

# 気候指数 [日本全国版] の作成

日本の気候の極端さは 1971 年以降の最高水準



保険研究部 主席研究員 篠原 拓也  
tshino@nli-research.co.jp

※ 本稿は 2022 年 9 月 8 日、12 月 28 日および 2023 年 4 月 6 日発行の「基礎研レポート」を加筆・修正したものである。

## はじめに

気候変動問題が議論されるようになって久しい。温室効果ガスの排出に伴う地球温暖化は、豪雨やスーパー台風等の極端な気象の頻発、南極やグリーンランドの氷床やアフリカ山岳地域等の氷河の融解、ヨーロッパなどでの熱波や干ばつの発生、各地での大規模森林火災の多発など、地球環境にさまざまな影響をもたらしている。

ただ、ニュース報道等で極端な気象や災害など 1 つ 1 つの事象をみることはできても、「国や地域全体でどれくらい極端さが高まっているのか」— 気候変動の状況、を把握することは簡単ではない。そこで、こうした気候変動の状況を指数化して、その動きを把握しようとする取り組みが、北米やオーストラリアのアクチュアリーの間で始まっている。ヨーロッパでも、検討が進められている。

本稿では、これらの先行事例を参考にしながら、日本で気候指数を作成するとしたら、どのように行うべきか — すなわち、初めての日本全体の気候指数の作成 — に取り組むこととしたい。

本稿が、気候変動問題について、読者の関心を高める一助となれば幸いである。

## [目次]

はじめに.....	13
<b>1—気候指数の目的</b> .....	15
1   気候指数には慢性リスク要因の定量化が求められる.....	15
2   海外ではアクチュアリーが気候指数を開発しているケースもある.....	15
<b>2—北米の気候指数</b> .....	16
1   北米を12の地域に分けて、地域ごとに指数を開発.....	16
2   月ごとと季節ごとの指数がある.....	16
3   指数はゼロを基準に、プラスとマイナスの乖離度の大きさを表される.....	16
4   6つの項目と合成指数で、気候変動の推移をとらえる.....	17
5   ACIの合成指数は上昇傾向.....	18
<b>3—北米の気候リスク指数</b> .....	19
1   ACRIバージョン1.0の対象地域はアメリカのみ.....	19
2   ACRIバージョン1.0は財産の損害のみ.....	19
3   損害額を対数換算して、4つの変数の回帰式で表すモデルを構築.....	19
4   地域レベルの推定の安定度は低い.....	20
5   ACRIは、損失額から参照期間中の平均損失額を差し引いて計算する.....	20
6   ACRIは、近年、変動が激しくなっている.....	20
<b>4—オーストラリアの気候指数</b> .....	21
1   オーストラリアを12の地域に分けて、地域ごとに指数を設定.....	21
2   季節単位で、単年と5年移動平均の指数が設けられている.....	22
3   指数は、参照期間からの乖離度の大きさを表される.....	22
4   AACI合成指数の計算には、高温、降水、海面水位の指数しか用いない.....	22
5   AACIの合成指数は上昇傾向.....	23
<b>5—日本版の作成 — 主な検討ポイント</b> .....	24
1   どの項目を指数化するか? — 高温、低温、降水、乾燥、強風、湿度、海面水位を指数化.....	24
(※) 湿度指数には相対湿度を用いる.....	25
2   元データとして何を用いるか? — 気象庁の気象データと潮位データを使用.....	25
3   参照期間をどの期間に設定するか? — 1971~2000年に設定.....	26
4   季節だけではなく月の指数も作るか? — 月の指数も作る.....	26
5   どのように地域区分を設定するか? — 気象庁の気候区分をもとに、12の地域区分を設定.....	26
6   指数をどのように算定するか? — 参照期間中の平均からの乖離度として算定する.....	30
7   閾値をどのように設定するか? — 90%とする.....	30
8   7つの項目について、指数を作成する.....	30
9   合成指数は、高温、降水、湿度、海面水位の4つの指数の平均とする.....	31
<b>6—気候指数の計算結果</b> .....	32
1   多くの地域区分で合成指数は上昇傾向.....	32
2   日本全体では合成指数が1971年以降の最高水準に.....	39
<b>7—おわりに (私見)</b> .....	40
《注記》気候指数計算に用いた気象データ、潮位データについて.....	41
【参考文献・資料】.....	45

## 1——気候指数の目的

そもそも、いま、なぜ気候指数が求められるのだろうか？ まず、その点から考えてみよう。

### 1 | 気候指数には慢性リスク要因の定量化が求められる

近年、気候変動問題が社会経済のさまざまな場面で注目されるようになってきている。台風や豪雨などの自然災害の頻発化や激甚化をはじめ、干ばつや海面水位上昇に伴う食糧供給や住環境の悪化。その対策として、カーボンリサイクル、ネットゼロといった温室効果ガスの排出削減の取り組み。そうした取り組みを金融面から支えるために、グリーンボンド(環境債)やサステナビリティボンドといった省エネやエネルギー転換等の環境関連事業に資金使途を絞った債券の発行。いま、こうしたさまざまな動きが、世界中で出てきている。

そこで問題となるのが、そもそも気候の極端さは、どの程度高まっているのか、ということだ。気候変動リスクには、大規模な風水災のように、短時間のうちに急激に環境が損なわれる「急性リスク」だけではなく、海面水位上昇による沿岸居住地域の喪失のように、長期間に渡って徐々に環境を破壊していく「慢性リスク」もある。こうしたリスクの要因を、定量的に示していくことを目的として、気候指数が作成される。特に、気候変動問題が保険事業に与える影響を定量化するためのベースとなることが大きな目的となる。

### 2 | 海外ではアクチュアリーが気候指数を開発しているケースもある

一般に、気候という言葉は、長期に渡る気象の状態を指すものとされる<sup>1</sup>。近年発生している気温上昇や降水量の増大などを、短期間の変動ではなく、長期的な変化という視点でとらえる必要がある。

そこで、気候変動の状況を映す指標があると有用である。この指標は、気候変動を全体的に示す客観的な尺度であることが求められる。

特に、保険会社では、自然災害による損害を補償する損保、気候変動から生じる生命や健康のリスクを保障する生保など、さまざまな形で、気候変動リスクを引き受けている。こうした保険引受リスクの管理にあたり、気候指数の開発・活用が役に立つものとみられる。

先行事例として、北米(アメリカ、カナダ)では、2016年に「アクチュアリー気候指数」(Actuaries Climate Index, ACI)が開発され、定期的に指数値の公表が行われている<sup>2</sup>。また、オーストラリアでは、2018年に「オーストラリアアクチュアリー気候指数」(Australian Actuaries Climate Index, AACI)が開発され、定期的な指数値の公表が行われている<sup>3,4</sup>。第2章から第4章では、その様子を見ていく。

第5章以降では、それらの内容を踏まえつつ、同様の指数の日本版の作成に取り組むこととしたい。

<sup>1</sup> 辞書では、気候とは、「各地における長期にわたる気象(気温・降雨など)の平均状態。ふつう30年間の平均値を気候値とする。」気象とは、「③〔気〕(weather)大気の状態および雨・風・雷など、大気中の諸現象。」(①と②は省略) (『広辞苑第七版』(岩波書店))とされている。

<sup>2</sup> ACIについては、“Actuaries Climate Index — Development and Design” (The American Academy of Actuaries (AAA), The Canadian Institute of Actuaries (CIA), The Casualty Actuarial Society (CAS), Society of Actuaries (SOA), 2016)が参考になる。

<sup>3</sup> AACIについては、“Australian Actuaries Climate Index — Design Documentation” (Actuaries Institute, 2018)が参考になる。

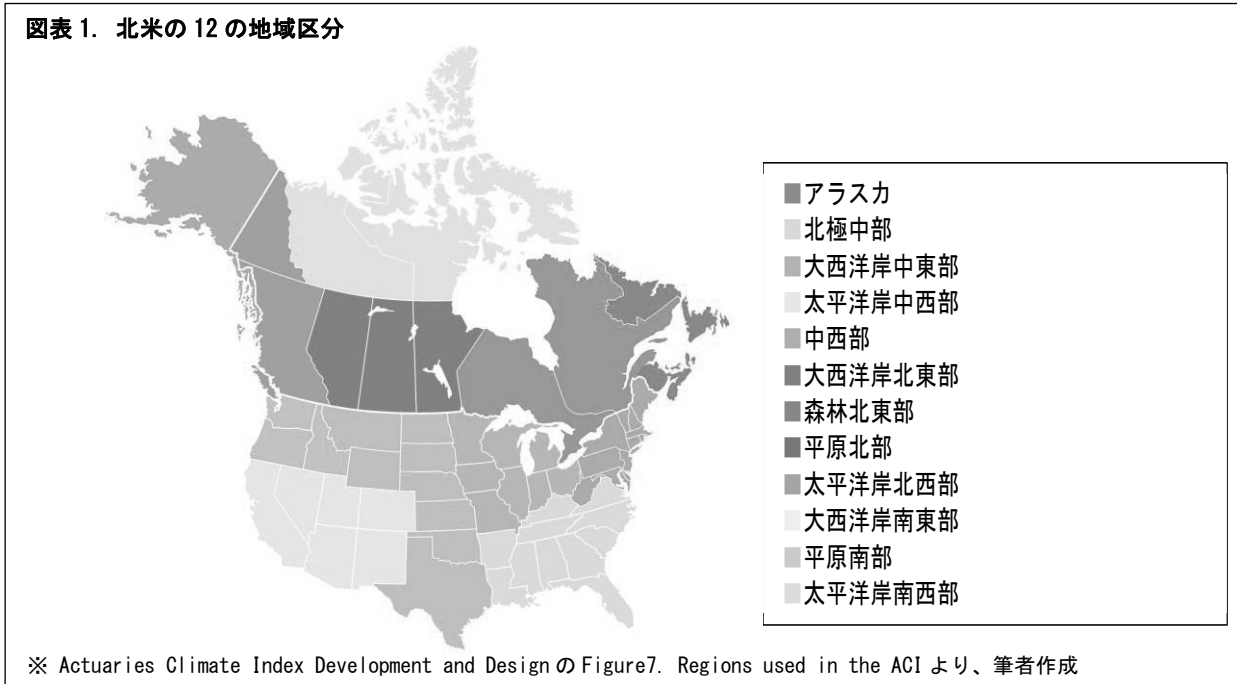
<sup>4</sup> ヨーロッパのアクチュアリーの間でも、気候指数の検討が進められている。具体的には、“Extension of the Actuaries Climate Index to the UK and Europe—A Feasibility Study” Charles L. Curry (Institute and Faculty of Actuaries, Dec 2015)といったペーパーが公表されている。しかし、まだ指数の開発、公表には至っていない模様。

## 2—北米の気候指数

まず、北米で開発・運用されている気候指数(ACI)について、簡単に見ておこう。

### 1 | 北米を12の地域に分けて、地域ごとに指数を開発

北米地域は、北部の北極地域から、南部のメキシコ湾岸まで、広大な地域に及ぶ。気候区分で言えば、フロリダ半島の一部が属する熱帯気候、ラスベガス近辺の乾燥帯気候、太平洋岸・大西洋岸の温帯気候、カナダの広範囲を占める亜寒帯気候、北極付近の寒帯気候と、多様な気候を有している<sup>5</sup>。そこで、気候が類似する地域として、アメリカとカナダを、それぞれ7つ、5つの地域に分けて、指数を設けている。併せて、アメリカ全体、カナダ全体、北米全体の指数も、設定している。



### 2 | 月ごとと季節ごとの指数がある

指数は、月ごとおよび四半期の季節単位(12月～2月、3月～5月、6月～8月、9月～11月)に設けられている。そして、単月(季節)の指数と併せて、月の5年移動平均、季節の5年移動平均の指数も設定されている。これは、気候変動を、日単位や週単位ではなく、より長いスパンで捉えようとするものと考えられる。

### 3 | 指数はゼロを基準に、プラスとマイナスの乖離度の大きさで表される

ACIは、6つの項目の乖離度をもとに計算される。6つの項目とは、高温、低温、降水、乾燥、強風、海面水位を指す。計算にあたり、1961年～1990年の30年間を、参照期間とする。そして、あらかじめ、各項目の計数值について、参照期間中の平均と標準偏差を求めておく。

ある1つの項目に、注目する。この項目について、ある月の乖離度を求めることにしよう。そのためには、その月の計数值から、参照期間中の平均を引き算する。その引き算の結果を、参照期間中の標準偏差で割り算する。このようにすることで、その月の計数值が、標準偏差の何倍くらい、平均から乖離しているかという、乖離度が計算できる。

<sup>5</sup> ドイツの気候学者ケッペンが考案した、ケッペンの気候区分法が有名。この区分法では、世界各地の植生の相違を、気温と降水量に置き換えることで、区分の明確化を可能としている。

乖離度が標準正規分布に従うものと想定すると、-1 から 1 の間に入る確率は、約 68.3%となる。逆に、乖離度が 1 を超える確率は、約 15.9%となる。乖離度が 2 を超えるのは珍しいことで、その確率は、約 2.3%。乖離度が 3 を超えるのは大変珍しいことで、約 0.1%の確率となる。このようにして、気候に関する極端さの度合いが、定量化される。この乖離度を、6 つの項目それぞれで計算して、その平均を ACI とする。

#### 4 | 6 つの項目と合成指数で、気候変動の推移をとらえる

以下では、ポイントを絞って、項目別に、作成方法を概観していく。いずれも、極端さの度合いを示すものとして、乖離度を用いるという方針が貫かれている。

##### (1) 高温は、上側 10%に入る日の割合から算出

高温は、Global Historical Climatology Network(GHCN) のデータを用いる<sup>6</sup>。参照期間中の気温分布に照らした場合に、月(もしくは季節)のうち、上側 10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。気温は、1 日のうちにも変動するため、最高気温と最低気温のそれぞれについて、その割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。そして、その和半をとって、高温の乖離度とする。

##### (2) 低温は、下側 10%に入る日の割合から算出

低温は、高温と同様に、参照期間中の気温分布に照らした場合に、月(もしくは季節)のうち、下側 10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。1 日の最高気温と最低気温のそれぞれについて、その割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。そして、その和半をとって、低温の乖離度とする。なお、低温の乖離度は、負値で表示される。そこで、他の項目の乖離度と比較する際には、マイナス記号を付けて正の値に変換される。

##### (3) 降水は、5 日間の降水量の最大値から算出

降水は、月(もしくは季節)のうち、連続する 5 日間の降水量(降雪も含む)の最大値を、ミリメートル単位でとる。高温や低温と同様に、参照期間中の降水分布に照らして、月(もしくは季節)の、参照期間からの乖離度が計算される。

##### (4) 乾燥は、乾燥日が連続する日数から算出

乾燥は、降水量が 1 ミリメートル未満の、乾燥日が連続する日数について、データをとる。気温や降水と異なり、乾燥については、GHCN のデータからは年間でのデータしか取得できない。このため、年間データを線形補間して、月(もしくは季節)のデータとする。気温や降水と同様に、参照期間中の乾燥日数に照らして、月(もしくは季節)の、参照期間からの乖離度が計算される。

##### (5) 強風は、上側 10%に入る日の割合から算出

強風は、参照期間中の日中平均風力分布に照らした場合に、月(もしくは季節)のうち、上側 10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。そのために、まず、風速のデータが、風力に変換され

<sup>6</sup> GHCN-Daily と呼ばれる。世界の 180 を超える国と地域の地表に設置されている 90,000 カ所を超えるステーションの気候データを統合したデータベース。アメリカ海洋大気庁(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)が所管している。地表を経度、緯度とも 2.5 度ごとの区域に分けて、各区域の気候データを収集している。

る。風力は、単位面積が単位時間に受けるエネルギーを指す。具体的には、風速の3乗に、大気密度<sup>7</sup>を乗じて、2で割り算をして得られる。風速のデータは、National Centers for Environmental Prediction(NCEP)のデータ<sup>8</sup>を用いる。

