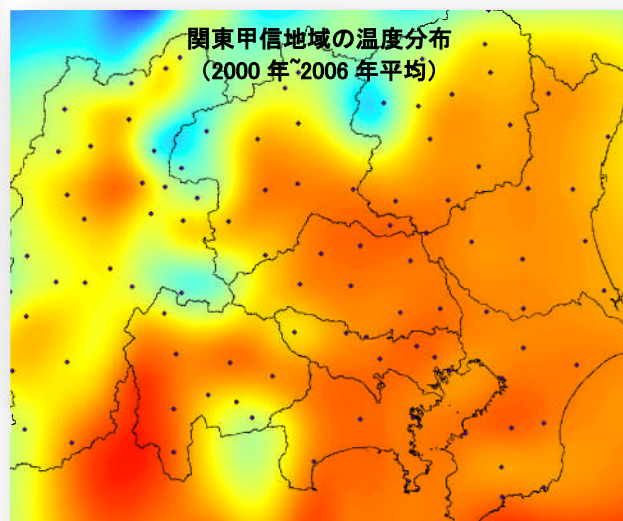
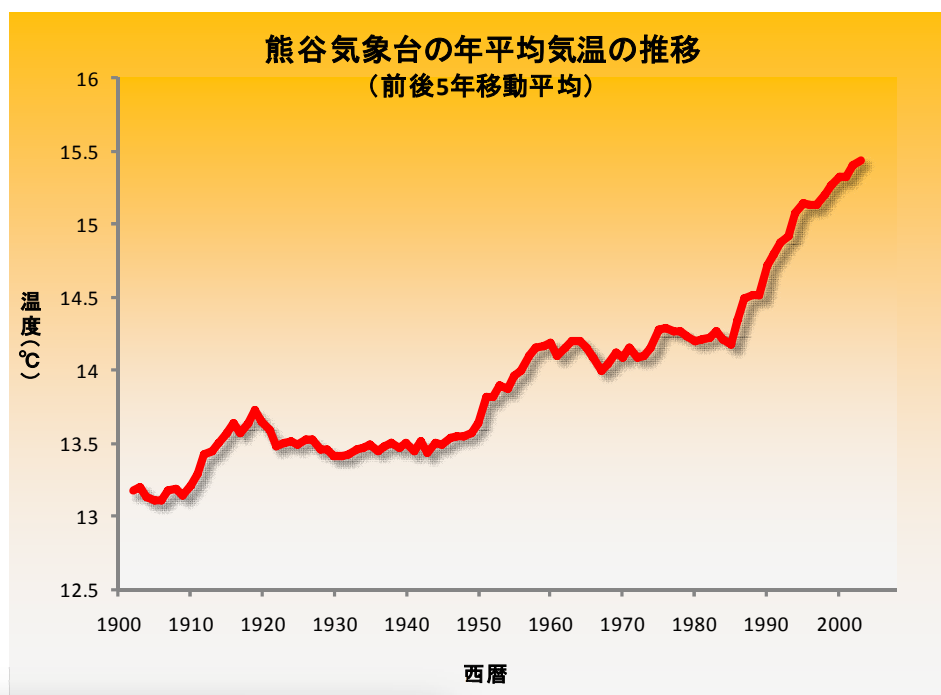


緊急レポート

地球温暖化の埼玉県への影響



埼玉県環境科学国際センター 温暖化影響評価プロジェクトチーム
2008

目次

1	はじめに	1
2	埼玉県温暖化の実態と予測	1
2.1	世界及び日本における気候変動	1
2.2	埼玉県気候変動	4
2.2.1	気温・湿度の変動	4
2.2.2	降水量の推移	17
2.3	温暖化の予測	20
3	温室効果ガス濃度の推移と予測	26
3.1	世界及び日本における温室効果ガス濃度の推移	26
3.2	埼玉県における温室効果ガス濃度の推移	29
3.3	温室効果ガス濃度の将来予測	30
4	温暖化の大気汚染への影響	31
4.1	光化学オキシダント	31
4.2	浮遊粒子状物質	35
5	温暖化の自然環境への影響	37
5.1	植物への影響	37
5.1.1	ブナ林への影響	37
5.1.2	シラビソ（シラベ）への影響	39
5.1.3	平地のスギ林	42
5.2	動物への影響	45
5.2.1	ムラサキツバメの発生と定着	46
5.2.2	その他野生動物の北上・東進	47
6	温暖化の農業への影響	49
6.1	気温上昇が農業に及ぼす影響	49
6.1.1	水稲に及ぼす影響	49
6.1.2	その他の作物に及ぼす影響	50
6.1.3	果樹生産への影響	51
6.1.4	茶・野菜の生産などへの影響	52
6.2	光化学オキシダント（オゾン）の農作物への影響	54
6.2.1	光化学オキシダントの農作物リスクの検討	55
7	温暖化の健康影響	64
7.1	気温上昇の健康に及ぼす影響（熱中症）	64
7.1.1	埼玉県における 2007 年の熱中症の実態	64
7.1.2	埼玉県における熱中症救急搬送者数と気温の関係	66
7.1.3	熱中症による救急搬送者数の推定	68
7.2	光化学オキシダント（オゾン）の健康に及ぼす影響	70

1 はじめに

2008年5月29日に環境省地球環境研究総合推進費による「温暖化影響総合予測プロジェクト」の前期3年間の成果として、『地球温暖化「日本への影響」』が公表された。地球温暖化にともなう日本の水資源や森林、農業、健康等への影響についての研究成果が報告され、改めて気候変動の影響の深刻さが示された。これを機に、埼玉県環境科学国際センターでは、埼玉県の温暖化の実態と、予測される影響について評価することを目指し、2008年6月中旬に大気環境、自然環境グループによる短期プロジェクトチームを発足させ本報告書を作成した。

ところで、現在、地方環境研究所での温暖化に関連する研究は極めて僅かなのが現実である。地方環境研究所の調査研究は元来、地域の公害問題から出発しており、近年までCO₂が「大気汚染物質」とも認識されていなかったためである。一部、取り組まれてきたのは、ヒートアイランドに関する研究や、脆弱な生態系への影響など、数えるほどしかない。そのような中で当所は、温室効果ガスのモニタリングや一般廃棄物のリサイクル、処分場からの排出抑制の研究をはじめ、温暖化によって上昇するオゾンの植物影響等に関する研究等では先進的な成果を上げてきた。また、出前講座などによる環境教育にも積極的に取り組んできたところである。

「埼玉県への影響予測」を行うにあたっては、はじめに当環境科学国際センターで何ができるかについて検討し、以下の方針で望むこととなった。

- ① 『地球温暖化「日本への影響」』報告書を基に、埼玉県に関係の深い項目を選択し、本県への影響について検討する。
- ② 想定する2050年、2100年の気温上昇は今後の社会のあり方、対策の進捗具合によって著しく変動するため、本報告書では、報告書『地球温暖化「日本への影響」』と同様に、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）4次報告の排出シナリオA1Bを想定した気候モデルMIROC3.2（水平分解能100km）の予測値（2031～2050年が2.3℃、2081～2100年が4.3℃上昇）を主に使用し影響を予測・評価する。
- ③ できるだけ、当所のオリジナルな研究成果を用いて検討を行う。

なお、本報告は6月中旬から、僅か1ヶ月半という期限の中、新たな研究なしで作成したものであり、必ずしも十分とはいえない部分もある。しかし、項目によっては今後の研究次第で重要な成果が期待できるものも少なくない。

2 埼玉県の温暖化の実態と予測

2.1 世界及び日本における気候変動

地球温暖化の進行状況は、世界各地に設置された気温観測装置の測定データから見積もられている。地球規模の気温観測は19世紀後半から始まり、現在、様々な機関が気温測定データのデータベースを提供している。その一つで米国海洋大気庁気候データセンター（NCDC）が世界の気候変動監視のために整備し、IPCC第4次報告書でも使用されているGHCN（Global Historical Climatology Network）データを基に地球の陸域平均気温の変動をグラフ化すると図2.1の様になる。

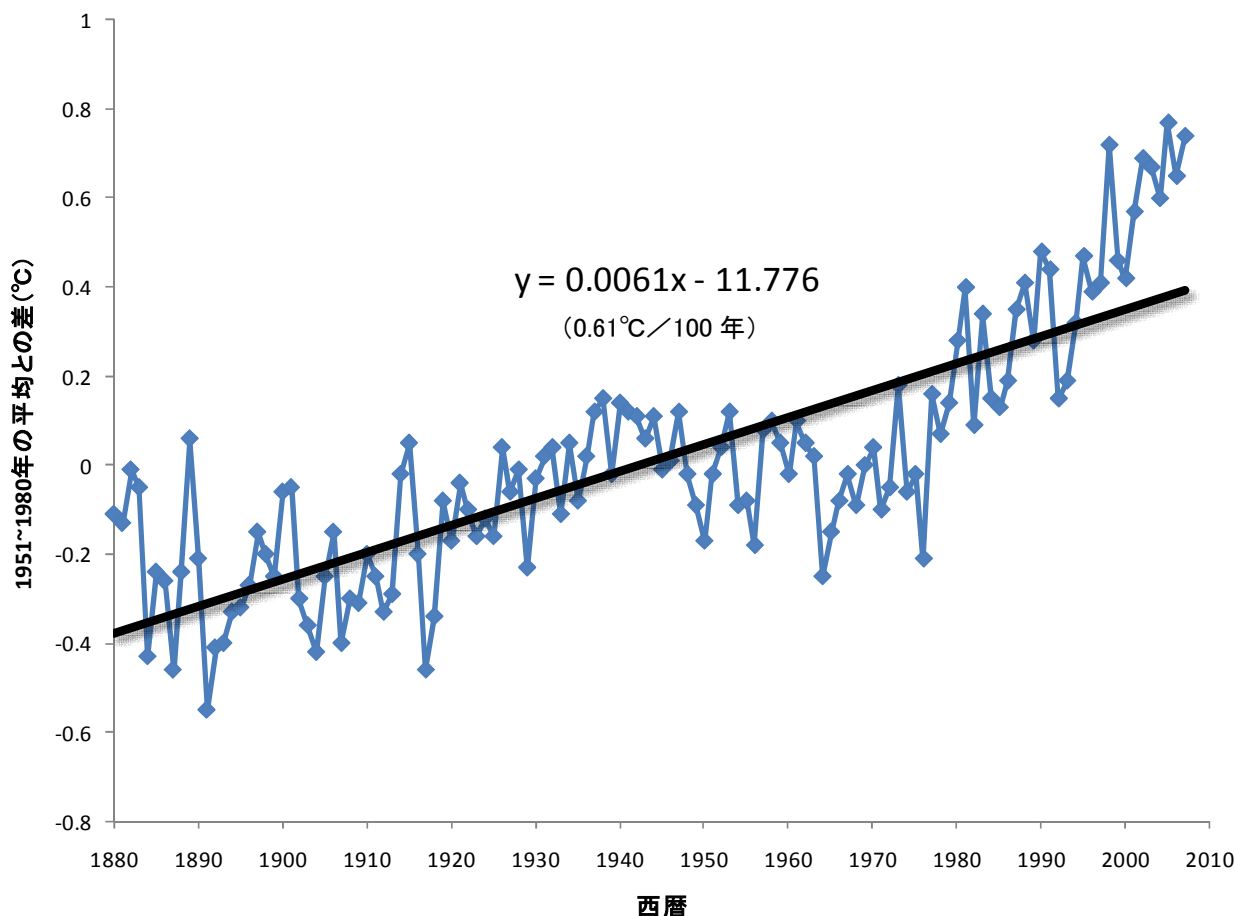


図 2.1 地球の陸域気温の推移
(GHCN 公開データを基に作成)

この図を見ると、地球の気温の推移は、年による変動が大きく、また、1940 年代から 1970 年代にかけては、横ばいかやや低下傾向にあるが、長期的には気温は上昇傾向にあり、GHCN のデータでは 100 年あたりに換算すると 0.61°C 増加している。IPCC の第 4 次報告書では様々な補正を行い、気温変動を見積もっているが、過去 100 年間（1906～2005）の昇温傾向は 0.74 [推定幅：0.56～0.92] °Cであったとしている。

GHCN データを基に 1880 年～1969 年と、1970 年～2007 年の気温上昇傾向を別の 1 次式に回帰した（図 2.2）。その結果、回帰式の傾きは、1880 年～1969 年は、100 年あたりに換算すると 0.38°C の気温上昇に止まっているのに対し、1970 年～2007 年では 2.04°C となり、5 倍以上上昇率が増加している。このように過去約 130 年間の気温上昇は、一定ではなく、特に近年、気温上昇が加速していることが分かる。

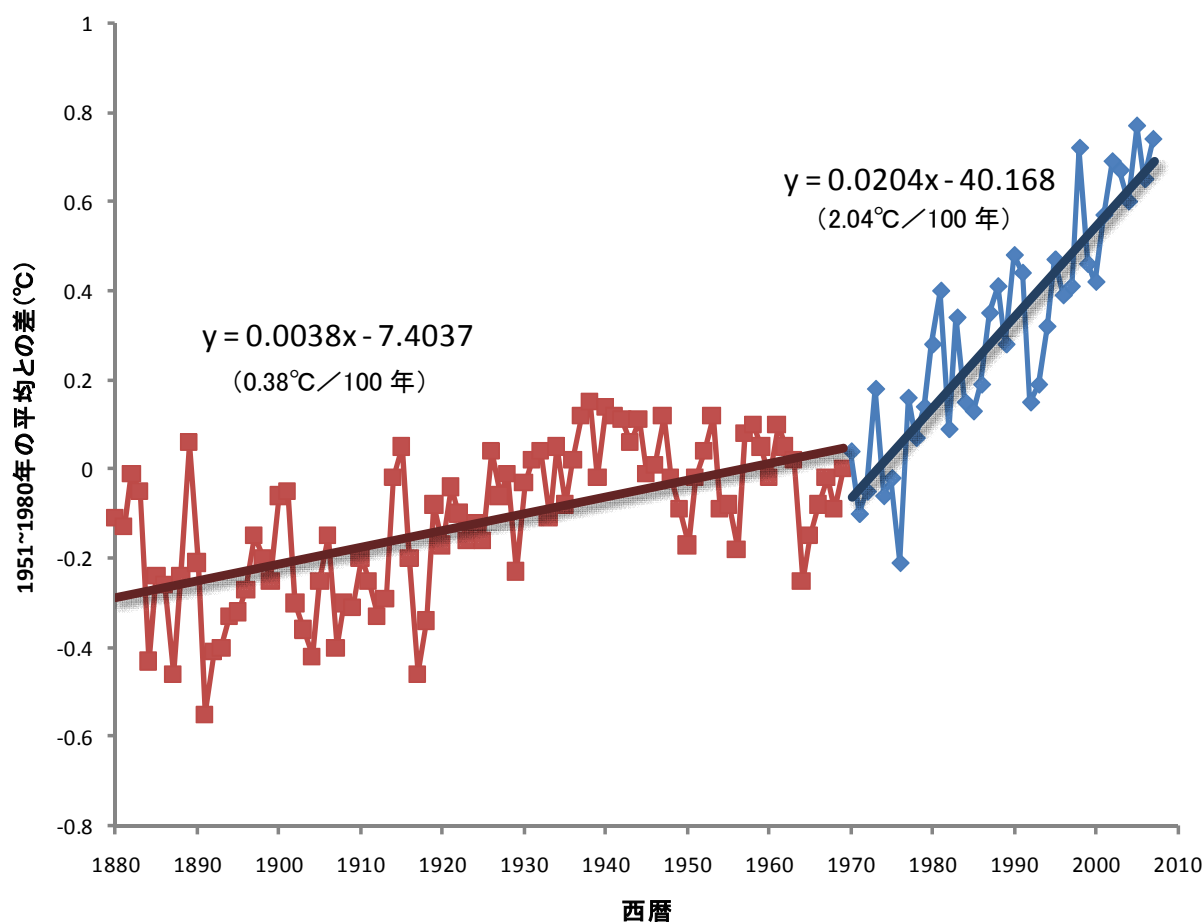


図 2.2 地球の陸域気温の推移
(1970 年を境に線形回帰、GHCN 公開データを基に作成)

気象庁が発表した報告書「気候変動監視レポート 2007」の中で 1898 年以降の日本の気温推移を示している（図 2.3）。このグラフは、網走、水戸、銚子、彦根、宮崎、石垣など比較的都市化による温度上昇、すなわちヒートアイランドの影響を受けないと考えられる 17 地点の観測データから作成されているが、それでも、100 年あたりに換算すると 1.10℃上昇しており、GHCN データや IPCC 第 4 次報告書で示された地球全体の温度上昇率を上回っている。特に 1980 年代後半以降、急速に気温が上昇し、過去 100 年のどの時期と比べても高い気温で推移している。

では、埼玉県における気温やその他の気候はどのように推移してきたであろうか。以下に埼玉県の気温や降水量の推移を気象官署及びアメダスデータを整理して示す。

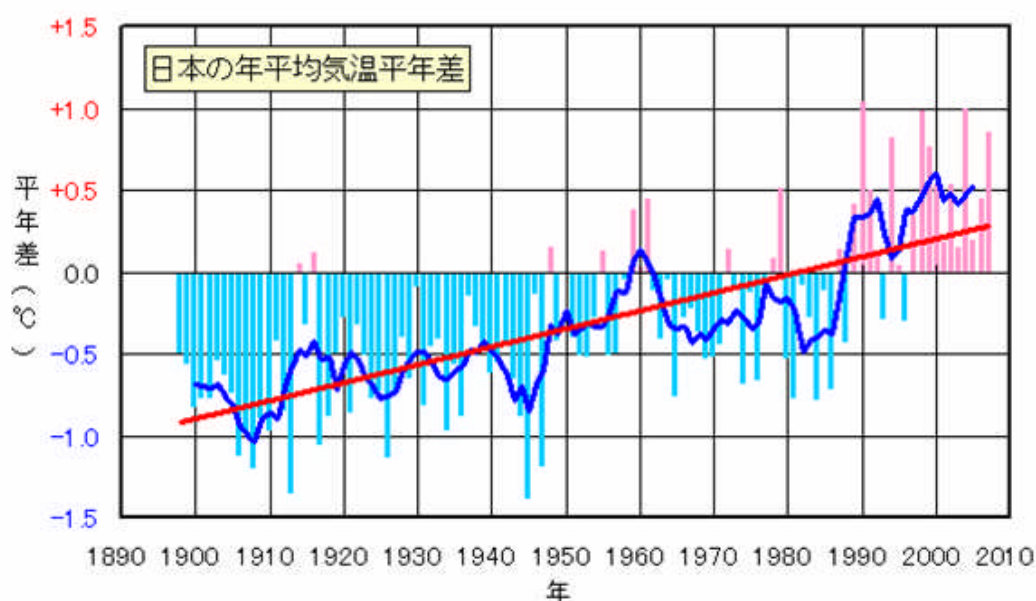


図 2.3 日本における年平均気温の経年変化（気象庁資料）

棒グラフ（青）は各年の平均気温の平年差、折れ線（青）は平年差の 5 年移動平均、直線（赤）は長期的傾向を示している。平年値は、1971～2000 年の 30 年間平均値

2.2 埼玉県的气候変動

2.2.1 気温・湿度の変動

2.2.1.1 熊谷气象台及び旧秩父測候所のデータによる長期的な傾向

埼玉県内で最も長期間気温等の気象観測が行われているのは熊谷气象台である。1897 年以降、100 年以上にわたり気温、湿度、降水量等の気象観測が続けられている。また旧 秩父測候所（現 秩父特別地域気象観測所）も 1926 年以降 80 年以上にわたり観測が続けられている。この長期間気象観測が行われてきた地点のデータを基に埼玉県の気温と湿度の変動をまとめた。

図 2.4 は熊谷气象台及び旧秩父測候所の年平均気温の推移を示したものである。熊谷气象台、旧秩父測候所ともに気温は上昇傾向にあり、100 年あたりに換算すると熊谷气象台では 1.93℃、旧秩父測候所では 1.3℃上昇している。これは、日本全体の気温上昇率（100 年あたり 1.1℃）より何れも高い。また、図 2.5 は熊谷气象台における年平均気温の前後 5 年計 10 年の移動平均の推移を示したものであるが、熊谷气象台における平均気温の上昇傾向は直線的ではなく、特に 1980 年代以降急速に気温が上昇していることが分かる。

このような熊谷气象台や旧秩父測候所の急激な気温上昇は全てが地球規模の温暖化によるものではないと考えられる。特に熊谷气象台周辺は、この間、急速に都市化が進み、都市化による気温上昇、すなわちヒートアイランド現象が顕在化してきた。ヒートアイランド現象による気温上昇と地球規模の温暖化を明確に分離することは困難であるが、ヒートアイランド現象が発生しにくい山間部に位置する旧秩父測候所も同様に気温が上昇していることを考えると、地球規模の温暖化による気温上昇も大きいと思われる。また、ヒートアイランド現象も地表面のアスファルト化やコンクリート化、自動車や空調設備からの人工排熱の増加など、人間活動に起因した現象であり、地球規模の温暖化と本質的には変わらない現象である。

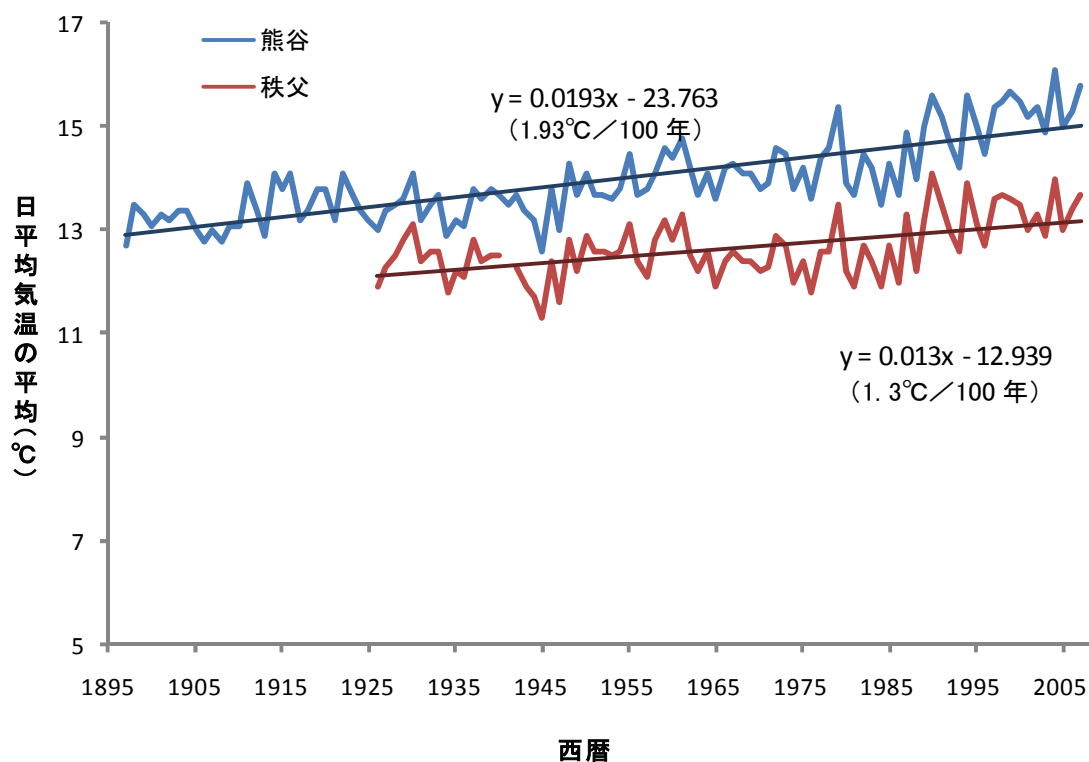


図 2.4 熊谷気象台・旧秩父測候所の日平均気温の年平均値の推移

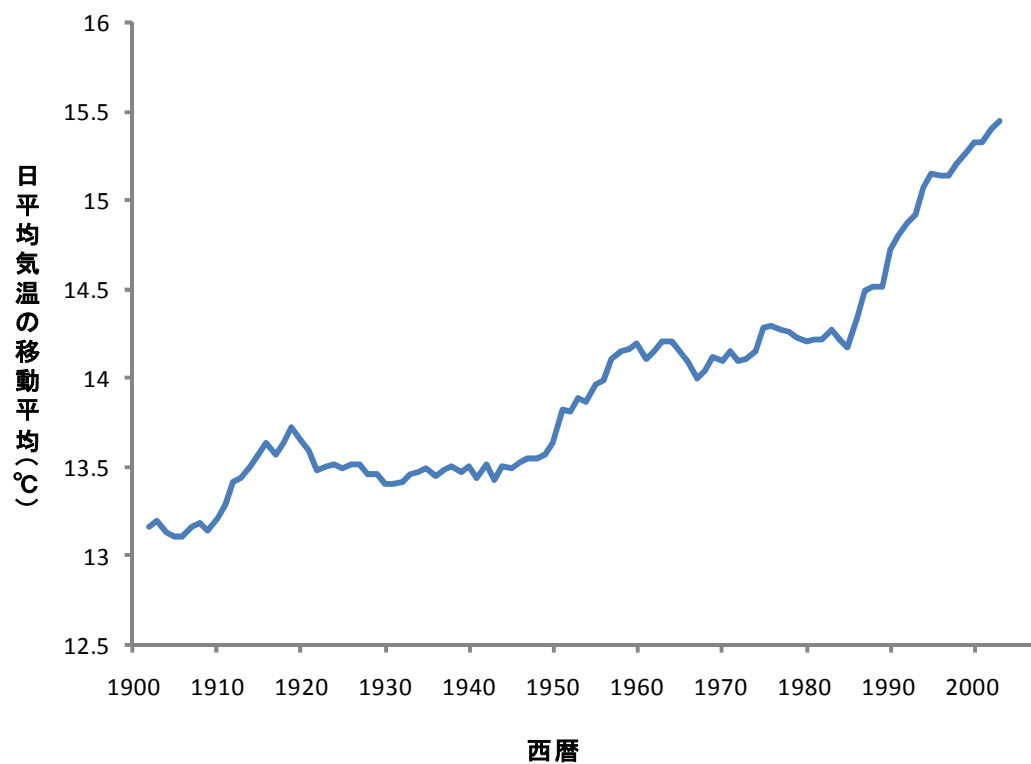


図 2.5 熊谷気象台の年平均気温の前後 5 年計 10 年の移動平均値の推移

熊谷気象台及び旧秩父測候所の日最高気温の年平均値及び、日最低気温の年平均値の推移を図 2.6、図 2.7 に示した。最高気温、最低気温ともに、両観測局で上昇傾向を示した。特に、長期的には最低気温の上昇率が最高気温に比べ高く、100 年に換算すると、熊谷気象台では 2.16℃、旧秩父測候所でも 1.54℃ 高くなっていた。

熊谷気象台及び旧秩父測候所の夏日日数、真夏日日数、冬日日数の推移を図 2.8～図 2.10 に示した。夏日日数、真夏日日数ともに 1980 年代までは大きな変化は見られないが、1990 年代以降増加傾向となり、特に熊谷気象台の真夏日は、1980 年代は年平均 46 日だったが、2000 年以降年平均 64 日と急激に増加している。また、冬日日数は期間を通して減少傾向にあるが、特に 1990 年以降目立って冬日が減少しており、熊谷気象台の冬日日数は、1980 年代は年平均 60 日だったのが、2000 年代は年平均 45 日と大幅に減少している。

熊谷気象台及び旧秩父測候所の相対湿度の年平均値の推移を図 2.11 に示した。相対湿度は両観測局ともに減少傾向で、100 年当りに換算すると、熊谷気象台では 11.8%、旧秩父測候所では 4.4%減少していた。また、相対湿度は、大気中の水蒸気量をその時点の飽和水蒸気量で割ったものとして定義されているが、飽和水蒸気量は温度に依存するため、相対湿度はその時点の大気中の水蒸気量を直接反映したものではない。そこで、各年の平均気温から飽和水蒸気量を算出し、各年の平均水蒸気量を推定した(図 2.12)。その結果、熊谷気象台の平均水蒸気量は 100 年当りに換算すると約 5%減少していたが、旧秩父測候所はほぼ横ばいに推移していた。

