

令和4年(2022年)3月

那須塩原市気候変動リスク分析 報告書

株式会社ウェザーニューズ
ClimateNewsプロジェクト

<目次>

1. 概要

1-1. 名称

1-2. 目的

1-3. 内容

2. 分析手法

2-1. 使用データ

2-2. 分析概要

2-3. 分析項目

2-4. 分析対象地域

3. 結果

3-1. 気象要素に着目した分析

3-2. 市民の生活・健康や地域の産業に着目した分析

1. 概要

1-1. 名称

気候変動リスク分析業務

1-2. 目的

那須塩原市では、令和2(2020)年3月に気候変動適応計画を策定し、同年4月には、地域気候変動適応センターを設置するなどし、気候変動適応について先進的な取組を進めている。

今後、さらに具体的な取組を展開するにあたっては、市民や関係者を巻き込んでいくことが重要である。本業務は、市民や関係者が、気候変動の問題を自分事としてとらえられるよう、那須塩原市気候変動適応計画における将来予測よりも身近な将来の気候変動リスクをわかりやすく提示することを目的とする。なお、本業務は、那須地域定住自立圏形成協定に基づき推進する取組事業として実施することとする。

1-3. 内容

- (1) 那須塩原市において、身近な将来の気候がどのように変化するかを分析する気候変動シナリオ分析
- (2) 自然災害や市民の生活、市内産業への影響など、那須塩原市における気候変動のリスク評価
- (3) 那須塩原市における気候変動のリスクを市民や関係者にわかりやすく提示するためのリーフレットの制作
- (4) 那須地区定住自立圏構成自治体の職員を対象とした報告会の開催

2. 分析手法

2-1. 使用データ

- (1) : d4pdf (地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース)
日本領域モデル[図1中①]
- (2) : SI-CAT (大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ) [図1中①]
- (3) : CMIP5(第5期結合モデル相互比較プロジェクト)一部モデル[図1中⑥]
- (4) : ウェザーニューズの所有する気象観測データ[図1中③]
- (5) : 農業・酪農に影響のある現象を示す閾値の情報 (那須塩原市及び市内関係機関より入手)[図1中⑧]

※1 : d4PDFとは「database for (4) Policy Decision making for Future climate change」の略称で、半世紀分以上の観測実験に基づいて、将来に地球の平均気温が2°C上昇した場合/4°C上昇した場合の気候変動シナリオを試算できる、地球規模の気候データセットです。d4PDFの大きな特徴は、全球(3次元かつ地球規模の)モデルにもかかわらず、メッシュが比較的細かいこと、また、多数のアンサンブル(2011~2100年にかけて54アンサンブルメンバーで、約5,000年分の計算を行っている)を活用することで、「より信頼できる予測」や、「めったにない現象の予測」が行えることです。
(DIAS データ統合・解析システムHPより引用 <https://diasjp.net/>)

※2 : CMIP5とは、世界気候研究計画(WCRP)が開始した「第5期結合モデル相互比較計画」を指す。IPCCの第5次評価報告書にも利用された代表的なプロジェクトであり、世界の50以上の気候モデルで構成されている。本調査では、これらが示す全球平均気温のアンサンブル平均を使用している。

※3 : ウェザーニューズの所有する気象観測データに関してウェザーニューズは独自の気象観測局を国内に約13,000箇所所有する(アメダスのうち気温・風向風速・降水量・日照を観測しているのは全国約1,300箇所)。

将来の気候予測は、従来の天気予報と同じく、実況値を用いた補正を行うことにより、その精度を向上させることができる。

2-2. 分析概要

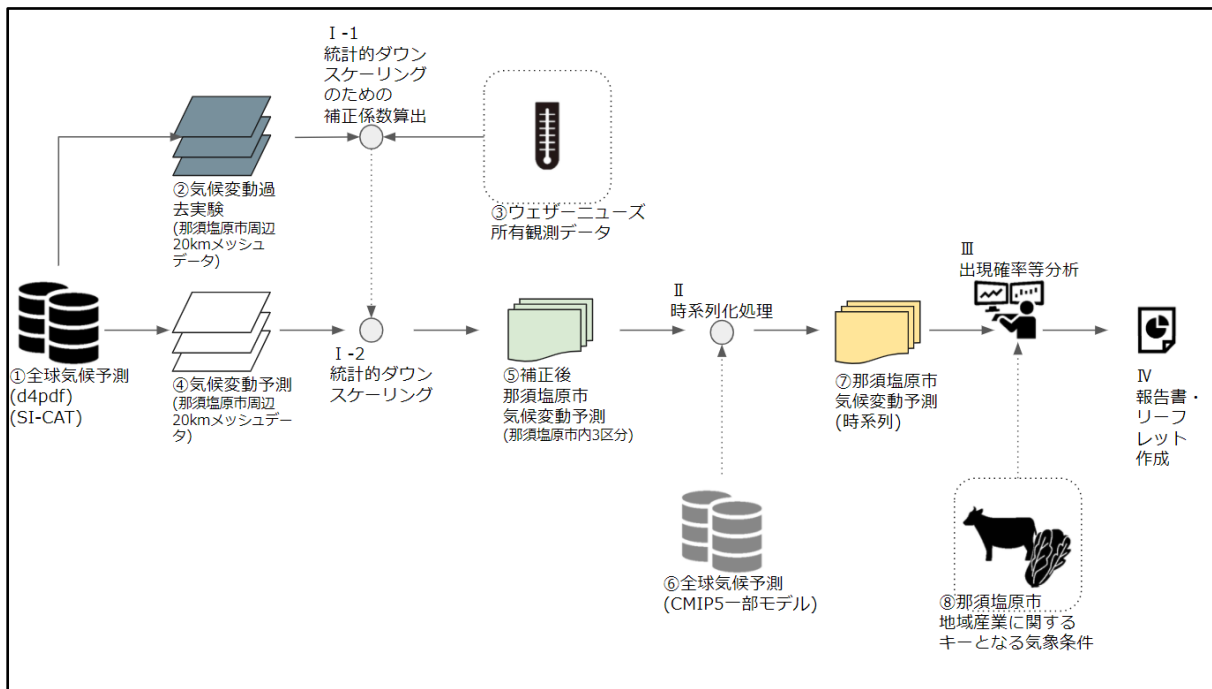


図1：業務実施概要図

- (1)：[図1中②] d4pdf/SI-CATから那須塩原市周辺のデータ(過去実験)を抽出
- (2)：[図1中③] ウェザーニュース所有データから那須塩原市周辺の観測値を整理
- (3)：[図1中 I-1] 統計的ダウンスケーリングのための補正係数算出及びモデル構築
- (4)：[図1中④] d4pdf/SI-CAT から那須塩原市周辺のデータ(将来予測)を抽出
- (5)：[図1中 I-2] 将来予測に統計的ダウンスケーリング処理。図1中⑤の生成
- (6)：[図1中⑥] CMIP5一部モデルから那須塩原市周辺のデータ(将来予測)抽出
- (7)：[図1中 II] 図1中⑥に⑤を内挿し、⑦の時系列データ生成
- (8)：[図1中⑧] 那須塩原市気候変動対策局と協議の上、地域産業や市民生活への影響を導き出すための気象条件・統計値の整理及びリスク評価。統計値などは那須塩原市所有のデータを提供頂き、それを元にした分析を行う。
- (9)：[図1中 III] ⑦に⑧を当てはめ特定気象条件の将来における出現確率をまとめる。
- (10)：[図1中 IV] 報告書作成
- (11)：[図1中 IV] リーフレット制作
- (12)：報告会の実施

2-3. 分析項目

- (1) 令和2年度策定気候変動適応計画と同様の気象要素に着目した分析
- (a) 日平均気温に着目した将来予測
- (b) 日最高気温に着目した将来予測
- (c) 日最低気温に着目した将来予測
- (d) 日合計降水量に着目した将来予測

- (e) 時間雨量に着目した将来予測
- (2) 市民の生活・健康や地域の産業に着目した分析
 - (a) 猛暑日・真夏日・熱帯夜の将来予測
 - (b) 特定の産業（農業/酪農/健康/防災/観光）への気候変動による影響度の将来予測

2-4. 分析対象地域

那須塩原市を[市街地北部(那須塩原市役所本庁舎周辺)] [市街地南部(西那須野駅周辺)] [高標高地域]の3区分に分けたエリアとした。

高標高地域に関しては、板室付近の標高約700mの地域を対象として分析を行っている。地域の差はあるが、塩原温泉付近に関しても同程度の標高であり、気温の分析結果は塩原温泉付近に関しても同等程度であると考え。また、雨の分析結果に関しても、斜面がどちらを向いているかなどの地域気象特性の違いはあるが、およその傾向は塩原温泉付近にも当てはまるものとして考える。

2-5. 市内の産業に関するデータの分析手法

- (1) 入手データ一覧

表1：市内の産業への気候変動影響調査に関する入手データ一覧

	畜産	農業	健康	防災
期間	2010年～2021年	2014年～2020年	2016年～2020年	2017年～2021年
時間解像度	月毎	月毎又は年毎	日毎	事例毎
項目	搾乳量/搾乳牛数など	収穫量/作付面積など	救急搬送者数(熱中症によるもの)	市道通行止め履歴(道路冠水に伴うもの)
入手元	酪農とちぎ農業協同組合	那須野農業協同組合、栃木県開拓農業協同組合	那須地区消防組合	那須塩原市
備考		ホウレンソウ(年毎) アスパラ(月毎) なす(月毎) ねぎ(月毎) 米(年毎) 大豆(年毎)		冠水に伴う通行止事象は114事例・41事象

(2) 将来の影響度予測算出の基本フロー

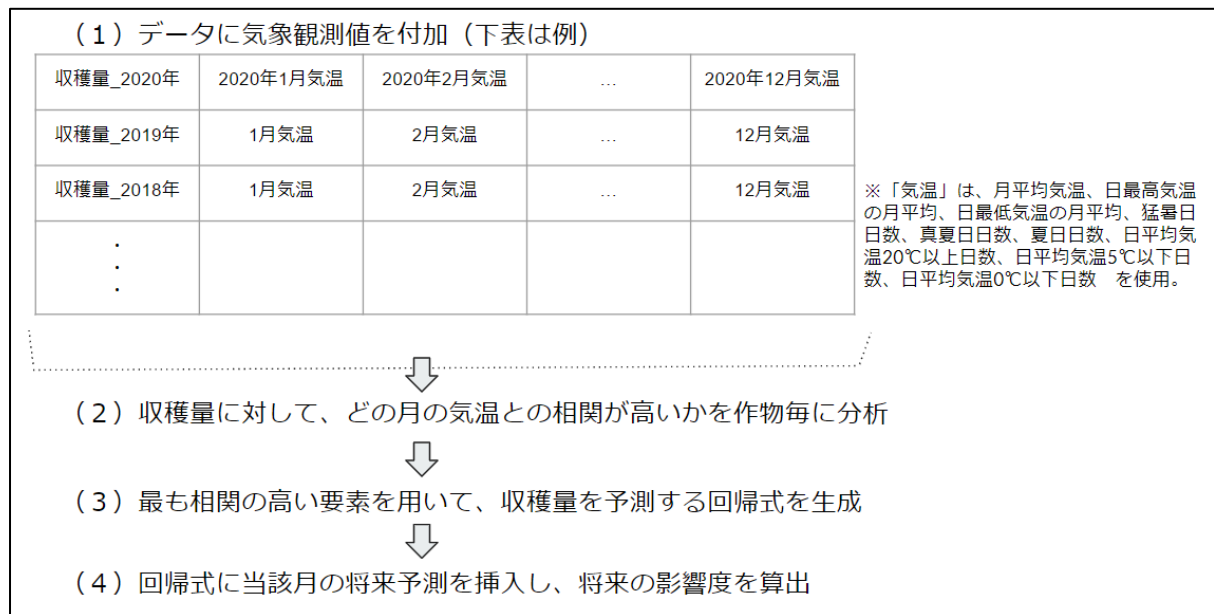


図2：将来の影響度予測算出の基本フロー

(3) 搾乳量・農作物収穫量の分析手法

- 搾乳量・収穫量を搾乳可能牛・作付面積で割り、1頭あたり・1haあたりの搾乳量・収穫量を導き出す(乳牛数や作付面積は変化するため、均一化する)。
- 均一化した搾乳量・収穫量と気温の観測値(※4)から、最も相関性の高い要素を導き出す。気温との相関の見られない作物(アスパラ・なす)は本分析からは除外する。
- 最も相関性の高い要素から搾乳量・収穫量を導き出す回帰式を作成する。
- 回帰式に(b)で導き出した要素の将来予測を挿入し、将来の搾乳量・収穫量を求める。