参照期間中の強風の分布に照らして、月(もしくは季節)の、参照期間からの乖離度が計算される。

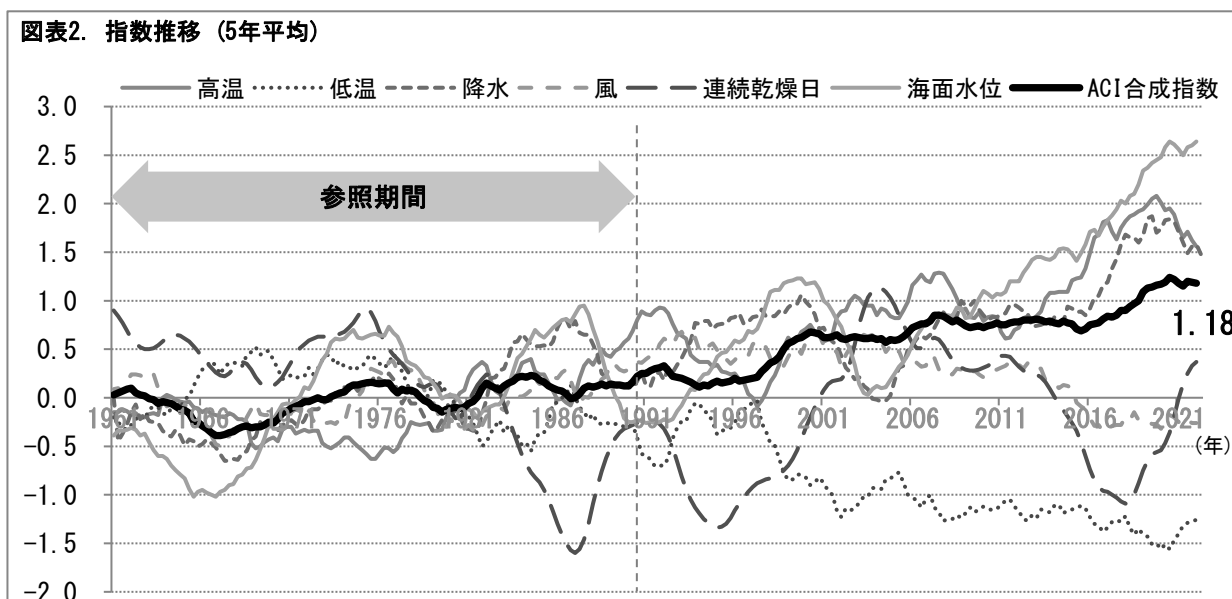
(6) 海面水位は、参照期間中の同じ月のデータから算出

海面水位は、時系列の海面水位データから算出される<sup>9</sup>。ただし、季節によって海面水位の高さは変わる。そこで、参照期間中の30年間の毎月(もしくは季節)のデータのうち、1月のデータ、2月のデータ、…(冬季のデータ、春季のデータ、…)など、同じ月(季節)の30個のデータをもとに、参照期間の平均や標準偏差を計算する。これらをもとに、参照期間からの乖離度が計算される。

これらの6項目の指数の単純平均として、ACI合成指数が計算される。ただし、海に面していない観測地点では、海面水位を除いて合成指数が計算される。

## 5 | ACIの合成指数は上昇傾向

ここで、これまでの推移を見ておこう。指数には、毎月の指数と季節ごとの指数がある。また、それぞれに単月(季節)の指数と、5年平均の指数がある。アメリカとカナダのアクチュアリー会が、主として公表しているのは、季節ごとの5年平均の指数の推移となっている。これを、ACI合成指数(以下、ACI)と、各項目ごとに示すと、次の図表の通りとなる。



※ “Actuaries Climate Index® Values Calculated Using Version 1.1” (2022.5.4) より、筆者作成

1961年から1990年は参照期間であり、この期間に渡るACI等の平均は0となる。ACI等の推移を見ると、実際に、横軸の付近で推移している。1991年以降、ACIの数値は、徐々に高くなっている。2022

<sup>7</sup> 大気密度は、1.293kg/m<sup>3</sup>という固定値とされている。

<sup>8</sup> National Center for Atmospheric Research(NCAR)と合同で行われた調査のデータ。経度、緯度とも2.5度ごとの区域に分けた上で、取得される地表の風速データが用いられる。

<sup>9</sup> Permanent Service for Mean Sea Level(PSMSL)の76カ所のステーションのデータが用いられる。これは、経度、緯度とも2.5度ごとの海域ごとに設けられた計潮器がベースとなる。得られたデータは、地上に対する相対的な海面水位であるため、陸地の上下動の影響を除いた、絶対的な海面水位のデータに調整する必要がある。そのために、ICE-5Gと呼ばれる調整モデルが利用される。

年冬季(12~2月)には、5年平均のACIは、1.18となっている。近年、北米の気候の極端さが高まっていることが、定量的に示されている。

項目ごとに見ると、高温、低温の負値<sup>10</sup>、降水、海面水位の4つは、長期的に上昇傾向にあることがうかがえる。これらは、ACIと同様、それぞれの極端さが高まっているものと見ることができる。

一方、乾燥と強風の2項目については、ACIとはあまり関係なく、独自の変動を見せている。特に、乾燥は、他の項目に比べて、上下の振幅の幅が大きい。これらについては、年ごとの違いの観測を、慎重に進めていく必要があるものと考えられる。

### 3—北米の気候リスク指数

極端な気象が、社会経済に与える影響を定量的に表すために、アクチュアリー気候リスク指数(ACRI)の開発が進められた。2020年に、そのバージョン1.0が公表された<sup>11</sup>。その内容をみていこう。

#### 1 | ACRIバージョン1.0の対象地域はアメリカのみ

ACRIは、ACIと同様、アメリカとカナダを対象とすることを目指している。しかし、バージョン1.0は、アメリカの7つの地域のみが対象とされた。これは、アメリカとカナダで取り扱う災害データの内容が異なり、カナダのデータ数が少なかったことによる<sup>12</sup>。

#### 2 | ACRIバージョン1.0は財産の損害のみ

ACRIは、人命の損失・負傷など、さまざまな損害を対象とすることを目標としている。しかし、バージョン1.0は、財産の損害に限られた。これは、ベースとしている災害データうち、信頼度の高いデータとして、財産の損害のみを取り扱ったためとされる。

ACRIは、全米海洋大気庁(NOAA<sup>13</sup>)のStorm Events Databaseというデータベースをもとに作られた、SHELDUS<sup>14</sup>と呼ばれるデータが使用されている。Storm Events Databaseには、アメリカで発生した50種類以上の自然災害について、物的損害、作物の損害、人命の損失・負傷が含まれている。

#### 3 | 損害額を対数換算して、4つの変数の回帰式で表すモデルを構築

ACRIを計算するためには、さまざまな災害による被害を金額換算して、損害額(Loss)を計算することが必要となる。金額換算では、インフレを加味した2016年基準ドル換算が用いられている。Lossは、地域・月ごとに、モデルに含まれる要因以外を考慮して損失を測るための切片(I)、地域・月の資産価値(推定値)を表すエクスポージャー、4つの環境条件(降水、低温、高温、強風)の変数によって表される関数として、つぎのように表現されると仮定している<sup>15</sup>。

<sup>10</sup> 6つの項目のうち、低温だけは、乖離が負の方向に進んでいく。このため、低温は負値をとってみたい必要がある。ACIの計算式では、低温は負値をとって、他の項目との平均を計算する。

<sup>11</sup> 実は、この前に、Solterra Solutionsが作成したバージョン0.1がある。このバージョン0.1は、アクチュアリー会では未承認だが、考え方の基礎をなしているとされる。

<sup>12</sup> カナダのデータでは、分析対象の3,360地域・月(=5地域×56年(1961~2016年)×12月)のうち、約8%の275地域・月にしか損害のデータがなかった。

<sup>13</sup> NOAAは、National Oceanic and Atmospheric Administrationの略。

<sup>14</sup> SHELDUSは、Spatial Hazard Events and Losses Database for the United Statesの略。

<sup>15</sup> ACIの項目のうち、海面水位と、乾燥はACRIには用いられていない。海面水位は、内陸にある「中西部」で観測できないためとしており、予備分析では、海面水位を除外しても説明力があまり失われないことを確認したとしている。また、乾燥は、年データを補間して月データを算出しており、直接獲得できるわけではないためとしている。

$$\text{Loss} = I \times (\text{エクスポージャー})^e \times (\text{降水})^p \times (\text{低温})^l \times (\text{高温})^h \times (\text{強風})^w \quad [\text{ドル}]$$

算式中の e、p、l、h、w は、それぞれの変数に対する指数。変数の変化に応じて損失が増減する感度を表すパラメータである。過去のデータをもとに、これらのパラメータを推定していくこととなる。

ただし、Loss を実額のまま取り扱っていると、損害の発生した地域・月と、発生しなかった地域・月の間の差が大きく、分布が大きく歪んだ形となってしまう。そこで、Loss を対数換算することで、その歪みを小さくして、回帰計算等の作業処理がしやすい形としている。

具体的には、つぎの算式で、 $\ln(\text{Loss})$  のモデル化を行っている。 $\ln(\star)$  は、 $\star$  の自然対数を表す

$$\ln(\text{Loss}) = \ln(I) + e \times \ln(\text{エクスポージャー}) + p \times \ln(\text{降水}) + l \times \ln(\text{低温}) + h \times \ln(\text{高温}) + w \times \ln(\text{強風})$$

この算式で、84 の地域・月 (=7 地域×12 月) ごとに、それぞれパラメータを推定する。ただし、各地域・月のデータは 1961～2016 年の 56 個しかない<sup>16</sup> ため、パラメータの推定値には相当なブレが含まれている点に注意が必要となる。

図表 3. 信頼水準 90% で有意なパラメータ推定

	統計的に有意な地域・月の割合 (全 84 地域・月のうち)	統計的に有意な値についての平均値	統計的に有意ではない地域・月も含む全体の平均値
エクスポージャー	70%	1.84	1.29
降水	54%	4.13	2.21
低温	12%	1.12	0.13
高温	19%	1.11	0.21
強風	15%	2.80	0.43

※ “Actuaries Climate Risk Index—Preliminary Findings” (American Academy of Actuaries, Jan. 2020) の “Table 2: Summary of Parameter Estimates Significant at the 90% Confidence Level” をもとに筆者作成

#### 4 | 地域レベルの推定の安定度は低い

$\ln(\text{Loss})$  の算式によるモデル化においては、アメリカ全体では推定の安定度が高かった。一方、地域レベルでの推定や、地域・月レベルでの推定では、安定度が低かった。たとえば、推定の安定度を決定係数で見ると、アメリカ全体は 0.62 なのに対し、各地域は 0.22～0.50 の範囲にとどまっている。

#### 5 | ACRI は、損失額から参照期間中の平均損失額を差し引いて計算する

以上のように、パラメータを推定して、モデルを作ることができる。このモデルに、エクスポージャーや 4 つの変数 (降水、低温、高温、強風) を代入することで、モデル化された損失額が計算できる。そして、モデルにより計算された各年の損失額から、参照期間中の損失額の平均を差し引くことで、ACRI が計算される。ただし、ACRI の計算において、パラメータが統計的に有意でない場合には、モデルによる計算は行われない。この場合は、ACRI はゼロとなる。

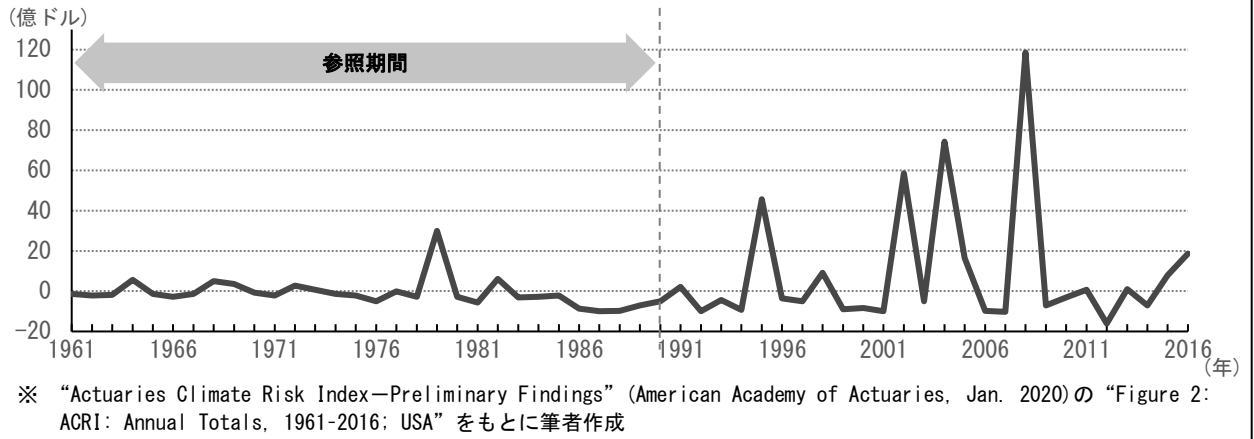
#### 6 | ACRI は、近年、変動が激しくなっている

こうして構築された ACRI の実際の推移をみておこう。つぎの図表のとおりとなる。

<sup>16</sup> たとえば、「平原南部」の「3月」のデータは、同地域の 1961～2016 年の 3 月のデータ、すなわち 56 個しかない。



図表4. ACRIの推移



「モデルにより計算された各年の損失額から、参照期間中の損失額の平均を差し引く」という ACRI の計算方法により、参照期間中の ACRI の平均は、ゼロとなる。1979年に31億ドルとなり、この間の最高値となっている。30年の参照期間のうち、22年はACRIがマイナスとなっており、多くの年は平穏であった、とみることができる。

一方、参照期間後の1991年以降、2016年までに、ACRIが40億ドル超となった年は4つあった。特に、2008年には120億ドル近くまで上昇した。これは、同年6月に中西部で発生した、大洪水の損害によるものとみられる。このように、年次によっては自然災害で巨額の損失が発生することを示している。なお、ACRIは1991年以降も14年でマイナスとなっている。近年、年次ごとのACRIの変動が激しくなっている様子が見えてくる。

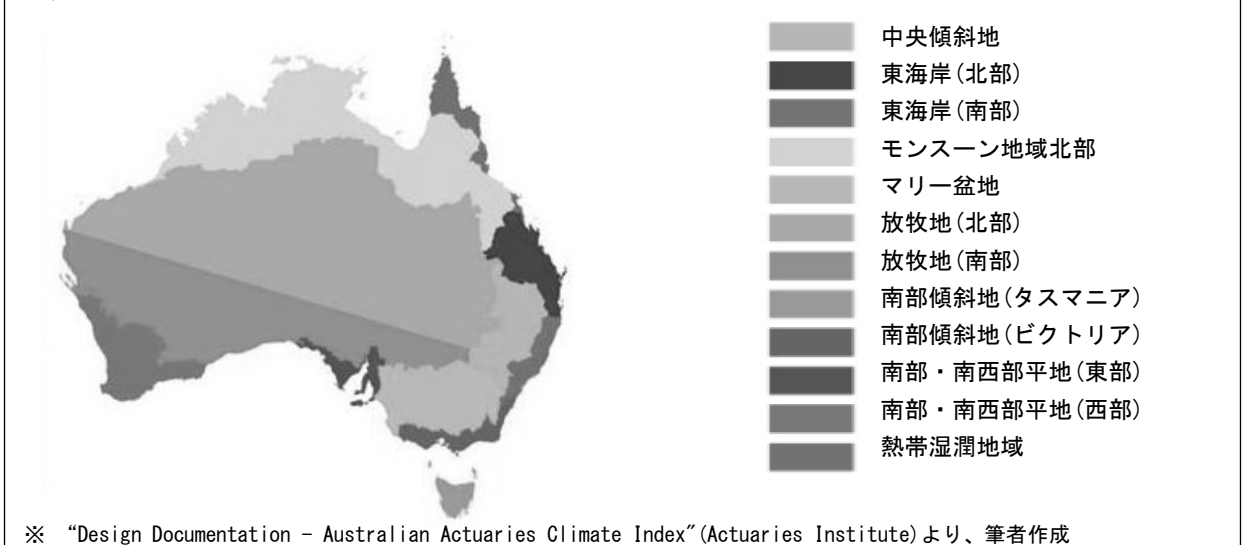
#### 4—オーストラリアの気候指数

つづいて、オーストラリアで開発・運用されている気候指数(AACI)についても、簡単に見ておこう。

##### 1 | オーストラリアを12の地域に分けて、地域ごとに指数を設定

オーストラリアは、日本の20倍にあたる約769.2万平方キロメートルの国土を有している。国土は、南北約3,700キロ、東西約4,000キロに広がっており、北部の熱帯気候、中央部の乾燥帯気候、南部の

図表5. オーストラリアの12の地域区分



温帯気候<sup>17</sup>など、地域ごとに気候が大きく異なっている。

そこで、AACI では、オーストラリアを 12 の地域に分けて、地域ごとに指数を設けている。そして、12 の地域の指数を平均することで、オーストラリア全体の指数(AACI 合成指数)を設定している。

AACI は、アクチュアリーをはじめ、公共政策の立案者、企業、一般市民に、オーストラリアの気候の極端さについて情報を提供することを目的としている。たとえば、洪水、サイクロン、干ばつ、熱波などの気候関連の極端な現象の発生を念頭に置いて作成されている。気候変動の結果、特定のリスクがどのように変化するかについて理解を深める意図が込められている。

