

2086 年版将来標準年 EA 気象データの作成法

1. 将来標準年の作成目的と作成方針

(1) 作成目的

人間活動に起因する地球規模の気候変動の抑制、特に温暖化抑制への取り組みは人類共通の課題である。地球温暖化はエネルギー消費に伴う CO₂ 等の温暖化物質の排出によってもたらされるが、温暖化物質の排出量は、国境を越えた人類の取り組みにより減らすことができる。人間活動が気候変動に与える効果を定量的に予測するため、様々なシナリオを設定した将来気候のシミュレーションが行われている。本稿では、このようなシミュレーションにより得られた将来気候の予測値をもとに、住宅、非住宅建築、及び建築物に組み込まれる各種建築設備が消費する将来のエネルギー量を推定するための将来標準年気象データを作成する方法について解説する。

(2) 作成方針

将来標準年気象データの作成法は現在 ISO/TC163/ SC2/WG16 で審議されているが、WG16 が取り上げている複数の作成法は、過去の 10 年以上の観測気象データ、気候モデルによる観測と同じ期間の気象データの予測値、及び同一の気候モデルによる将来の気象データの予測値を用いる点は同じである。WG16 は、それらの中で DRY-MCH-DeltaChange^{注1)} を有力な方法のひとつであると評価している。ここでは、DeltaChange 法に準じる方法を、気象庁の地球温暖化予測情報第 8 巻 (GWP8) の地上格子点の予測データと 1995 年版標準年拡張アメダス気象データ (1995 年版 EA 標準年) に適用し、2086 年版将来標準年拡張アメダス気象データ (2086 年版 EA 将来標準年) を作成する。

2. GWP8 の地上予測データ

GWP8 は、1980～1999 年、2016～2035 年、2076～2095 年の 3 つの 20 年間 (1 月 1 日～12 月 31 日が使用できる年数は 1981～1999 年、2017～2035 年、2077～2095 年の各 19 年間) の予測データを公開している。GWP8 の地上予測気象データの時間間隔は 10 分、時別、日別、月別等、多種に及ぶが、将来標準年の作成にはこれらのうちの日別値を用いる。表 1 に GWP8 の気象データ予測法の概要を整理する。

3. 将来標準年の作成手順

GWP8 の予測値が得られる 1981～1999 年、2077～2095 年をそれぞれ基準年間、将来年間とし、将来年間で代表する標準年として 2086 年版 EA 将来標準年を作成する。図 1 に 2086 年版 EA 将来標準

注1: DeltaChange 法とは、年間時別観測気象データを、気候モデルによる、観測と同年の予測値と将来の年間予測値との変化量で補正した値に置き換えることにより、将来の年間時別気象データに変換する方法である。通常、予測値の変化量は日別値から求める。この方法を適用し、1981～1995 年 EA 実在年より選択された 1995 年版 EA 標準年の時別値を、基準年間と将来年間の日変化量で補正し将来年間の EA 標準年を作成する。本報告では平滑年相相当値の変化量を用いている点等で DRY-MCH-DeltaChange と異なるが、気候モデルによる過去と将来の変化量を観測気象データに加えるという基本部分は同じである。

標準年の作成の流れを示す。表 2 に作成手順を整理する。将来標準年の作成法は種々考えられるが、ここで採用したのは、基準年間と将来年間の日別値の変化量を 1995 年版 EA 標準年の時別値に加える方法であり、時間変動は 1995 年版 EA 標準年のものを使用していることから、1995 年版標準年 EA 気象データ基準の 2086 年版将来標準年 EA 気象データと位置付けられる。

表 1 GWP8 の予測法の概要

温暖化シナリオ	IPCC SRES A1Bシナリオ
全球気候モデル (GCM)	MRI-AGCM3.2 (20km解像度)
地域気候モデル (RCM)	NHRCM(5km解像度)
表 1_注 1 : GWP8のGCM、RCMは、日々の天気予報に用いられ、予報精度が実証されている数値計算法をベースに開発されており、信頼性と日本近辺での再現性が高いという特徴がある。	
表 1_注 2 : 海面水温の予測値は、モデルの系統誤差や計算上現れる自然変動の影響を低減するため、世界各国の複数の気候モデルによる予測結果の平均値を用いている。	
表 1_注 3 : 大気の詳細は単一の気候モデルの結果のため、数値計算上の仮定や近似に由来するモデル固有の特性が反映されていると考えられる。	

表 2 2086 年版 EA 将来標準年の作成手順

step1	EA地点別に、1981～1999年の間、そのEA地点が最も長く存在した緯度、経度、標高(代表位置)、及びその期間(代表期間)を求める。
step2	EA地点とGWP8のグリッド(格子点)との距離及び標高差に閾値(20km,100m)を設定する。EA地点別に、最も類似する格子点(EA対応格子点)を選択する。両閾値を満たす格子点が見つからない場合は、距離の閾値のみで再探索する。
step3	EA地点別に、GWP8から、EA対応格子点の基準年間(19年)と将来年間(19年)の日別値を作成する。
step4	EA地点別に、基準年間と将来年間の平滑平年相当値を計算して昇順に並べ替える。基準年間の日別値から将来年間の日別値を推定する一次回帰式を求める。一次回帰式は、気温、u,v風速では負の値があるため定数項付、それ以外では定数項無とする。
step5	EA地点別、気象要素別に、step4で作成した一次回帰式を1995年版標準年EA気象データの日別値に適用して基準期間と将来期間の日別値の変化量を推定する。この日別値の変化量をkzフィルターにより平滑化して時刻別値を求めた後、1995年版EA標準年の時別値に加え、2086年版将来標準年EA気象データを完成させる。

表 3 に、各 EA 地点に対応する GWP8 の格子点の距離差、標高差の一覧を示す。閾値は距離が^{注2)} 20km、標高差が 100m であるが、この条件を満たす EA の地点数は 811 であった。表 2 の step2 のように、両閾値を満たさない場合は標高差の縛りを外して再探索したが、これに該当する地点数は 30 であった。再探索した地点では、すべて 3km 以内に対応の格子点が見つかったが、それらには標高差が相当大きい地点も含まれている。また、南鳥島は GWP8 の格子点の範囲外であるため、将来標準年の作成対象から除いた。

注2 : GWP8 のグリッドは緯度方向が 0.05 度、経度方向が 0.0625 度であり、厳密には 5km 間隔ではない。また、緯度・経度によっても多少の距離差が生じる。

表3 EA 地点と対応格子点の距離差、標高差の一覧

標高差の閾値（100m）内で、距離20km以内に1以上の格子点があるEA地点数							811 ^{注1}	
標高差の閾値（100m）を外し、距離20km以内に1以上の格子点があるEA地点数							30 ^{注1}	
標高差の閾値（100m）を外しても、距離20km以内に格子点がないEA地点数							1 ^{注2}	
距離の範囲 (km・km)	標高差（m）別地点数						距離別 地点数	積算 地点数
	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-		
0 - 1	65	3 ^{注3}	2 ^{注4}				70	70
1 - 2	202	2 ^{注5}		4 ^{注6}	4 ^{注7}		212	282
2 - 3	276	4 ^{注8}	4 ^{注9}	6 ^{注10}		1 ^{注11}	291	573
3 - 4	88						88	661
4 - 5	30						30	691
5 -10	92						92	783
10 -15	47						47	830
15 -20	11						11	841

注1：2以上の格子点がある場合は、当該EA地点に最も近い格子点を選択する。

注2：父島。父島はMSMの格子点範囲から外れるため対象外とする。将来気象データの作成対象地点は841。

注3：5040 津川，3020 田島，2950 只見

注4：4320 佐久間，5920 上北山

注5：4600 高山，8320 糸数

注6：5930 風屋，7560 絹笠山，7890 西米良，4630 長滝

注7：4170 南信濃，5660 生駒山，4580 白川，4590 栃尾

注8：2330 遠野，6090 久世，2760 小国，3970 上田

注9：8300 渡嘉敷，4240 中富，7010 江川崎，5400 勝山

注10：4560 河合，4640 萩原，7720 阿蘇山，4570 神岡，4110 木曽福島，3380 水上

注11：3160 筑波山

4. 基準年間と将来年間の平滑平年相当値 ESN^{注3)}（東京）

図2に、基準年と将来年から算出した平滑平年相当値（Equivalent climatological Standard Normal, ESN）の推移を示す。気温、混合比（絶対湿度）、大気放射の ESN は増加傾向にある。気圧と全天日射量はほとんど変化がない。相対湿度、降水量、日照時間、U 風成分、V 風成分、風速の ESN は、ランダムな季節変動を示している。

5. 基準年度と将来年度の ESN-S（東京都）

図3に、ESN から得られる ESN-S の関係を示した。ENS-S とは時系列 ENS を昇順に並べかえた数値列をいう。図3には基準年の日平均から将来年の日平均を推定するための一次回帰式も記入し

注3：平滑平年相当値とは、長期年間の日別値からアンサンブル平均値を計算し、kz フィルターにより平滑化した平年値をいう。この手順は、気象庁が30年間の観測値から平滑平年値を算出する方法と同じであるが、本報告では基準期間の19年間、及び将来期間の19年間の日別予測値に適用しており30年に満たないため、平滑平年相当値と呼ぶことにした。平滑平年相当値を用いることにより、気候モデルに含まれている可能性のある系統誤差（バイアス）を軽減する効果が期待される。

た。相対湿度は混合比と気圧から、また合成風速は u 風速と v 風速から計算できるため、図 3 には含めていない。

6. 基準年と将来年の間の変化量または変化率の度数分布 (EA841 地点)

図 4 は、EA841 地点^{注4)}の基準年と将来年の変化量または変化率の度数分布である。変化量は、年平均値を一次回帰式に入力して求めた。変化率とは一次回帰式の係数（勾配）である。気温の変化量は 2.8°C 、混合比の変化率は 1.17 （ 17% 増加）、大気放射量の変化率は 1.057 （ 5.7% 増加）に最大度数が現れている。

7. 基準年と将来年の間の各気象要素の時刻別変化量 (3 都市)

図 1 (f) ステップ 5 に示したように、現地気圧、外気温、絶対湿度、大気放射量、 u 風速、 v 風速については、日変化量をその日の全時刻に格納した後、 kz フィルターにより平滑化して時刻別値を得た。日射量は夜間に値がゼロとなるため、 kz フィルターによらず日変化量を基準年の時刻別値で重みづけして平滑化し時刻別値とした。また降水量と日照時間は、ゼロが断続的に出現する性質を保存するため、平滑化を行っていない。以上の手順により求めた札幌、東京、那覇の、基準年間と将来年間の各気象要素の時刻別変化量を図 5 (a), (b), (c) に示す。

現地気圧の変化量は非常に小さく年間ほぼ一定で、札幌、東京はやや減少し、那覇はやや増加している。絶対湿度の時刻別変化量は夏季に大きく $3\sim 3.5\text{g/kg}$ に達する。夏季に比べ冬季は小さいが、那覇では冬季の落ち込みが少ない。全天日射量の時刻別変化量は非常に小さく、3 都市とも減少傾向がみられる。大気放射量の時刻別変化量は夏季に高く $80\sim 90\text{kJ/m}^2\text{h}$ に達する。これに比べ冬はやや小さい。那覇の年間変動幅は小さい。このような大気放射量の年変動に見られる傾向は絶対湿度のそれと類似している。 u 速、 v 風速の時刻別変化量の傾向は 3 都市で異なる。すなわち、札幌では u 風速は微増、 v 風速は変動幅が大きい。東京では u 、 v 風速とも微増である。那覇は u 風速の変動幅が大きく、 v 風速は微増である。3 都市とも降水量はやや増加しているが、那覇の増加量が最も大きい。

8. 基準年と将来年の外気温の時刻別変化量 (8 都市)