※4：本分析では月平均気温、日最高気温の月平均、日最低気温の月平均、猛暑日数、真夏日数、夏日数、日平均気温20℃以上日数、日平均気温5℃以下日数、日平均気温0℃以下日数から、作物毎に最も相関の高い要素を導き出した。

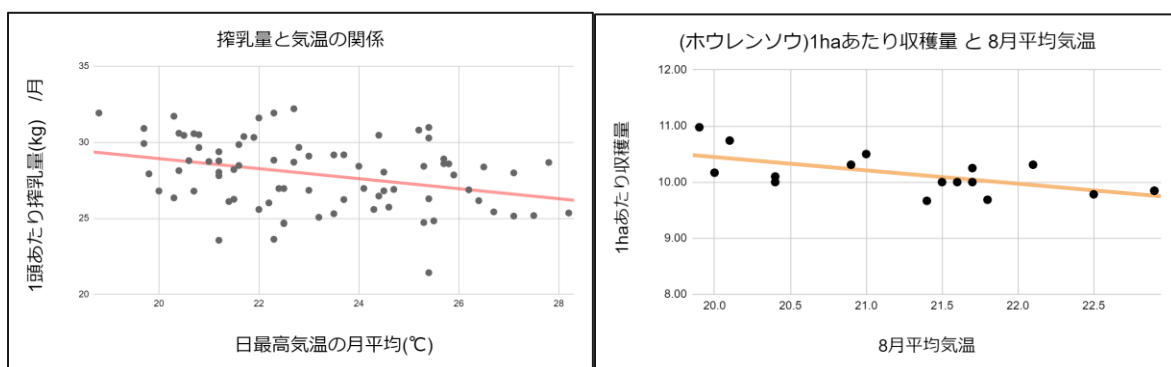


図3：(左)搾乳量の分析結果

(右)ホウレンソウの分析結果

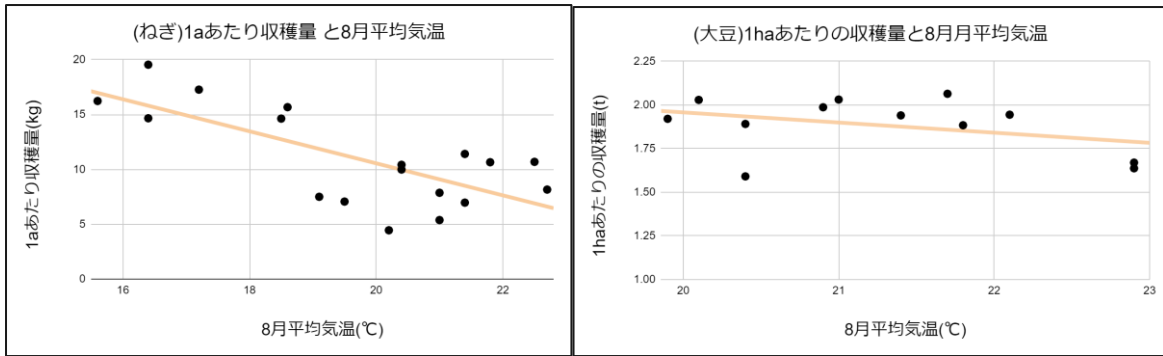


図4：(左)ねぎの分析結果

(右)大豆の分析結果

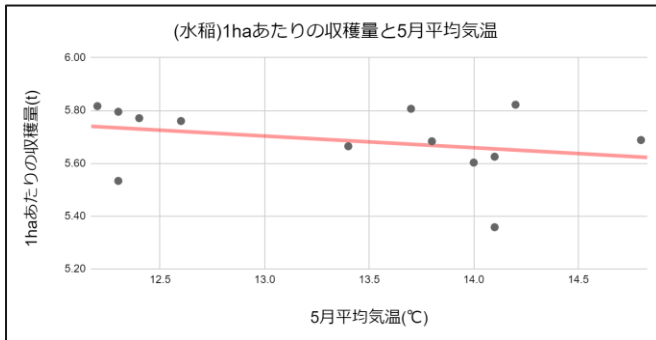


図5：水稻の分析結果

(4) 防災に関するデータの分析手法

入手データから道路冠水に伴う114事例・41事象(1事象に対して複数個所での冠水が記録されている場合は2事例以上として計測)のみを抽出し、それぞれの事象における通行止発生前後3時間以内のアメダス黒磯・アメダス大田原で観測された最大時間雨量を付加し、さらに、一過性の強雨によって冠水が生じた事例のみを抽出(※5)し、それらを平均したものを[冠水が発生する可能性のある雨量強度]とした。その雨量の将来における頻度の増加を導き出す。

※5：事象毎に観測された時間雨量が日雨量に占める割合を導き出し、その割合が6割以上の場合を一過性の強雨と定義した。

表2：市内の一過性の強雨による市道冠水事例と当時の観測雨量

年月日	時間雨量(mm/h)
2017/06/16	9
2017/08/08	13
2018/07/09	61
2018/08/30	15.5
2018/09/05	22
2019/06/18	53.5
2019/06/22	39.5

年月日	時間雨量(mm/h)
2019/07/24	32
2019/07/25	7.5
2019/07/28	38
2019/08/20	18.5
2019/08/26	9
2020/06/11	57
2020/09/11	12
2021/06/24	63.5
平均	30

(5) 健康(熱中症搬送者数)に関するデータの分析手法

市内の熱中症搬送者数に対して、当時のアメダス黒磯・アメダス大田原における日最高気温を付加し、回帰モデルを作成。そこに対して将来の日最高気温データを当てはめ、将来における熱中症搬送リスクを算出した。

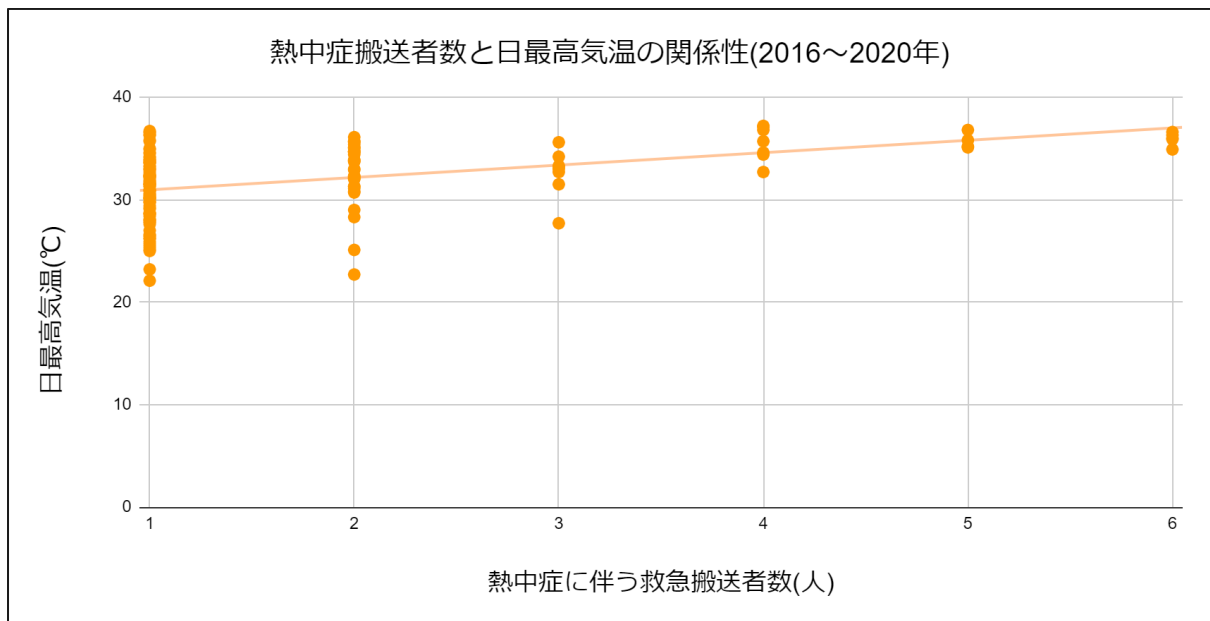


図6：熱中症搬送者数の分析結果(相関係数約+0.5)

3. 結果

3-1. 気象要素に着目した分析（2-2-（7）を用いた分析結果）

(1) 月平均気温の将来予測

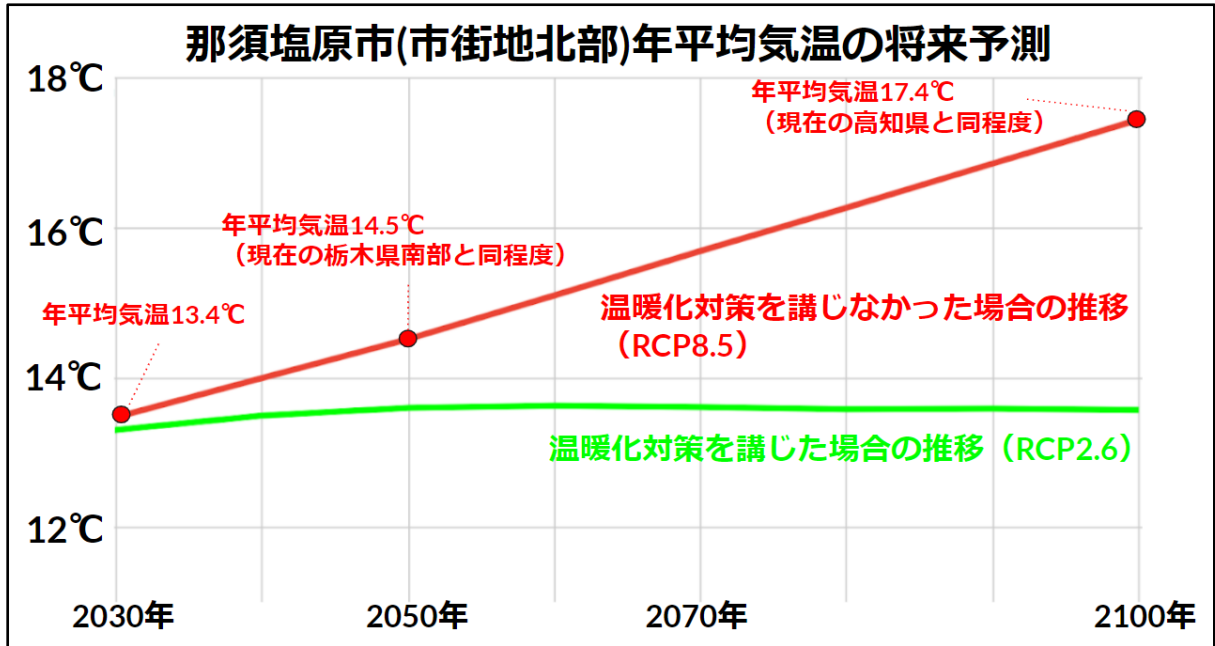


図7：年平均気温の将来にかけての将来予測（RCP2.6及びRCP8.5）_市街地北部

現在の那須塩原市の年平均気温は12.1°Cとなっている（アメダス黒磯における1991～2020年の平年値）。今後の温暖化に伴い、2030年頃にはいずれのシナリオにおいても13°C前後にまで上昇する。RCP2.6においては、その後はCO2の排出が抑えられた結果ほぼ横這いで推移するが、RCP8.5においては2050年には現在の栃木県南部と同等の14.5°Cにまで上昇し、さらに2100年には現在の高知県と同等の17.4°Cにまで上昇する。

