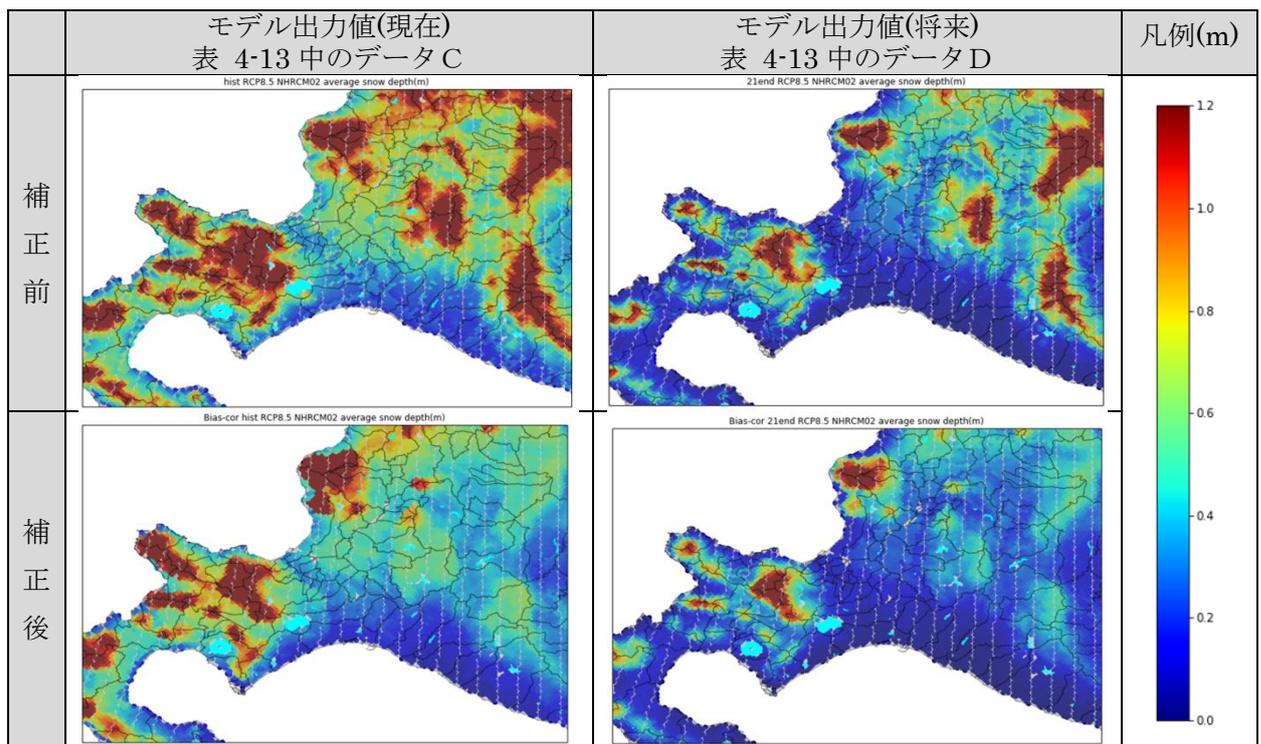


図 4-20 バイアス補正前後の平均積雪深比較

【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止】

全国事業においてバイアス補正済みのデータを使用したため、本調査ではバイアス補正を行っていない。

#### 4.2.5. 気候シナリオ選択の理由

【地域にとって優先度の高い影響の選定】

様々なイベントを幅広く定性評価することが目的であるため、極端な気象ではなく平均的な気象について再現しやすい NIES 統計 DS データを選択した。

【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

パラメータに積雪深が唯一含まれている気候シナリオであるため、気象研究所 2km 力学的 DS データを選択した。

【さっぽろオータムフェストにおけるイベントの中止】

極端な風と降雨の再現が可能でありかつ、比較的微小的な地形が生み出す気象についても再現可能である気象研究所 2km 力学的 DS データを選択した。

### 4.3. 気候変動影響に関する調査手法

#### 4.3.1. 手順

##### 4.3.1.1. 地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定

作業フローを図 4-21 に示す。

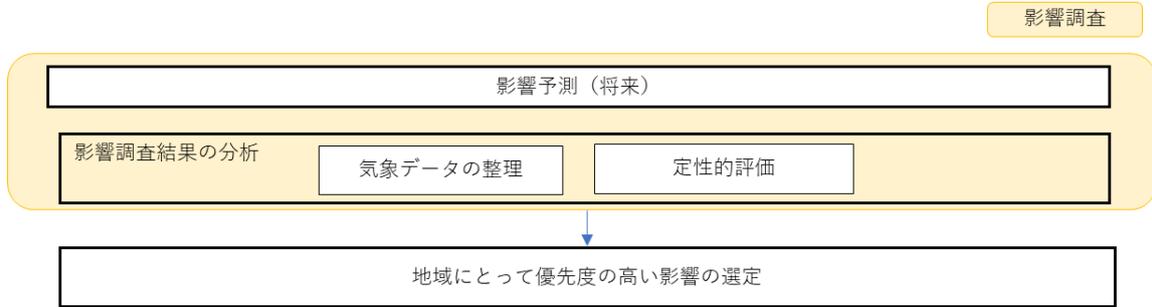


図 4-21 地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定に関する作業フロー

##### 4.3.1.2. さっぽろ雪まつりにおける雪不足

作業フローを図 4-22 に示す。

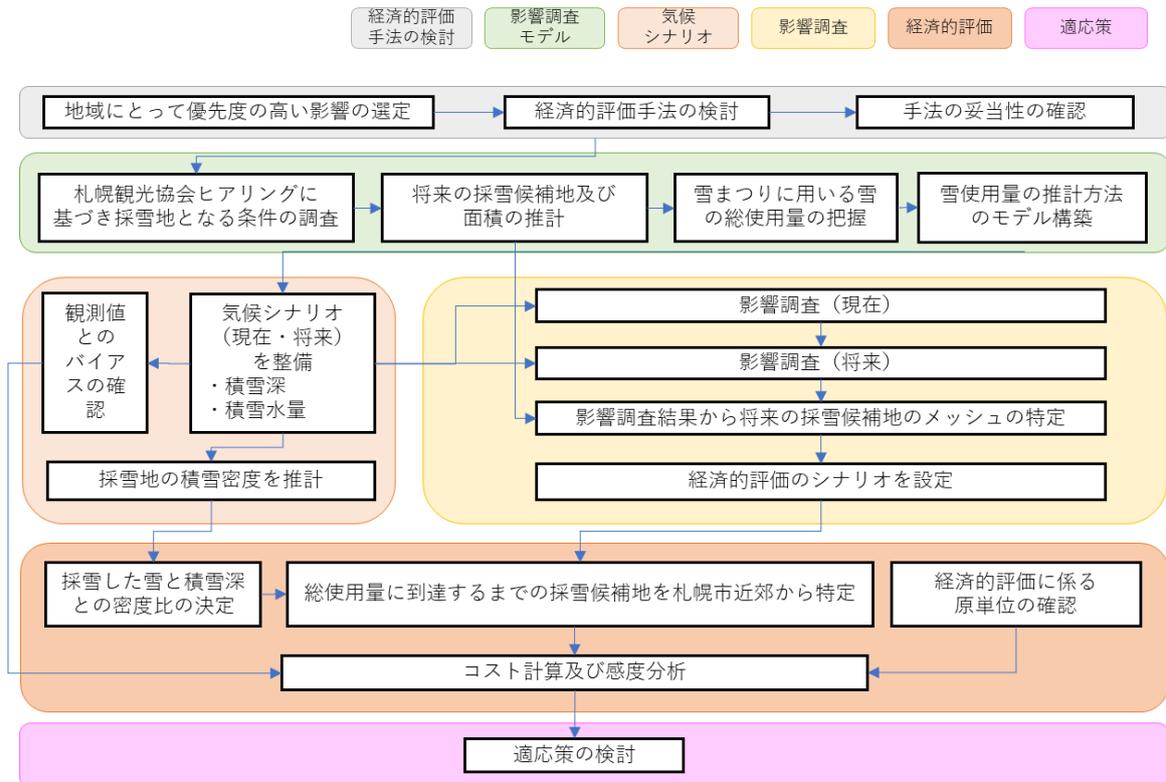


図 4-22 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に関する調査の作業フロー

4.3.1.3. 強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止  
作業フローを図 4-23 に示す。