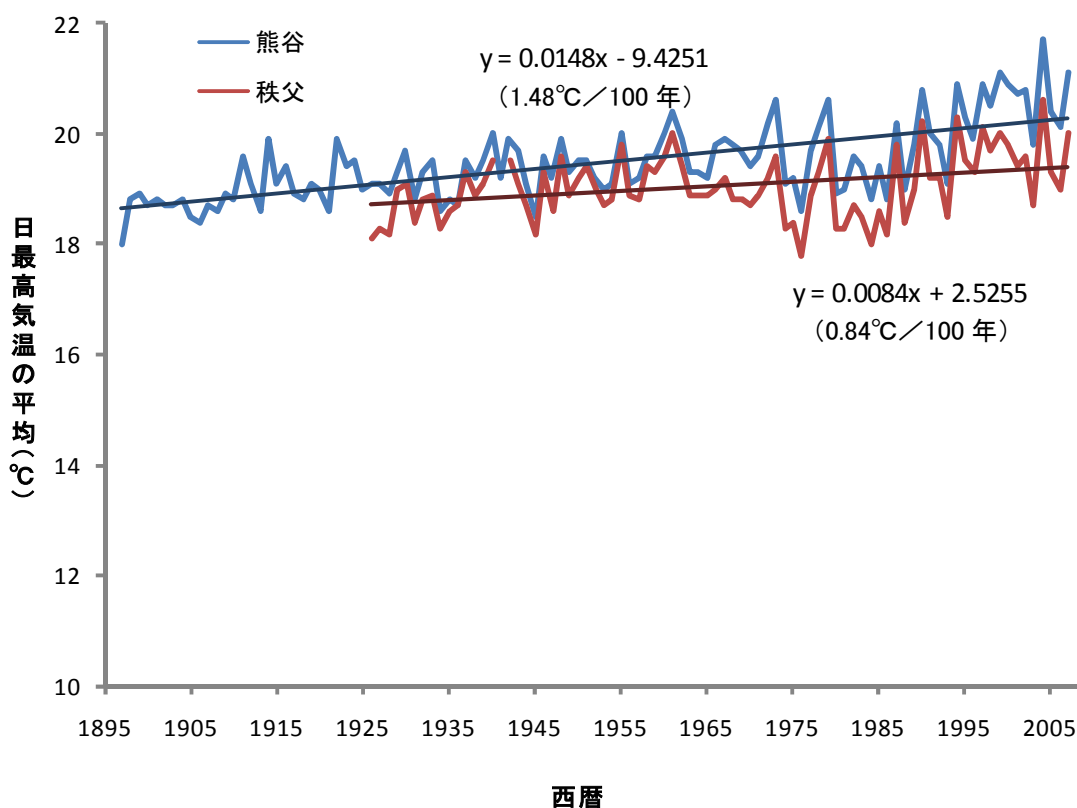


図 2.6 熊谷気象台・旧秩父測候所の日最高気温の年平均値の推移

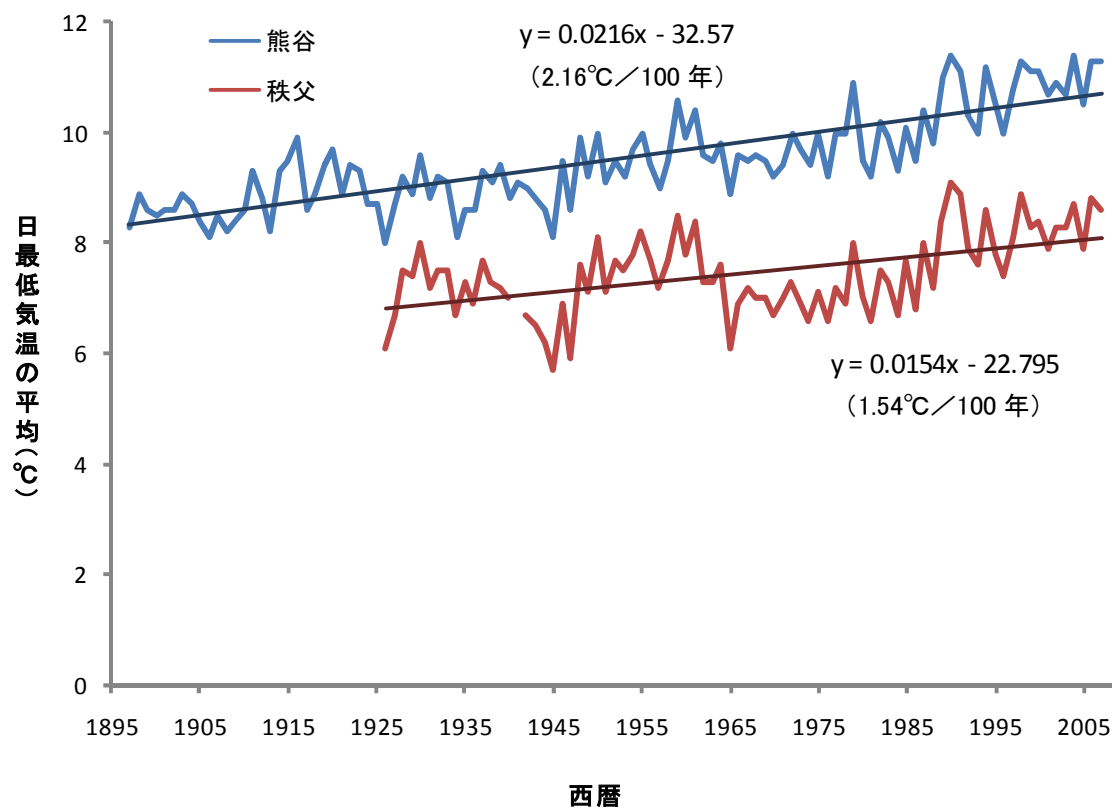


図 2.7 熊谷気象台・旧秩父測候所の日最低気温の年平均値の推移

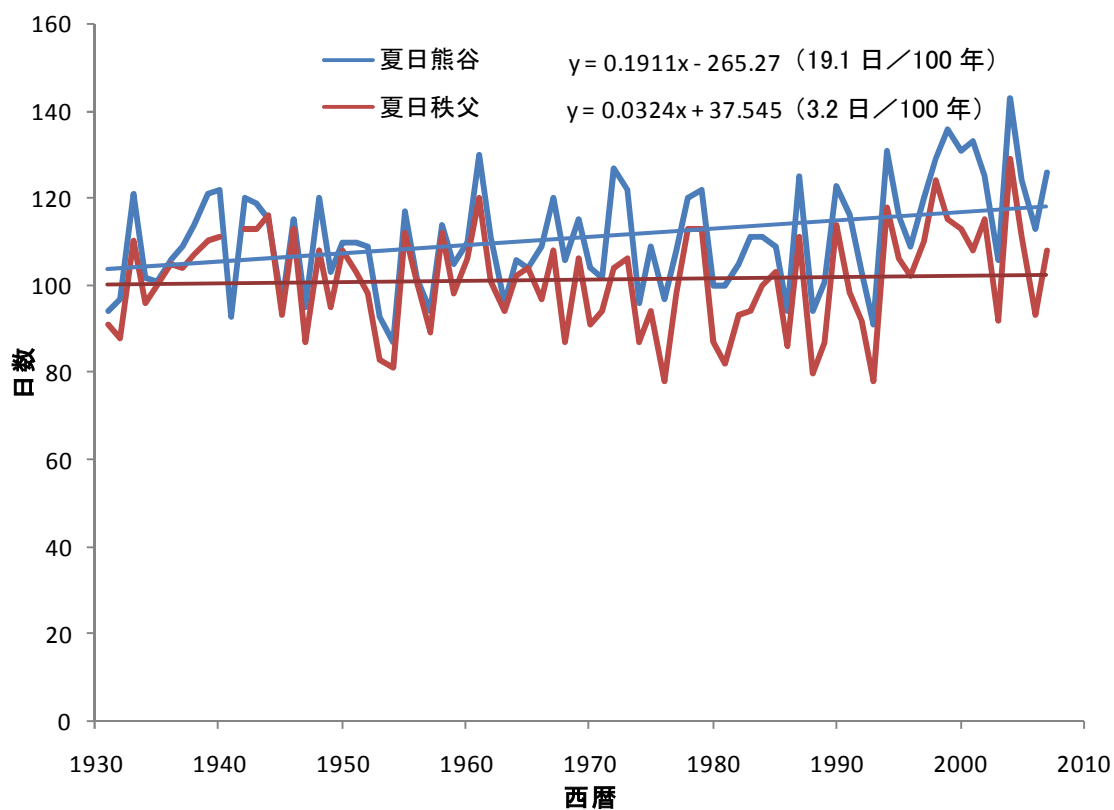


図 2.8 熊谷気象台・旧秩父測候所の夏日日数の推移

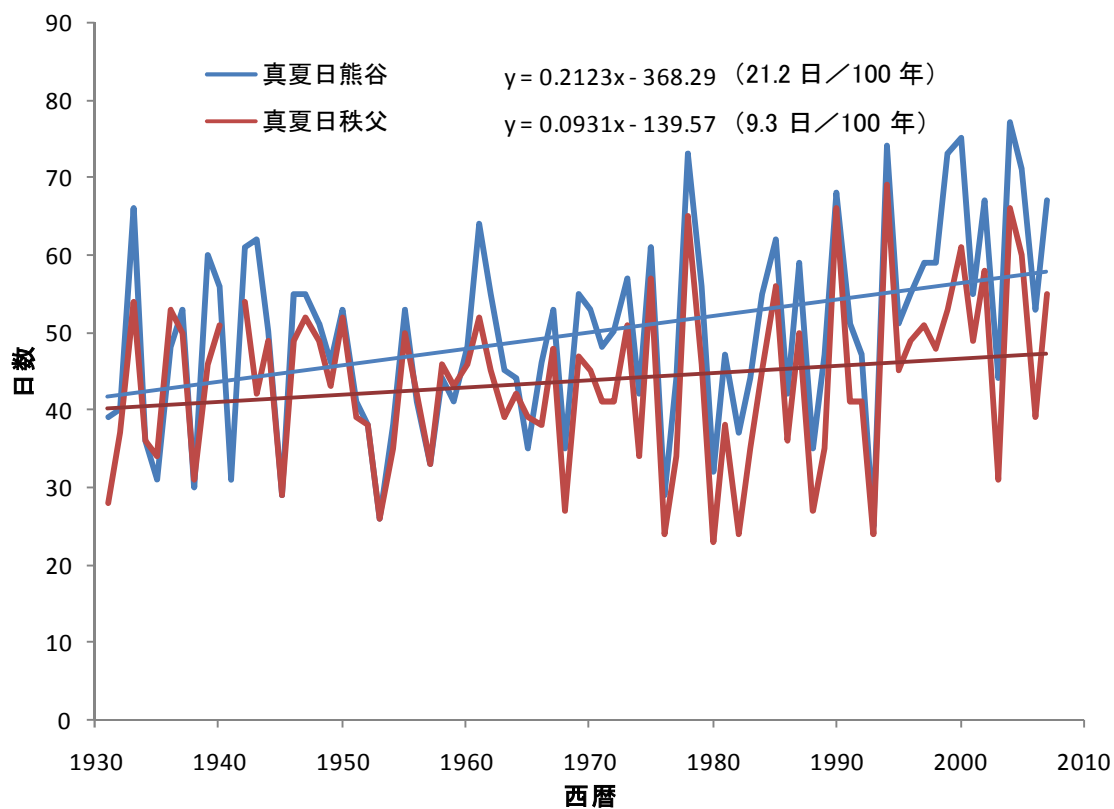


図 2.9 熊谷気象台・旧秩父測候所の真夏日日数の推移

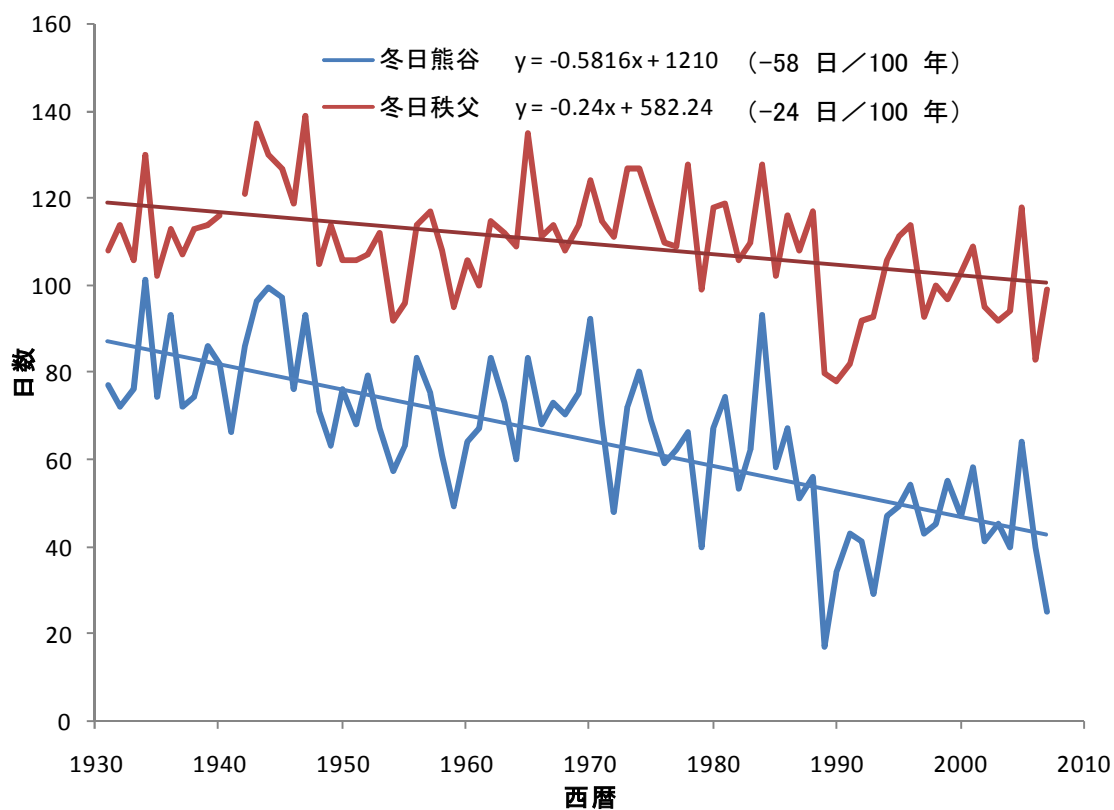


図 2.10 熊谷気象台・旧秩父測候所の冬日日数の推移

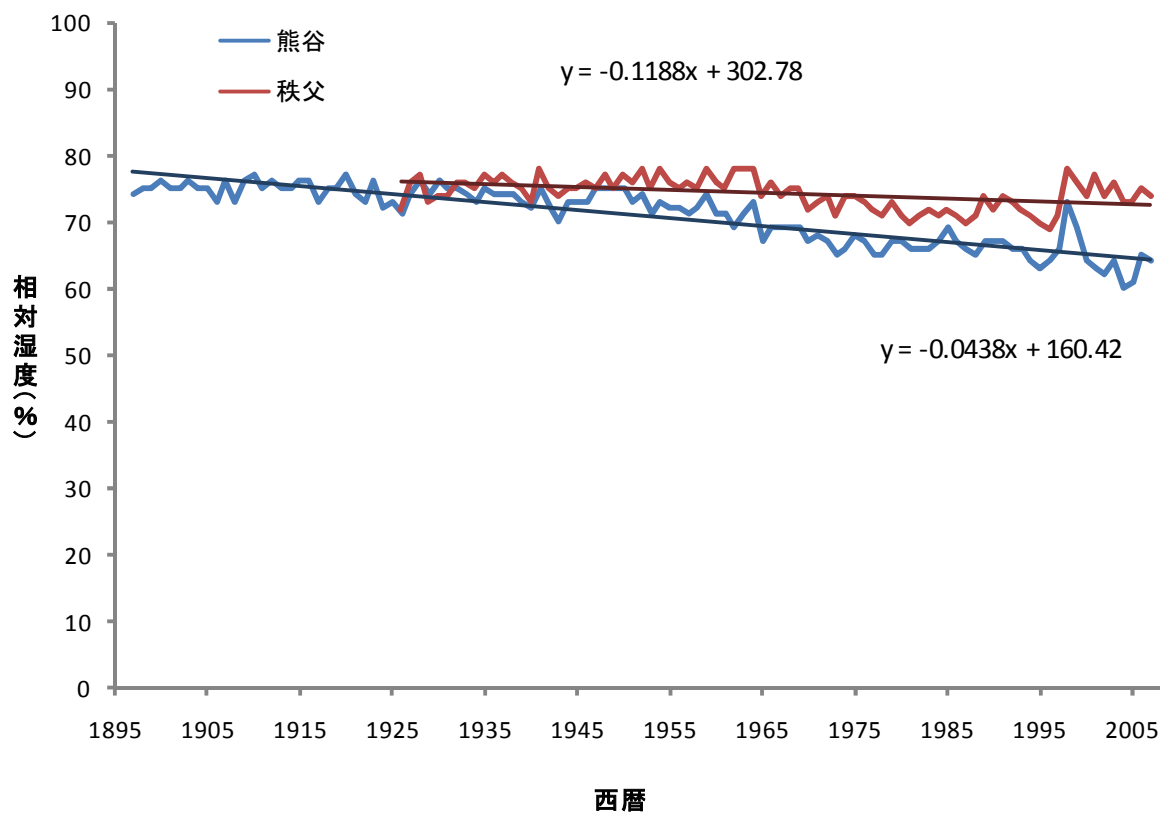


図 2.11 熊谷気象台・旧秩父測候所の相対湿度の推移

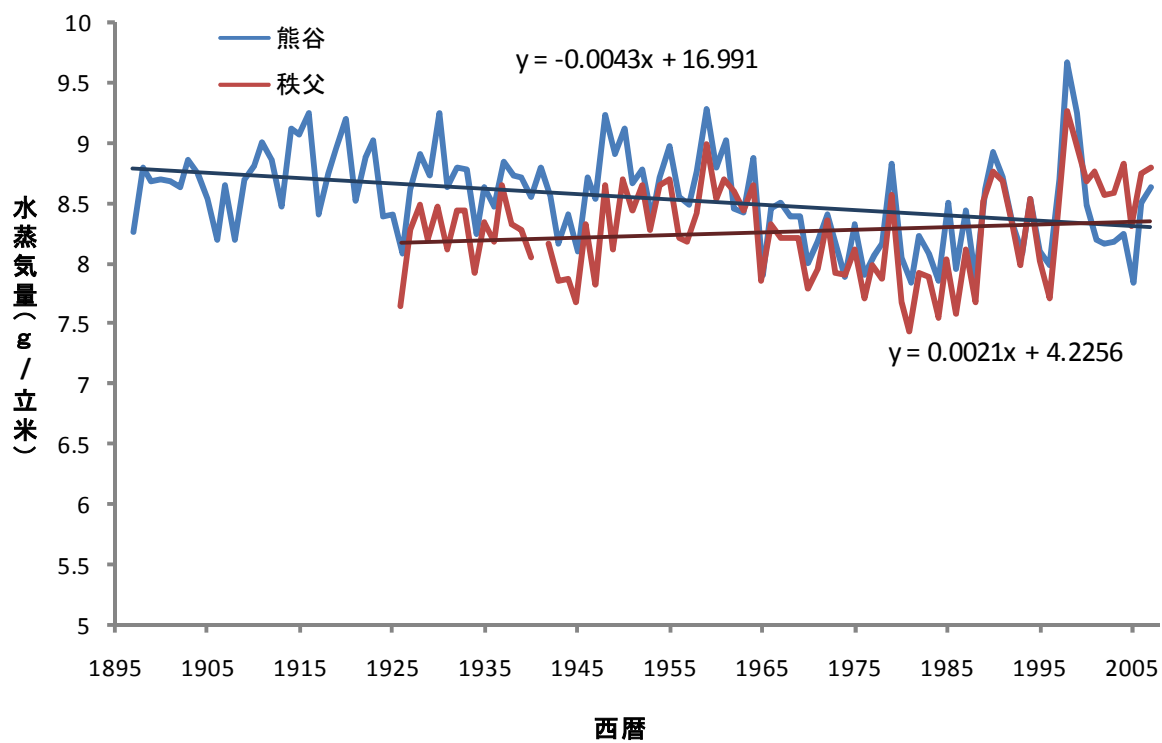


図 2.12 熊谷気象台・旧秩父測候所の水蒸気量の推移

2.2.1.2 アメダスデータによる中・短期的傾向

アメダス（AMeDAS：Automated Meteorological Data Acquisition System）は、概ね 20km 四方に 1 カ所設置された気象庁の地域気象観測システムで全国約 1300 カ所に置かれている。1970 年代末に本格的な運用がスタートし、概ね 100km 間隔で配置された気象官署に比べより密度の高い気象観測が行われている。埼玉県では 13 カ所にアメダスが設置されているが、そのうち気温観測を行っているのは 6 カ所である。

アメダスは気象官署に比べ観測期間は短く運用開始後 30 年弱であるが、空間密度の高い気象観測システムであり、地域による気温変動等の違いを詳細に見ることが出来る。そこで、埼玉県及びその周辺のアメダスデータについて 20 年以上有効なデータのある地点を抽出し（表 2.1）、気温や降水量などの経年変化をまとめた。

表 2.1 集計に利用したアメダス調査地点
（関東甲信地域から 20 年以上有効データがある地点を抽出し集計）

都県名	集計に使用したアメダス地点数
栃木県	13
東京都	7
長野県	27
千葉県	12
神奈川県	4
山梨県	9
埼玉県	8
群馬県	12
茨城県	12
関東甲信合計	104

年平均気温の推移を見ると（図 2.13、2.14）、年次変動が大きいですが、長期的には各局、各都県いずれも上昇傾向にあり、関東甲信平均では、100 年に換算すると 3.98℃上昇していることが分かる。

日最高気温及び日最低気温の都県別年平均値の推移を図 2.15、図 2.16 に示した。いずれも平均気温同様、長期的には上昇傾向にあり、関東甲信平均では、100 年に換算すると最高気温は 4.5℃、最低気温は 3.7℃上昇しており、やや最高気温の上昇率が高いことが分かる。

また、関東甲信の中で、埼玉県の平均気温及び最低気温は、神奈川県、千葉県、東京都に次いで 4 番目に高かったが、最高気温では、神奈川県、千葉県とほぼ同等に最も高く、埼玉県は、平均気温の割に最高気温が高くなる傾向が伺われた。

夏日日数、真夏日日数、猛暑日日数、熱帯夜日数、冬日日数の都県別の推移を図 2.17～図 2.21 に示した。年次変動が極めて大きいですが、長期的に見ると、夏日日数、真夏日日数、猛暑日日数、熱帯夜日数は、ほぼ平均気温や最高気温の推移と連動し、増加傾向にあった。しかし、冬日日数については関東甲信全体では熊谷気象台のような明確な減少傾向は確認できなかった。

