

1.4.2 気候変動が果樹生産適地に及ぼす影響に係る影響評価 バイアス補正の報告書

1.1.4.2 気候変動が果樹生産適地に及ぼす影響に係る影響評価

気候変動による果樹の品質や収量への影響は、既に顕在化している。果樹は同じ木で 30 年以上栽培を継続することから、栽植の際にどの樹種を植えたら良いかを検討する必要があるが、現在では、意思決定に必要な果樹生産適地に関する将来予測情報が不足している。そのため、気候変動がもたらす主要果樹の生産適地に及ぼす将来影響を、最新の影響評価モデルや気候シナリオを活用して予測する。

2. バイアス補正を行う気候指標

影響評価に用いるバイアス補正を行う気候指標について、時間解像度、空間解像度、評価対象時期等一覧表に（表 1）に示した。また、バイアス補正を行う対象範囲を図に示した。

表 1 バイアス補正を行う指標

	内容
データセット	農研機構農環研データセット (DS_STAT_NIAES_ver2.7_r)
気候指標	月平均気温、日最低気温
対象範囲	全国
空間解像度	3 次メッシュ
時間解像度	日別値
対象時期	現況 (1981 年～2000 年)
バイアス補正 に用いる観測 データ	【データ名】メッシュ農業気象データ (Obs_R3m_Daily)
	【入手方法】農研機構農環研から入手
	【概要】アメダス観測点における観測値は、観測点標高と 3 次メッシュの平均標高差 1000m 当たり 6℃の気温減率を用いて補正。非観測メッシュの気温は、全アメダス観測点の補正值のメッシュ平年値 2010 (統計期間 1981～2010、GCS_JGD_2000) の日別平年値からの偏差を距離の・3 乗で重みづけして空間補間することで推定。
	【期間】1981 年～2000 年
	【気候指標】月平均気温、月平均日最低気温
	【空間解像度】3 次メッシュ
	【時間解像度】日別値



図 1 バイアス補正を行う対象範囲は全国

3. バイアス補正

3.1 月平均気温

3.1.1 気候シナリオの再現性（バイアスの状況の確認）

農研機構農環研提供の温暖化予測 GPV データセット (DS_STAT_NIAES_ver2.7_r) の 5 モデル (MIROC5、MRI-CGCM3、GFDL-CM3、HadGEM2-ES、CSIRO-Mk3-6-0) の再現実験 (1981-2000 年) の 3 次メッシュ毎の日別日平均気温から年次毎の日平均気温の月平均値 (月平均気温) を算定し、さらに月別に 20 年平均値を算定した後、1~12 月の月別平均値の平均を算定して、20 年間平均の日平均気温の年平均値 (年平均気温) とした。同時に、農研機構農環研提供のメッシュ農業気象データの 3 次メッシュ日別日平均気温 (1981-2000 年) から年次毎に日平均気温の月平均値 (月平均気温) を算定し、さらに月別に 20 年平均値を算定した後、1~12 月の月別平均値の平均を算定して、20 年間平均の日平均気温の年平均値 (年平均気温) とした。月平均気温を算定した全国の 3 次メッシュ 377,449 個を図 1 に、さらに 3 次メッシュの 20 年平均の日平均気温の全国平均を表 1 に示す。

表 1 に示されるように、3 次メッシュの再現実験の全国平均値は、単年度で見ると予測モデルごとに多少のばらつきはあるものの、20 年平均の値はいずれの温暖化予測モデルでもメッシュ農業気象データの全国平均値とはほぼ一致した。生じたわずかな偏差は計数整理上発生した誤差と考えられる。そのため、再現実験のデータセットでは、どの温暖予測モデルでも日平均気温の月平均値の 20 年間平均値では既に平均値の偏差は除去されていると判断された。

