

第2章 沖縄の気候の経年変化

気象庁では長期間の気候の変化を監視するために、過去100年余りの気温や降水量の長期変化傾向などを調査している。本章では沖縄の気温、降水量、台風、生物季節現象の経年変化について記述する。以下で述べる「偏差」とは「平年値」との差を意味し、ここで用いている平年値は1991～2020年の30年間の平均値である。

※ 沖縄地方の地域平均について、2021年5月19日から新平年値（1991～2021年平均値）使用に移行するとともに、従来用いていた5地点（那覇・久米島・宮古島・石垣島・与那国島）に、名護と西表島の2地点を加えた7地点で平均することになった。これに合わせて統計期間を見直し、本資料においては那覇と石垣島の2地点のデータがある1897年を統計の開始として扱っていたものを、気象庁が天候に関する資料として用いている1946年（冬は1947年）を統計の開始として扱うこととした。各地点の統計の開始はそれぞれの統計開始年である。

2.1 沖縄の気温の経年変化

- 沖縄地方平均の年平均気温は、100年あたり1.69℃の割合で上昇している。
- 沖縄の真夏日、熱帯夜の年間日数は増加している。

(1) 平均気温

表2.1.1に、沖縄における年平均気温（沖縄地方平均は偏差）の長期変化傾向を示す。図2.1.1に年平均気温（沖縄地方平均は偏差）の経年変化を示す。また、季節別の平均気温（沖縄地方平均は偏差）の長期変化傾向について、図2.1.2に春を、図2.1.3に夏を、図2.1.4に秋を、図2.1.5に冬を示す。横軸の▲印は、観測所の移転等の影響によってその前後でデータが均質でないことを表す。那覇、名護、西表島は移転の影響を取り除く補正（大野ほか，2011（<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol178p031.pdf>））を行っており、この処置を行ったデータを用いて算出した沖縄地方平均にも▲印を付けている。

(ア) 年平均気温

年平均気温は、沖縄地方平均及び全地点で、長期的に有意な上昇傾向がみられ、沖縄地方平均では、100年あたり1.69℃の上昇となっている。（統計処理については、付録A.2.1(5)による）。沖縄地方平均の直近50年である1971年以降の変化傾向は100年あたり2.37℃の上昇となっており、近年の昇温が著しい。

沖縄で100年以上の統計期間を有する地点は、那覇・石垣島の2地点で、100年あたりの変化傾向は那覇で1.20℃、石垣島で1.27℃の上昇であった。その他の地点における100年あたりの変化傾向を見ると、名護：2.09℃、久米島：2.18℃、南大東島：1.36℃、宮古島：1.51℃、西表島：1.28℃、与那国島：1.55℃の上昇であった。

(イ) 季節別の平均気温

① 春 (3～5月)

春の平均気温の100年あたり変化傾向は、沖縄地方平均で1.24℃の上昇となっている。那覇で1.27℃、宮古島で1.31℃、石垣島で1.16℃の上昇となっており、那覇では年平均気温の上昇率を上回っている。南大東島と与那国島では統計的に有意な変化傾向はみられない。

② 夏 (6～8月)

夏の平均気温の100年あたりの変化傾向は、沖縄地方平均で1.82℃の上昇となっており、季節別では秋と並んで最大の上昇率となっている。地点別に見ると、那覇で1.37℃、石垣島で1.37℃の上昇となっており、いずれも年平均気温の上昇率を上回っている。

③ 秋 (9～11月)

秋の平均気温の100年あたりの変化傾向は、沖縄地方平均で1.82℃の上昇となっており、季節別では夏と並んで最大の上昇率となっている。地点別に見ると、那覇で1.25℃、石垣島で1.47℃の上昇となっており、いずれも年平均気温の上昇率を上回っている。

④ 冬 (12～2月)

冬の平均気温の100年あたりの変化傾向は、沖縄地方平均で1.91℃の上昇となっている。地点別に見ると、那覇で0.94℃、石垣島で1.11℃の上昇となっている。

表 2.1.1 年及び季節別の平均気温（沖縄地方平均は偏差）の長期変化傾向

沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値。数値は変化傾向（100年あたりの変化（℃））を表す。黄色の項目は、変化傾向が有意水準5%で有意であることを示す。各季節の統計期間や欠測数については、図2.1.1～2.1.5の説明を参照。那覇、名護、西表島は移転の影響を取り除く補正（大野ほか，2011（<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol78p031.pdf>））を行っている。

官署	単位	年	春(3～5月)	夏(6～8月)	秋(9～11月)	冬(12～2月)	統計期間(年)
沖縄地方平均	℃/100年	+1.69	+1.24	+1.82	+1.82	+1.91	1946～2021 (冬は1947～)
那覇	℃/100年	+1.20	+1.27	+1.37	+1.25	+0.94	1891～2021 (秋は1890～)
名護	℃/100年	+2.09	+1.22	+1.79	+3.05	+2.30	1967～2021 (秋は1966～)
久米島	℃/100年	+2.18	+1.41	+2.40	+2.14	+2.67	1959～2021 (秋は1958～)
南大東島	℃/100年	+1.36	+0.74	+1.53	+1.45	+1.47	1942～2021 (年・冬は1943～)
宮古島	℃/100年	+1.51	+1.31	+1.75	+1.40	+1.57	1938～2021
石垣島	℃/100年	+1.27	+1.16	+1.37	+1.47	+1.11	1897～2021
西表島	℃/100年	+1.28	+0.82	+1.02	+1.34	+1.71	1957～2021 (夏は1954～)
与那国島	℃/100年	+1.55	+0.83	+1.62	+1.64	+1.94	1957～2021

表 2.1.2 沖縄県内の主な観測地点における年及び季節別平均気温の平年値

沖縄県内の主な観測地点における年及び季節別の平均気温の平年値を示す。平年値の統計期間は 1991～2020 年の 30 年。西表島は 2003 年に観測所の移転があったため、移転の影響を取り除く補正（大野ほか, 2011 (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol78p031.pdf>)) を行っている。なお、異なる地点のデータを用いて平均値を求める操作は行わないため、「沖縄地方平均の気温」は求めない。

官署	単位	年	春(3～5月)	夏(6～8月)	秋(9～11月)	冬(12～2月)	統計期間(年)
那覇	℃	23.3	21.6	28.4	25.3	17.9	1991～2020
名護	℃	22.8	21.1	28.2	24.8	17.2	
久米島	℃	23.2	21.6	28.4	25.2	17.8	
南大東島	℃	23.5	21.7	28.1	25.6	18.6	
宮古島	℃	23.8	22.5	28.4	25.4	19.0	
石垣島	℃	24.5	23.4	29.1	25.9	19.6	
西表島	℃	23.9	22.8	28.4	25.3	19.2	
与那国島	℃	24.0	23.0	28.5	25.4	19.2	

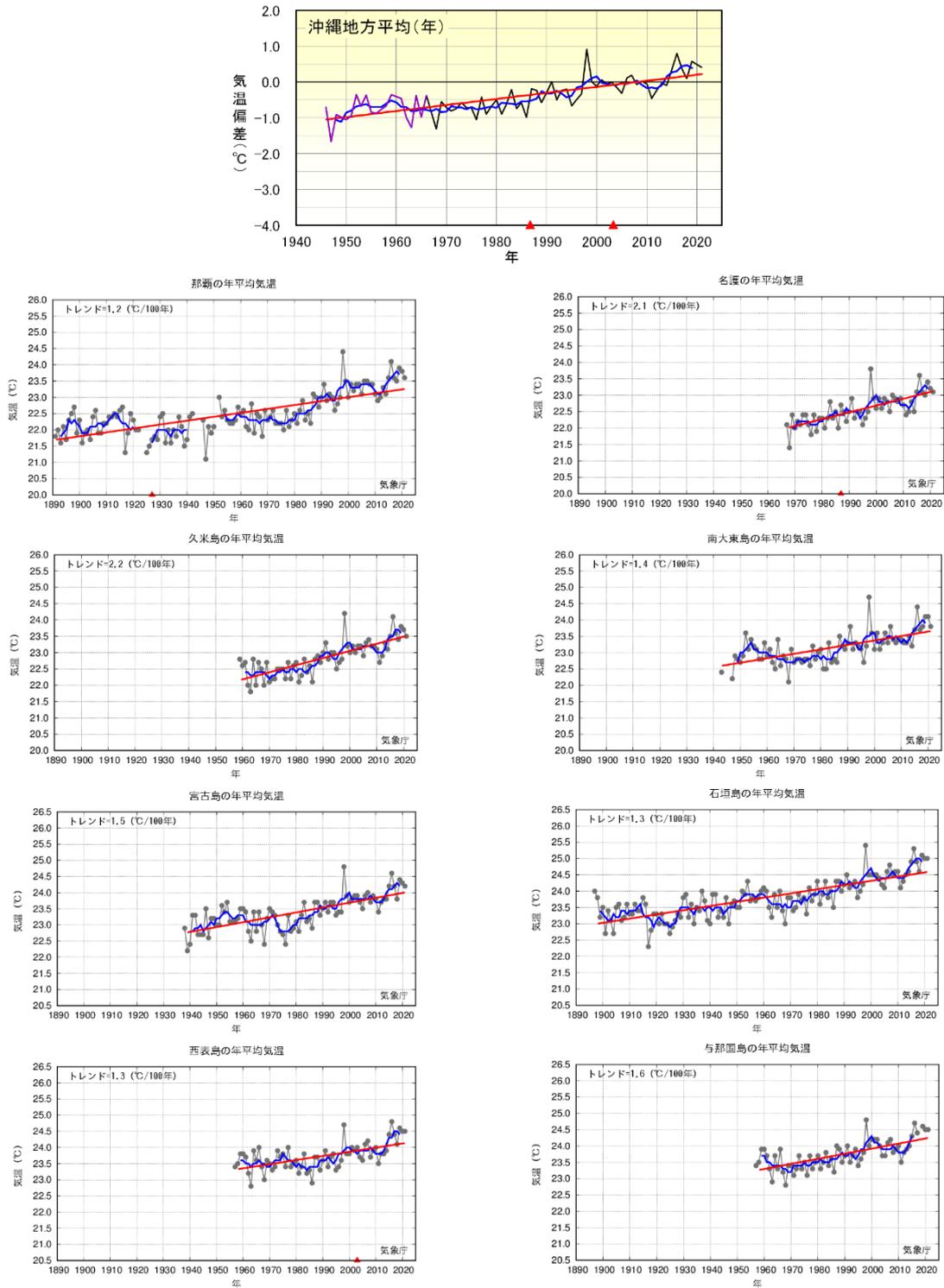


図 2.1.1 年平均気温（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年1、那覇：1891～2021年（1923年、1924年、1943年、1944年、1945年、1951年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島：1943～2021年（1944～1946年は欠測）、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～2021年（2018年は欠測）。沖縄地方平均は那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値（黒線：7地点が揃っている期間、紫の細線：2地点以上、7地点未満の期間）。黒丸と黒線：年ごとの値、青線：5年移動平均値、赤の直線：有意な長期変化傾向（赤い線が引かれていない場合は、統計的に有意な長期変化を示していないことを表す）。横軸の▲印は、観測所の移転等の影響によってその前後でデータが均質でないことを表す。