図 6 で、8 都市について、外気温の基準年間と将来年間の 8 都市の時刻別変化量を比較した。変化量が、冬季に大きく夏季に小さくなる点は 8 都市とも同じであるが、変動の幅は各都市で異なる。札幌、盛岡では冬季の変化量は $3.5\sim 3.6^{\circ}\text{C}$ に達する。これに比べ夏季の最低変化量は 2.7°C 程度である。仙台、東京、大阪、福岡は年間の変動幅が小さい。この 4 都市では仙台の変化量が最も大きい。鹿児島では夏季の増加量が 2.3°C 、那覇では 2.2°C 程度まで下がっている。那覇の年間変動幅は小さい。

9. 1995_EARY と 2086_EARY の通年の 1 時間の値 (東京都)

図 7 で、気温、混合比（絶対湿度）、大気放射量について、1995 年版 EA 標準年と 2086 年版 EA 将

注4：1995 年版 EA 標準年気象データの全地点数は 842 地点であるが、842 地点のうち小笠原諸島の父島は GWP8 の計算領域外のため、841 地点を対象とした。

来標準年の時刻別値の変化を比較する。2086年版EA将来標準年の3気象要素の時別値は、1995年版EA標準年に比べ上昇していることがわかる。

10. 気温の時間変化に関する考察

一日の間における気温の変動を、DRとDLRにより調べる。DRとは日較差、すなわち日最高気温と日最低気温の差、DLRとは日平均気温と最低気温の差であり尖度と呼ばれる。

図8に、3都市について、DRとDLRから算出した1年間のESNの変化を、基準年と将来年について示した。図8よりDRとDLRは季節的にランダムな変動をしているが、両変動は類似していることがわかる。

図9に、3都市の基準年と将来年のDRとDLRから求めたESN-Sの相関図を示す。図中には将来年のDRとDLRを基準年から推定するための一次回帰式を記入した。

図10は、基準年と将来年のDRとDLRの変化量の度数分布である。DRとDLRの変化量は、図7に記入した一次回帰式に年平均値を入力して算出した。図10のようにDRの変化量の最大値は -0.51°C で、DLRの変化量の最大値は -0.29°C である。マイナスはDLRが 0.29°C 減少したことを示す。 0.29°C は、すでに図3(b)で示した日平均値の変化の10分の1程度である。DLRの変化は、 -0.02°C 付近に最も多く現れている。

図8、図9に示すように、将来年のDRとDLRは、基準年からやや変化している。しかし、図10で見たように、これらの変化はせいぜい日平均値の変化の10分の1程度である。このことから、2086年版EA将来標準年の気温は、DRとDLRの変化を無視し、1995年版EA標準年の時刻別値に日平均値の変化を加えて作成した。

11. 年間熱負荷の変化^{注5)}

NewHASP/ACLDで計算した1995年版標準年と2086年版標準年の札幌、東京、鹿児島の間年冷房負荷、暖房負荷を図11で比較する。熱負荷の計算条件は注4を参照のこと。本計算によれば、冷房負荷は、札幌、東京、鹿児島で、それぞれ56%、41%、34%増加し、暖房負荷は、それぞれ30%、47%、52%減少した。

注5： 建物はNewHASP/ACLDに附属するテスト用の事務所ビル。階数11階（1F+中間階2～10F+最上階11F）、各階のインテリア床面積は 576m^2 、各階の南、西ペリメータ床面積はそれぞれ 192m^2 。年間空調運転時間2670時間。

【参考文献】

- 【1】 ISO/TC 163/SC2/WG16, ISO 15927-4 2020 (WD), Hygro- thermal performance of building - Calculation and presentation of climatic data - Part 4: Hourly data for assessing the annual thermal comfort and energy use for heating and cooling
- 【2】 Kathrin Wehrli, et al, Technical part of the comparison study based on 10 stations in Switzerland, November 2020
- 【3】 地球温暖化情報第 8 巻, 気象庁
- 【4】 地球温暖化予測情報格子点値の提供について, 気象庁地球環境・海洋部, 気象情報課, 2015.03.23 版
- 【5】 曾我和弘: 地球温暖化予測情報を用いた将来気象データの開発, 日本建築学会環境系論文集 第 79 巻, 第 703 号, pp.803-812, 2014 年 9 月
- 【6】 赤坂裕, 武田和大: GWP8 の地上日別気象データを用いた 1995 年版 EA 標準年の 2085 年版への変換 — 将来標準年気象データの作成 —, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2021 年 9 月
- 【7】 AKASAKA Hiroshi: Transforming 1995 EA Reference Year to 2085 -EARY using projected surface daily weather data of GWP8 – A Test Construction of Future Reference Year in Japan, ISO/TC 163/SC 2/WG 16 N38, April 5, 2021.

2086年版将来標準年EA気象データ（1995年版EA標準年基準）作成の流れ

2086年版将来標準年EA気象データの作成の流れは以下の通り。**ステップ1～ステップ5**の詳細はそれぞれのステップの説明を参照のこと。

ここで作成する2086年版EA将来標準年は、基準期間（1981～1999年）と将来期間（2077～2095年）の気象データの日変化量を1995年版EA標準年の特別値に加える方法によっている。そのため、1995年版EA標準年基準の将来標準年と位置付けられる。

ステップ1

EA地点には1981～1999年の間に地理的に移動した地点が含まれるため、そのEA地点が1981～1999年の間に最も長く存在した緯度、経度、標高（代表位置）、及びその期間（代表期間）を求める。

ステップ2

GWP8の格子（グリッド）間隔は緯度方向、経度方向とも5km。これらのグリッドから、グリッドとEA地点の距離差、標高差を考慮し、EA地点に対応するGWP8の格子点を選択する。EA地点の緯度、経度、標高は**ステップ1**で決めた代表位置を用いる。

ステップ3

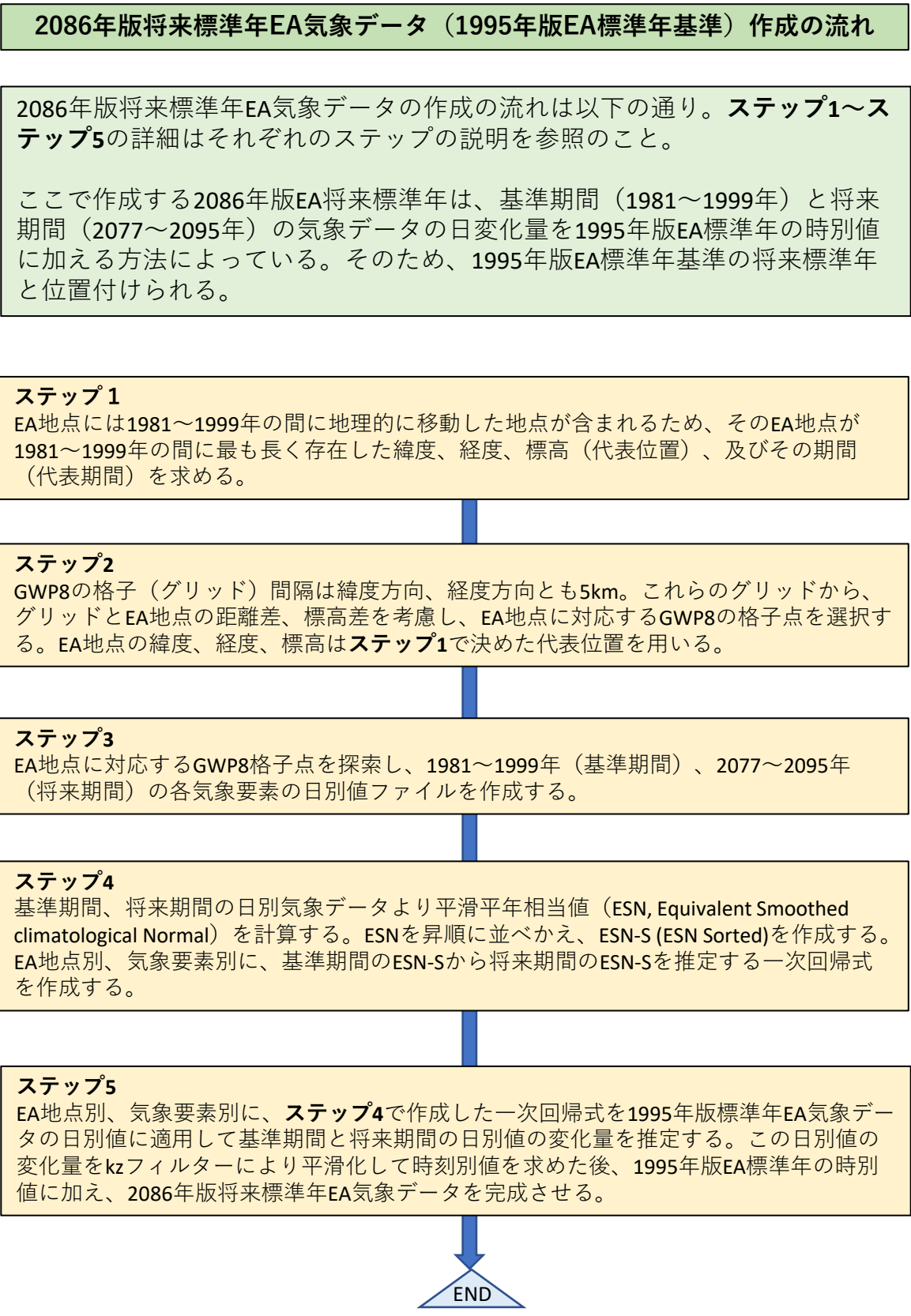
EA地点に対応するGWP8格子点を探索し、1981～1999年（基準期間）、2077～2095年（将来期間）の各気象要素の日別値ファイルを作成する。

ステップ4

基準期間、将来期間の日別気象データより平滑平年相当値（ESN, Equivalent Smoothed climatological Normal）を計算する。ESNを昇順に並べかえ、ESN-S (ESN Sorted)を作成する。EA地点別、気象要素別に、基準期間のESN-Sから将来期間のESN-Sを推定する一次回帰式を作成する。

ステップ5

EA地点別、気象要素別に、**ステップ4**で作成した一次回帰式を1995年版標準年EA気象データの日別値に適用して基準期間と将来期間の日別値の変化量を推定する。この日別値の変化量をkzフィルターにより平滑化して時刻別値を求めた後、1995年版EA標準年の特別値に加え、2086年版将来標準年EA気象データを完成させる。



END

図 1 (a) 2086年版将来標準年EA気象データ作成の流れ（各ステップの概要）

ステップ 1. 1981～1999年EA実在年の代表期間の緯度、経度、標高の決定

EAの地点別に基準期間（1981～1999年）を代表する期間（代表期間（注 1））を決めるため、拡張アメダス（EA）全地点について、地理的な移動を確認する。

水平距離と標高差の閾値を、それぞれ2.0km以上、50m以上とし、**StnHist.csv**（EA地点の移動履歴をまとめたファイル）により、以下の各フラッグに該当する地点を探索する。

フラッグ 0：移動がない地点(**595地点**)

フラッグ10：移動はあるが移動が閾値に達しない地点
(移動なしとみなす) (**165地点**)

フラッグ20：地理的な移動が閾値以上の地点(**78地点**)

フラッグ30：観測開始が1982年以降の地点(**4地点、注 2**)

フラッグ40：観測終了が1998年以前の地点(**0地点、注 2**)

フラッグが20の地点については、同じ位置が最も長く続いた期間を代表期間（開始年、終了年）とし、代表期間の緯度、経度、標高を、それぞれ、代表緯度、代表経度、代表標高とする。