## 2 | 季節単位で、単年と 5 年移動平均の指数が設けられている

指数は、四半期の季節単位(12 月～2 月、3 月～5 月、6 月～8 月、9 月～11 月)で設けられている。そして、単年の季節の指数と併せて、5 年移動平均と、当該季節の 5 年移動平均の指数も設定されている。これは、気候変動を、より長いスパンで捉えようとするものと考えられる。

## 3 | 指数は、参照期間からの乖離度の大きさを表される

指数は、高温、低温、降水、風、連続乾燥日、海面水位の 6 つの項目について、計算される。1981 年～2010 年の 30 年を参照期間として、あらかじめ、各項目について、参照期間中の平均と標準偏差を求めておく。

ある 1 つの項目に、注目しよう。この項目について、ある四半期の乖離度を求めることにしよう。そのためには、その季節の計数値から、参照期間中の平均を引き算する。その引き算の結果を、参照期間中の標準偏差で割り算する。このようにすることで、その季節の計数値が、標準偏差の何倍くらい、平均から乖離しているかという、乖離度が計算できる。

## 4 | AACI 合成指数の計算には、高温、降水、海面水位の指数しか用いない

気候の指数として、6 つの項目をとっているが、AACI 合成指数の計算には、高温、降水、海面水位の指数しか用いない。低温、風、連続乾燥日を除外する理由は、つぎのように説明されている。

- 低温 : すでに高温が合成指数に用いられており、気温が強調され過ぎないようにするため
- 風 : 1995 年頃の風速計の最新化で測定方法が変更されており、データが一貫しないため
- 連続乾燥日 : 合成指数に用いられている降水と、強い負の相関を持つため

これにより、合成指数は、高温、降水、海面水位の 3 つの指数の平均として、計算されることとなる。

### (1) 高温は、上側 1%に入る日の割合から算出

指数の作成方法を簡単にみていこう。気候の元データは、オーストラリア気象局(the Bureau of Meteorology, BoM)のものを用いている。以下では、項目別にみていこう。

気温については、112 ヶ所の BoM の気象観測所のデータが用いられる<sup>18</sup>。

高温は、参照期間中の最高気温の 99%閾値(しきいち)を超えた日が、その季節にどれだけあったかという割合でみていく。たとえば、ある年の 3 月 6 日については、1981 年から 2010 年までの 3 月 6 日とその前後 5 日間の、合計 330 日分のデータのうち、4 番目に高いデータが 99%閾値となる。3 月 6 日の最高気温が 99%閾値を上回っていれば、「超過」とカウントされる。このような「超過」の日数が、その季

<sup>17</sup> ドイツの気候学者ケッペンが考案した「ケッペンの気候区分法」による。

<sup>18</sup> 参照するデータは、Australian Climate Observations Reference Network - Surface Air Temperature (ACORN-SAT) のもの。長期間観測を行っている 112 の観測所のデータを抽出する。データ取得方法の違いなどを補正するために、“homogenisation” (均質化)と呼ばれる処理を行っている。

節の日数に占める割合をみる。同様のことを、1日の最低気温についても行い、99%閾値を超えた日数の割合をとる。

この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算してそれぞれの乖離度が計算される。そして、最高気温と最低気温について、乖離度の平均をとって、高温の指数が計算される。

(2) 低温は、下側 1%に入る日の割合から算出

低温は、AACI 合成指数の計算からは除外されているが、高温と同様に指数の計算は行われる。ただし、その際、閾値には 1%閾値が用いられる。330 日分のデータのうち、4 番目に低いデータが 1%閾値となる。1%閾値を下回った日数の割合から計算される。

(3) 降水は、5 日間の降水量の最大値から算出

降水については、降雨の観測・報告を行っている約 2,000 ヶ所の観測所のデータが用いられる。

降水は、季節のうち、連続する 5 日間の降水量をみる。高温と同様に、参照期間中の降水量の 99%閾値を超えた日が、その季節にどれだけあったかという割合でみていく。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、降水の指数が計算される。

(4) 風は、99%閾値を上回る日数の割合から算出

風は、AACI 合成指数の計算からは除外されているが、指数の計算は行われる。信頼できる風速の時系列データを提供するとされる、BoM の 38 ヶ所の観測所のデータが用いられる。高温や降水と同様に、参照期間中の風速の 99%閾値を超えた日が、その季節にどれだけあったかという割合でみていく。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、風の指数が計算される。なお、風は、他の項目より遅れて、1992 年冬季(6~8 月)以降の分が公表されている。

(5) 連続乾燥日は、雨が 1 ミリメートル未満となる乾燥日の最大連続日数から算出

連続乾燥日は、AACI 合成指数の計算からは除外されているが、指数の計算は行われる。BoM の降水データをベースに、雨が 1 ミリメートル未満となる乾燥日が何日続くかという、最大連続日数についてデータをとる。気温や降水と同様に、連続乾燥日の指数が計算される。

(6) 海面水位は、季節の最大水位のデータから算出

海面水位は、BoM によって設置された「基線海面水位監視計画」というプロジェクトで観測される、16 ヶ所の潮位計によるデータが用いられる。海洋に面した 8 つの地域区分で指数が計算される。

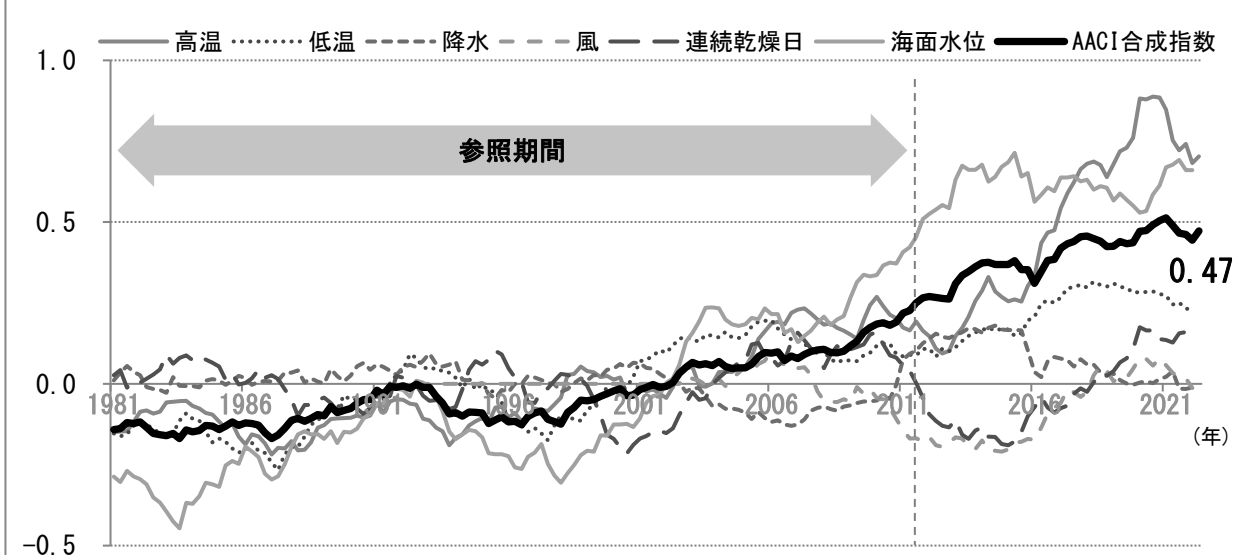
海面水位は、季節の最大水位のデータをとる。このデータから、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、海面水位の指数が計算される。

これらのうち、高温、降水、海面水位の 3 項目の指数の単純平均として、AACI 合成指数が計算される。ただし、海に面していない観測地点では、海面水位を除いて合成指数が計算される。

## 5 | AACI の合成指数は上昇傾向

ここで、指数のこれまでの推移を見ておこう。指数には、各季節の指数、5 年移動平均、当該季節の 5 年移動平均、の 3 種類の指数がある。オーストラリアのアクチュアリー会が、主として公表しているのは、5 年移動平均の指数となっている。これを、全体の AACI と、各項目について示すと、次の図の通りとなる。

図表6. 指数推移 (5年平均)



※ “Australian\_actuaries\_climate\_index\_export\_2021\_3-nl” (Actuaries Institute)より、筆者作成

1981年から2010年は参照期間であり、この期間には、横軸の付近で推移している。2011年以降、AACI合成指数の値は、徐々に高くなっている。2022年秋季(3~5月)には、0.47となっている。近年、オーストラリアの気候の極端さは上昇傾向にある、ということが、定量的に示されている。

項目ごとに見ると、高温や海面水位は、AACI合成指数を上回って推移している。温暖化により、高温日数の増加や、海面水位の上昇が進んでいる様子がうかがえる。

一方、降水、風、連続乾燥日の3項目については、上下の振幅の幅が大きい。これらについては、今後も振幅の幅が拡大していくかどうかなど、中長期的な動きを、慎重にみていく必要があるものと考えられる。

## 5—日本版の作成 — 主な検討ポイント

本章では、北米とオーストラリアで開発されたアクチュアリー気候指数を参考に、日本での指数の作成に向けて検討していこう。

### 1 | どの項目を指数化するか? — 高温、低温、降水、乾燥、強風、湿度、海面水位を指数化

まず、そもそも気象に関するどの項目をみるべきか、という検討ポイントが考えられる。ただ、これについて検討を進めていくと、候補としてさまざまな項目が考えられて、收拾がつかなくなる恐れがある。そこで、北米やオーストラリアと同様に、6つの項目を用いることを前提とする。

ただし、日本では、春から秋にかけて、高温の日に熱中症を発症する人が増える。特に、高齢者や乳幼児の場合、熱中症により、生命を失うような深刻な事態も発生している。こうした熱中症は、気温が高くなることに加えて、湿度が上昇して、“暑さ”(暑熱)が生じることに起因するという<sup>19</sup>。そこで、日本版の気候指数では、項目の1つとして、湿度を追加する。

この結果、高温、低温、降水、乾燥、強風、湿度、海面水位の7項目を指数化する。

<sup>19</sup> 熱中症とは暑熱環境で発生する障害の総称である。(「スポーツ医学検定 公式テキスト 1級」(一般社団法人 スポーツ医学検定機構, 東洋館出版社, 2019年)より)

## (※) 湿度指数には相対湿度を用いる

一般に、湿度には相対湿度と絶対湿度がある。指数にどちらの湿度を用いるか、検討が必要となる。

相対湿度とは、単位容積内の水蒸気の量と、その温度に対応する飽和水蒸気密度の比である。通常は、パーセント単位で表す。単位容積内の水蒸気の量が一定のまま、気温が上がると、分母の飽和水蒸気密度が上昇するため、相対湿度は下がる。つまり、相対湿度は、気温の影響を受ける。通常、日々の天気予報等の気象関係のニュースで湿度として示されるのは、相対湿度である。

一方、絶対湿度とは、単位容積内の水蒸気の質量と、乾燥空気の密度の比である。単位は、「kg/kg」となる。一般に、絶対湿度は、気温が上がっても下がっても変わらない。気象学では、「混合比」とも呼ばれ、湿度の指標としてよく用いられる。その理由は、「(a) 空気塊が不飽和で水蒸気の凝結が起こらない、(b) 上方から雨粒が落ちてきて雨粒から蒸発が起こるといことがない、(c) まわりの違った混合比をもつ空気と混合しない。このような条件が満足されているときには、大気中の混合比の分布の変化を見ると、大気がどう動いているか見当をつけることができる」ためとされている<sup>20</sup>。

今回、湿度指数に相対湿度と絶対湿度のどちらを用いるべきか、検討を要する。湿度指数と、高温指数や低温指数の指数間の独立性を重視する観点からは、絶対湿度を用いることが考えられる。しかし、絶対湿度は日々の天気予報等での湿度とは異なる。絶対湿度ベースの湿度指数は、一般の人々の肌感覚に合わない可能性がある。こうした点を踏まえて、今回は相対湿度を用いることとしたい。

## 2 | 元データとして何を用いるか？ — 気象庁の気象データと潮位データを使用

指数作成の元データとして何を用いるか、についても検討が必要となる。特に、潮位データについては、気象庁以外が観測を行っているケースもある<sup>21</sup>。気象庁以外のデータを使用する場合には、データの同等性について、確認や検討が必要となるものと考えられる。

今回の指数作成の元データは、高温、低温、降水、乾燥、風、湿度については、気象庁がホームページで公開している気象データ（「過去の気象データ・ダウンロード」（気象庁 HP））。海面水位については、潮位データ（「歴史的潮位資料+近年の潮位資料」（気象庁 HP））を用いることとする。いずれも気象庁のホームページからダウンロードして取得したデータとする。

気象データは、日単位のものとし、各観測地点の「日最高気温（℃）」、「日最低気温（℃）」、「降水量の日合計（mm）」、「日平均風速（m/s）」、「日平均相対湿度（%）」のデータである。乾燥指数のために、降水に関しては、降水現象の有無に関する「現象なし情報」も用いる。

一方、潮位データは、月単位のものとし、各観測地点の「月平均潮位（cm）」を用いる。

各地域区分で設定する気象データの観測地点は、原則として気象台等<sup>22</sup>とする。気象台等では、過去からの日々の観測要素（降水量、風、気温、湿度、天気など）が取得できるためである<sup>23</sup>。無人観測施設であるアメダス<sup>24</sup>による観測地点でも、降水量、風、気温などのデータが取得できるが、湿度や一部の項目が取得できないなどの制約があることから、今回の気候指数作成のための気象データとしては用いない。なお、すでに観測を停止している地点のデータは、用いないこととする。

<sup>20</sup> 「」内は、「一般気象学〔第2版補訂版〕」小倉義光著（東京大学出版会，2016年）より、引用。

<sup>21</sup> 海面水位については、地点ごとに、国土地理院、海上保安庁、国土交通省、地方自治体の港湾局などがそれぞれ観測を行っている。

<sup>22</sup> 気象台の他に、有人の気象観測施設も含まれる。

<sup>23</sup> 一部の項目のデータが取得できない気象台等もある。その場合、その観測地点データは気候指数作成には用いない。

<sup>24</sup> 国内約1300か所の気象観測所で構成される気象庁の無人観測施設。アメダス(AMeDAS)は、Automated Meteorological Data Acquisition System(地域気象観測システム)の通称。

### 3 | 参照期間をどの期間に設定するか？ — 1971～2000年に設定

気候指数では、参照期間を設定してその期間の平均からの乖離度をもとに、気候変動の様子を捉えることが行われる。その際、まず検討点となるのが、参照期間である。

参照期間を考える際は、気象観測における「平年」と整合的であること、有用なデータが取得できることなどが要件となる。

まず、平年について。気象観測でよくいわれる平年値は、西暦年の一の位が1の年から、30年後の一の位が0の年までの30年間の平均値をいう。参照期間を平年と揃えて設定すれば、気象観測と気候指数の関係が保ちやすくなり、さまざまな年で都合がよいと考えられる。

つぎに、有用なデータが取得できること。一般に、古いデータほど、対象地域が限られていたり、データの観測方法が現在と異なっていたりするため、データの有用性は乏しくなる。たとえば、風速や潮位のデータについては、1960年代まではデータが一部欠損していたり、観測方法が異なっていたりするため、有用性に難がある。

これらを踏まえて、今回は参照期間を1971～2000年に設定することとした。

### 4 | 季節だけではなく月の指数も作るか？ — 月の指数も作る

オーストラリアでは、季節の指数だけを作成している。北米でも、主にグラフなどで公表しているのは季節の指数だ。そこで、月の指数は作るか、という検討点が生じる。

本稿では、季節の指数でグラフ表示を行うこととしている。しかし、月ごとに推移をみるニーズが皆無とは言えない。そこで、今回は、季節だけではなく月の指数も作ることにする。

指数は、月ごとおよび四半期の季節単位(12～2月、3～5月、6～8月、9～11月)に作成する。そして、月や季節の指数と併せて、月の5年移動平均、季節の5年移動平均の指数も設定する。これは、気候変動を、短期間の変動としてではなく、より長いスパンで捉えようとする試みである。

なお、やや細かいが、参照期間の当初5年間(1971～1975年)については、実績が5年分に満たないため、移動平均をとっても変動が大きくなる。そこで、この期間は、5年移動平均の不足分を1971～1975年の平均で補うことにする。

### 5 | どのように地域区分を設定するか？ — 気象庁の気候区分をもとに、12の地域区分を設定

気候指数の作成にあたり、地域区分をどのように設定するかは、大きな検討点といえる。北米ではアメリカを7つ、カナダを5つの地域に分けている。オーストラリアは、12の地域区分を設定している。