表 2 メッシュ農業気象データ（観測値）と DS_STAT_NIAES_ver2.7_r の年平均気温（℃）。1981-2000 年における全メッシュ平均。

	観測値	MIROC5	MRI	GFDL	HadGEM2	CSIRO
1981	9.36	11.00	10.83	11.34	9.51	10.48
1982	10.09	10.43	9.90	10.33	10.10	10.52
1983	9.91	9.59	10.62	9.11	9.85	9.98
1984	9.40	9.72	10.80	9.46	9.31	10.71
1985	10.08	9.77	10.69	10.10	9.93	11.18
1986	9.44	9.84	10.41	10.17	10.15	10.02
1987	10.31	10.37	9.87	10.70	10.10	9.86
1988	9.72	10.88	10.20	10.35	10.43	9.76
1989	10.68	10.06	10.71	9.86	9.56	10.34
1990	11.31	10.12	10.64	10.81	10.97	10.39
1991	10.70	9.90	10.38	10.28	10.97	9.59
1992	10.30	10.27	9.87	10.18	9.42	9.60
1993	9.92	9.95	10.50	9.91	9.01	10.19
1994	11.01	10.63	10.08	10.28	10.99	10.33
1995	10.25	11.29	10.31	10.88	10.23	10.69
1996	9.89	10.18	9.99	10.07	10.96	10.04
1997	10.58	9.94	10.20	10.73	11.36	10.28
1998	11.17	10.99	10.00	10.51	11.06	10.70
1999	10.90	10.52	10.27	10.05	10.59	10.51
2000	10.70	10.36	9.48	10.64	11.27	10.48
平均	10.29	10.29	10.29	10.29	10.29	10.28

3.1.2 補正方法

再現実験とメッシュ農業気象データの日平均気温の月平均値の 20 年間平均値には計数整
理上発生した誤差と思われるわずかな偏差が生じた。こうしたわずかな偏差も除去するた
めに、3 次メッシュの日平均気温の月平均値の 20 年平均の算定ではバイアス補正を実施し
た。

温暖化時のバイアス補正後の 3 次メッシュの日平均気温の月平均値の 20 年平均値（ θ_{mean3} ）は、3 次メッシュ予測値の同 20 年平均値（ θ_{yosoku3} ）をモデルの予測偏差、すなわち 3
次メッシュの再現実験の日平均気温の月平均気温の 20 年平均値の実況値に対する偏差（再
現実験月平均気温： θ_{saigen3} －メッシュ農業気象データの月平均気温： θ_{real3} ）だけ補正した
式(1)で定義される。

$$\theta_{\text{mean3}} = \theta_{\text{yosoku3}} - (\theta_{\text{saigen3}} - \theta_{\text{real3}}) \cdots (1)$$

ここで、補正対象は平均値だけなので式（1）は、

$$\theta_{\text{mean3}} = \theta_{\text{real3}} + (\theta_{\text{yosoku3}} - \theta_{\text{saigen3}}) \cdots (2)$$

と変形しても同値である。そのため、式(1)でバイアス補正する代わりに、式(2)から現在の3次メッシュの月平均気温を温暖化による月平均気温の上昇分だけ上昇させて推定してもよいことが分かる。そこで、今回はメッシュ農業気象データの月平均気温を温暖化予測モデル・シナリオ毎に月平均気温の上昇分だけ上昇させることで温暖化時の3次メッシュの月平均気温を推定した。

表3 月平均気温のバイアス補正方法

	内容
気候指標	月平均気温
方法	月平均気温の20年平均値の平均偏差の補正
概要	温暖化予測モデル・シナリオ毎の予測実験と再現実験から算定した月平均気温の上昇分だけメッシュ農業気象データの月平均気温を昇温させることで推定
参考文献	

3.1.3 バイアス補正結果

日平均気温の月平均値の20年平均値の平均偏差を3次メッシュ毎に解消するように補正している。そのため、補正後には平均偏差は全てゼロとなる。

なお、影響評価に用いた気候指標の月平均気温は、平均値だけが指標として用いられるため、その年々変動等を考慮する必要はなく、年々の偏差の自乗和の平方根(RMS)などに着目する変動状態の補正は不要である。

3.2 月平均日最低気温

3.2.1 気候シナリオの再現性（バイアスの状況の確認）

果樹生産適地の評価では、品目によっては寒害の発生を想定して最低気温を考慮する必要がある。そこで、日最低気温を日平均気温と同様に整理した。その結果、3次メッシュ毎の日最低気温の月平均値の20年平均値の全国平均は、前項の日平均気温の平均値同様に、いずれの温暖化予測モデルでも再現実験の結果とメッシュ農業気象データとはほぼ一致した（図表略）。これは、3次メッシュの月毎の20年平均値で見ても同様であって、月平均値に生じた差はわずかで計数整理上の誤差と考えられ、再現実験は月平均値レベルで既に平均偏差は除去されていると判断された。