EAの全842地点について、代表期間、代表位置のデータを収録したファイル **chlo_list_8199.csv**（注 3）を作成する。

END

（注 1）代表期間を定める目的

基準期間（1981～1999年）内に、かなりのEA地点に移動がある。そのため、GWP8のモデル格子点に対応するEA地点の代表位置を決めておき、

① 基準期間の年別EA気象データは、全期間が代表緯度、代表経度、代表標高のデータであるとみなす。

② 1981～1999年のEA気象データの代表緯度、代表経度、代表標高により、次の段階で **GWP 8** からアメダス地点に対応する格子点を選択する。

（注 2）フラッグ30,40の補足

フラッグ30の4地点（3190つくば, 3690父島, 7600野母崎, 7720阿蘇山）にも1981年以降のデータが収録されていることが確認された。そのためフラッグ30の地点は、フラッグ10と同じ扱いとした。

フラッグ40に該当する地点は検出されなかった。

（注 3）chlo_list_8199.csvに収録するデータ

EA地点番号、地点名、フラッグ、緯度（度、分）、経度（度、分）、標高（m）、開始年、終了年

図 1 (b) 2086年版将来標準年EA気象データ作成の流れ（ステップ 1）

ステップ2. EA地点とGWP8格子点との対応ファイルの作成

chlo_list_8199.csv（注1）から、EA地点の緯度(deg, min)、経度(deg, min)、高度(m)を読み込む。

GWP8の格子点(cnst.csv)の緯度(deg)、経度(deg)、地上高(m)を読み込む。

EA地点に対応する格子点を探索するための距離、および標高差の閾値を決める。（閾値のデフォルト値は距離20km、標高差100m）

EA地点ごとに、両閾値を満たす格子点を探索する

- ① 閾値を満たす格子点が複数ある場合は距離が最も小さい格子点を当該EA地点の対応格子点とする。
- ② 標高差の閾値を満たす格子点がない場合は、距離の閾値を優先させ、距離のみの閾値により再探索する。

flag=1：両閾値を満たす地点（811地点）
 flag=2：距離の閾値のみ満たす地点（30地点）
 flag=3：閾値を満たす格子点がないため将来気象データの作成対象から除いた地点。（flag=3の該当地点は3690 父島のみ。）

EA地点とGWP8の格子点の対応ファイル(AMeGP_amgp03_****.csv)を作成する。

END

EA地点ループ

注1：chlo_list_8199.csvは将来気象データ作成に用いるEA実在年の地点情報で、前段階でStnHist.csvより作成済。

cnst.csvから読み込むデータ

1. ZS:モデル地形表面高度(m) 3. FLAT:緯度(deg) 4. FLON:経度(deg)
 (データ型等は【文献1】p52参照のこと)

【文献1】GWP8格子点情報の提供、気象庁地球環境・海洋部、気候情報課

AMeGP_amgp03_****.csvに含めるデータ

(****は標高差の閾値。標高差の閾値が100mならファイル名はAMeGP_amgp03_100.csv)

- ① EAの地点番号NNNN, 地点名, flag(1~3), 緯度(deg), 経度(deg), 標高(m)。
- ② 緯度方向(1-211)、経度方向(1-691)の格子点番号、緯度(deg)、経度(deg)、高度(m)。グリッド番号の初期値は1。
- ③ EA地点と格子点の水平距離(km)。④ EA地点と格子点の標高差(m)。

図1(c) 2086年版将来標準年EA気象データ作成の流れ（ステップ2）

ステップ3 アメダス地点に対応するGWP8格子点の日別値ファイルの作成

GPW8の2つの期間(1981-1999年、2077-2095年)のどちらかを選ぶ。

EA地点と格子点の対応ファイルAMeGP_amgp3_100.csvを読み込む。

指定した期間のGWP8のsurf_daily_YYYYMMDD.csvから、EA全地点に対応する格子点の9要素^{注1)}の日別値^{注2)}を読み込む。

地点フォルダ内の年間日別値ファイル(YYYY.csv)に、9要素と追加した4要素の日別値を書き込む。その際、

① 閏年の2月28日と29日は28日と29日の時刻別平均値を28日のデータとして保存する。(閏年の2月29日は無しとし、平年と同様に扱えるようにする。) ^{注3)}

② 海面気圧はEA標高の気圧、気温はEA標高の気温、比湿はアメダス標高の絶対湿度(g/kg)に換算する。 ^{注4)}

EA全地点(841)、年間全日数(365)、
期間全年(19年)の繰り返し

END

注1 : surf_daily_YYYYMMDDに収録されたデータのうち、地点別フォルダ(0010～8420)の年別ファイルNNNN.csvに読み込むデータは以下の9要素。

最後の()内は、surf_daily_YYYYMMDDのデータ順。

(データ変換方法は【文献1】p18-19参照のこと)

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. psrf:海面気圧 (10) | 2. t2mm:日平均気温 (1) |
| 3. q2mm:比湿 (20) | 4. u10m:風向東西成分 (7) |
| 5. v10m:風向南北成分 (8) | 6. dsrt下向き短波放射量 (15) |
| 7. dlng:下向き大気放射量 (14) | 8. ppsf:降水量 (4) |
| 9. sunsh:日照時間 (25) | |

注2 : 時別値でなく日別値を用いるのは、平均値を用いることにより気候モデル(GWP8ではMRI-AGCM3.2、NHRCM)特有の系統誤差(バイアス)をできるだけ軽減するためである。

注3 : EA気象データの標準年の年間日数は365日のため、2086年版EA将来標準年の年間日数も同様に365日となる。そのため、閏年も365日として扱えるようにしておく必要がある。

注4 : 地点別フォルダの年別ファイルYYYY.csvに追加した10～13要素。

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 10. EA標高の気圧(現地気圧) | 11. EA標高の気温(現地気温) |
| 12. 格子点の比湿より換算した格子点の絶対湿度 | 13. EA標高の絶対湿度 |

図1(d) 2086年版将来標準年EA気象データ作成の流れ(ステップ3)

ステップ4. 基準期間の日別値から将来期間の日別値を推定する 一次回帰式の作成

地点別の年別ファイルYYYY.csvから基準期間（1981-1999年）と将来期間（2077-2095）の日別アンサンブル平均値 $EBn(d)$ 、 $EFn(d)$ を求める^{注1}、^{注2}）。

$EBn(d)$ 、 $EFn(d)$ を、それぞれ、地点別に小→大（昇順）に並べ替え、 $EBn(ds)$ 、 $EFn(ds)$ を得る^{注3}、^{注4}）。

$EFn(ds)$ を $EBn(ds)$ による一次回帰式で表す。

一時回帰式は、

- ① 気温、気温日較差、気温尖度^{注5}）、 u 風速、 v 風速：定数項あり
（係数 $An1$ 、定数項 $An2$ ）
- ② 気圧、絶対湿度、全天日射量、大気放射量、降水量、日照時間：定数項なし
（係数 $An1$ 、定数項 $An2=0$ ）

END

注1：期間のアンサンブル平均をとる理由は以下の通り。

- ① 基準期間と将来期間に年別の対応関係がないこと、
- ② バイアス（気候モデルに含まれる系統誤差）を軽減する効果があると考えられること。

注2：気象要素別に $EBn(d)$ と $EFn(d)$ の年間時系列値の類似性を調べたが、年周期性が明確な気象要素である気温、絶対湿度、大気放射量の日別値は類似した変動を示したが、年周期性が少ない気象要素には類似性がみられなかった。

注3：当初、この並べ替えは月別に行う計画だったが、月別に並べ替えるとデータ量が減り、データ量の広がり範囲も狭くなるので相関が悪くなった。一方、年別の相関を調べると直線性が高く、相関も向上した。そのため、月別に相関を取る方法は断念し、年別に回帰式を作成することにした。

注4：日平均気象データの期間アンサンブル平均値をソートすることにより相関が良くなるのは、同じ年月日に類似した平均値が現れるということは少ないが、現れる平均値の分布に高い相関があることによる。^{注3}）。

注5：日平均値より短い気温変動の変化について、日較差と尖度により調べた。これらにも変化はみられるものの、最大でも日平均値の10%であり、変化の程度は日平均値に比べ小さいことから、日平均値のみを補正することにした。

図1(e) 2086年版将来標準年EA気象データ作成の流れ（ステップ4）

ステップ5. 1995年版EA標準年の2086年版EA将来標準年への変換

1995年版EA標準年の毎時刻値 $DBn(y,d,h)$ を読み込む。(n=1~9^{注1)})。

風向(16方位)、風速を、u風速、v風速に変換する。

1995年版EA標準年の毎時刻値から、気象要素別に日平均値 $DBn(y,d)$ を、次式により計算する。

① 気温、絶対湿度、大気放射量、u風速、v風速

$$DBn(y,d) = \Sigma DBn(y,d,h) / 24.0$$

② 日射量、日照時間

$$DBn(y,d) = \Sigma DBn(y,d,h) / msh, \quad msh: \text{日別可照時間}$$

③ 降水量

$$DBn(y,d) = \Sigma DBn(y,d,h) / npr, \quad npr: \text{日別降水時間数}$$

降水時間無しの場合は $DBn(y,d) = 0$

1995年版EA標準年のn気象要素の日別値 $DBn(y,d)$ から、2086年版EA将来標準年の日別値の変化量 $\Delta EFn(y,d)$ を次式により予測する。

$$EFn(y,d) = (An1 - 1) \times DBn(y,d) + An2$$

日別値の変化量 $\Delta EFn(y,d)$ から時刻別値の変化量 $\Delta EFn(y,d,h)$ を求める^{注2)}。

2086年版EA将来標準年の時刻別気象データ $EFn(y,d,h)$ を次式により求める。

$$EFn(y,d,h) = \Delta EFn(y,d,h) + DBn(y,d,h)$$

時刻別のU風速、v風速を、風向(16方位)、風速に変換する。

相対湿度(n=10)を、現地気圧、気温、絶対湿度から計算する。

2086年版EA将来標準年(1995年版EA標準年基準)の完成。

全EA地点繰返し

END

注1 : EA気象データの気象要素

n=1 : 気温 [0.1℃]

n=2 : 絶対湿度 [0.1g/kg]

n=3 : 水平面全天日射量 [0.01MJ/(m2h)]

n=4 : 大気放射量 [0.01MJ/(m2h)]

n=5 : 風向 [16方位]

n=6 : 風速 [0.1m/s]

n=7 : 降水量 [0.1mm/h]

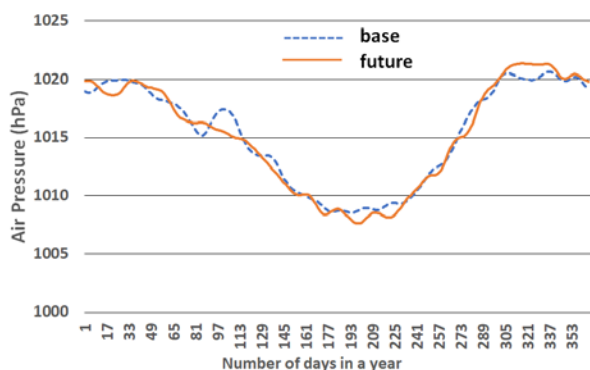
n=8 : 日照時間 [0.01h]

n=9 : 現地気圧 [hPa]

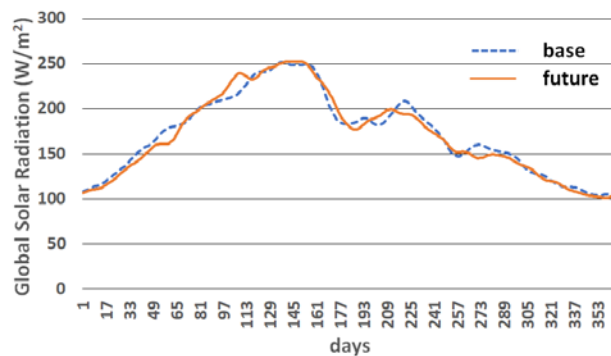
n=10 : 相対湿度 [0.1%]