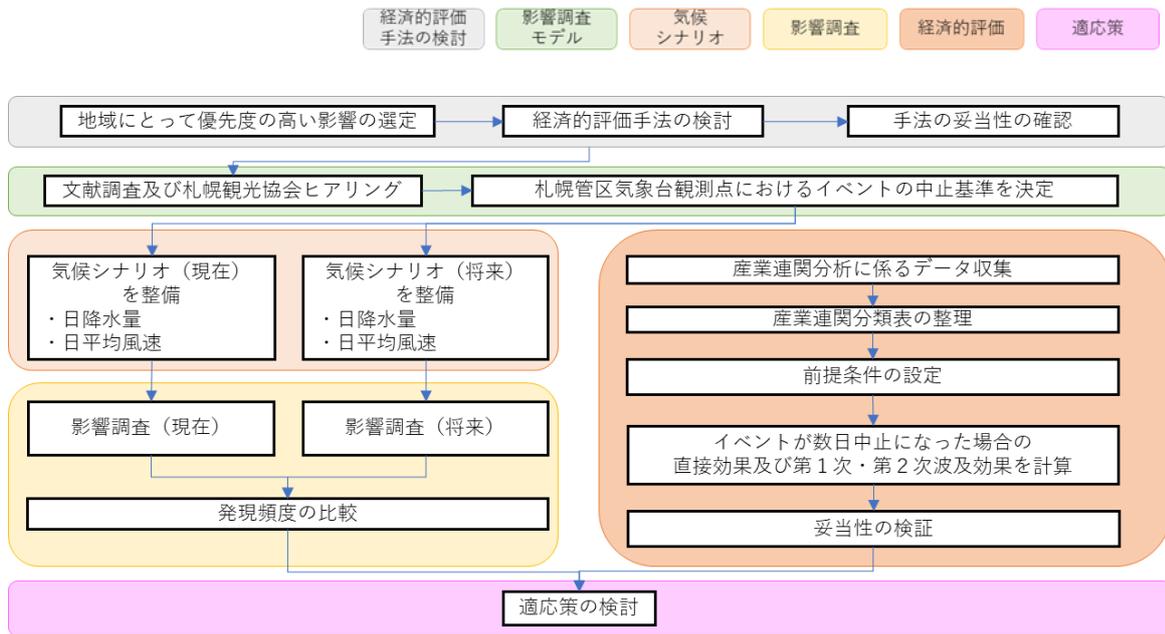


図 4-23 強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止に関する調査の作業フロー

#### 4.3.2. 使用したデータ・文献

##### 4.3.2.1. 引用文献一覧

使用したデータを表 4-14、使用した文献を表 4-15 に示す。そのほか、収集したデータや文献については収集データリスト及び参考文献リストを参照。

表 4-14 収集したデータ

データ名	使用用途	出典等
北海道の土地利用情報	雪不足の影響評価時、将来の採雪対象地候補の選定に使用	国土交通省国土政策局「国土数値情報」ダウンロードサービス内・行政区域・土地利用細分メッシュ < <a href="http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/">http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/</a> > 2018 年 11 月 28 日アクセス
気象庁メッシュ平年値 1 月最深積雪(cm)	雪不足の影響評価時、気候シナリオのバイアス補正に使用	国土交通省国土政策局「国土数値情報」ダウンロードサービス内・平年値メッシュデータ < <a href="http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/">http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/</a> > 2018 年 11 月 28 日アクセス
さっぽろオータムフェスト来場者数	さっぽろオータムフェスト一部中止による消費額減少分計算に使用	札幌市経済観光局 (2017) 「平成 29 年度札幌市観光イベント経済効果調査 (さっぽろオータムフェスト 2017) 報告書」から引用 区分 (札幌市民・その他道民・道外客・外国人) 別参加者比率についても本出典を利用。
さっぽろオータムフェスト来場者数の平日・休日比	さっぽろオータムフェスト一部中止による消費額減少分計算に使用	2008 年～2017 年の実績を使用。(さっぽろオータムフェスト実行委員会の提供資料)
さっぽろオータムフェスト日程	さっぽろオータムフェスト一部中止による消費額減少分計算に使用	2017 年の実績を使用。 なお、休日は土日・祭日を含めて 7 日間含まれるものとした。
さっぽろオータムフェスト時の市内消費額単価・食費	さっぽろオータムフェスト一部中止による消費額減少分計算に使用	札幌市経済観光局「平成 29 年度札幌市観光イベント経済効果調査 (さっぽろオータムフェスト 2017) 報告書」から引用。 区分別(札幌市民・その他道民・道外客・外国人) を利用。
札幌市・一人一日当たり食費	さっぽろオータムフェスト一部中止による消費額減少分計算に使用	札幌市まちづくり政策局「札幌市統計書(平成 29 年版)-物価及び生計費 平成 29 年札幌市 2 人以上の世帯・一世帯当たり消費支出」より算出
札幌観光における観光消費額単価・食費	さっぽろオータムフェスト一部中止による消費額減少分計算に使用	札幌市観光文化局観光コンベンション部「第 4 回札幌市観光産業経済効果調査報告書(平成 23 年)」より算出

表 4-15 収集した文献

収集した論文	内容
IPCC 第 5 次評価報告書及び左記に基づく環境省の「日本における気候変動による影響に関する評価報告書」	地域にとって優先度の高い影響の選定する際に、定性評価の指標及び評価尺度策定の参考とした。
近藤純正（1994）水環境の気象学 一地表面の水収支・熱収支一，朝倉書店，pp.348.	近藤（1994）を元に妥当な値として、重機圧縮後の積雪密度を 700 kg/m <sup>3</sup> に設定した。
労働安全衛生規則 第 522 条 中央労働災害防止協会 HP < <a href="https://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-2/hor1-2-1-2h9-0.htm">https://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-2/hor1-2-1-2h9-0.htm</a> > 2018 年 12 月 10 日アクセス	イベント中止の強風日、強雨日の基準として使用。

#### 4.3.3. 有識者ヒアリング

有識者へのヒアリング結果を表 4-16 に示す。

表 4-16 有識者ヒアリング一覧

<b>NO.</b>	<b>1</b>
ヒアリング対象者	札幌国際大学 教授 河本光弘氏
日付	2017 年 10 月 12 日（木）18:00~20:00
場所	札幌国際大学サテライトオフィス
概要	産業関連の分析方法等、観光業の調査計画へのアドバイスを頂いた。
<b>NO.</b>	<b>2</b>
ヒアリング対象者	札幌大通まちづくり株式会社
日付	2017 年 10 月 13 日（金）12:10~12:40
場所	札幌大通まちづくり株式会社
概要	商店街のイベント実施主体の目線から近年の課題・ニーズについてヒアリングを行った。
<b>NO.</b>	<b>3</b>
ヒアリング対象者	札幌観光協会
日付	2017 年 10 月 13 日（金）13:00~14:00
場所	札幌観光協会
概要	札幌で開かれる大きなイベントについて、並びにさっぽろ雪まつり採雪の方法、予算、過去の雪像倒壊事故、市民参加の雪像づくりの方法、留意点についてヒアリングを行った。

<b>NO.</b>	<b>4</b>
ヒアリング対象者	北海道大学 准教授 佐藤友徳氏
日付	2018年1月22日(月) 14:00~15:30
場所	佐藤先生研究室
概要	雪まつの調査に関して、予測計算に関するご助言(パラメーターの設定等)を頂いた。
<b>NO.</b>	<b>5</b>
ヒアリング対象者	札幌国際大学 教授 河本光弘氏
日付	2018年1月23日(火) 13:30~15:30
場所	札幌国際大学サテライト
概要	札幌市のイベント(さっぽろ雪まつり、YOSAKOI ソーラン祭り、さっぽろライラックまつり)において、近年現れている気候変動の影響や、経済的影響を考える上での留意点等。
<b>NO.</b>	<b>6</b>
ヒアリング対象者	札幌国際大学 観光学部 国際観光学科 教授 河本光弘氏 札幌国際大学 短期大学部 総合生活キャリア学科 准教授 遊佐順和氏 北海道大学 准教授 大学院地球環境科学研究所 佐藤友徳氏 札幌観光協会
日付	2018年2月14日(水) 16:00~19:00
場所	北海道経済センター7階 札幌国際大学サテライトオフィス
概要	地域にとって優先度の高い影響の選定するため、有識者3名と札幌観光協会によるエキスパートジャッジを実施した。 定性評価の指標及び評価尺度策定に際しては、IPCC第5次評価報告書及び左記に基づく環境省の「日本における気候変動による影響に関する評価報告書」にて用いられた評価手法を元に議論を行った。(その結果を表4-24表4-24に示す。)
<b>NO.</b>	<b>7</b>
ヒアリング対象者	札幌市環境局 環境都市推進部
日付	2018年6月13日(水) 14:30~15:30
場所	札幌市役所本庁舎
概要	札幌市として経済評価を行ってほしい項目(または地域性がある項目)についてヒアリングを実施した。

<b>NO.</b>	<b>8</b>
ヒアリング対象者	札幌国際大学 教授 河本光弘氏
日付	2018年6月13日(水) 17:45~19:15
場所	札幌国際大学サテライトオフィス
概要	適応・観光調査・地域にとって優先度の高い項目の選定及び調査方針の共有
<b>NO.</b>	<b>9</b>
ヒアリング対象者	北海道大学 准教授 佐藤友徳氏
日付	2018年9月6日(木) 11:00~12:00
場所	佐藤先生研究室
概要	力学的 DS データ (温暖化予測情報第9巻及び気象研究所力学的 DS データ (NHRCM)) の特徴の違いについて、積雪と凝縮してある雪の密度の違いについて、雪の量に基づく感度分析についてヒアリングを行った。
<b>NO.</b>	<b>10</b>
ヒアリング対象者	札幌観光協会さっぽろ羊が丘展望台
日付	2018年10月3日(水) 11:10~12:00
場所	羊が丘展望台
概要	さっぽろ雪まつりの採雪方法について詳細な点を確認した。
<b>NO.</b>	<b>11</b>
ヒアリング対象者	札幌国際大学 教授 河本光弘氏
日付	2019年7月23日(火) 17:30~18:30
場所	札幌国際大学サテライトオフィス
概要	さっぽろ雪まつりの適応オプションについて、規模縮小や雪室の利用についてヒアリングを行った。
<b>NO.</b>	<b>12</b>
ヒアリング対象者	札幌観光協会
日付	2019年7月24日(水) 16:15~17:00
場所	札幌観光協会
概要	雪不足、イベント中止それぞれのコスト計算について確認を行い、弊社から提示した適応オプションへの意見を頂いた。

<b>NO.</b>	<b>1 3</b>
ヒアリング対象者	札幌市 環境局 環境都市推進部
日付	2019年7月24日(水) 9:30~11:00
場所	札幌市役所本庁舎
概要	雪像づくりの技術維持、伝承について、自衛隊の参加のメリット等について、氷像づくりについて、さっぽろオータムフェストの波及効果についてヒアリングを行った。
<b>NO.</b>	<b>1 4</b>
ヒアリング対象者	札幌市 環境局 環境都市推進部
日付	2019年9月3日(火) 15:45~16:45
場所	札幌市役所本庁舎
概要	影響予測の設定期間についての要望、適応オプションの示し方についてご意見を頂いた。市で策定を進めている適応計画へ、本事業調査結果の活用が可能かどうか確認をした。
<b>NO.</b>	<b>1 5</b>
ヒアリング対象者	北海道大学 准教授 佐藤友徳氏
日付	2019年9月3日(火) 13:00~14:00
場所	佐藤先生研究室
概要	雪不足のコスト計算について、採算コストの予測値の幅の検討についてご意見を頂いた。
<b>NO.</b>	<b>1 6</b>
ヒアリング対象者	札幌国際大学 教授 河本光弘氏
日付	2019年9月3日(火) 17:00~18:30
場所	札幌国際大学サテライトオフィス
概要	海外の類似するイベントの情報等をもとに雪不足の適応オプションについて、地元でのイベントの意義についてヒアリングを行った。またさっぽろオータムフェストの今後の開催見通しについてもうかがった。
<b>NO.</b>	<b>1 7</b>
ヒアリング対象者	札幌観光協会
日付	2019年9月4日(水) 15:00~15:45
場所	札幌観光協会
概要	2016年の雪不足の際にコスト以外で明らかになった課題、市民雪像の技術指導員、イベントの中止について中止決定時期や判断基準、観客・出店者への周知・対応についてヒアリングを行ったほか、さっぽろ雪まつりの適応オプションについて議論をした。

<b>NO.</b>	<b>18</b>
ヒアリング対象者	札幌国際大学 教授 河本光弘氏
日付	2019年11月6日(水) 13:30~15:30
場所	札幌国際大学サテライトオフィス
概要	適応オプションの評価内容について、ヒアリング、議論を行った。
<b>NO.</b>	<b>19</b>
ヒアリング対象者	札幌観光協会
日付	2019年11月6日(水) 9:00~10:00
場所	札幌観光協会
概要	第67回の雪不足の際、市外から雪を確保するためにかかったコストの計算方法について、プロジェクションマッピングの効果について確認を行った。

#### 4.3.4. 観測及び実証実験

本調査では、観測及び実証実験は行っていない。

#### 4.3.5. 気候変動影響予測手法の検討

平成29年度の調査として、札幌市において開催されている様々なイベントを対象に、地域にとって影響を評価すべき優先度の高いイベント・事象を、新聞記事やヒアリングによって洗い出し、定性評価を行った。その結果を札幌市と協議し、雪まつりにおける雪不足と強風・強雨によるイベント中止について調査することとした。強風・強雨によるイベント中止は、緊急性が高いとは言えないものの、発生した場合には影響が大きいと考えられることから、一例としてさっぽろオータムフェストを調査対象と定めた。平成30年度及び31年度には、これら2つのテーマについて定量的に評価を行うべく、気候変動の影響予測並びに経済影響評価を実施した。