(1) 日本では、ケッペンの気候区分による設定は現実的ではない

ただ、日本の場合は、多くの地域がケッペンの気候区分<sup>25</sup>という温暖湿潤気候(Cf)に属している<sup>26</sup>。このため、広い国土を持つ上記3カ国と同様に、熱帯、乾燥帯、温帯、亜寒帯、寒帯といった大きな気候区分の違いをもとに地域区分を設定することは現実的ではない。

(2) 日本独自の気候区分の設定は、気候指数に適さない

一方で、日本は、太平洋側と日本海側、沿岸部と内陸部では、高温、低温、降水などの気象が異なっ

<sup>25</sup> ドイツの気候学者ケッペンが考案した気候区分法。この区分法では、世界各地の植生の相違を、気温と降水量に置き換えることで、区分の明確化を可能としている。

<sup>26</sup> 北海道のほぼ全域と東北地方内陸部、北関東・甲信越・飛騨・北陸地方の高原地帯は、亜寒帯湿潤気候(Df)。沖縄の先島諸島の大部分や大東諸島南部は、熱帯雨林気候(Af)に属する。

ている。また、日本列島は南北に長いため、たとえば、冬季には北海道で気温が氷点下となるのに対して、沖縄では10℃程度にまでしか下がらない。このような地域ごとの気候の違いは、日本独自の気候区分として、中学や高校の地理教科(「中学地理」「地理総合」)で取り上げられている。具体的には、「北海道」、「日本海側」、「中央高地」、「瀬戸内」、「太平洋側」、「南西諸島」の6つの地域の気候に分けることが行われている。この地理教科での区分をもとに、気候指数の地域区分を設けることが考えられる。

しかし、この地理教科での区分は都道府県の行政単位とは無関係に設定されている。気候指数を都道府県単位で活用する可能性があることを踏まえると、同一の県が複数の地域区分に分かれることは望ましくない。また、6つの地域の大きさは均等ではなく、相当に異なっている。たとえば、「中央高地」は山梨県、長野県、岐阜県の山岳地方のみである一方、「太平洋側」は青森県南東部から東京都、和歌山県、高知県を経て長崎県や鹿児島県に至る太平洋側一帯を占めている。気候指数の地域区分という点では、「中央高地」は狭小過ぎる、「太平洋側」は広大過ぎる、ということになりかねない。

### (3) 気象庁の気候区分をもとに、地域区分を設定

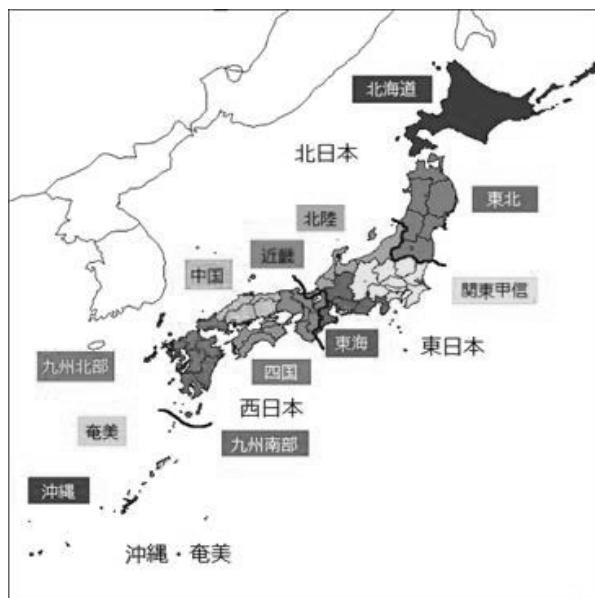
気象庁は、「北日本」「東日本」「西日本」「沖縄・奄美」の4つに分けたうえで、日本を12の地方に分けている。これは、都道府県の行政単位や、一般的な地方区分を踏まえたものとなっている。

この気候区分を用いると、太平洋側と日本海側の違いは限定的に区分されることとなる。沿岸部と内陸部の違いも明確には区分に反映できない。しかし、テレビの天気予報などでよく目にする一般的な区分であり馴染みやすいという利点がある。また、各区分の大きさも極端に広大、狭小といったことがない。

さらに、今後、気候変動問題が保険事業に与える影響をみていくために、気候指数と各種保険事故の発生動向を関連付けるような展開が考えられる。そのようなときに、気候指数を都道府県単位で設定しておくことができれば、使い勝手がよい。

そこで、今回の気候指数では、この地方分類と同じとなる12個の地域区分を設定することとする。

図表 7. 12の地方分類 (気象庁)



#### 地方分類

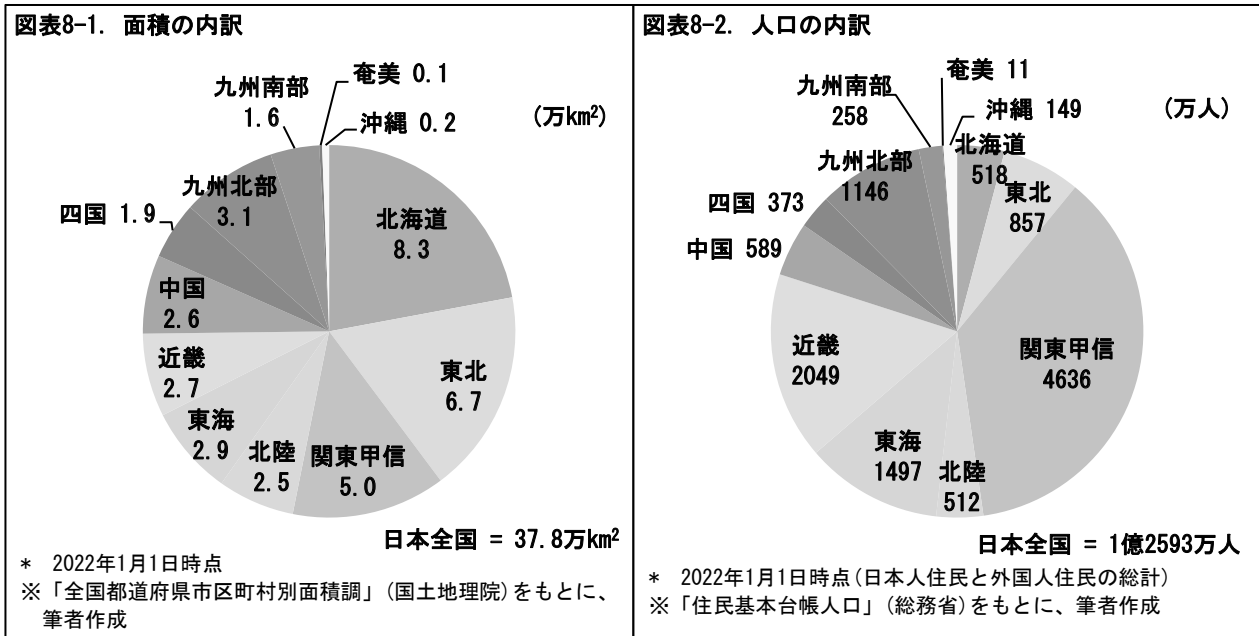
- (北日本)
  - ・北海道
  - ・東北
- (東日本)
  - ・関東甲信
  - ・北陸
  - ・東海
- (西日本)
  - ・近畿
  - ・中国
  - ・四国
  - ・九州北部
  - ・九州南部
- (沖縄・奄美)
  - ・奄美
  - ・沖縄

※ 「日本の気候」(気象庁ホームページ)より

(4) 奄美については、九州南部と合わせた地域区分も設定

今後、気候変動問題が保険事業に与える影響をみていくために、気候指数と各種保険事故の発生動向を関連付けるような展開が考えられる。そのようなときに、気候指数を都道府県単位で設定しておくことができれば、使い勝手がよい。

12の地域区分はそのことを意識しているが、奄美については鹿児島県の一部であり、市町村単位での設定となっている。また、奄美は、面積が0.1万km<sup>2</sup>、人口が11万人であり、他の地域区分と比べて小さい。そこで、今回の気候指数作成では、奄美について、奄美単独の地域区分に加えて、九州南部と合わせた「九州南部・奄美」の地域区分も設定することとする。



日本全体の気候指数については、各気候区分の気候指数を平均して算定する。その際、九州南部と奄美の代わりに、九州南部・奄美を用いることとする。

(5) 気象データの観測地点は気象台等とする

今回、各地域区分に複数の観測地点を設定して、そのデータをもとに地域区分の気候指数を作る。地域区分内の地点の気候指数を平均したものを、その地域区分の気候指数とする<sup>27</sup>。

各地域区分で設定する気象データの観測地点は、原則として気象台等<sup>28</sup>とする。気象台等では、過去からの日々の観測要素(降水量、風、気温、湿度、天気など)が取得できるためである<sup>29</sup>。無人観測施設であるアメダス<sup>30</sup>による観測地点でも、降水量、風、気温などのデータが取得できるが、湿度や一部の項目が取得できないなどの制約があることから、今回の気候指数作成のための気象データとしては用いない。なお、すでに観測を停止している地点のデータは、用いないこととする。

<sup>27</sup> 各地点の気候指数は、気象や潮位のデータの参照期間(1971~2000年)平均からの乖離度(平均と標準偏差を用いて算定)として計算される。そのため、各地点の平均をとることができる。

<sup>28</sup> 気象台の他に、有人の気象観測施設も含まれる。

<sup>29</sup> 一部の項目のデータが取得できない気象台等もある。その場合、その観測地点のデータは気候指数作成には用いない。

<sup>30</sup> 国内約1300か所の気象観測所で構成される気象庁の無人観測施設。アメダス(AMeDAS)は、Automated Meteorological Data Acquisition System(地域気象観測システム)の通称。



(6) 潮位データについては歴史的潮位資料が公表されている潮汐観測地点とする

気候指数の1つに、海面水位指数がある。これは、潮位データをもとに、作成される。潮位データについては、1997年3月以前の潮位の観測値が「歴史的潮位資料」、1997年4月以降の潮位の観測値が「近年の潮位資料」として、気象庁より公表されている。ただし、歴史的潮位資料は、すべての潮汐観測地点で公表されているわけではなく、長期に渡って観測を続けている地点に限られる。一方で、過去のデータはあるものの、すでに観測を停止しているため、直近のデータがない地点もある。

そこで、各地域区分で設定する潮位データの観測地点は、歴史的潮位資料と近年の潮位資料が公表されていて、現在も観測を継続している潮汐観測地点とする。

(7) 観測地点は気象データ 154 地点、潮位データ 57 地点

観測地点は次の表のとおりとなった。気象データとして 154 地点、潮位データとして 57 地点のデータを気象庁のホームページより取得し、これらをもとに気候指数を作成する。

図表 9. 気候指数作成にデータを用いる観測地点の一覧

	地域区分	気象データ	潮位データ
北日本	北海道	札幌 函館 江差 寿都 小樽 倶知安 岩見沢 旭川 羽幌 留萌 稚内 北見枝幸 雄武 紋別 網走 室蘭 苫小牧 浦河 帯広 広尾 釧路 根室	函館 小樽 稚内 網走 釧路 花咲
	東北	青森 深浦 むつ 八戸 盛岡 宮古 大船渡 仙台 石巻 秋田 酒田 新庄 山形 福島 若松 白河 小名浜	深浦、下北 宮古
東日本	関東甲信	水戸 つくば 宇都宮 日光 前橋 熊谷 秩父 千葉 銚子 勝浦 館山 東京 大島 三宅島 八丈島 父島 南鳥島 横浜 甲府 河口湖 長野 軽井沢 松本 諏訪 飯田	布良 東京 岡田 父島 南鳥島
	北陸	新潟 高田 相川 富山 伏木 金沢 輪島 福井 敦賀	佐渡 富山 能登
	東海	岐阜 高山 網代 三島 石廊崎 静岡 御前崎 浜松 名古屋 伊良湖 四日市 津 上野 尾鷲	石廊崎 御前崎 内浦 清水港 舞阪 名古屋 尾鷲 鳥羽
西日本	近畿	彦根 京都 舞鶴 大阪 神戸 豊岡 姫路 洲本 奈良 和歌山 潮岬	舞鶴 大阪 淡輪 神戸 洲本 和歌山 白浜 串本 浦神
	中国	鳥取 米子 境 松江 浜田 西郷 岡山 津山 福山 広島 呉	境 浜田 西郷 宇野
	四国	徳島 高松 多度津 松山 宇和島 室戸岬 高知 宿毛 清水	小松島 高松 松山 宇和島 室戸岬 高知 土佐清水
	九州北部	萩 山口 下関 福岡 飯塚 佐賀 雲仙岳 佐世保 平戸 長崎 福江 厳原 熊本 人吉 牛深 大分 日田	長崎 福江 大浦 口之津
	九州南部	延岡 宮崎 都城 油津 鹿児島 阿久根 枕崎 種子島 屋久島	油津 鹿児島 枕崎 種子島
沖縄・奄美	奄美	名瀬 沖永良部	奄美
	沖縄	那覇 名護 久米島 南大東島 宮古島 石垣島 西表島 与那国島	那覇 石垣 与那国

\* 山に設置された測候所(例、富士山)では、一部のデータが取得できない場合がある。その場合、その地点のデータは用いない。  
2011年の東日本大震災や2000年の三宅島噴火など、自然災害による観測中断期間がある場合、その内容を見て採否を判断する。  
※ 筆者作成

## 6 | 指数をどのように算定するか？ — 参照期間中の平均からの乖離度として算定する

気候指数の作成にあたり、あらかじめ、各項目の計数値について、参照期間中の同じ月(季節)の平均と標準偏差を求めておく。(以下、季節の指数については、適宜、「月」を「季節」と読み替えていただきたい。)

ある1つの項目に、注目する。この項目について、ある月の乖離度を求めることにしよう。そのためには、その月の計数値から、参照期間中の平均を引き算する。その引き算の結果を、参照期間中の標準偏差で割り算する。このようにすることで、その月の計数値が、標準偏差の何倍くらい、平均から乖離しているかという、乖離度が計算できる。

乖離度が標準正規分布に従うものと想定すると、-1から1の間に入る確率は、約68.3%となる。逆に、乖離度が1を超える確率は、約15.9%となる。乖離度が2を超えるのは珍しいことで、その確率は、約2.3%。乖離度が3を超えるのは大変珍しいことで、約0.1%の確率となる。このようにして、気候に関する極端さの度合いが、定量化される。この乖離度を、7つの項目それぞれで計算する。

## 7 | 閾値をどのように設定するか？ — 90%とする

北米、オーストラリアの先行の指数では、高温、低温、強風(北米は降水も)の各項目について、参照期間のデータをもとに、閾(しきい)値を設定している。閾値の水準の設定は、どの程度の極端な気象を指数に反映させるか、を決定するものとなる。

具体的な水準として、北米のように90%とする、オーストラリアのように99%とする、またはそれ以外の値とするなど、さまざまな設定が考えられる。ただ、今回はデータが少ないため、99%などの高水準に設定すると、極端な気象の指数反映が厳しくなり、指数の変動が大きくなることが予想される。このため、北米と同様に、90%に閾値を設定することとする。

## 8 | 7つの項目について、指数を作成する

以下では、ポイントを絞って、項目別に、作成方法を概観していく。いずれも、極端さの度合いを示すものとして、乖離度を用いるという方針が貫かれている。

### (1) 高温は、上側10%に入る日の割合から算出

高温は、参照期間中の気温分布に照らした場合に、月のうち、上側10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。例えば、ある年の4月6日については、1971年から2000年までの4月6日とその前後5日間(4月1~5日および7~11日)の、合計330日分のデータのうち、33番目に高いデータが閾値(しきいち)となる。この閾値以上の日は何日あったか、をみることとなる。

気温は、1日のうちにも変動するため、日最高気温と日最低気温のそれぞれについて、その割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。そして、その和半をとって、高温の指数とする。

### (2) 低温は、下側10%に入る日の割合から算出

低温は、高温と同様に、参照期間中の気温分布に照らした場合に、月のうち、下側10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。日最高気温と日最低気温のそれぞれについて、その割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。そして、その和半をとって、低温の指数とする。

### (3) 降水は、5日間の降水量の最大値から算出

降水は、月のうち、連続する5日間の降水量をみる。高温と同様に、参照期間中の降水量の上側10%の中に入る日が、その月にどれだけあるかという割合でみていく。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、降水の指数とする。

(4) 乾燥は、乾燥日が連続する日数から算出

乾燥の指数は、連続乾燥日から算出する。すなわち、乾燥日は何日続くかという、最大連続日数についてデータをとる。その際、乾燥日をどのように判定するかが検討ポイントとなる。降水量が0ミリメートルでも、わずかながら降水が見られる場合と、まったく降水が見られない場合があるためだ。

これについては、気象データにおいて観測単位(降水量0.5ミリメートル)未満で、降水の現象の有無の観測をした結果として表示されている「現象なし情報」を用いて判定する<sup>31</sup>。