注2 : 気温、絶対湿度、大気放射量、u風速、v風速、現地気圧については、d日の日別値の変化量 $\Delta EFn(y,d)$ を当該日の全時刻に格納した後、kzフィルターで平滑化してd日の時刻別の変化量 $\Delta EFn(y,d,h)$ を得る。全天日射量は日平均値の変化量を基準年の時刻別値で重みづけして時刻別値を求める。降水量と日照時間は平滑化しない。

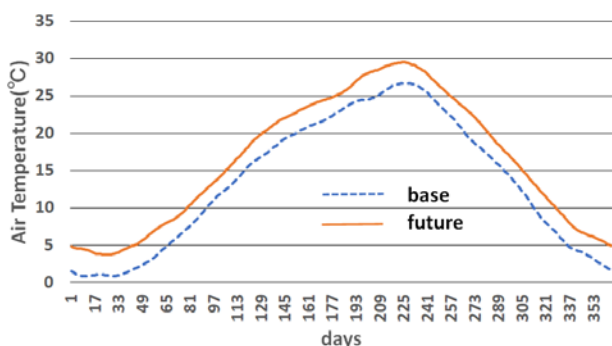
図 1 (f) 2086年版将来標準年EA気象データ作成の流れ (ステップ5)



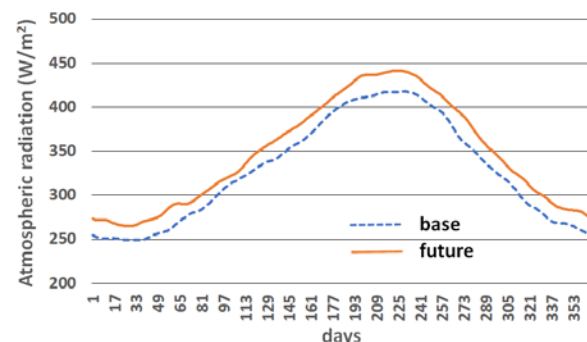
(a) Air pressure



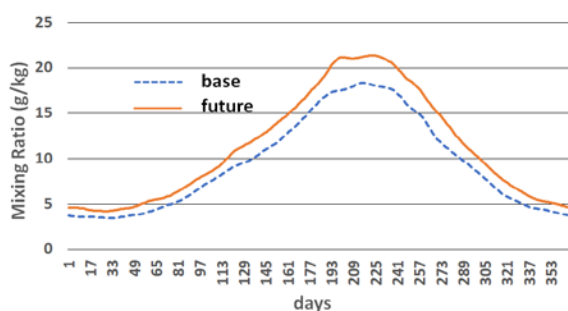
(e) Global solar radiation



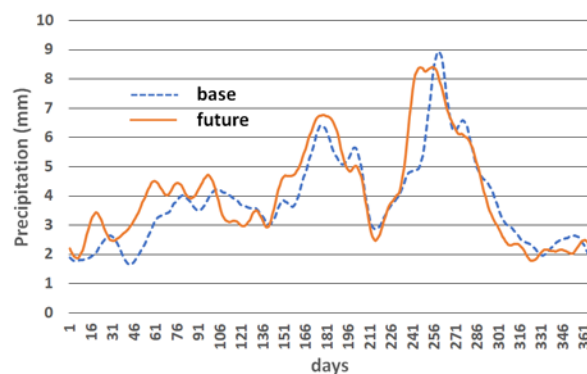
(b) Air temperature



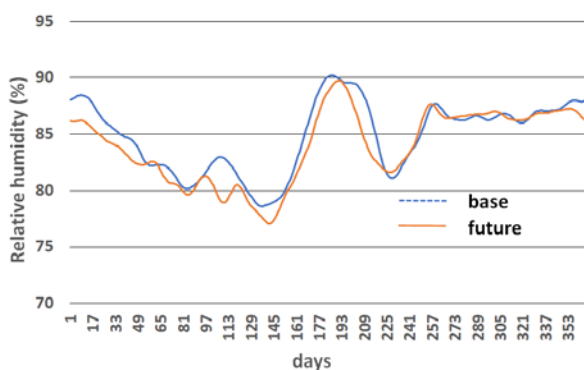
(f) Atmospheric radiation



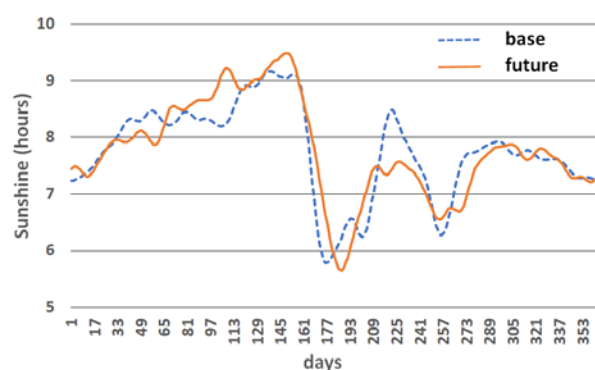
(c) Mixing ratio



(g) Precipitation amount



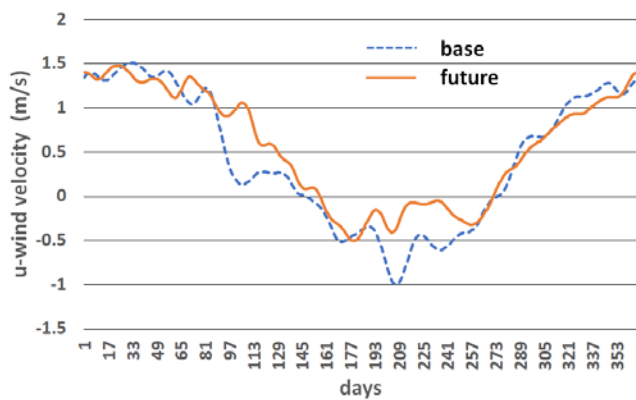
(d) Relative humidity



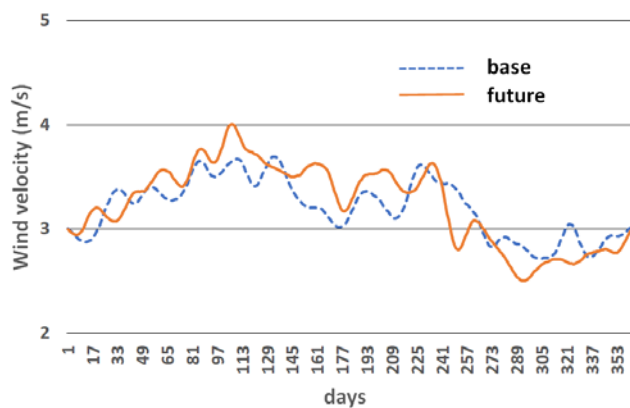
(h) Sunshine duration

図2 基準年間と将来年間の ESN の比較 (東京)

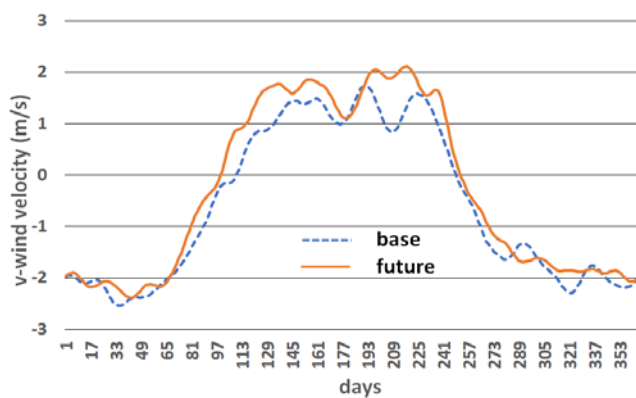
(その 1) 現地気圧、気温、混合比 (絶対湿度)、相対湿度、全天日射量、大気放射量、降水量、日照時間



(i) Wind velocity of u (WE)-component

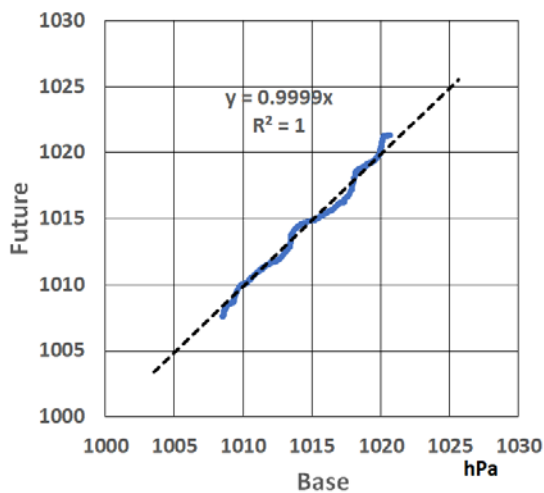


(k) Wind velocity (synthesized)

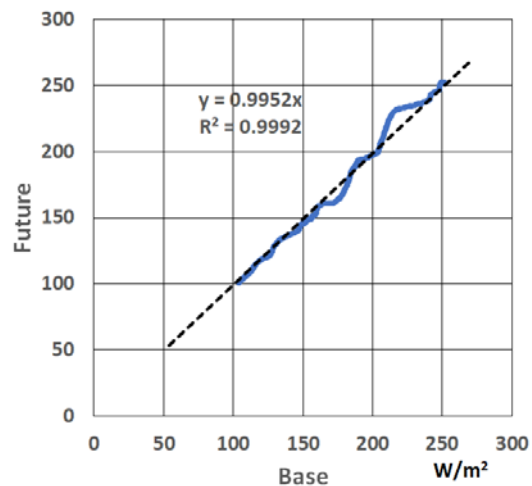


(j) Wind velocity of v (NS)-component

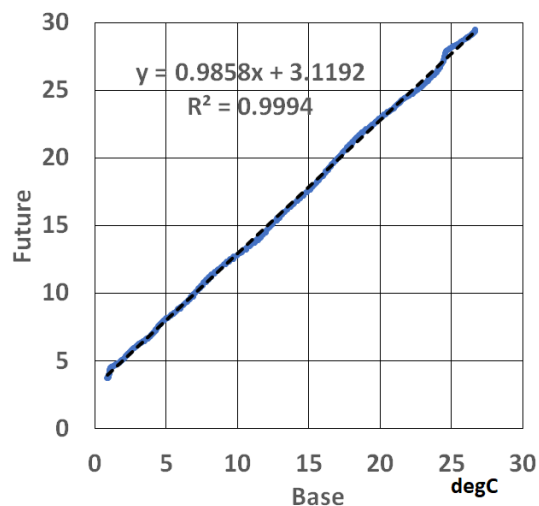
図2 基準年間と将来年間の ESN の比較 (東京)
(その2) u 風速、v 風速、合成風速