また、関東甲信の中で、埼玉県の夏日日数、真夏日日数、猛暑日日数は最も多く、最高気温の推移と同様、最高気温が特に高くなりやすい傾向がここでも伺われた。

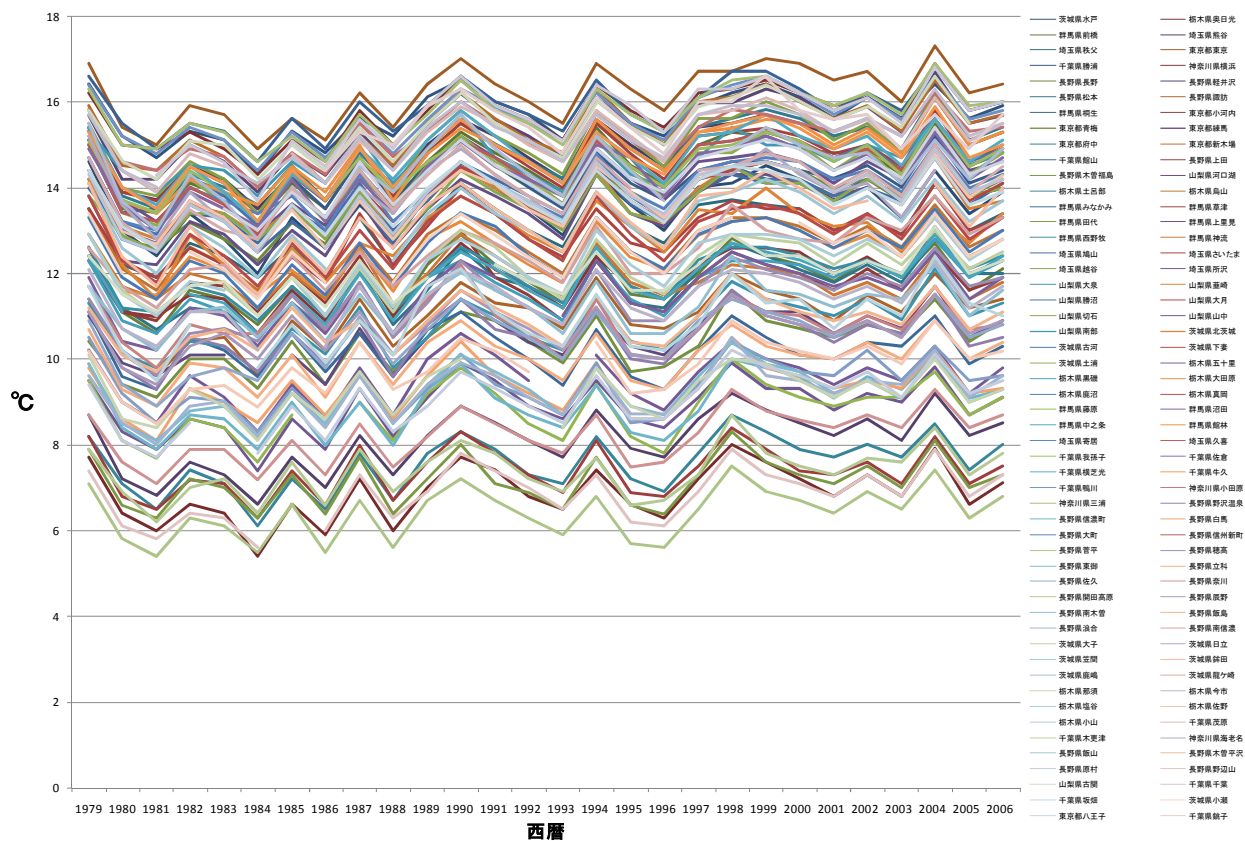


図 2.13 アメダス観測局別年平均値の推移

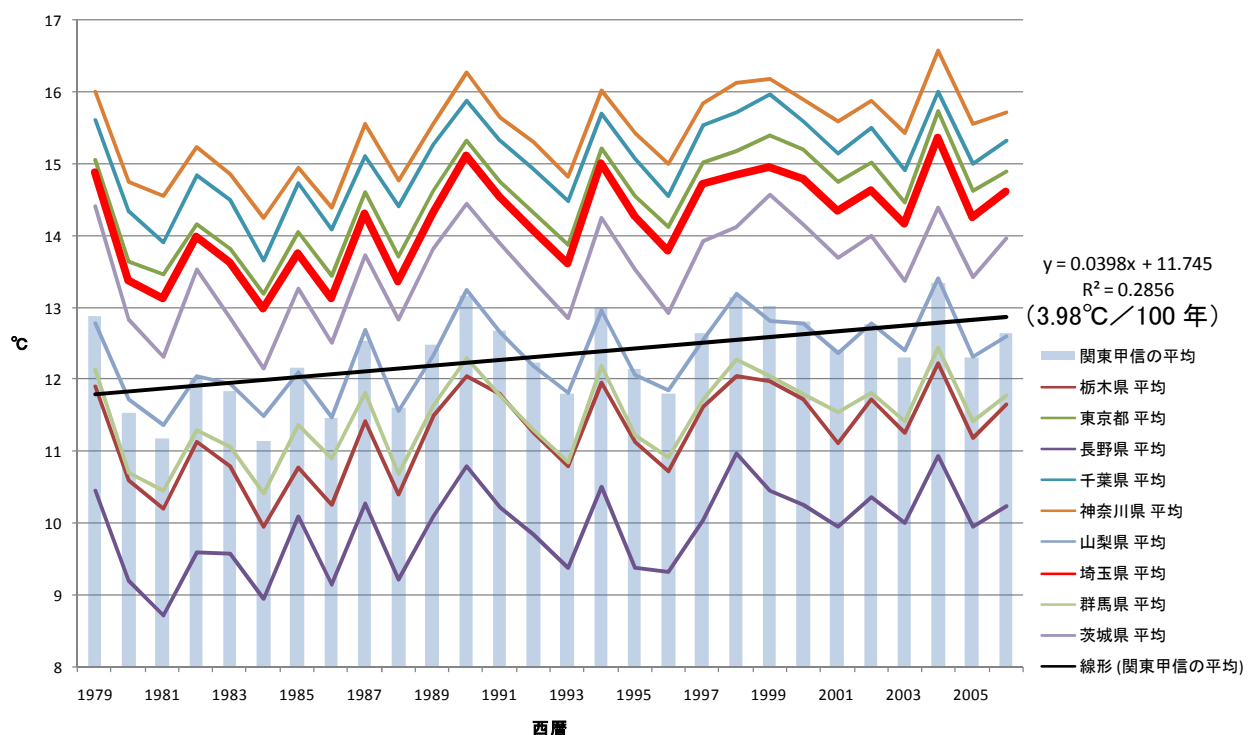


図 2.14 アメダス観測局都県別年平均値の推移

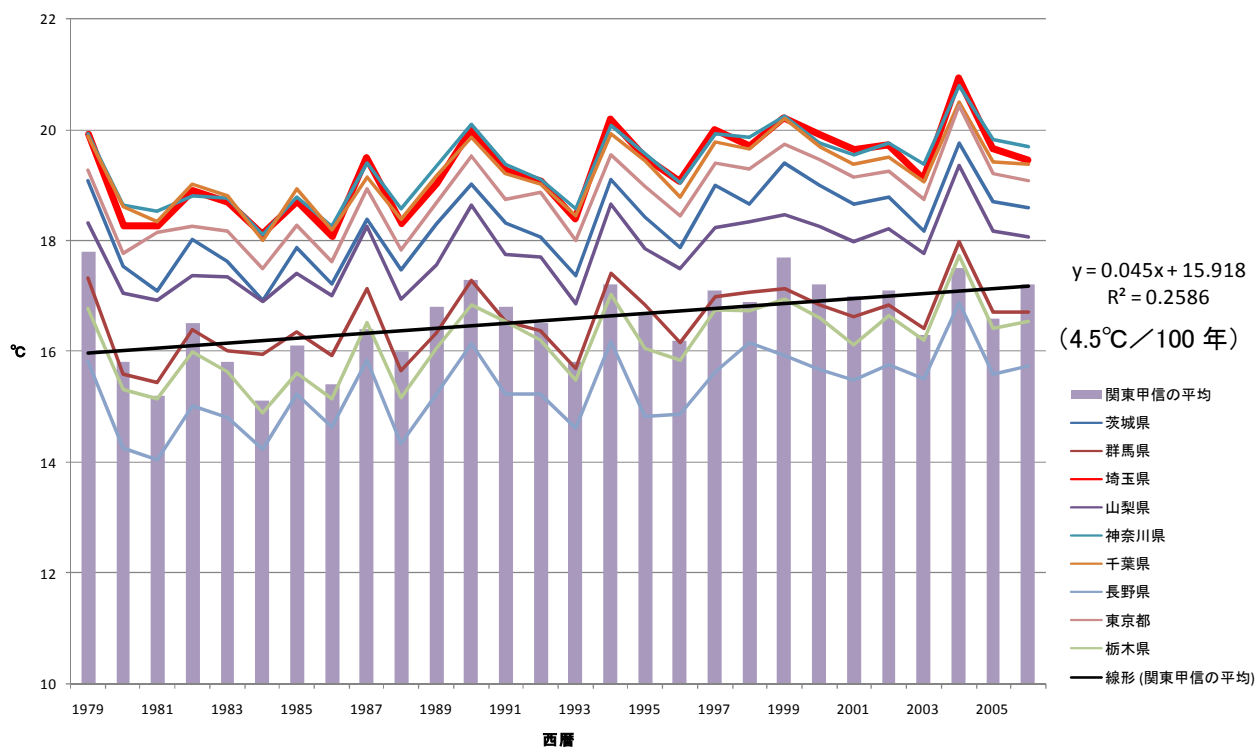


図 2.15 アメダス観測局日最高気温の都県別年平均値の推移

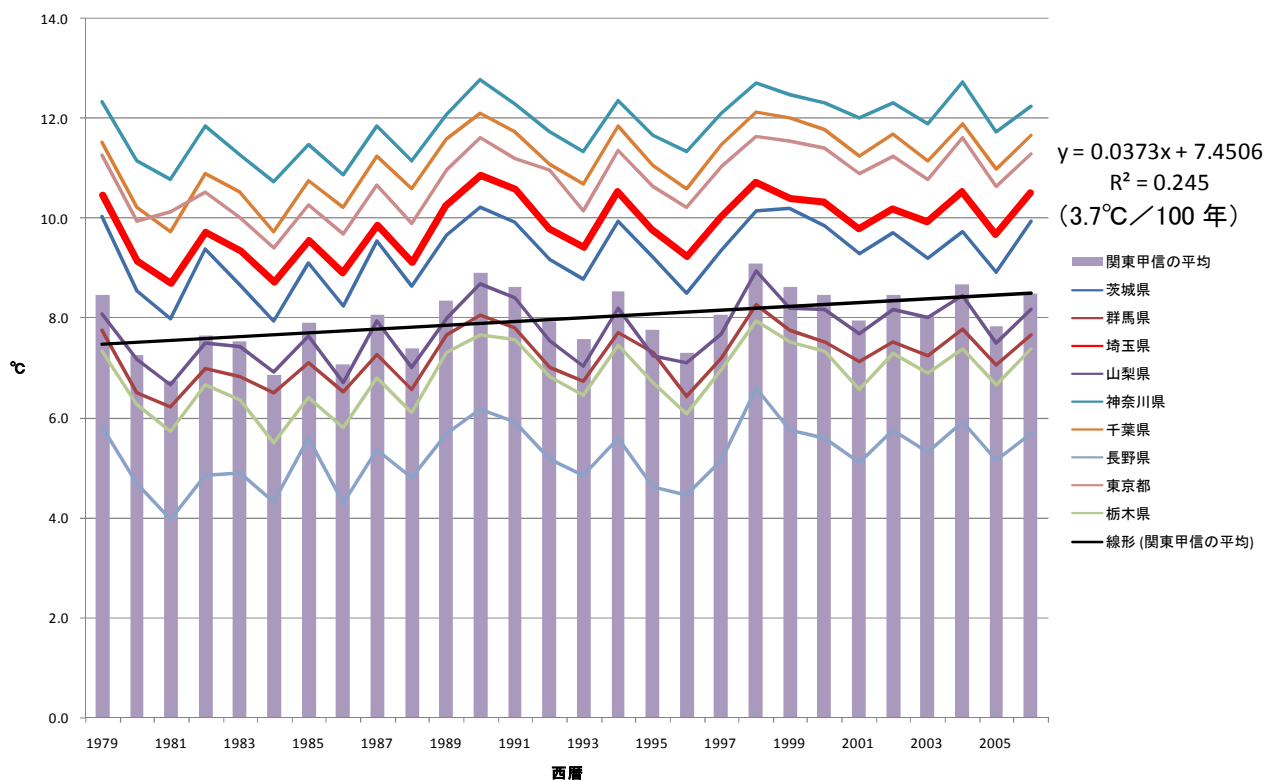


図 2.16 アメダス観測局日最低気温の都県別年平均値の推移

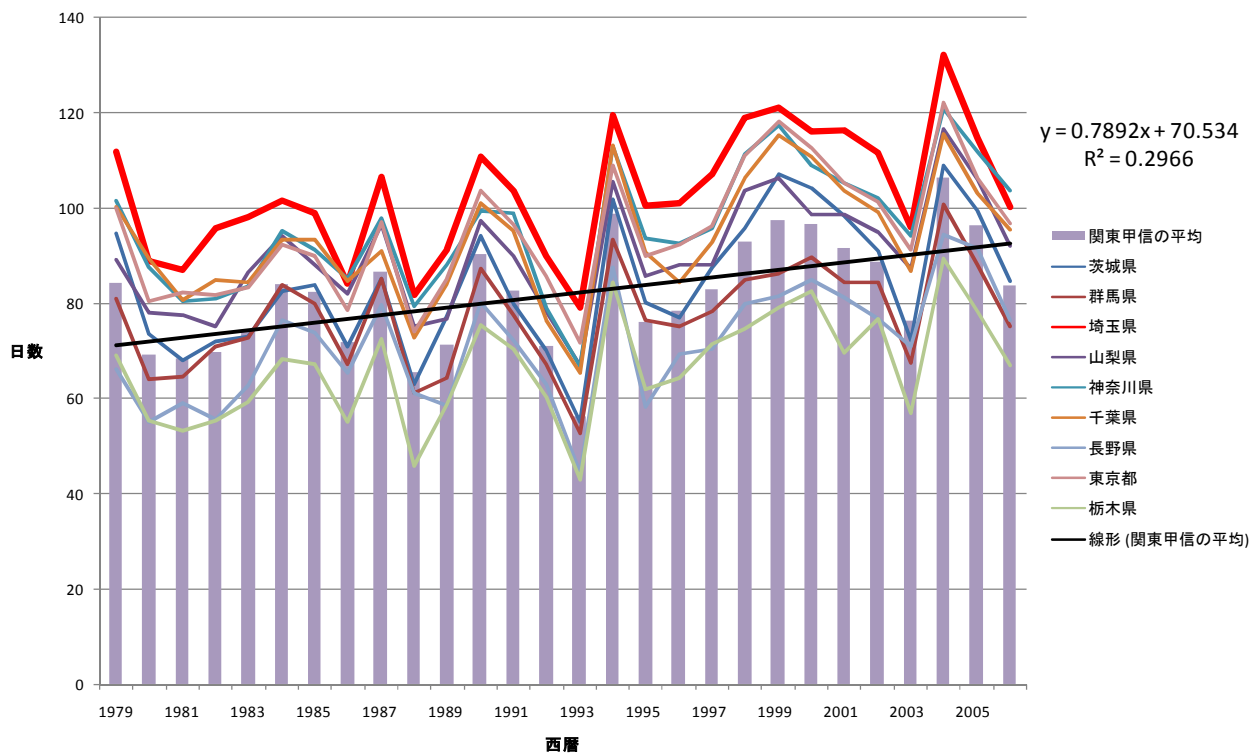


図 2.17 アメダス観測局日最高気温 25℃以上の日数（夏日日数）の都県別年平均値の推移

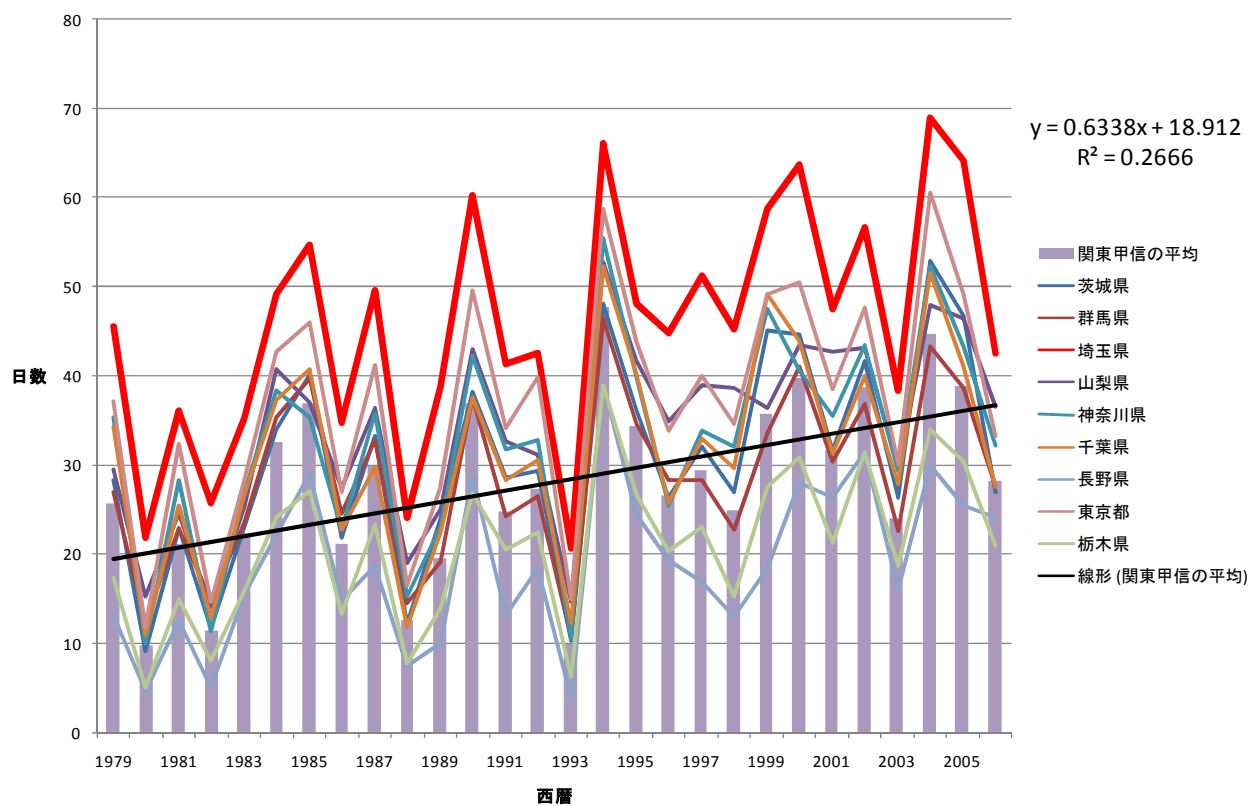


図 2.18 アメダス観測局日最高気温 30℃以上の日数（真夏日日数）の都県別年平均値の推移

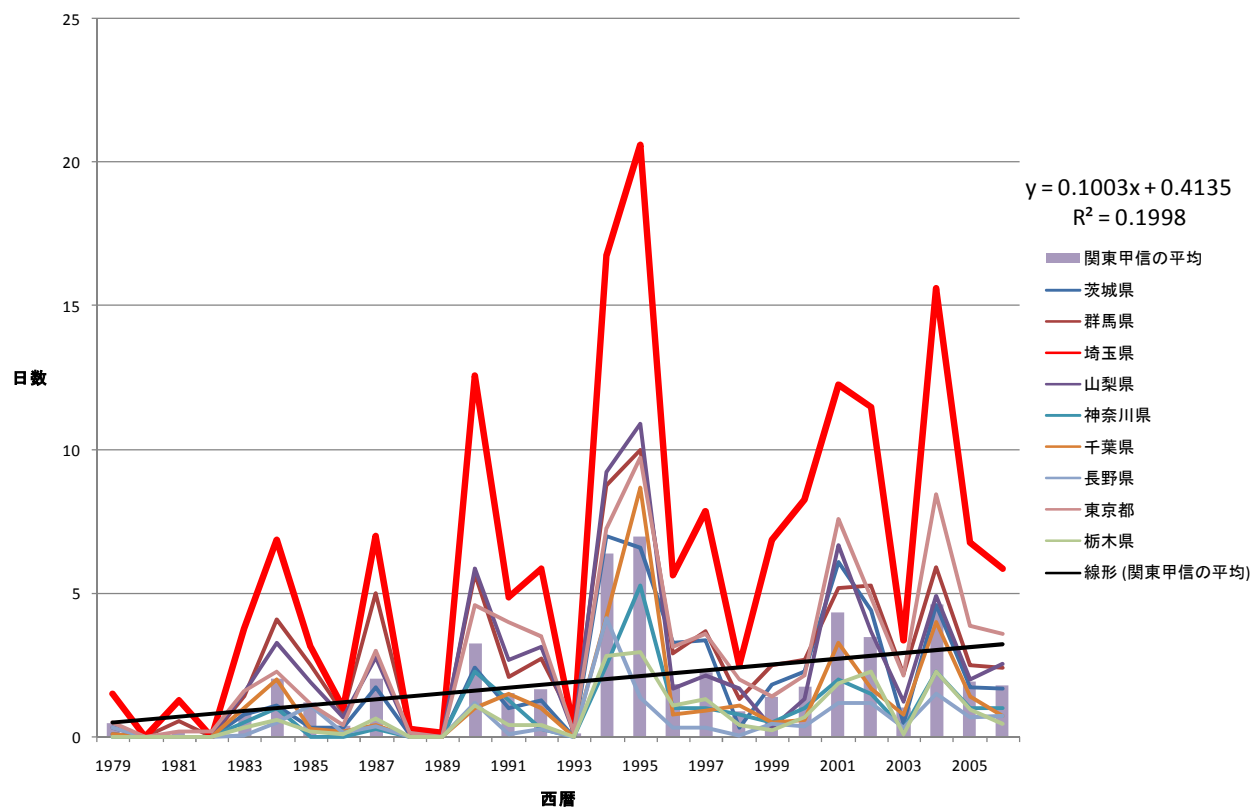


図 2.19 アメダス観測局日最高気温 35℃以上の日数（猛暑日日数）の都県別年平均値の推移

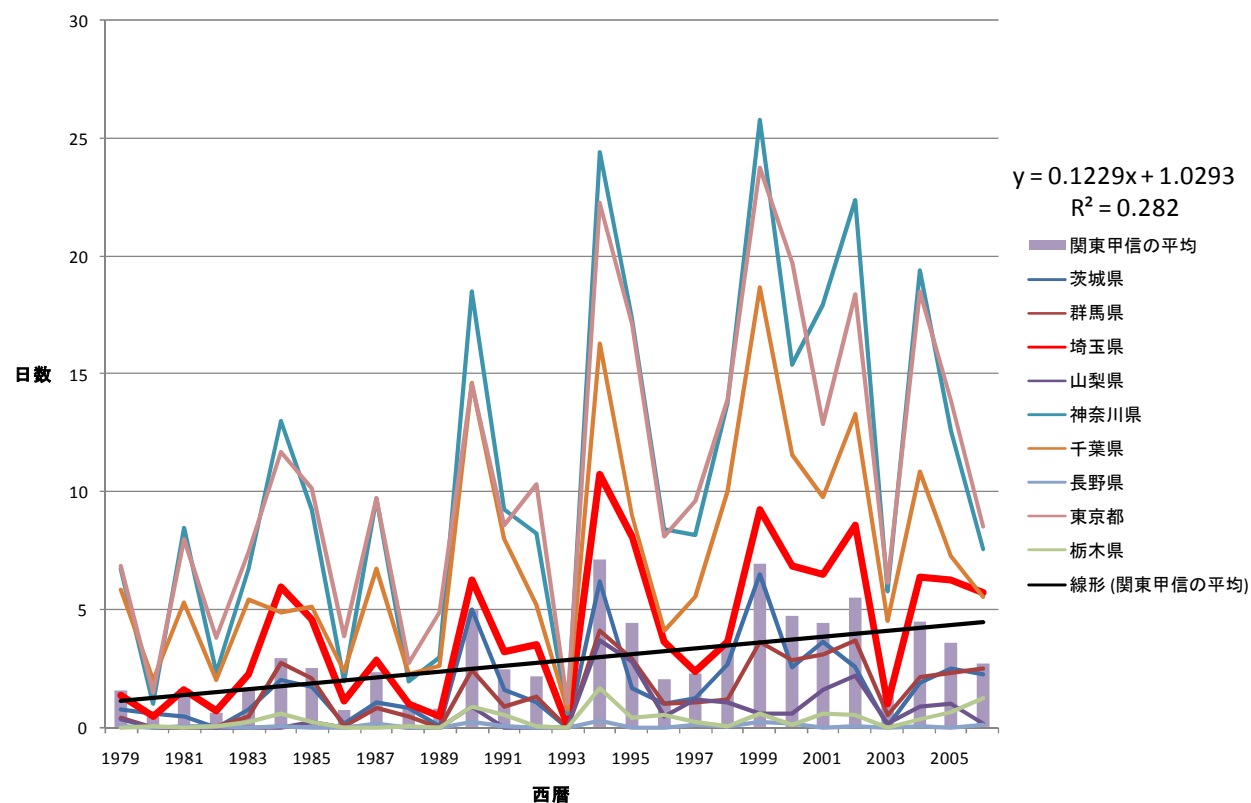


図 2.20 アメダス観測局日最低気温 25℃以上の日数（熱帯夜日数）の都県別の推移

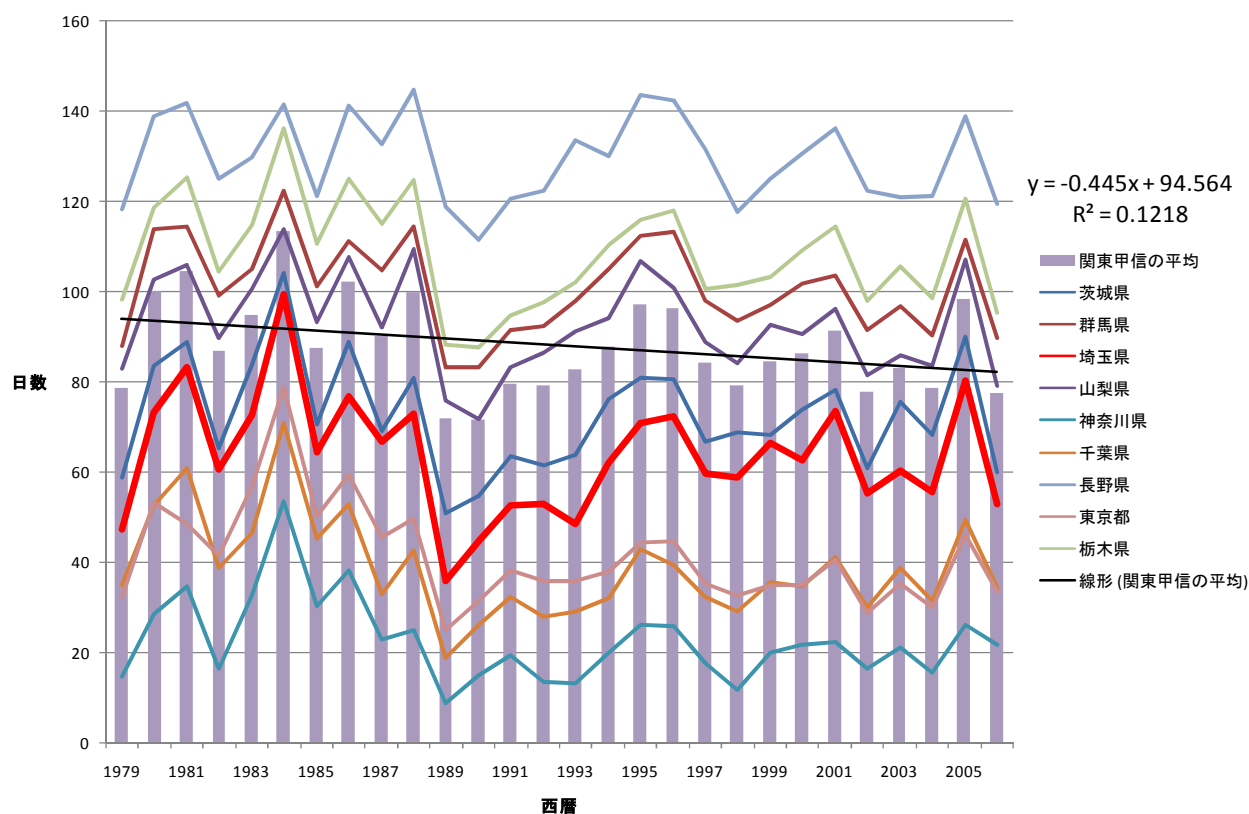


図 2.21 アメダス観測局日最低気温 0℃未満の日数（冬日日数）の都県別推移

各アメダス観測局気温データを基に、1980年代（1980年～1989年）、1990年代（1990年～1999年）、2000年代（2000年～2006年）の日最高気温の年代別平均気温を算出し、クリギング法による内挿を行い、関東甲信地域の気温分布図を作成した（図 2.22）。各図は同一の温度範囲で作成しているが、年代の経過とともに最高気温は上昇し赤色が濃くなっていることが分かる。また、上昇幅を知るため、2000年代の気温から1980年代の気温を減じ、得られた差の分布図を作成した（図 2.23）。埼玉県内のアメダス観測局では0.9℃～1.4℃上昇しており、隣接する観測局もほぼ同様の結果であったが、中には0.7℃低下している観測局も見られた。

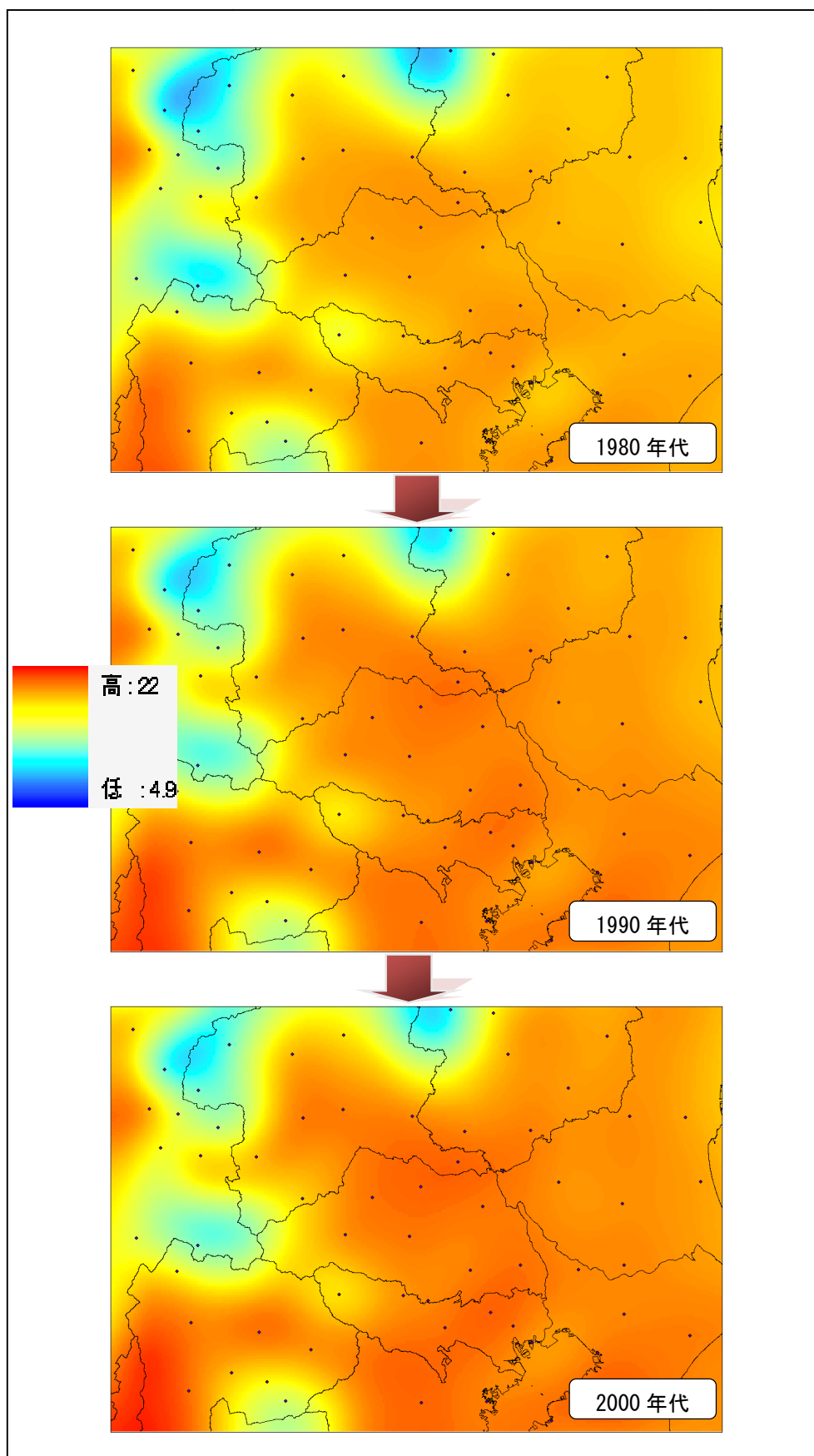


図 2.22 アメダス観測局日最高気温年平均値の年代別面的推移

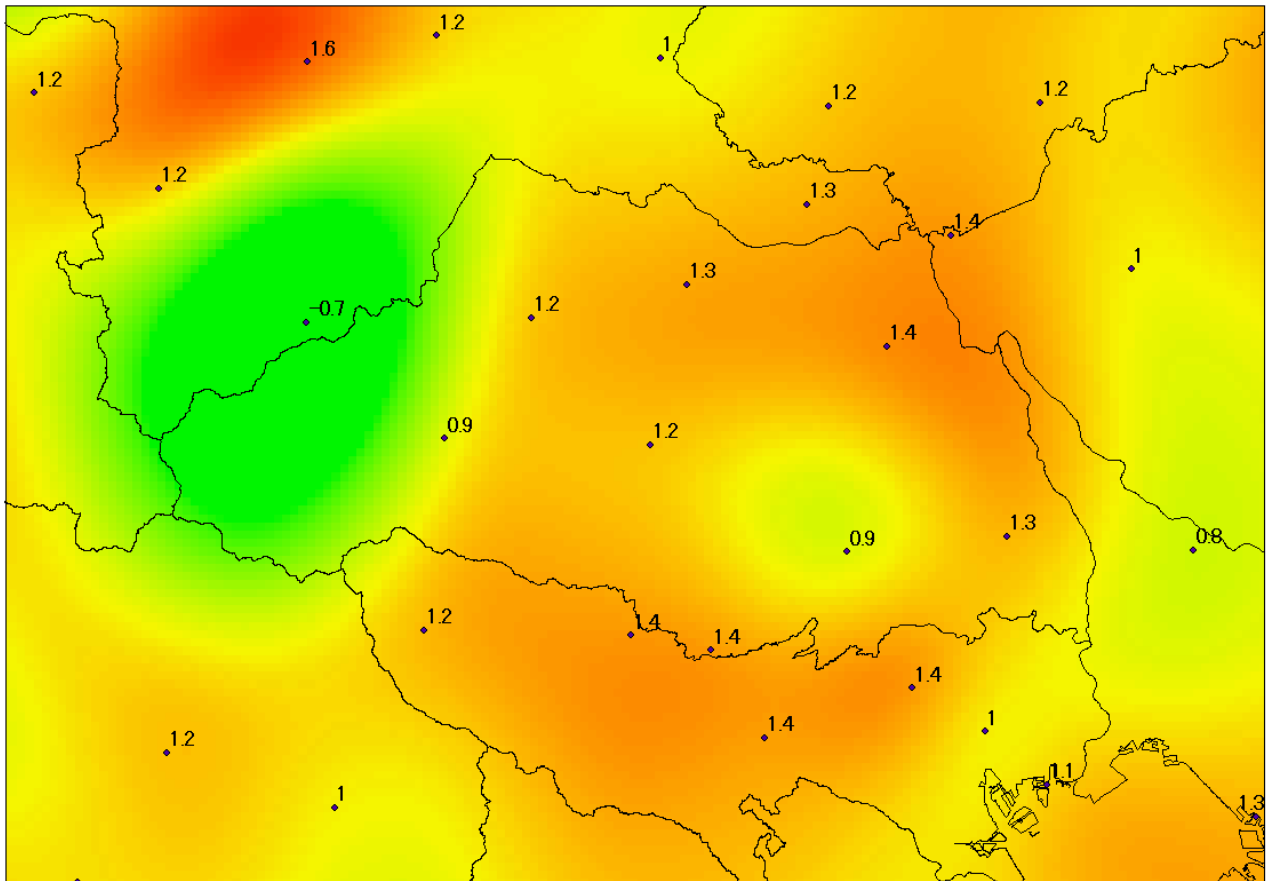


図 2.23 アメダス観測局日最高気温年平均値の年代間の差
(2000 年代平均値から 1980 年代平均値を減じた差)

2.2.2 降水量の推移

長期的な降水量観測記録のある、熊谷气象台及び旧秩父測候所の降水量の推移を図 2.24 に示した。熊谷气象台・旧秩父測候所ともに年による変動が大きく、最も降水量が多かったのは旧秩父測候所における 1928 年の 2441mm で、最も降水量が少なかったのは熊谷气象台における 1984 年の 713mm であった。長期的な傾向は明瞭では無いが、1990 年ごろまでは熊谷气象台・旧秩父測候所ともに降水量はやや減少傾向にあったが、その後、若干増加傾向に転じている。

1980 年代以降のアメダスにおける都県別の年降水量の推移を図 2.25 に示した。およそ 30 年間の中期間のデータであるが、こちらも年次変動が大きく、関東甲信の平均降水量の最大年と最少年の差は約 1000mm に達している。また、明瞭な増減は認められなかった。

温暖化の影響により豪雨などが増加する可能性が指摘されていることから、日降水量 30mm 以上、70mm 以上、最大 1 時間降水量の年最大値などを指標に、大雨の傾向の推移を図 2.26～図 2.28 に示した。その結果、こちらも降水量と同じように年次による変動が大きく、明瞭な傾向は認められなかった。しかし、最大 1 時間降水量の年最大値では、1980 年代の関東甲信地域の平均値は 31.9mm であったのに対し、1990 年代は 32.3mm、2000 年代は 35.8mm と若干増加傾向にあり、豪雨時の雨量が増加している傾向が若干伺われた。

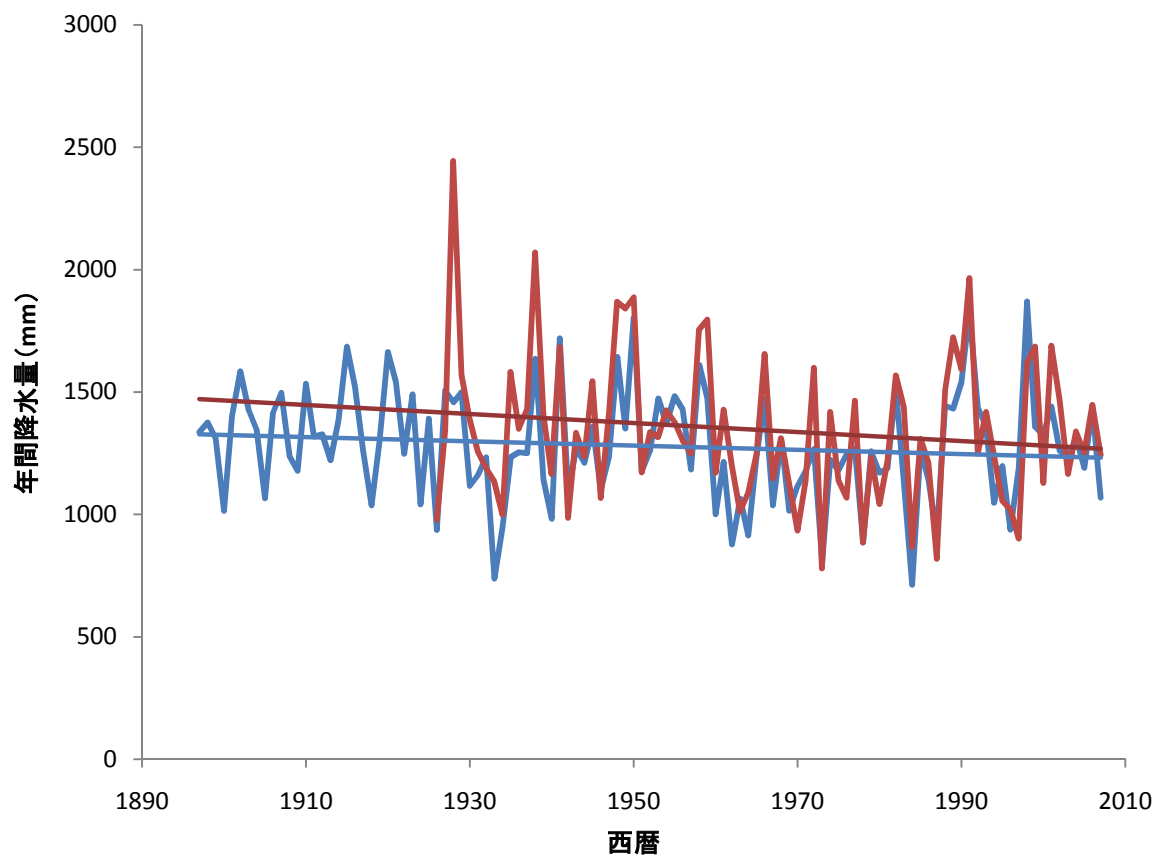


図 2.24 熊谷気象台・旧秩父測候所の年間降水量の推移

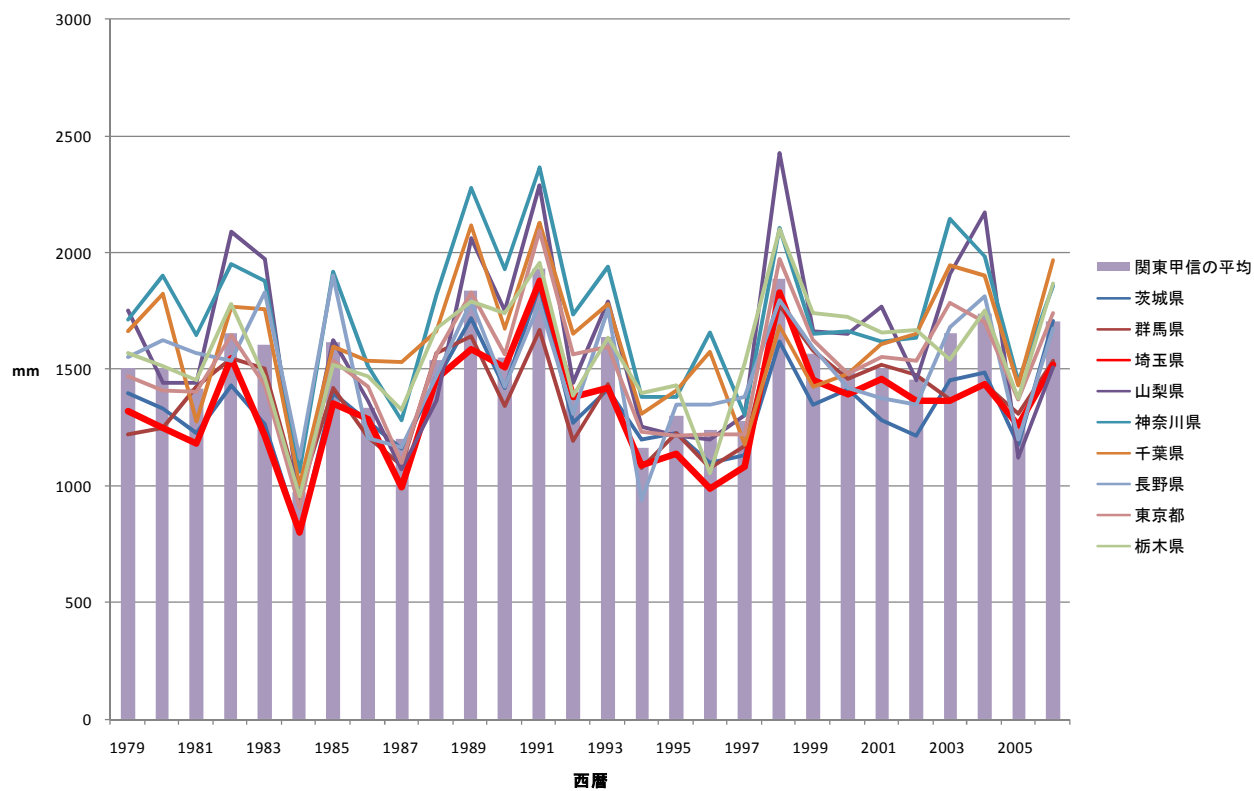


図 2.25 アメダス観測局年間降水量の都県別年平均値の推移

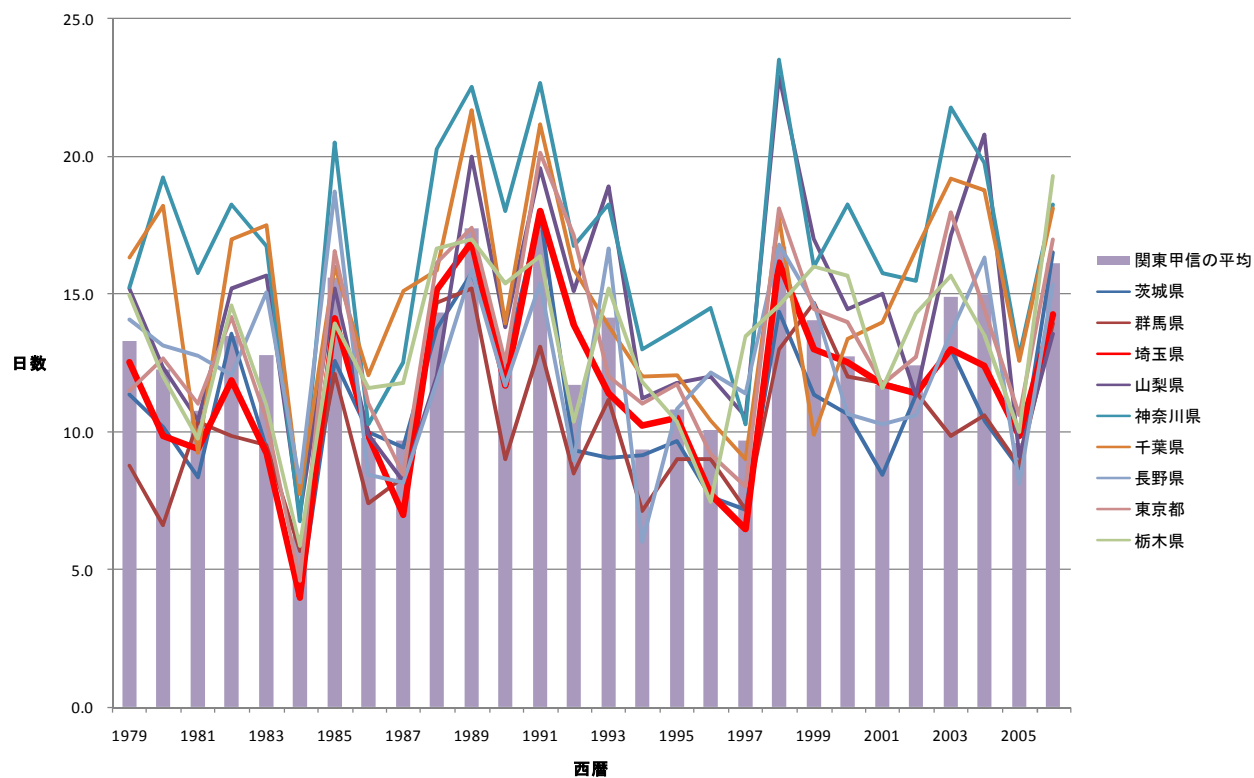


図 2.26 アメダス観測局日降水量 30mm 以上の日の都県別平均値の推移

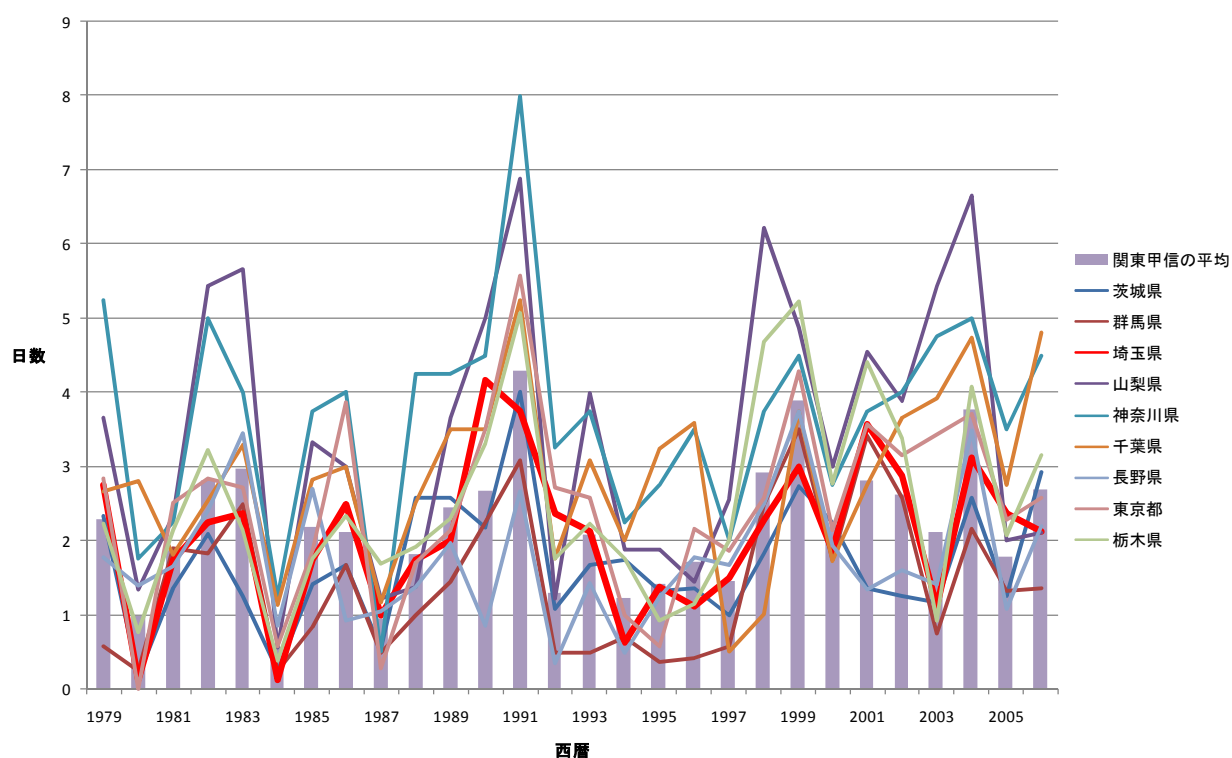


図 2.27 アメダス観測局日降水量 70mm 以上の日の都県別平均値の推移

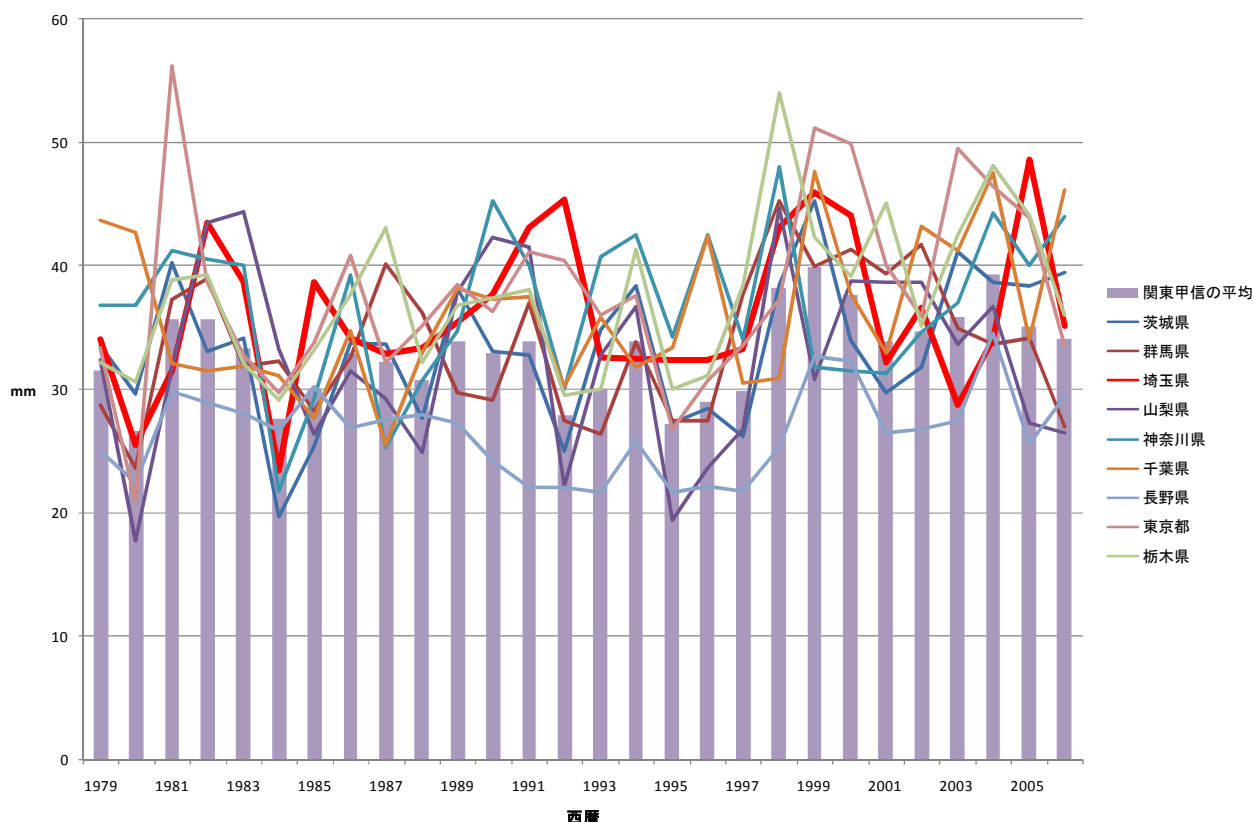


図 2.28 アメダス観測局最大 1 時間降水量の年最大値の都県別平均値の推移

2.3 温暖化の予測

IPCC 第 4 次報告書によると、図 2.1 で示したような世界平均気温の上昇や、雪氷面積の縮小、海面水位の上昇などから、今や地球規模の温暖化は疑う余地がないとしている。特に最近の 12 年（1995～2006 年）は、気温測定が行われて以来、最も温暖な 12 年であり、この温度上昇は地球全体にわたり、とりわけ北半球の高緯度地域や陸域で大きい。この温暖化の原因については、産業革命以降の人間活動による温室効果ガス排出量の増加の可能性がかなり高いとしている。