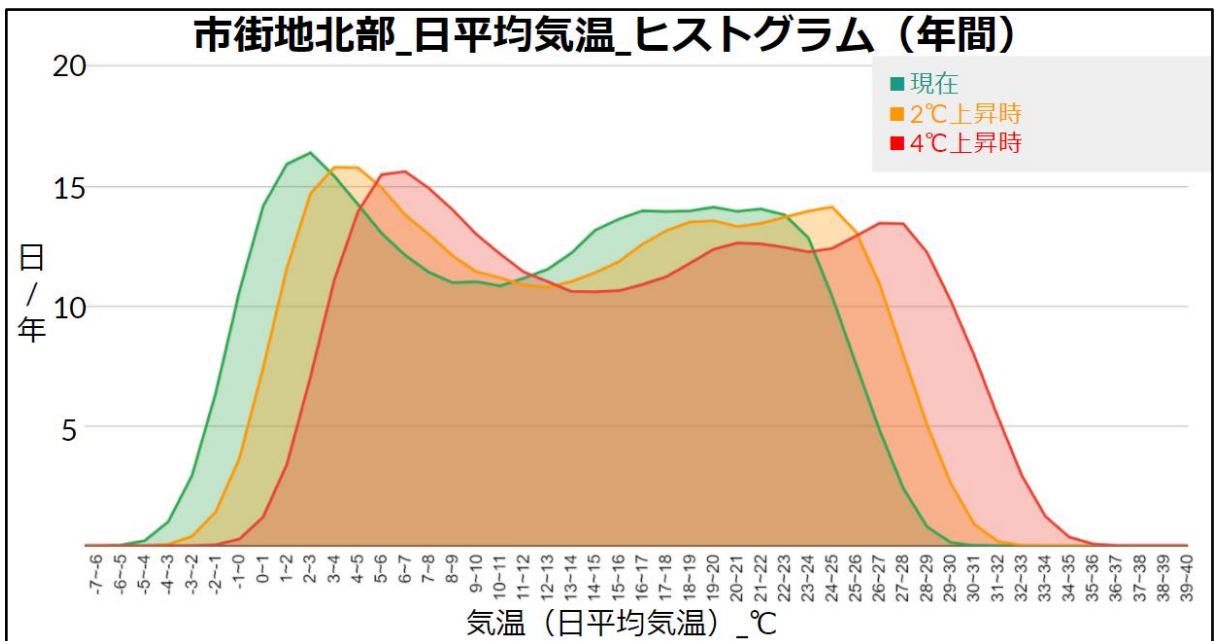


図8：気温の出現数を示すヒストグラム(年間)_市街地北部

図8は市街地北部における日平均気温の出現日数を示すヒストグラムである。現在気候・2℃上昇時・4℃上昇時、いずれのシナリオにおいても気温の比較的低い分布と、気温の比較的高い分布とで“二つの山”を示しているが、温暖化によりその“山”が徐々に高温側へとずれ込んでいくことを示している。後述の猛暑日等の出現日数の変化と通ずる部分があるが、4℃上昇シナリオにおいては、現在はほぼ発生していないような日平均気温が30℃を上回るような状況も出現日数が増えていくことを示している。