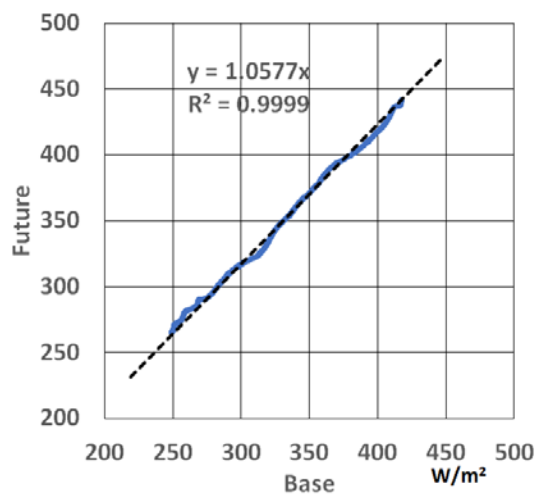
(a) Air Pressure



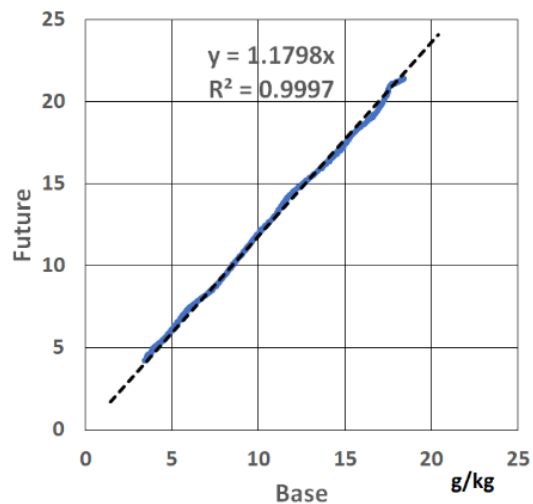
(d) Global solar radiation



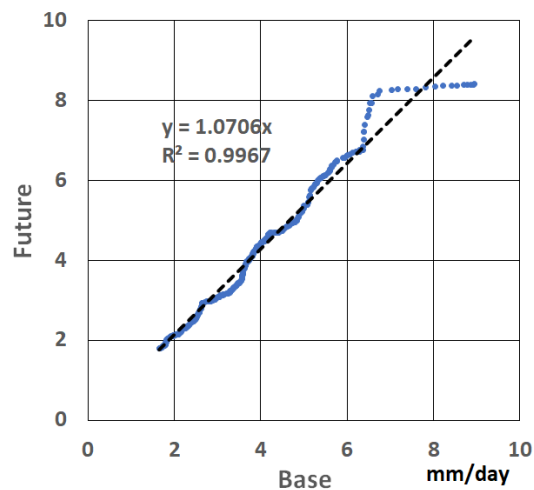
(b) Air temperature



(e) Atmospheric radiation



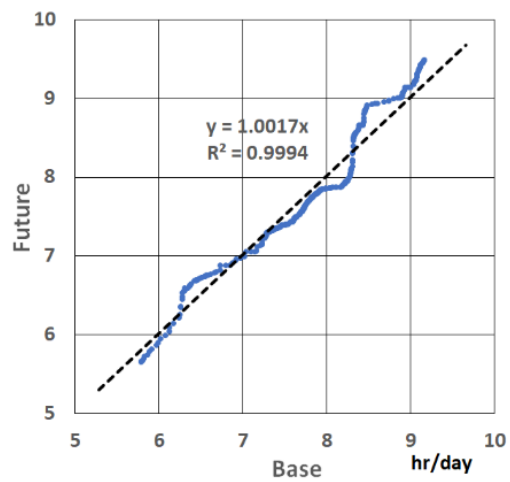
(c) Mixing ratio



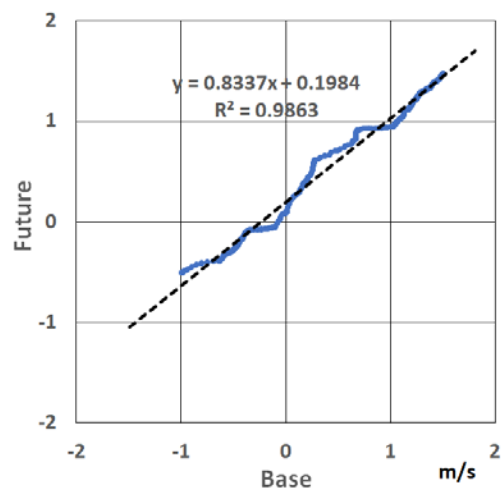
(f) Precipitation amount

図3 基準期間と将来期間の ESN-S の相関

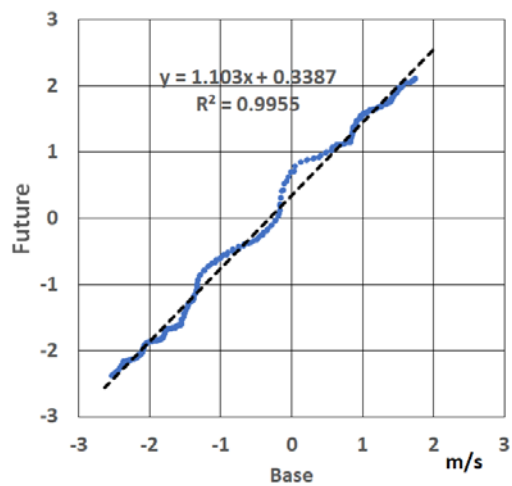
(その1) 現地気圧、気温、混合比(絶対湿度)、全天日射量、大気放射量、降水量(東京)



(g) Sunshine duration

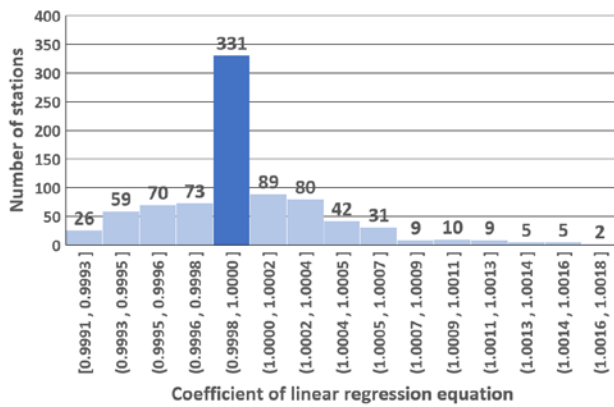


(h) u(WE)-Wind velocity

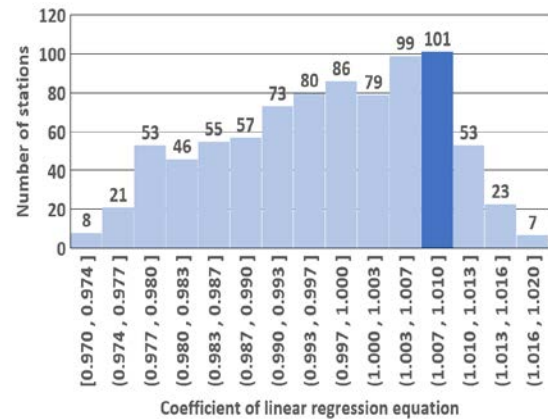


(i) v(NS)-Wind velocity

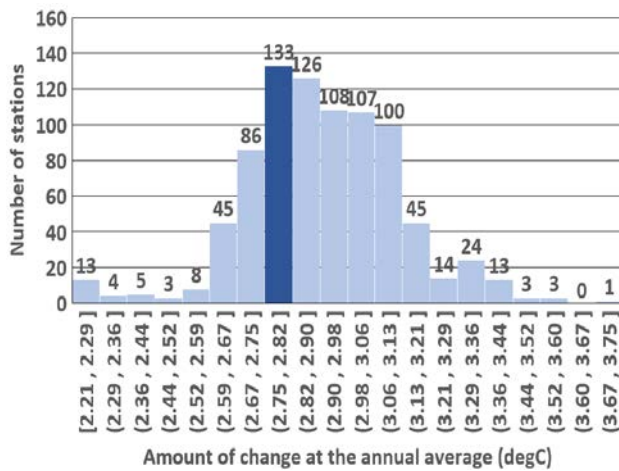
図3 基準期間と将来期間の ESN-S の関係
(その1) 日照時間、u 風速、v 風速 (東京)



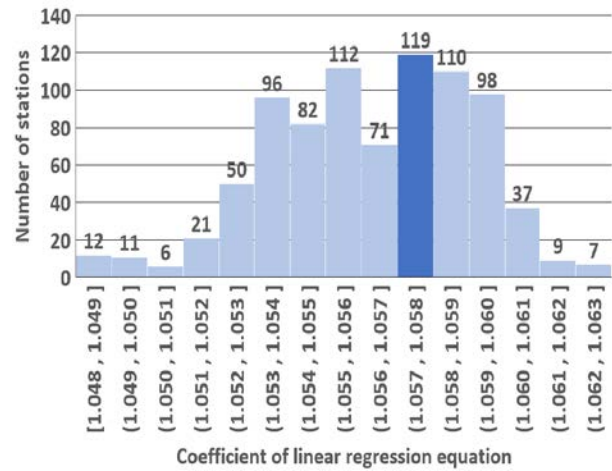
(a) Air pressure



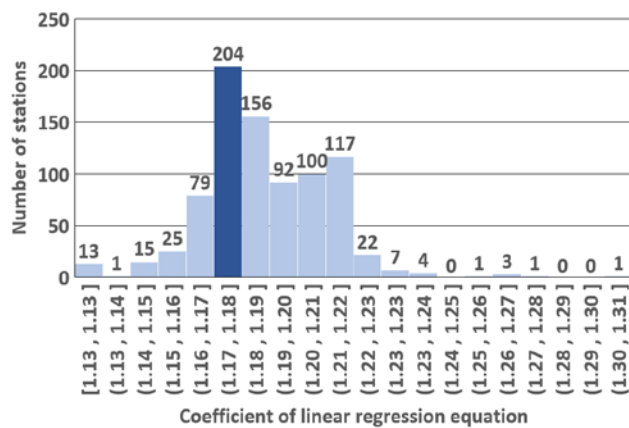
(d) Global solar radiation



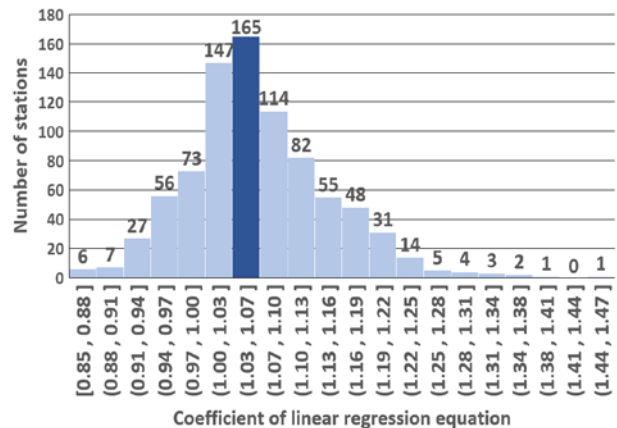
(b) Air temperature



(e) Atmospheric radiation



(c) Mixing ratio

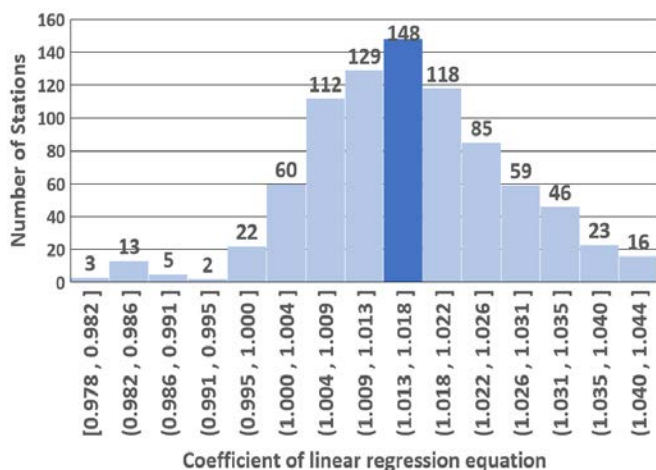


(f) Precipitation amount

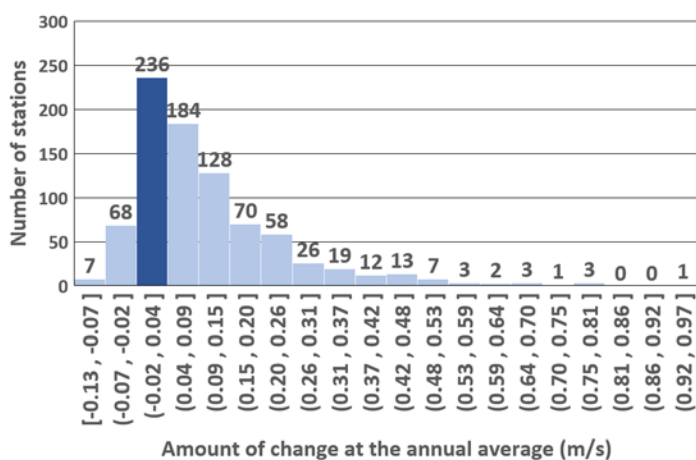
図4 基準期間と将来期間の変化量または変化率の度数 (EA841 地点)