今後の温暖化の予測についても IPCC 第 4 次報告書では、いくつかの温室効果ガス排出シナリオを想定し検討されており、表 2.2 のとおり、21 世紀末で最大 6.4℃の気温上昇が予測されている。

表 2.2 21 世紀末における世界平均地上気温の昇温予測（IPCC 第 4 次報告書より）

シナリオ	気温変化 (1980～1999 年を基準とした 100 年後の上昇幅 (℃))	
	最良の推定値	可能性の高い予測幅
2000 年の濃度で一定	0.6	0.3-0.9
B1	1.8	1.1-2.9
A1T	2.4	1.4-3.8
B2	2.4	1.4-3.8
A1B	2.8	1.7-4.4
A2	3.4	2.0-5.4
A1FI	4.0	2.4-6.4

2.2.1 で示したとおり、埼玉県でも近年気温上昇が続いており、熊谷気象台では1897年の気温観測開始以降1979年までは、100年当りに換算すると1.43℃の気温上昇に止まっていたが、1980年以降2007年までの気温上昇は、100年当りに換算すると6.54℃となっており上昇速度が加速している(図2.29)。

また、観測期間は短いがより密度の高い観測が行われているアメダスの埼玉県内における測定局8カ所の年平均気温の推移を見ると(図2.30)、1980年から2006年までの気温上昇率は、100年当りに換算すると5.5℃の上昇となっている。

この様に、気象台、アメダスともに埼玉県内の過去25年程度の気温上昇率は極めて高く、IPCCの最も過酷な予測と同等かやや上回るものであることがわかる。また、埼玉県におけるアメダスの夏日、真夏日も、100年当りに換算すると、それぞれ100日及び93日の増加率となっており、今後さらに増加すると予想される。もちろん、このような気温上昇や夏日、真夏日の増加は、地球規模の温暖化だけではなく、前述のとおりヒートアイランド現象による影響も大きいと考えられるが、いずれにしても、埼玉県では後述のとおり、温暖化による健康、農業、自然環境等に対する影響が既に出始めており、今後拡大することが予想される。

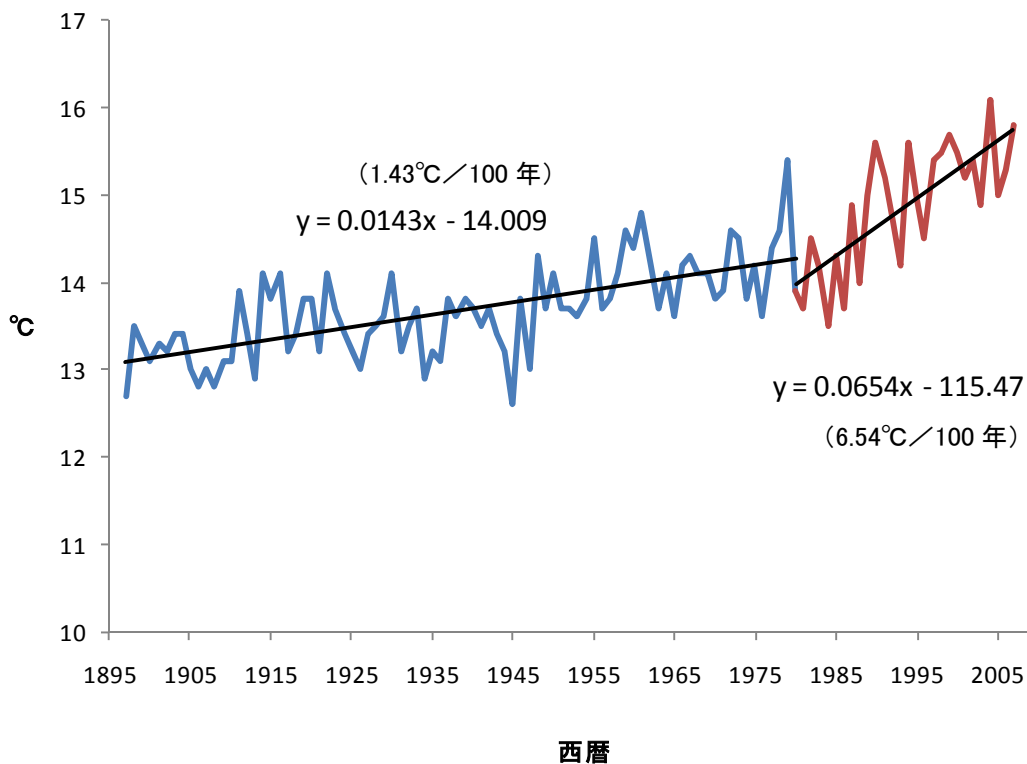


図 2.29 熊谷気象台の年平均気温の時期別推移

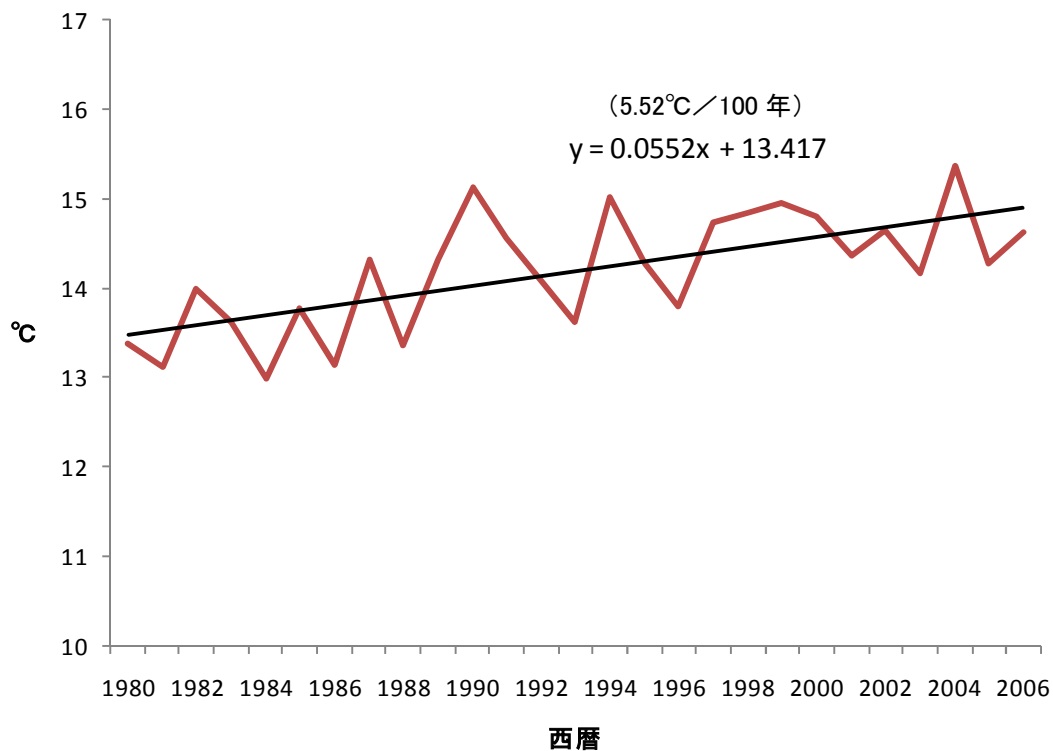


図 2.30 埼玉県内アメダス測定局の年平均気温の推移

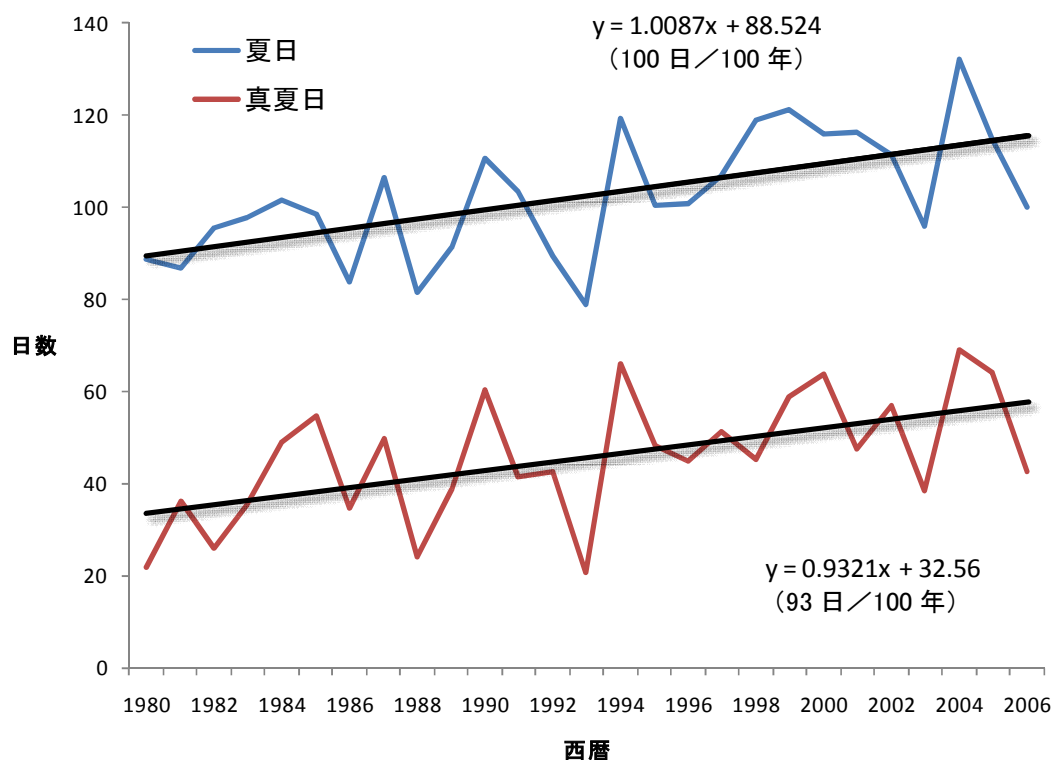


図 2.31 埼玉県内アメダス測定局の夏日・真夏日の推移

参考文献

- ・ 気象庁, 20 世紀の日本の気候 (2002)
- ・ 気象庁訳, IPCC 第 4 次評価報告書 (2008)

コラム 埼玉県におけるヒートアイランド現象の現状

埼玉県では 2006 年から、埼玉県内のヒートアイランド現象を把握するため、県内 50 か所の小学校の百葉箱に温度データロガーを設置し、気温を計測しています。ここでは、記録的な猛暑だった 2007 年の夏季の気温状況についてご紹介します。

図 1 は、小学校の百葉箱 50 地点で計測した日平均気温の月平均値より作成した 7 月と 8 月の気温分布図です。日平均気温の月平均値は、6～9 月の期間を通して県南部～北東部が高温暖傾向にありました。特に、さいたま市～南東部の東京都との県境の地域で気温が高く、8 月の月平均気温は 29℃を超えていました。夏季における県内の測定地点間の気温差は、3～4℃程度でした。また、最低気温の地点間差が最高気温の地点間差に比べ大きい傾向を示していました。夏季の最高気温が 40℃を超えた地点は 21 地点で、その全てが 8 月 16 日に記録していました。

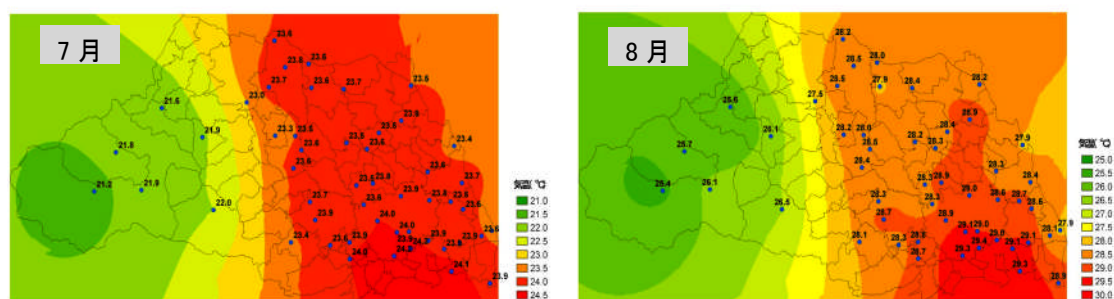


図 1. 2007 年 7 月～8 月の日平均気温の月平均

また、8 月の真夏日（日最高気温が 30℃以上）、猛暑日（日最高気温が 35℃以上）および熱帯夜（夜間の最低気温が 25℃以上）の日数について検討したところ、8 月における真夏日の日数は、22～27 日と埼玉県内における地域による差はあまりありませんでした。一方、猛暑日の日数は、県南部～北東部において多く、西部地域で少ない傾向が認められました（図 2）。

8 月の熱帯夜の日数は、猛暑日日数と同様に地域間で大きな差が認められました。秩父市などの西部地域では熱帯夜になることはほとんどありませんでしたが、さいたま市など南東の地域は熱帯夜の日数が多く、夜間の気温があまり下がっておらず、ヒートアイランド特有の現象が認められました。

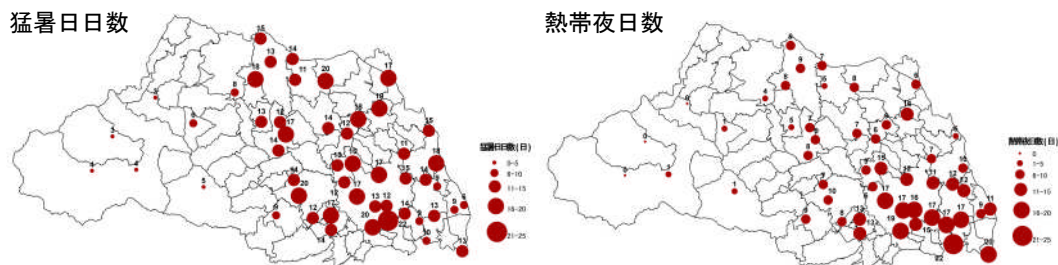


図 2. 8 月における猛暑日と熱帯夜の日数

コラム 埼玉県が日本で一番暑かった日（2007 年 8 月 16 日）

2007 年 8 月 16 日に埼玉県熊谷市と岐阜県多治見市において、観測史上最高気温となる 40.9℃を記録しました（気象庁）。

そこで、8 月 16 日の県内で高温を記録した時間帯である 14:00 について県内 50 カ所の小学校百葉箱のデータなどを用いて気温分布図作成しました。8 月 16 日の日最高気温が 40℃以上を記録した地点は 21 地点で、13:00～15:00 に記録していました。14:00 における県内の計測値の最高気温は 41.5℃、最低気温は 35.4℃で、県内全域で非常に高い気温が記録されていました。特に県の北部～南東部地域で高温になっていました。

また、この日の小学校百葉箱による計測における最高気温は 41.8℃で、さいたま市の小学校 3 地点と鷺宮町の小学校 1 地点で記録していました。気温の測定方法、測定機器などが異なるため一概に比較は出来ませんが、気象庁観測史上最高気温である 40.9℃以上の地点は 12 地点でした。

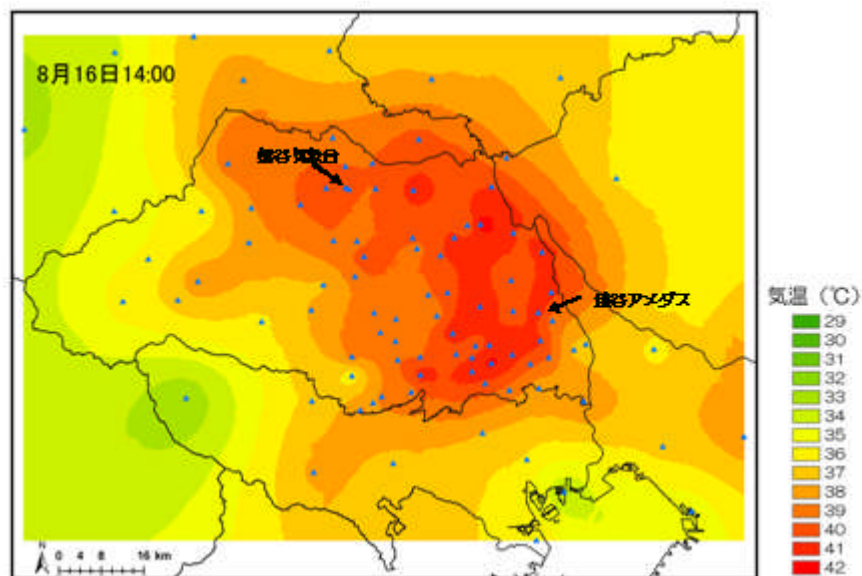


図 8 月 16 日 14:00 における県内の気温分布

コラム 緑地や河川のクールアイランド効果

近年、緑地や河川などが持つヒートアイランド緩和機能（クールアイランド効果）が注目されています。クールアイランドとは、大きな緑地や河川に冷たい空気のかたまりが形成される現象で、この冷気が周囲にしみ出しヒートアイランド現象を緩和すると考えられています。

埼玉県では 2007 年夏に、ヒートアイランド現象対策事業の一環として、県内の市街地に残された緑地 4ヶ所を対象に、このクールアイランド現象の実態調査を行いました。調査は、定点による連続観測と、自転車を利用した移動観測を行い、緑地とその周辺の熱環境を詳細に調べました。その結果、緑地の中は、緑地の外に比べ最大で 7.1 度、平均 1.6 度低くなる現象が確認されました。また、一部ではその冷気が周囲へ流れ出し緑地の周辺を冷やしていることも分かりました。この様に、埼玉県内の緑地も、クールアイランドとして機能しており、ヒートアイランド対策としても、緑地保全や緑化の必要性が改めて確認されました。

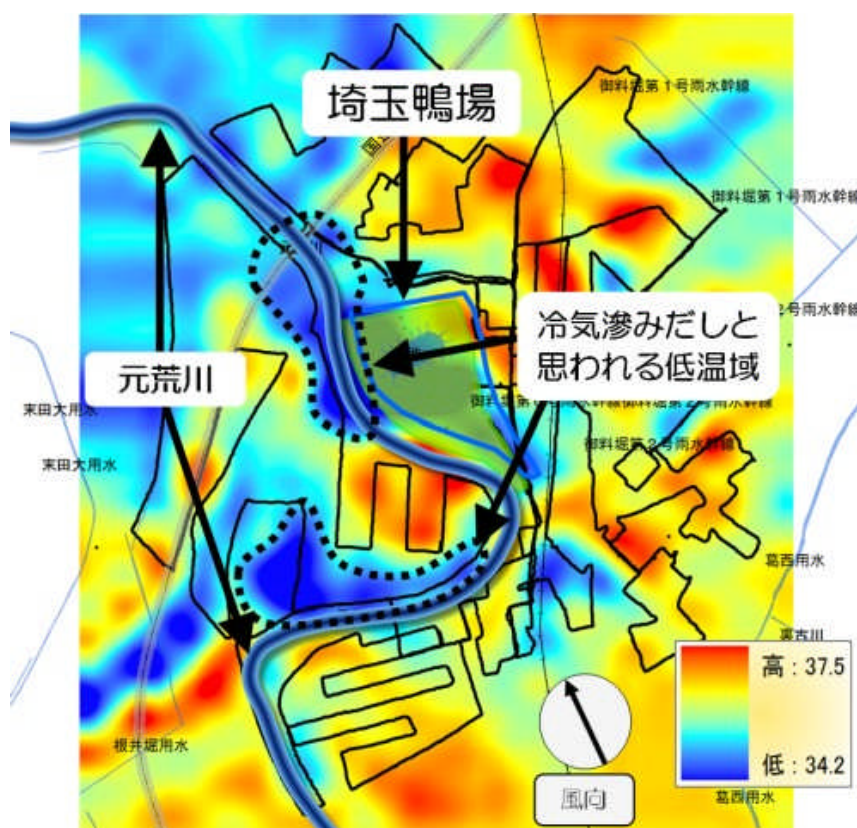


図 宮内庁 埼玉鴨場（越谷市）周辺の温度分布
(2007 年 8 月 14 日午後 1 時 30 分)

3 温室効果ガス濃度の推移と予測

3.1 世界及び日本における温室効果ガス濃度の推移

世界における温室効果ガスの濃度動向については、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次評価報告書第1作業部会報告書や世界気象機関（WMO）の温室効果ガス年報第3号にまとめられている。これによると、極氷床コアによる長期の大気組成記録では、図3.1に示すように過去100年ほどの濃度上昇は急激であり、実際の大気観測として非常に長期な実績を持つハワイの二酸化炭素（CO₂）のデータでも同じ傾向を示している（図3.2）。表3.1に示すように最近でもCO₂などは着実に上昇を続けている。

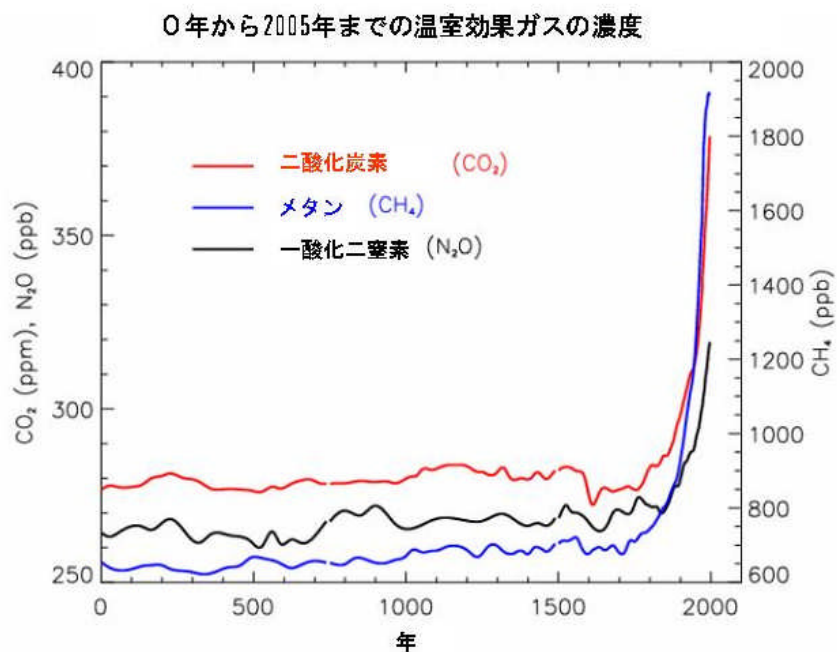


図 3.1 過去 2000 年間の主要温室効果ガス濃度
(IPCC, 2007 (気象庁：大気・海洋環境観測報告第8号より))

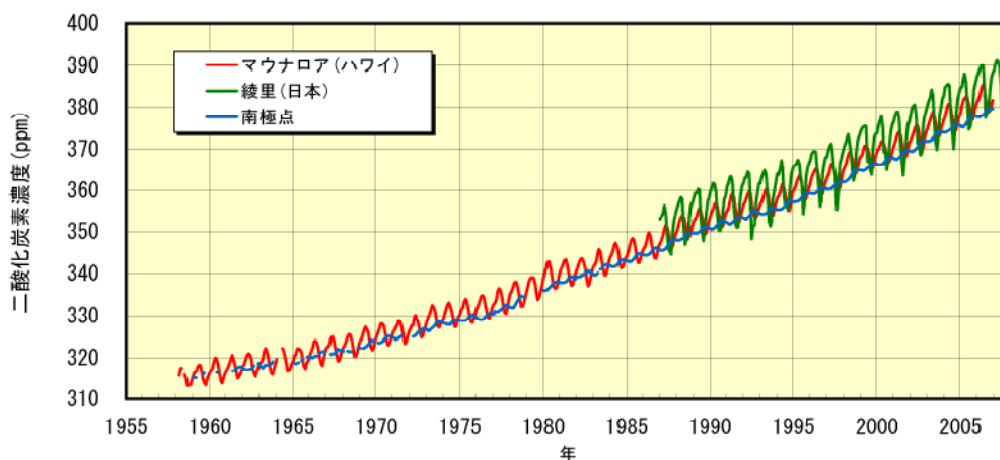


図 3.2 ハワイ・マウナロア等における二酸化炭素の長期観測結果
(気象庁：温室効果ガスレポート (2008) より)

表 3.1 世界における温室効果ガスの現状と最近の傾向

	2006 年の濃度	最近の傾向
CO ₂	381.2 ppm	1.93 ppm/年で上昇
メタン	1.782 ppm	0.0024 ppm/年で上昇
N ₂ O	320.1 ppb	0.76 ppb/年で上昇

(WMO 温室効果ガス年報第 3 号より)

一方、日本においても、気象庁、国立環境研究所などが温室効果ガスの観測を国内の清浄地域で実施している。このうち、気象庁が 3 地点で行っている観測の経年変化及び 2006 年の平均値（オゾン以外は局地的な濃度変動を取り除いたデータを対象）と最近 10 年間の傾向を図 3.3 及び表 3.2 に示す。CO₂、メタン、亜酸化窒素（N₂O）はいずれも IPCC の報告書に示された濃度よりもわずかに高いものの、上昇率は類似している。

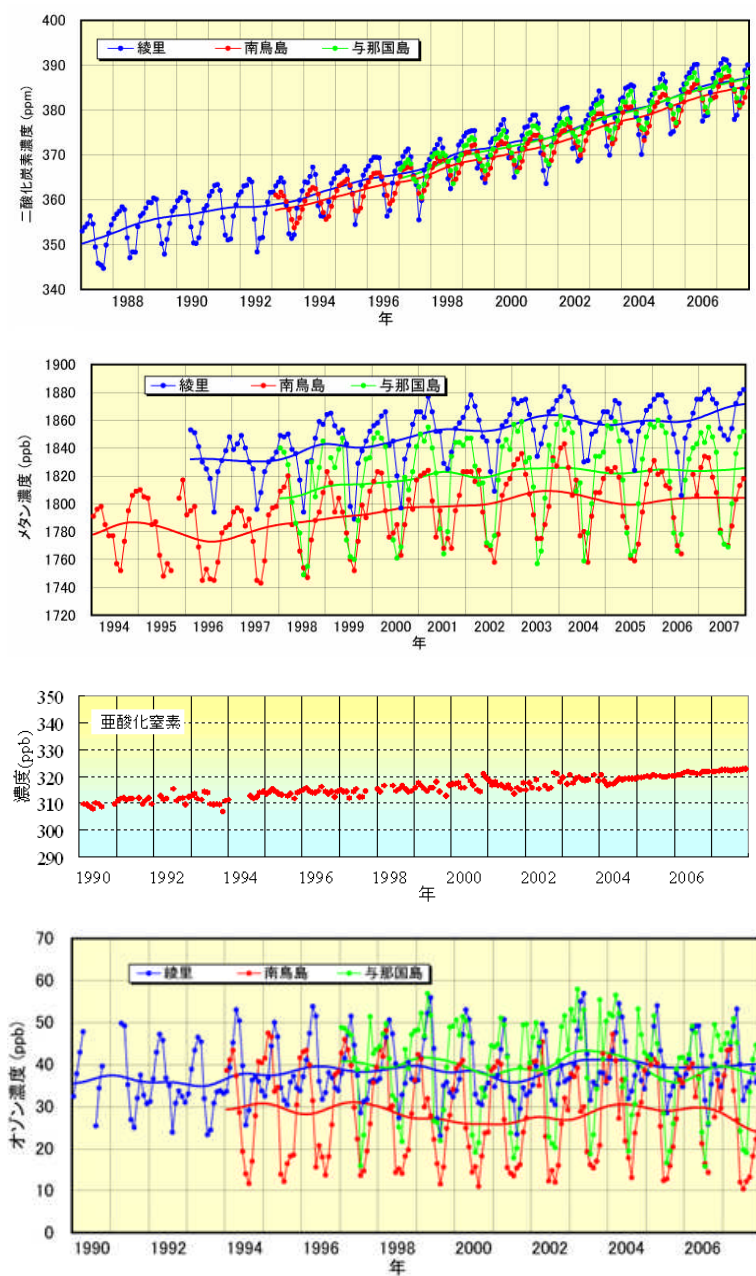


図 3.3 綾里、南鳥島及び与那国島における温室効果ガス濃度月別値と濃度の経年変化
(気象庁, 気候変動監視レポート 2007 (2008) より)

表 3.2 日本における温室効果ガスの現状と最近の傾向

	2006 年の濃度	最近の傾向
CO ₂	384.5 ppm	2.0 ppm/年で上昇
メタン	1.829 ppm	0.0025 ppm/年で上昇
N ₂ O	321.1 ppb	0.7 ppb/年で上昇
フロン等	0.017~0.554ppb	低下または横ばい
オゾン	36 ppb	明瞭な傾向なし

(気象庁, 大気・海洋環境観測報告第 8 号 (2008) より)

3.2 埼玉県における温室効果ガス濃度の推移

埼玉県では1990年度に温室効果ガスのモニタリング事業を開始し、二酸化炭素（CO₂）、亜酸化窒素（N₂O）、フロン類（CFC等）の観測を継続し、1999年度と2001年度に代替フロン（HCFC、HFC）を観測項目に追加した。また、大気汚染項目の常時監視の一環として、温室効果ガスであるメタンとオゾンについても1990年以前から観測している。各項目の観測地点及び地点数は異なるが、埼玉県における1991年度以降の濃度の状況を図3.4に示す。なお、3.1で示した世界と日本のデータは1月～12月までの1年間で集計しているが、埼玉県のデータは4月から翌年3月までの1年間の集計であり、これらの値は局地的な濃度変動を取り除く処理をしていないものである。

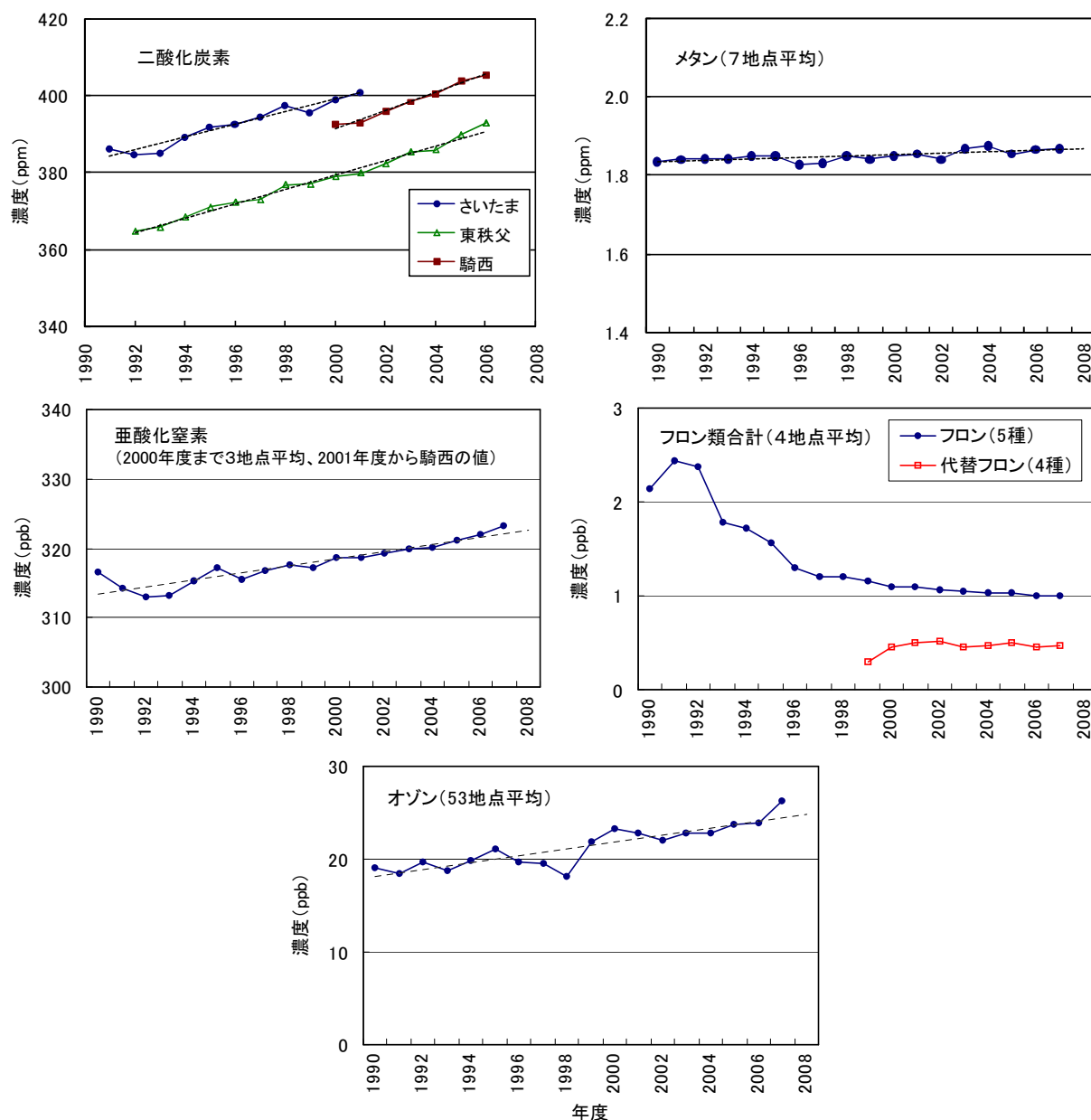


図 3.4 埼玉県における温室効果ガス濃度の推移

2006年度のCO₂濃度は、東秩父が393ppmであり、国内の清浄地域等より約10ppm高く、騎西はさらに10ppm程度高い。濃度推移は約1.9ppm/年の上昇傾向であるが、近年の上昇率は増加しており、2001年度以降は約2.5ppm/年となっている。メタンでは1.87ppmであり、国内の清浄地域より0.04ppm

程度高く、上昇率は約 0.002ppm/年である。N₂O では 322ppb であり、国内の清浄地域とほぼ同等となる。上昇率は約 0.5ppb/年であるが、近年の上昇傾向が増加しており、2000 年度以降は約 0.7ppb/年となっている。フロン類では CFC 等 5 種類の濃度は国内の清浄地域とほぼ同等であり、近年では微減またはほぼ横ばいである。オゾンの平均濃度は 24ppb であり、国内の清浄地域より 10ppb 程度低いが、0.4ppb/年の上昇傾向が認められる。

3.3 温室効果ガス濃度の将来予測

IPCC 第 3 次評価報告書ではいくつかの社会シナリオに応じた将来の CO₂ 予測値として、図 3.4 に示すように 2050 年に 500ppm 程度を中心とした値を提示している。