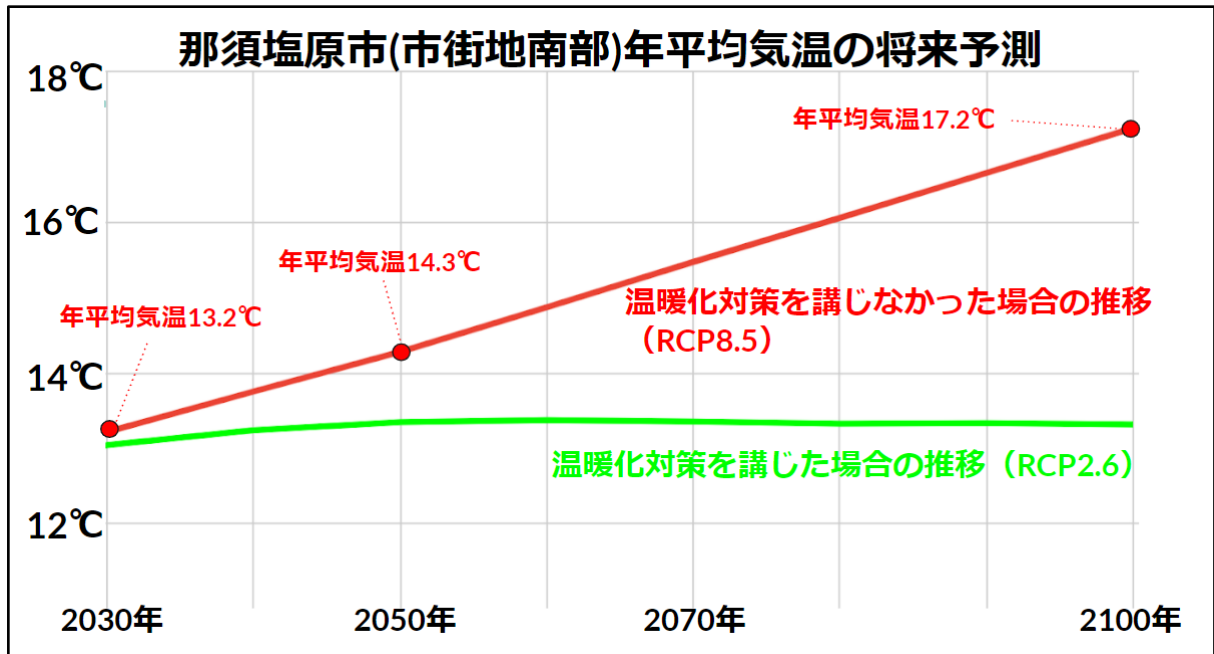


図9：年平均気温の将来にかけての将来予測（RCP2.6及びRCP8.5）_市街地南部

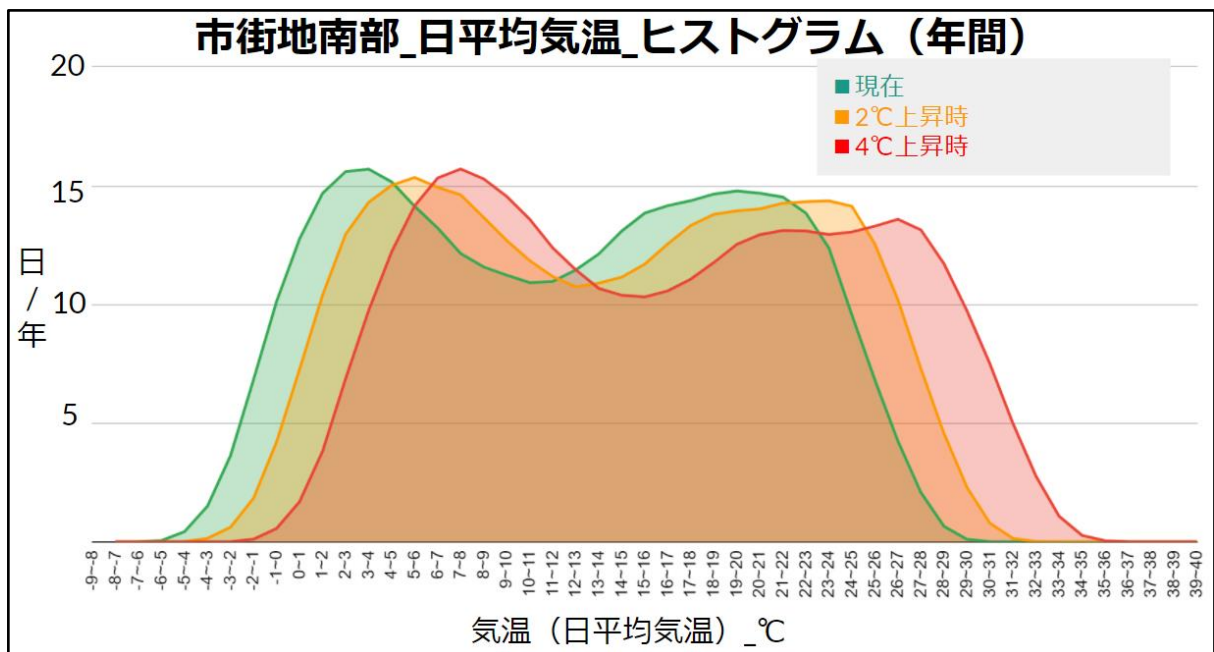


図10：気温の出現数を示すヒストグラム(年間)_市街地南部

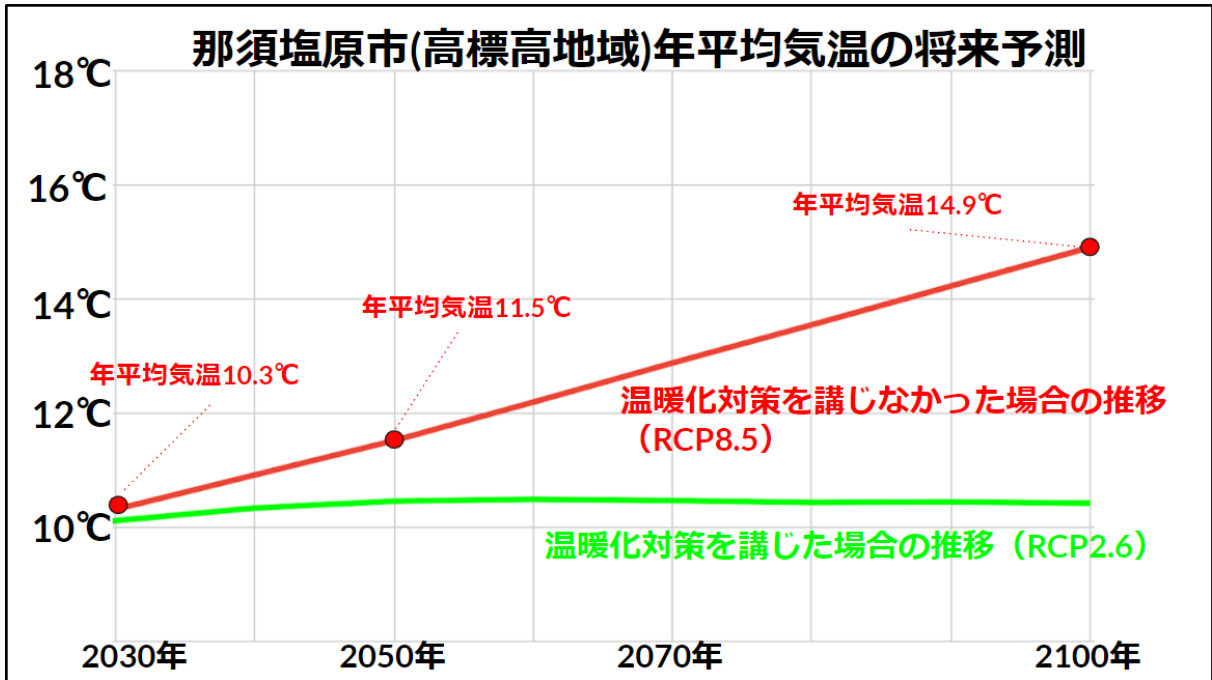


図11：年平均気温の将来にかけての将来予測（RCP2.6及びRCP8.5）_高標高地域

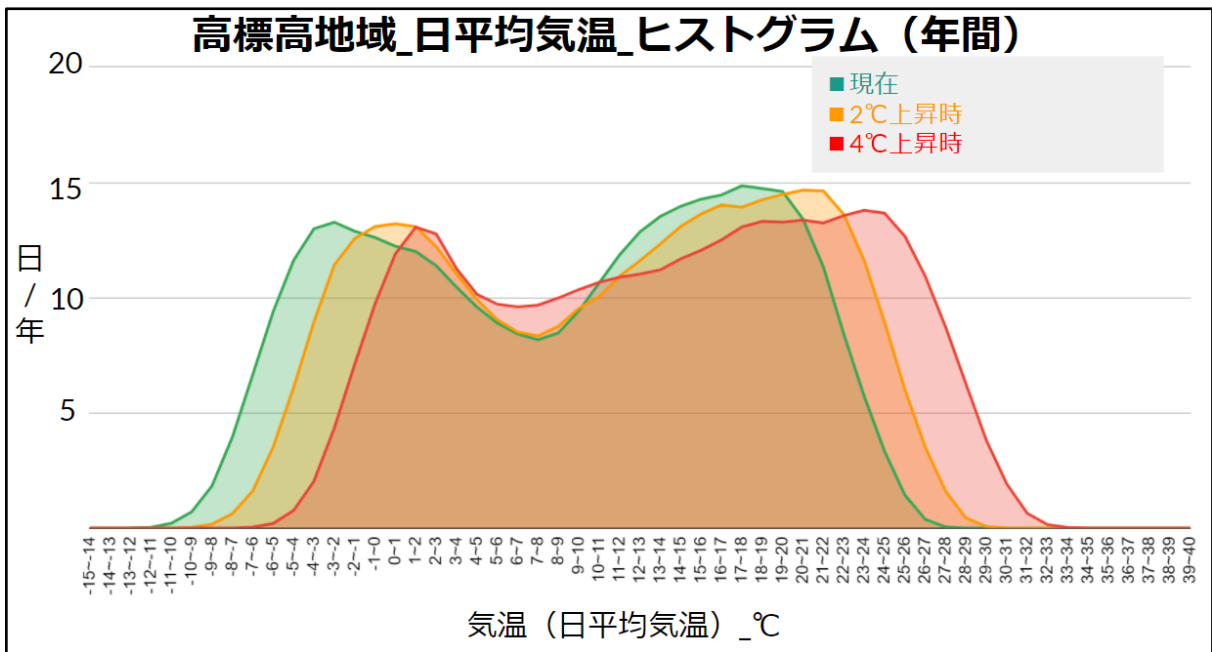


図12：気温の出現数を示すヒストグラム(年間)_高標高地域

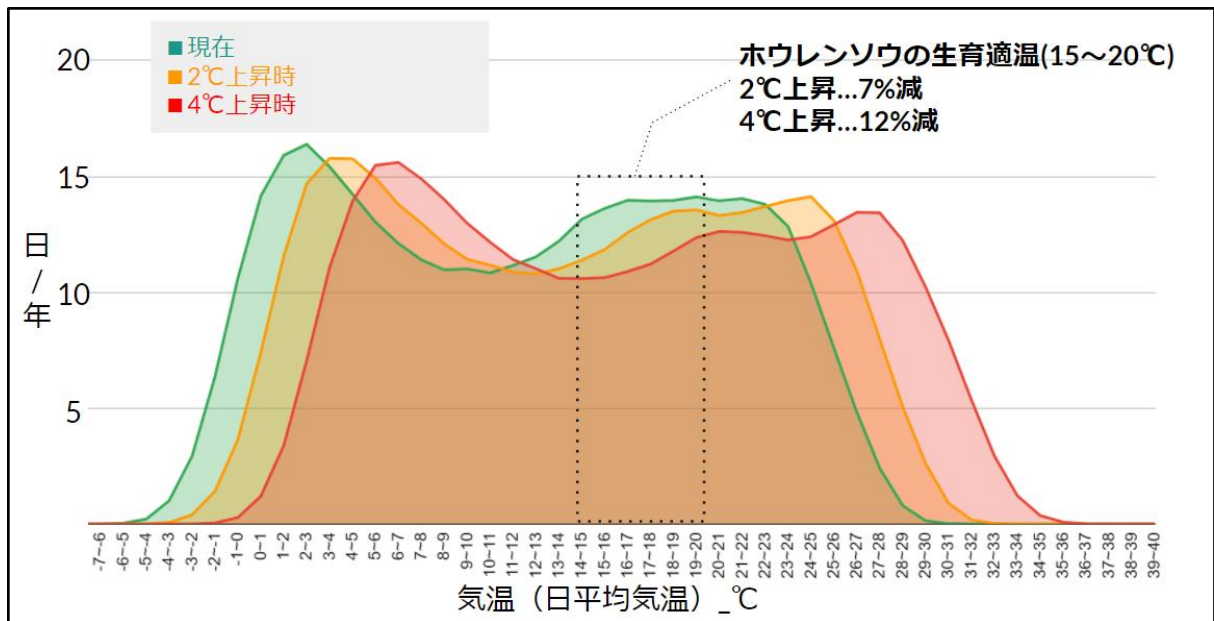


図13：（参考）ハウレンソウの生育適温(※6)範囲内平均気温の増減_市街地北部

※6：タキイ種苗株式会社HPより引用

<https://www.takii.co.jp/tsk/manual/hourensou.html>

これらのヒストグラムの活用方法として、図13を参考として掲載する。ハウレンソウの生育適温は15~20°Cと言われているが、その幅に日平均気温が収まる割合は気温上昇によって徐々に減少していく。

(2) 最高気温/最低気温の将来予測

表3：最高気温/最低気温の時系列予測一覧（単位：℃）

年	市街地北部			市街地南部			高標高地域		
	平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温
2030	13.3	18.1	9.4	13.0	18.4	9.2	10.1	14.5	6.6
2040	13.5	18.3	9.6	13.2	18.7	9.3	10.3	14.7	6.8
2050	13.6	18.4	9.8	13.3	18.8	9.5	10.5	14.8	6.9
2060	13.6	18.4	9.8	13.4	18.8	9.5	10.5	14.9	7.0
2070	13.6	18.4	9.8	13.4	18.8	9.5	10.5	14.9	6.9
2080	13.6	18.4	9.7	13.3	18.8	9.4	10.4	14.8	6.9
2090	13.6	18.4	9.7	13.3	18.8	9.4	10.4	14.8	6.9
2100	13.6	18.4	9.7	13.3	18.7	9.4	10.4	14.8	6.9
年	市街地北部			市街地南部			高標高地域		
	平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温
2030	13.5	18.3	9.6	13.2	18.6	9.3	10.3	14.7	6.8
2040	14.0	18.9	10.2	13.8	19.3	9.9	10.9	15.4	7.4
2050	14.5	19.4	10.7	14.3	19.9	10.4	11.5	16.0	7.9
2060	15.1	20.1	11.4	14.9	20.5	11.0	12.2	16.8	8.6
2070	15.7	20.8	12.0	15.5	21.2	11.6	12.9	17.5	9.2
2080	16.3	21.4	12.6	16.1	21.9	12.2	13.5	18.3	9.9
2090	16.9	22.1	13.3	16.7	22.6	12.8	14.2	19.0	10.5
2100	17.4	22.7	13.9	17.2	23.2	13.4	14.9	19.8	11.1

表3は、日平均気温・日最高気温・日最低気温の年平均について、2030年～2100年にかけて10年毎の将来予測を、今回の分析対象とした3地域分をまとめたものである。

(3) 日合計降水量の将来予測

図14は、過去に那珂川の避難判断水位を超過した状況下において、那須塩原市周辺の雨量計での観測結果を元に日合計降水量の閾値を設け、その閾値の超過割合の将来予測を示したものである。

国土交通省の水文水質データベースにおいて、過去20年以上に渡り観測結果を遡ることの出来る水位計が那須塩原市内には存在しないため、今回は大田原市内の黒羽(那珂川)を対象とした。黒羽において過去20年間の間に避難判断水位(4.4m)を超過したのは表4に示す4事例である。

これらの下限値は2002年7月10日の日降水量204mmであり、今回の分析では日降水量200mmを河川氾濫の危険性が高まる閾値として分析を行った。また、将来予測を算出するに当たっては、統計的な誤差及び地域間の誤差を少なくするため、分析対象の3地域それぞれでの出現頻度の分析を行った後、それらを平均化する形とした。

表4：黒羽(那珂川)における避難判断水位超過事例と当時の観測雨量

年月日	水位(m)	黒磯観測雨量(日雨量)(mm)	大田原観測雨量(日雨量)(mm)	事象
1998/8/27	5.05	351	211	那須豪雨
2002/7/10	4.65	213	204	2002年台風6号
2011/9/21	4.76	225	208	2011年台風15号
2019/10/12	5.64	289	298	2019年台風19号

※7 水位観測値は国土交通省水文水質データベースより引用 (<http://www1.river.go.jp/>)

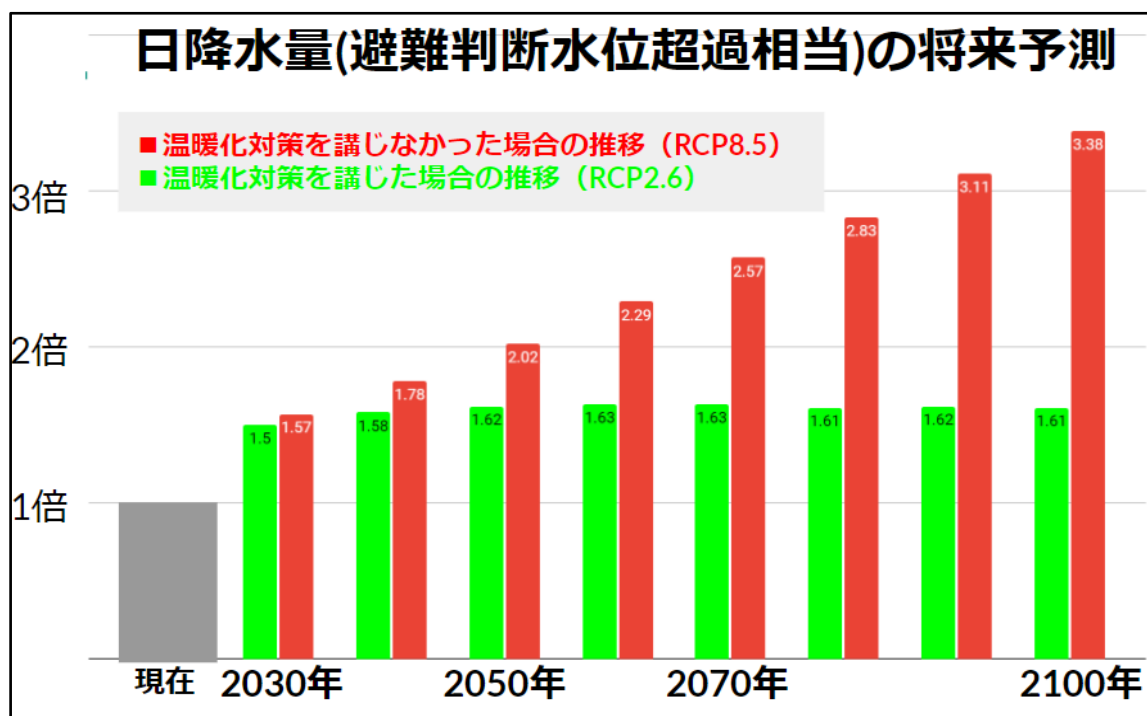


図14：日降水量200mmを超える降雨に関する将来予測

この日降水量に相当する雨は、温暖化対策を講じなかったシナリオであるRCP8.5に沿って温暖化が進んだ場合、2100年には避難判断水位超過相当の大雨の発生頻度が現在の