(その1) 現地気圧、気温、混合比、全天日射量、大気放射量、降水量。

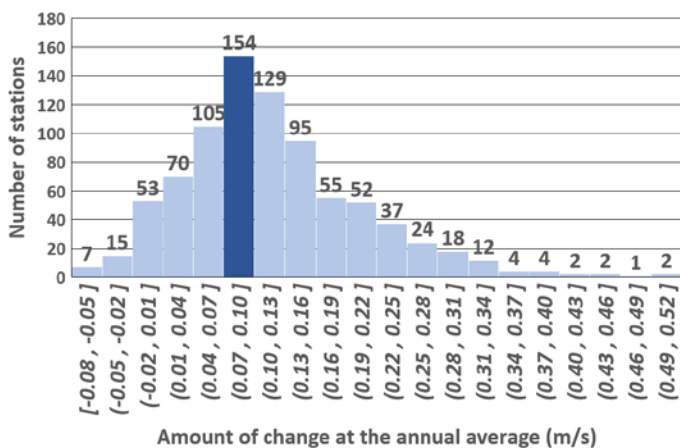
気温は年平均気温の変化量、それ以外は変化率。



(g) Sunshine duration



(h) U(WE) – wind velocity



(i) V(NS) – wind velocity

図4 基準期間と将来期間の変化量または変化率の度数 (EA841 地点)

(その2) 日照時間、u 風速、v 風速。

日照時間は変化率、u 風速、v 風速は年平均風速の変化量。

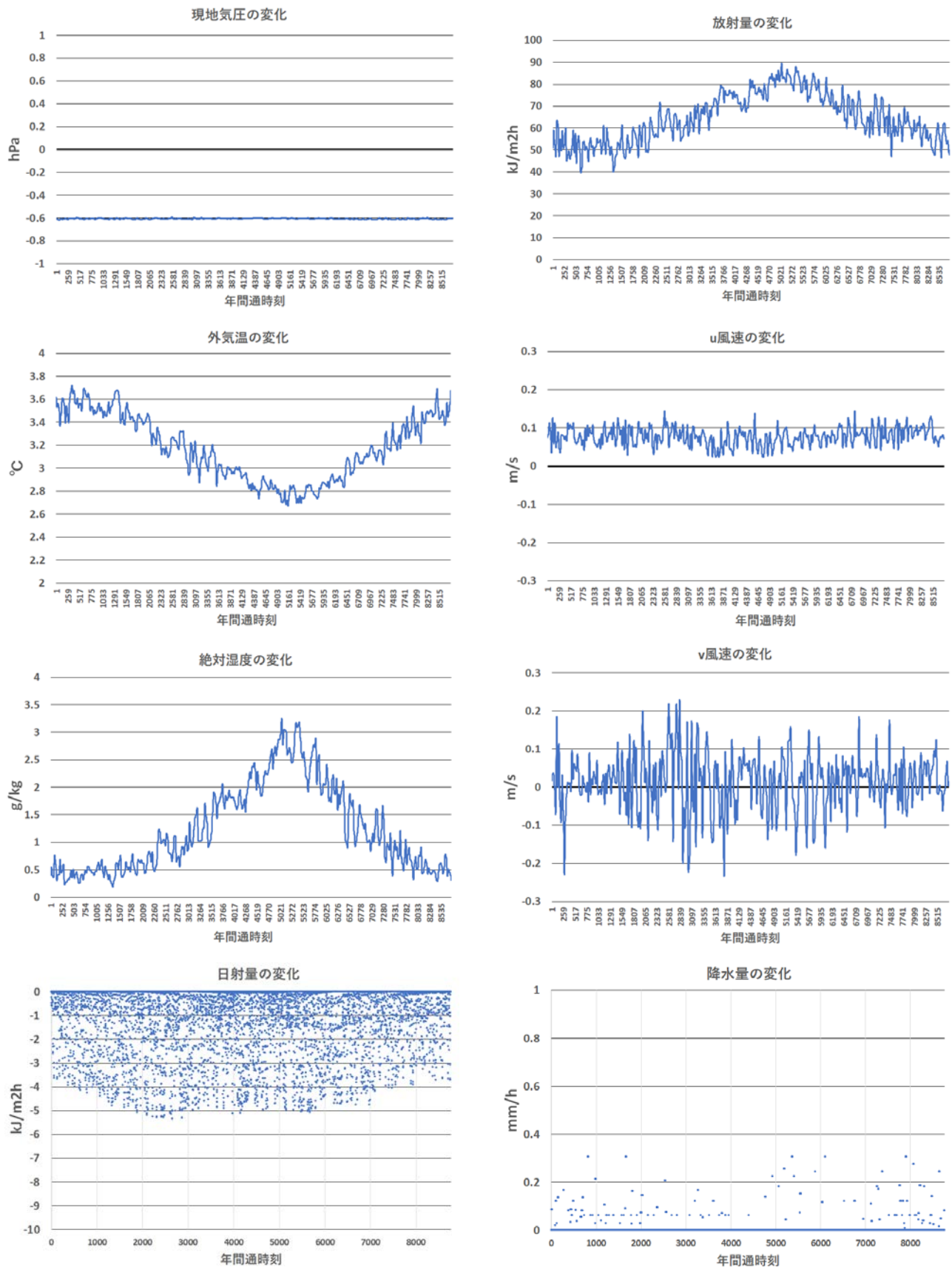


図 5 (a) 基準期間と将来期間の気象要素別変化量 (札幌)

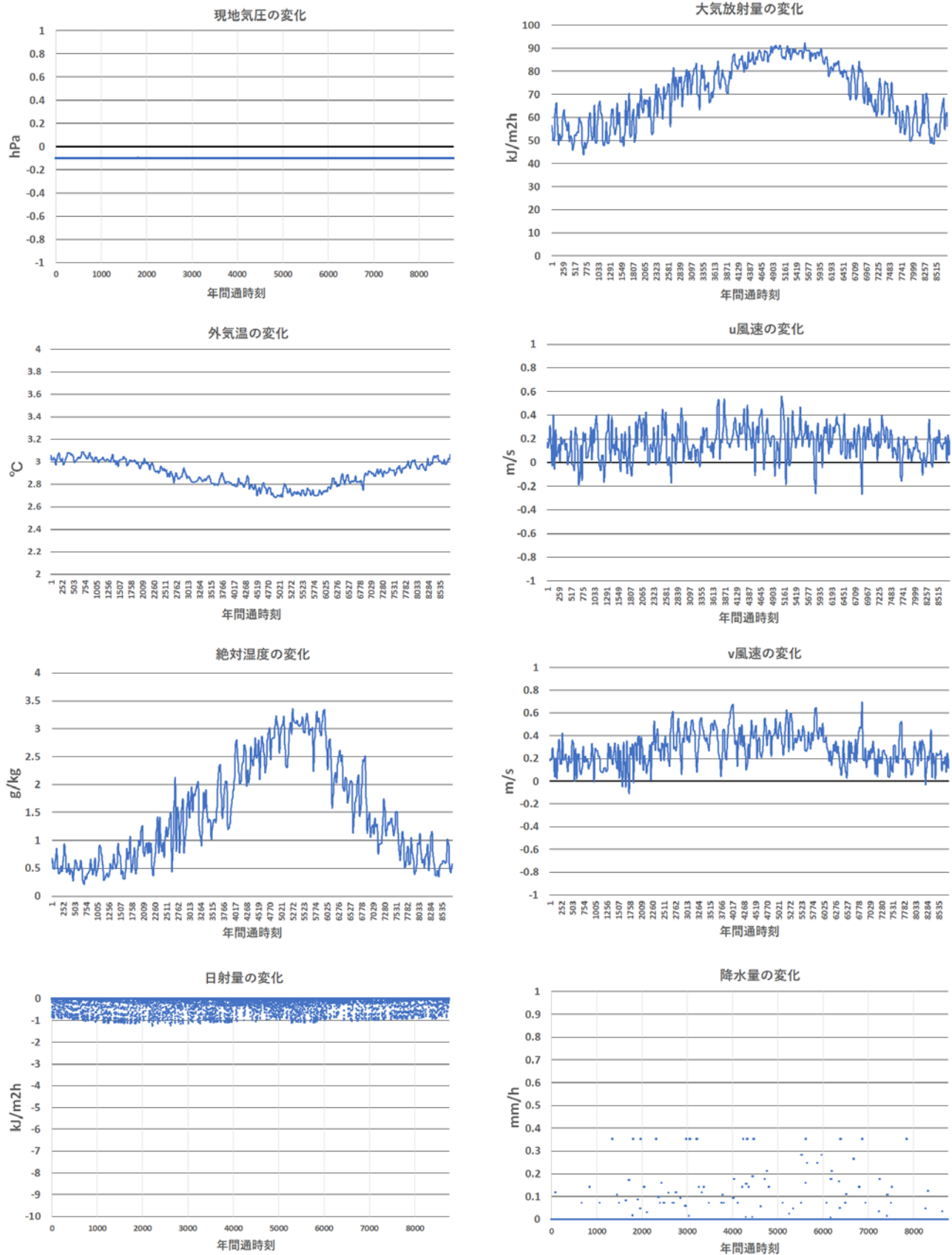


図 5 (b) 基準期間と将来期間の気象要素別変化量 (東京)