#### 4.3.6. 影響予測モデルに関する情報

##### 4.3.6.1. 採雪コスト計算モデル

さっぽろ雪まつりにおける雪不足について、図 4-24 に示す「採雪コスト計算モデル」を用いて経済影響評価を行った。

本計算において用いた前提条件を表 4-17 に、将来の採雪候補地と選定手順を表 4-18 に、将来の採雪地における採雪面積を表 4-19 に、コスト計算の基礎となる項目ごとの単価を表 4-20 に示す。なお、これらの条件はさっぽろ雪まつり実行員会へのヒアリング（2018 年実績）に基づき定めた。

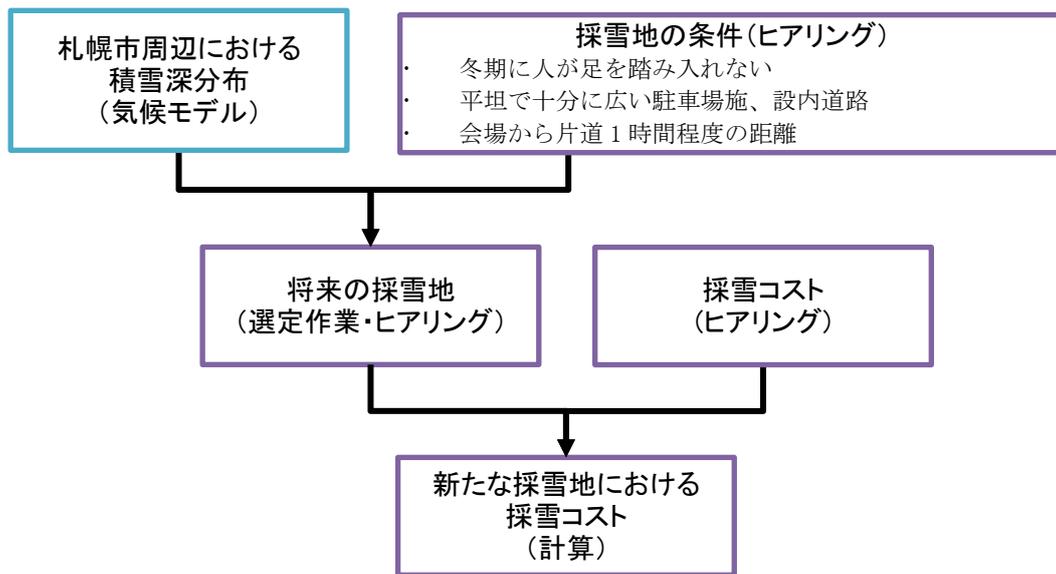


図 4-24 採雪コスト計算モデルによる計算方法

表 4-17 採雪コスト計算にかかる前提条件

項目	条件
必要体積	46,176 m <sup>3</sup> (全量 48,000 m <sup>3</sup> のうち削り雪 <sup>※1</sup> (約 4%) を除く体積)
採雪地の積雪深・積雪密度	対象地毎に気候モデルの予測値を元に算出した値
採雪割合	35% : 岩見沢市 <sup>※2</sup> の道路 (未除雪道路) 65% : ゴルフ場・キャンプ場等の駐車場または施設内道路 - 採雪が大規模に行える施設では施設面積の 1.9% - それ以外の施設については 1カ所あたり 6,646 m <sup>2</sup>
採雪順番	採雪対象地と札幌大通公園の距離の近い順
採雪期間	1/5～1/27
トラック往復数/日	1日あたりトラックが往復できる回数は以下のように設定する ・ 20km未満 : 4往復 ・ 20km以上～40km未満 : 3往復 ・ 40km以上 : 2往復
燃費	1.3km/L
その他	・ 片道移動距離が 50km を超え、かつ高速道路が利用可能な場合は高速道路を使用する (ヒアリング情報に基づく)。 ・ 公共の協力機関のトラックは 1/5 から 9 日間、27 台編成で採雪可能とする、これらのトラックについては燃料代のみ考慮する (2018 年実績に基づく)。

※1 雪像を造る際に削り取った雪を他の雪像制作に再利用するもの。

※2 将来予測の結果、積雪が 30cm 以上となる最も近い自治体の一つであり、平地かつ農道の数も多くある程度纏まった採雪が見込めることから、全量を確保できる可能性が最も高い自治体として選出した。

表 4-18 将来の採雪候補地と選定手順

対象	<p>札幌市近郊のゴルフ場、霊園、キャンプ場、都市公園及び運動施設、民間企業の経営するレジャー施設 (2018年の実績及びさっぽろ雪まつり実行委員会との協議に基づく)</p>
手順	<p>① 21世紀末において、採雪期間中(1/5～1/27)における積雪深の20年平均が30cm以上となるメッシュを抽出</p> <p>② 国土交通省国土政策局「国土数値情報」土地利用細分メッシュより、「ゴルフ場」及び「その他の用地」が含まれるメッシュを抽出</p> <p>③ ①、②を重ね合わせ、①及び②の条件を満たすメッシュを抽出</p> <p>④ 抽出したメッシュについて、北海道道路地図を元に、現在の土地の用途を特定</p> <p>⑤ 特定した施設について以下の観点から採雪地となるかを判断した</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 冬期に人が足を踏み入れない</li> <li>・ 傾斜地でなく、舗装された駐車場や十分に広い施設内道路がある</li> <li>・ 札幌大通り公園から片道1時間程度でアクセス可能</li> <li>・ なお、以下の施設は冬季であっても利用されており、採雪できないものとして対象外とした。 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ スキー場、冬季にレジャー施設として開業中のゴルフ場、牧場、神社、丘陵地帯に立地する公園、野球場、社会福祉施設、陸上自衛隊駐屯地</li> </ul> </li> <li>・ 札幌市(雪まつり会場)から近い地点から採雪量を積算し、必要量48,000 m<sup>3</sup>の雪を確保できるまで、採雪地を増やす。 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 各地点の採雪量の計算は下記のとおり行う。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 施設：あらかじめ設定した面積×(積雪深-0.1m)</li> <li>➤ 道路：必要量の約34%とする</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

表 4-19 将来の採雪地における採雪面積

No.	自治体	採雪候補地	片道道路 距離(km)	採雪面積 (m <sup>2</sup> )
1	倶知安町	倶知安町農道など	97.9	—
2	札幌市	定山溪自然の村	29.6	101,365
3	当別町	道民の森（神居尻地区）	64.1	105,551
4	当別町	道民の森（牧場南地区）	78.3	14,201
5	真狩村	羊蹄山自然公園	82.8	38,382
6	札幌市	札幌テイネGC	15.8	6,646
7	小樽市	小樽市望洋サッカー・ラグビー場	34.1	6,646
8	小樽市	札幌ゴルフ倶楽部	39.4	6,646
9	小樽市	おたる自然の村（キャンプ場）	41.0	6,646
10	喜茂別町	喜茂別市ヶ原パークゴルフ場	60.6	6,646
11	夕張市	丁未風致公園	71.5	6,646
12	喜茂別町	泉川ルスツリゾート G72	71.8	6,646
13	喜茂別町	ウェスティンルスツリゾート G72	71.9	6,646
14	京極町	京極スリーユーパークキャンプ場	77.7	6,646
15	京極町	ふきだし公園	77.7	6,646
16	赤平市	エルム高原リゾート（オートキャンプ場）	92.5	6,646

※倶知安町農道については、採雪体積を 1,6471m<sup>3</sup>と固定しているため、面積は記載していない。

表 4-20 採雪作業における単価

費目	料金		備考
(a)トラック借り上げ料（民間）	60,000	円/台・日	
(b) 輸送関連費（公共）	127	円/L	軽油単価(2018/1 軽油平均単価)
(c) 採雪地での採雪関連費用（除雪車借り上げ代等）			
・近接地（片道距離 30km 未満）の費用	550,000	円/地点・日	
・遠方地（片道距離 30km 以上）の費用	700,000	円/地点・日	
(d) 高速道路使用料	2019年2月時点の高速道路料金を適用する		車両区分は大型車とし、札幌 IC から採雪地最寄りの IC まで片道分高速道路を使用するものとして計算

4.3.6.2. イベント中止経済評価モデル

強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止に関する経済評価モデルは、①直接的な消費額減少計算（図 4-25）、及び、②さっぽろオータムフェストの中止に伴う経済波及効果（減少額）の計算（図 4-26）、の2つのサブモデルにより計算を行った。

また、直接的な消費額減少の計算において用いた仮定を表 4-21 に示す。

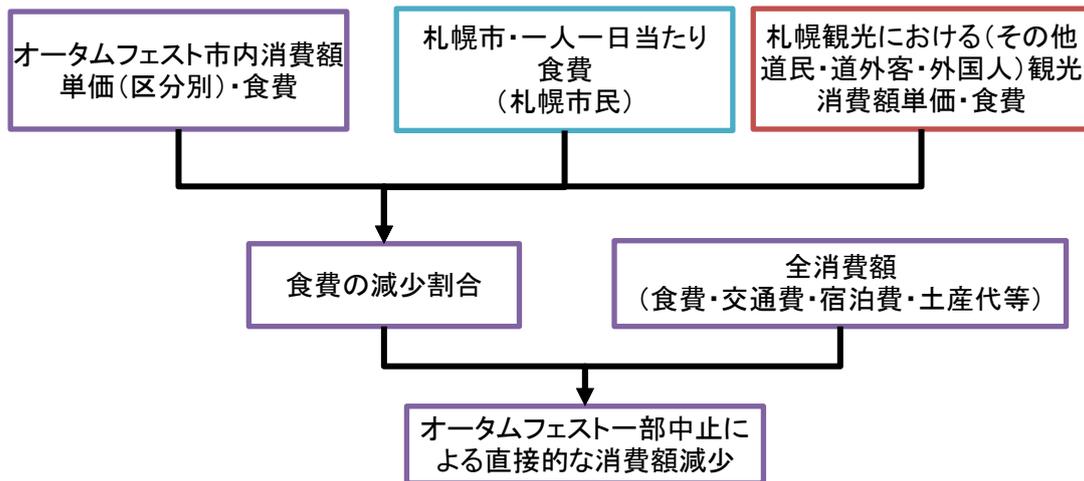


図 4-25 さっぽろオータムフェストの中止によって生じる直接的な消費額減少の考え方

表 4-21 さっぽろオータムフェストの中止による直接的な消費額減少計算における仮定

- ・ オータムフェスト開催期間中に暴風や集中豪雨の影響が懸念される状況になったとする。
- ・ そこで、休日におけるオータムフェスト開催のうち2日間の中止を主催者が決定し、事前に告知したとする。
- ・ その結果、一部の参加予定者が参加を取り止めたり、オータムフェスト参加以外の消費行動をとったとする。
- ・ 札幌市民の一部は外食せずに通常の食生活を送り、それ以外の参加者（その他道民・道外客・外国人）は、オータムフェスト以外の外食を行ったとして、これらデータから消費額の減少割合を求めた。
- ・ 得られた食費に関する減少割合を、食費・交通費・宿泊費・土産物代等全ての費目に適用し、オータムフェストの一部中止による消費額減少を求めた。