3. 38倍となる。現在気候において、このような雨は約13年に1度の頻度で発生しているが、RCP8.5における2100年頃には約4年に1度の頻度で発生することとなる。

(4) 時間雨量の将来予測

図15～20は、分析対象3地域における時間雨量30mm、時間雨量50mmそれぞれの出現日数の将来予測である。例えば市街地北部における時間雨量50mmを超える強雨の頻度は、温暖化対策を講じなかったシナリオであるRCP8.5に沿って温暖化が進んだ場合、現在の約3倍の頻度となり、およそ2年に1度の頻度で発生することとなる。

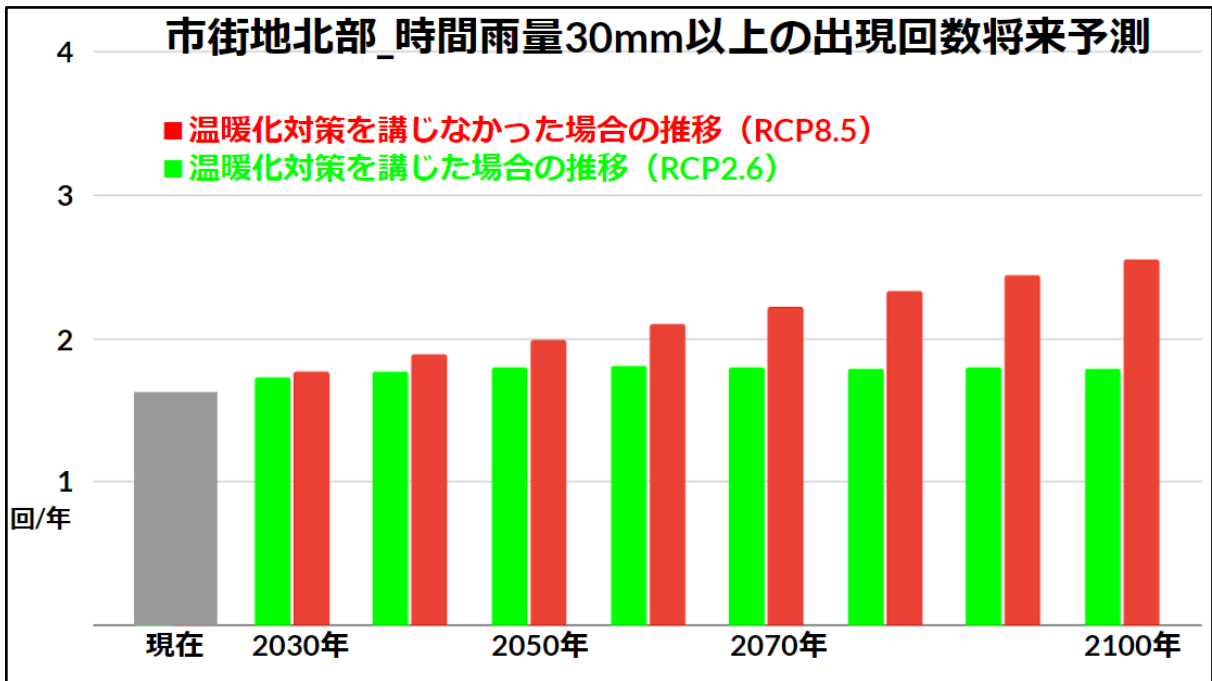


図15：時間雨量30mm以上強雨の出現頻度予測_市街地北部

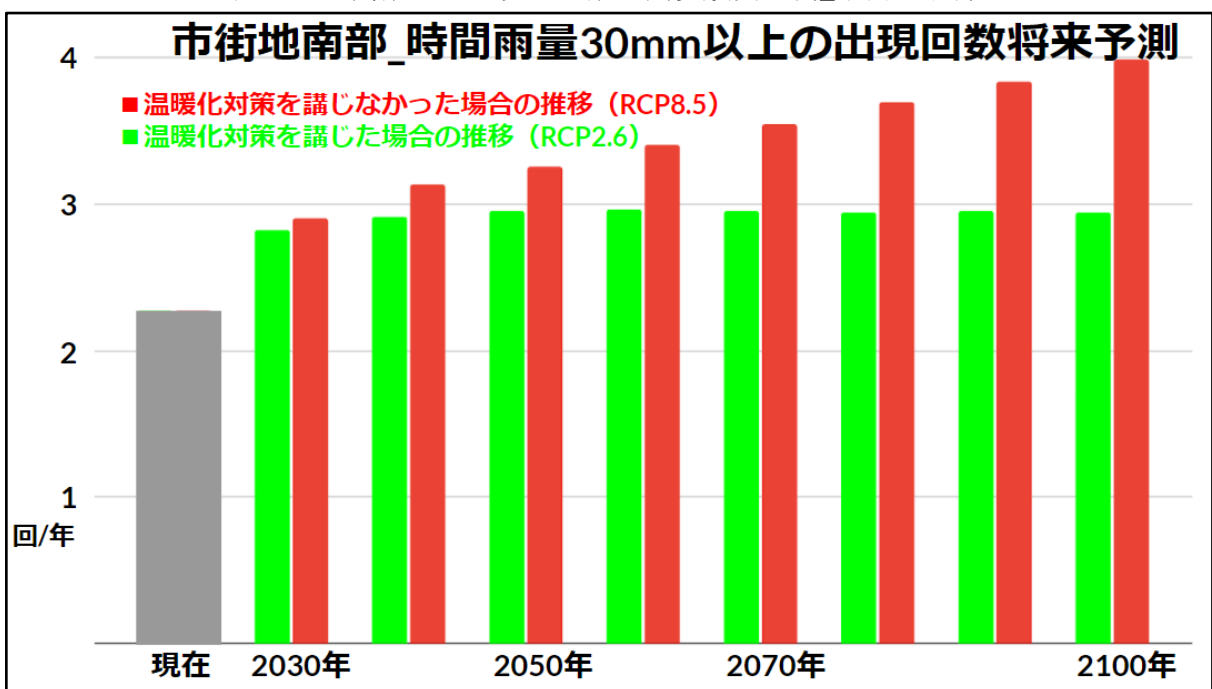


図16：時間雨量30mm以上強雨の出現頻度予測_市街地南部

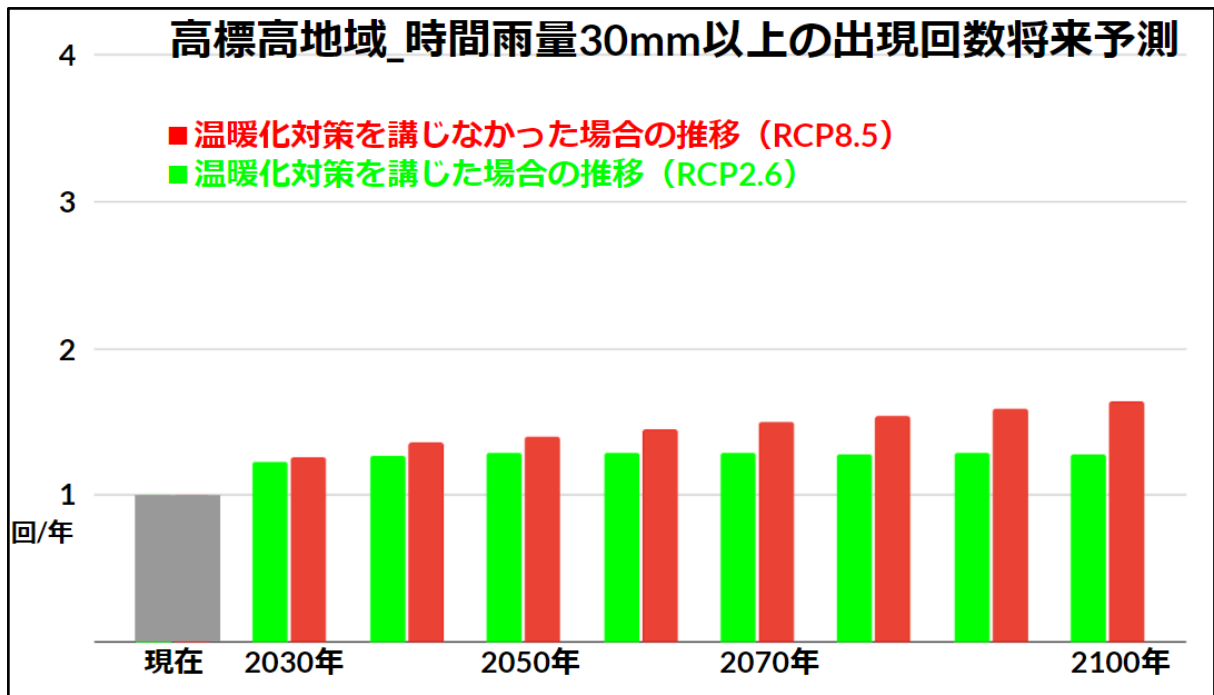


図17：時間雨量30mm以上強雨の出現頻度予測_高標高地域