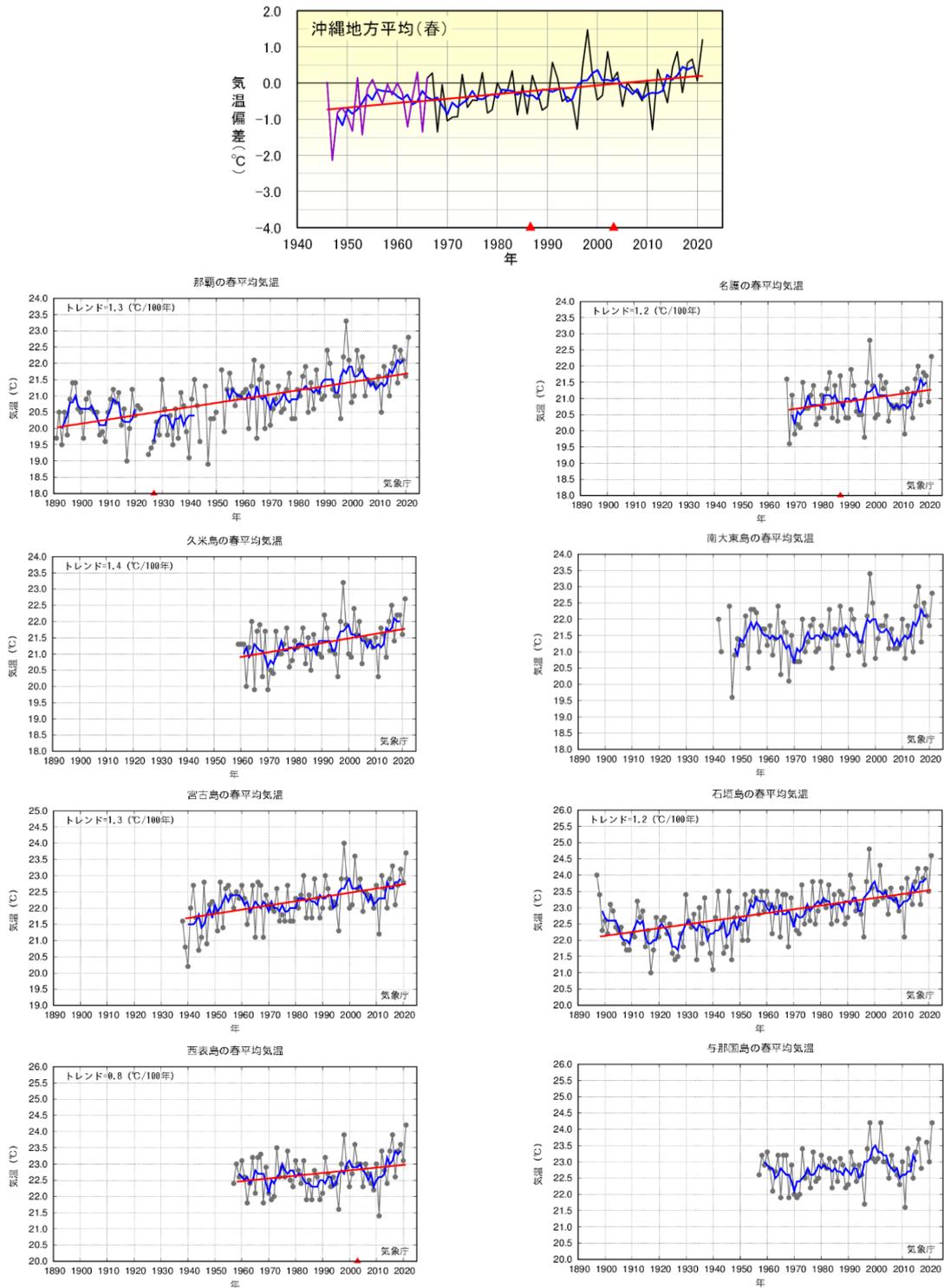


図 2.1.2 春（3～5月）の平均気温（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年、那覇：1891～2021年（1923年、1924年、1945年、1951年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島1942～2021年（1944年、1945年は欠測）、1938～2021年（宮古島）、1897～2021年（石垣島）、1957～2021年（西表島）、1957～2021年（与那国島。2018年は欠測）。図の見方は図 2.1.1 に同じ。

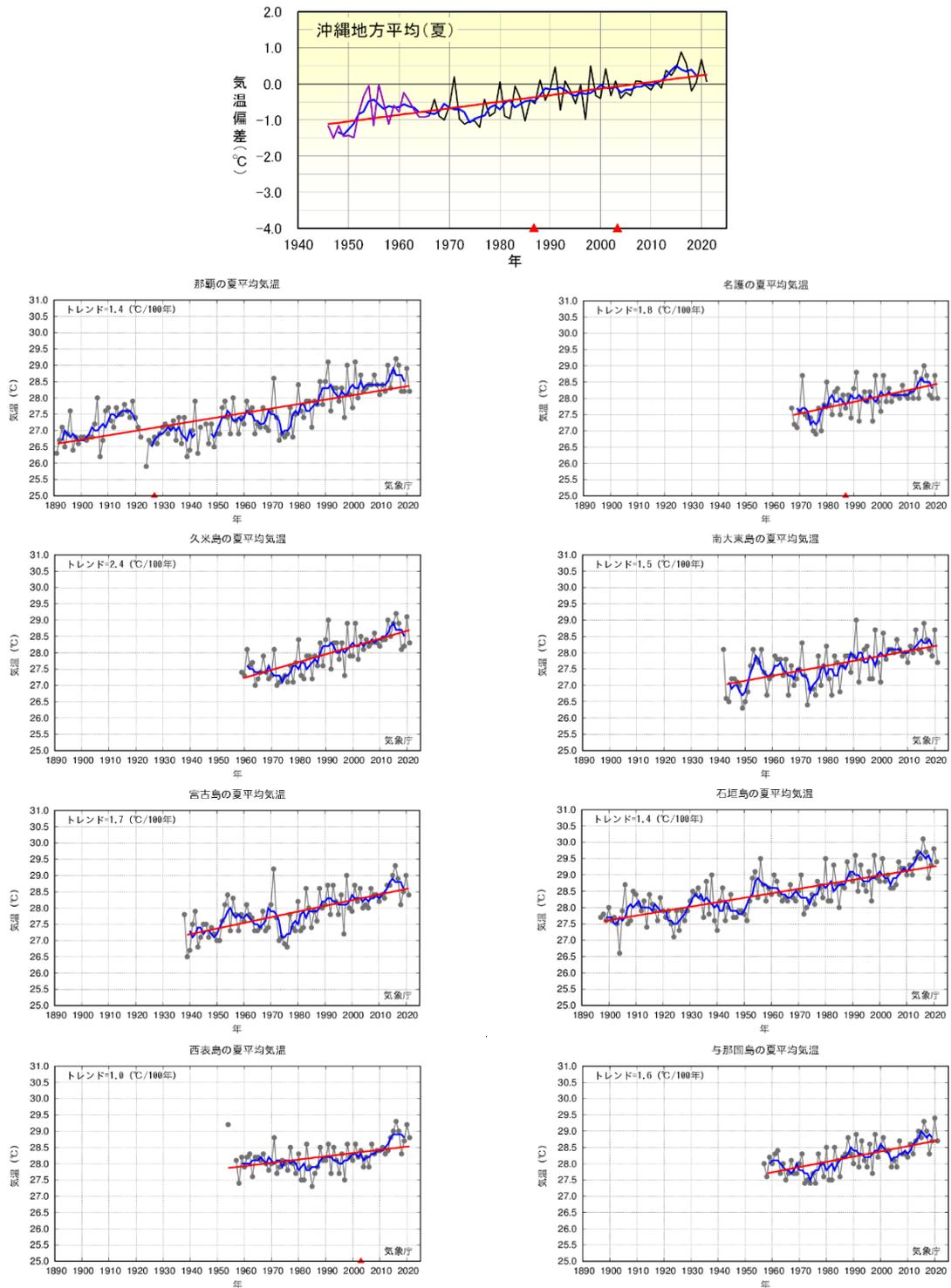


図 2.1.3 夏（6～8月）の平均気温（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2020年、那覇：1891～2021年（1923年、1945年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島：1942～2021年、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1954～2021年（1955年、1956年は欠測）、与那国島：1957～2021年。図の見方は図 2.1.1 に同じ。

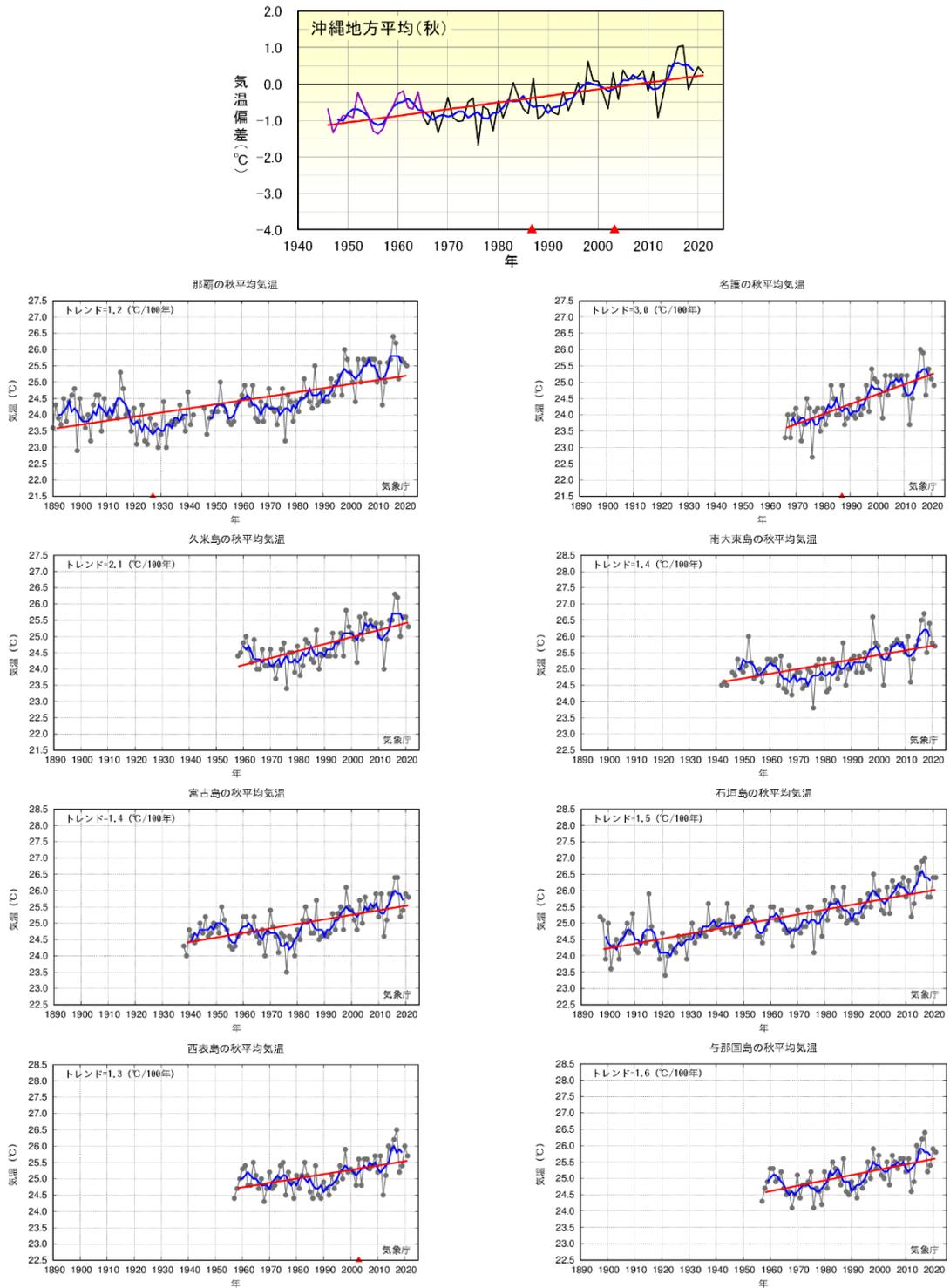


図 2.1.4 秋（9～11月）の平均気温（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年、那覇：1890～2021年（1943年、1944年、1945年は欠測）、名護：1966～2021年、久米島：1958～2021年、南大東島：1942～2021年（1945年は欠測）、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～2021年。図の見方は図 2.1.1 に同じ。