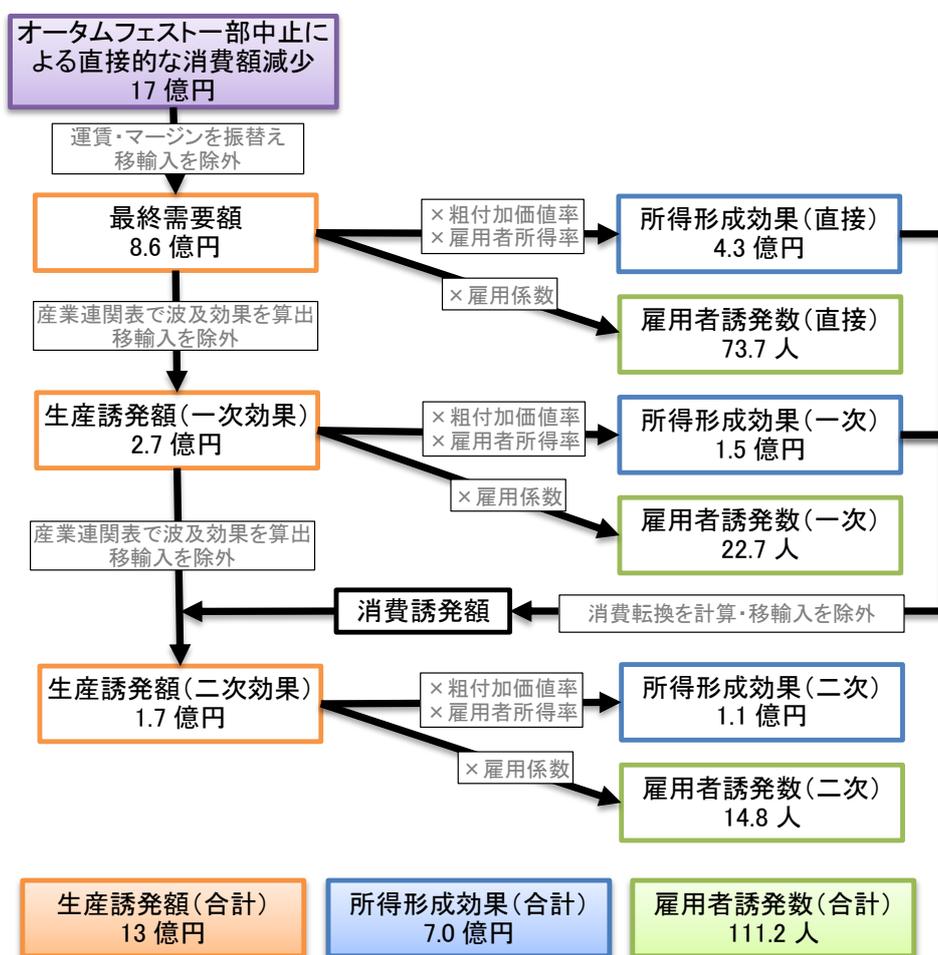


図 4-26 さっぽろオータムフェストの中止に伴う経済波及効果（減少額）の計算過程

#### 4.3.7. 影響予測に必要な入力パラメータ

影響予測に必要な入力パラメータを表 4-22 と表 4-23 にそれぞれ示す。

表 4-22 採雪コスト計算モデル入力パラメータ

項目	出典等
札幌市周辺における積雪深分布	気候モデル：気象研究所 2 km力学的 DS データ by 創生プログラム MRI-NHRCM02 さっぽろ雪まつり期間の平均値の 20 年平均値を作成して使用した。
採雪地の条件	ヒアリングによる (表 4-16)
採雪コスト	ヒアリングによる (表 4-16)

表 4-23 イベント中止経済評価計算モデル入力パラメータ

項目	出典等
札幌市における降水量・風速	気候モデル：気象研究所 2 km力学的 DS データ by 創生プログラム MRI-NHRCM02 オータムフェスト期間の日平均風速及び日降水量が基準値を上回る日の年間平均出現回数を求めた
オータムフェスト市内消費額単価・食費	札幌市経済観光局 (2017) 「平成 29 年度札幌市観光イベント経済効果調査 (さっぽろオータムフェスト 2017) 報告書」 区分別(札幌市民・その他道民・道外客・外国人)
札幌市・一人一日当たりの食費	「札幌市統計書(平成 29 年版)-物価及び生計費 平成 29 年札幌市 2 人以上の世帯・一世帯当たり消費支出」より算出
札幌観光における観光消費額単価・食費	札幌市観光文化局観光コンベンション部「第 4 回札幌市観光産業経済効果調査報告書(平成 23 年)」より算出

※さらに波及効果を評価する場合には、産業連関表が必要になることに留意が必要である。

#### 4.3.8. 影響予測における留意事項（制限事項）

##### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

本調査は、気候変動が積雪深に与える影響、また、その影響下で生じるさっぽろ雪まつりの採雪に関する経済影響評価を対象としており、他の地域で行われる類似イベントでは結果が異なることに留意が必要である。

##### 【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止】

本調査では、気候変動による極端な気象の出現回数の変化と、また、その影響下で起こり得るオータムフェストの中止による経済的影響を対象とした。経済影響評価にあたり、本調査では様々な仮定を置いており、仮定によっては結果が異なる可能性があることに留意が必要である。以下に、基準の根拠及び仮定を詳細に記す。

##### ・ 強風日、強雨日の基準について

日平均風速と日降水量の基準設定根拠は、以下法令に基づく。

労働安全衛生規則 第 522 条「事業者は、高さが 2 メートル以上の箇所で作業を行なう場合において、強風、大雨、大雪等の悪天候のため、当該作業の実施について危険が予想されるときは、当該作業に労働者を従事させてはならない。

＜悪天候に該当する基準値＞

◇ 「強風」...10 分間の平均風速が毎秒 10m 以上の風をいう

◇ 「大雨」...1 回の降雨量が 50mm 以上の降雨をいう

上記の基準を基に、平均風速については、札幌管区气象台観測点における夏・秋季（6/1～10/31）過去 5 年間(2013～2017)において、最大風速 8m/s 以上を観測した日の平均風速と最大風速の値で近似曲線を算出し（ $Y=0.929X+5.6233$ 、 $r^2=0.5253$ ）、最大風速が同観測点で基準に達するときの平均風速の値 6.9m/s と求めた。降水量については、日降水量 50mm を基準として設定した。

##### ・ 経済的影響評価について

経済的影響評価を行うにあたり、物価及び人件費の変動の影響は考慮していない。

##### ・ 経済影響評価の仮定について

本調査では、気候変動による極端な気象の出現確率の変化と、その影響下で生じる経済的影響を対象とした。経済的影響は下記に示す仮定のもとに評価した。

◇ オータムフェスト開催期間中に暴風や集中豪雨の影響が懸念される状況になったとする。

◇ そこで、休日におけるオータムフェスト開催のうち 2 日間の中止を主催者が決定し、事前に告知したとする。

◇ その結果、一部の参加予定者が参加を取り止めたり、オータムフェスト参加以外の消費行動をとったとする。

◇ 札幌市民の一部は外食せずに通常の食生活を送り、それ以外の参加者（その他

道民・道外客・外国人)は、オータムフェスト以外の外食を行ったとして、これらデータから消費額の減少割合を求めた。

- ◇ 得られた食費に関する減少割合を、食費・交通費・宿泊費・土産物代等全ての費目に適用し、オータムフェストの一部中止による消費額減少を求めた。

・ 経済的影響の波及効果について

気候変動がさっぽろオータムフェストに与える経済的影響(消費額減少)の波及効果を評価するに当たり、下記の影響は考慮していないことに留意が必要である。

- ◇ 雇用者数・消費支出等の変動、生産技術の変化(技術革新による生産性の向上等)
- ◇ 観光客の札幌市外における経済活動(例えば、道外からの観光客が新千歳空港(北海道千歳市・苫小牧市)にて土産を購入する際に、その土産が札幌市内で生産されている場合など)

波及効果の計算にあたり産業連関分析を行っているが、分析にあたっては次に示すような仮定があることに留意が必要である。分析の前提条件や係数の設定によって、分析結果は異なる。

- ◇ 本推計においては平成23年の札幌市産業連関表を使用している。すなわち21世紀末においても平成23年における産業構造であるとの前提条件を置いている。分析対象となる時点の産業構造を反映しているわけではない。
- ◇ 同様に、分析に用いる係数は平成23年～28年時点の統計を元に算出している。
- ◇ 分析にあたっては、移輸入(札幌市外部との取引)を考慮している。
- ◇ 生産を行う上での制約条件(例えば、生産設備の不足により生産が停止する等)はなく、生産波及は最後まで波及する。また、波及効果の達成される期間については明示していない。
- ◇ 分析に用いた支出項目(商品及びサービス)は一つの産業部門に属し、複数の産業部門にまたがるものではない。
- ◇ 各部門の生産水準と原材料等の投入量は比例関係にある(例えば、大量生産に伴い一製品当たりの原材料等調達コストが減少する等の可能性は考慮していない)。

#### 4.4. 調査結果

##### 4.4.1. 文献調査結果

文献調査の結果、得られた情報は以下3点である。

- ・ 地域によって優先度の高い影響の選定のため定性調査を行っている。定性評価の指標及び評価尺度策定方法について環境省（2017）を参考にすることとした。
- ・ 雪不足の調査については、雪不足の際に運搬に関するコスト計算を行っている。運搬時の重機圧縮後の積雪密度については、近藤（1994）を参考にして、700kg/m<sup>3</sup>に設定した。
- ・ イベント中止については、労働安全衛生規則 第522条「事業者は、高さが2メートル以上の箇所で作業を行なう場合において、強風、大雨、大雪等の悪天候のため、当該作業の実施について危険が予想されるときは、当該作業に労働者を従事させてはならない。」の情報を参考に強風日と強雨日を設定した。

##### 4.4.2. 有識者ヒアリングの結果

有識者ヒアリングでは本調査の内容や解析についてご助言を頂き、反映させながら調査を行った。特にヒアリングで得られた情報は下記3点である。

- ・ 地域によって優先度の高い影響の選定のため、有識者3名と札幌観光協会によるエキスパートジャッジをおこなった。その結果、札幌市において、気候変動の影響が最も懸念されるのは、①さっぽろ雪まつりにおける雪不足、②強雨・強風によるさっぽろオータムフェスト中止、の2点であることが整理された（表4-24）。
- ・ さっぽろ雪まつり雪像制作時における、採雪のための諸条件や採雪に要するコスト（採雪地の条件別）が分かった（表4-17、表4-18、表4-20）。
- ・ さっぽろオータムフェスト中止時の経済的影響を定量化する際には、波及効果を考える必要があり、その際には産業連関表を用いる必要があることが分かった。