参照期間中の同月の乾燥日の最大連続日数をもとに、その月の参照期間からの乖離度が計算される。これを、乾燥の指数とする。

(5) 風は、上側10%に入る日の割合から算出

風は、参照期間中の日平均風速の分布に照らした場合に、月のうち、上側10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。これを、風の指数とする。

(6) 湿度は、上側10%に入る日の割合から算出

湿度は、参照期間中の日平均相対湿度の分布に照らした場合に、月のうち、上側10%の中に入る日が、何日を占めるかという割合をとる。この割合から、参照期間の平均を差し引き、その結果を参照期間の標準偏差で割り算して、それぞれの乖離度が計算される。これを、湿度の指数とする。

(7) 海面水位は、参照期間中の同じ月のデータから算出

海面水位は、月平均潮位から算出する。ただし、季節によって海面水位の高さは変わる。そこで、参照期間中の同月の30個のデータをもとに、参照期間の平均や標準偏差を計算する。それらをもとに、その月の平均潮位の参照期間からの乖離度が計算される。これを、海面水位の指数とする。

## 9 | 合成指数は、高温、降水、湿度、海面水位の4つの指数の平均とする

最後に、以上で算出された7項目の指数をもとに、合成指数を算出する。

7項目の指数のうち、高温と低温はともに気温についての項目であり、相互に関連があるものと考えられる。また、降水と乾燥は、反対の事象を表す項目と言えるため、負の相関があるものとみられる。さらに、風については、観測方法がよく変更されており、データが空欄となっていた日数も多いなど、データの一貫性に難があるという課題も残っている。<sup>32</sup>

このため、今回は、低温、乾燥、風は合成指数の計算には用いず、高温、降水、湿度、海面水位の4項目の平均として合成指数を算出することとした。

以上の諸検討点について、北米、オーストラリアの気候指数と、今回の日本版指数の、主な相違点を

<sup>31</sup> 現象なし情報は、降水の現象があった日は1、なかった日は0の値で表示されている。

<sup>32</sup> 注記表1に示すとおり、気象データのうち日平均風速については、1971~2022年の間に、すべての観測地点で少なくとも1回、多い地点では4回、観測方法が変更されている。また、空欄となっている日数は、他の気象データに比べて多い。

まとめておく。今回の日本版指数は、ACI と AACI の計算で用いられている方法を部分的に採用して、計算することとなる。

図表 10. 各指数の計算方法の主な相違点

	ACI (北米)	AACI (オーストラリア)	今回の日本版指数 (日本)
項目	(6 項目) 高温、低温、降水、乾燥、風、海面水位	(6 項目) 高温、低温、降水、乾燥、風、海面水位	(7 項目) 高温、低温、降水、乾燥、風、湿度、海面水位
参照期間	1961 年～1990 年	1981 年～2010 年	1971 年～2000 年
地域区分	アメリカ 7 区分 カナダ 5 区分	オーストラリア 12 区分	日本 12 区分
閾(しきい)値	90%	99%	90%
降水のデータ	データ実数から乖離度を算出 (閾値を用いない)	閾値超過日数から乖離度を算出 (閾値を用いる)	閾値超過日数から乖離度を算出 (閾値を用いる)
強風のデータ	1 日の平均風速	1 日の最大風速	1 日の平均風速
海面水位のデータ	季節の平均水位	季節の最大水位	季節の平均水位
合成指数	全 6 項目の平均	高温、降水、海面水位の平均	高温、降水、湿度、海面水位 の平均

※ “FAQs for the Australian Actuaries Climate Index” (Actuaries Institute) をベースに、筆者作成

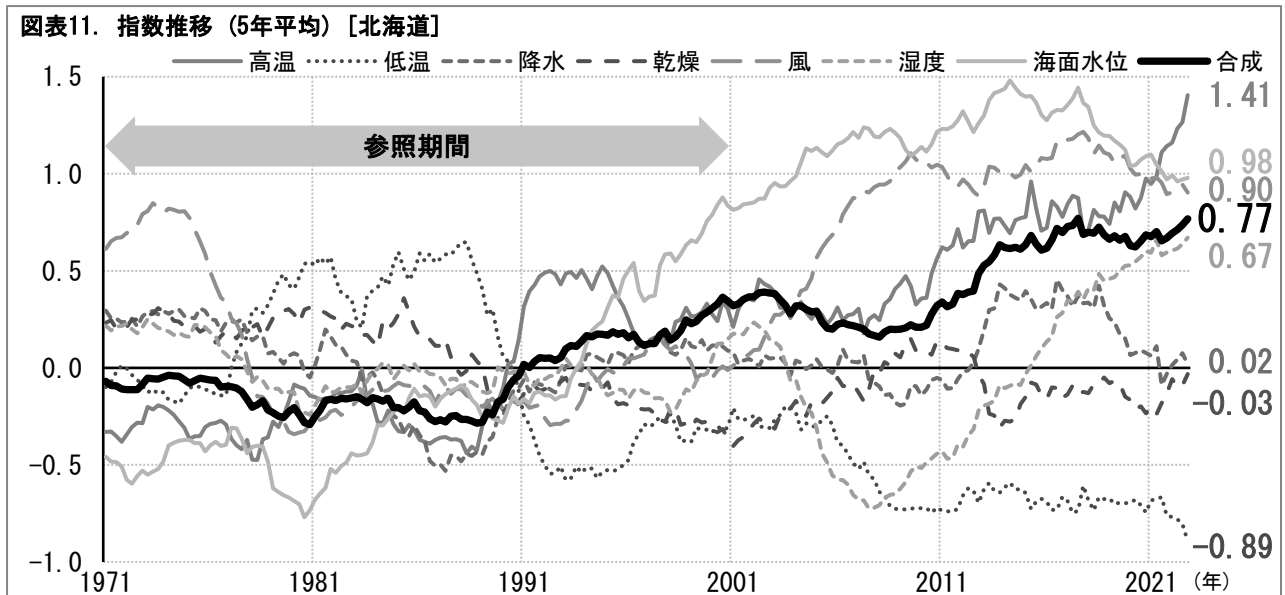
## 6——気候指数の計算結果

本章では、1971 年～2022 年秋季(9～11 月)の期間に渡り、各地域区分と日本全体について、気候指数の計算結果を見ていく。日本各地と日本全体で、気候の極端さがどれくらい進んでいるか、概観していくこととしたい。

### 1 | 多くの地域区分で合成指数は上昇傾向

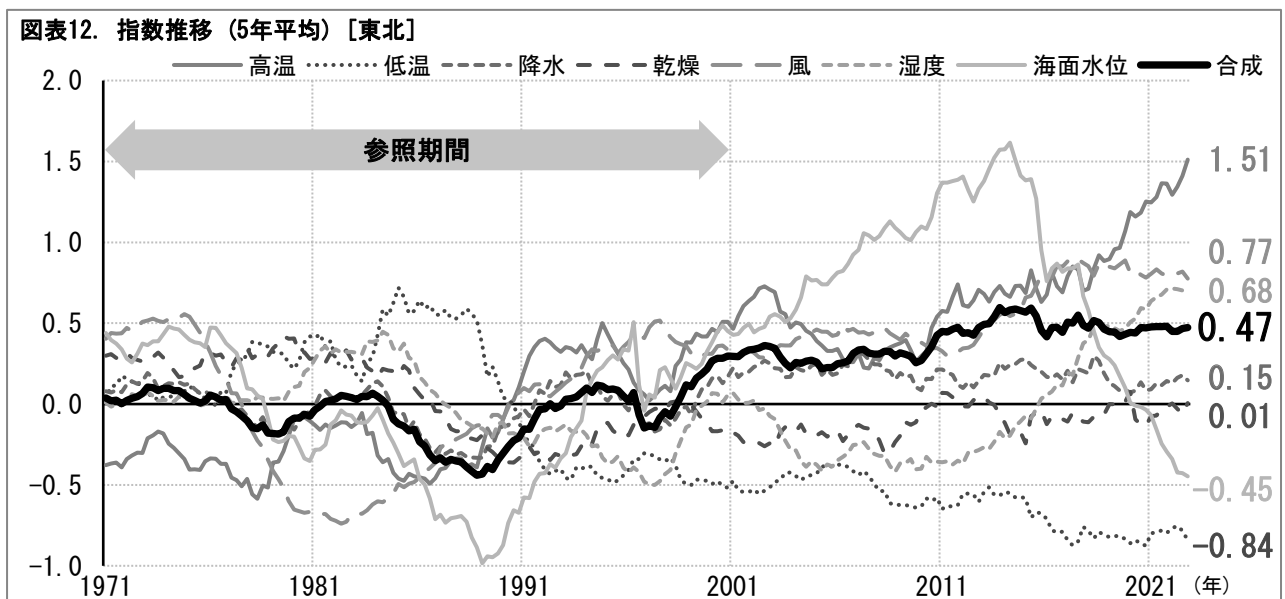
まず、12 の気候区分ごとに、計算結果のグラフを見ていこう。九州南部と奄美については、それぞれのグラフとともに、両者を一体化した「九州南部・奄美」についても見ていく。

(1) 北海道



北海道の合成指数は、上昇傾向にあり、2022年秋季には0.77となっている。2000年代に比べて、2010年代は、参照期間からの乖離度が高まっている。特に、高温指数は近年、上昇の勢いが強く、1.5に迫る水準となっている。また、湿度指数も近年ハイペースで上昇している。この2つの上昇が、合成指数の騰勢につながっている。

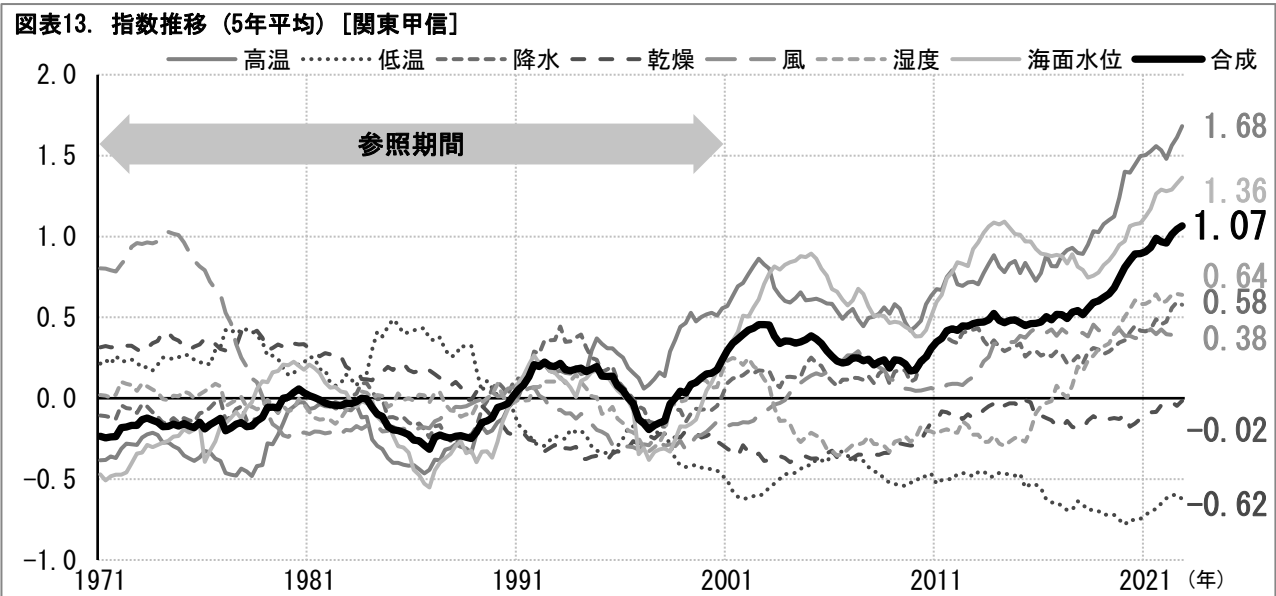
(2) 東北



東北の合成指数は、2010年代以降0.5前後で推移し、2022年秋季には0.47となっている。参照期間に比べると若干高い。中でも、高温指数は1.5を超えており、高温の日が増えていることを表している。また、湿度指数は2010年代以降上昇のペースが高まっており、湿潤化が進みつつあることがうかがえる。なお、海面水位指数は、2011年の東日本大震災に伴う観測中断期間前後での格差が大きい大船渡、鮎川、小名浜を除いたため、潮位の観測地点が3カ所となり大きく変動している<sup>33</sup>。

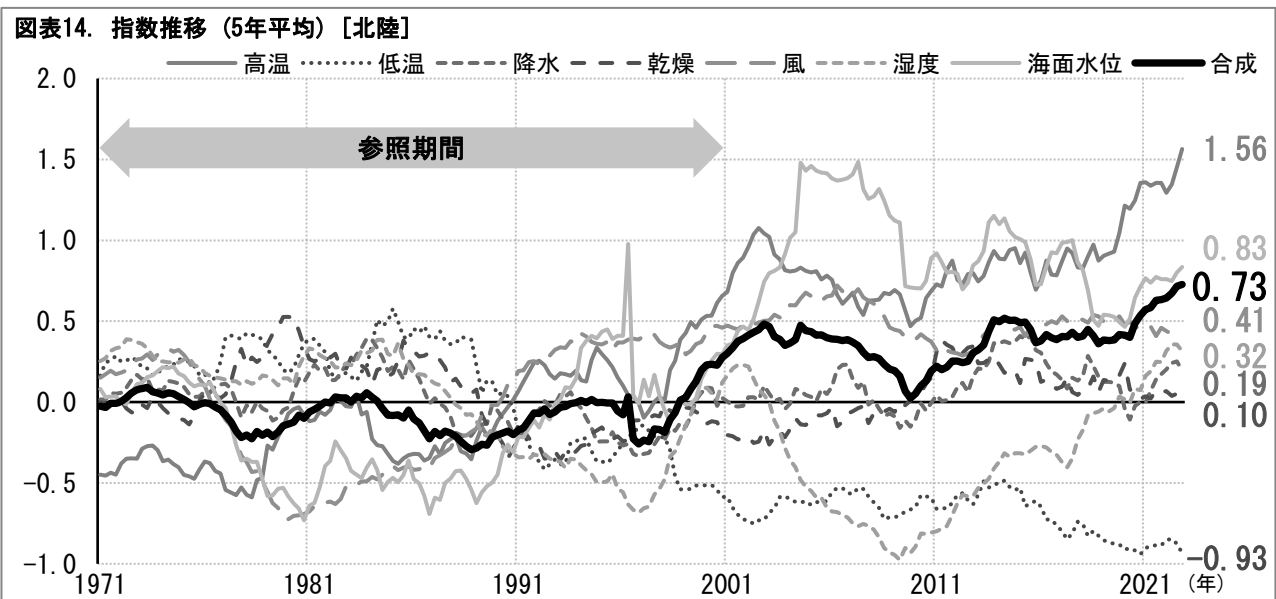
<sup>33</sup> 宮古にも観測中断期間があったが、その前後での格差が大きくなかったため、元データとして用いることとした。

(3) 関東甲信



関東甲信の合成指数は、上昇傾向にあり、2022年秋季には1.07となっている。特に、高温指数が1.5を超えて上昇しており、海面水位指数も高まっている<sup>34</sup>。また、湿度指数は2010年代以降上昇のカーブが急角度となっている。首都圏を含む人口集中地域で、気候変動の程度が徐々に高まっている様子がうかがえる。