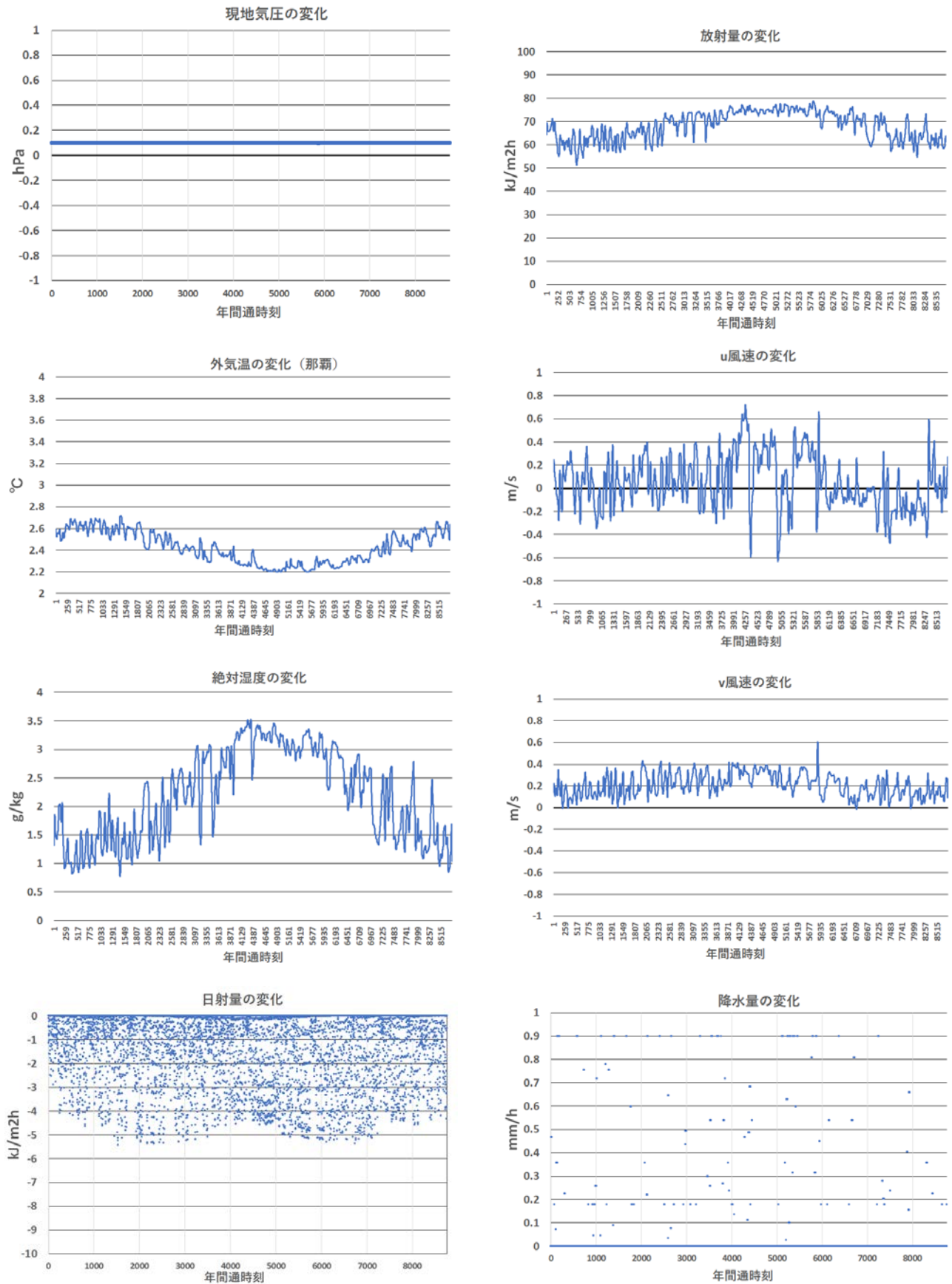


図 5 (c) 基準期間と将来期間の気象要素別変化量 (那覇)

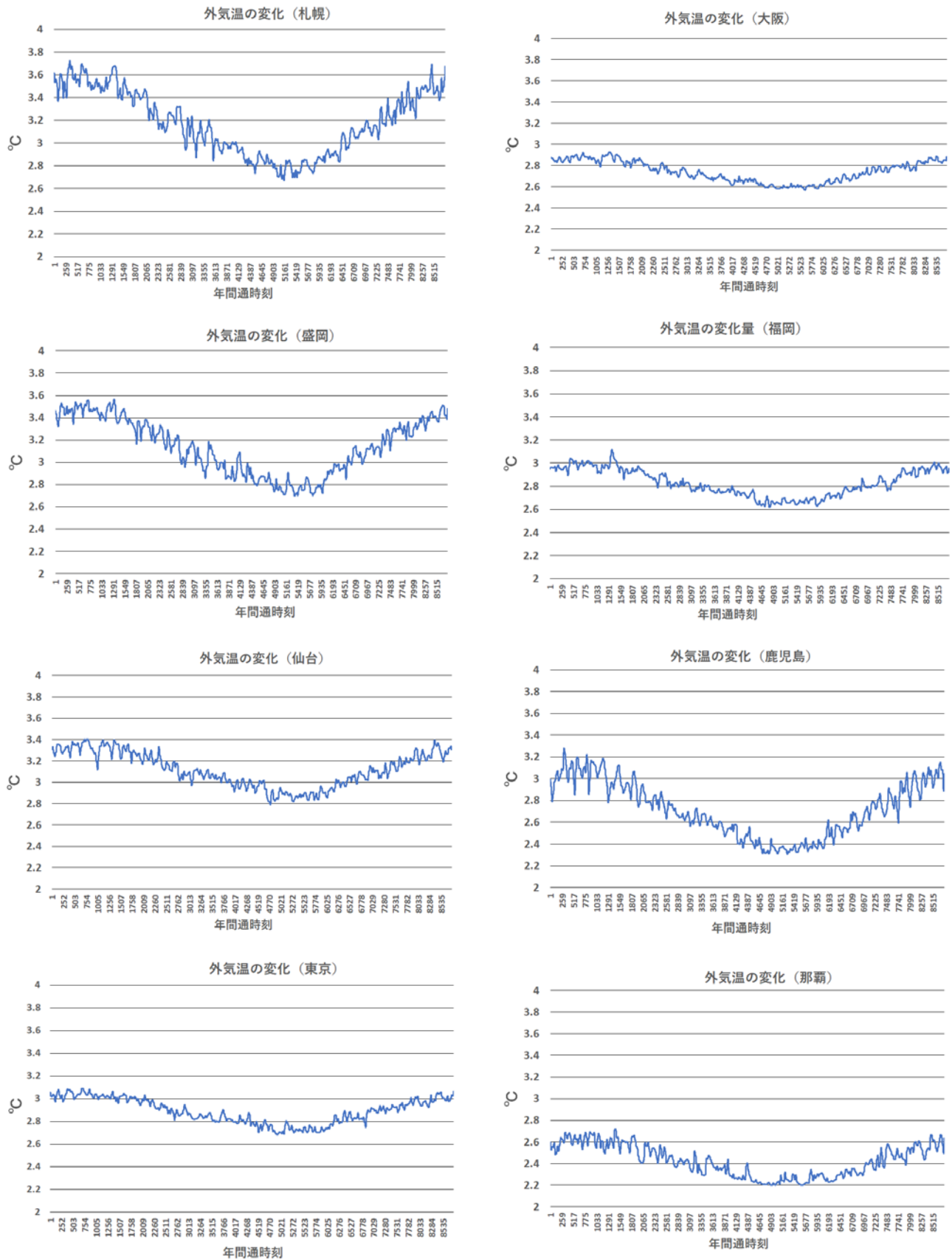
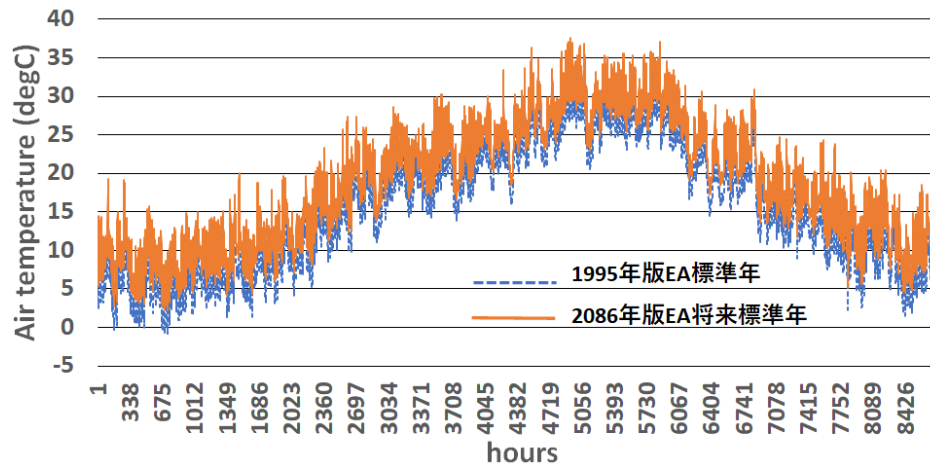
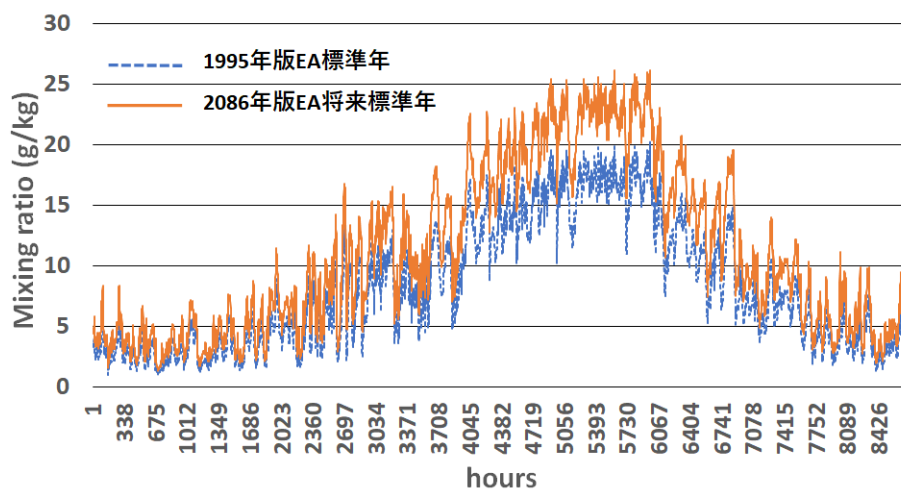


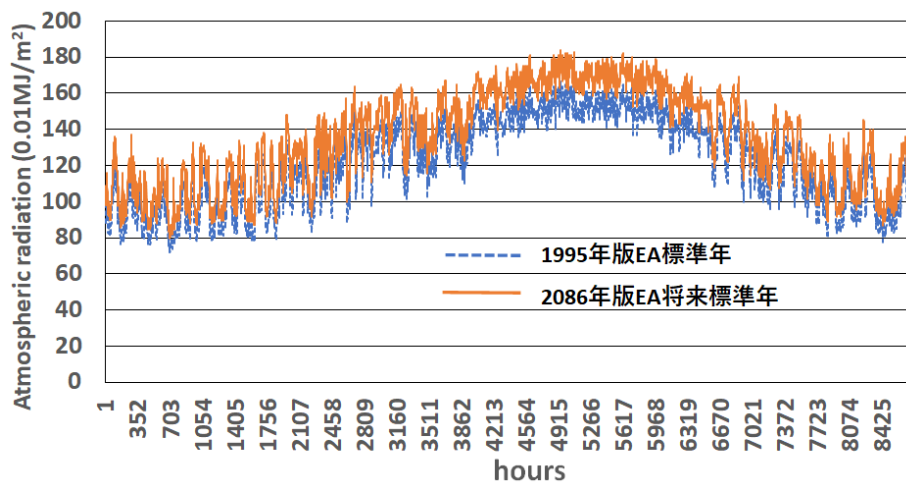
図6 基準期間と将来期間の外気温の変化量(8都市)