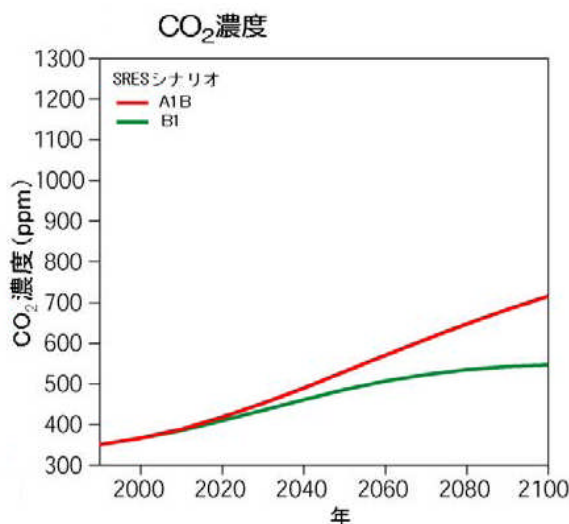


図 3.4 SRES シナリオの A1B、B1 シナリオにおける二酸化炭素濃度の変化
(IPCC 第 3 次評価報告書第一作業部会報告書より一部改変)
気象庁、地球温暖化予測情報第 7 巻 (2008 年) より

また、第 4 次評価報告書では、2050 年に 2000 年比約 50% (-60~-30%) 排出削減した社会での CO₂ 平衡濃度として、400~440ppm を示している。埼玉県で単純に最近の濃度推移の傾向が続くとして、これを将来に外挿すると、東秩父における CO₂ の 2030 年の濃度は、直線回帰、指数回帰とも 450ppm 前後、2050 年では 500ppm 前後となり、IPCC 第 3 次評価報告書の予測値と概ね一致する。さらに県内の都市部ではこれより 10ppm 程度以上の高濃度が想定される。

参考文献

- ・ 気象庁訳、IPCC 第 3 次評価報告書政策決定者向け要約 (2001)
- ・ 気象庁訳、IPCC 第 4 次評価報告書第 1 作業部会報告書技術要約 (2008)
- ・ 気象庁、地球温暖化予測情報第 7 巻 (2008 年)
- ・ 気象庁、大気・海洋環境観測報告第 8 号 (2008)
- ・ 気象庁、気候変動監視レポート 2007 (2008)
- ・ WMO、温室効果ガス年報第 3 号 (2007)
- ・ 埼玉県、大気環境調査事業報告書 (2007)

4 温暖化の大気汚染への影響

温暖化の大気汚染物質への影響としては、燃焼需要等の増減による硫黄酸化物や窒素酸化物等の発生量の変化等も考えられるが、直接影響を与えるものとしては、温度上昇に伴って原因物質が増加し、さらに大気中における生成反応が促進される光化学大気汚染物質がある。この代表的なものが光化学オキシダント（O_x）であり、また、それに関連して生成する浮遊粒子状物質（二次生成粒子）である。

4.1 光化学オキシダント

光化学オキシダント（O_x）の主成分は、その90%以上を占めるといわれているオゾンである。これは窒素酸化物（NO_x）と揮発性有機化合物（VOC）とが太陽光のエネルギーを受けて複雑な化学反応を起こして生成される。埼玉県は地理的地形的な要因もあって、表4.1に示すように日本で最もO_xによる汚染が甚大な地域であり、環境基準の達成率も観測以来継続して0%である。したがって、温暖化による光化学大気汚染への影響には注目しなければならない。

表 4.1 近年の光化学スモッグ注意報発令日数の上位都府県

	平成 12 年 (2000 年)	平成 13 年 (2001 年)	平成 14 年 (2002 年)	平成 15 年 (2003 年)	平成 16 年 (2004 年)	平成 17 年 (2005 年)	平成 18 年 (2006 年)	平成 19 年 (2007 年)
1 位	埼玉県	埼玉県	埼玉県	埼玉県	千葉県	千葉県	東京都	埼玉県
2 位	茨城県	千葉県	千葉県	茨城県	埼玉県	埼玉県	大阪府	神奈川県
3 位	東京都	東京都	東京都	大阪府	東京都	東京都	埼玉県	千葉県
4 位	大阪府	大阪府	群馬県	千葉県	茨城県	栃木県	神奈川県	東京都
5 位	栃木県	栃木県	茨城県	栃木県	神奈川県	茨城県	山梨県	栃木県

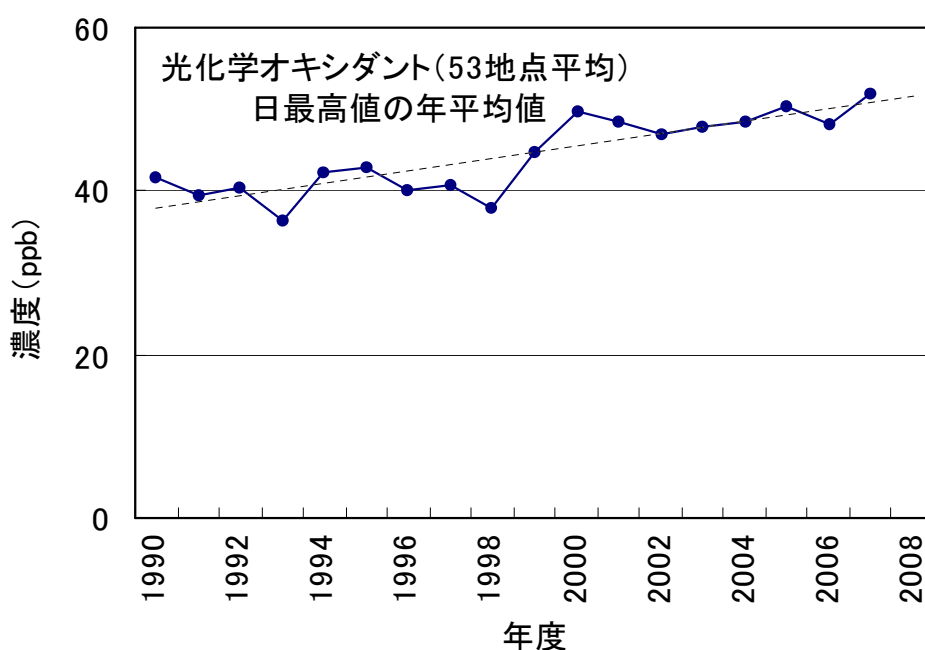


図 4.1 埼玉県における光化学オキシダント濃度の推移

オゾンは温室効果ガスでもあり、埼玉県でその濃度が近年上昇していることは、3.2 で日平均値レベルの推移を示したとおりである。しかし、健康影響を考えると、 O_x は日中の高濃度による急性影響が問題であるので、その評価は昼間の平均値または日最高値で行うことが妥当である。図 4.1 に日最高値の年間平均値の推移を示す。1990 年以降は増減を繰り返しながらも一定して上昇傾向である。また、光化学スモッグ注意報の発令状況の推移も図 4.2 に示す。発令期日（月日）の範囲に一定の傾向はみられないが、発令日数は 1990 年前後を境にして、それ以降増加している。この O_x 濃度の上昇傾向の原因としては、反応原因物質の状況変化、気温の上昇、紫外線の増加のほか、大陸からの原因物質及び生成オゾンの移流などが上げられており、各方面で検討が進められている。このうち、大陸からの移流は、近年の西日本を中心とする春先の高濃度に対して影響が大きいと見積もられているが、関東地方における夏季の日中の高濃度には大きな影響はないと考えられているので、関東地域内の反応条件の変化が濃度上昇の要因であると推定できる。

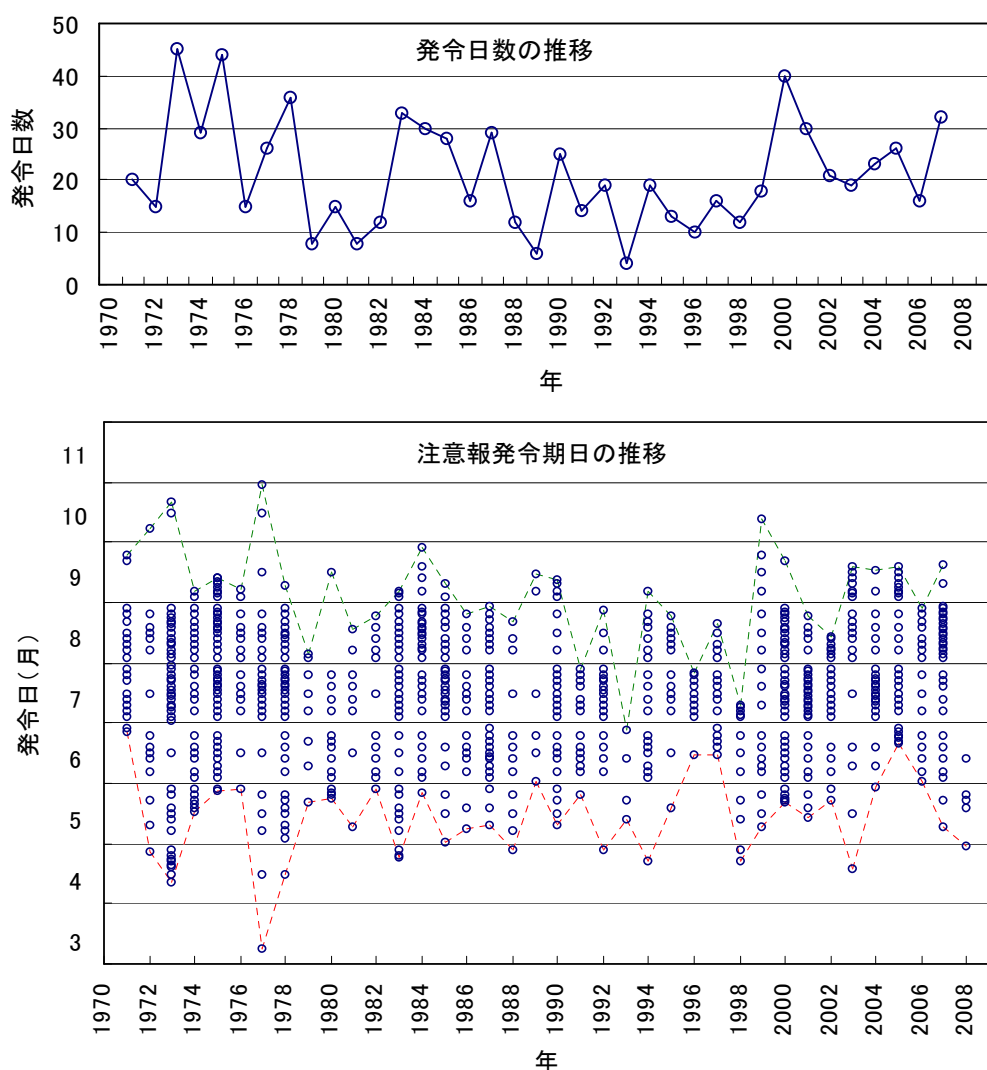


図 4.2 埼玉県における光化学スモッグ発令日数の推移と発令期日の状況

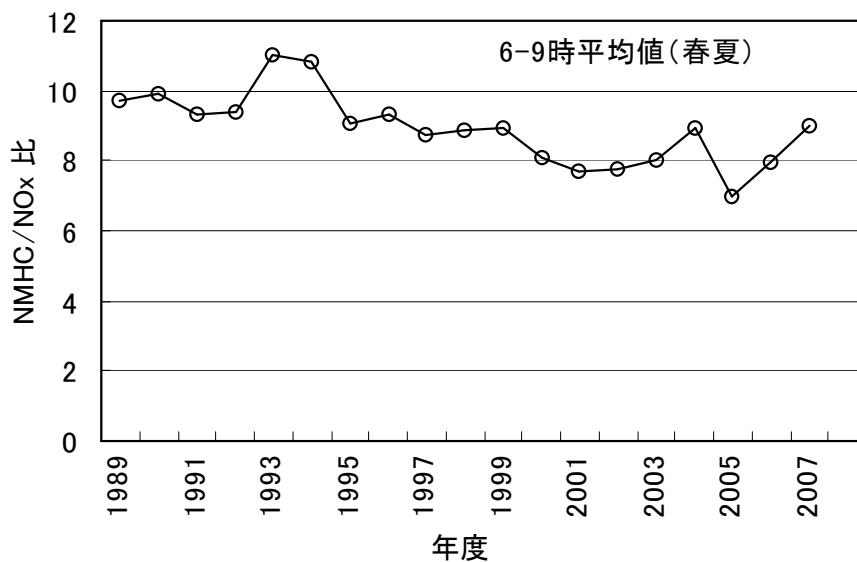


図 4.3 埼玉県における NMHC/NO_x の推移

このうち原因物質である VOC の個々の成分の反応性及びその推移まで言及するのは困難であるが、2つの原因物質群としての VOC と NO_x の比（NMHC/NO_x）が反応速度的な状況評価の指標として利用できる。この推移を図 4.3 に示す。全体的には低下傾向となって、O_x の傾向とは逆であり、相関関係も認められないが、2000 年以降は横ばいから上昇傾向に変わってきており、2000 年以降に O_x の上昇率が一段上がったことに呼応している可能性はある。

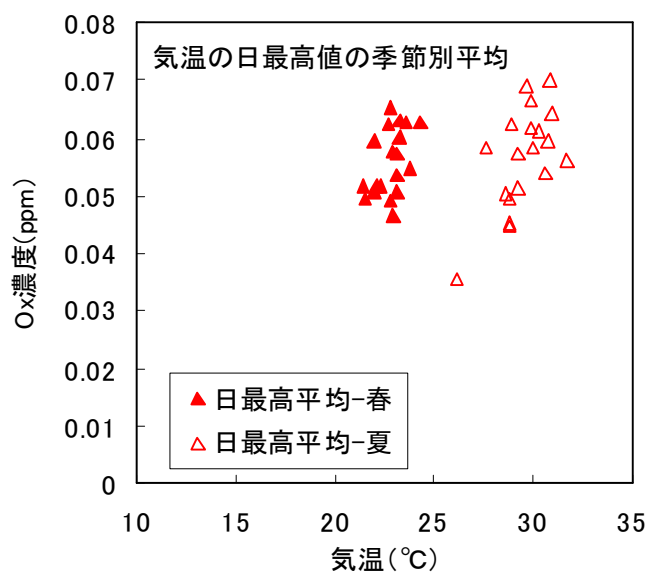


図 4.4 O₃ と気温との関係

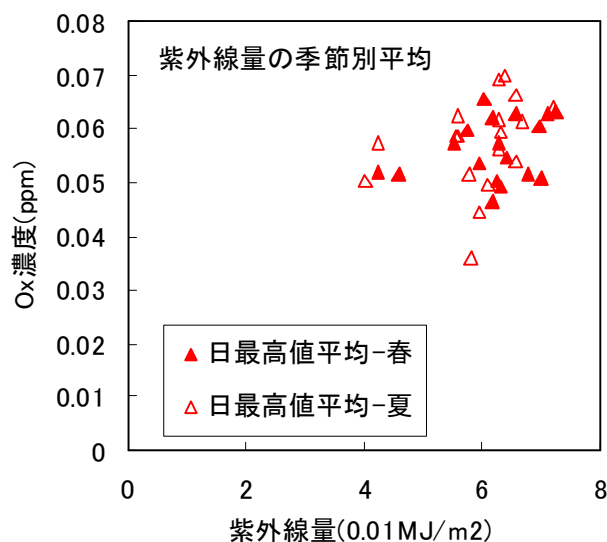


図 4.5 Ox と紫外線量との関係

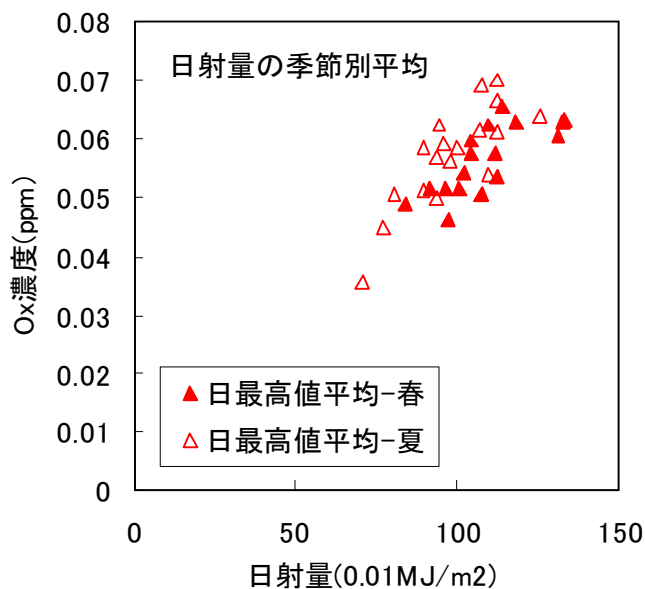


図 4.6 Ox と日射量との関係

Ox と気温についての関係を図 4.4 に示す。夏に若干相関がみられるものの特に強くなく、また、春と夏で別の分布になるなど、気温の指標は Ox 濃度上昇の主要因とは考えにくい。つづいて紫外線等、日射の状況について、Ox との関係を図 4.5 と 4.6 に示す。紫外線量、日射量とも近年増加傾向であるが、Ox との相関関係は紫外線量とは強くなく、むしろ日射量と強い。日照時間（熊谷地方気象台）は近年横ばいであるので、単位日照時間あたりの日射のエネルギーが増加していることになり、それが Ox 濃度の上昇に寄与していることが推定できる。この日射エネルギーの増加については、温暖化の影響を受けた湿度低下が関係している可能性もあり、また、後述の浮遊粒子状物質濃度の低下の影響も考えられる。

Ox 濃度上昇には様々な要因が関与しているので、現在の濃度上昇傾向のどの程度が温暖化の影響かを算定するのは難しい。最近の上昇傾向がそのまま続くと仮定すると、現在（2007 年）の日最高値の年平均値 52ppb が、2030 年には観測開始時である 1970 年代の高濃度期である 63ppb を相当上回る濃度が見積もられてしまう。しかし、現在は VOC 規制などの対策が進行中であり、原因物質の状況には改善が表れることが期待できるので、これほどの高濃度にはならないと考えられる。国立環境研究所の温暖

化影響総合予測プロジェクト報告書では、北関東地域で、2031～2050 年で現状より最大 6ppb 程度、2081～2100 年で最大 10ppb 程度の上昇と予測されており、温暖化の影響だけでも、将来は 1970 年代に匹敵する Ox 高濃度の出現が懸念される。

4.2 浮遊粒子状物質

浮遊粒子状物質（SPM）は埼玉県において、長らく環境基準を達成していない項目であったが、彩の国青空再生戦略等による対策が功を奏し、図 4.8 に示すようにこの数年で劇的に状況が改善し、NO_xとともに環境基準の 100%達成に至っている。SPM は粒径 2～2.5 μ m 程度を境に微小粒子と粗大粒子に分布が分かれ、このうち、健康影響が大きい微小粒子（PM_{2.5} と称される）は、主に発生源から直接排出される元素状炭素等と光化学反応によって生成する粒子（二次生成粒子）からなる。図 4.9 に示す PM_{2.5} 関連の観測結果を見ると、PM_{2.5} 濃度は減少してきているが、SPM ほどの減少率ではない。また、PM_{2.5} の減少を支えているのは主に元素状炭素の減少であり、これはディーゼル車や廃棄物焼却炉対策の効果と考えられる。二次生成粒子の指標となる無機イオン成分は微減または横ばいであり、むしろ硫酸分やアンモニア分は最近上昇傾向にも見え、光化学大気汚染増大の影響の現れとも言える。なお、PM_{2.5} の環境基準は日本で検討中であるが、すでに米国では 15 μ g/m³ と定められており、埼玉県ではこれを超過している。今後、SPM の環境基準を安定的に達成し、微小粒子濃度の低減を図るためには、二次生成粒子の濃度減少が不可欠である。

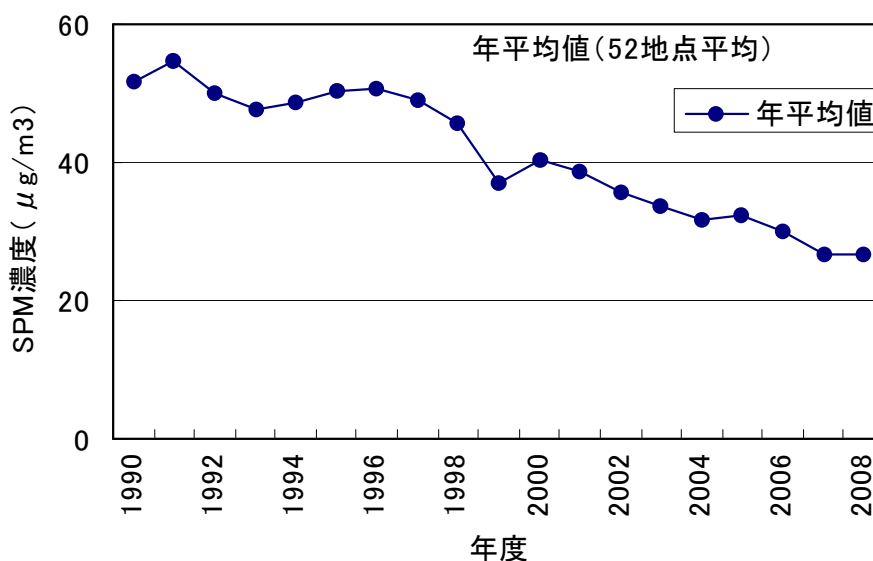


図 4.8 埼玉県における SPM 濃度の推移

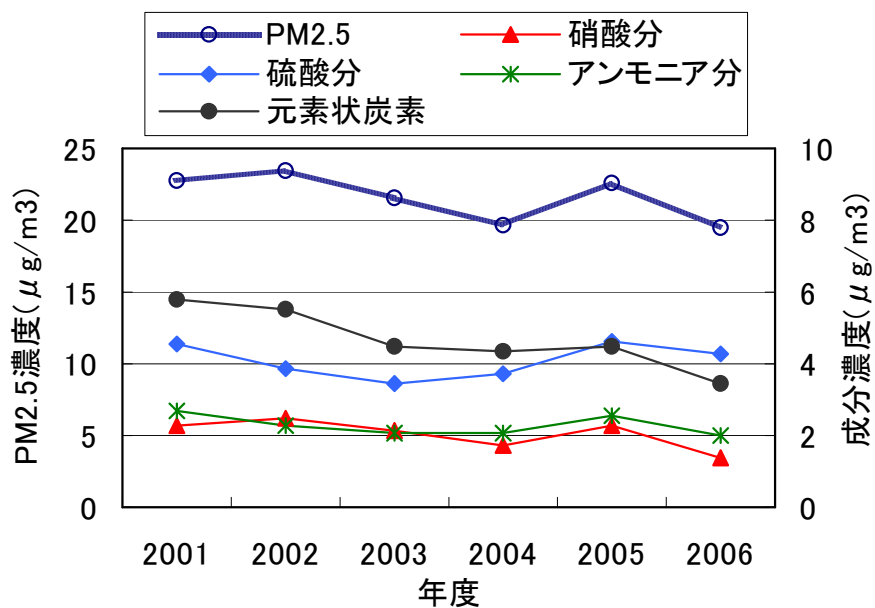


図 4.9 騎西における PM2.5 及び構成成分濃度の推移

SPM や総量としての PM2.5 の濃度は温暖化により大きく上昇することはないかもしれないが、Ox の上昇を介して二次生成粒子濃度の上昇は十分考えられる。この影響について論ずるのは困難であり、国立環境研究所の温暖化影響総合予測プロジェクト報告書でも触れていないが、光化学大気汚染が盛んな埼玉県では注視していかなければならない。

参考文献

- ・ 埼玉県環境部，大気常時監視測定結果報告書（2008）
- ・ 埼玉県環境部，埼玉県における光化学スモッグの発生状況（2007）
- ・ 熊谷地方气象台，埼玉県気象・地震概況（各年版）
- ・ 国立環境研究所，地球温暖化「日本への影響」（2008）

5 温暖化の自然環境への影響

5.1 植物への影響

植物は光合成で炭水化物を生産し、酸素と水蒸気を放出する。根はしっかりと土壌を支え、周囲には多くの生物が生息する。このような植物の機能によって、森林は多様な環境保全機能を発揮している。

本県の西部山岳地域、特に奥秩父の原生林が持つ環境保全機能は極めて重要である。甲武信岳付近に降った雨は一旦、森林に受け止められ、流れでた水は、埼玉側の下って荒川、長野へは千曲川、山梨へは笛吹川となって人々の水需要を支えてきた。奥秩父に森林がなければ、今の首都圏は形成されなかったかもしれない。また、奥秩父に降った雨は森林土壌中を移動する間に浄化され、さらに土壌中に降雨を貯留することで流出を遅らせ、河川流量を安定化させている。このような環境保全機能を多面的に有する森林を保全することは極めて大切である。

このような機能を持つ奥秩父は標高による気温の変化によって、山麓部の暖温帯から山頂部の亜高山帯に至る植生の垂直分布が明瞭である（表 5.1）。温暖化によって気温が上昇すれば、現在の植生分布域はやがて不適地となり、徐々に垂直分布が上方に移行していくことになる。

表 5.1 奥秩父の植生垂直分布

標高	主な植生
2000m 以上～山頂部	シラビソ、オオシラビソ、コメツガ等の針葉樹
1500m～2000m	コメツガ、トウヒ、ダケカンバ、ナナカマド、カツラ等の針広混合林
800m から 1500m	ブナ、カエデ、トチノキ、ミズナラ、シオジ等の広葉樹林
800m 以下の山麓部	スギ、ヒノキ、カラマツ等の人工林

（環境省生物多様性情報システム、「秩父多摩甲斐国立公園の概要」より作表）

5.1.1 ブナ林への影響

環境省第 5 回自然環境保全基礎調査に基づく植生図からブナが含まれる群落を抽出したものを図 5.1 に示した。これによると、埼玉県内のブナを含む植生群落の総面積は 6880ha となり、標高は、最低 598m、最高 1796m、平均 1295m であった。標高別の分布を見ると、1150m から 1550m までの範囲が全体の群落の約 80% を占めており、埼玉県ではこの範囲の標高がブナの主要な分布域だと考えられる。

環境省が 2008 年に発表した報告書『地球温暖化「日本への影響」』では、今後の温暖化の予測として、2つの気候シナリオ（RCM20 と MIROC）を用いている。RCM20 は低位、MIROC は高位の温暖化シナリオであり、このシナリオにおける年平均気温は、現在と比べ 2081-2100 年で RCM20 では 2.7℃、MIROC では 4.3℃上昇するとしている。この 2つのシナリオによる温度上昇を標高の変化に置き換えると（気温逓減率 0.5℃/100m として計算：奥秩父における実測値）、RCM20 では 540m、MIROC では 860m 標高が下がることと同等の温度変化となる。現在の埼玉県におけるブナの分布は前述のとおり主に標高 1150m～1550m の範囲であるが、RCM20 や MIROC の様な気温の変化が起こると、現在の主要な分布域の気温は、ブナの好適な気温の範囲から逸脱してしまうと考えられ、ブナ林の衰退が懸念される。また、逆に、標高の高い地域がブナの適地になる可能性も有る。仮に MIROC シナリオによる温度上昇が発生したとすると、ブナの好適な分布域は、現在の 1150m～1550m の範囲から 860m 加えた 2010m～2410m へシフトすると考えられるが、この標高の埼玉県における面積は約 683ha であり、現在のブナを含む群落面積 6880ha の 10 分の 1 程度に過ぎない（図 5.2）。



図 5.1 埼玉県内のブナ分布域
(第 5 回自然環境保全基礎調査植生図より作成)

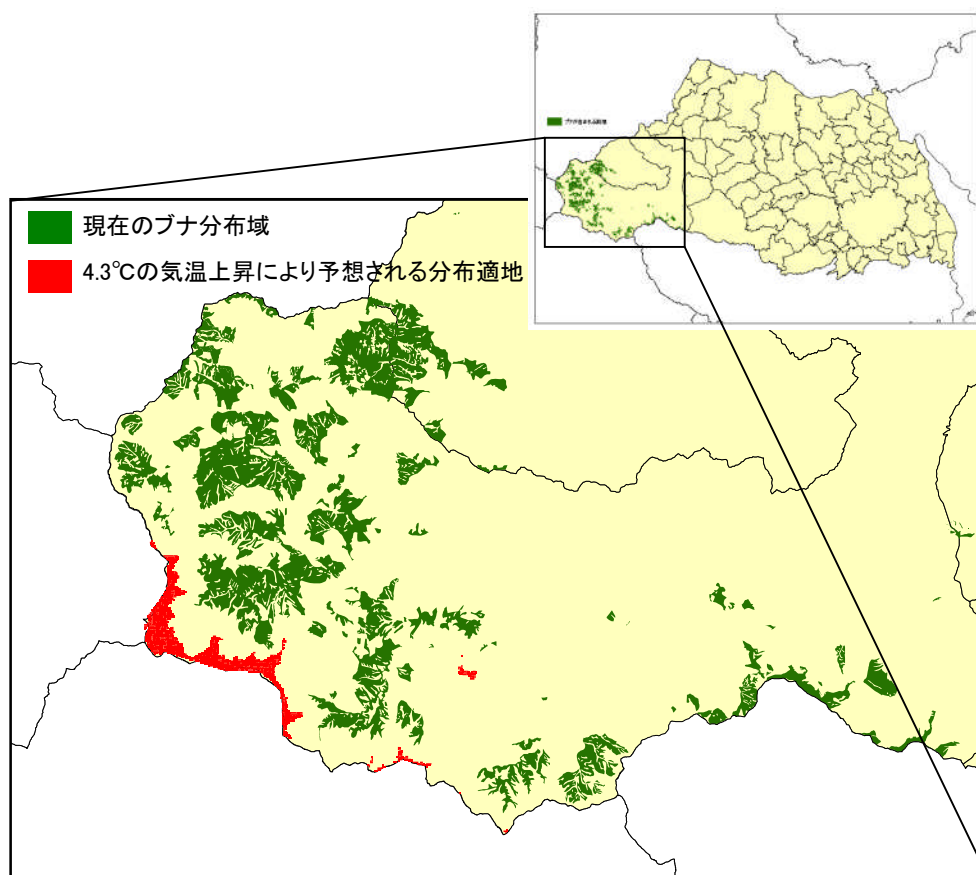


図 5.2 現在のブナ分布域と気温が 4.3℃上昇した場合の予想分布適地

5.1.2 シラビソ（シラベ）への影響

シラビソは平均標高約 1900m を中心に分布し（図 5.4）、その面積は 890ha と少ないが、秩父多摩甲斐国立公園特別保護地区の原生林を代表する植生である。当所の調査では、1966 年以降の空中写真上、シラビソの縞枯れ現象(天然更新現象) は年々緑色に変化し、2000 年代になると殆ど消滅するという異常を把握している。（図 5.3）。

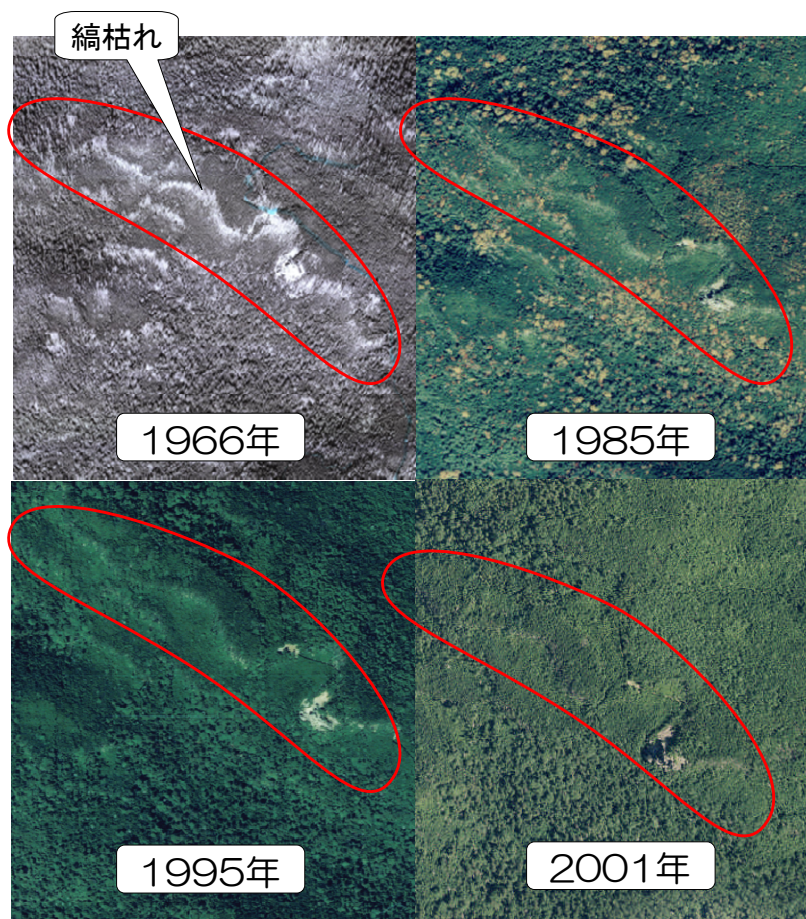


図 5.3 奥秩父三宝山の縞枯れ現象消失過程(埼玉県撮影の空中写真より)

現実の山頂付近に立枯れ域は現存するが、稚樹の生長以外にダケカンバやササなど他植生の侵入がみられ写真上では痕跡をとどめるのみとなった。加えて縞枯れの特徴である立ち枯れ域の移動も全く見られず、新たな縞枯れ域の出現も見られない。このような異常は 1966 年以降、着実に進行しており、この間の気温上昇が影響している可能性が高い。過去約 8 年間、雁坂小屋百葉箱で気象観測を行ってきた結果と、麓の秩父測候所の気温測定結果を月平均値で比較してみると、雁坂の気温 Y は $Y=1.03X-9.2$ ($R^2=0.993$) で表され、傾きが 1、雁坂の最低気温が -9.2°C で、全く 1 : 1 で対応していることから、秩父測候所の気温上昇がそのまま雁坂での上昇と考えられることが分かった。

秩父測候所は、1966 年以降の気温上昇速度は、100 年間当たり年平均値で 3.1°C 、最近 40 年間では 1.2°C 上昇した。雁坂と秩父測候所の気温観測結果によれば標高差 1718m に対し、年平均値の気温差は 8.53°C で気温低減率は 100m 当たり 0.5°C であった。したがって、 1.2°C の上昇は標高にすると 240m 低くなったことに相当した（一般には、対流圏では湿った空気は 100m 上昇するごとに 0.6°C 低下するとされている）。このような気温上昇が、亜高山帯上部に形成されるといわれる縞枯れ現象に異常をもたらしたものと考えられる。

今後 100 年間で 4.3℃の上昇を想定すると、標高にして 860m の低下に相当する。現在の縞枯れ形成の限界高度は標高 2200m 以上とみられることから、雁坂嶺の頂上（2350m）であっても、現在の標高 1490m の気温条件となる。現在、シラビソは標高 1700m 以上に分布しており、奥秩父一帯は少なくともシラビソ生育の適地でなくなることを意味する。現在の雁坂嶺南斜面のシラビソの倒木の樹齢は概ね 70 年程度以下であることから、2100 年には、通常、亜高山帯上部で見られるシラビソの天然更新現象である縞枯れは完全に消滅すると推定される。今後は主としてダケカンバやナナカマド、ブナなどの広葉樹の侵入が増加し、針広混交林に変化することになる。また、既にササが侵入しているところは、シラビソの更新が阻害されるのでササ原に変化する可能性も高い。