表 4-24 地域によって優先度の高い影響の選定のための定性評価結果

影響の内容	影響の具体例	分析結果	影響の重大性 (社会)	影響の重大性 (経済)	影響の重大性 (地域)	緊急性
雪不足	2016 年雪まつり開催時に雪像等を作る雪の確保に苦慮。岩見沢等から雪を輸送した。輸送用車両の借り上げ費用等が増加したほか、雪像制作のスケジュールが逼迫した。	リスクは増加	「影響が有り」 ・ 雪像制作に関わる市民は 1000 人程度。雪像が作れなくなれば、市民生活への影響がある。	「影響が有り、程度が大きい」 ・ 雪像は札幌の観光パンフレット等にも用いられており、雪像が小さくなると見栄えがなくなり、イメージに関わる。	「影響が有り」 ・ 学校や大学、職場、家族や地域コミュニティの参加もあり、子供の教育的意義や仲間意識の醸成の場に影響を与える。	「中程度～高い」
大雪等による交通の運休	2014 年の雪まつり開催期間中、関東甲信地方で大雪となり、羽田・新千歳便を中心に欠航が相次ぎ、空港で夜を明かす観光客も見られた。2000 年には新千歳空港が雪のため欠航となった。	新千歳ではリスクは変わらず発生、東京ではリスクは減少	「影響はないか極めて軽微または現状で評価できない」 ・ ただし、交通の運休により一日程度空港に宿泊する等であれば大きな問題はないと思われるが、数日継続する場合は体調が悪くなる状況もある。	「影響が有り、程度が大きい」 ・ ホテル・タクシー等に特需があるが、お金を自腹で支払う観光客が最も損をする。 ・ 観光客が予定どおり帰れない場合、翌日の仕事に影響する。	「影響が有り」 ・ 予期せぬ事態が発生した際の観光客へのスムーズな対応、ホスピタリティの発揮により観光客の持つ札幌の印象が決まり、再訪動機となるため、頻発する様であれば地域で検討する必要がある。	「高い」 ・ ただし予測は難しく不確実性も高い。

影響の内容	影響の具体例	分析結果	影響の重大性 (社会)	影響の重大性 (経済)	影響の重大性 (地域)	緊急性
電飾の埋没	2016年ホワイトイルミネーションの開催期間中のまとまった降雪により電飾が埋もれた。	リスクは減少	「影響はないか極めて軽微または現状で評価できない」 ・ 既に適応策を実施しており、データ上もリスクは減少の方向である。	「影響はないか極めて軽微または現状で評価できない」 ・ 既に適応策を実施しており、データ上もリスクは減少の方向である。	「影響はないか極めて軽微または現状で評価できない」 ・ 既に適応策を実施しており、データ上もリスクは減少の方向である。	「低い」
雪像取り壊し	2012年雪まつりの開催期間中、小雪像が突然崩れ観光客に激突し、怪我をした。左記を踏まえ、2013年以降、倒壊の危険のある雪像の事前取壊しを行っている。	リスクは増加	「影響が有り」 ・ 雪像のデザインの制約を受ける。	「影響が有り、程度が大きい」 ・ 祭りの顔であり、雪像取り壊しの影響は大きい。 ・ 雪像倒壊のニュースが流れると時期により風評となり、客足に直結する。 ・ 芯材に費用がかかる。	「影響が有り」 ・ 雪まつりの雪像制作は子どもの雪かき技術の習得に寄与している面もある。	「高い」
熱中症発生	2014年のYOSAKOIソーラン祭り開催直前に道内で熱中症が疑われる救急搬送が増加。実行委員会がスタッフに水分補給の実施を徹底したほか、出場者にも警戒を呼び掛けた。	リスクはYOSAKOIソーラン祭りで微増、夏まつりで増加	「影響が有り、程度が大きい」または「影響が有り」 ・ WBGTの上昇と熱中症搬送者の相関次第では影響が大きい。	「影響が有り」 ・ YOSAKOIソーラン祭りは熱中症の危険度によっては、地域の子どもの参加が低下し、経済への影響が有る。	「影響が有り」 ・ YOSAKOIソーラン祭りは熱中症の危険度によっては、地域の子どもの参加が低下する。	「低い」

影響の内容	影響の具体例	分析結果	影響の重大性 (社会)	影響の重大性 (経済)	影響の重大性 (地域)	緊急性
天候とビール売上げの変動及び集客変動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2017年夏まつり期間中の真夏日がゼロ、雨天も続き、ビール消費量が前年比12.3%減の391,000L。</li> <li>・2015年オータムフェスト期間中の雨天日の増加で一日当たり来場者数が前年比26000人減。</li> </ul>	オータムフェスト時期の雨天日は微増、夏まつり時期の晴天夏日は微減	<p>「影響が有り」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雨天によりイベントへの来場者が減少する可能性がある。</li> </ul>	<p>「影響が有り」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平日は雨の影響は軽微、休日は雨天日に敢えて家を出る家族連れなどは減少する可能性が有る。</li> <li>・雨が降ると、より快適な周辺の屋内の飲食店に客が流れる。</li> </ul>	<p>「影響はないか極めて軽微または現状で評価できない」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・直接的に地域に関係する観点はないと思われる。</li> </ul>	「低い」
悪天候・極端な気象によるイベントの中止等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・台風18号の接近に備え、2017年9月18日のオータムフェストの営業を安全確保のため全面的に見合わせ。</li> <li>・2017年6月10日にYOSAKOIソーラン祭りの目玉企画の一つとして開催予定であった有名な劇団によるショーを予定していたが雨で中止とした。</li> </ul>	YOSAKOIソーラン祭り、夏まつり、オータムフェスト期間中において降雨基準値以上は微増、風速基準値以上は変わらず発生	<p>「影響が有り」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・イベント実施中の悪天候(突風等)による怪我の発生等は状況により想定される。</li> </ul>	<p>「影響が有り、程度が大きい」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・イベント開催によって団体客が見込めるためホテル・旅行会社を含めて影響は大きい。</li> <li>・オータムフェストは地域の出展者にも影響あり。</li> </ul>	<p>「影響が有り」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・イベントは学校や地域の参加者が多い。</li> <li>・YOSAKOIソーラン祭りは、参加者含めコミュニティにとって連帯感を深める重要な機会である。</li> </ul>	<p>「低い」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・不確実性が高い。</li> <li>・出現時のインパクトは大きい。</li> </ul>
ライラックの開花	2013年のライラックまつりにて、春先の低温の影響で大半がつぼみのまま開幕した。	開花時期は早期化	<p>「影響が有り」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・祭りの季節感・快適さに影響(概ねリスクは減少の方向)。</li> </ul>	<p>「影響が有り」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・市民の動きが活発になり、ワインガーデン等出店の売上げが伸びる。</li> </ul>	<p>「影響が有り」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・市民の動きが広がる。</li> </ul>	「低い」

#### 4.4.3. 観測や実証実験の結果

本調査では、観測及び実証実験は行っていない。

#### 4.4.4. 気候変動影響予測結果

##### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

MRI-NHRCM02 を用いて採雪期間（1/7～1/27）の札幌近郊における積雪深の分布を予測した。その結果、RCP8.5 シナリオでは、現在の主要採雪地（滝野霊園、定山溪、太美、モエレ沼公園、新篠津村）を含め、21 世紀末には積雪深 30 cm 以上となる地域が大幅に減少し、現在と同等規模の雪像制作を行うために必要な量の雪の確保が困難になる可能性があることが分かった（図 4-27）。21 世紀末の積雪深分布等、及び、ヒアリング等で得た採雪条件に基づいて新たに採雪候補地を設定すると、約 100km の遠方まで採雪に行く必要が生じ（表 4-25）、現在との比較で 2.2 倍のコストを要する（表 4-26）。さらに、予測の不確実性や積雪深の年々変動を考慮し、採雪コストの予測値の幅を検討したところ、21 世紀末の積雪深が将来予測と比較して 10% 多いと仮定した場合の採雪コストは、現在に比べて 2.1 倍、一方、積雪深が 10% 少ないと仮定した場合の採雪コストは 2.5 倍になる（表 4-26、図 4-28）ことが分かった。

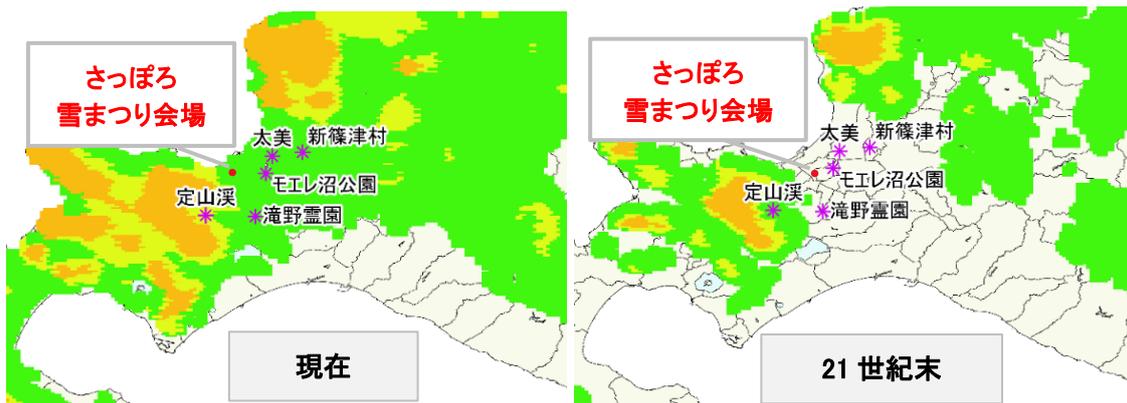


図 4-27 さっぽろ雪まつりの採雪期間中(1/5～1/27)の積雪深（20 年平均値）と現在の主要採雪地

(21 世紀末の予測は RCP8.5 シナリオ、使用モデルは MRI-NHRCM02)

注：星印は現在の主要採雪地、左図は現在での積雪深の分布、右図は 21 世紀末の気候での積雪深の分布を示す。

出典：日本エヌ・ユー・エス（株）が作成。地図情報：国土交通省国土政策局「国土数値情報（行政区域データ・平成 30 年）」(<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>)