3.2.2 補正方法

再現実験とメッシュ農業気象データの日最低気温の月平均値の20年間平均値には計数整理上発生した誤差と思われるわずかな偏差が生じた。こうしたわずかな偏差も除去する

ために、3 次メッシュの日最低気温の月平均値の 20 年平均の算定ではバイアス補正を実施した。

この場合の補正は月平均気温と同様で、バイアス補正後の 3 次メッシュの日最低気温の月平均値 ($\theta_{\min 3}$) は、3 次メッシュ予測値 ($\theta_{y\min 3}$) をモデルの予測偏差、すなわち 3 次メッシュの再現実験の平均偏差 (再現実験月平均最低気温: $\theta_{\text{msaigen}3}$ —メッシュ農業気象データの月平均最低気温: $\theta_{\text{mreal}3}$) だけ補正した式(3)で定義される。

$$\theta_{\min 3} = \theta_{y\min 3} - (\theta_{\text{msaigen}3} - \theta_{\text{mreal}3}) \cdots (3)$$

ここで、式 (3) は

$$\theta_{\min 3} = \theta_{\text{mreal}3} + (\theta_{y\min 3} - \theta_{\text{msaigen}3}) \cdots (4)$$

と変形しても同値である。そのため、式(3)でバイアス補正をする代わりに、式(4)で現在の 3 次メッシュの日最低気温の月平均値を温暖化による気温上昇分だけ上昇させて推定してもよいことが分かる。そこで、今回はメッシュ農業気象データの日最低気温の月平均値を月毎に温暖化予測モデル・シナリオ毎の日最低気温の月平均値の上昇分だけ上昇させることで温暖化時の月平均最低気温として推定した。

3.2.3 バイアス補正結果

月平均気温と同様に月平均日最低気温の値の 20 年平均の平均偏差は、上記の方法で完全に補正される。

しかしながら、果樹の影響評価で用いられる最低気温は、日最低気温の年間の最低値(極温)である。そこで、上記のようなバイアス補正を行ったあとの日最低気温データに関し、毎年、年最低気温の再現実験(1981-2000 年)とメッシュ農業気象データの差(再現実験の年最低気温の 20 年平均値—メッシュ農業気象データの年最低気温の 20 年平均値)を 3 次メッシュ単位で評価した結果を図 2(MIROC)、図 3 (MRI-CGCM3、GFDL-CM3、HadGEM2-ES、CSIRO-Mk3-6-0)に示す。

図 2、3 から、年最低気温については、再現実験とメッシュ農業気象データの差が、日最低気温の月平均値の平均偏差を補正してもほとんど補正されていないことが分かる。これは、農研機構農環研から入手した DS_STAT_NIAESver2.7_r のデータセットでは日最低気温の月平均値については平均偏差の補正がなされているが、日最低気温の年々変動や日々変動については未補正か補正が不十分なためと推定される。再現実験とメッシュ農業気象データの日最低気温の月平均値の差は 3 次メッシュ 377, 449 個を個別にみても $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内と計数整理上誤差の範囲内と判断されたが、年最低気温の差は平均偏差を補正しても MIROC5 で最大 3.0°C 、最小で -3.9°C 、MRI で最大 2.7°C 、最小 -4.1°C と極めて大きく、日最低気温の月平均値(月平均日最低気温)を補正しただけでは不十分で、さらに月平均値周りの変動の補正が必要であると結論付けられる。

この補正法について検討した。温暖化時の日最低気温は、現在の日最低気温を月毎に最低気温の上昇量だけ上昇させた状態に対応すると仮定する。そのため、現在の年次毎月毎の最

低気温の極を月毎の最低気温の上昇量だけ上昇させた後、年次毎に年間の極を選び出し果樹への影響評価を実施した。ただ、現在の年最低気温を生起月の気温上昇量だけ上昇させて温暖化時の年最低気温とすると、月によって気温上昇量が異なるため、現在は年間の極でない月の月最低気温が温暖化時には年間の極になる可能性がある。そのため、現在の月毎の日最低気温の極を温暖化による月毎の気温上昇量だけ上昇させて、改めて年最低気温を調べる必要がある。