なお、『地球温暖化「日本への影響」』の MIROC モデルによる予測でも 2081 年～2100 年にはシラベの適域面積は福島以南では 13%に減少すると予測しており、奥秩父も適域からはずれると予測している。



図 5.4 埼玉県におけるシラビソ分布
(環境省自然環境保全基礎調査植生図)

参考文献

- ・ 小川和雄・三輪誠・嶋田知英・米倉哲志・松本利恵・アマウリアルサテ(2004)
奥秩父亜高山帯の樹木立枯れと環境要因 日本環境学会誌「人間と環境」 Vol.30(1)
- ・ 伊豆田猛 小川和雄(2004) 森林衰退の現状と取り組み (Ⅲ) 奥日光白根山周辺のダケカンバ衰退と奥秩父亜高山帯のシラビソ立枯れ、大気環境学会誌 Vol39(3)

コラム シラビソ原生林へのシカ食害の影響

国立公園特別保護地域におけるシラビソ原生林のシカ食害は 2000 年まではほとんどみられなかったが、2002 年頃より目立ち始め、2005 年には稜線の登山道沿いのシラビソは概ね食害された。以後、登山道沿いから林内へと食害が拡大し続けている。雁坂峠から雁坂嶺、破風山にかけての尾根筋登山道周辺では、すでに多くの成熟木が環状食害によって枯死しており、鬱蒼とした原生林の中の登山道から、明るい登山道へと変わりつつある。ひとたび台風などの強風が襲えば、尾根筋の枯死したシラビソが倒れ、広い範囲で裸地化するなど、直ちに景観が一変してしまう可能性が極めて高い。

シカ食害が増加した事は、気候変動によりシカが越冬しやすくなったことが原因していると考えるのが一般的である。ただし、秩父測候所の降雪量は 1984 年以降、徐々に減少しているが 1998 年以降は、大雪と無雪とが入り交じり、年変動が激しくなっている。亜高山帯の積雪量については記録がない。当所の 2001 年以降、2008 年までの気象観測でも融雪したと考えられる地温 1℃の出現月日は 3 月 30 日(2002 年)から 4 月 26 日(2003 年)まで 27 日間の幅があり、8 年間では必ずしも早まる傾向は見られていない。

特別保護地域の食害の変遷



1999年 - 2本



2000年 - 2本



2001年 - 約10本



2003年 - 急増。数100本程度
研究継続 - 食害監視も目標に



2004年 - 主として登山道沿いに新しい食害



2005年 - 見渡す限り、激甚食害

5.1.3 平地のスギ林

1970年代から1990年にかけて関東地方平地部のスギは著しい早さで衰退（梢端枯れ）が進んだ。近年の気温上昇に伴う乾燥化に起因する水ストレスが原因と考えられ、将来への影響が危惧されている。

1986年に関東地方のスギ枯れが報告され、当初は酸性雨の影響が疑われたが、その後に行われた多くの研究で、現状程度の酸性雨ではスギへの生長影響は認められないことが明らかとなった。

当所では1991年以降、埼玉県内全域で、広域的、局地的な衰退分布を調査し、水耕栽培や人工酸性雨の曝露試験等を行って、スギ苗は酸に強い植物であること、灌水量が少ないと著しく生長を抑制すること等を明らかにした。関東地方のスギについて、広域、局地の衰退分布を検討した結果、衰退分布と最も整合性が高かったのは湿度（大気乾燥）であった。結局、降水量が比較的少ない地域では、スギは気温上昇による大気乾燥化によって著しい水ストレス状態が継続し、単なる生長抑制から梢端枯れへの「不可逆的な影響」がもたらされたものと報告している。

したがって、地球温暖化による気温上昇が続けば、将来、水要求性の強いスギには更なる大きな影響が及ぶ可能性が高い。

5.1.3.1 森林総合研究所の判定基準による日本全国の影響評価

森林総合研究所は「地球温暖化がブナ林とスギ人工林に与える影響の評価」の研究でスギへの影響について以下の2通りの判定基準を提案し、評価している。

a) 年平均気温（MT）による判定

- ① 18℃以上で消滅、②16-17℃で衰退、③16度以下は生存可能

b) 乾燥ストレス要因を加味した雨量係数 RI（年平均降水量 mm／年平均気温℃）を用いた判定

- ① RI.80 以下は生存不能、②80-110 は衰退、③110 以上が生存可能

同報告では、渇水年の降水量が温暖化シナリオの予測値の70%であると仮定すると、スギの生存がほとんど不可能な雨量係数（RI）100以下の地域は、現在のスギ林面積の約1%から2090年代には約10%に増加すると予測している。また、年平均気温（MT）による予測では消滅および衰退の両者を合わせると、日本全体の森林面積の約10%、現在のスギ林の50%に達すると予測している。

5.1.3.2 森林総合研究所の判定基準による埼玉スギ林への影響評価

埼玉県内アメダスの観測結果に基づく気温、降水量及び雨量係数は表5.1のとおりである。降水量はMIROCモデルによる長期平均的な降水量の予測に従い、2050年に8%増加、2100年には20%増加を想定したが、集中豪雨的な雨が増え、無降雨日数は増加する。この場合、スギの水ストレス解消には寄与しない可能性がある。また、気候変動の特徴は降水量の年変化が大きい事で、森林総研も渇水年を想定して降水量を予測の70%として評価を行っている。表5.1では気温上昇のみで水ストレスの改善効果は期待できないことを想定して降水量が変化しない場合も示した。

表5.1から明らかなように、年平均気温による判定では2050年には秩父以外は16～17℃を超過し、平地の全てのスギが衰退する。2100年には秩父以外が18℃以上となってスギは消滅することが推測された。ただし、スギ人工林は中山間地に植栽されているものが多く、例えば秩父測候所付近（標高230m）では標高が530m以上となれば標高300m分の気温1.5℃低下が見込めるので、2100年でも16.2℃となり、スギ林は概ね維持されるものと考えられる。

雨量係数RIによる判定では現在でも多くの地域が衰退レベルにあるが、2050年以降もRIが110以下となって平地の全てで衰退する。降水量の増加が水ストレスの解消に寄与できなければ2100年にはRIが80以下となって、平地の大半でスギの生存が不可能となる可能性が高い。

表 5.1 埼玉の現在及び将来の年平均気温、降水量及び雨量係数（気象台、アメダス観測結果より）

場所	現在（1998～2007）			2050 年(+2.3℃)			2100 年(+4.3℃)			降水量変化無 RI	
	平均気温	降水量	R 1	平均気温	降水量	R 1	平均気温	降水量	R 1	2050 年	2100 年
熊谷	15.44	1350	87	17.7	1458	82	19.7	1620	82	76	68
秩父	13.41	1403	105	15.7	1515	96	17.7	1684	95	89	79
さいたま	15.1	1464	97	17.4	1581	91	19.4	1757	91	84	75
寄居	14.44	1356	94	16.7	1464	87	18.7	1627	87	81	72
所沢	14.65	1622	111	17	1752	103	19	1943	103	96	86
越谷	15.5	1399	90	17.8	1511	85	19.8	1679	85	79	71
久喜	15	1377	92	17.3	1487	86	19.3	1652	86	80	71

※日本の平均降水量は MIROC モデルによれば 2050 年には 8%、2100 年には 20%増加となっている

5.1.3.3 当所のスギ枯れ研究に基づく影響評価

当所が関東地方について、広域、局地のスギ衰退分布を検討した結果では、関東地方の局地的な衰退分布と最も整合性が高かったのは湿度であった（表 5.2）

表 5.2 関東地方におけるスギ衰退分布と現実的環境因子との適合性

環境因子	曝露試験	広域分布	局地分布 (孤立木≧突出木≧林内木)	沿道衰退	衰退の特徴 (大径木梢端枯れ)
オゾン	△	○*1	×	×	×（毒性影響）
酸性雨・ 酸性降下物	×	△	×	△	×（毒性影響）
大気湿度	○	○	◎	△	○（水ストレス）
降水量	◎	○	×	×	○（水ストレス）
土壌物理性	—	△	△（突出木は不整合）	○	○（水ストレス）

また、本県でスギ梢端枯れが問題になるほどに急速に広まったのは、概ね 1970 年以降であり、1950 年代からの気温上昇と湿度の急激な低下（図 5.5）、1950 年代半ばから 80 年代後半にかけての降水量の減少等の変化（図 5.6）が影響したものと考えられる。1950 年代の熊谷の湿度は 70%を超えていたが、1970 年代にはいると 65%から 67%程度に低下した。スギ枯れは、その後 1985 年までの僅か 15 年間で著しく進行したことが県内各地の空中写真からあきらかになっている。

現在の湿度は熊谷、前橋、東京とも 57%から 65%程度で短期的増減が著しいが、長期的には依然として低下傾向にある（図 5.5）。今後 50 年から 100 年間の気温上昇を前提とすれば、さらに低下する可能性が高いと考えられる。

一方、林内外の湿度差は平均的には概ね約 10%であり（図 5.7）、この差によって大面積の人工林に梢端枯れが生じなかったことが解っている。これらのことから考えると、湿度 70%以上が維持されればスギは衰退しにくいと考えることが妥当である。したがって一般環境の湿度が 60%以上を維持して入れば森林状の大面積のスギ人工林はなんとか維持する可能性が強い。熊谷や前橋、東京の湿度低下傾向から推定すると 2050 年頃には湿度が 60%を下回るようになることから、現在でも衰退している平地のスギ

の大半は著しく衰退が進むものと考えられる。その結果、2100年には多くの衰退木が伐採され、且つ環境条件も生存不能に近いものとなる可能性が強い。それでも秩父の比較的標高の高いところの人工林では健全性が保たれ、平地の一部社寺林は、努力によって衰退木となっても残されるものと考えられる。

以上の結果から、標高 500m 以上のスギ林は気候変動の影響としての衰退は免れるものと考えられるが、平地のスギは大面積のスギ林以外は 2050 年までにほとんど衰退する。2100年には埼玉の平地はスギ生育の不適地となり、スギ全てが著しく衰退し、著しく減少するものと考えられる（図 5.8）。

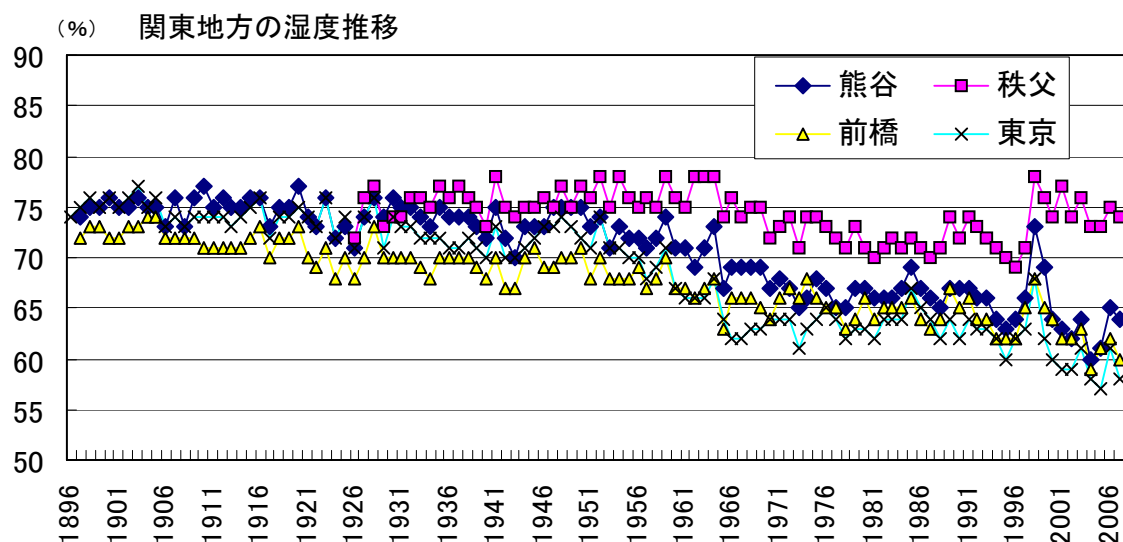


図 5.5 関東地方の湿度推移（関東地方 4 気象台の観測結果）

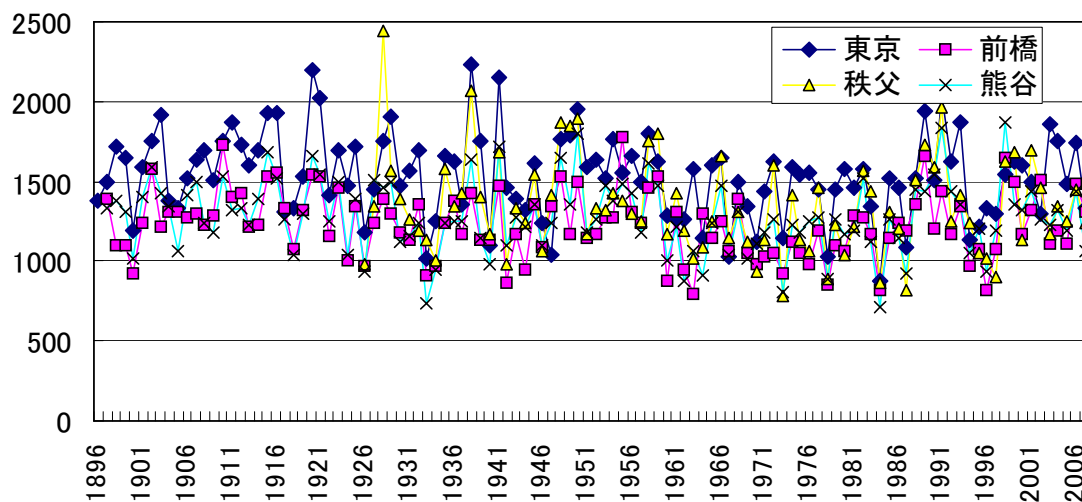


図 5.6 関東地方の降水量推移（関東地方 4 気象台の観測結果）

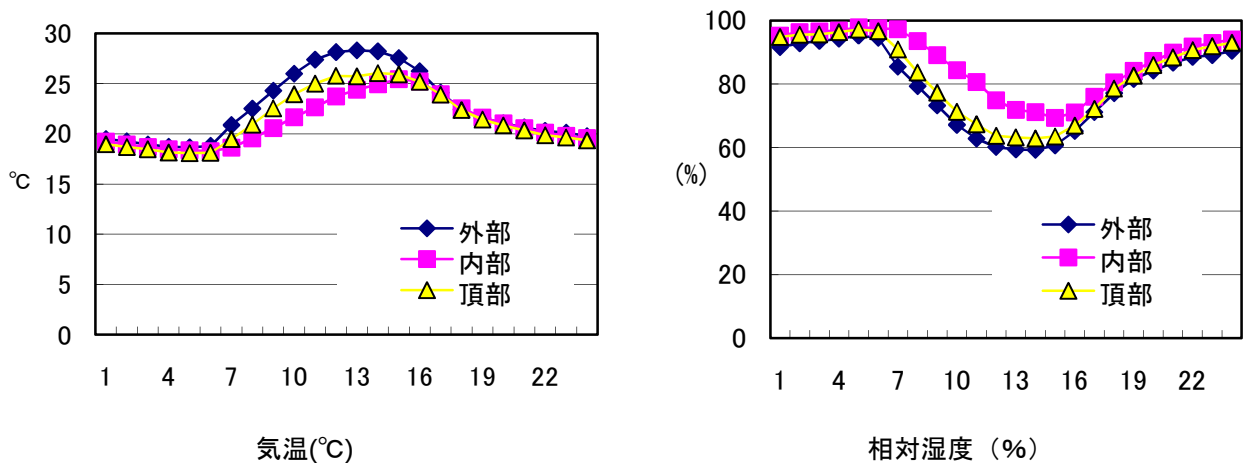


図 5.7 雑木林内外の気温、湿度時刻変動（8月～10月）

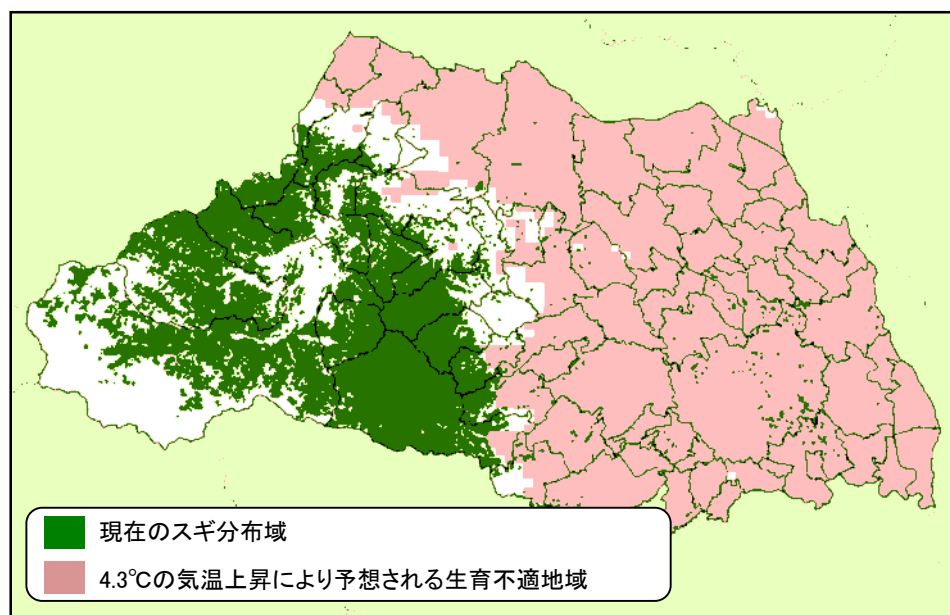


図 5.8 2100 年頃のスギ分布（赤色は生育不適地となる）

参考文献

- ・ 小川和雄・松本利恵・高野利一(1992) 埼玉県平地部におけるスギの衰退とその要因、日本環境学会誌「人間と環境」 Vol.18
- ・ 小川和雄(1996) スギ苗の生長に及ぼす灌水量の影響、日本環境学会誌「人間と環境」 Vol.22 (2)
- ・ 小川和雄(1999) 埼玉県におけるスギ平地林の衰退要因 全国公害研会誌 Vol.24 (1)
- ・ 小川和雄・三輪誠・嶋田知英(2007) スギ苗の生長に及ぼす乾燥とオゾンの影響、日本環境学会誌「人間と環境」 Vol.33(2)
- ・ 田中信行、八木橋勉、重永英年、松本陽介、埴田宏(2003) 地球温暖化がブナ林とスギ人工林に与える影響の評価、森林総合研究所研究成果撰集 2001
- ・ 環境省 自然環境保全基礎調査

5.2 動物への影響

現在深刻になりつつある地球規模の温暖化の影響は、様々な野生生物に影響を与えつつある。野生生物の多くは、その分布地域の環境、中でも気温や降水量などの気象環境に依存して暮らしており、気温の上昇や降水量の増減といった気象環境の変化は、そこで暮らす生物の生息に多くの影響を与え、生息

を脅かすことや、逆に分布の拡大をもたらすこともある。

特に極めて温度依存的で、ライフサイクルが短く、移動能力も高い昆虫は、温度条件の変化に敏感で、温暖化などによりその分布域が変化しやすい。実際、日本各地で、南方系（亜熱帯・暖帯性）のチョウなどの分布域が北上あるいは東進する現象が確認されており、埼玉県でも、かつては、ほとんど確認されなかった南方系の昆虫の、観察あるいは定着事例があるので紹介する。

5.2.1 ムラサキツバメの発生と定着

ムラサキツバメ（図 5.9、図 5.10）はシジミチョウ科に属する小型のチョウで、日本におけるかつての分布域は九州、四国、中国地方西部と考えられていた。しかし、1990 年代に入ると、それまで分布していなかった近畿地方で見られるようになった。関東地方では 1978 年の埼玉県所沢市、1983 年の千葉県館山市の単発的な記録が有るが、いわゆる迷蝶扱いの記録であった。それが、2000 年になると関東地方の各地で記録されるようになり、2001 年には爆発的に関東地方各地で発生が確認された（図 5.11、図 5.12）。その後、ほぼ関東地方に定着し、埼玉県内では、特に秋になると植樹であるマテバシイが植栽されている場所では、ほぼどこでも幼虫や食痕を確認することが出来るまでに至っている。



図 5.9 ムラサキツバメ成虫



図 5.10 食樹マテバシイに形成されたムラサキツバメの巣と幼虫

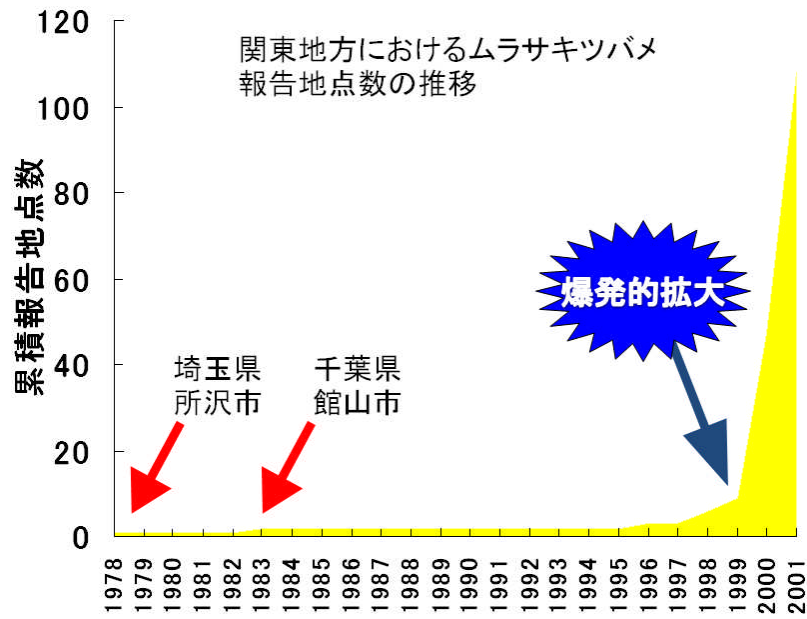


図 5.11 ムラサキツバメの関東における報告数の推移

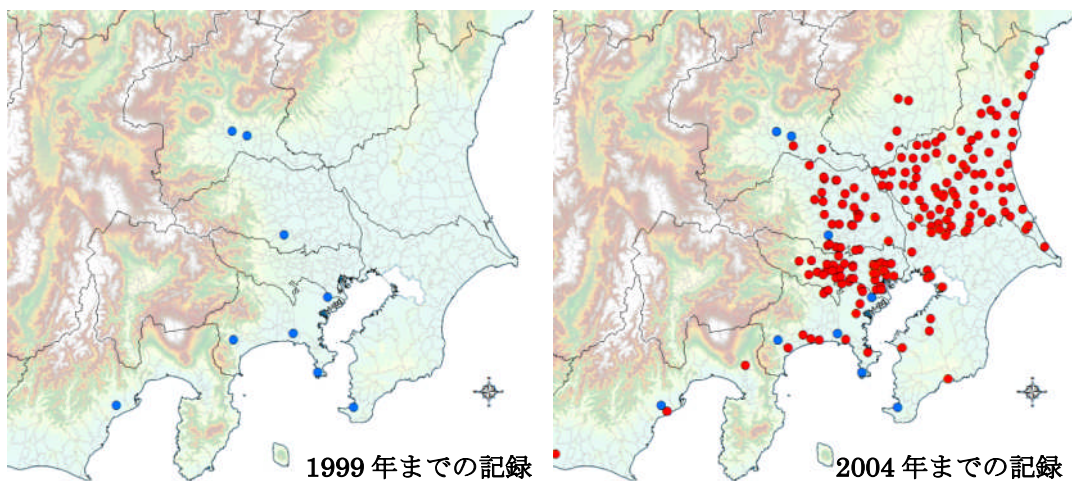


図 5.12 関東地方におけるムラサキツバメの記録

5.2.2 その他野生動物の北上・東進

かつて埼玉県内ではほとんど確認されなかった南方系の生物で、近年、その記録が増えているのはムラサキツバメだけではない。チョウでは、かつては全く記録の無かったナガサキアゲハが 2000 年に北本市で記録され、その後、県内各地で記録されている。1980 年代まではほとんど近畿地方以西でしか見られなかったツマグロヒョウモン（図 5.13）も、2000 年代に入ると県内各地で確認されるようになり、現在は最も普通に見られるチョウの一つになっている。また、チョウ以外では、元々中国や東南アジア原産であり、昭和初期に九州に入ったと考えられているカメムシであるヨコヅナサシガメ（図 5.14）も、2000 年代に入ると埼玉県内でも記録されるようになった。

この様な、南方系の生物の埼玉県への侵入や定着は、今後進むと考えられる。



図 5.13 ツマグロヒヨウモン



図 5.14 ヨコズナサシガメ

参考文献

- ・ 埼玉県におけるムラサキツバメの分布拡大 長田志朗・嶋田知英 Butterflies 2002
- ・ ナガサキアゲハ埼玉県に侵入 牧林 功 寄せ蛾記 2000
- ・ ムラサキツバメを岩槻市で発見. 牧林 功 寄せ蛾記 2001
- ・ 埼玉県におけるヨコズナサシガメの分布記録 野澤ら寄せ蛾記 2006
- ・ 昆虫と気象 桐谷圭治 2001
- ・ 国立環境研究所, 地球温暖化「日本への影響」(2008)

6 温暖化の農業への影響

6.1 気温上昇が農業に及ぼす影響

6.1.1 水稲に及ぼす影響

環境省地球環境研究総合推進費による「温暖化影響総合予測プロジェクト」では、温暖化が進行した時の水稲の収量影響について検討している。その予測では、移植日を現在のままと仮定し、気温、日射量、大気中の二酸化炭素濃度の3つの環境変化に対する影響のみを考慮して評価しており、温暖化にともなう融雪水資源や害虫の影響等については考慮していないが、現在（1979～2003年平均）に比べて、2050年頃（2046～2065年）の水稲の収量は、北海道で26%増収、東北で13%増収し、近畿や四国では5%程度減収すると予測されている（図6.1）。この予測によると、埼玉県では、温暖化によって水稲の収量はやや減少し、豊作と凶作の振れ幅である変動係数が大きくなることが予測されている。

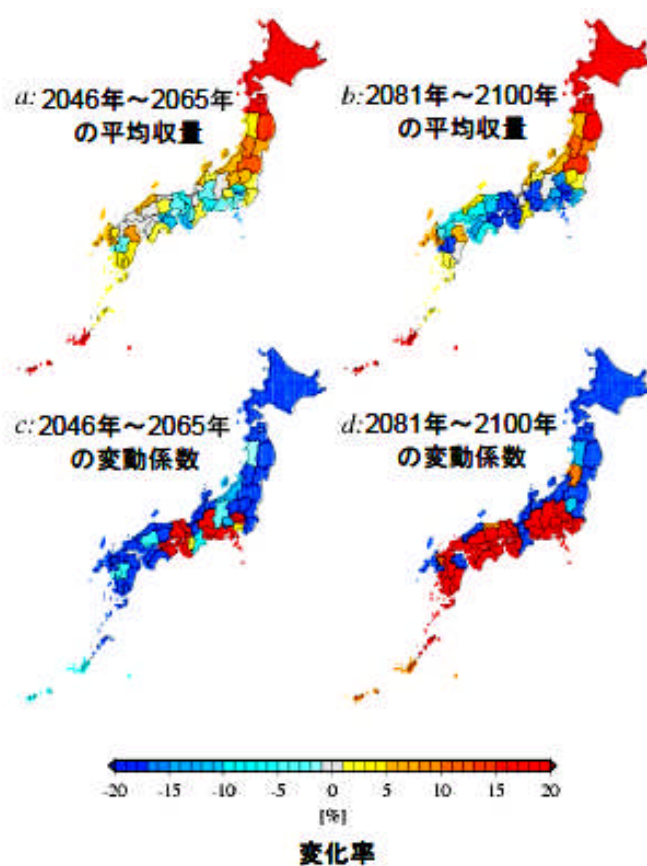


図 6.1 気候変動シナリオ（MIR0C, A1B）によるコメの収量の変化推計

（地球温暖化「日本への影響」（2008）より）

a, b: 平均収量、c, d: 20 年間の収量の変動係数（標準偏差と平均との比）の変化率を表す。
変化率は対象期間の値（2046～2065 年あるいは 2081～2100 年）と現在の値（1979～2003 年）との差と現在の値との比で定義した

温暖化による水稲の収量が変わるのは、温度は水稲の成長、収量形成、品質などの様々な過程に大きな影響を及ぼすためである。生育時の気温が上昇すると葉や茎などの成長を早める一方で、水稲の生育期間が短縮されるため収量に影響を及ぼす。また、高温はコメの白未熟粒や胴割れ米などの外観品質の低下を引き起こす可能性がある（図 6.2）。さらに開花時の高温は不稔を引き起こすため、収量減少の原因となることが懸念されている（図 6.3）。



図 6.2 コメの胴割れ

(農林水産研究開発レポート N0.23「地球温暖化が農林水産業に与える影響と対策」(2007)より)

胴割れ米は精米時に碎けやすく、食味低下に関係する。また、一見整粒にみえても(左)、光を当てると玄米内部に軽微な割れを生じている(右、矢印)。

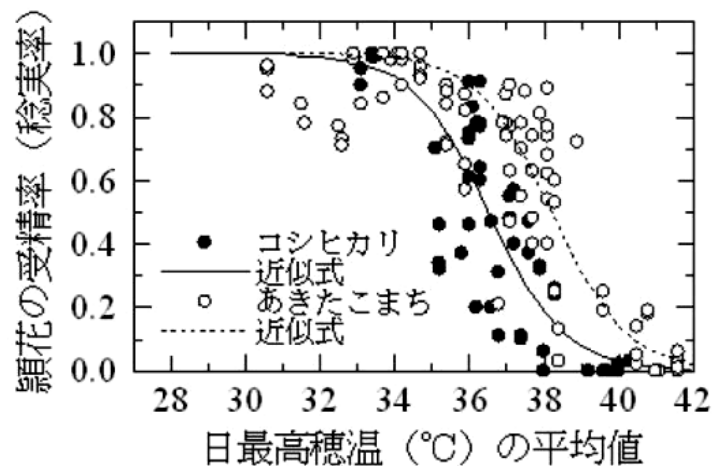


図 6.3 イネの穂温と稔実率との関係

(農林水産省農林水産技術会議事務局 研究成果 442 「地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価および対策技術の開発」より)

6.1.2 その他の作物に及ぼす影響

埼玉県の水稲の生産量は 29,200 トンと全国第 6 位 (2006 年産) であり、主要な生産県の一つである。麦は、冬季の高温化により幼穂形成や茎立ちが早まり、寒さに弱い幼穂が凍霜害を被るリスクが高まる (藤田, 1997、杉浦ら, 2006)。また、温暖化によって、赤かび病などの増加や登熟期間の短縮による減収や品質の低下、さらには、稈長増大による倒伏増加などが指摘されている。

大豆では、温暖化によって、害虫であるハスモンヨトウの発生の増加や生存の長期化が指摘されている (杉浦ら, 2006)。また、農林水産省 (2007) によると、青立ち (莢さやは熟しているが茎葉が青いままで収穫を迎える症状で、収穫時に青汁が出て大豆表面に付着して汚粒発生の原因となる)、生育の抑制、収量や品質低下、病虫害の増加が懸念されている。

埼玉県における 2006 年産の大豆の作付面積は、713ha (生産量は 1,180 トン) となっており作付面積は減少傾向であるが、温暖化による影響は主に関東以南で顕在化し始めており、将来的な影響の増大も懸念される。

参考文献:

- ・ 地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見－. 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム (2008)
- ・ 地球温暖化が農林水産業に与える影響と対策. 農林水産研究開発レポート N0.23 (2007)
- ・ 地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価および対策技術の開発. 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究成果 442 (2008)
- ・ 藤田雅也. 凍霜害回避型早生コムギに関する育種学的研究. 九州農業試験場報告 32, 1-50. (1997)
- ・ 杉浦俊彦、住田弘一、横山繁樹、小野洋. 農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査. 研究調査室小論集 7, 1-66. (2006)
- ・ 品目別地球温暖化適応策レポート, 1-52. 農林水産省 (2007)
- ・ 気候変動への賢い適応. 環境省 地球温暖化影響・適応研究委員会報告書 (2008)
(http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rc_eff-adp/)

6.1.3 果樹生産への影響

果樹は、移動させることが困難で、数十年にわたり生産を続けなければならないが、温暖化の影響により栽培適地が変化することが予測されている。リンゴの現在の栽培地は道北、道東および西南暖地の平野部を除く広い地域に広がっているが、栽培適地は徐々に北上し、2060年代には北海道はほぼ全域が適地になる一方、関東以南はほぼ範囲外となる可能性があると予測されている。

一方、温州ミカンの栽培適地は、現在は西南暖地の沿岸地域であるが、温暖化が進行すると、2020年代に山陰地方などの日本海沿岸が栽培適地になり、2040年以降には東北地方や北陸の一部も栽培適地となると予想されている。埼玉県は、現在は温州ミカンの栽培適地ではないが、温暖化が進行すると温州ミカンの栽培適地となる可能性がある (図 6.4)。

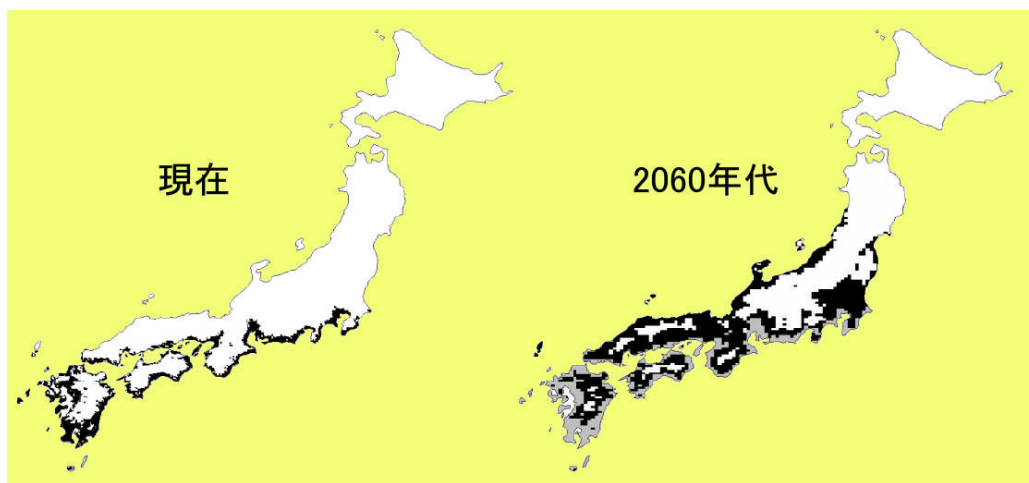


図 6.4 温州ミカンの栽培に適する年平均気温 (15~18℃) の分布の温暖化による変化
黒色:栽培適地、白:栽培適温より低い地域、灰色:栽培適温より低い地域(現在の値は 1971~2000 年の平均値)
(地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価および対策技術の開発. 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究成果 442(2008)より抜粋)

また、高温によって果皮の着色が遅くなったり、阻害されたりすることが (図 6.5)、ブドウ (内藤ら, 1986; 苫名ら, 1979)、リンゴ (苫名・山田, 1988; 山田ら, 1988)、カキ (中条ら, 1973)、温州ミカン (井上・銭, 1988; 栗原, 1969; 宇都宮ら, 1982) など報告されており、温暖化が進行によって様々な果樹の品質低下が懸念されている。



図 6.5 高温によるブドウの着色障害

(農林水産研究開発レポート N0.23「地球温暖化が農林水産業に与える影響と対策」(2007)より抜粋)

埼玉県における主要な果樹生産は、ナシ（生産量は 11,900 トンで全国第 8 位（2006 年））、クリ（生産量は 749 トンで全国第 5 位（2006 年））などである。また、本県の観光農業の主力果樹としてブドウ（生産量は 1,580 トン）が挙げられる。これらの果樹についても、温暖化などによる地域の気候の変化によって様々な悪影響が発現する可能性が十分にある。

参考文献:

- ・ 地球温暖化が農林水産業に与える影響と対策. 農林水産研究開発レポート N0.23 (2007)
- ・ 苫名 孝・山田 寿. 1988. 栽培地を異にしたリンゴ果実の品質と気温との関係. 園学雑. 56: 391-397.
- ・ 山田 寿・浜本 清・杉浦 明・苫名 孝. 1988. リンゴ果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 57: 173-177.
- ・ 内藤隆次・山村 宏・村田清美. 1986. ブドウ「巨峰」果実の着色に及ぼす気温および日照の影響. 島根大農研報. 20: 1-7.
- ・ 苫名 孝・宇都宮直樹・片岡郁雄. 1979. 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響. (2) ブドウ「巨峰」果実の着色に及ぼす樹体及び果実の環境温度の影響. 園学雑. 48: 261-266.
- ・ 中条利明・橋本忠幸・葦澤正義. 1973. カキ果実の生長, 品質に及ぼす温度の影響. II 果実肥大期における昼夜温度処理. 香川大農学報. 25: 25-34.
- ・ 井上 宏・銭 長発. 1988. 生理落果終了後のウンシュウミカン果実の肥大と品質に及ぼす温度の影響. 香川大農学報. 40: 31-36.
- ・ 栗原昭夫. 1969. 制御環境下における温州ミカン果実の生長反応. I. 9 月以降の温度が果実の発育ならびに着色・品質に及ぼす影響. 園試報. A8: 15-30.
- ・ 宇都宮直樹・山田 寿・片岡郁雄・苫名 孝. 1982. ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 51: 135-141.