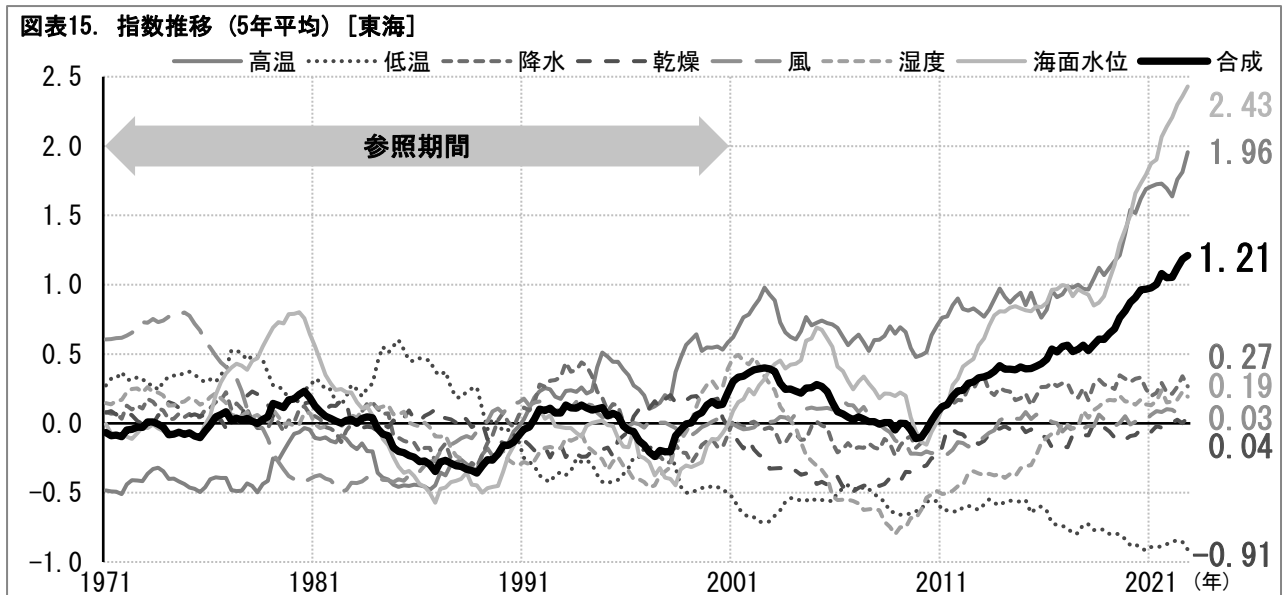
(4) 北陸



北陸の合成指数は、長らく0.5程度で推移してきたが、2020年代以降やや上昇し、2022年秋季には0.73となっている。中でも、高温指数は1.5を超えており、上昇の要因となっている。また、湿度指数は長らくマイナスで推移していたが、上昇を続けて2020年代にはプラスとなっている。このことも、合成指数の上昇の要因となっている。

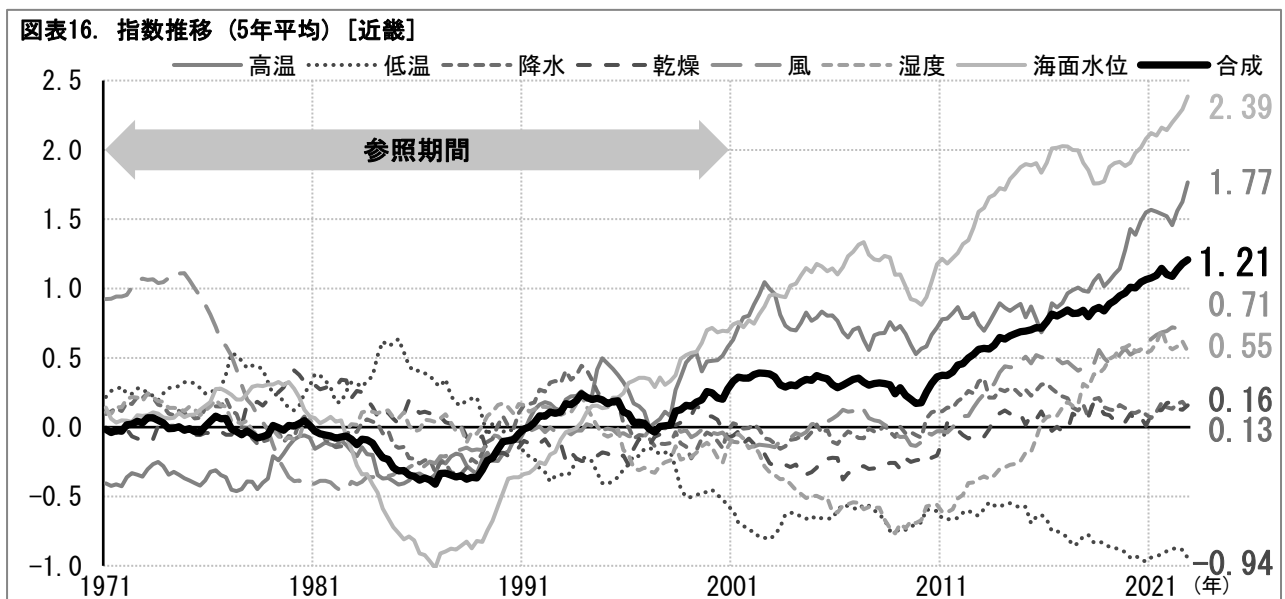
<sup>34</sup> 海面水位指数の潮位データについて、2000年の三宅島噴火に伴うものとみられる観測中断期間前後での格差が大きい三宅島(坪田)は除いている。なお、気象庁のホームページ上では、観測中断期間の原因等は「不明」とされている。

(5) 東海



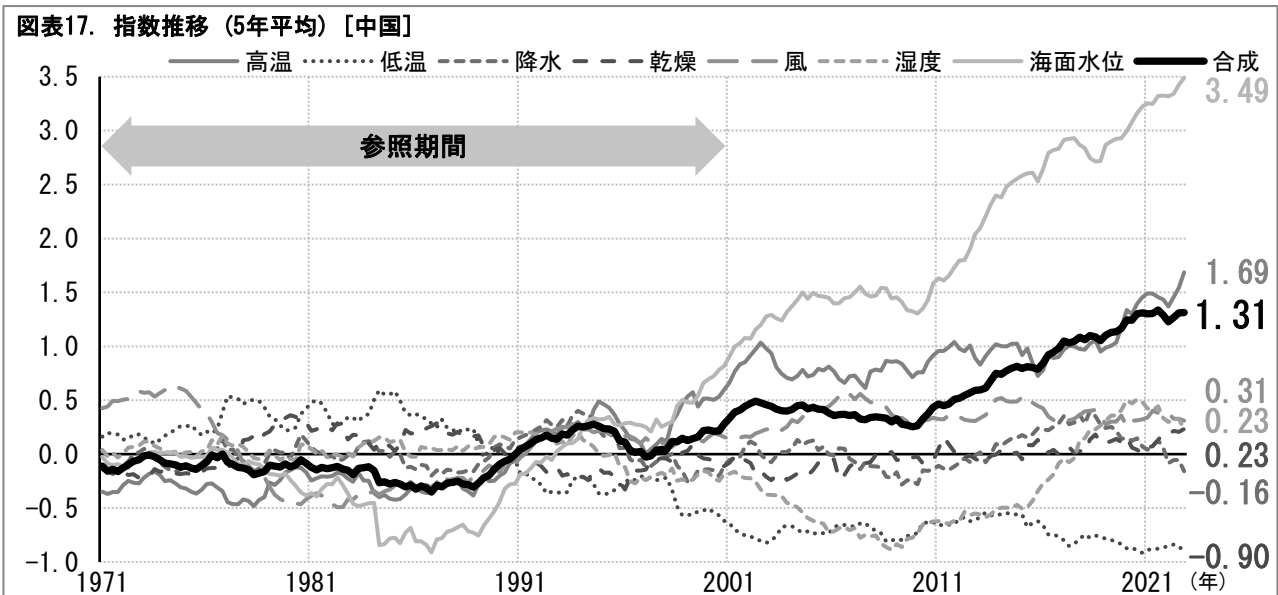
東海の合成指数は、2000年代までゼロ近辺で推移してきたが、その後上昇して、2022年秋季には1.21となっている。背景に、海面水位指数と高温指数の上昇がある。海面水位は、石廊崎、清水港、御前崎といった駿河湾沿いの観測地点で継続的な上昇が見られる。高温指数は2020年に1.5を超え、2に迫る水準となっている。人口の集中する中京圏で、気候変動の高まりが鮮明になりつつある。

(6) 近畿



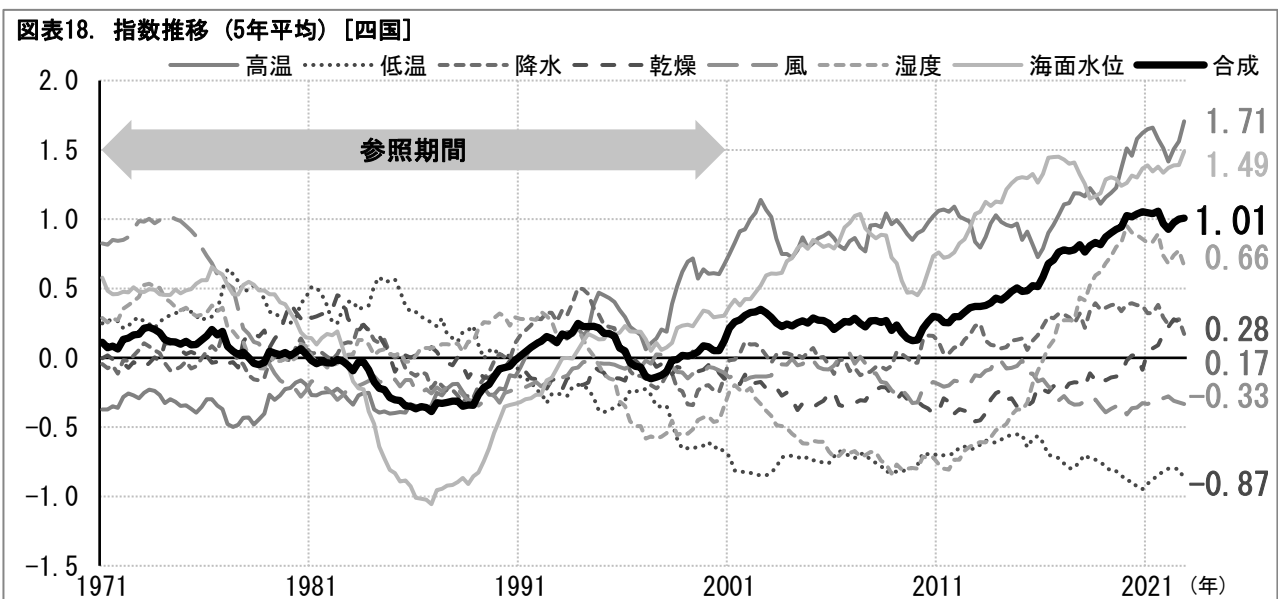
近畿の合成指数は、上昇基調にあり、2022年秋季には1.21となっている。特に、海面水位指数の上昇が大きい。舞鶴、大阪、神戸、洲本、串本、浦神といった日本海側、大阪湾沿岸、太平洋側の各観測地点で上昇している。また、高温の指数は、2020年に1.5を超えて、さらに上昇している。人口の集中する近畿圏で、気候変動の高まりが顕著となりつつある。

(7) 中国



中国の合成指数は、2010年代以降上昇を続けており、2022年秋季には1.31となっている。特に、海面水位指数が2010年代以降に大きく上昇している。日本海側の境、浜田、西郷と、瀬戸内海沿岸の宇野の観測地点の、いずれでも上昇している。また、高温指数も2010年代終わり頃より上昇し、2022年には1.5を超えた。これらのことが、合成指数の上昇につながっている。

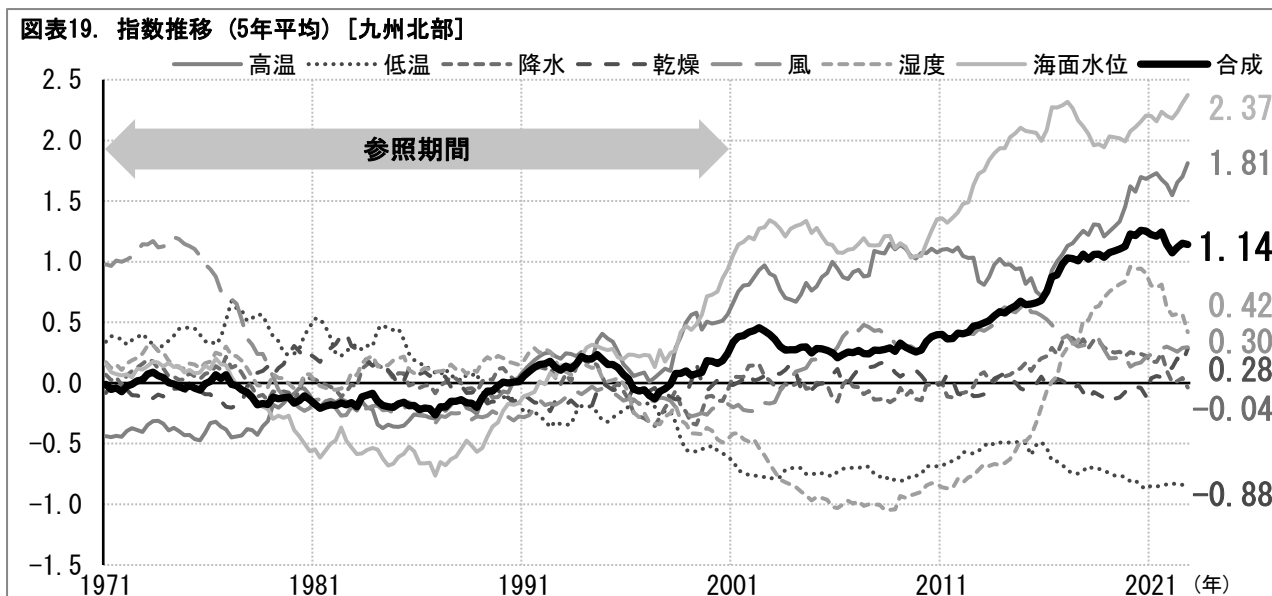
(8) 四国



四国の合成指数は、2010年代以降上昇しており、2022年夏季には1.01となっている。中でも、高温指数は2020年に1.5を超えて、高い水準に達している。海面水位指数も上昇を続けている。湿度指数は、長らくマイナスで推移していたが、2010年代半ばにプラスに転じている。このことも、合成指数の上昇の要因となっている。

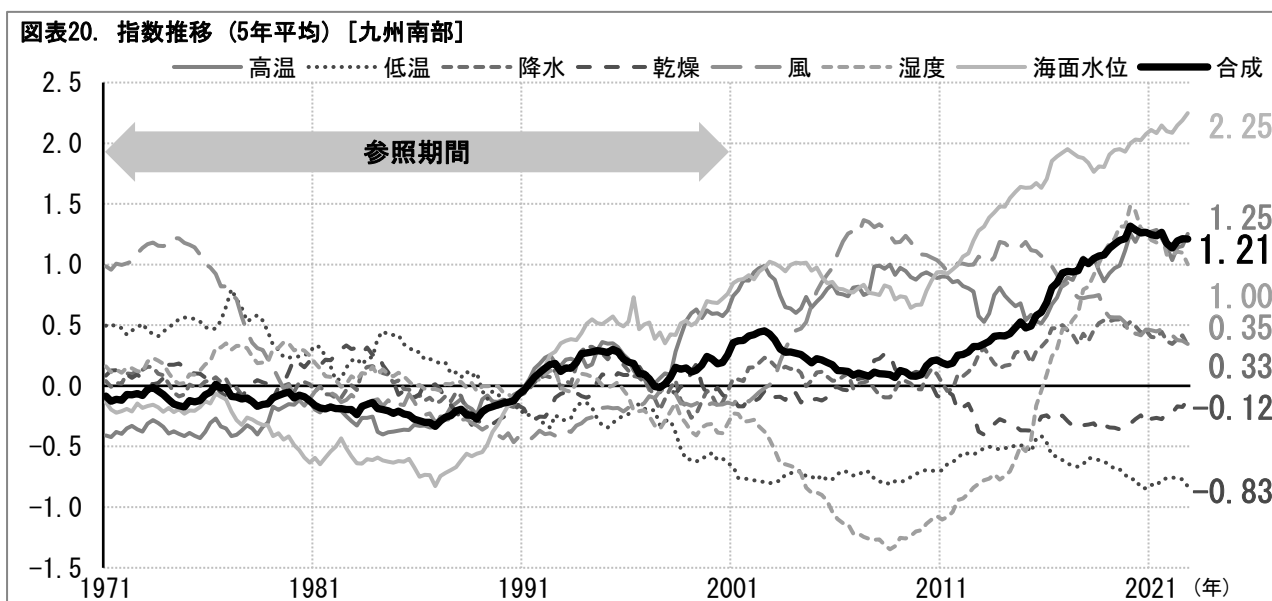


(9) 九州北部



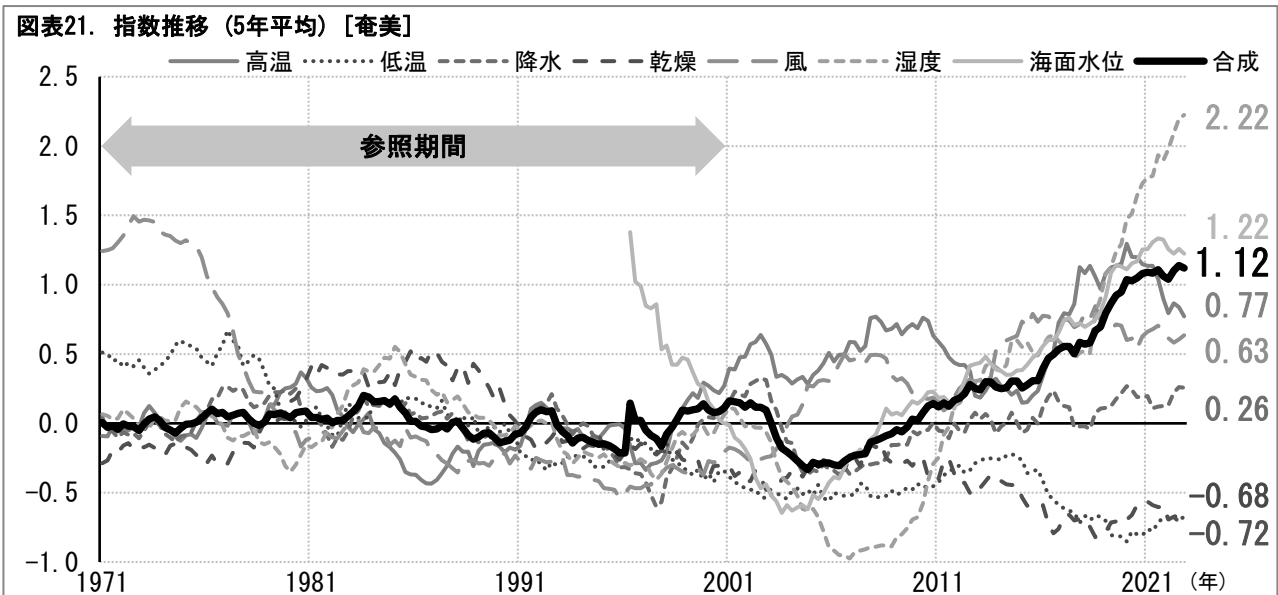
九州北部の合成指数は、2000年代半ばより徐々に上昇しており、2022年秋季には1.14となっている。高温の指数は2020年に1.5を超えて、2に迫っている。さらに、長崎、福江、口之津といった観測地点の海面水位が上昇して、海面水位指数が高い水準で推移しており、合成指数の上昇につながっている。三大都市圏につぐ九州北部の人口集中地域でも、徐々に気候変動の影響があらわれつつある。