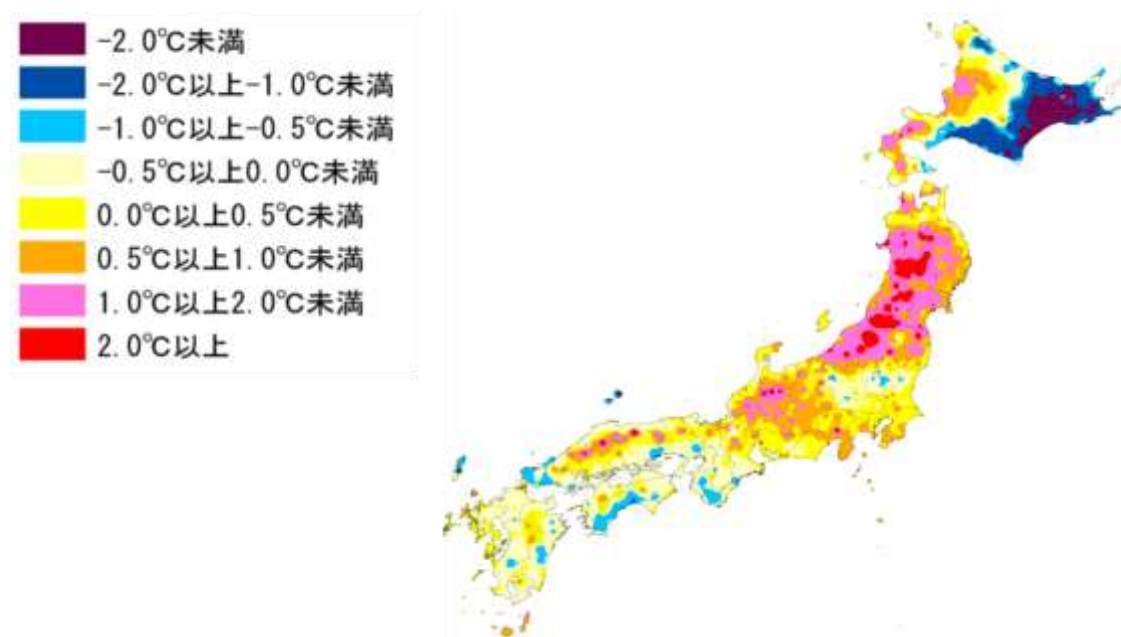


図2 年最低気温（1981-2000年平均値）の再現実験（MIR0C5）とメッシュ農業気象データの差（再現実験－メッシュ農業気象データ）。再現実験の月最低気温の平均値の偏差は補正済み。