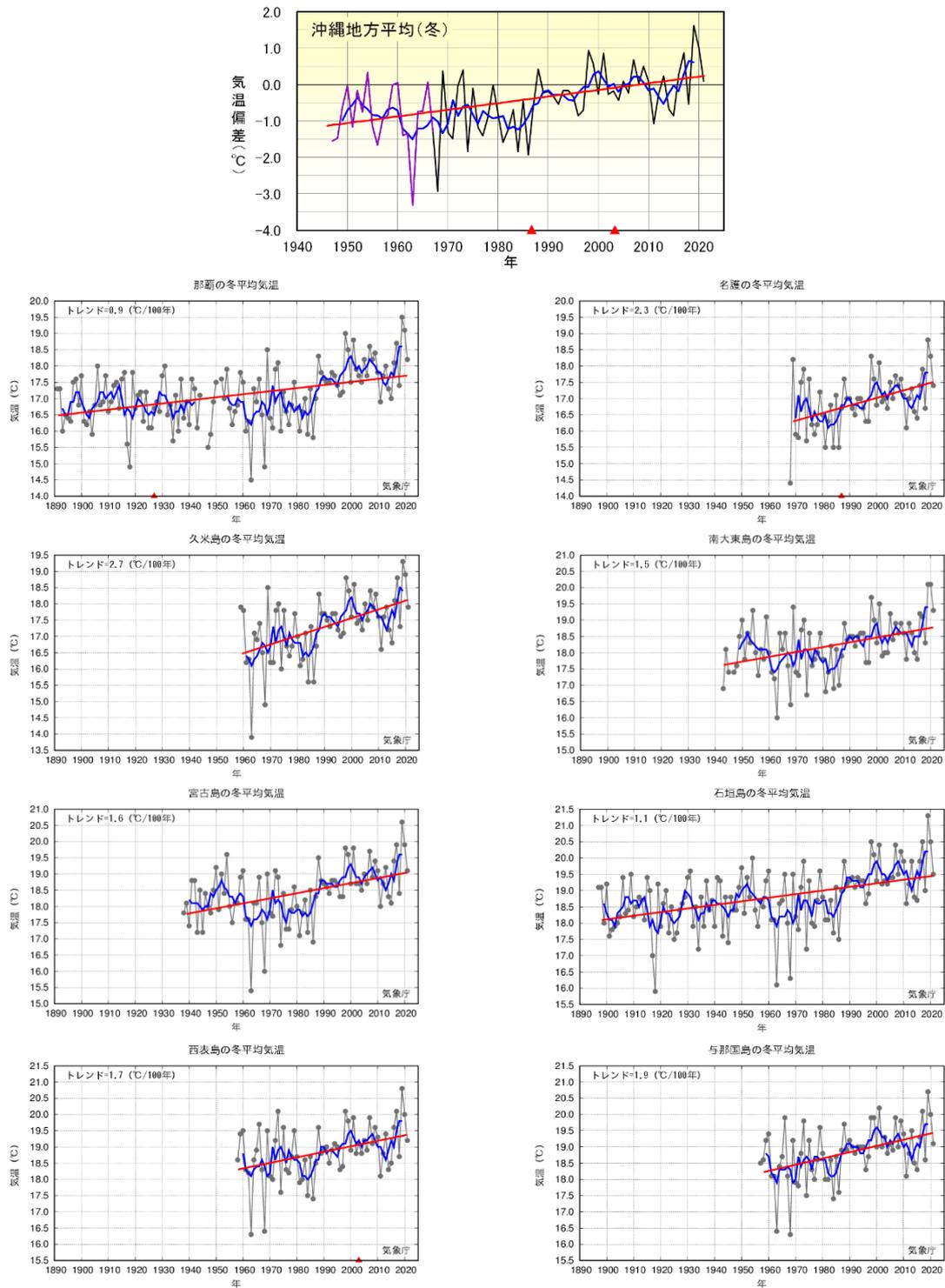


図 2.1.5 冬（12～2月）の平均気温（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1947～2021年、那覇：1891～2021年（1923年、1945年、1946年、1951年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島：1943～2021年（1946年は欠測）、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～20210年。図の見方は図 2.1.1 に同じ。

(2) 日最高気温、日最低気温

(ア) 年の変化

表 2.1.2 は、日最高気温と日最低気温の偏差の長期変化傾向を示したものである。年平均及び各季節別の日最高気温、日最低気温はいずれも長期的に有意な変化傾向がみられる。

日最高気温の 100 年あたりの変化傾向は、沖縄地方平均で 1.20℃の上昇となっており、1970 年頃までは低下傾向がみられたが、その後上昇傾向に転じている。日最低気温の変化傾向は 100 年あたり 1.94℃の上昇で、日最高気温の約 1.6 倍の上昇率となっており昇温が顕著である。

(イ) 季節別の変化

① 春 (3～5 月)

沖縄地方平均における春の日最高気温は有意な上昇傾向がみられず、日最低気温は 100 年あたり 1.47℃の上昇となっている。

日最高気温の 5 年移動平均のグラフ (図 2.1.6) では、1970 年頃までは低下傾向がみられ、その後変動しながら推移している。日最低気温は、1950 年代に上昇した後、1960 年代に下降したが、1970 年代以降は上昇傾向となっている。

② 夏 (6～8 月)

沖縄地方平均における夏の日最高気温は 100 年あたり 1.34℃、日最低気温は 100 年あたり 2.22℃の上昇となっている。夏は他の季節と比べて最低気温の上昇率が最も著しい。

日最高気温の 5 年移動平均のグラフを見ると、数十年から 50 年周期で変動している。日最低気温は、1950 年代に上昇した後、1960 年代に下降したが、1970 年代後半からは上昇傾向となっている。

③ 秋 (9～11 月)

沖縄地方平均における秋の日最高気温は 100 年あたり 1.39℃、日最低気温は 100 年あたり 2.08℃の上昇となっている。

5 年移動平均のグラフを見ると、日最高気温、日最低気温ともに数十年の周期で上昇又は下降している時期がみられる。

④ 冬 (12～2 月)

沖縄地方平均における冬の日最高気温は 100 年あたり 1.44℃、日最低気温は 100 年あたり 2.06℃の上昇となっている。冬は他の季節と比べて最高気温の上昇率が最も著しい。また、最高気温・最低気温ともに年々の変動が大きい傾向にある。

表 2.1.3 日最高気温及び日最低気温の偏差の長期変化傾向

沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値。黄色の項目は、変化傾向が有意水準5%で有意であることを示す。統計期間については、図2.1.6を参照。名護及び西表島のデータは、移転の影響を取り除く補正（大野ほか、2011（<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol78p031.pdf>））を行っている。

官署	単位	年	春(3~5月)	夏(6~8月)	秋(9~11月)	冬(12~2月)	統計期間(年)
沖縄地方平均 (日最高気温)	℃/100年	+1.20	+0.70	+1.34	+1.39	+1.44	1946~2021 (冬は1947から)
沖縄地方平均 (日最低気温)	℃/100年	+1.94	+1.47	+2.22	+2.08	+2.06	1946~2021 (冬は1947から)

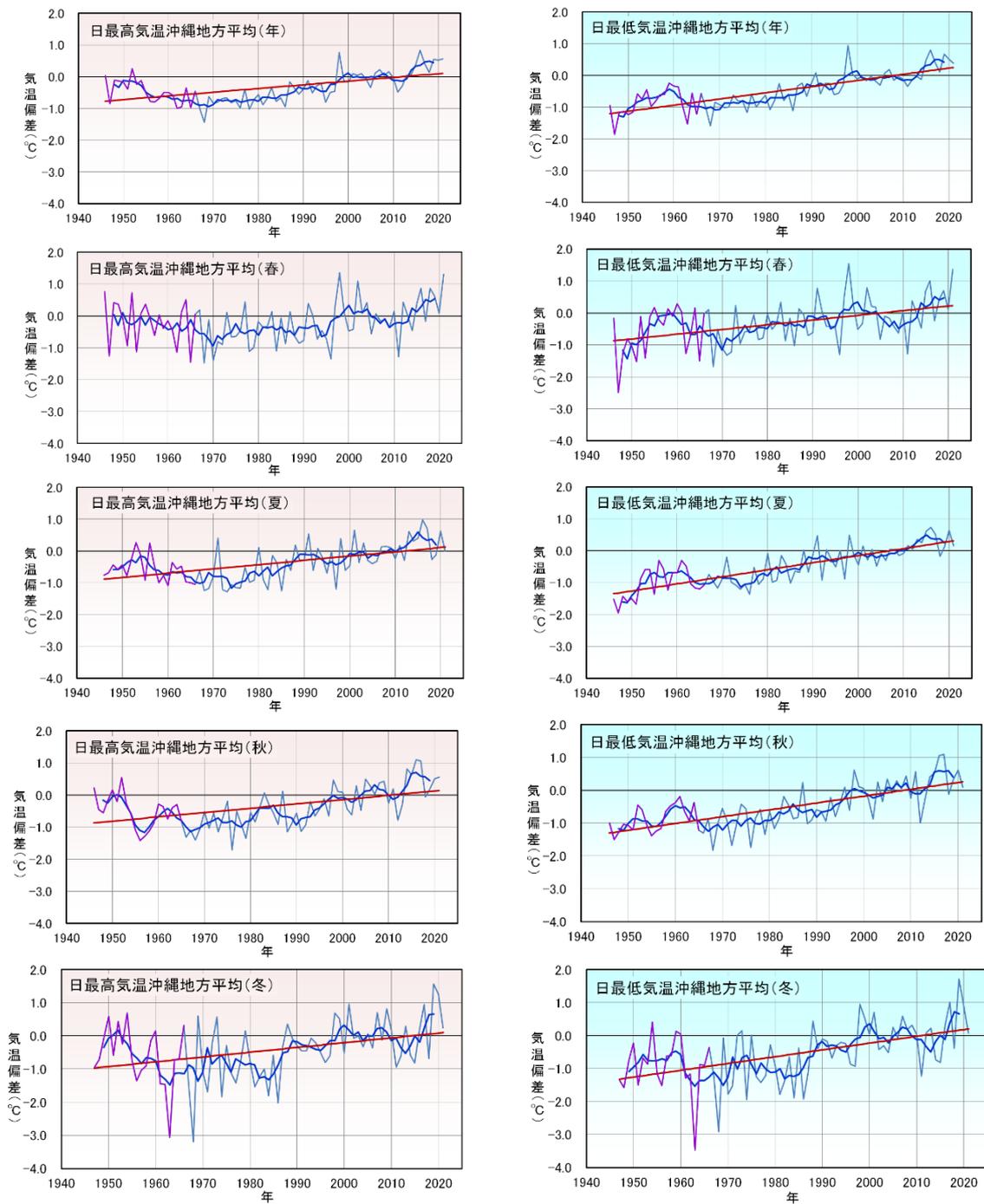


図 2.1.6 日最高気温（左列）、日最低気温（右列）の偏差の経年変化（沖縄地方平均）

統計期間 年、春、夏、秋：1946～2021年、冬：1947～2021年。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値（青の細線：7地点が揃っている期間、紫の細線：2地点以上、7地点未満の期間）。青の太線：5年移動平均値、赤の直線：長期変化傾向。名護・西表島は移転の影響を取り除く補正（大野ほか、2011