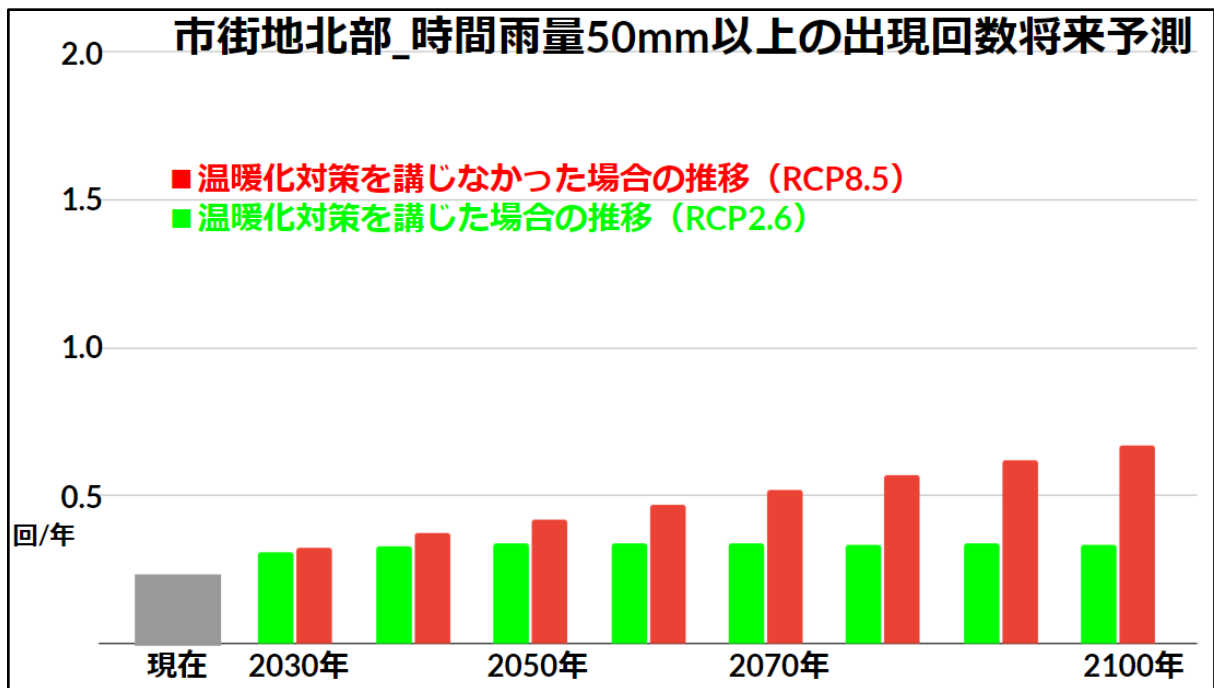


図18：時間雨量50mm以上強雨の出現頻度予測_市街地北部

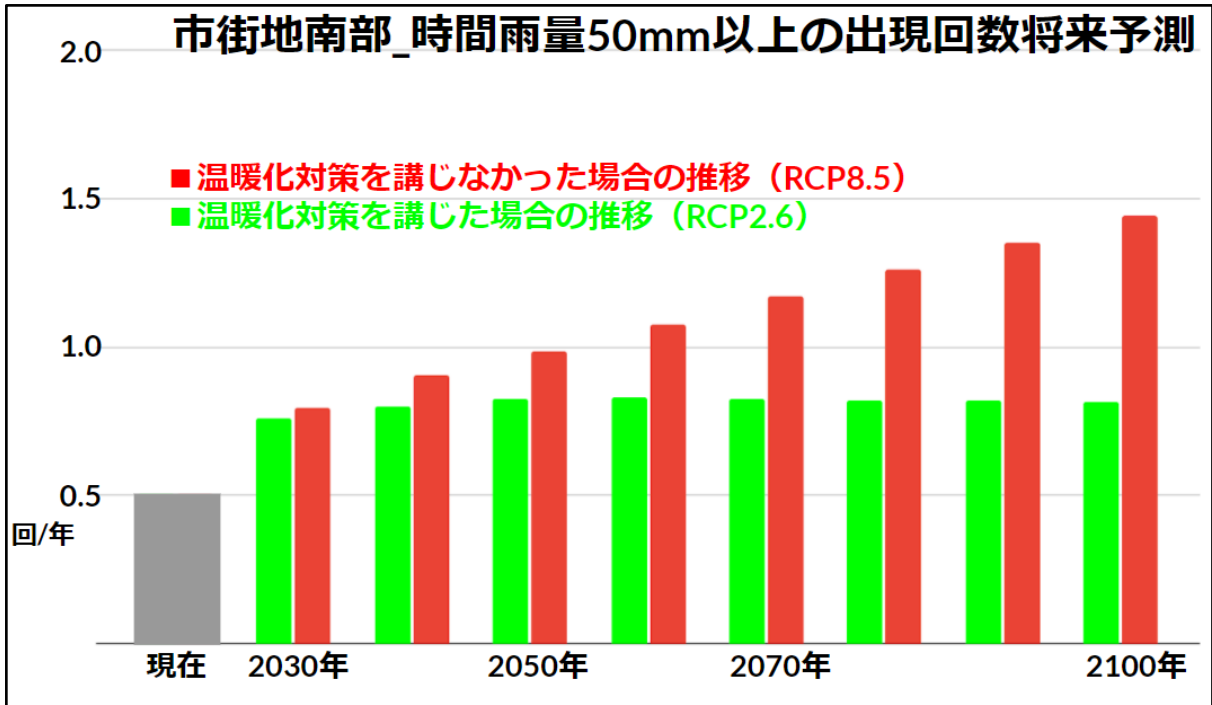


図19：時間雨量50mm以上強雨の出現頻度予測_市街地南部

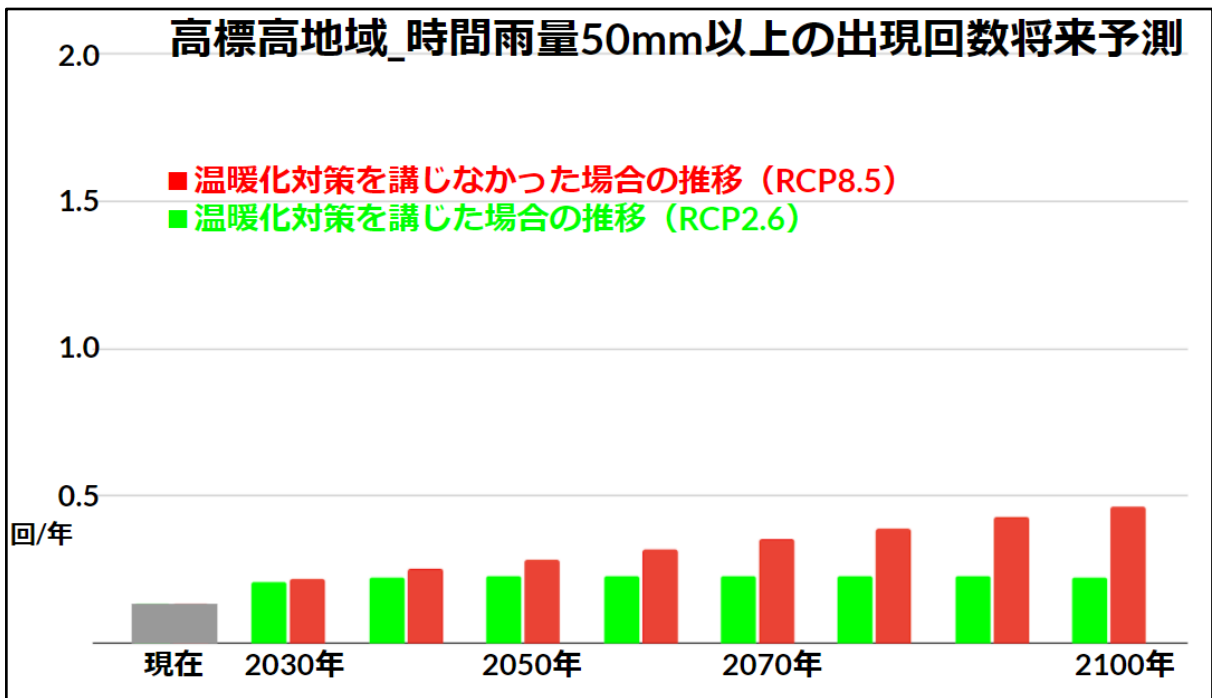


図20：時間雨量50mm以上強雨の出現頻度予測_高標高地域

3-2. 市民の生活・健康や地域の産業に着目した分析

(1) 猛暑日・真夏日・熱帯夜の将来予測

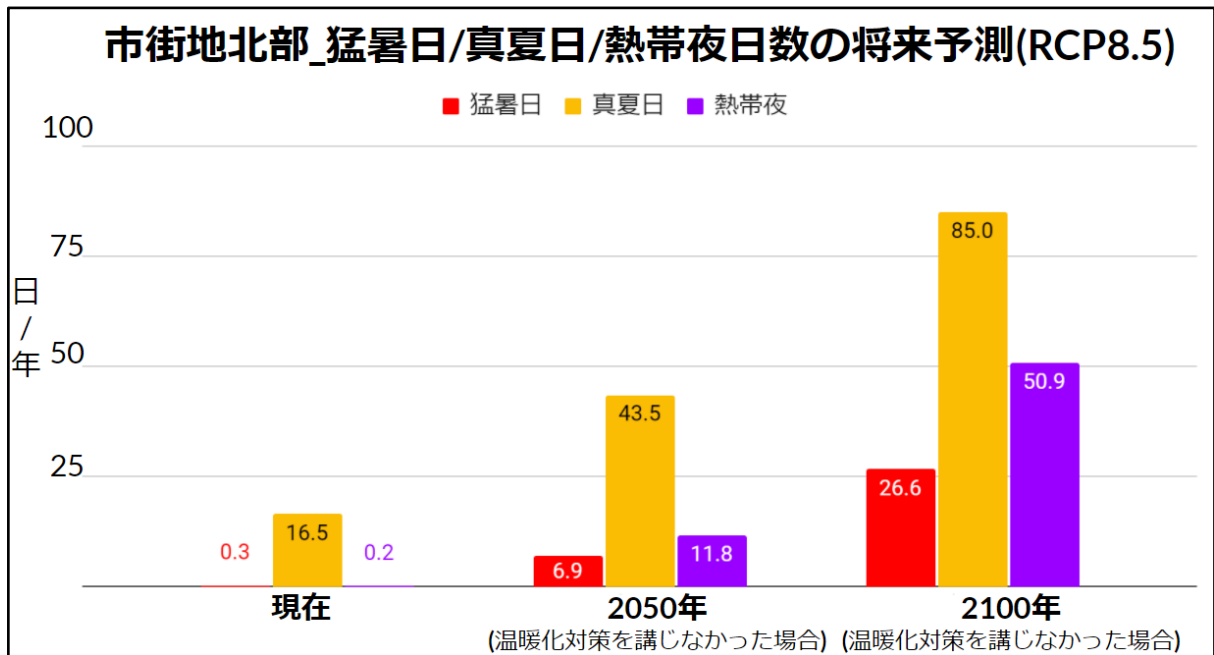


図21：猛暑日/真夏日/熱帯夜日数の将来予測_まとめ_市街地北部

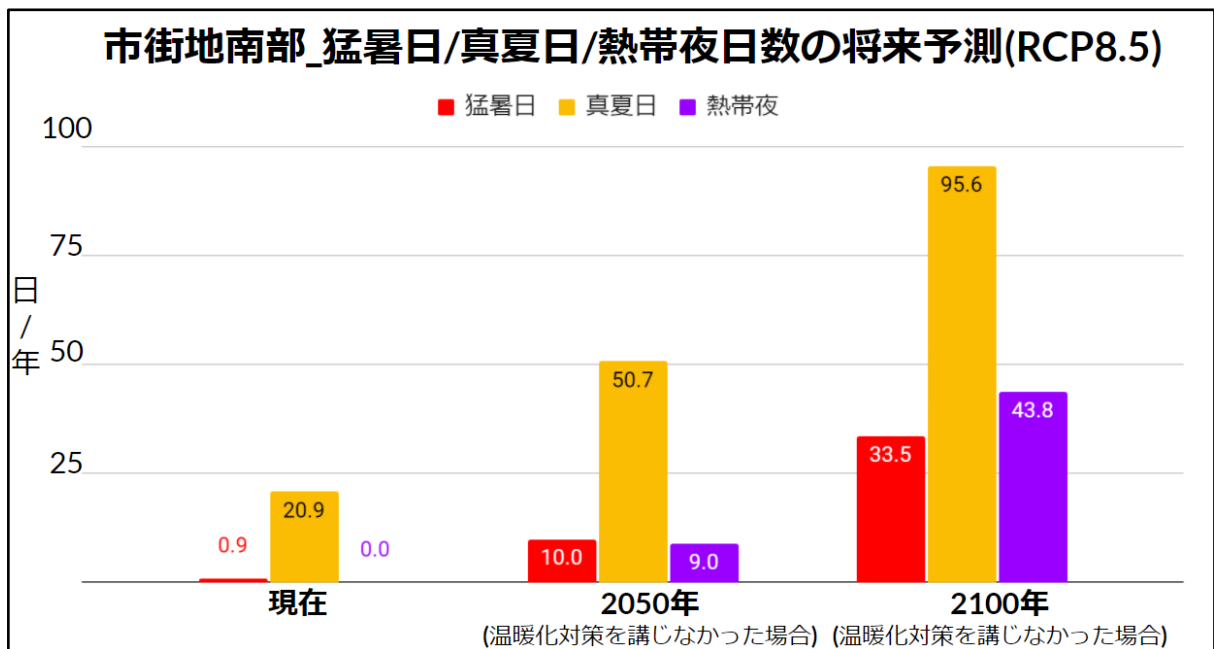


図22：猛暑日/真夏日/熱帯夜日数の将来予測_まとめ_市街地南部

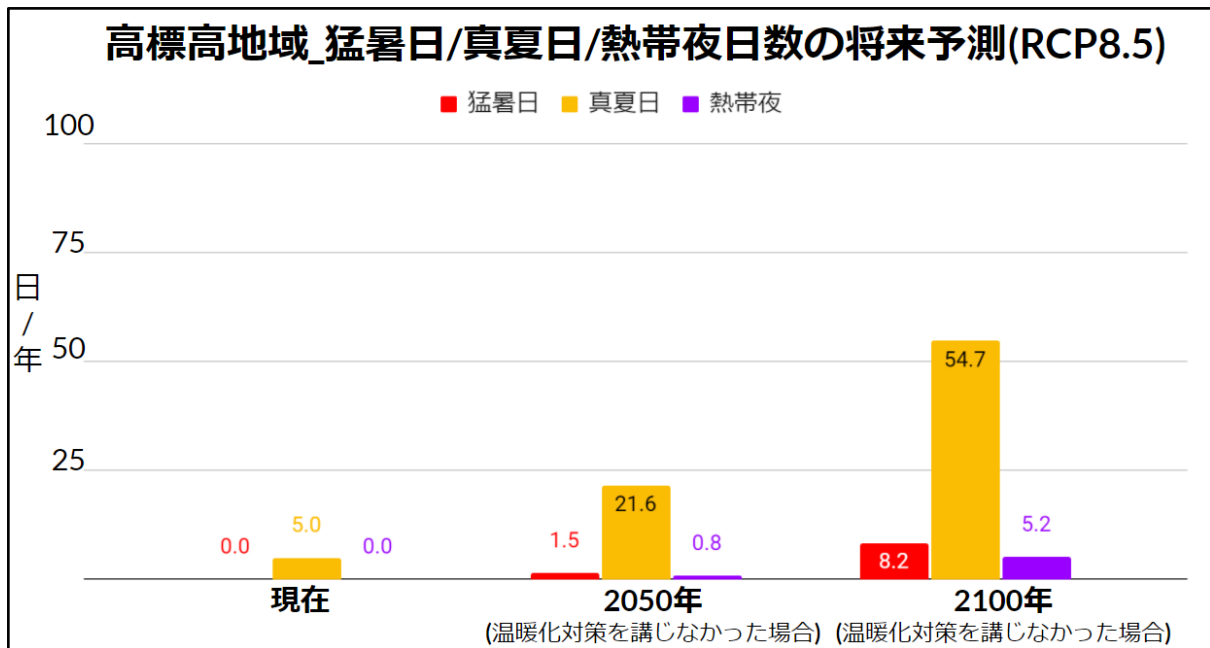


図23：猛暑日/真夏日/熱帯夜日数の将来予測_まとめ_高標高地域