6.1.4 茶・野菜の生産などへの影響

埼玉県の茶の栽培面積は 1,130ha で全国 8 位（2007 年）であり、狭山茶などが特産品として知られている。

水野（2002）は、緑茶品種の「やぶきた」について、最寒月の日最低気温の月平均値に基づいて、平均気温が 2℃ 上昇、4℃ 上昇した場合の茶の栽培地帯区分を検討している（図 6.6）。なお、暖地は「南九州以南」、温暖地は「東海地方から四国、九州(南九州を除く)」、冷涼地は「関東地方以北及び各地の高冷地」に対応し、さらに、生存不能な枯死域、生存は可能であるが生産には向かない限界地、および「やぶきた」などが十分に生産能力を発揮できない亜熱帯に分類されている。

その結果によると、温暖化により栽培地帯区分は変化するが、栽培に不適な亜熱帯区分地域の著しい拡大は見られない。しかし、島嶼や臨海部ではかなり影響があると予想されている。本推定によると、埼玉県の栽培地帯区分は、「冷涼地」から「温暖地」に変わるが、生産に与える影響は少ないと予想される。

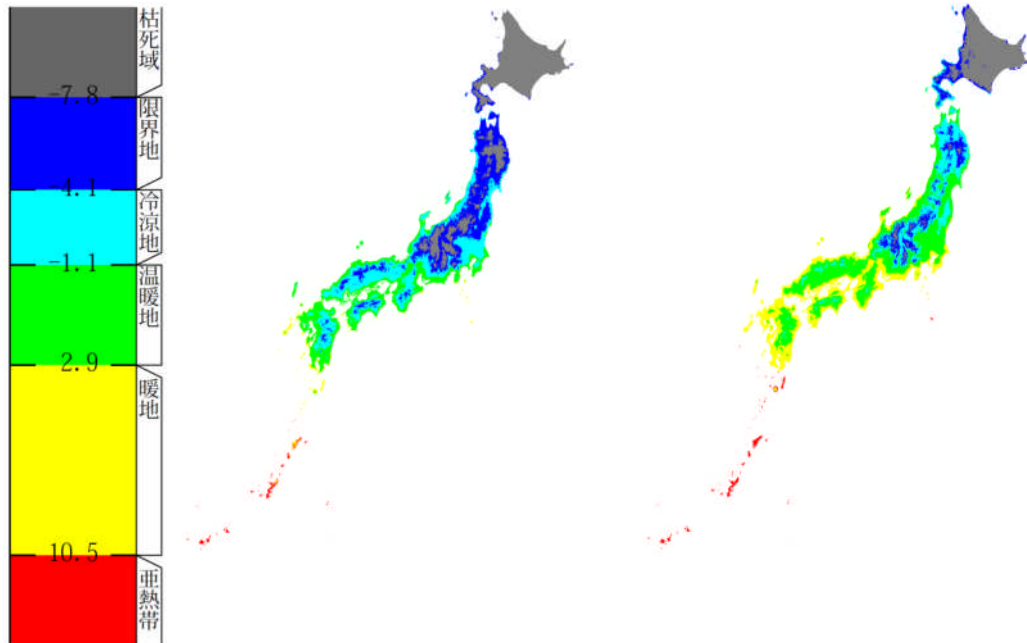


図 6.6 現在（左）、4℃上昇時（右）における「やぶきた」栽培地帯区分の分布

（水野，2002：<http://cse.tea.affrc.go.jp/nmizuno/zoning/index.html>）

ホウレンソウについては、高温の影響は物質生産に直接関係し、気温が 3℃上昇すると生長量は 12～18%程度減少するとシミュレーションモデルによって予測されている（農林水産省，2008）。

また、レタスについては、生産性に対しては高温の影響はあまり見られない。しかし、商品価値に係る茎（抽台茎：とう）の伸長は気温上昇の影響を受ける。気温が 3℃上昇すると、抽台茎の長さがレタス球の商品価値を損なうとされる 5cm に達する日数が 5～8 日早まることによって収量減となることが予測されている（農林水産省，2008）。

埼玉県の野菜生産は、農業産出額の約 4 割を占めている。その中でもホウレンソウは作付面積が 2,210ha（2006 年）で最も栽培面積が大きい。今後、温暖化が進行すると生産量の減少が十分に予想されるため、本県の野菜生産への悪影響が懸念される。

参考文献：

- ・ 水野直美．茶の精密栽培地帯区分図の作成と温暖化シミュレーション．茶業研究報告 93, 62-69 （2002）
（<http://cse.tea.affrc.go.jp/nmizuno/zoning/index.html>）
- ・ 農林水産省．地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価および対策技術の開発．農林水産省農林水産技術会議事務局 研究成果 442 （2008）

6.2 光化学オキシダント（オゾン）の農作物への影響

4.1 で示した様に、埼玉県は全国でも有数の高濃度オキシダント発生地域であるだけでなく、その濃度はいまだに増加傾向である。さらに、国立環境研究所の温暖化影響総合予測プロジェクト報告書によると、北関東地域のオゾン濃度は、現状より 2031～2050 年で最大 6ppb 程度、2081～2100 年で最大 10ppb 程度上昇すると予測されている。

光化学オキシダントの主成分であるオゾンは、非常に酸化性の高い物質であり、農作物や自然植生に様々な悪影響を及ぼすことが明らかになっているため、光化学オキシダントの農作物へのリスク評価は温暖化問題の一面として非常に重要である。

近年の世界的な行政の取り組みとして、アメリカ環境保全局（USEPA）において、改定した大気オゾン基準が公表され、オゾンの第2次基準として「植生等の保護に関するオゾン基準」が提案されている。また、ヨーロッパにおいても同様に様々なプロジェクトの下に検討が進められてきており、国連欧州経済委員会（UNECE）の臨界負荷量（閾値）や世界保健機関（WHO）のガイドラインなどとして、植物保護のためオゾン基準が提唱されている（酸性雨研究センター、2005）。

オゾンの植物に及ぼす影響は非常に複雑で多岐にわたっているが、植物の生理機能、成長、収量などを低下させる。最も顕著な影響としては、葉の可視障害が挙げられる。図 6.7 に示したように、植物がオゾンに曝されると茶褐色や白色の斑点状の障害が現れる。さらに高濃度もしくは長期間曝されると壊死にいたる。また、オゾンはクロロフィルや Rubisco などの光合成を行なうために重要な色素や酵素の含量や活性などを低下させることにより純光合成速度の低下を引き起こす。そのため光合成同化産物量が減るため、植物の成長や収量も減少する（図 6.7）。また、オゾンは同化産物の転流阻害を引き起こすため、葉や茎に比べて根の成長量の減少が比較的顕著であることもオゾンの植物影響の一つである（野内、2001）。



図 6.7 光化学オキシダント（オゾン）による葉の可視被害と異なる
光化学オキシダント条件がコマツナの生育に及ぼす影響

参考文献

- ・ 大気環境変化と植物の反応. 野内 勇. 養賢堂 (2001)
- ・ 増えつづける対流圏オゾンの脅威. 対流圏オゾン冊子編集委員会. (財)日本環境衛生センター 酸性雨研究センター (2005) (<http://www.adorc.gr.jp/adorcjp/doc/ozone.pdf>).

6.2.1 光化学オキシダントの農作物リスクの検討

6.2.1.1 埼玉県および関東地域の主要な水稻品種の収量に及ぼす光化学オキシダントの影響

現状レベルの光化学オキシダントの主成分であるオゾンが水稻の収量に及ぼす影響と、将来的に光化学オキシダント濃度が上昇した際の水稻の収量に及ぼす影響を検討した (Yonekura et al., 2005)。関東地方で比較的多く生産されているコシヒカリ、キヌヒカリ、あきたこまち、ひとめぼれ、朝の光、日本晴、トヨニシキ、彩のかがやき、サキハタモチの水稻 8 品種、陸稲 1 品種を用い、オゾン濃度の制御が可能な大型オープントップチャンバー実験において検討を行った (図 6.8、図 6.9)。



図 6.8 オゾン濃度の制御可能な
オープントップチャンバー

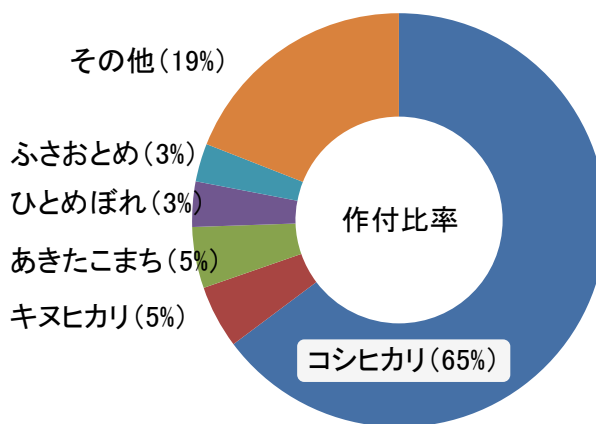


図 6.9 関東地方における主要なイネの品種
(H14 年度農水省統計)

図 6.10 は、それぞれの水稻品種において、1 ヶ月間(30 日間)値に換算した昼間の 40ppb 以上のオゾン濃度の積算値である AOT40 と、浄化空気区の収量を 100 とした時の各オゾン処理区の収量の相対値(相対収量)との関係を示している。なお、横軸の AOT40 は、現在、国連欧州経済委員会 (UNECE) や世界保健機関 (WHO) において採用されている植物に及ぼすオゾンリスク評価に採用されているオゾン指標である。オゾンがイネの収量に及ぼす影響について検討した結果 (図 6.10)、9 品種のイネのすべてにおいて収量はオゾン濃度の増加に伴って低下し、関東地方のイネの総生産量の約 65% を占める品種であるコシヒカリは比較的オゾンの悪影響を受けやすいことが明らかになった。なお、関東地方で作付面積の上位 3 品種を比較すると、オゾンの収量への影響を受けにくい順にキヌヒカリ > コシヒカリ > あきたこまちであり、埼玉県の上位 3 品種で比較すると、オゾンの収量への影響を受けにくい順にキヌヒカリ > 朝の光 > コシヒカリであった。すなわち、オゾン影響のみを考慮した場合、埼玉県などの関東地方においてはコシヒカリやあきたこまちよりキヌヒカリを生産した方がオゾンによるイネの生産量の低下が少ないことが示唆された。しかしながら、植物のオゾン感受性や収量の低下程度は、気温などの他の環境要因によって変化するため、複数年にわたるオゾン暴露実験が必要であり、現在も環境科学国際センターにおいて評価実験を実施している。

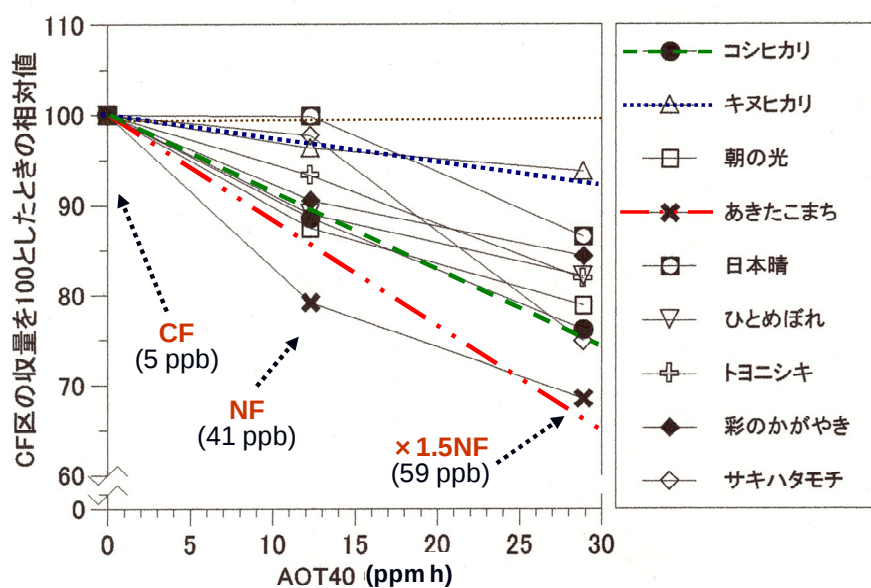


図 6.10 オゾンが水稻の収量に及ぼす影響
(AOT40 と浄化空気区 (CF 区) の収量を 100 としたときの相対収量)
(括弧内の濃度は育成期間中の昼間の平均オゾン濃度)

さらに、本実験結果に基づいて現状レベルおよび 2050 年の埼玉県のオゾンがイネの収量をどの程度低下させるか試算した (図 6.11)。その結果、埼玉県における現状のオゾン濃度で、イネの収量は 5~10% 程度低下する可能性があると考えられた。今後、オゾン濃度がこのままの割合で増加し続けると、2050 年の濃度レベルは、実験レベルでの収量影響で約 20% 程度の収量低下が予測され、オゾンによる悪影響の増大することが予想された。本試算は実験に用いた 8 品種の直線回帰式を用いて行なったため、コシヒカリやあきたこまちなどのオゾンの悪影響を受けやすいことが明らかになった品種では、図 6.10 の予測値より収量の低下は著しくなる可能性があるなお、本結果は 1 年間の試験のみで検討しているため、今後も複数年にわたる実験等を行い、水稻品種のオゾン感受性などの検討を行う必要性がある。

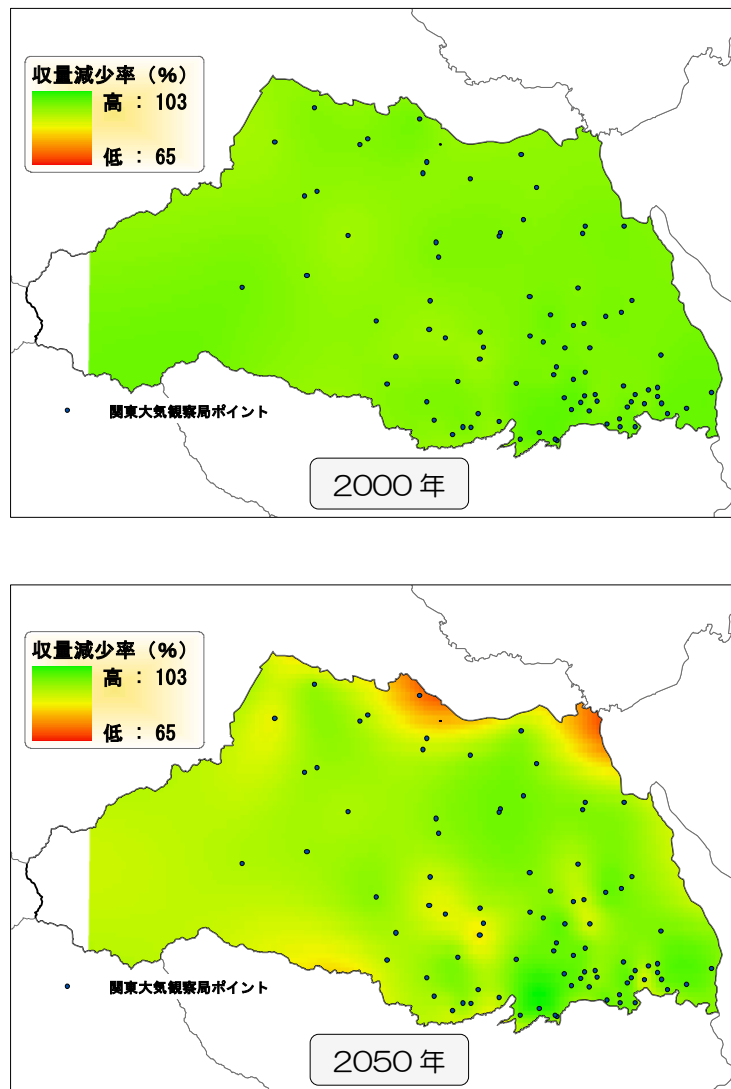


図 6.11 現状（2000 年）および将来（2050 年）レベルの
オゾンが関東地方の水稲の収量に及ぼす影響の予測

参考文献

- Impacts of tropospheric ozone on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). Yonekura, T., Shimada, T., Miwa, M., Arzate, A. and Ogawa, K. *Journal of Agricultural Metrology*, 60: 1045-1048 (2005)
- 大気環境変化と植物の反応. 野内 勇. 養賢堂 (2001)
- 植物保護のための対流圏オゾンのクリティカルレベル. 伊豆田 猛・松村秀幸. *大気環境学会誌*, 32(6): A73-A81 (1997)

6.2.1.2 都市近郊で栽培されている野菜の収量に及ぼす光化学オキシダントの影響

埼玉県などの都市近郊地域で栽培され、比較的短期間(1~2 ヶ月)で収穫するコマツナ、チンゲンサイ、サントウサイ、タアサイ、ハツカダイコン、コカブ、サラダナ、シュンギク、シソおよびハネギについて光化学オキシダント（オゾン）の影響を検討した結果、オゾン感受性は、サラダナ>シュンギク≧ハネギ≧サントウサイ>タアサイ>ハツカダイコン≧コカブ>コマツナ>チンゲンサイの順に高く（シソについては有意な関係性が認められなかったため、検討から除外）、オゾンによる収量影響が受けやすいと考えられる。なお、図 6.12 は、それぞれの農作物において、1 ヶ月間(30 日間)値に換算した昼間の 40ppb

以上のオゾン濃度の積算値である AOT40 と、浄化空気区の収量を 100 とした時の各オゾン処理区の収量の相対値(相対収量)との関係を示している。また、横軸の AOT40 は、現在、国連欧州経済委員会 (UNECE) や世界保健機関 (WHO) において採用されている植物に及ぼすオゾンリスク評価に採用されているオゾン指標である。また、それらのオゾンリスク評価においては、収量がー5%時における AOT40 値をオゾンが悪影響を及ぼす閾値として検討されている。本試験においてもヨーロッパの評価手法を用いてオゾンリスクの評価を行ったところ、オゾンが悪影響を及ぼす閾値(収量がー5%時における AOT40 値)は、1 ヶ月の AOT40 値で、1.2 (サラダナ) ~2.1 (チンゲンサイ) ppm・h であった。なお、2 シーズン (5 月~11 月) にわたり、それぞれの作物種とも 5~6 回試行を行った結果である。

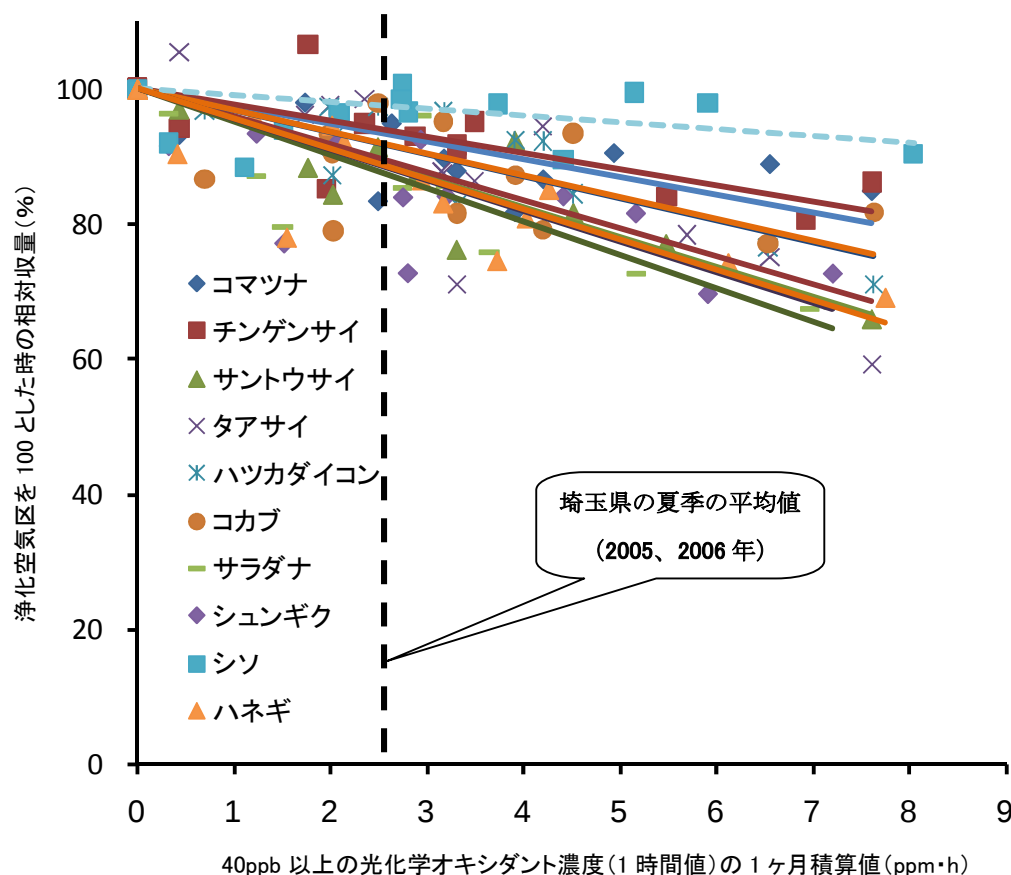


図 6.12 10 種の農作物における AOT40 と相対収量との関係
(それぞれ育成期間が異なるが、すべて 1 ヶ月間値に換算した)

本実験レベルでの結果を基にヨーロッパにおけるオゾンリスク評価手法を改良し、オゾンに強い作物種、中庸の作物種、弱い作物種について、オゾンによる収量減少が 5%未満を「適正地域」、収量減少が 5~10%を「許容レベル」、収量減少が 10~15%を「注意レベル」、収量減少が 15%以上を「警告レベル」として、4 段階のリスク評価を埼玉県と東京都を対象にして行った。オゾンに比較的強いと考えられるチンゲンサイで、現状レベルの夏季のオゾン濃度において収量減少が 5~10%の「許容レベル」を示し(図 6.13)、オゾン耐性が中庸と思われるコカブでは、大部分の地域において収量減少が 10~15%の「注意レベル」を示していた(図 6.14)。最もオゾンに弱いと思われるシュンギクでは、大部分の地域において収量減少が 15%以上の「警告レベル」であることが明らかになり(図 6.15)、すでに現状レベルのオゾン濃度が、比較的オゾンに弱い作物種に悪影響を及ぼしていることが示唆された。

さらに、オゾンは、葉に可視的な障害を発現させるため、特に葉菜などでは商品価値を低下させるなど、品質への影響が危惧される。

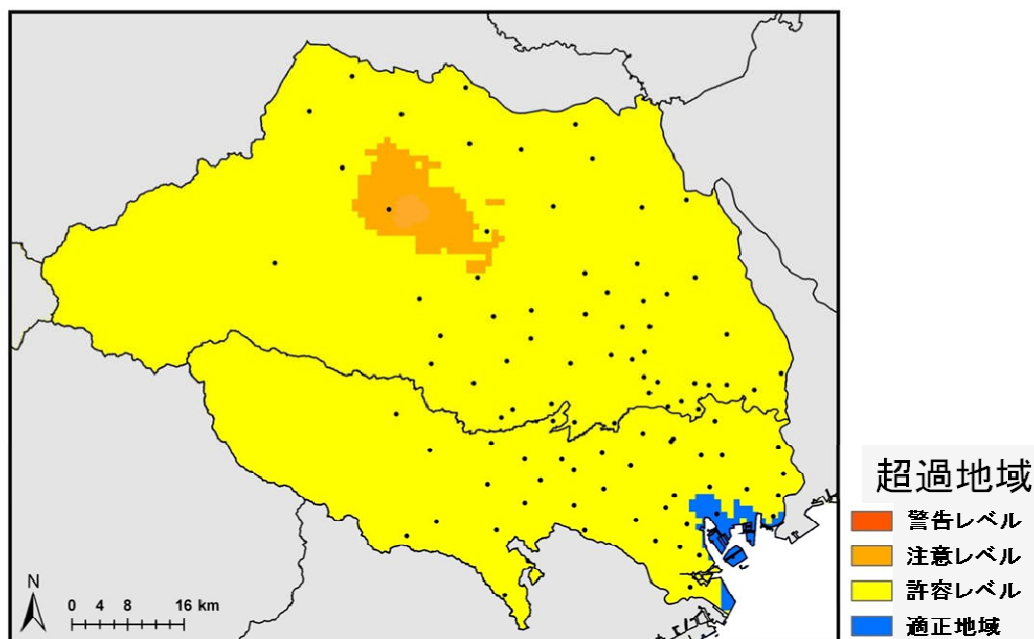


図 6.13 チンゲンサイ（オゾン耐性：強）の収量に対するオゾンのリスク評価
（オゾンによる収量減少が5%未満を「適正地域」、収量減少が5～10%を「許容レベル」、収量減少が10～15%を「注意レベル」、収量減少が15%以上を「警告レベル」としてその超過地域を評価した）

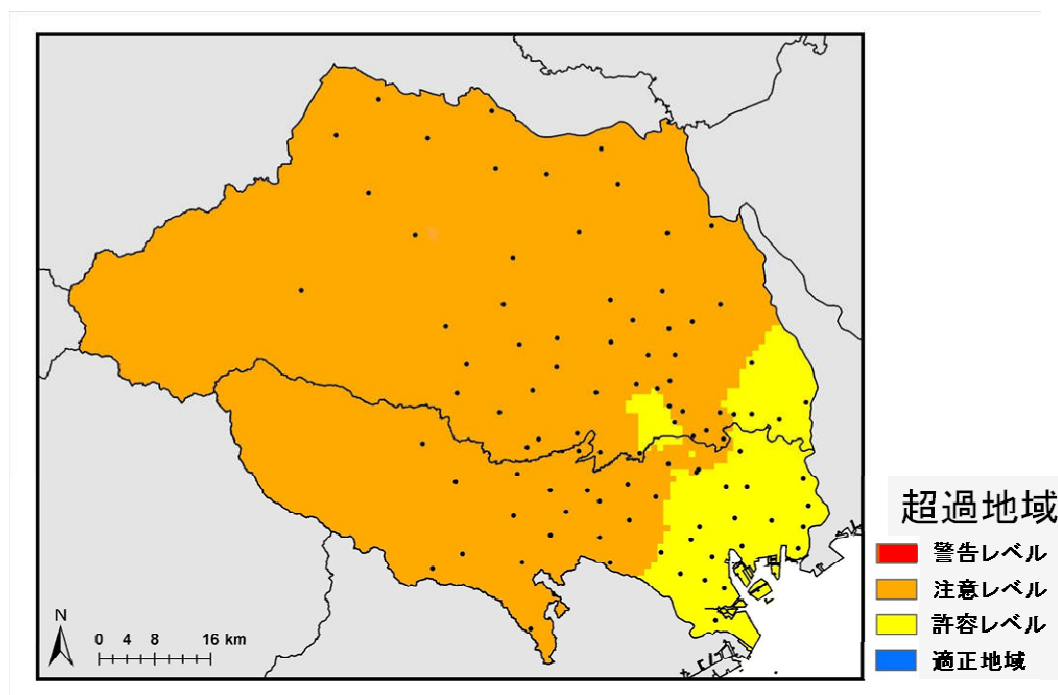


図 6.14 コカブ（オゾン耐性：中）の収量に対するオゾンのリスク評価
（オゾンによる収量減少が5%未満を「適正地域」、収量減少が5～10%を「許容レベル」、収量減少が10～15%を「注意レベル」、収量減少が15%以上を「警告レベル」としてその超過地域を評価した）

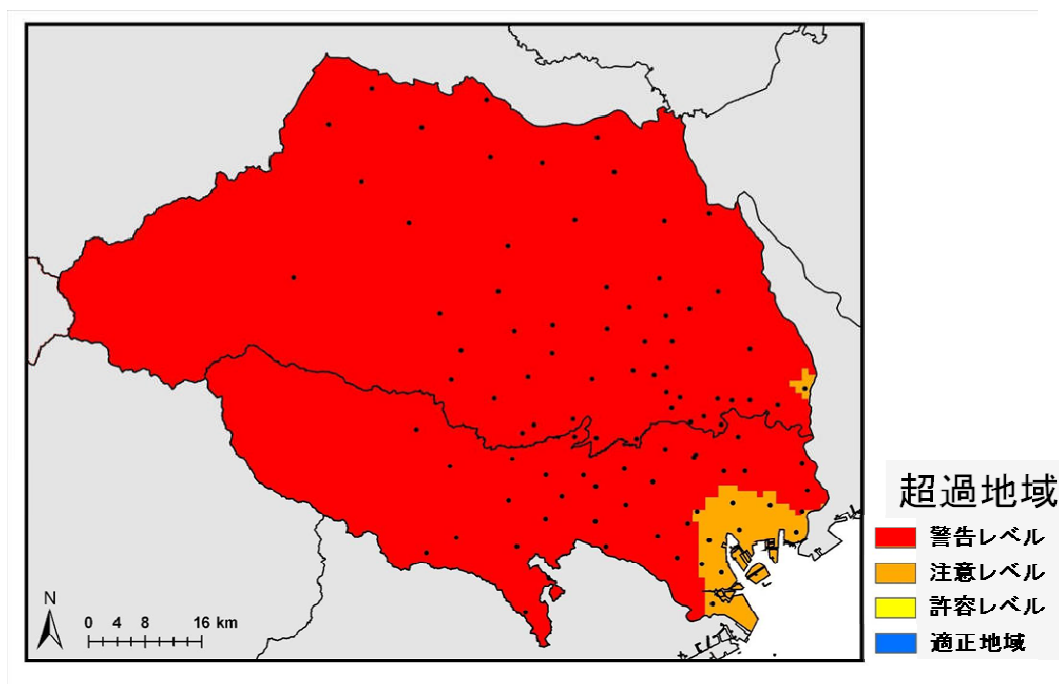


図 6.15 シュンギク（オゾン耐性：弱）の収量に対するオゾンのリスク評価
（オゾンによる収量減少が5%未満を「適正地域」、収量減少が5～10%を「許容レベル」、収量減少が10～15%を「注意レベル」、収量減少が15%以上を「警告レベル」としてその超過地域を評価した）

参考文献

- ・ 都市近郊農作物の収量に対するオゾンのクリティカルレベルの評価。米倉哲志、篠原慎弥、伊豆田猛、三輪誠、小川和雄。第48回大気環境学会年会（2007）

6.2.1.3 野菜の収量に及ぼす光化学オキシダントと高濃度二酸化炭素の複合影響

温暖化の主要な原因物質である二酸化炭素および、都市大気汚染物質である光化学オキシダント（オゾン）の濃度上昇が起こった際に、コマツナやハツカダイコンなどの都市近郊で多く栽培されている野菜の収量に及ぼす影響を検討した。

現状レベルの二酸化炭素濃度（380ppm）と高濃度二酸化炭素（760ppm）においてオゾン濃度が上昇した際のコマツナの収量に及ぼす影響を検討した結果（図 6.16）、高濃度二酸化炭素になると、オゾンの感受性が低くなる（オゾン耐性が大きくなる）ことが明らかになった。二酸化炭素が増加すると成長が促進し、その結果オゾンによる悪影響が緩和される可能性を示唆している。

一方、現状レベルの二酸化炭素濃度（380ppm）と高濃度二酸化炭素（760ppm）においてオゾン濃度が上昇した際のハツカダイコンの収量に及ぼす影響を検討した結果（図 6.16）、コマツナとは異なり、高濃度二酸化炭素による成長促進してもオゾンによるハツカダイコンの地下部の成長影響程度は変わらなかった。すなわち、二酸化炭素が増加してもオゾンによる悪影響は緩和されない可能性を示唆している。

本研究のみからでは断定は出来ないが、コマツナのような葉菜は、二酸化炭素濃度が上昇するとオゾン影響は緩和され、ハツカダイコンのような根菜のオゾン影響は二酸化炭素濃度が上昇しても変わらないと考えられる。

本試験結果を基に、二酸化炭素濃度が現状レベルの2倍になり、さらにオゾン濃度が現状レベルより30ppb上昇した時のそれぞれの作物における収量影響を関東地域で検討したところ、埼玉において現状より収量に及ぼす影響が大きくなる可能性がある（図 6.17）。