(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol78p031.pdf>) を行っている。

(3) 月平均気温の異常高温、異常低温の出現数

那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点の観測データが揃うのは、1967年以降である（冬は1968年から）。表2.1.3は、沖縄地方平均における1967～2021年（55年間）の月平均気温の異常高温、異常低温（付録A.2.1（4）参照）の出現数の長期変化を、年と季節別に示したものである。

異常高温の出現数は年及びいずれの季節でも有意な変化傾向がみられない。異常低温は春を除いて有意な減少がみられる。

図2.1.7に経年変化を示す。異常高温は1990年代後半から年の出現数が多くなっている。異常低温は1970年頃をピークに減少傾向で、近年は出現しない年がしばしばある。

異常高温の出現数は、いずれの季節も2010年頃から多くなっている。異常低温の出現数は、春は1990年代に、その他の季節は1980年代まで多い。夏はいずれの7地点においても、2003年以降異常低温は出現していない。

表 2.1.4 沖縄地方平均における月平均気温の異常高温及び異常低温の出現数の長期変化

統計期間：1967～2021年（冬は1968年から）。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値。黄色の項目は、変化傾向が有意水準5%で有意であることを示す。

官署	単位	年	春(3～5月)	夏(6～8月)	秋(9～11月)	冬(12～2月)	統計期間(年)
沖縄地方平均 (異常高温)	回/50年	+0.83	+0.21	+0.21	+0.25	+0.12	1967～2021 (冬は1968年から)
沖縄地方平均 (異常低温)	回/50年	-2.97	-0.09	-1.06	-0.79	-0.99	1967～2021 (冬は1968年から)

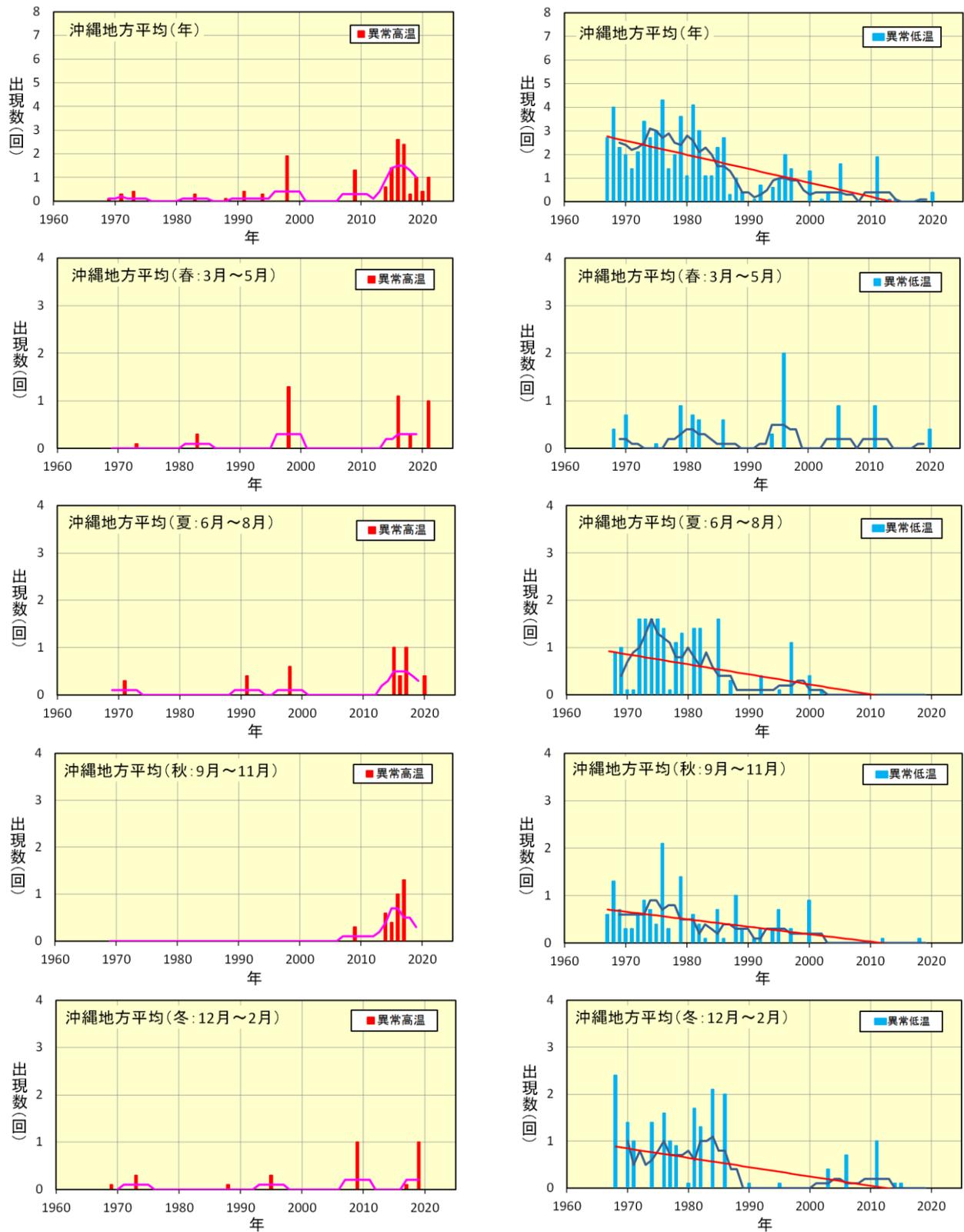


図 2.1.7 月平均気温の異常高温（左列）、異常低温（右列）の出現数の経年変化（沖縄地方平均）

統計期間 年及び各季節：1967～2021年（冬は1968～2021年）。棒グラフ：年々の値、折れ線グラフ：5年移動平均。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値。

(4) 真夏日の日数

図 2.1.8 に、沖縄地方平均及び各地点における真夏日（日最高気温 30℃以上の日）の年間日数の経年変化を示す。平年値更新とともに、名護・西表島の 2 地点を加えた 7 地点平均とする変更が加えられたが、この 2 地点はいずれも観測所の移転に伴って統計が切断しており、これらを加えた 7 地点がそろえるのは 2004 年以降となる。このため、この項目において沖縄地方平均は、那覇・久米島・宮古島・石垣島・与那国島の 5 地点の平均とし、これらの 5 地点のデータがそろえる 1959 年を統計の開始とする。

5 年移動平均で見ると、沖縄地方平均では 1970 年代に出現数が一時少なくなるなどの変動がみられるが、長期的には 10 年あたり 5.6 日の割合で統計的に有意に増加している（表 2.1.4）。

那覇と宮古島では、2000 年代までは年間 100 日以上出現する年が数年に 1 回程度であったが、2010 年以降は 100 日を超える年が多くなっている。石垣島では、ほとんどの年で 100 日以上出現しており、150 日を超える年もある。

5 年移動平均で見ると、那覇と宮古島では 1950 年代から 1970 年頃までは年間 80 日前後で推移しており、1970 年代はやや出現数が減少したものの 1990 年にかけて再び増加し、その後は 100 日前後で推移している。石垣島では 1940～1960 年頃にかけて 120 日程度出現した時期があったが、その後 1970 年にかけて出現数が減少し、1990 年代半ばからは増加傾向となっている。

長期的には、那覇・久米島・南大東島・宮古島・石垣島・与那国島で有意に増加している（表 2.1.4）。

表 2.1.5 真夏日の年間日数の長期変化傾向

沖縄地方平均は那覇・久米島・宮古島・石垣島・与那国島の 5 地点の平均値。数値は変化傾向（10 年あたりの変化（日））を表す。黄色の項目は変化傾向が有意水準 5% で有意であることを示す。那覇は 1927 年に観測所の移転があったため、1928 年を統計開始とした。名護は 1987 に、西表島は 2003 年に観測所の移転があったため、長期変化傾向を算出しない。

官署	単位	真夏日の日数	統計期間(年)
沖縄地方平均	日/10年	+5.6	1959～2021
那覇		+5.6	1928～2021
名護			1967～2021
久米島		+6.7	1959～2021
南大東島		+5.0	1943～2021
宮古島		+2.9	1938～2021
石垣島		+2.3	1897～2021
西表島			1957～2021
与那国島		+5.9	1957～2021

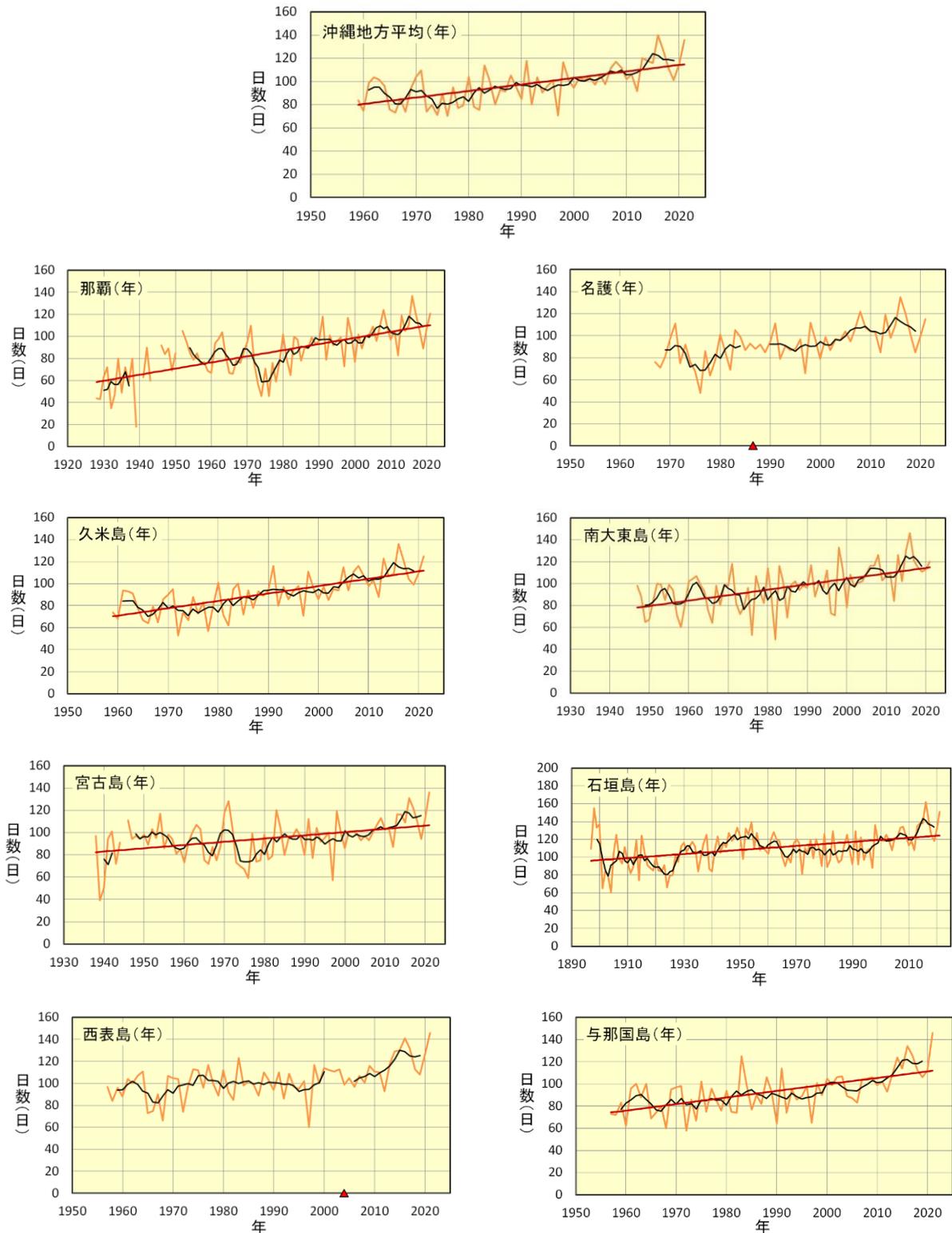


図 2.1.8 真夏の年間日数の経年変化（沖縄地方平均及び各地点）

統計期間 沖縄地方平均：1959～2021年。那覇：1928～2021年（1940年、1944年、1945年、1951年は欠測）、名護：1967～2021年（1987年に観測所移転）、久米島：1959～2021年、南大東島：1943～2021年（1944～1946年は欠測）、宮古島：1938～2021年（1945年は欠測）、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年（2003年に観測所移転）、与那国島：1957～2021年（2018年は欠測）。沖縄地方平均は、那覇・久米島・宮古島・石垣島・与那国島の5地点平均値。橙線：年々の値、黒線：5年移動平均値、赤の直線：有意な長期変化傾向。横軸の▲印は、観測所の移転等の影響によってその前後でデータが均質でないことを表す。