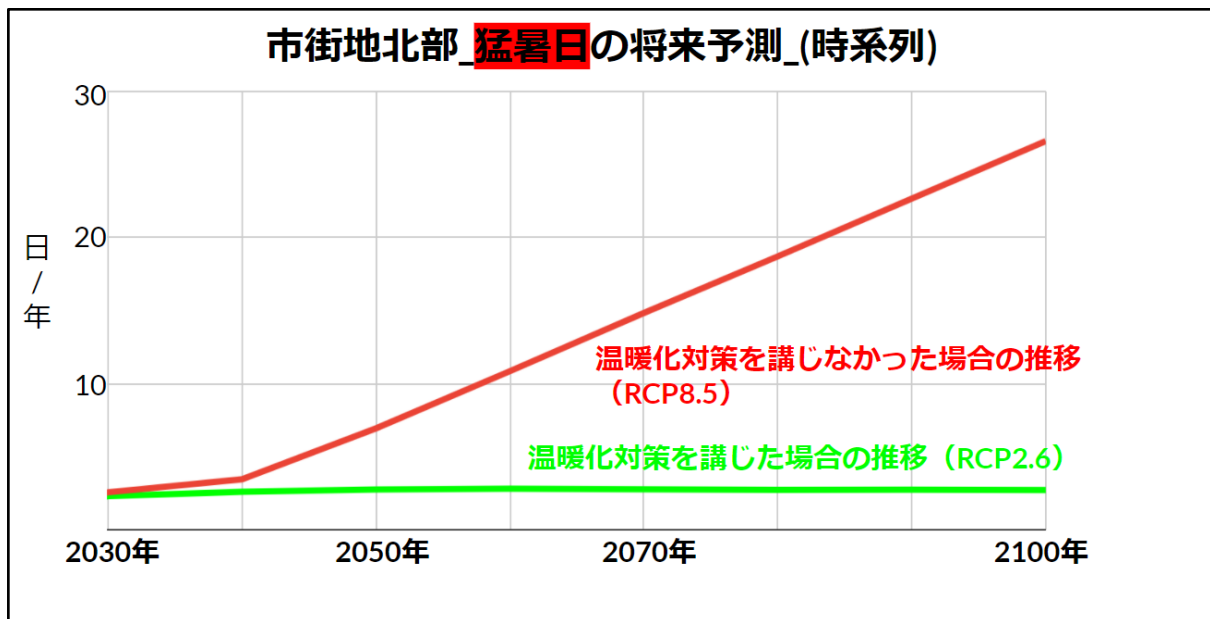


図24：猛暑日の将来予測_時系列_市街地北部

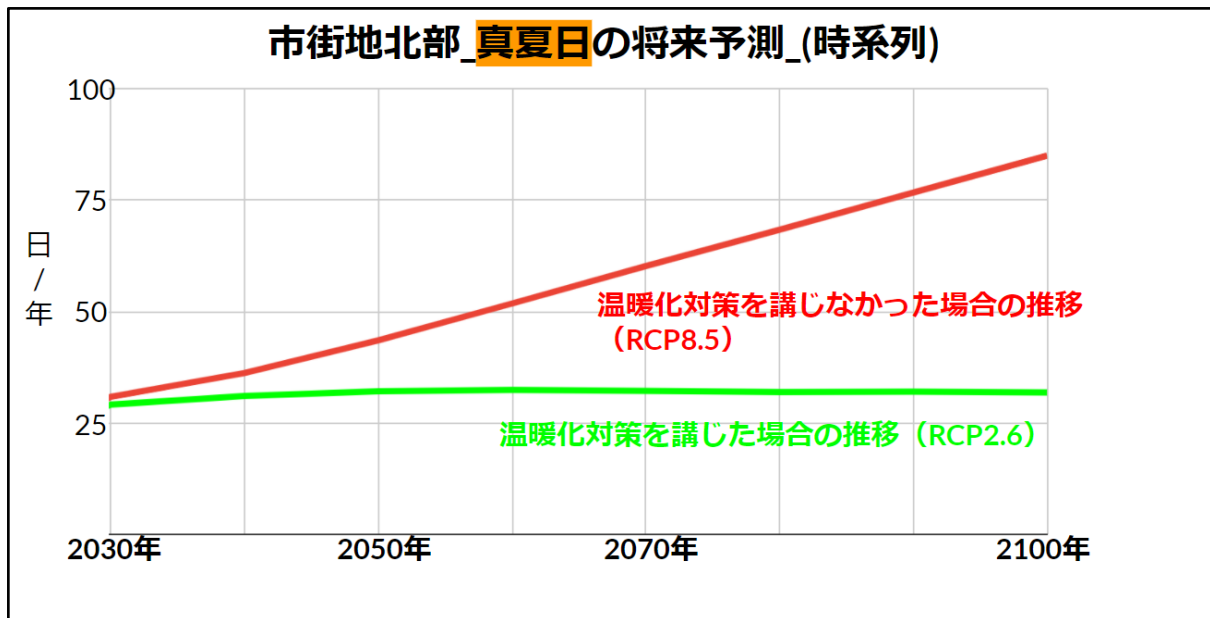


図25：真夏日の将来予測_時系列_市街地北部

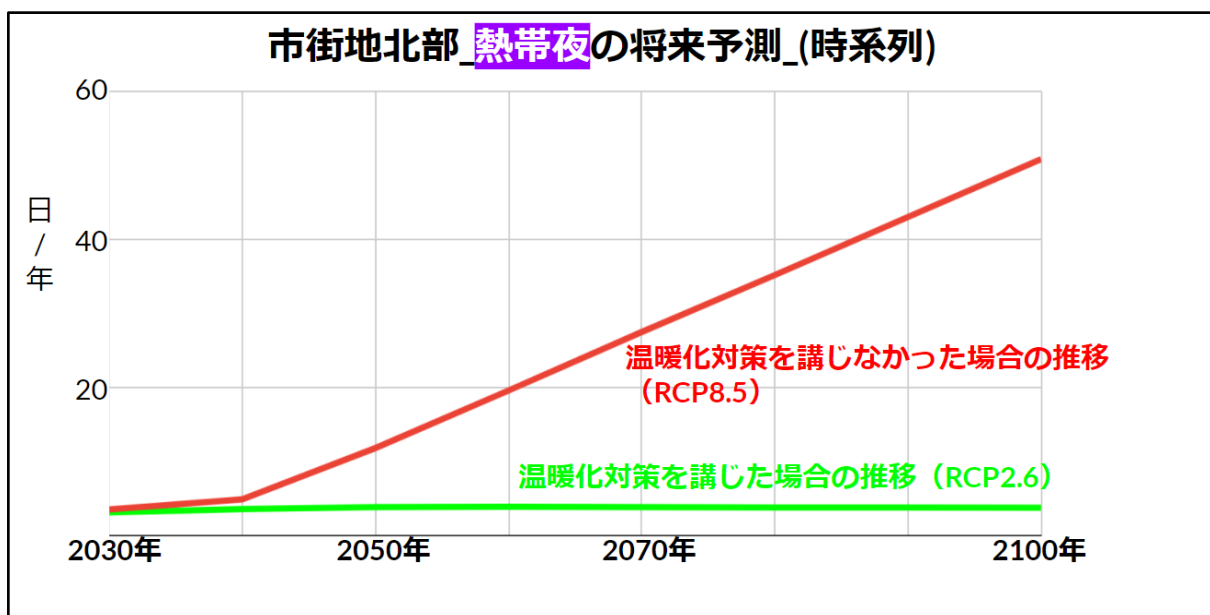


図26：熱帯夜の将来予測_時系列_市街地北部

図21～23は、市内の3地域における猛暑日(最高気温35℃以上)・真夏日(最高気温30℃以上)・熱帯夜(最低気温25℃以上)の将来予測(RCP8.5)を示すものである。また、図24～26は市街地北部における猛暑日・真夏日・熱帯夜のRCP2.6及びRCP8.5それぞれの2100年にかけての日数変化を示すものである。

例えば市街地北部は、現在は、猛暑日は3～4年に1回程度の出現日数となっているが、温暖化対策を講じなかった場合のRCP8.5のシナリオに沿って気候変動が進んだ場合、2050年には年間6.9日程度出現するようになり、2100年には年間26.6日出現するようになることを示している。