表 4-25 札幌近郊における将来の採雪候補地

No.	自治体	採雪候補地	片道道路 距離(km)	土地の用途
1	倶知安町	倶知安町農道など	97.9	道路
2	札幌市	定山溪自然の村	29.6	採雪が大規模に 行える施設 (施設内道路+ 駐車場)
3	当別町	道民の森(神居尻地区)	64.1	
4	当別町	道民の森(牧場南地区)	78.3	
5	真狩村	羊蹄山自然公園	82.8	
6	札幌市	札幌テイネGC	15.8	
7	小樽市	小樽市望洋サッカー・ラグビー場	34.1	採雪が小規模と なる施設 (駐車場のみ)
8	小樽市	札幌ゴルフ倶楽部	39.4	
9	小樽市	おたる自然の村(キャンプ場)	41.0	
10	喜茂別町	喜茂別市ヶ原パークゴルフ場	60.6	
11	夕張市	丁未風致公園	71.5	
12	喜茂別町	泉川ルスツリゾート G72	71.8	
13	喜茂別町	ウェスティンルスツリゾート G72	71.9	
14	京極町	京極スリーユーパークキャンプ場	77.7	
15	京極町	ふきだし公園	77.7	
16	赤平市	エルム高原リゾート(オートキャンプ場)	92.5	

表 4-26 採雪コストの比較

		2018年実績	21世紀末 (積雪深が 10%多い場 合)	21世紀末	21世紀末 (積雪深が 10%少ない 場合)	単位	
1	トラック借り上げ料 (民間)						
	単価	60	60	60	60	千円/台	
	延べ借り上げ台数	421	1,256	1,278	1,419	台/全期間	
	コスト	25,260	75,360	76,680	85,140	千円	
2	輸送関連費 (公共)						
	軽油総使用量	30,000	49,995	51,629	53,125	L/全期間	
	軽油単価	127	127	127	127	円/L	
	コスト	3,804	6,339	6,547	6,736	千円	
3	採雪地での採雪関連費用						
	近接地						
	一箇所あたり費用	550	550	550	550	千円/台	
	採雪地点	31	4	3	3	箇所/全期間	
	コスト	17,050	2,200	1,650	1,650	千円	
	遠方地						
	一箇所あたり費用	700	700	700	700	千円/台	
	採雪地点	4	22	24	30	箇所/全期間	
	コスト	2,800	15,400	16,800	21,000	千円	
	コスト (近接地+遠方地)	19,850	17,600	18,450	22,650	千円	
	4	高速道路使用料					
			0	5,011	5,319	7,271	千円/全期間
コスト合計		48,914	104,310	106,996	121,797	千円	
コスト増加分		—	55,396	58,082	72,883	千円	

注1：近接地/遠方地の区別は片道距離 30km 未満/以上とした。

注2：総移動距離 50km を超え、かつ、高速道路が利用可能な場合は高速道路を使用するものとした。

注3：軽油単価は 2018 年 1 月における軽油平均単価を用いた。

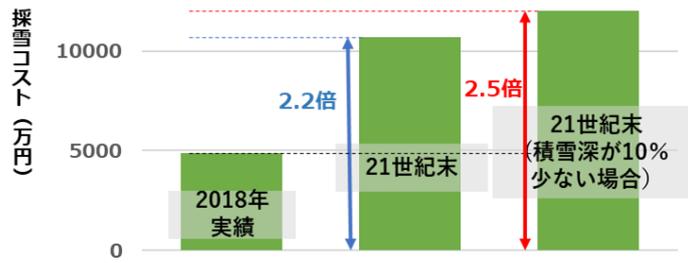


図 4-28 さっぽろ雪まつの採雪コストの比較

【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止】

MRI-NHRCM02 を用いて、さっぽろオータムフェスト開催期間中の札幌近郊において、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末では、強風日と強雨日が 1 年間でどれほど出現するかを予測した。その結果、強風日の出現回数は、現在の 0.6 日/年から 21 世紀末には 0.35 日/年と減少すると予測された。一方、強雨日の出現回数は現在の 0.45 日/年から 1.05 日/年と増加することが予測され (図 4-29)、少なくとも強雨によってイベントを中止せざるを得ない場合は増加することが見込まれる。

さっぽろオータムフェストが中止されることにより、経済的影響が生じることが懸念される。よって、さっぽろオータムフェストの開催日のうち、休日の 2 日間を中止すると仮定し、経済的損失額の計算を試みた (図 4-30 図 4-31)。その結果、直接的な経済的損失 (消費額の減少) は約 17 億円と予測された。また間接的な経済的損失 (二次的・三次的な消費額の減少) の算出のために札幌市の産業連関表を用いた分析を行った結果、間接的な損失額は 13.0 億円、所得形成効果で 7.0 億円の低下、年換算値として 111.2 人の雇用が減少する予測結果となった (用語については表 1-4 参照のこと)。業種別では、飲食サービス、食品飲料、卸売り、小売り、鉄道輸送の順に経済的損失額が大きく、飲食サービスの損失額は 5.5 億円程度となる可能性があるという結果が示された (図 4-32)。

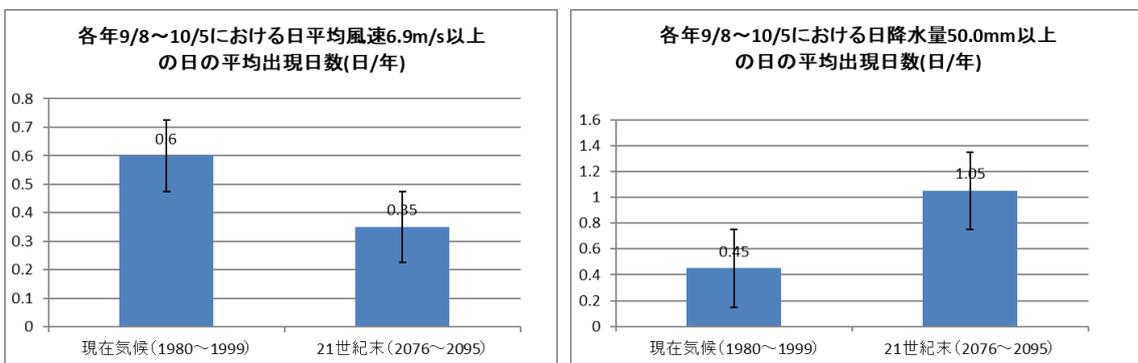


図 4-29 さっぽろオータムフェスト準備・開催期間 (9/8~10/5) における日平均風速及び日降水量の基準値を上回る日の年間平均出現回数の比較 (日/年) (21 世紀末の予測は RCP8.5 シナリオ、使用モデルは MRI-NHRCM02)

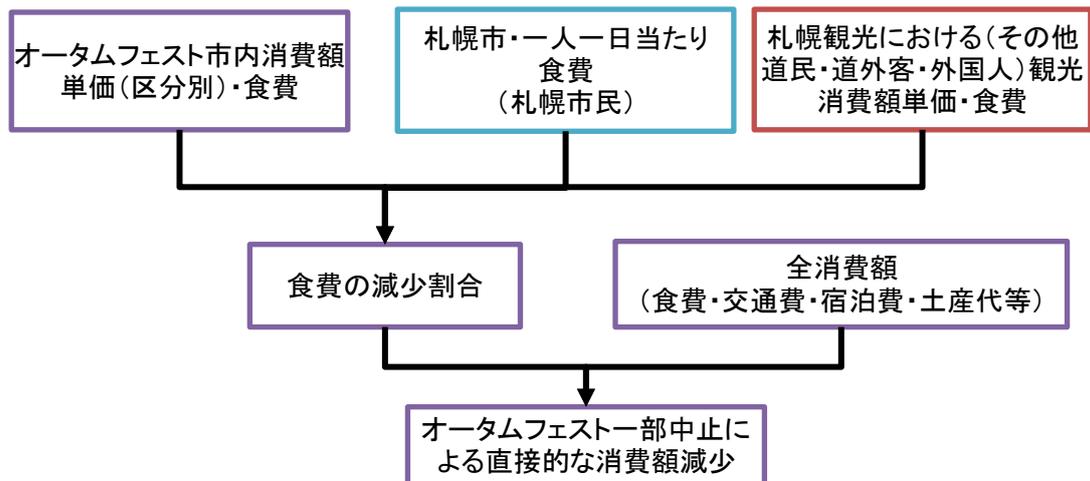


図 4-30 さっぽろオータムフェストの中止によって生じる直接的な消費額減少の考え方

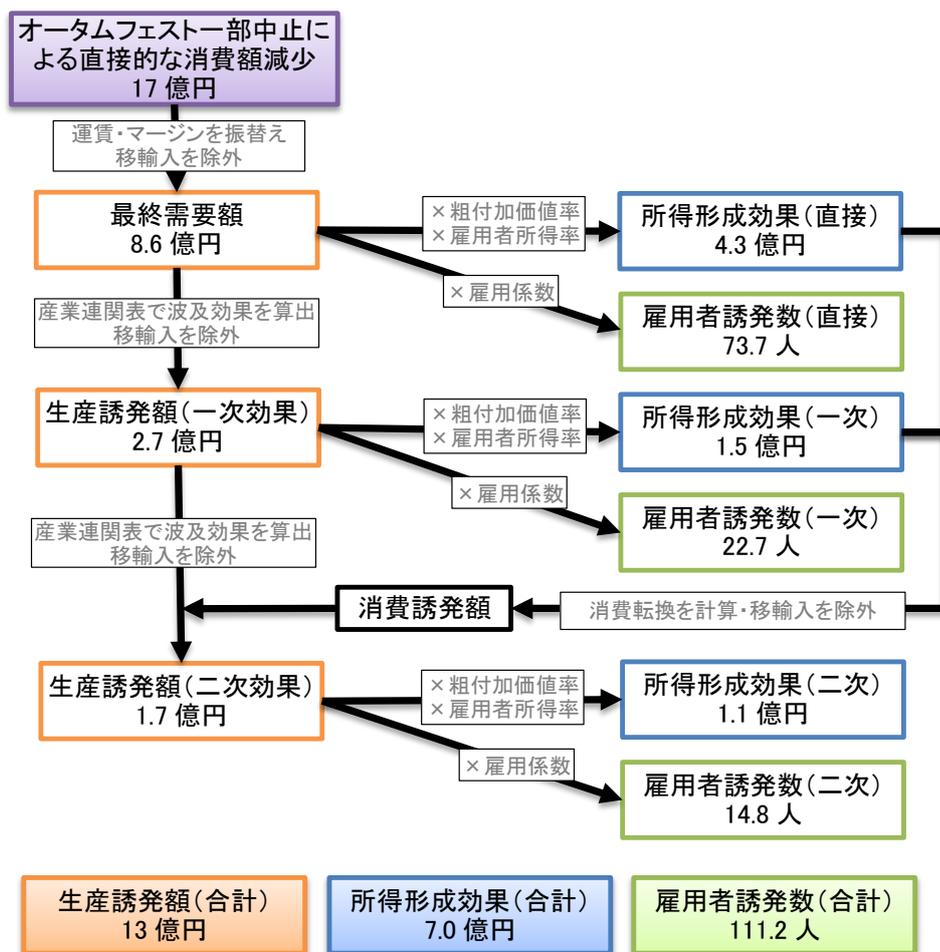


図 4-31 さっぽろオータムフェストの中止に伴う経済波及効果 (減少額) の計算過程

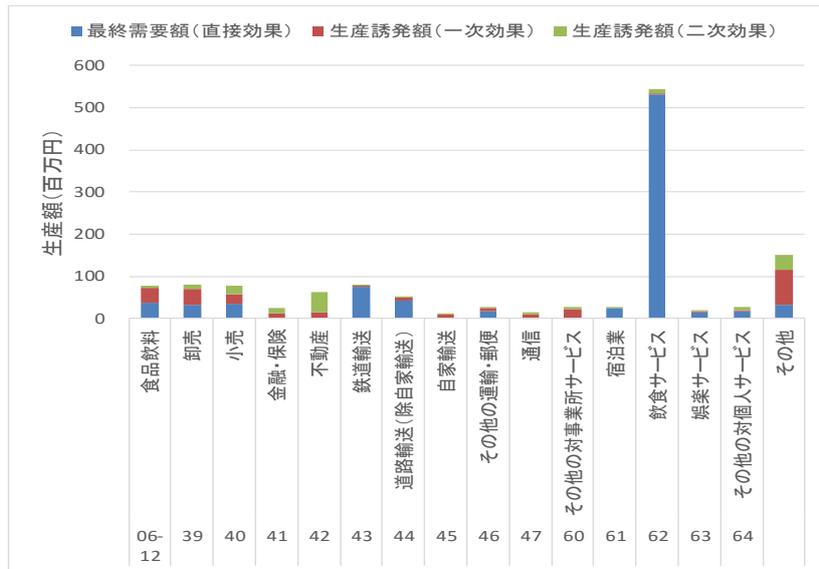


図 4-32 さっぽろオータムフェストの一部中止に伴う業種別生産波及効果(減少額)