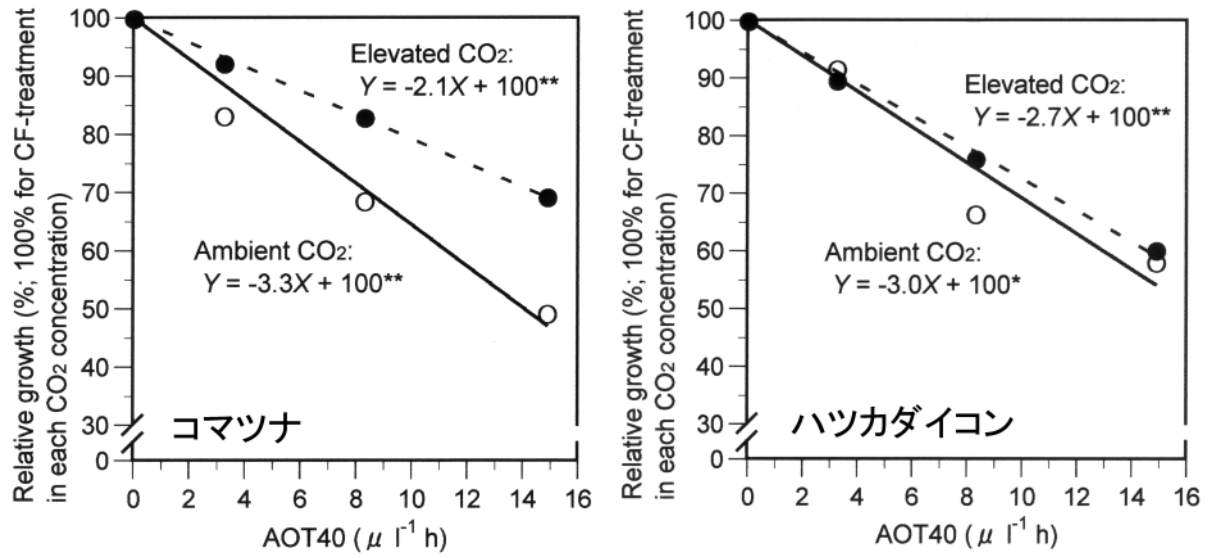


図 6.16 異なる二酸化炭素濃度におけるコマツナとハツカダイコンの成長（収量）に及ぼすオゾンの影響
 (図は、それぞれの二酸化炭素濃度条件下においてオゾン濃度が 5ppb 以下で育成した時の成長量を 100%とした
 ときの相対成長量で示している)

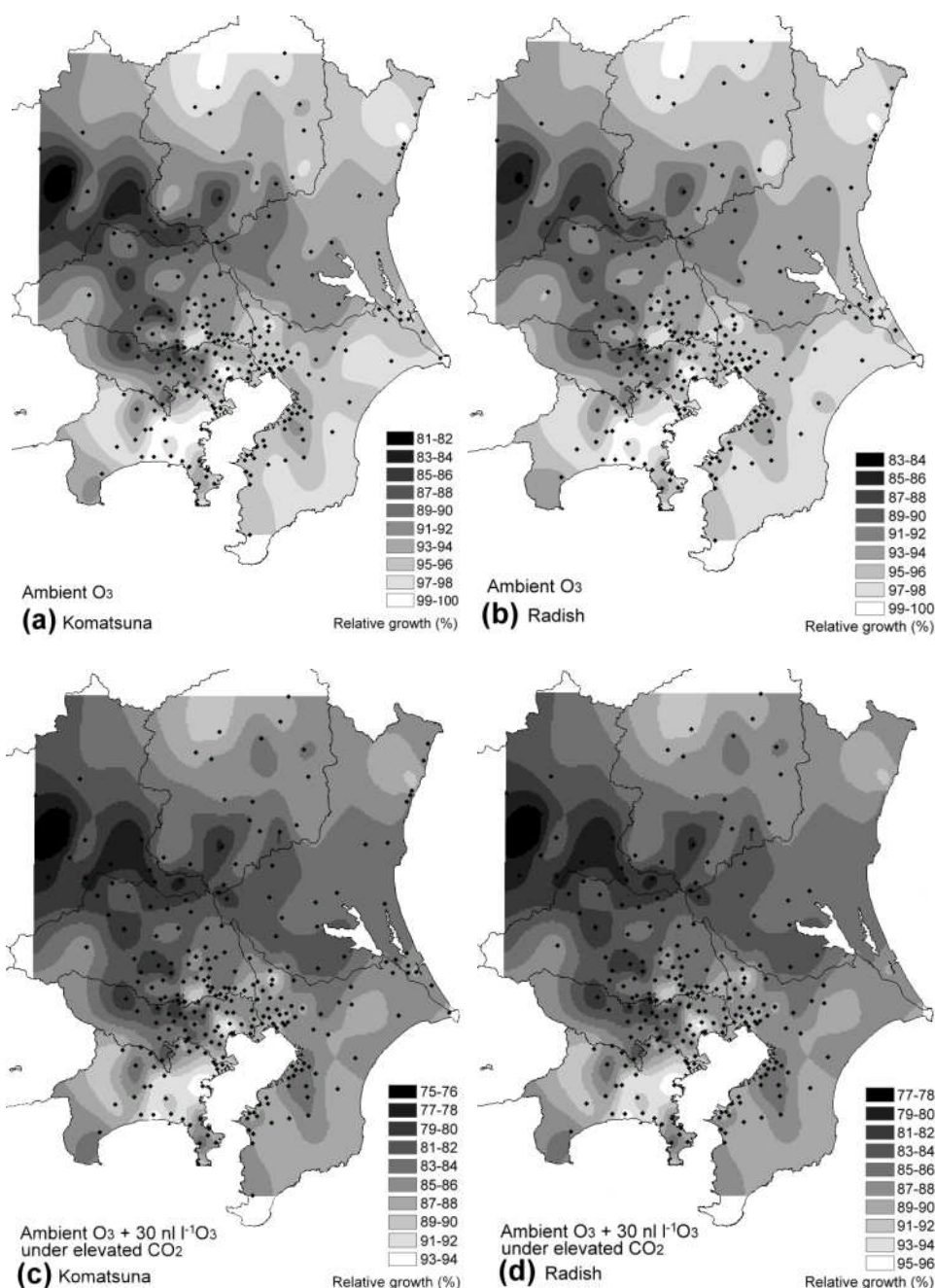


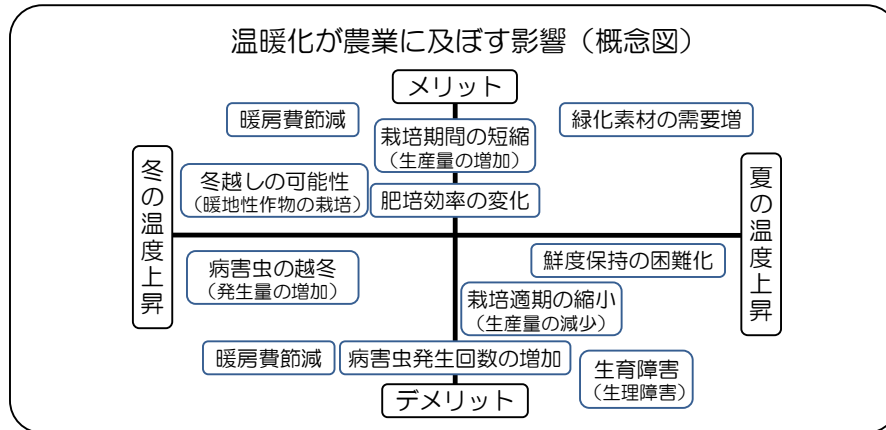
図 6.17 現状レベルの二酸化炭素濃度条件下における現状レベルのオゾンがコマツナ (a) とハツカダイコン (b) の収量に及ぼす影響、および高濃度二酸化炭素条件下でオゾン濃度が現状レベルより 30pp 上昇した時におけるコマツナ (c) とハツカダイコン (d) の成長に及ぼす影響
(図は、それぞれの二酸化炭素濃度条件下においてオゾン濃度が 5ppb 以下で育成した時の成長量を 100%としたときの相対成長量で示している)

参考文献

- Impacts of O₃ and CO₂ enrichment on growth of Komatsuna (*Brassica campestris*) and Radish (*Raphanus sativus*). Yonekura, T., Kihira, A., Miwa, M., Izuta, T. and Ogawa, K. *Phyton*, 45(4): 229-235 (2005)

コラム 気候温暖化に対応する埼玉農業の取組

埼玉県農林部では、温暖化の予測を踏まえ「気候温暖化対応農業プロジェクト」を設置（平成 19 年 11 月）し、「気候温暖化に対応する埼玉農業の取組について（検討状況中間報告）」を平成 20 年 3 月に取りまとめました。



この中間報告を踏まえ、平成 20 年度は 3 つの視点から温暖化対策を検討しています。

1 つ目は、水稲、ねぎ、日本なし等県内で作付けが多い農作物 14 品目について気温上昇に伴う影響やその対応策について検討を行っています。

栽培技術対応策を策定中の作物等

水稲、麦類、大豆、ねぎ、ほうれんそう、トマト、いちご、かんしょ、日本なし、ぶどう、りんご、植木、枝物、鉢花

2 つ目は、気候温暖化の進行を見据え、商品価値が見込まれる作物 10 品目をリストアップし、作物の特性を把握し、本県における栽培の可能性を探る研究を開始しました。

試験研究作物（品目）

- 果 樹 温州みかん、中生柑橘（不知火、ぽんかん等）、びわ、マンゴー
- 野 菜 ブラックトマト、グリーントマト、タイナス
- 花 き 観賞用パイン
- 樹 木 ニッケイ、タブノキ

3 つめは、農業と緑（植物）の持つ気温上昇緩和機能を発揮させるため、平成 20 年度はヘチマやゴーヤ、サツマイモ等を使って手軽に安価で日陰を作り、夏を涼しく過ごす「緑の衣作戦」を実施しています。県庁舎をはじめとする 19 の県施設等で取り組んでいる他、51 件の個人、企業、学校などがモニターとして県内各地で実践しています。



7 温暖化の健康影響

IPCC4 次評価報告書によれば、温暖化による健康影響は、直接的影響、間接的影響、社会経済システム崩壊による影響に分けて考えられている。

埼玉県は内陸県として日本一の暑さを記録していること、また、日本一の光化学スモッグ多発県であることから、本報告では、直接的な影響として熱中症を、間接的な影響として光化学オキシダント汚染悪化による死亡リスクについて検討した。

7.1 気温上昇の健康に及ぼす影響（熱中症）

熱中症は、高温環境下で、体温の調節機能が破綻するなどして、体内の水分や塩分（ナトリウムなど）のバランスが崩れ、発症する障害の総称で、死に至る可能性のある病態である。

本報告では、埼玉県消防防災課が集計した 2007 年の熱中症（疑い含む）救急搬送数を基礎情報として、熱中症と気温の関係について整理すると共に、将来 2050 年、2100 年での気温上昇下での搬送者数の増加の可能性について検討し、以下の結果を得た。

7.1.1 埼玉県における 2007 年の熱中症の実態

消防防災課が集計した 2007 年の熱中症（疑い含む）救急搬送数を表 7.1、地域別搬送者数を表 7.2 に示す。

表 7.1 救急搬送人数の推移

年別	搬送人数＊	傷病程度別			
		死亡	重症	中等症	軽症
2007 年	681	20	35	255	371
	(+378／55.5%増)	(+20)	(+26)	(+151)	(+181)
2006 年	303	0	9	104	190
2005 年	304	0	11	117	176

【傷病程度：凡例】 死亡：初診時において死亡が確認されたもの、重症：3週間以上の入院加療を必要とするもの、中等症：入院を必要とするもので重症に至らないもの、軽症：入院を必要としないもの

＊ 搬送人数は救急隊により医療機関へ収容後、医師の初診により、熱中症（疑い含む）等と診断したもの及び救急隊が搬送時の状況等から、暑さに伴う体調不良と判断したものを合算したものである。調査対象は平日の 8:30～16:15 で、死亡者のみ 24 時間体制で調査している。不搬送事例を含むのは死亡者のみ。

表 7.2 2007 年の地域別搬送人数

	消防本部名	搬送人数	傷病程度別			
			死亡	重症	中等症	軽症
1	さいたま市	121	3	3	34	81
2	熊谷市	21	2		6	13
3	川口市	40		5	17	18
4	行田市	13		1	8	4
5	所沢市	12		1	5	6
6	春日部市	14		2	4	8
7	狭山市	8	1		4	3
8	羽生市	11		1	5	5
9	深谷市	18	2		8	8
10	上尾市	27		3	16	8
11	草加市	25	1	3	8	13
12	越谷市	17	2	1	7	7
13	蕨市	11			4	7
14	戸田市	13			3	10
15	入間市	12			5	7
16	鳩ヶ谷市	9			4	5
17	八潮市	7		2	3	2
18	三郷市	16			7	9
19	蓮田市	4				4
20	幸手市	4	1		1	2
21	伊奈町	1			1	
22	白岡町	2				2
23	杉戸町	9				9
24	朝霞地区(組)埼玉県南西部	47		3	19	25
25	久喜地区消防組合	19	1	1	8	9
26	秩父	8	1		3	4
27	入間東部地区消防組合	20			10	10
28	吉川松伏消防組合	5	1		2	2
29	児玉郡市広域消防組合	17	1	1	8	7
30	坂戸・鶴ヶ島消防組合	12			2	10
31	比企広域	33		1	10	22
32	川越地区消防局	43	2	4	15	22
33	加須地区消防組合	11		1	2	8
34	埼玉県央広域	25	1	2	12	10
35	西入間広域消防組合	11	1		6	4
36	埼玉西部広域	15			8	7
合計		681	20	35	255	371

2005 年、2006 年の搬送者数は 300 余であったが、日本一の気温を記録した 2007 年は 681 人と一挙に倍加し、少なくとも 2 年間無かった死亡者が 20 人を記録した。地域別ではさいたま市など県の南部に多い傾向がみられた。

なお、これらの数値は、死亡者数以外はあくまでも平日の午前 8:30～午後 4:15 分の搬送者数である。

2008 年の 7 月 1 日から 8 月 25 日までの救急搬送者数の平日昼間の日報の合計は 438 人、翌日の確定者数は土日を含め 1112 人で 2.54 倍であることから、2007 年も同様な傾向であると仮定すると、7、8 月の全日の搬送者数は 681 人の 2.54 倍で 1730 人が搬送されたものと推察される。

7.1.2 埼玉県における熱中症救急搬送者数と気温の関係

熱中症と気温との関係を明らかにするため、調査期間中の全救急搬送者数、及び中等症以上の救急搬送者数と、その日の最高気温について図 7.1、7.2 に、また、両者の関係について図 7.3、7.4 に示した。

気温データは、当所がヒートアイランド調査事業で実施している小学校百葉箱での観測結果のうち、さいたま市内 8 か所の平均値を用いた。

2007 年は、8 月上旬になると連日 30℃を超える日が続き、熱中症搬送者数が徐々に増加した。16 日には 40℃を超過し、搬送者数も 120 人に達した。死亡者は 16 日の 9 人をピークに 10 日から 21 日に集中していた（図 7.1、7.2）。また、図 7.3、7.4 からは気温が高いほど搬送者が増加する傾向があること、高温日が連続するとことで搬送者数が増えること等が明らかである。

搬送患者が出始める閾値は 25℃以上で、30℃を超過すると搬送者数が増え始め、35℃を超えると急増する傾向が示されている。

2007 年 7、8 月における埼玉県の 1 日当たり傷病程度別搬送者、死亡者数と日最高気温の関係を図 7.5 に示した。熱中症による死亡者は 36℃で発生し、40℃で 9 人と急増しており、今後、気温の上昇に伴い死亡者数が急増する可能性がある。

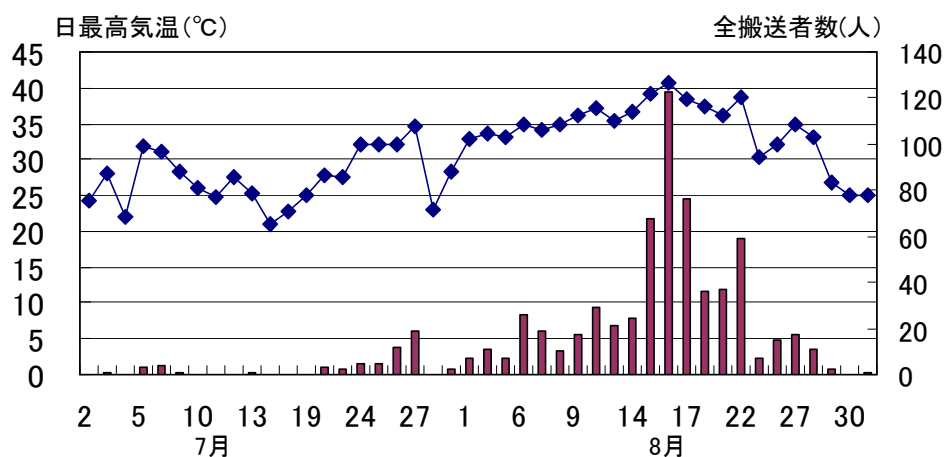


図 7.1 埼玉県における救急搬送者数と日最高気温の推移

(2007 年 救急搬送者数は平日 8:30～16:15)

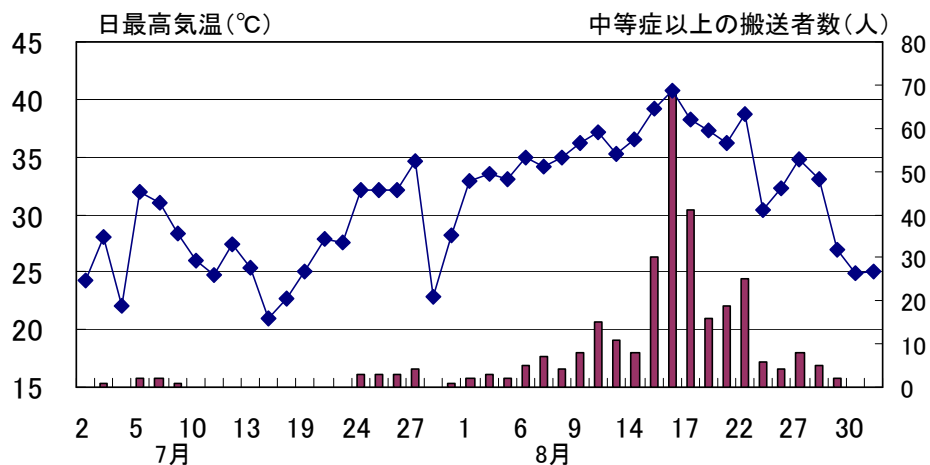


図 7.2 埼玉県における中等症以上の救急搬送者数と日最高気温の推移
(2007 年 救急搬送者数は平日 8:30～16:15)

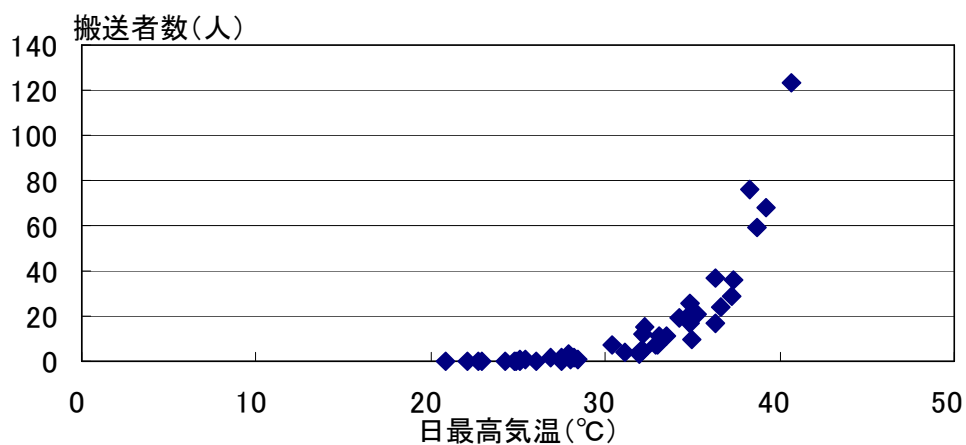


図 7.3 日最高気温と全救急搬送者数との関係
(埼玉県 2007 年 救急搬送者数は平日 8:30～16:15)

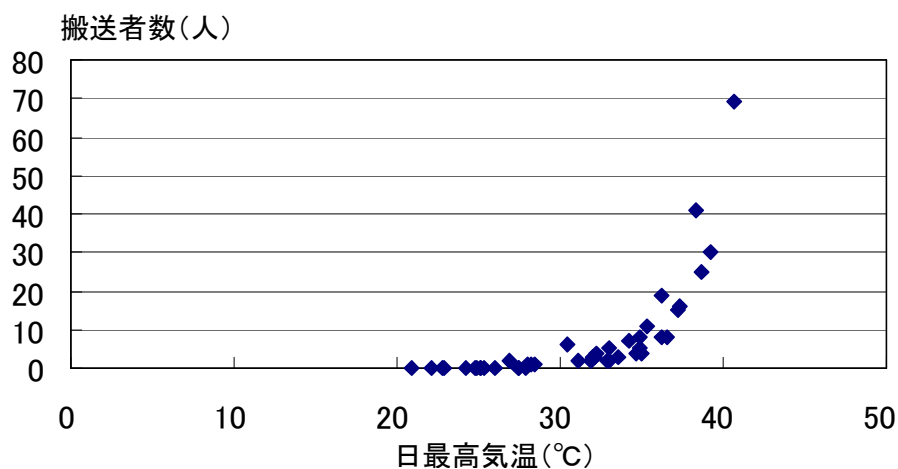


図 7.4 日最高気温と中等症以上の救急搬送者数との関係
(埼玉県 2007 年 救急搬送者数は平日 8:30～16:15)

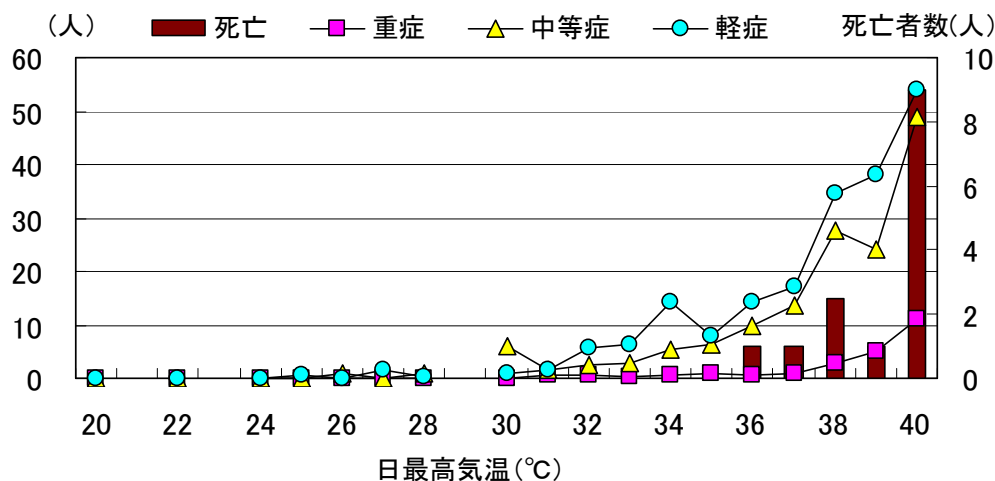


図 7.5 日最高気温と1日当たり傷病程度別搬送者、死亡者数との関係

(埼玉県 2007 年 搬送者数は 8:30~16:15、死亡者数は 24 時間の集計)

7.1.3 熱中症による救急搬送者数の推定

2050 年及び 2100 年に、気温が 2.3℃から 4.3℃上昇すると予測されていることから、その時、埼玉県内で、どれだけの救急搬送者数となるかを試算した。ここで試算した救急搬送者数は、6 月から 9 月の、平日の昼間 8:30 分から 16:15 分までの数値である。推定方法は以下のとおりである。

- ① 2007 年 7~8 月の 2 か月間の日最高気温別救急搬送者数から、1 回当たりの搬送者数を算出した。
- ② 熱中症が発症する可能性のある 6 月から 9 月の気温別出現頻度を集計した。
- ③ 2050 年は 2℃、2100 年は 4℃上昇すると仮定し、6 月から 9 月の気温別出現頻度をそれぞれ 2℃、4℃だけ高温側にシフトさせ、搬送者数算出の基礎数字とした。
- ④ 2007 年の気温別救急搬送者数では、「高温なのに搬送者数が少ない」等の逆転現象などがみられることから、予測に当たっては最も再現性の高い指数近似式を作成した。即ち、2007 年 7~8 月の 2 か月間の救急搬送者数と日最高気温(25℃以上)の関係は(図 7.5)、平日昼間の救急搬送者数を Y、日最高気温を X とすると、

$Y = 0.0003 * EXP * 0.3152X$, ($R^2 = 0.917$) となり、高い相関で近似される。

上式の X に 25℃から 41℃までの日最高気温を代入し、日最高気温別の搬送者数(1 日当たり)を求め、それに③で 2℃、4℃スライドさせた気温別出現頻度を乗じて搬送者数を求めた。

- ⑤ 6 月から 9 月の全搬送者数は、④の値に、前述の、2008 年 8 月 25 日までの救急搬送の日報と翌日の確定値の倍率 2.54 を乗じて算出した。

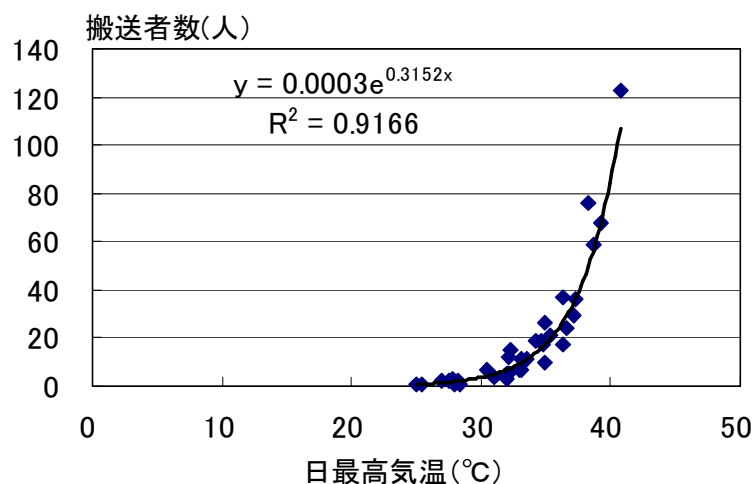


図 7.5 気温 25℃以上時の日最高気温と全救急搬送者数
(平日 8:30～16:15) の関係 (2007 年、埼玉県)

結果は表 7.3 に示した。前述のように、2007 年 7、8 月の平日、昼間の搬送者数は 681 人であったが、年間とも言える 6 月から 9 月の平日昼間の指数近似式による推定搬送者数は 979 人であった。

表 7.3 気温が 2℃、4℃上昇時の推定救急搬送者数

	7、8 月実数	6～9 月推定値(指数近似式)		
	2007 年	2007 年	+2℃	+4℃
平日昼間	681	979	1679	2984
全日	1730	2487	4265	7580

+2℃は概ね 2050 年、+4℃は概ね 2100 年を想定。全日は平日昼間の数値を 2.54 倍したもので、今年、数年間の実績によって修正する必要がある。

6 月から 9 月の全日の救急搬送者数(概ね年間に相当)は、2008 年の実績では日報値と確定値で 2.54 倍の相違があることから、2007 年の搬送者数は $979 \times 2.54 = 2487$ 名と推定された。

将来、2050 年、2100 年に想定される 2℃～4℃の気温上昇時にはそれぞれ 4265 名、7580 名の救急搬送者が推定され、それぞれ 2007 年の、1.7 倍、3 倍に増加するものと推定された。

なお、熱中症の発症には社会状況の変化やエアコンの有無等で影響されるが、それは変わらないことを前提として推定した。また、熱中症は年齢や発生場所の影響も大きいが、詳細は今後の課題としたい。また、埼玉県の人口は、2015 年頃をピークに減少傾向になるとの予測もあり、2050 年、2100 年には現在の人口を下回ると考えられているが、高齢化も進む。本報告が緊急報告であることから、あえて補正していない。

少なくとも、何の対策もとらなければ、将来、埼玉県で熱中症患者が著しく増える可能性が高い。

7.2 光化学オキシダント（オゾン）の健康に及ぼす影響

光化学オキシダントによる健康への被害は個人差があるが、一般的に目やのどに痛みを感じ、重症者になると呼吸困難、けいれんなどの症状があらわれる。光化学オキシダントが原因と考えられる被害者届け出人数は、年変動はあるが近年増加傾向にある（図 7.6）。

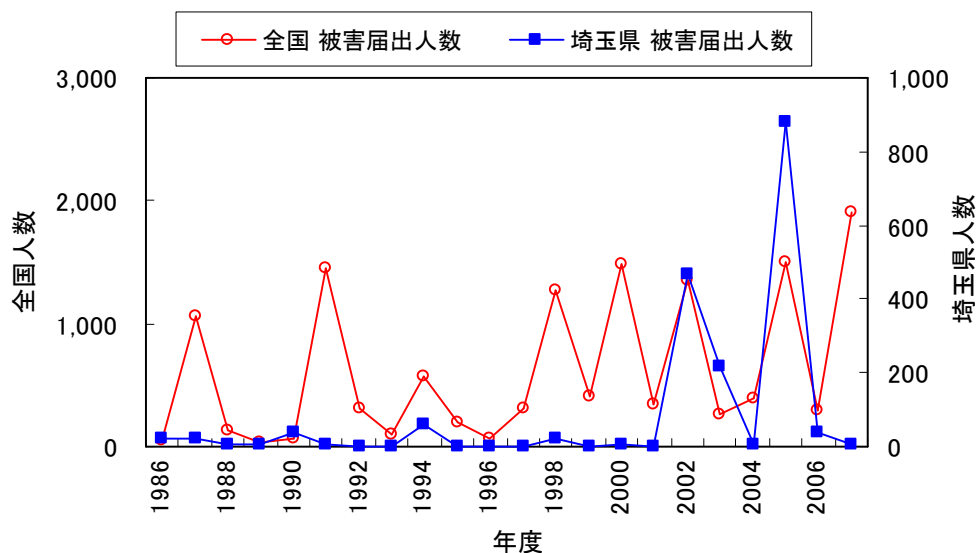


図 7.6 光化学オキシダントによるとと思われる被害届出人数の推移

オゾンが光化学オキシダントの主成分（90%以上）であることから、過去には光化学オキシダントのヒトの健康影響に関するリスク評価が行なわれていたが、現在は世界的にオゾンに関するリスク評価が実施されている。

光化学オキシダント（オゾン）の暴露を受けた場合には、呼吸器系に対する炎症が生じる。特に肺実質に悪影響があると考えられている。世界保健機関の国際化学物質安全性計画・環境保健クライテリア（IPCS-EHC 1979）によると、実験動物に高濃度のオゾンを急性吸入暴露すると、肺に浮腫や出血が生じる。暴露を受けた動物の半数が死亡する 50%致死濃度は 6.0ppm であり、0.2～1.0ppm で肺の終末気管支や肺胞などの上皮細胞、血管内皮細胞に変化が生じると報告されている。

世界保健機関の欧州地域専門家委員会（WHO-ROE）では、従来の指針値であるオゾン濃度の 1 時間値 150～200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （0.075～0.1ppm）を 2000 年に 8 時間平均値の 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （0.06ppm）へと改定した。その根拠として、ヒトにおける呼吸器系に対する影響（呼気量低下、喘息発作の増加、入院の増加など）をもとにしている（WHO-ROE 2000）。

また、カナダ環境省・保健省（CANADA-EC/HC 1999）では、参照レベルとして 1 時間値 20ppb と 25ppb を設定している。この濃度は、total non-accidental mortality rate（過剰死亡の意味と考えられる）は 20ppb 程度で認められ、呼吸器系の障害による入院に関しては 25ppb 程度で認められることを理由に設定されている。

一方、日本では、大気汚染に係る環境基準（環境庁告示第 25 号、昭和 48 年 5 月 20 日）で、光化学オキシダントの濃度は 1 時間値が 0.06ppm 以下であることとされており、オキシダント濃度が 0.12ppm を継続して超過すると判断される場合には、オキシダント注意報（光化学スモッグ注意報）が発令される。しかしながら、世界的な健康リスク評価を基にすると、光化学スモッグ注意報が発令される濃度以下であってもヒトの健康に何らかの悪影響を及ぼしている可能性が十分に考えられる。なお、（独）産業

総合技術研究所の詳細リスク評価書「オキシダント（オゾン）」によると、80ppb が閾値として提唱されている。

また、『地球温暖化「日本への影響」』によると、オゾンの濃度上昇は、死亡リスクを増加させる可能性があることを指摘しており、埼玉県では、65 歳以上の死亡率が、2031～2050 年の 6 月～8 月（すなわち 20 年×3 ヶ月＝60 ヶ月）に 0.31%、2081～2100 年の 6 月～8 月（すなわち 20 年×3 ヶ月＝60 ヶ月）に 0.82%増加すると予想されている（図 7.7）。

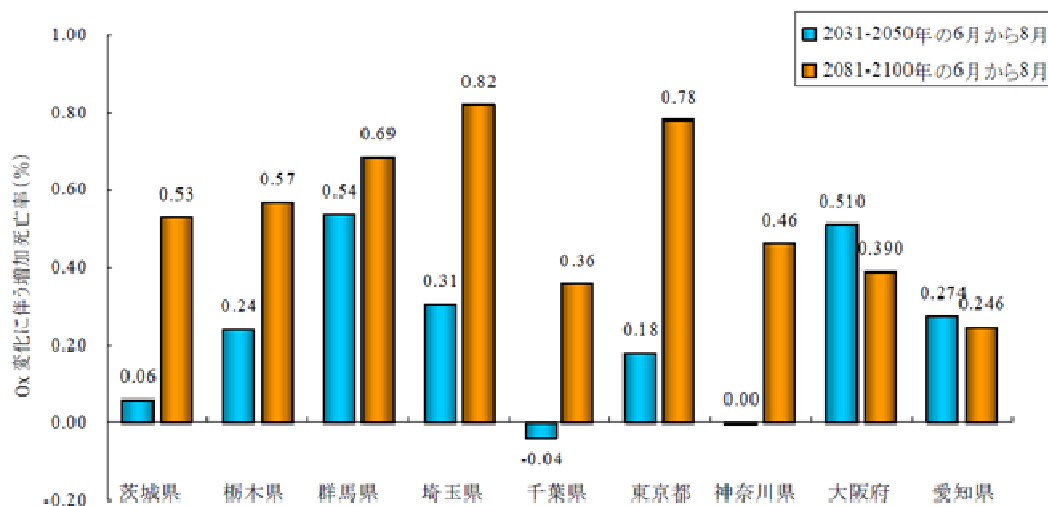


図 7.7 光化学オキシダント濃度上昇に伴う死亡率の増加

※都市集中型の社会シナリオを用いて 65 才以上を対象とした 6～8 月の 20 年間の増加死亡率
（地球温暖化「日本への影響」(2008) より）

参考文献

- International Program on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 7, Photochemical Oxidants. IPCS-EHC (1979)
- World Health Organization, Regional Office for Europe, Air quality guidelines for Europe. WHO-ROE (2000).
- Environment Canada, Health Canada. National Ambient Air Quality Objectives For Ground-Level Ozone, 1999. CANADA-EC/HC (1999)
- 地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見－. 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム (2008)
- 詳細リスク評価書「オキシダント（オゾン）」. 産業総合研究所化学物質リスク管理研究センター編著 (2007)

緊急レポート

地球温暖化の埼玉県への影響

2008 年 8 月

埼玉県環境科学国際センター 温暖化影響評価プロジェクトチーム
(小川和雄、竹内庸夫、嶋田知英、武藤洋介、米倉哲志)