(5) 熱帯夜の日数

図 2.1.9 に、沖縄地方平均及び各地点における熱帯夜（熱帯夜は夜間の最低気温が 25℃以上のことを指すが、ここでは日最低気温が 25℃以上の日としている）の年間日数の経年変化を示す。この項目においても真夏日と同様に、沖縄地方平均は、那覇・久米島・宮古島・石垣島・与那国島の 5 地点の平均とし、これらの 5 地点のデータがそろった 1959 年を統計の開始とする。

5 年移動平均を見ると、沖縄地方平均では 1960 年から 1970 年代にかけて減少傾向がみられるものの、長期的には 10 年あたり 7.1 日の割合で有意に増加している（表 2.1.5）。

那覇では、1970 年代後半頃から増加傾向にあり、2000 年以降では年間 100 日を超える年が多くなっている。宮古島では、1970 年代の出現数の減少が顕著であるが、長期的に見ると有意に増加している。石垣島では、1970 年頃から増加傾向にある。1950 年半ばから年間 100 日を超える年が多くなっており、近年は年間 150 日程度現れる年もある。

長期的には、那覇・久米島・南大東島・宮古島・石垣島・与那国島で有意に増加している（表 2.1.5）。

表 2.1.6 熱帯夜の年間日数の長期変化傾向

沖縄地方平均は、那覇・久米島・宮古島・石垣島・与那国島の 5 地点平均値。数値は変化傾向（10 年あたりの変化（日））を表す。黄色の項目は変化傾向が有意水準 5%で有意であることを示す。那覇は 1927 年に観測所の移転があったため、1928 年を統計開始とした。名護は 1987 に、西表島は 2003 年に観測所の移転があったため、長期変化傾向を算出しない。

官署	単位	熱帯夜の日数	統計期間(年)
沖縄地方平均	日/10年	+7.1	1959～2021
那覇		+6.8	1928～2021
名護			1967～2021
久米島		+7.7	1959～2021
南大東島		+4.4	1943～2021
宮古島		+7.9	1938～2021
石垣島		+7.1	1897～2021
西表島			1957～2021
与那国島		+4.6	1957～2021

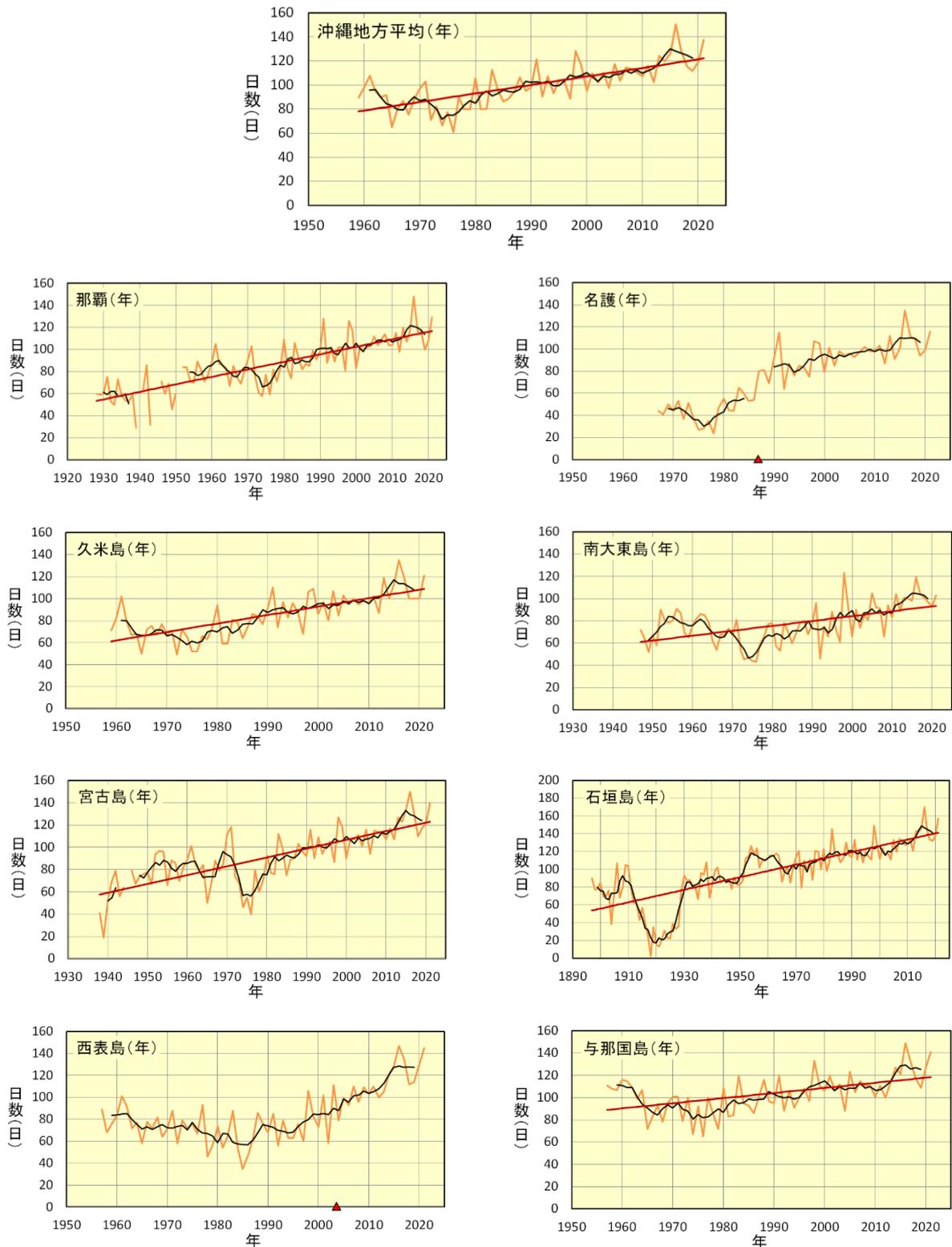


図 2.1.9 熱帯夜の年間日数の経年変化（沖縄地方平均及び各地点）

統計期間 沖縄地方平均：1959～2021年、那覇：1928～2021年（1940年、1944年、1945年、1951年は欠測）、名護：1967～2021年（1987年に観測所移転）、久米島：1959～2021年、南大東島：1943～2021年（1944～1946年は欠測）、宮古島：1938～2021年（1945年は欠測）、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年（2003年に観測所移転）、与那国島：1957～2021年。沖縄地方平均は、那覇・久米島・宮古島・垣島・那国島の5地点平均値。橙線：年々の値、黒線：5年移動平均値、赤の直線：有意な長期変化傾向。横軸の▲印は、観測所の移転等の影響によってその前後でデータが均質でないことを表す。



気候変動とその要因

「気候」とは、一般的には、日々の天気よりももっと長期にわたる気象（気温、降水量など）の状態をいい、この気候が変化することを「気候変動」という。

気候変動は、大気や海洋、さらには太陽活動などの自然界の変動によるもの（自然変動）に加え、人間活動による地球温暖化と局所的な都市化の影響が重なって起こっていると考えられる（図 C.1）。

このうち自然変動には様々な時間スケールの現象があり、例えば太陽放射量の変化、火山活動による日射の遮蔽効果、海流の変化やエルニーニョ／ラニーニャ現象のような海面水温分布の変化などが挙げられる。

人間活動による地球温暖化は、工業化以降石炭や石油などの化石燃料を使用し続けた結果、大気中に大量に排出された二酸化炭素などの温室効果ガスが増加し、地球全体の温室効果が強まることによって起きている。

都市化の影響は、建物や道路など土地利用が変化することで蓄熱しやすい環境が増えたことや、人工排熱量の増加などが原因で起きている。都市の気温が郊外よりも高くなる現象は、気温の分布図を描くと高温域が都市を中心に島のような形になることから「ヒートアイランド現象」と呼ばれる。

一般に、気候変動とは自然変動と人為的な要因による変動とを合わせたものと考えられるが、「気候変動に関する国際連合枠組条約」²においては、「地球の大気の組成を変化させる人間活動に直接又は間接に起因する気候の変化であって、比較可能な期間において観測される気候の自然な変動に対して追加的に生ずるものをいう」（第一条 定義）とされており、扱う場面によって定義が異なる場合があることに注意する必要がある。

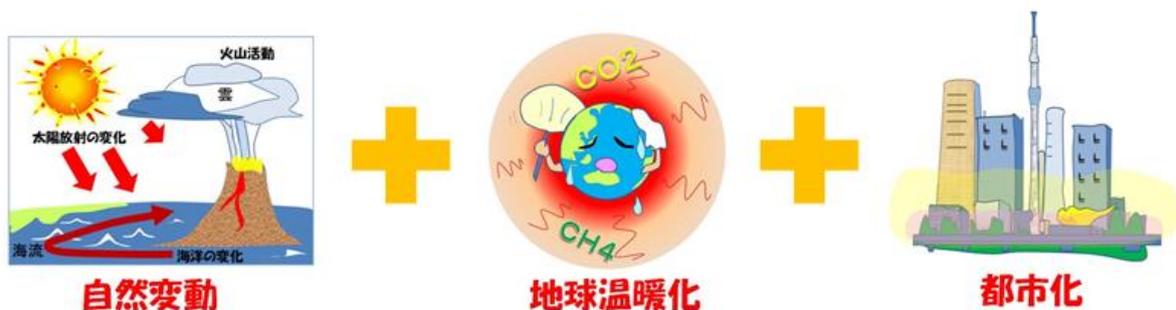


図 C.1 気候変動の3つの要因。

自然変動に、人間活動による地球温暖化と都市化が加わる。



² 1992年、ブラジルのリオデジャネイロで開催された環境と開発に関する国際連合会議において、地球温暖化問題に関する国際的な枠組みを設定した環境条約で1994年3月21日に発効し、日本においては1994年6月21日に公布された。その締約国会議は「COP」（Conference of the Parties）の略称で呼ばれる。