(10) 九州南部



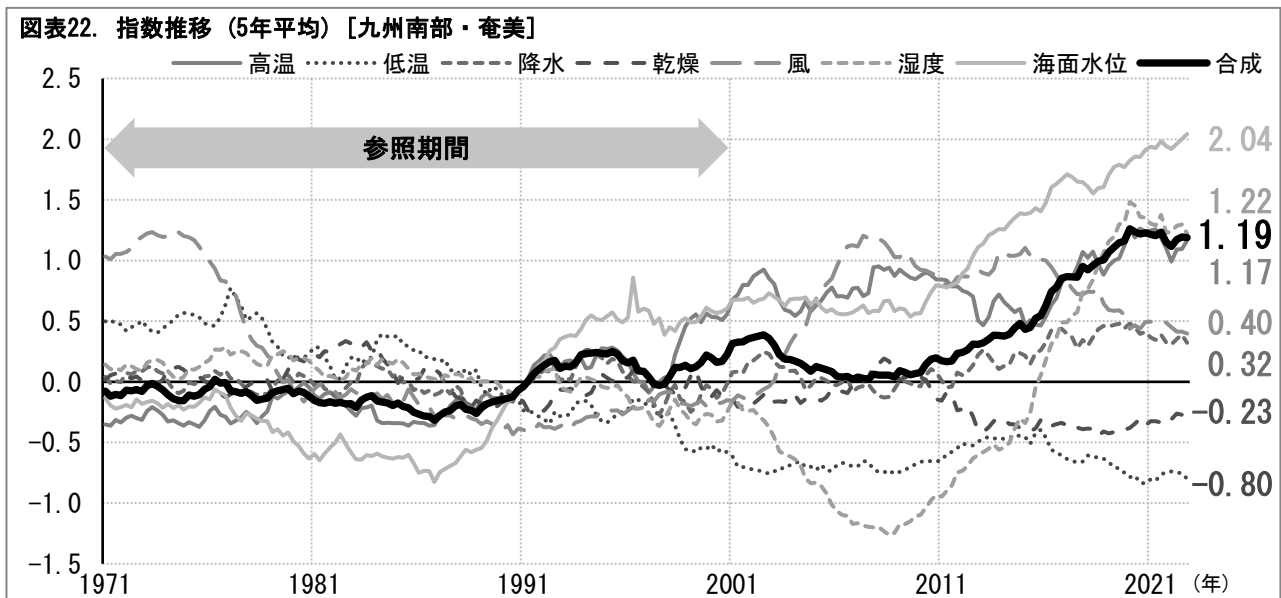
九州南部の合成指数は、2010年頃までゼロ前後で推移してきたが、その後上昇して、2022年秋季には1.21となっている。中でも、海面水位指数は2010年代以降大きく上昇している。油津、鹿児島、枕崎といった観測地点で海面水位が継続的に上昇している。また、近年、高温指数は1を超えている。湿度指数は、2010年代後半に急上昇した。これらのことが、合成指数の上昇につながっている。

(11) 奄美



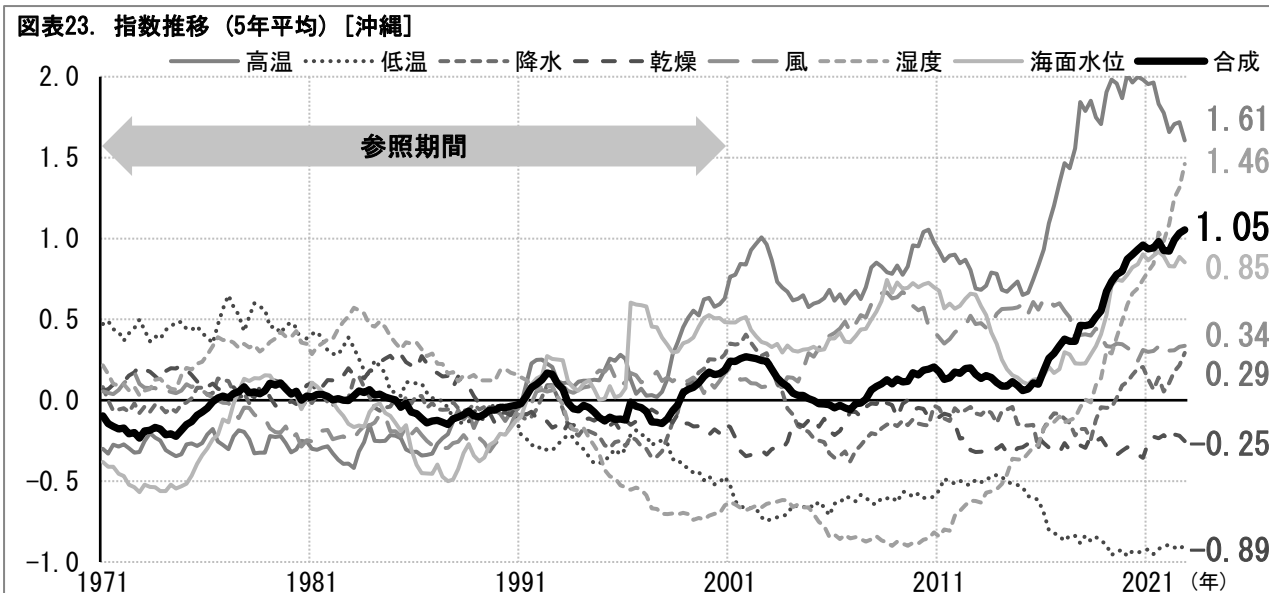
奄美の合成指数は、2000年代半ばより上昇を続け、2022年秋季には1.12となっている。特に、湿度指数が2を超えて推移していることが大きく寄与している。この地域区分は、気象の観測地点が2つ、潮位の観測地点が1つであり、各指数が変動しやすい。そのため、奄美単独の地域区分に加えて、九州南部と合わせた「九州南部・奄美」の地域区分でも気候指数を見ていくことが望ましいものと考えられる。

(12) 九州南部・奄美



九州南部・奄美の合成指数は、2010年頃までゼロ前後で推移してきたが、その後上昇して、2022年秋季には1.19となっている。九州南部と奄美の地域区分の気候指数の状況が、あらわれている。特に、海面水位指数が高い水準で推移し、上昇している。また、湿度指数は、2010年代後半に急上昇している。これらのことが、合成指数の上昇の要因となっている。

(13) 沖縄

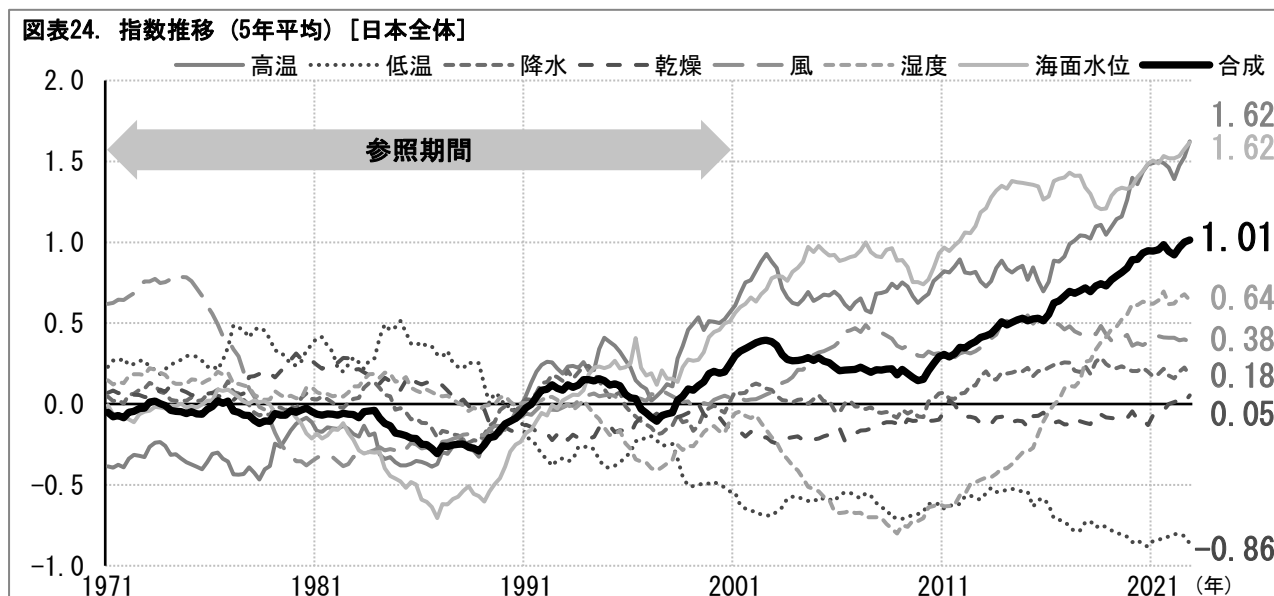


沖縄の合成指数は、長らくゼロ近辺で推移してきたが、2010年代半ばより上昇し、2022年秋季には1.05となっている。特に、高温指数は急上昇して、2020年に2を超えた。その後、やや低下している。また、湿度指数は、2010年代に上昇のペースを上げてきた。これらのことが、合成指数の上昇につながっている。

## 2 | 日本全体では合成指数が1971年以降の最高水準に

前節の各気候区分の気候指数の計算結果を踏まえたうえで、日本全体のグラフを見ていこう。日本全体は、各地域区分の指数を平均したものとしている。ただし、九州南部と奄美については、両者を一体化した「九州南部・奄美」の地域区分をもとに、平均をとることとしている。

日本全体



日本全体の合成指数は、参照期間の1971～2000年には、ゼロ前後で推移していた。2000年代には、0～0.5の範囲内で変動していたが、2010年代に入ると上昇傾向となった。2013年に0.5を超え、2022年夏季には1に達し、2022年秋季には1.01に上昇した。この水準は、1971年以降の過去最高水準となっている。

高温指数と海面水位指数の2つは、長らく合成指数を上回る水準で推移し続けている。高温指数は、上昇基調にあり、2010年代半ば以降は上昇の勢いが増している。海面水位指数も、上昇傾向が続いている。さらに、湿度指数は、2000年以降マイナスで推移していたが、2010年代半ばにプラスに転じ、急上昇した。

なお、その他の指数をみると、低温指数は、緩やかに低下。降水指数と乾燥指数は、いずれもゼロ近辺で推移。風指数は、概ね0～0.5の範囲内での変動となっている。

高温指数、湿度指数、海面水位指数の上昇が、合成指数の上昇を引き起こす主な要因となっている。

## 7—おわりに（私見）

本稿では、北米やオーストラリアの先行事例を踏まえて、日本版の気候指数の作成に取り組んだ。

例えば、都道府県の行政単位や、一般的な地方区分を踏まえて、気象庁の地方分類をもとに地域区分を設定した。都道府県単位での設定であり、今後の展開において使い勝手がよいものと考えられる。

また、日本で問題となりやすい“暑さ”を示すために、気候指数の項目として、湿度指数を追加した。これにより、熱中症などの健康不良を引き起こす、暑熱環境の極端さを定量化することが期待される。

今後、気候変動問題が保険事業に与える影響をみていくために、北米で開発されている気候リスク指数のような、気候変動が人命や財産に与えるさまざまなリスクの定量化の試みも必要と考えられる。

グローバルに目を向ければ、地球温暖化を背景とした気候変動の問題は、これからますます注目度が高まるものと考えられる。スーパー台風の襲来や、豪雨、豪雪による激甚災害など、急性リスクの懸念はさらに高まっている。一方、南極やグリーンランドの氷床の融解、アフリカ山岳地域等の氷河の消失、ヨーロッパなどでの熱波や干ばつの発生など、慢性リスクの発生が、人々の生活に深刻な影響を及ぼし始めている。

こうしたリスクを定量的に示すために、引き続き、気候指数の検討を進めるとともに、気候の極端さの定量化に関する海外の調査・研究動向のウォッチを続けていくこととしたい。