(2) 特定の産業（農業/酪農/健康/防災/観光）への気候変動による影響度の将来予測

(a) 農業・酪農

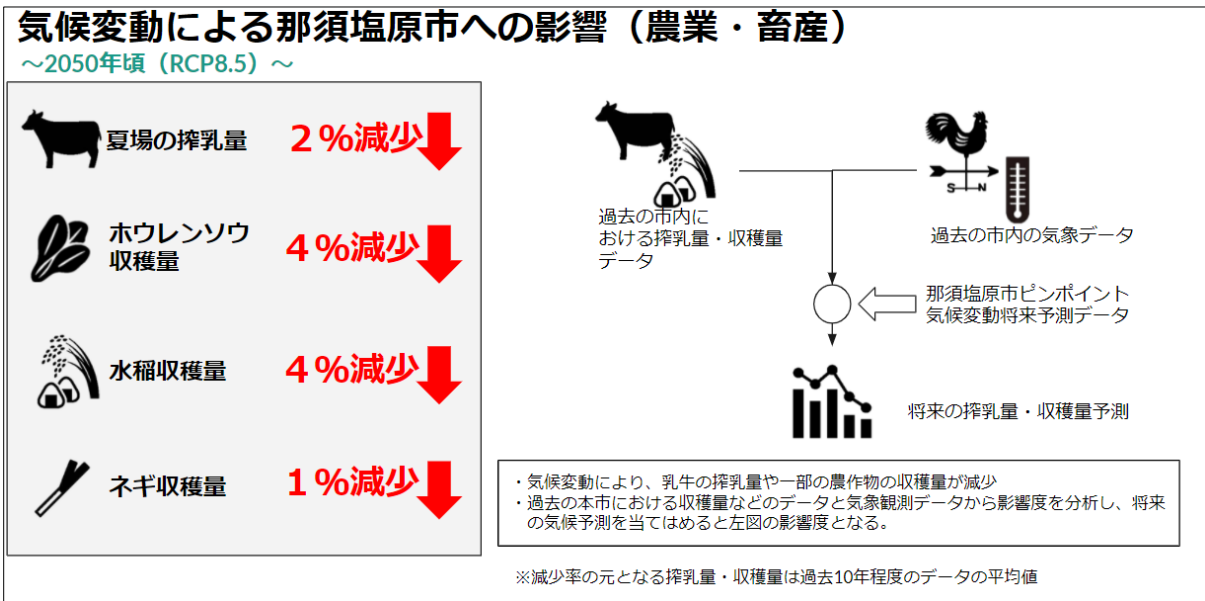


図27：市内産業への影響（2050年予想）

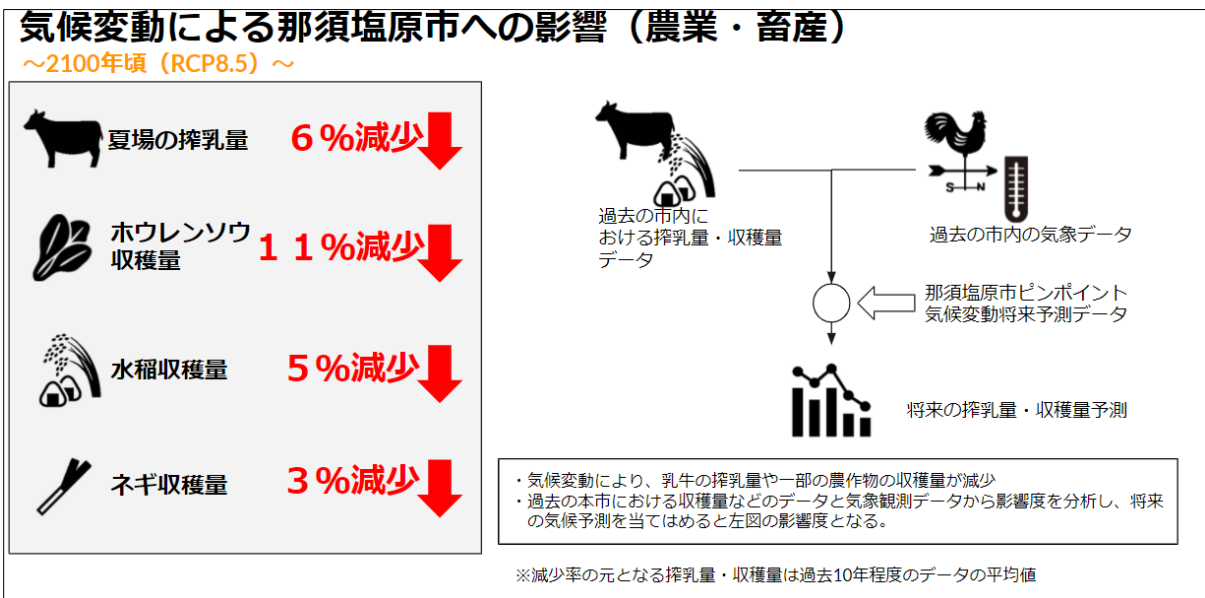


図28：市内産業への影響（2100年予想）

市内の酪農・農業への影響(RCP8.5)を図27・図28にまとめる。温暖化に伴い、那須塩原市内における搾乳量や農作物の収穫量が減少していく恐れがある。

※8：これらの収穫量などの増減は、気象以外の影響も受けると考えられる。図27・図28はあくまでも気象のみから算出した結果である。また、過去の搾乳量・収穫量等のデータを元にした回帰直線上の減少率を元としているため、回帰式自体が持つブレ幅は考慮していない。

※9：乳牛の生育環境の変化や、それぞれの農作物の品種などは考慮していない。

(b) 健康

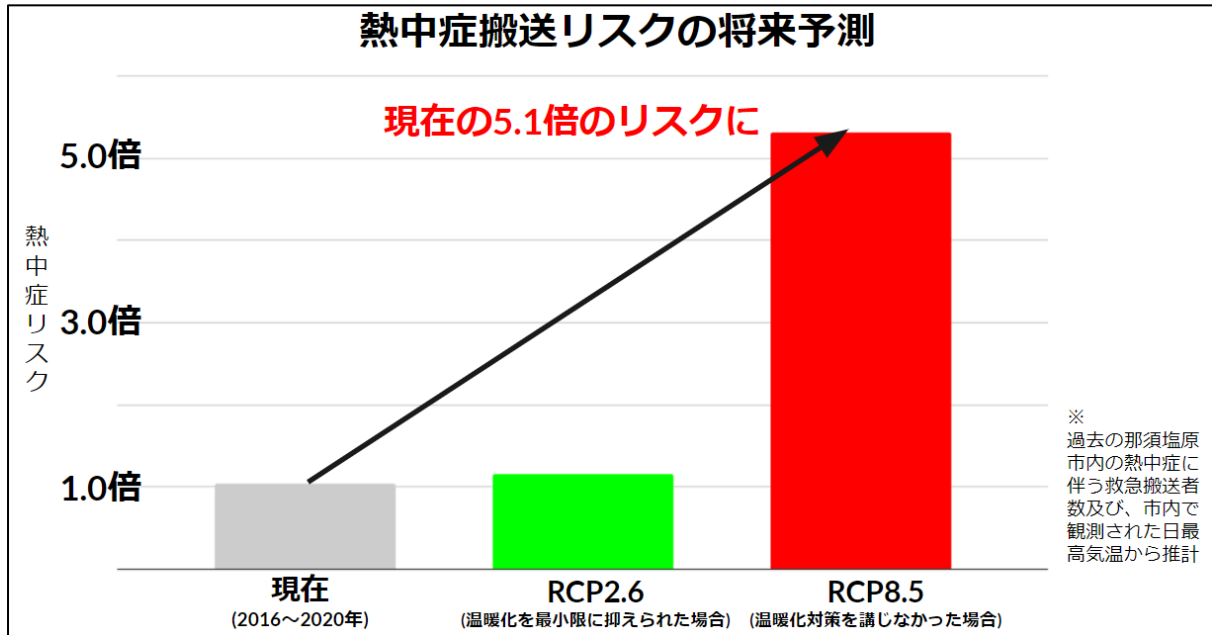


図29：熱中症搬送者リスクの将来予測

図29は、RCP2.6、RCP8.5、それぞれにおける今世紀末の熱中症搬送リスクを示すものである。これらは2-5で示したデータ及び分析手法により算出している。

RCP2.6においては熱中症搬送リスクは現在の1.1倍程度に抑えられるが、温暖化対策を講じなかった場合のRCP8.5においては熱中症搬送リスクが現在の5.1倍へと増加する。

今回の分析対象とした2016~2020年における市内の熱中症搬送者数は平均50人ほどであるが、RCP8.5に沿って気候変動が進んだ場合、250人を超える搬送者数となる恐れがある。

(c) 防災

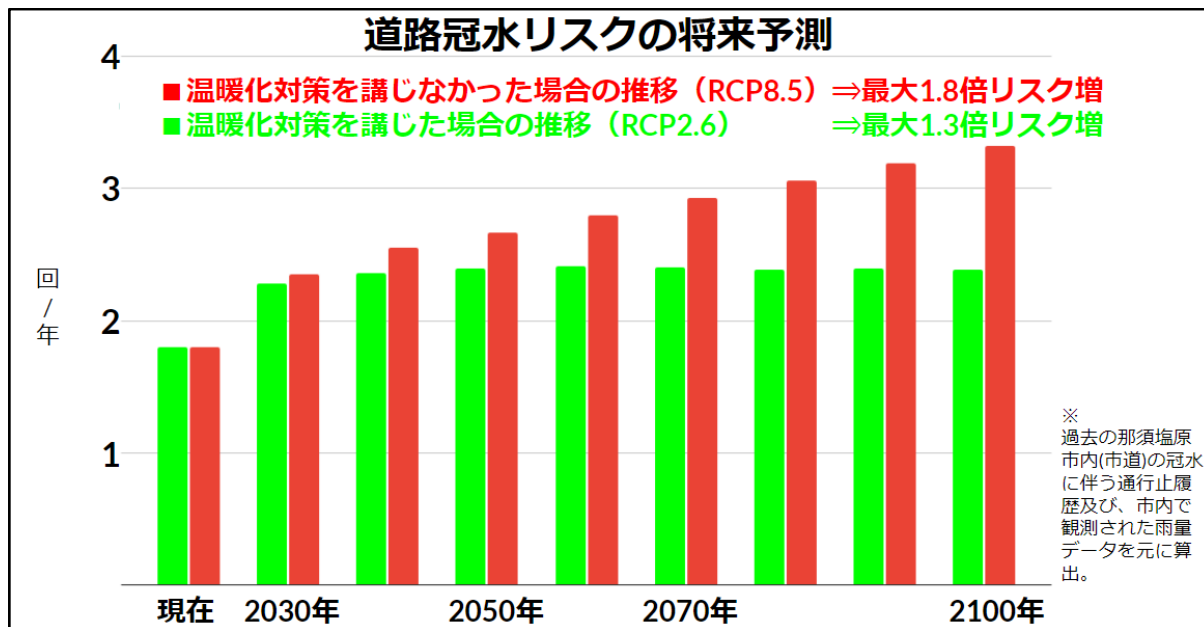


図30：道路冠水リスクの将来予測

図30は市道の道路冠水履歴 {2-5-(4)} を元にした道路冠水リスクの将来予測である。現在は年に1~2回発生している短時間強雨による道路冠水が、RCP8.5に沿って進んだ場合は今世紀末で約1.8倍の年に3回前後の頻度にまで増加すると予測している。

(d) 観光

表5：市内高標高地域における冬季の月平均気温の比較(現在・2050年・2100年)

	現在(アメダス那須高原 1991~2020年平年値)	2050年(RCP8.5)	2100年(RCP8.5)
冬季(12~3月) の平均気温	0℃	1.2℃	4.7℃

※10：アメダス那須高原における2018年度冬季平均気温…-0.1℃、
2019年度冬季平均気温…0.8℃、2020年度冬季平均気温…2.0℃

上表は市内の高標高地域における冬季(12月~翌年3月)の平均気温の気候変動に伴う変化を予測したものである。RCP8.5における2100年には冬季平均気温は4.7℃となる。これは近年における少雪の代表的な例である2020年度の気温を大きく上回っている。標高の違いを考慮する必要はあるが、12~3月の平均気温が4.7℃というのは、現在の栃木県南部の地域(宇都宮・小山など)と同程度の気温となる。

過去20年程のうち、冬季の平均気温が1.2℃以上であった場合、冬季中の降雪量合計は例年の60%程となっている(※11)。2100年に想定されるほどの気温は過去に那須塩原周辺での観測実績が無いが、温暖化に伴い降雪量も減少していく傾向となる可能性が高い。

※11：アメダス那須高原の観測値から推計。