温室効果ガスの観測

沖縄県の与那国島において、温室効果ガスの観測が 20 年以上行われていることをご存知だろうか。

地球の大気には、温室効果ガスと呼ばれる気体がわずかに含まれている。地球表面から放出された熱（赤外線）の一部を吸収する温室効果ガスが増えると、その熱が宇宙空間に逃げにくくなり、結果として地球表面の温度が上昇（地球温暖化）する。二酸化炭素は、地球温暖化に及ぼす影響がもっとも大きな温室効果ガスであり、石炭や石油の消費、セメントの生産などの人間活動により大気中に大量放出されている。一方、その吸収源である森林は、開発等により減少し続けている。



図 C. 2. 1 観測地点（与那国島特別地域気象観測所）の写真

気象庁は、人間活動による温室効果ガス（二酸化炭素等）の増加など、地球環境問題の深刻化を背景に設立された世界気象機関（WMO）全球大気監視（GAW）計画に基づき、世界の監視ネットワークの一翼として、国内 3 地点（綾里（岩手県大船渡市、1987 年開始）、南鳥島（東京都小笠原村、1993 年開始）、与那国島（沖縄県与那国町、1997 年開始）図 C.2.1）において、地上付近の温室効果ガス濃度を観測している。

気象庁の観測点における二酸化炭素濃度の経年変化を図 C.2.2 に、地球全体の二酸化炭素濃度の経年変化を図 C.2.3 に示す。大気中の二酸化炭素濃度は人類の社会経済活動の影響により年々増加（約 2ppm/年）しており、与那国島における二酸化炭素濃度（緑線）も地球全体の傾向と同様に季節変動を繰り返しながら増加し続けている。ほぼ同じ緯度に位置する与那国島と南鳥島の二酸化炭素濃度を比べると、夏季には同程度である一方、冬季には与那国島の方が高い。これは、与那国島がアジア大陸に近いと、人為起源の二酸化炭素などの影響を受けた大陸の空気が、冬季は季節風によって与那国島に流れ込みやすいためである。

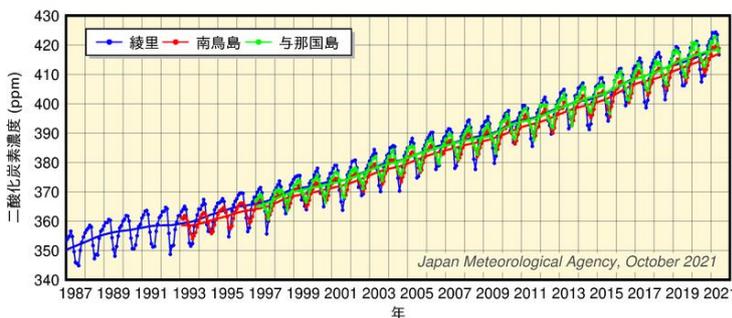


図 C. 2. 2 気象庁の観測点における二酸化炭素濃度の経年変化
一部の値は速報値。気象庁ホームページより。
https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html

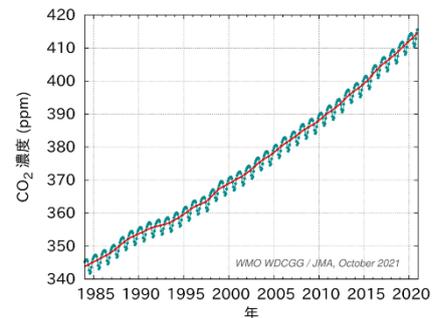


図 C. 2. 3 地球全体の二酸化炭素濃度の経年変化
気象庁ホームページより。

※ppm は体積比で 100 万分の一を表す。





IPCC 第 6 次評価報告書（第 1 作業部会）

2021 年 8 月、気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）は「第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書」（自然科学的根拠）（以下「AR6」）を公表した（気象庁ホームページ³参照）。

2013 年に公表された IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書（AR5）では、地球温暖化の進行については「疑う余地がない」としたものの、温暖化に対する人類の寄与については「可能性が極めて高い」と述べるにとどまっていた。今回の AR6 では、「人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」（A.1 抜粋）とし、地球温暖化に対する人類の寄与を断定する表現になった。

以下に AR6 の「ヘッドライン・ステートメント」（HS）からいくつか抜粋して紹介する。

- 大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、広範囲かつ急速な変化が現れている。（A.1 続き）
- 人為起源の気候変動は、世界中の全ての地域で、多くの気象及び気候の極端現象に既に影響を及ぼしている。（A.3 抜粋）
- 平衡気候感度の最良推定値は 3°C と導き出され、その推定幅は AR5 より狭まった。（A4 抜粋）

人類が世界中で大気や海洋、陸域に影響を及ぼし、それが顕在化していることを明示するとともに、「平衡気候感度」⁴をより狭い推定値で提示したことで、温室効果ガスの増加と地球温暖化の関係をより明確にし、将来予測の不確実性を低減した。HS はさらに次のように述べている。

- 世界平均気温は、本報告書で考慮した全ての排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。向こう数十年の間に二酸化炭素及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に、地球温暖化は 1.5°C 及び 2°C を超える。（B.1）
- 気候システムの多くの変化は、地球温暖化の進行に直接関係して拡大する。この気候システムの変化には、高温に関する極端現象、海洋熱波、強い降水及びいくつかの地域における農業及び生態学的干ばつの頻度と強度の増加、強い熱帯低気圧の割合の増加、並びに北極域の海氷、積雪及び永久凍土の縮小を含む。（B.2）

AR6 では、温室効果ガスの将来の排出量について新しいシナリオを用いているが、いずれのシナリオにおいても（「どのような対策を取っても」）主にこれまでに排出された温室効果ガスの影響で今世紀半ばまで気温上昇が続き、その上昇幅は工業化前と比べて 1.5°C に達する可能性が高く、温室効果ガスの大幅な削減が実現しなければそれ以上の温暖化を招き、地球上の様々な分野に大きな影響を及ぼすことを指摘している。

すでに各国は温室効果ガスの削減目標を提示しているが、その着実な実現に向けた具体的な取組が、一刻の猶予もない状況であることを改めて示した形になっている。

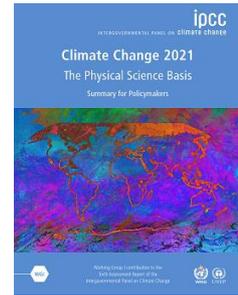


図 C. 4. 1 IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書の表紙

³ <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

⁴ 二酸化炭素濃度を 2 倍にした時に、世界平均の地上気温が何°C 上昇するかを表す指標。AR6 では可能性が高い範囲を 2.5°C から 4°C（確信度が高い）と評価した。

2.2 沖縄の降水の経年変化

- 沖縄地方平均の冬の降水量は減少している。
- 沖縄地方日降水量 1mm 以上の年間発生回数は減少している。

(1) 降水量

(ア) 年降水量

表 2.2.1 に降水量（沖縄地方平均は偏差）の長期変化を示す。沖縄地方平均及び各地点ともに年々の変動が大きいこともあり、統計的に有意な変化傾向は確認できない。

図 2.2.1 の沖縄地方平均の 5 年移動平均を見ると、1950 年代は降水量の多い時期である。地点別に見ると、那覇では 1990 年代後半に降水量の多い時期がある。宮古島では 1950 年代に降水量が多い。

(イ) 季節別の降水量

① 春（3～5 月）

表 2.2.1 の長期変化では、沖縄地方平均及び各地点ともに統計的に有意な変化傾向はみられない。

図 2.2.2 を見ると、石垣島では 1940 年頃に降水量の多い時期がある。宮古島と石垣島では十数年程度の周期的な変動がみられるが、統計的に有意な変化傾向はみられない。

② 夏（6～8 月）

表 2.2.1 の長期変化では、宮古島では有意に減少している。その他の地点と沖縄地方平均では統計的に有意な変化傾向はみられない。

図 2.2.3 の 5 年移動平均を見ると、沖縄地方平均では 1980 年代後半から 2000 年代初めにかけて少ない傾向がみられ、2010 年代後半から多い向がみられる。

地点ごとで見ると、1950 年代以降の那覇は沖縄地方平均と似た変動がみられる。宮古島では 1950 年頃から 2000 年頃にかけて減少傾向がみられる。石垣島では年々変動が大きく、統計的に有意な変化傾向はみられない。

③ 秋（9～11 月）

表 2.2.1 の長期変化では、沖縄地方平均及び各地点ともに統計的に有意な変化傾向はみられない。

図 2.2.4 の 5 年移動平均を見ると、沖縄地方平均には周期的な変動がみられる。2000 年頃は顕著に降水量が多い。

地点別に見ると、那覇では 2000 年頃は降水量が多い時期となっている。石垣島では 2000 年頃と 2010 年頃は降水量が多い時期となっている。

④ 冬（12～2 月）

表 2.2.1 の長期変化では、沖縄地方平均及び地点ともに有意な変化傾向はみられない。

冬は他の季節に比べて、降水量の年々の変動幅が小さい。図 2.2.5 の 5 年移動平均値を見ると、沖縄地方平均では 1960 年代以前は多雨の時期が多いが、その後は少雨となる時期が増えている。

表 2.2.1 降水量（沖縄地方平均は偏差）の長期変化

沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値。数値は長期変化（100年あたりの変化（mm））を表す。いずれも参考として変化率を示すが、有意水準5%で統計的に有意なものはない。各季節の統計期間や欠測数については、図 2.2.1～2.2.5 を参照。

官署	単位	年	春(3～5月)	夏(6～8月)	秋(9～11月)	冬(12～2月)	統計期間(年)
沖縄地方平均	mm/100年	-48.9	-5.1	-7.1	-0.2	-39.1	1967～2021 (冬は1968～)
那覇	mm/100年	+10.3	-22.3	+8.6	+61.2	-44.7	1891～2021 (秋は1890～)
名護	mm/100年	-58.9	-150.6	+117.9	+79.7	-119.7	1967～2021 (秋は1966～)
久米島	mm/100年	+252.6	+19.6	+208.8	+88.9	-20.8	1959～2021 (秋は1958～)
南大東島	mm/100年	-138.8	-1.5	-77.2	+28.9	-0.9	1942～2021 (年・冬は1943～)
宮古島	mm/100年	-302.5	-143.1	-201.2	+67.4	-16.5	1938～2021
石垣島	mm/100年	-117.7	+10.3	-20.0	-67.6	-29.1	1897～2021
西表島	mm/100年	-528.5	-36.7	-137.9	-203.2	-43.5	1957～2021
与那国島	mm/100年	-205.1	-200.5	+55.4	-31.6	+7.2	1957～2021

表 2.2.2 降水量の平年値

沖縄県内の主な観測地点における年及び季節別の降水量の平年値を示す。平年値の統計期間は1991～2020年の30年。異なる地点のデータを用いて平均値を求める操作は行わないため、「沖縄地方平均の降水量」は求めない。

官署	単位	年	春(3～5月)	夏(6～8月)	秋(9～11月)	冬(12～2月)	統計期間(年)
那覇	mm	2161.0	549.0	712.4	573.5	320.7	1991～2020
名護	mm	2120.7	521.6	740.2	542.4	309.1	1991～2020
久米島	mm	2243.5	652.6	659.5	518.0	408.0	1991～2020
南大東島	mm	1639.3	419.7	468.7	469.3	273.6	1991～2020
宮古島	mm	2076.0	509.7	603.6	556.9	395.1	1991～2020
石垣島	mm	2095.5	472.0	600.2	609.0	411.6	1991～2020
西表島	mm	2240.0	480.2	597.2	676.2	483.0	1991～2020
与那国島	mm	2323.0	524.0	500.7	746.7	549.0	1991～2020