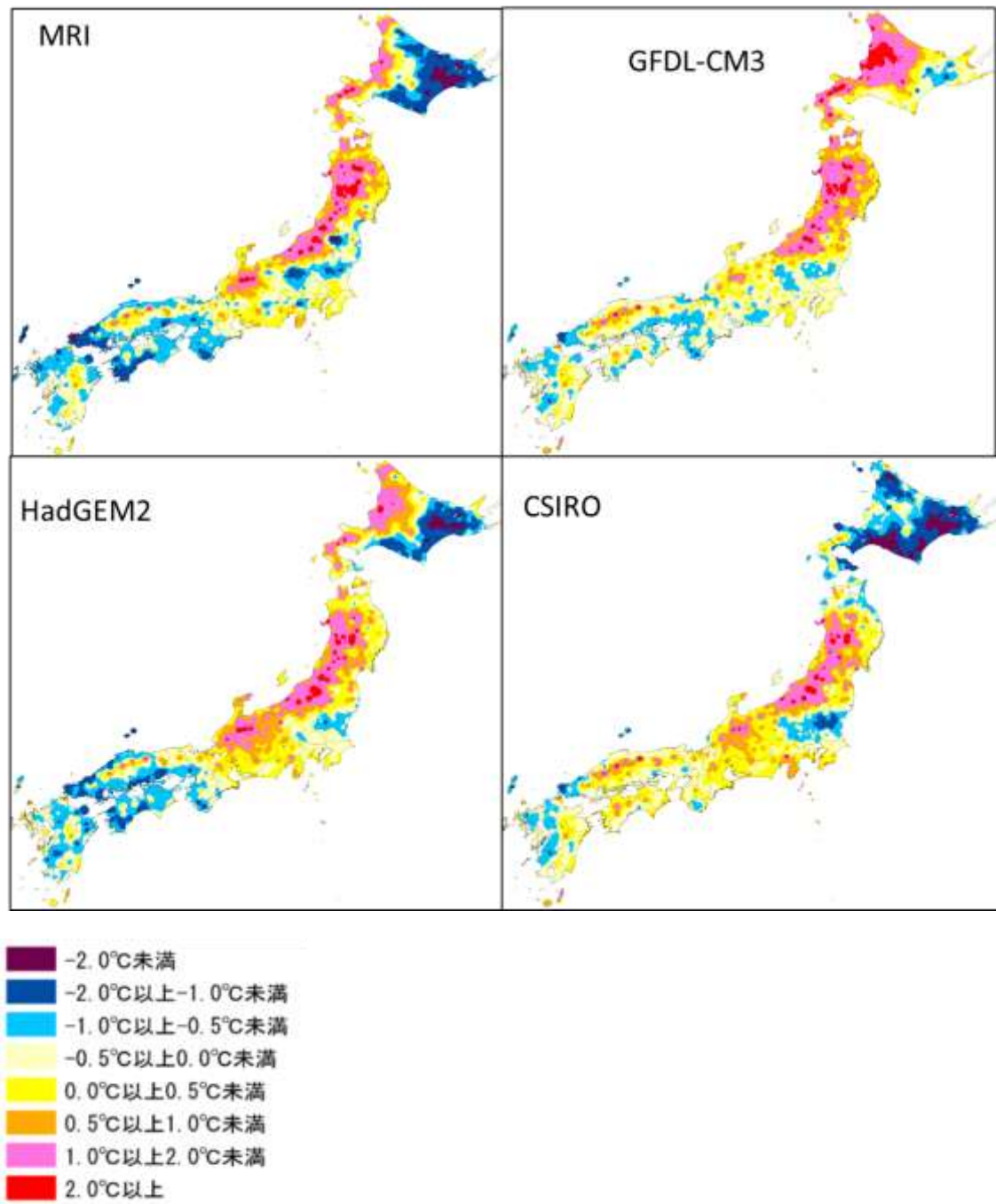


図3 年最低気温（1981-2000年平均値）の再現実験（MRI-CGCM3、GFDL-CM3、HadGEM2-ES、CSIRO-Mk3-6-0）とメッシュ農業気象データの差（再現実験－メッシュ農業気象データ）。再現実験の月最低気温の平均値の偏差は補正済み。

4. まとめ

日平均気温の月平均値（月平均気温）は、20 年間の平均値を果樹生産の適地判定に用いるため重要な判定指標である。温暖化時の月平均気温の推定には、今回用いた温暖化による月平均気温の上昇分だけ現在の月平均気温を上昇させるという補正法についての異論は少ないと判断される。

温暖化時の日最低気温の月平均値（月平均最低気温）についても、同様に温暖化による月平均最低気温の上昇分だけ現在の月平均最低気温を上昇させるという補正法についての異論は少ないと判断される。

しかしながら、果樹生産適地判定に用いる日最低気温は、月平均最低気温でなく、月の極（月間で最も低い日最低気温）であるため、温暖化時の日最低気温の月の極を推定する必要がある。そこで、現在の日最低気温の月平均最低気温周りの変動状態は将来も変わらないとして月の極を温暖化による月平均最低気温の上昇分だけ現在の極を上昇させて推定する方法と、温暖化の影響を受けて変動状態は変わるが、その変化は温暖化時の月の極の月平均最低気温からの偏差と再現実験の偏差の比で表され、温暖化時には現在の偏差が比に応じて増減すると想定して推定する方法とを検討した。

日最低気温の年間の極値のような極端現象を対象として影響評価を行う場合、予測モデルの日々変動などの平均値で現在の極値を補正して影響評価に利用する方法は、予測モデルの極端な変動を抑え込むために温暖化時に予想外の極端な状況は発生しないという安心感はある。しかし、予測モデルが予測する極端な状況の評価できず、重篤な警告を出し損ねる危険がある。そのため、温暖化の影響評価を現在値を補正して行うべきか、予測値を補正して行うべきかの議論は、極端現象の評価ではモデルの精度向上に伴い重要な議論すべき点になると考えられる。