#### 4.4.5. 結果を活用する上での留意点・制限事項

##### 【地域にとって優先度の高い気候変動影響の選定】

本調査では、札幌市において開催されている様々なイベント（さっぽろ雪祭り、ホワイトイルミネーション、YOSAKOI ソーランまつり、夏まつり、さっぽろオータムフェスト、ライラックまつり等）を対象に、地域にとって優先度の高いイベント・事象を定性的に評価し、選定した。また、事象を選定する上では新聞記事や自治体・イベントの実行委員会等へのヒアリング結果を参考にしているが、必ずしも全てのイベントや事象等を網羅しているとは限らない。

##### 【さっぽろ雪まつりにおける雪不足】

降雪量（降雪深）に関する定量的な気候変動影響予測、また、その影響下で生じる採雪に関する定量的な経済影響評価を対象とした。影響予測を実施するに当たり、下記の影響は考慮していない。

- ・ 21 世紀末における採雪期間中の気温上昇による雪質<sup>10</sup>の変化
  - ・ 21 世紀末におけるさっぽろ雪まつり開催期間中の気温上昇による雪像への影響
- また、採雪にかかるコストは 2018 年実績に基づいて計算しており、21 世紀末にかけての物価及び人件費の変動の影響は考慮していない。

##### 【強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止】

強雨・強風に関する定量的な気候変動影響予測、また、その影響下で起こり得るオータムフェストの中止に関する経済影響評価を対象とした。経済的影響を考えるにあたり、本調査では様々な仮定を置いている。仮定条件については 4.3.8 を参照のこと。

<sup>10</sup>ただし、気温上昇によって雪の密度が変化する点は考慮されている。

札幌市経済に与える経済的影響（消費額減少）の波及効果評価に当たり、下記の影響は考慮していない。

- ・ 現在から 21 世紀末の期間における、雇用者数・消費支出等の変動、生産技術の変化（技術革新による生産性の向上等）
- ・ 観光客の札幌市外における経済活動（例えば、道外からの観光客が新千歳空港にて土産を購入する際に、その土産が札幌市内で生産されている場合など）

強雨と強風の基準はそれぞれ日降水量 50mm、日平均風速 6.9m/s と定めた。基準設定の根拠は 4.3.8 を参照のこと。

イベント中止の経済効果（消費額現象）の波及効果の計算にあたり産業連関分析を行っている。分析の前提条件や係数の設定によって、分析結果は異なることに留意が必要である。また、本調査では札幌市の産業連関表を使用した。道南もしくは北海道の産業連関を用いた場合には波及効果がより大きく評価される可能性がある。

## 4.5. 適応オプション

### 4.5.1. 手順

本調査における適応オプションの検討フローを図 4-33 に示す。

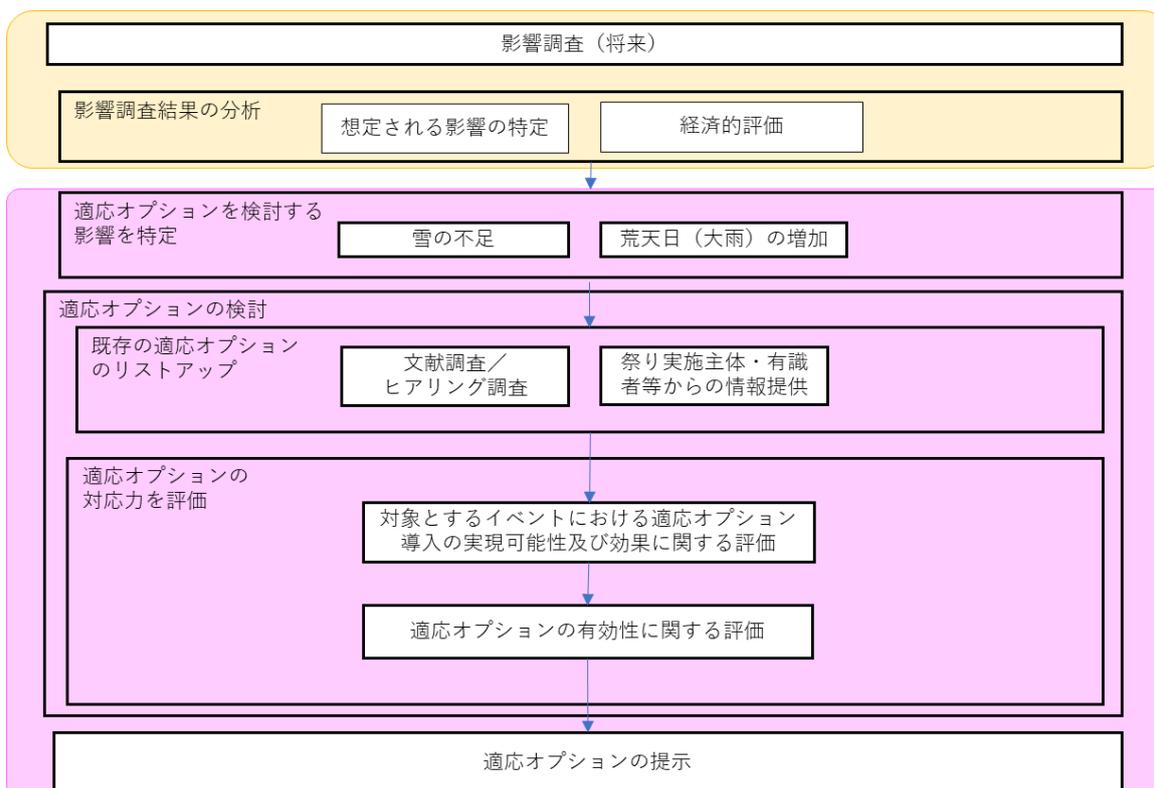


図 4-33 適応オプションの検討フロー図

## 4.5.2. 概要

### 4.5.2.1. さっぽろ雪まつりにおける雪不足

本調査において検討した適応オプション及びその考え方を～に示す。

さっぽろ雪まつりにおける雪不足に関する適応オプションは、①現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合（表 4-27、表 4-28）と、②規模や内容、場所を変更して開催する場合（表 4-29、表 4-30）の2つの観点から整理を行った。

表 4-27 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプション  
(①現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合)

適応 オプション	想定される 実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
遠方からの採雪	●	●		普及が進んでいない	採雪コストが増大する	△	◎	△	◎	短期	高
人工降雪機・造雪機等の利用	●	●		普及が進んでいない	自然雪と性質がことなるため、雪像に不向き	◎	○	△	△	短期	中
雪蔵・雪室等の活用	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程が増えることにより、雪に不純物が混じる可能性がある</li> <li>貯蔵温度によっては雪質に変化が生じる可能性がある</li> </ul>	△	○	N/A	△	短期	中
少ない雪で作れるような工法の工夫（大雪像）	●	●		普及が進んでいない	実現可能性は不明	△	△	N/A	△	短期	中
開催時期の変更	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>春節時期とずれる場合、来場者数が減少する可能性がある</li> <li>他イベントとの調整が必要</li> </ul>	△	○	N/A	△	短期	高

※普及状況については、さっぽろ雪まつりとして普及が進んでいるかどうかを示す

※情報面については、さっぽろ雪まつりとして知見があるかどうかを示す

※効果については、現在の雪まつりの規模やクオリティを保つための効果について示す

表 4-28 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプションの考え方  
 (①現在と同じ雪像の規模(大きさ・数)で開催する場合)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
遠方からの採雪	コスト面：採雪コストが2.2倍になるという計算をもとに△とした現在のさっぽろ雪まつりの雪像の数や規模、クオリティを保った状態での開催のために比較的实现可能性が高い
人工降雪機・造雪機等の利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題:製造方法によっては雪質の変化が速くなるとの指摘あり                      (「人工雪種及び人工雪製造方法」  <a href="https://patents.google.com/patent/JPH0827112B2/ja">https://patents.google.com/patent/JPH0827112B2/ja</a>)</li> <li>・ コスト面：人工造雪機を使用する場合、氷の単価：11万円/t、人工造雪機レンタル単価：56万円/台・日かかるとし、仮に必要な雪の10%を造雪機で賄う場合氷代だけでも3億7000万円かかるため△とした(参考：  <a href="https://event21.co.jp/mat608_snow.htm">https://event21.co.jp/mat608_snow.htm</a>,  <a href="http://www.ohtakeya.sakura.ne.jp/1.html">http://www.ohtakeya.sakura.ne.jp/1.html</a>)</li> </ul>
雪蔵・雪室等の活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 普及状況：雪室を利用して食品を保存・熟成する手法は全国的に普及しつつあるが、雪像制作に関する実績についての情報はなかったため、「普及が進んでいない」とした</li> <li>・ 効果：雪質が変化する可能性が考えられることから、パウダー状の自然雪を利用している現在に比べて雪像の強度等クオリティが下がる可能性があるとして中とした</li> </ul>
少ない雪で作れるような工法の工夫(大雪像)	物的側面、情報面：現在大雪像は土台も全て雪を利用して作られている。土台を雪以外の物に代える方法は、強度や耐久性を確保するために技術開発が必要であり、実績もないため△とした
開催時期の変更	効果：開催時期をずらす場合、時期以外は現在と同じ条件、規模で開催での開催が期待できるため高とした

表 4-29 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプション  
 (②現在と異なる雪像の規模(大きさ、数)、内容、場所で開催する場合)