## 《 注記 》 気候指数計算に用いた気象データ、潮位データについて

本稿において、気候指数の計算にあたり、データが空欄となっている日や月については、計算上、分子・分母から除外した。

なお、気象データのうち、観測地点によっては観測方法の変更(観測場所の移転、観測装置の変更、観測の時間間隔の変更)により、前後のデータが均質でないケースがある。

気象データで 1971～2022 年間にデータが空欄となっていた日数、および観測方法の変更が行われた年をまとめると、注記表 1 の通りとなる。

また、潮位データのうち、観測地点によっては、気候指数の参照期間(1971～2000 年)中に観測が開始されているケースもある。

潮位データで 1971～2022 年の期間にデータが空欄となっていた月数をまとめると、注記表 2 の通りとなる。

注記表1. 気象データが空欄となっていた日数と観測方法変更年

	日最高気温	日最低気温	観測方法 変更年	降水量の 日合計	降水現象 なし情報	観測方法 変更年	日平均風速	観測方法 変更年	日平均 相対湿度	観測方法 変更年	備考
札幌	1	0	—	0	0	—	24	1975年, 1992年, 2001年	0	—	
函館	1	2	—	8	0	—	13	1975年, 1992年	6	—	
江差	7	5	—	10	0	—	19	1975年, 1979年	8	—	
寿都	7	4	—	20	4	—	29	1975年, 1989年, 2008年	2	—	
小樽	9	2	—	12	3	—	36	1975年, 2000年	8	—	
倶知安	4	0	—	25	4	—	24	1975年, 1991年	9	—	
岩見沢	6	1	—	32	14	—	30	1975年	13	—	
旭川	2	1	2004年	9	2	—	33	1975年, 2004年	19	2004年	
羽幌	10	8	—	26	2	—	41	1975年, 2000年	20	—	
留萌	3	3	—	30	1	—	27	1975年, 1980年	16	—	
稚内	2	2	—	10	0	—	24	1975年	3	—	
北見枝幸	4	8	—	36	5	—	55	1975年, 2004年	12	—	
雄武	4	2	—	22	10	—	46	1975年, 2007年	7	—	
紋別	8	6	—	49	16	—	33	1975年, 1983年, 2009年	17	—	
網走	1	1	—	0	0	—	19	1975年	0	—	
室蘭	1	1	—	1	0	—	15	1975年, 1984年, 1985年	3	—	
苫小牧	5	7	—	11	4	—	25	1975年, 1976年, 1988年, 2004年	10	—	
浦河	5	4	—	21	0	—	21	1975年, 1983年, 2009年	7	—	
帯広	2	0	—	5	0	—	62	1975年, 1998年	5	—	
広尾	14	11	—	15	1	—	76	1975年, 2001年	29	—	
釧路	3	1	2000年	1	0	—	53	1972年, 1975年, 2000年	19	2000年	
根室	0	0	—	7	0	—	18	1975年, 1991年	1	—	
青森	2	1	—	5	3	—	23	1975年, 1989年	12	—	
深浦	12	7	—	22	4	—	43	1975年, 2007年	29	—	
むつ	18	12	—	12	0	—	77	1974年, 1975年, 1978年, 1999年	24	—	
八戸	4	2	—	21	4	—	25	1975年, 1994年, 2007年	16	—	
盛岡	2	1	—	2	0	—	19	1975年	20	—	
宮古	32	30	—	37	23	—	41	1975年, 1990年	44	—	
大船渡	24	23	—	60	25	—	45	1975年, 1990年	25	—	
仙台	0	0	—	0	0	—	23	1975年, 1982年	0	—	
石巻	17	13	—	30	7	—	30	1975年, 1990年	4	—	
秋田	2	2	—	3	0	—	133	1975年, 1978年, 1982年, 1989年	12	—	
酒田	4	2	—	19	3	—	20	1975年, 1984年	10	—	
新庄	8	4	1985年	58	2	—	123	1975年, 1985年	26	1985年	
山形	2	1	—	7	0	—	45	1975年	0	—	
福島	5	2	—	2	0	—	37	1975年, 2021年	8	—	
若松	3	2	—	17	3	—	35	1975年, 2011年	10	—	
白河	13	10	—	18	1	—	309	1975年, 1994年	23	—	2002年7月～2003年3月：風速は欠測
小名浜	720	720	—	10	6	—	117	1975年, 1979年, 2017年	722	—	1977年5月～1979年5月：気温と湿度は欠測
水戸	4	1	—	3	0	—	22	1975年	10	—	
つくば	4	5	—	5	2	—	64	1975年	18	—	
宇都宮	1	0	—	23	10	—	14	1975年, 1989年	7	—	
日光	18	15	—	46	9	—	44	1975年, 1977年, 1999年	142	—	
前橋	2	1	—	0	0	—	13	1975年, 2016年	4	—	
熊谷	2	2	—	2	0	—	13	1975年	8	—	
秩父	10	13	—	8	0	—	53	1975年, 1999年	23	—	
千葉	9	5	—	8	0	—	21	1975年, 1981年	16	—	
銚子	3	2	—	5	0	—	10	1975年, 1986年	1	—	
勝浦	12	5	—	18	14	—	3	1975年, 2013年	11	—	
館山	13	11	—	9	2	—	24	1975年, 2009年	35	—	
東京	0	1	2014年	2	1	—	27	1975年, 2007年	5	2014年	
大島	5	5	1991年	15	7	—	19	1975年, 1991年	14	1991年	
三宅島	429	429	—	438	418	—	433	1975年	1214	—	2000年9月～2001年10月(湿度は2003年12月)欠測
八丈島	10	7	2003年	22	6	—	28	1975年, 2003年	22	2003年	
父島	2	3	—	2	0	—	14	1975年, 1984年	6	—	
南島島	42	44	—	35	30	—	43	1975年, 2003年	45	—	
横浜	1	0	—	0	0	—	6	1975年	16	—	
甲府	1	0	—	4	1	—	8	1975年, 1993年	5	—	
河口湖	12	14	—	10	2	—	19	1975年, 2005年	22	—	
長野	3	1	—	6	0	—	16	1975年	3	—	
軽井沢	4	5	—	11	1	—	25	1975年, 2014年	25	—	
松本	5	3	—	22	16	—	16	1975年	7	—	
諏訪	15	12	—	34	12	—	54	1975年, 2000年, 2003年	17	—	
飯田	2	1	2002年	11	1	—	15	1975年, 2002年	1	2002年	
新潟	2	1	2012年	0	0	—	16	1975年, 2002年	2	2012年	
高田	5	5	—	30	17	—	24	1975年	12	—	
相川	4	4	1995年	66	31	—	20	1975年, 1995年	11	1995年	
富山	2	0	—	19	2	—	28	1975年, 1986年	8	—	
伏木	0	0	—	8	1	—	59	1975年, 2017年	2	—	
金沢	3	4	1991年	5	1	—	13	1975年, 1991年	29	1991年	
輪島	4	5	—	16	3	—	17	1975年, 1986年	8	—	
福井	1	1	—	6	0	—	8	1975年	9	—	
敦賀	8	6	—	23	0	—	18	1975年, 1988年	20	—	
岐阜	2	2	—	5	0	—	20	1975年	4	—	
高山	8	7	—	5	0	—	15	1975年, 2008年	13	—	
網代	10	11	—	15	6	—	19	1975年	19	—	
三島	8	7	—	19	10	—	12	1975年, 2004年	12	—	

注記表1(つづき) 気象データが空欄となっていた日数と観測方法変更年

	日最高気温	日最低気温	観測方法 変更年	降水量の 日合計	降水現象 なし情報	観測方法 変更年	日平均風速	観測方法 変更年	日平均 相対湿度	観測方法 変更年	備考
石廊崎	13	15	—	57	33	—	47	1975年, 2013年	30	—	
静岡	1	1	—	3	0	—	6	1975年	7	—	
御前崎	10	11	—	32	4	—	27	1975年	22	—	
浜松	5	4	2012年	2	0	—	9	1975年, 2012年	7	2012年	
名古屋	1	0	—	0	0	—	6	1975年	0	—	
伊良湖	13	9	—	22	5	—	23	1975年, 1999年	42	—	
四日市	15	9	2000年	18	5	—	41	1975年, 2000年	17	2000年	
津	2	2	—	8	6	—	14	1975年, 1987年, 2011年	6	—	
上野	7	7	—	25	13	—	27	1975年, 1985年	10	—	
尾鷲	9	6	—	32	11	—	14	1975年, 1985年	13	—	
彦根	1	0	—	7	0	—	17	1975年, 2011年	2	—	
京都	6	6	—	0	0	—	8	1975年	6	—	
舞鶴	5	5	1974年	12	1	—	16	1974年, 1975年	15	1974年	
大阪	0	0	—	0	0	—	21	1975年, 1993年, 1999年, 2015年	0	—	
神戸	4	3	99	1	0	—	16	1975年, 1995年, 2007年	7	99	
豊岡	11	8	—	41	5	—	41	1975年, 2009年	35	—	
姫路	8	6	—	6	3	—	13	1975年, 1987年, 2008年	24	—	
洲本	8	7	2017年	12	2	—	14	1975年, 2017年	22	2017年	
奈良	5	4	2017年	3	0	—	8	1975年, 2017年	6	2017年	
和歌山	1	1	—	0	0	—	6	1975年, 1993年	8	—	
潮岬	2	1	2011年	1	0	—	17	1975年, 2011年	9	2011年	
鳥取	3	1	1977年	4	0	—	5	1975年, 1977年	14	1977年	
米子	5	2	—	3	0	—	18	1975年	13	—	
境	12	11	—	37	21	—	36	1975年	1	—	
松江	0	0	—	10	4	—	20	1975年, 1979年	8	—	
浜田	4	2	—	10	4	—	9	1975年	1	—	
西郷	6	9	—	12	3	—	22	1975年, 1987年	23	—	
岡山	8	5	1982年, 2015年	1	0	—	33	1975年, 1982年, 1996年	25	1982年, 2015年	
津山	20	18	—	32	10	—	57	1975年	42	—	
福山	6	6	—	5	2	—	12	1975年	14	—	
広島	1	0	1988年	2	2	—	20	1975年, 1988年	0	1988年	
呉	3	3	—	6	3	—	23	1975年, 2010年	8	—	
徳島	1	1	—	1	0	—	6	1975年	3	—	
高松	6	3	—	1	0	—	9	1975年	4	—	
多度津	7	8	—	12	2	—	13	1975年	1	—	
松山	1	0	—	0	0	—	16	1975年, 2006年, 2015年	3	—	
宇和島	4	2	1993年	2	0	—	13	1975年, 1993年	10	1993年	
室戸岬	14	12	—	20	3	—	49	2006年	224	—	1995年10月~1995年12月:湿度は欠測
高知	2	1	—	2	2	—	47	1975年	30	—	
宿毛	3	8	1982年	4	2	—	9	1975年, 1982年	11	1982年	
清水	7	7	—	28	8	—	19	1975年	28	—	
萩	6	8	2006年	14	0	—	13	1975年, 2006年	17	2006年	
山口	3	2	2012年	7	1	—	18	1975年, 2012年	10	2012年	
下関	2	2	—	2	0	—	30	1975年, 1996年	2	—	
福岡	0	0	—	0	0	—	16	1975年, 2010年	0	—	
飯塚	8	6	—	12	3	—	36	1975年	17	—	
佐賀	1	2	1995年	3	2	—	17	1973年, 1975年, 1995年	9	1995年	
雲仙岳	42	38	1977年	87	55	—	152	1975年, 1977年, 2002年	141	1977年	1977年3月:欠測
佐世保	8	12	2002年	9	3	—	17	1975年, 2002年	32	2002年	
平戸	14	12	—	15	3	—	18	1975年, 2001年	42	—	
長崎	2	2	—	3	0	—	3	1975年	13	—	
福江	13	12	—	17	6	—	25	1975年	15	—	
巖原	6	5	1991年	21	13	—	31	1975年, 1991年	6	1991年	
熊本	3	3	—	3	0	—	38	1975年, 1999年, 2015年	16	—	
人吉	12	12	—	25	9	—	22	1975年, 2003年	20	—	
牛深	13	12	—	35	23	—	13	1973年, 1975年	16	—	
大分	3	1	—	4	0	—	10	1975年	8	—	
日田	6	6	—	23	6	—	39	1975年, 2005年	23	—	
延岡	14	10	—	33	17	—	25	1975年, 2001年, 2018年	29	—	
宮崎	1	1	2000年	0	0	—	17	1975年, 2000年	1	2000年	
都城	7	9	—	27	21	—	22	1975年	18	—	
油津	10	10	1972年	24	8	—	102	1972年, 1975年, 2009年	31	1972年	
鹿児島	0	1	1994年	0	0	—	23	1975年, 1994年	0	1994年	
阿久根	8	6	—	5	1	—	17	1975年	16	—	
枕崎	9	6	—	13	4	—	22	1975年	13	—	
種子島	33	29	2004年	49	38	—	23	1975年, 2004年	49	2004年	
屋久島	22	25	1975年	18	2	—	59	1975年, 2002年, 2008年	216	1975年	
名瀬	6	4	—	4	0	—	11	1975年	1	—	
沖永良部	36	42	—	25	8	—	50	1975年, 1977年, 1978年, 2008年	95	—	
那覇	1	1	—	4	0	—	1	1975年, 1987年	1	—	
名護	4	4	1987年	11	1	—	9	1975年, 1987年	831	1987年	湿度は、1973年4月以降のデータのみ
久米島	2	2	—	7	2	—	9	1975年, 2008年	9	—	
南大東島	1	0	—	6	0	—	4	1975年, 1995年	11	—	
宮古島	2	3	—	1	0	—	2	1975年	3	—	
石垣島	3	2	—	1	0	—	16	1975年, 2003年	1	—	
西表島	26	27	2003年	38	13	—	1494	1975年, 2003年	48	2003年	風速は、1975年1月以降のデータのみ
与那国島	33	33	—	37	13	—	42	1975年, 1981年	75	—	
計	2233	2093	—	2686	1156	—	6414	—	5611	—	

※ 「過去の気象データ・ダウンロード」「過去の気象データ検索」(気象庁HP) をもとに、筆者作成

注記表2. 潮位データが空欄となっていた月数と観測開始年月

	月平均潮位	観測開始年月
函館	3	1955年4月
小樽	304	1996年4月
稚内	6	1955年1月
網走	17	1955年12月
釧路	3	1946年11月
花咲	6	1924年12月
深浦	21	1972年4月
下北	305	1996年4月
宮古	49	1929年7月
布良	5	1930年2月
東京	6	1950年8月
岡田	2	1939年11月
父島	52	1933年7月
南鳥島	332	1996年4月
佐渡	310	1996年4月
富山	9	1967年5月
能登	308	1996年4月
石廊崎	311	1996年4月
御前崎	0	1951年8月
内浦	3	1934年1月
清水港	26	1951年5月
舞阪	2	1933年11月
名古屋	0	1949年1月
尾鷲	2	1953年4月
鳥羽	1	1925年12月
舞鶴	0	1969年1月
大阪	0	1927年2月
淡輪	7	1935年1月
神戸	0	1925年12月
洲本	6	1937年1月
和歌山	1	1949年5月
白浜	19	1966年7月
串本	8	1924年12月
浦神	19	1938年4月
境	3	1924年12月
浜田	160	1984年4月
西郷	0	1958年7月
宇野	20	1950年8月
小松島	6	1950年11月
高松	17	1947年4月
松山	9	1950年3月
宇和島	1	1927年5月
室戸岬	16	1967年1月
高知	84	1949年10月
土佐清水	8	1931年1月
長崎	0	1961年1月
福江	11	1964年4月
大浦	6	1964年2月
口之津	17	1968年1月
油津	0	1930年2月
鹿児島	4	1948年1月
枕崎	3	1956年3月
種子島	309	1996年4月
奄美	318	1996年4月
那覇	3	1967年1月
石垣	3	1969年1月
与那国	304	1996年4月
計	3445	—

※ 「歴史的潮位資料＋近年の潮位資料」(気象庁HP)をもとに、筆者作成



## 【参考文献・資料】

1. 「一般気象学〔第2版補訂版〕」小倉義光著(東京大学出版会, 2016年)
2. 「絵でわかる地球温暖化」渡部雅浩著(講談社, 2018年)
3. 「広辞苑 第七版」(岩波書店)
4. “Actuaries Climate Index – Development and Design” (The American Academy of Actuaries, The Canadian Institute of Actuaries, The Casualty Actuarial Society, 2016)
5. “Australian Actuaries Climate Index – Design Documentation” (Actuaries Institute, 2018)
6. “Extension of the Actuaries Climate Index to the UK and Europe – A Feasibility Study” Charles L. Curry (Institute and Faculty of Actuaries, Dec. 2015)
7. “Actuaries Climate Index® Values Calculated Using Version 1.1” (2022. 5. 4)
8. “Actuaries Climate Risk Index – Preliminary Findings” (American Academy of Actuaries, Jan. 2020)
9. “Australian\_actuaries\_climate\_index\_export\_2021\_3-nl” (Actuaries Institute)
10. 「金融機関のための気候変動リスク管理」藤井健司著(中央経済社, 2020年)
11. 「気候変動リスクへの実務対応 – 不確実性をインテグレートする経営改革」後藤茂之編著(中央経済社, 2020年)
12. 「極端豪雨はなぜ毎年のように発生するのか – 気象のしくみを理解し、地球温暖化との関係をさぐる」(化学同人, DOJIN 選書 090, 2021年)
13. 「スポーツ医学検定 公式テキスト 1級」(一般社団法人 スポーツ医学検定機構, 東洋館出版社, 2019年)
14. 「スポーツ医学入門」目崎登著(文光堂, 2009年)
15. 「暑さ指数(WBGT)の詳しい説明」(環境省 HP)  
[http://www.wbgt.env.go.jp/doc\\_observation.php](http://www.wbgt.env.go.jp/doc_observation.php)
16. 「よくわかる高校地理総合 (MY BEST)」松永謙監修(学研プラス, 2022年)
17. 「気候変動監視レポート 2021」(気象庁, 令和4年3月)
18. 「日本の気候」(気象庁 HP)  
[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kisetsu\\_riyou/tenkou/Average\\_Climate\\_Japan.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kisetsu_riyou/tenkou/Average_Climate_Japan.html)
19. 「全国都道府県市区町村別面積調」(国土地理院)
20. 「住民基本台帳人口」(総務省)
21. 「過去の気象データ・ダウンロード」(気象庁 HP)  
<https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/index.php>
22. 「歴史的潮位資料+近年の潮位資料」(気象庁 HP)  
[https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/sea\\_lev\\_var/sea\\_lev\\_var\\_his.php](https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/sea_lev_var/sea_lev_var_his.php)
23. 「過去の気象データ検索」(気象庁 HP)  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index>

### (本稿の元レポート)

「気候変動指数化の海外事例 – 日本版の気候指数を試しに作成してみると…」篠原拓也(基礎研レポート, ニッセイ基礎研究所, 2022年9月8日)

<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=72284?site=nli>

「気候変動指数の地点拡大 – 日本版の気候指数を拡張してみると…」篠原拓也(基礎研レポート, ニッセイ基礎研究所, 2022年12月28日)

<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=73405?site=nli>

「気候指数 [全国版] の作成 – 日本の気候の極端さは1971年以降の最高水準」篠原拓也著(基礎研レポート, ニッセイ基礎研究所, 2023年4月6日)

<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=74427?site=nli>