(a) Air Temperature



(b) Mixing Ratio

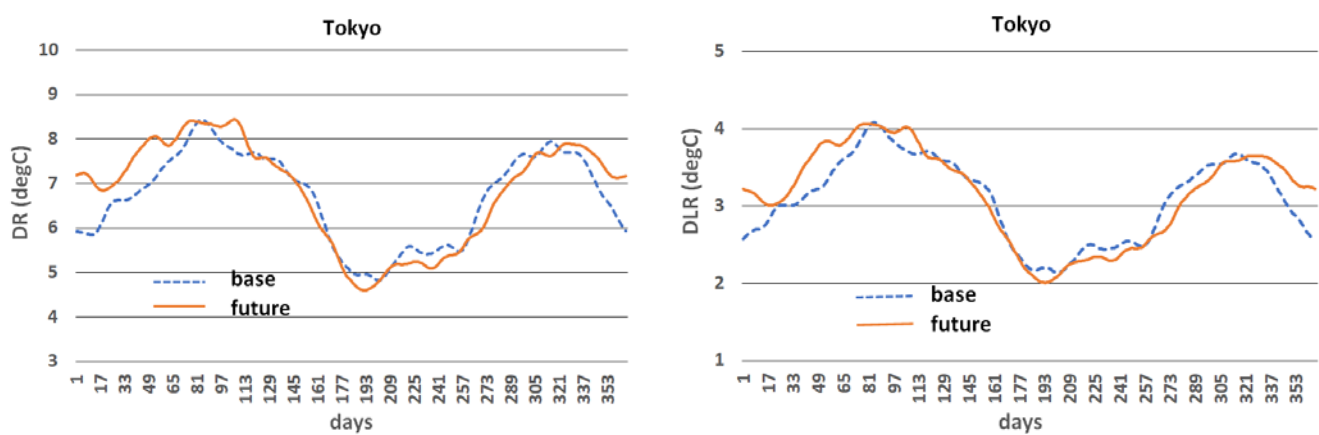


(c) Atmospheric Radiation

図7 1995年版EA標準年と2086年版EA将来標準年の気温、混合比（絶対湿度）、大気放射量の時別値の比較（東京）



(a) 札幌

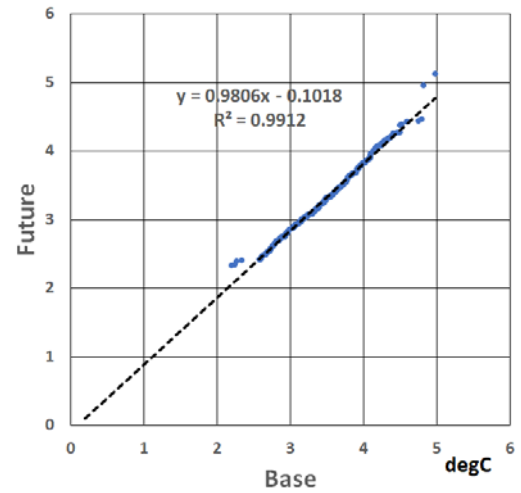
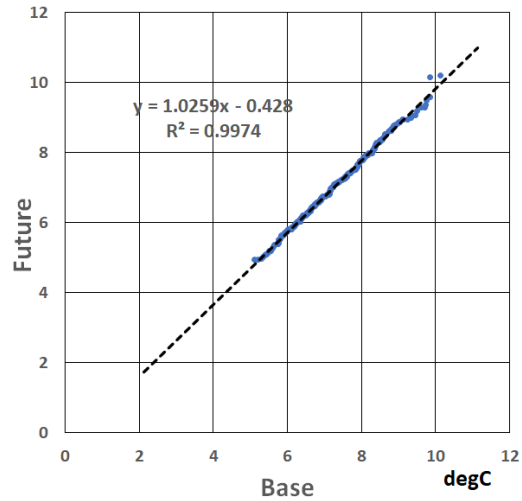


(b) 東京

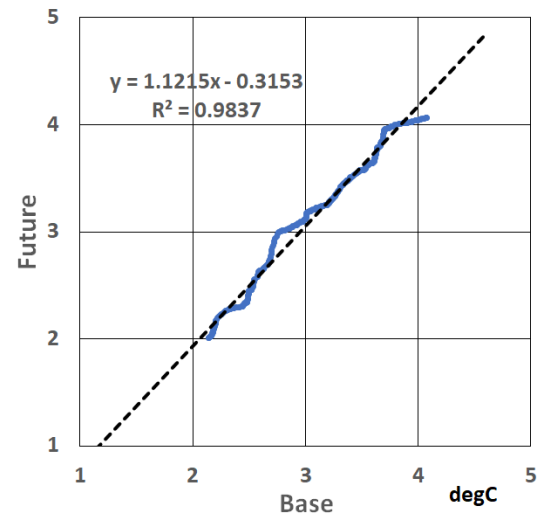
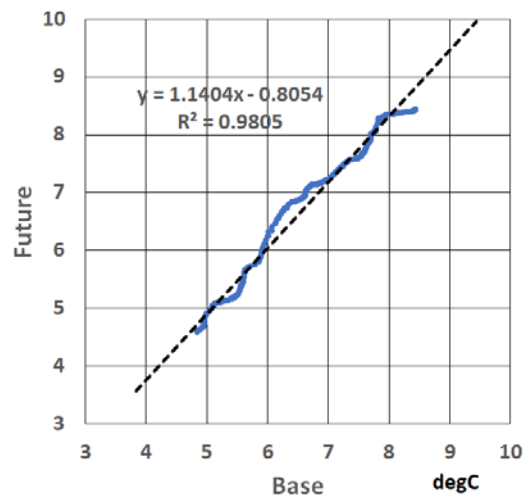


(c) 鹿児島

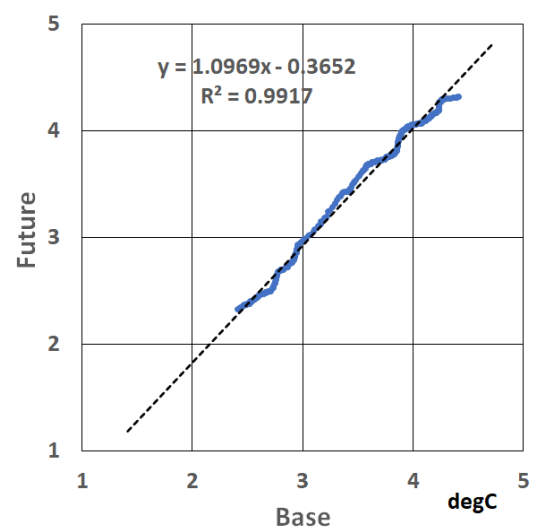
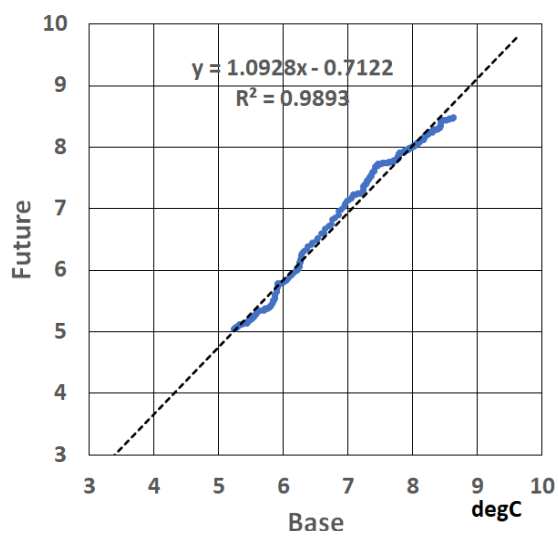
図8 基準期間と将来期間の気温日較差(左図)、気温尖度(右図)の比較



(a) 札幌



(b) Tokyo



(c) 鹿児島

図9 基準期間と将来期間の気温日較差（左図）、気温尖度（右図）の相関

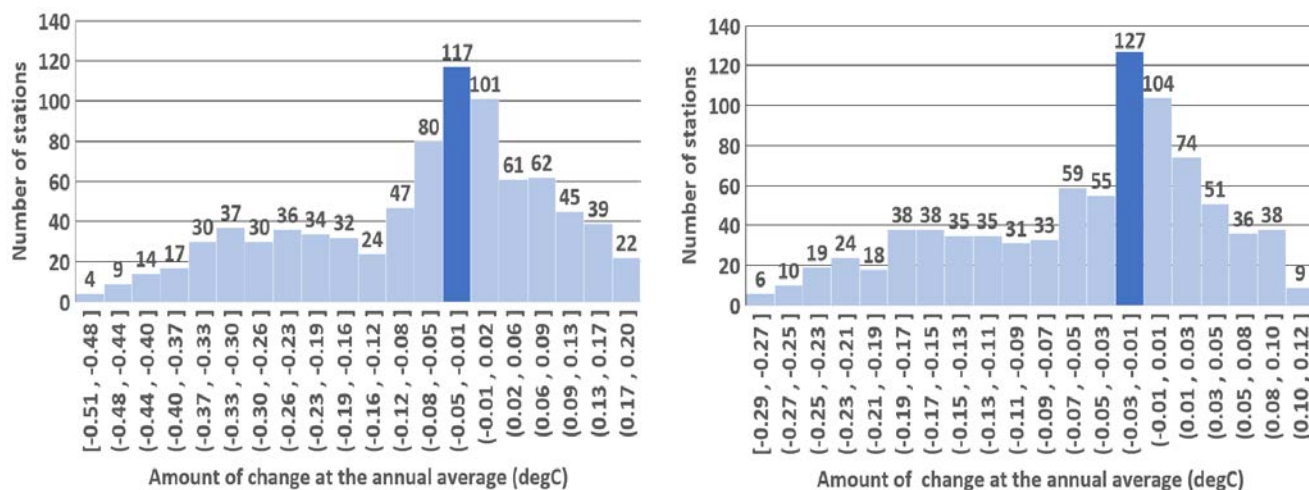


図 10 基準期間と将来期間の変化量または変化率の度数 (EA841 地点)

(気温日較差 (左図)、気温尖度 (右図))

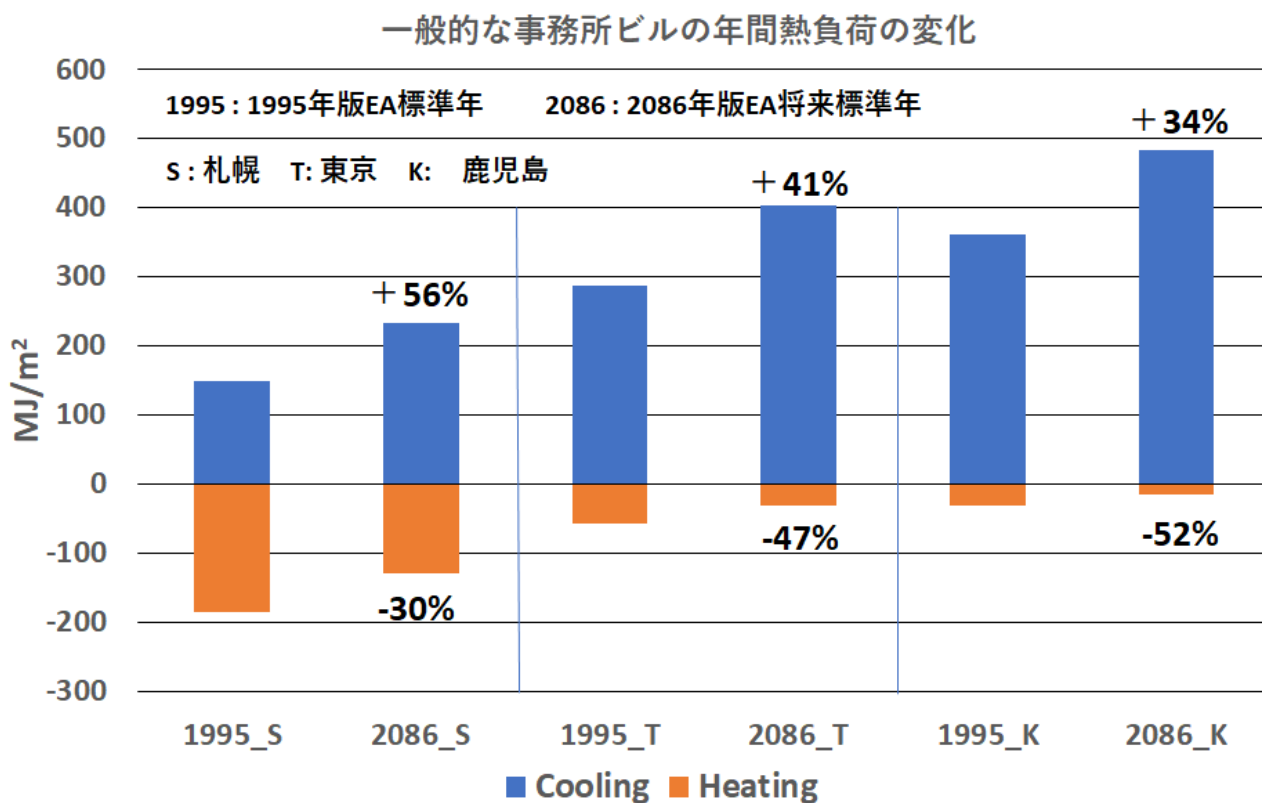


図 11 1995 年版 EA 標準年と 2086 年版 EA 将来標準年で計算した年間熱負荷の比較

(札幌、東京、鹿児島。熱負荷計算は NewHASP による。)