適応 オプション	想定される 実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
氷像による代替	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般市民・自衛隊の、制作への参加が困難</li> <li>形状によって、溶けてパーツごと落下する可能性がある</li> <li>氷の大量生産が必要</li> </ul>	△	△	N/A	◎	短期	中
雪まつりを盛り上げる代替手段(有名人の招聘、プロジェクションマッピング)	●	●		普及が進んでいる	特になし	△	○	△	◎	短期	中
開催地を山間部に変更	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>会場への交通手段を整備する必要がある</li> <li>アクセスのしにくさによって来場者数が減少する可能性がある</li> </ul>	△	△	N/A	△	短期	中

※普及状況については、さっぽろ雪まつりとして普及が進んでいるかどうかを示す  
 ※情報面については、さっぽろ雪まつりとして知見があるかどうかを示す  
 ※効果については、現在の雪まつりの規模やクオリティを保つための効果について示す

表 4-30 さっぽろ雪まつりにおける雪不足に対する適応オプションの考え方  
 (②現在と異なる雪像の規模(大きさ、数)、内容、場所で開催する場合)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
氷像による代替	効果：氷像の制作・展示は現在の雪まつりでも行われているが、ここでは雪像の不足分を氷像に代えることを想定している。雪まつりのシンボルである雪像の数や規模の縮小を伴うため中とした
雪まつりを盛り上げる代替手段(有名人の招聘、プロジェクトマッピング)	効果：プロジェクトマッピングや有名人の招へいは現在の雪まつりでも行われているが、ここでは雪像の不足分を補うためのコンテンツとしての利用を想定している。雪まつりのシンボルである雪像の数や規模の縮小を伴うため中とした
開催地を山間部に変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>効果：現在と同程度の雪量を確保でき、かつクオリティの保持も期待できるが、開催場所が市街中心部から離れることにより、来場者数の減少とともにさっぽろ雪まつりの規模も縮小する可能性があるため、中とした</li> <li>コスト面：採雪コストを抑えられる可能性がある一方、来場者のための交通手段の整備が必要になる。必要なコストは開催場所にもよるため、N/Aとした</li> </ul>

4.5.2.2. 強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止

本調査において検討した適応オプション及びその考え方を表 4-31～表 4-32 に示す。

さっぽろオータムフェスト期間中における極端な気象の発生に対する適応オプションは、強雨・強風などの極端な気象が現在よりも頻発すると仮定した場合、急遽キャンセル等による経済的損失を最小にするという観点で整理を行った。

表 4-31 さっぽろオータムフェストの中止に対する適応オプション

適応オプション	想定される実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
極端な気象発生時の体制整備(基準整備/情報共有/連携の構築等)	●	●		普及が進んでいる	関係者間の連携システムの構築が必要	△	◎	◎	◎	短期	低
屋内での開催	●	●		普及が進んでいない	<ul style="list-style-type: none"> <li>規模、開催期間、集客の縮小の可能性はある</li> <li>他イベントとの調整が必要</li> </ul>	△	◎	N/A	◎	短期	高
雨用の大型テントの導入	●	●		普及が進んでいない	極端な気象の場合には実施不可能	△	◎	△	◎	短期	中

※普及状況については、さっぽろオータムフェストとして普及が進んでいるかどうかを示す

※情報面については、全国のイベントとして知見があるかどうかを示す

※効果については、経済的損失を最小にする効果について示す

表 4-32 さっぽろオータムフェストの中止に対する適応オプションの考え方

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
極端な気象発生時の体制整備（基準整備／情報共有／連携の構築等）	オータムフェストは屋外で開催するため、極端な気象現象が発生した場合のキャンセルは免れない。しかし、例えばオータムフェスト独自のタイムラインを作成するなど事前に体制を整えておくことで、計画的なキャンセルが可能になる。（国土交通省 HP <a href="http://www.mlit.go.jp/river/bousai/timeline/index.html#know">http://www.mlit.go.jp/river/bousai/timeline/index.html#know</a> ）
屋内での開催	効果：さっぽろオータムフェスト全期間を通じて屋内施設で開催することを想定である。天候に左右されず安定して開催できるため、高とした
雨用の大型テントの導入	効果：屋外で開催し、一部に雨除けのテントを設置することを想定。通常の降水でも開催を継続できるが、極端な気象現象が発生した場合にはイベント自体のキャンセルは免れないため、中とした

#### 4.5.3. 個々の適応オプションに関する説明

##### 4.5.3.1. さっぽろ雪まつりにおける雪不足

###### ■ 遠方からの採雪

雪不足の影響に対して、現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合を想定した適応オプションである。積雪深の予測データから選定した、新たな採雪地から雪を運搬し、雪像の制作を行う。仮に 48000 m<sup>3</sup>（2018 年度実績値）を確保しようとした場合、21 世紀末には採雪コストが 2.2 倍に増加すると予想される。一方で、2016 年や 2020 年の雪不足の年には実際に行われた方法であり、現在のさっぽろ雪まつりの雪像の数や規模、クオリティを保った上での開催を目指す場合、比較的实现可能性が高いオプションであると考えられる。

###### ■ 人工降雪機・人工造雪機等の利用

雪不足の影響に対して、現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合を想定した適応オプションである。開催する上で必要となる雪の不足分を、人工的に製造した雪で補うことで雪像の制作を行う。人工降雪機と人工造雪機に関する説明とそれぞれの課題についての詳細を下記に記載する。

- 人工降雪機は、空気と水を噴射することで雪を降らせる装置である。この装置は、外気温が氷点下でないとは使用できない場合が多く、21 世紀末の気温下では安定的に雪を製造できない可能性がある。また人工降雪機で製造された雪は、天然雪に比べて雪質の変化が急速にすすみ、粒が大きくなりやすいことが分かっている。この雪質の変化が雪像の強度にどのような変化を及ぼすかは不明であるが、その点については留意する必要がある。
- 人工造雪機は、氷を削って雪を作り出す装置である。仮に 48,000 m<sup>3</sup>（2018 年度実績値）の 10%を人工造雪機で製造する場合のコストを計算すると、氷代（11 万円/t）だけで 3 億 7000 万円かかる。そのためコスト面が大きな課題である。

###### ■ 雪蔵・雪室等の活用

雪不足の影響に対して、現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合を想定した適応オプションである。冬季に利用されていない農産物の倉庫や雪室に、事前に雪

を貯蔵しておき、雪まつり準備期間に取り出し雪像の制作を行う。これは、準備期間以前に降雪がある場合にのみ可能なオプションであることに留意する必要がある。貯蔵環境や期間によっては雪質が変化し、雪像づくりに適さなくなる可能性も考えられ、その点が課題として挙げられる。

■ 少ない雪で作れるような工法の工夫

雪不足の影響に対して、現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合を想定した適応オプションである。雪像の土台部分を雪以外のもので代替し、表面部分のみに雪を使用し、雪像の制作を行う（現在、大雪像は土台部分も全て雪から作られている）。この方法は、現在知見が少なく、雪像の強度や耐久性を確保するために新たな技術開発が必要となることが課題である。

■ 開催時期の変更

雪不足の影響に対して、現在と同じ雪像の規模（大きさ・数）で開催する場合を想定した適応オプションである。より多くの積雪が見込める時期に雪まつりを開催する。この場合、最適な開催時期を割り出すための新たな予測が必要となる。また、現在さっぽろ雪まつりは中国の旧正月である春節の時期に開催されることが多く、中国からの観光客が多く来場する。開催時期が春節とずれる場合、来場者が大幅に減少する可能性がある。

■ 氷像による代替

雪不足の影響に対して、規模や内容を変更して開催する場合を想定した適応オプションである。雪不足によって、制作できる雪像の数や大きさが縮小すると考えられ、雪の不足文を氷像で代替する。既にすすきの会場等では毎年氷像が展示されており、雪まつりにとって重要なコンテンツであると言える。一方課題としては、雪像制作には市民も参加できるのに対し、氷像制作は一部の技能者が担うため、市民の参加感が一部薄れてしまう可能性がある。また、代替する割合によっては氷の大量生産が必要となる。

■ 雪まつりを盛り上げる代替手段

雪不足の影響に対して、内容を変更して開催する場合を想定した適応オプションである。雪不足によって、制作できる雪像の数や大きさが縮小すると考えられるが、その分を有名人の招へい・プロジェクションマッピングなどのコンテンツで代替する方法である。これらのコンテンツは既に現在の雪まつりにも導入されている。

■ 開催地の山間部への変更

雪不足の影響に対して、場所を変更して開催する場合を想定した適応オプションである。より多くの積雪を見込める山間部に開催地を移動する。候補地としては例えば定山溪や手稲山が挙げられる。現在の会場での開催より採雪コストが抑えられる可能性

がある。課題としては、市中心部での開催に比べてアクセスしにくくなり、来場者数が減少する可能性が挙げられる。

#### 4.5.3.2. 強雨・強風によるさっぽろオータムフェストの中止

##### ■ 極端な気象発生時の体制整備

極端な気象によって急遽イベントをキャンセルせざるを得ない場合に、経済的損失を最小にするための適応オプションである。オータムフェストは屋外で開催するため、極端な気象が発生した場合のキャンセルは免れない。そのため、オータムフェスト独自のタイムラインを作成するなど事前に体制を整えておくことで、計画的なキャンセルを可能にする適応オプションである。関係者間の連携システムを構築する必要がある。

##### ■ 屋内での開催

極端な気象によって急遽イベントをキャンセルせざるを得ない場合に、急遽キャンセル等による経済的損失を最小にするための適応オプションである。さっぽろオータムフェスト全期間を通じて屋内施設で開催する。天候に左右されず安定して開催できるため、効果は高いと予想される。しかし課題として、規模、開催期間、集客の縮小の可能性と他イベントとの調整が必要となることが挙げられる。

##### ■ 雨用の大型テントの導入

荒天によって発生する経済的損失を最小にするための適応オプションである。一部に雨除けのテントを設置し、突然の降雨があってもイベントの一部を継続して実施することを想定している。ただし、本オプションでは、通常の降水時のみ実施可能であり、強雨・強風等の極端な気象が発生した場合にはイベントはキャンセルせざるを得ない。また、使用するテントは、突風・強風が発生した場合には危険が伴うと予想されるため、実施を避けるべきケースもあると考えられる。

#### 引用文献一覧

- IPCC 第 5 次評価報告書及び環境省「日本における気候変動による影響に関する評価報告書」
- 近藤純正(1994) 水環境の気象学 一地表面の水収支・熱収支一, 朝倉書店, pp.348.
- 中央労働災害防止協会 HP 労働安全衛生規則 第 522 条,  
<<https://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-2/hor1-2-1-2h9-0.htm>>2018年12月10日アクセス
- 札幌市経済観光局「平成 29 年度札幌市観光イベント経済効果調査 (さっぽろオータムフェスト 2017) 報告書」
- 札幌市まちづくり政策局「札幌市統計書(平成 29 年版)-物価及び生計費 平成 29 年札幌市 2 人以上の世帯・一世帯当たり消費支出」
- 札幌市観光文化局観光コンベンション部「第 4 回札幌市観光産業経済効果調査報告書(平成 23 年)」