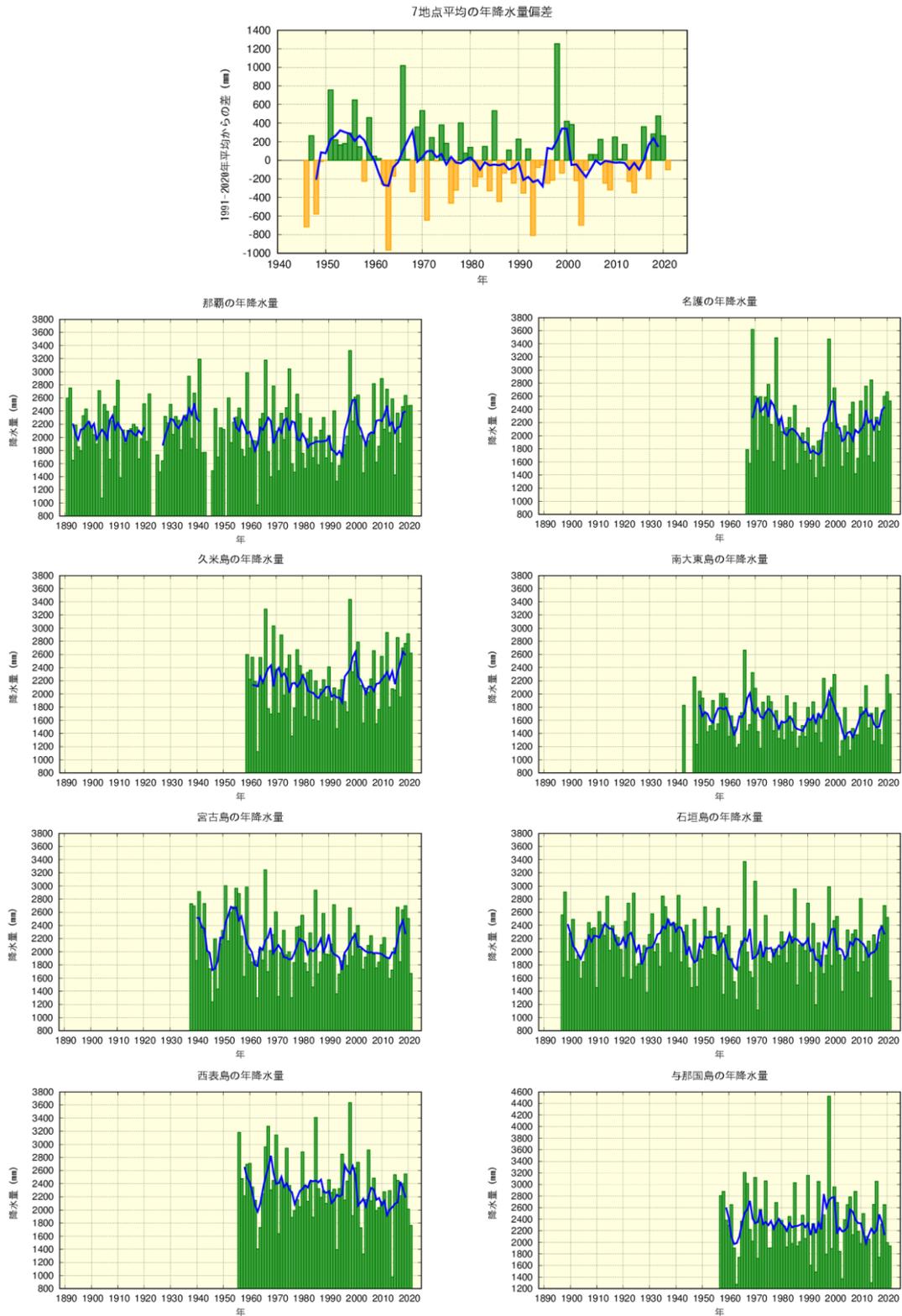


図 2.2.1 年降水量（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年、那覇：1891～2021年（1923年、1924年、1944年、1945年、1951年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島：1943～2021年（1944～1946年は欠測）、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～2021年。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値（緑：正の偏差、橙：負の偏差。1966年以前は7地点そろっていない。）。太い青線：5年移動平均値。

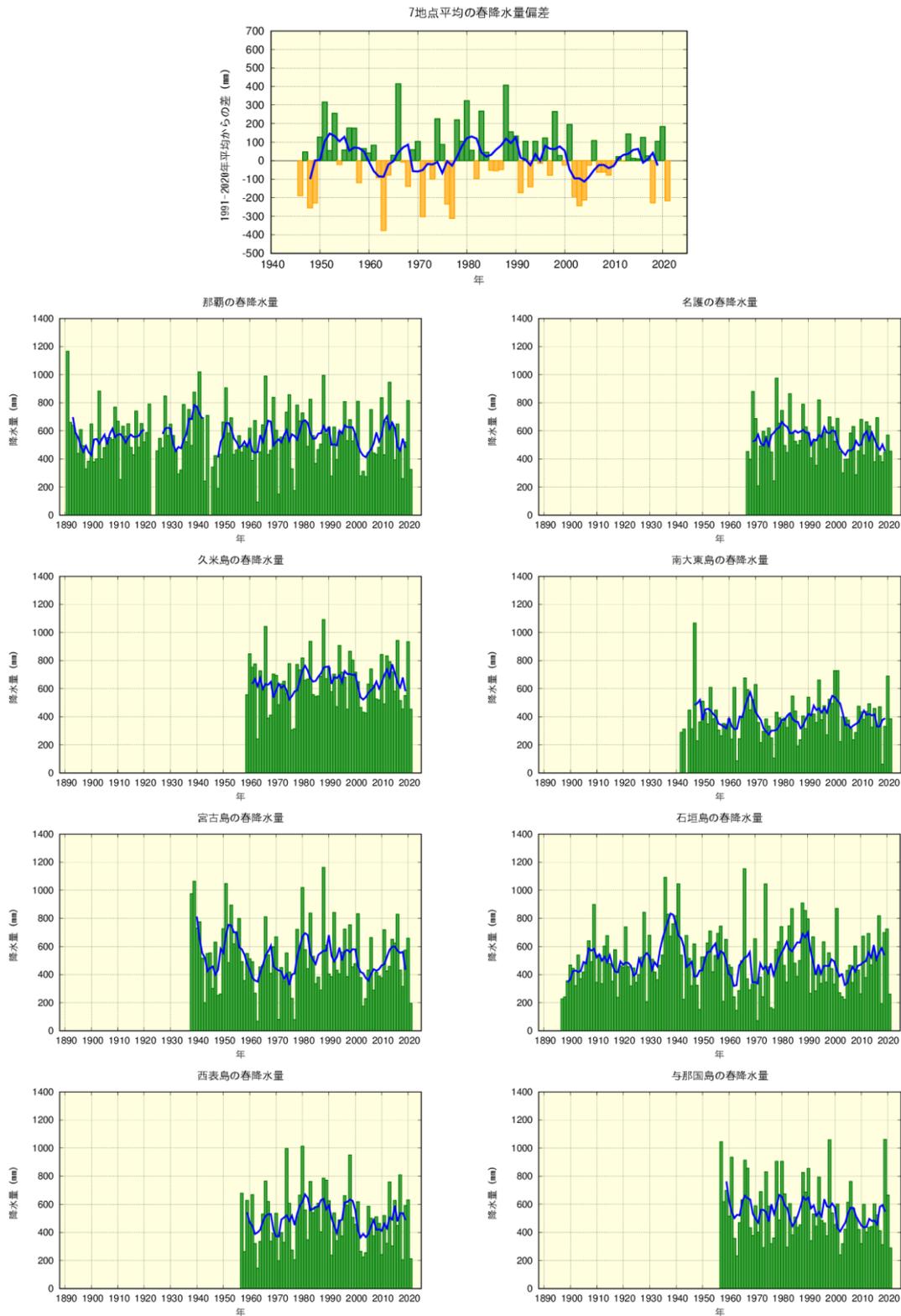


図 2.2.2 春（3～5月）の降水量（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年、那覇：1891～2021年（1923年、1924年、1945年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島：1942～2021年（1944年は欠測）、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～2021年。図の見方は図 2.2.1 に同じ。

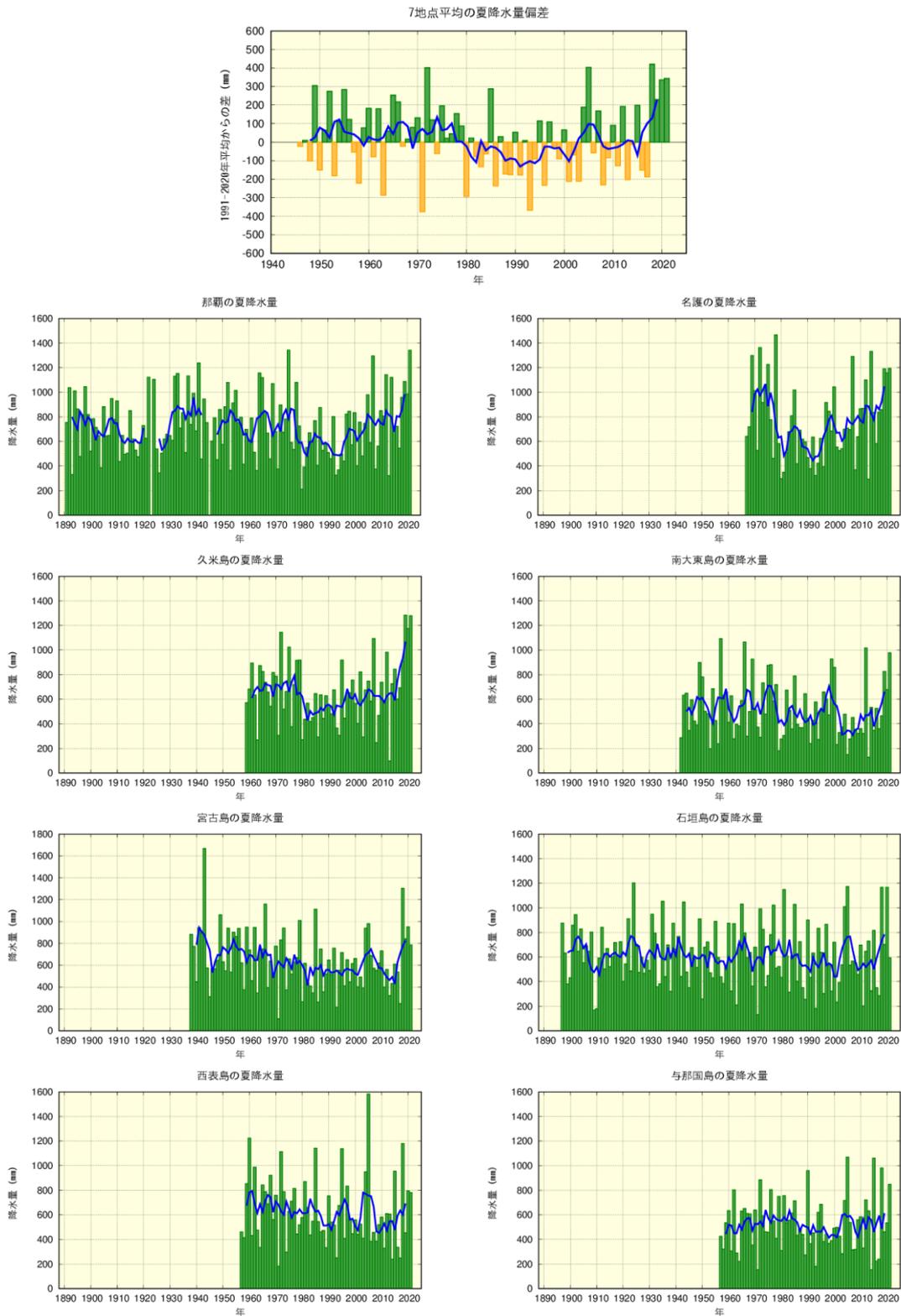


図 2.2.3 夏（6～8月）の降水量（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年、那覇：1891～2021年（1923年、1945年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島：1942～2021年、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～2021年。図の見方は図 2.2.1 に同じ。



図 2.2.4 秋（9～11月）の降水量（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年、那覇：1890～2021年（1944年、1945年は欠測）、名護：1966～2021年、久米島：1958～2021年、南大東島：1942～2021年（1945年は欠測）、宮古島：1938～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～2021年。図の見方は図 2.2.1 に同じ。

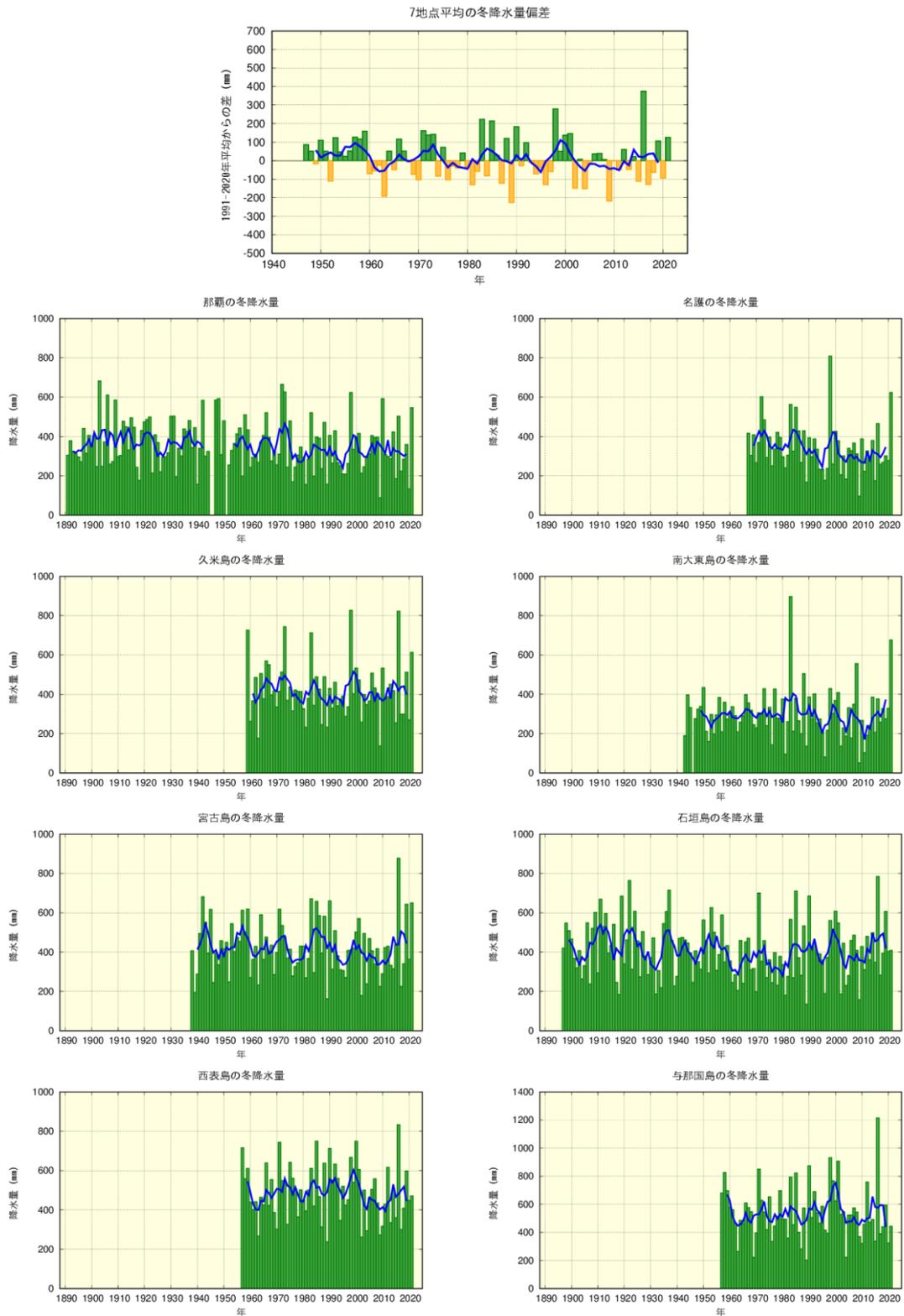


図 2.2.5 冬（12～2月）の降水量（沖縄地方平均は偏差）の経年変化

統計期間 沖縄地方平均：1946～2021年、那覇：1891～2021年（1945年、1946年、1951年は欠測）、名護：1967～2021年、久米島：1959～2021年、南大東島：1943～2021年（1946年は欠測）、宮古島：1939～2021年、石垣島：1897～2021年、西表島：1957～2021年、与那国島：1957～2021年。図の見方は図 2.2.1 に同じ。

(2) 月降水量の異常多雨、異常少雨の出現数

那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点の観測データが揃うのは、1967年である（冬も）。表 2.2.2 は、沖縄地方平均における1967～2021年（55年間）の月降水量の異常多雨、異常少雨（付録 A.2.1（4）参照）の長期変化を、年と季節別に示したものである。

異常多雨と異常少雨は、年及び季節別のいずれも年々の変動が大きく、統計的に有意な変化傾向はみられない。図 2.2.6 に経年変化を示す。

表 2.2.3 沖縄地方平均における月降水量の異常多雨及び異常少雨の出現数の長期変化

統計期間：1967～2021年。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値。参考として変化率を示すが、有意水準5%で統計的に有意なものはない。

官署	単位	年	春(3～5月)	夏(6～8月)	秋(9～11月)	冬(12～2月)	統計期間(年)
沖縄地方平均 (異常多雨)	回/50年	+0.13	0.00	+0.10	-0.04	+0.07	1967～2021
沖縄地方平均 (異常少雨)	回/50年	-0.01	-0.13	+0.11	-0.02	+0.04	1967～2021

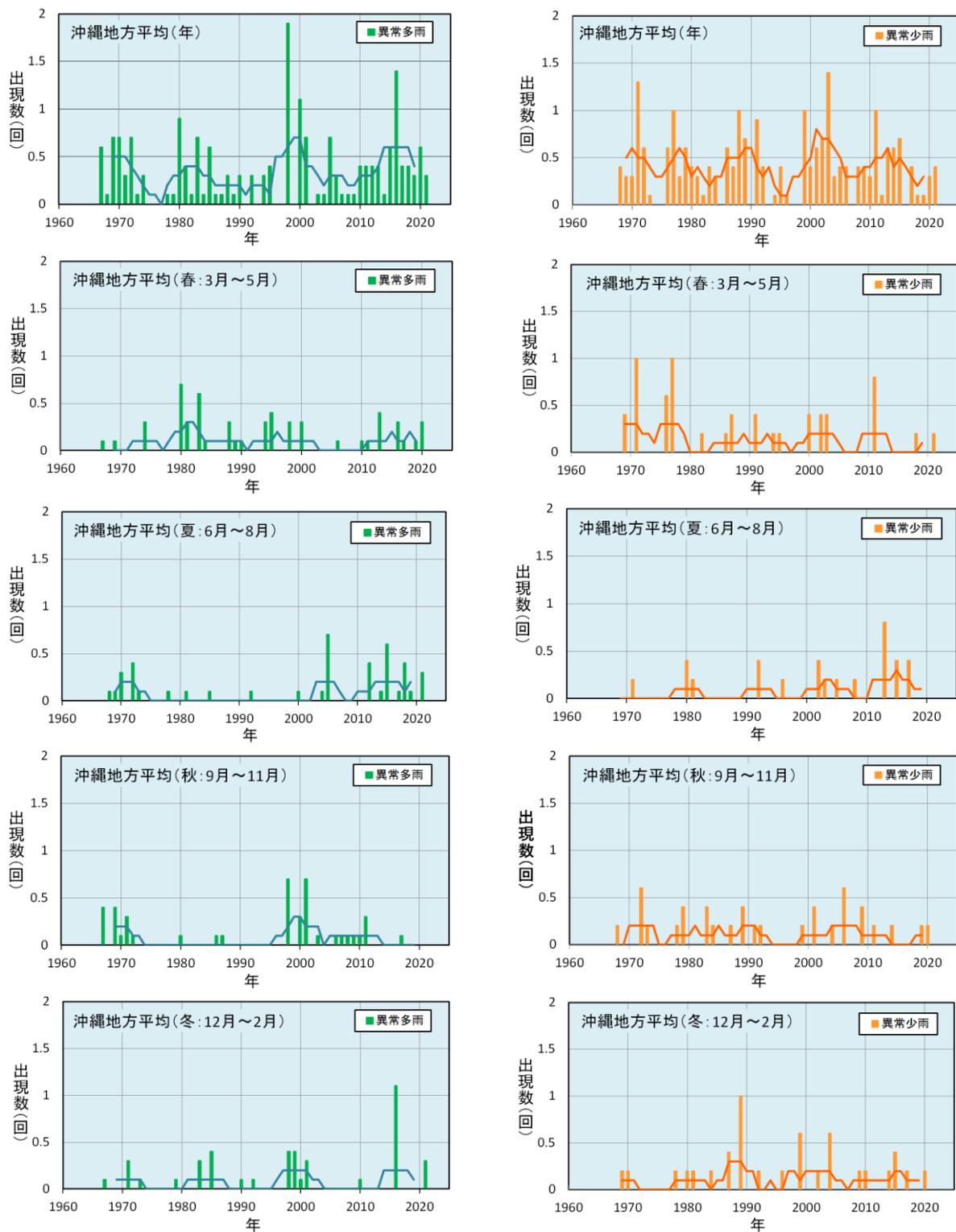


図 2.2.6 月降水量の異常多雨（左列）、異常少雨（右列）の出現数の経年変化（沖縄地方平均）

統計期間 年及び各季節：1967～2021年。棒グラフ：年々の値、折れ線グラフ：5年移動平均値。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の7地点平均値。

(3) 日降水量 100mm 以上の年間日数

表 2.2.3 に、沖縄地方平均及び各地点における日降水量 100mm 以上の年間日数の長期変化を示す。沖縄地方平均及び各地点のいずれにおいても統計的に有意な変化傾向はみられない。

図 2.2.7 に、沖縄地方平均及び各地点における日降水量 100mm 以上の年間日数の経年変化を示す。沖縄地方平均では 1960 年代後半に多い時期があった後、1980 年代にかけて減少傾向となり、2000 年頃に再び多くなっている。

那覇では 2000 年頃に、宮古島では 1950 年代と 1970 年頃と 2000 年代に、石垣島では 2000 年代に日数の多い時期がみられる。

本項目は年々の変動が大きく、沖縄地方においては統計的に有意な変化傾向はみられないが、日本全国（51 地点平均：詳細は「気候変動監視レポート 2020」（気象庁）参照）の統計値においては有意な増加傾向がみられ、「大雨」が有意に増加していることを現している。ただし、全国平均の最新の 5 年移動平均値（2016～2020 年）が 1.29 日であるのに対して沖縄地方平均では 2.8 日、2001 年以降の 20 年間の平均でも 2.7 日であり、沖縄地方では統計的に有意な増加傾向がみられないものの、全国平均の約 2 倍の発生頻度であることに留意する必要がある。

表 2.2.4 日降水量 100mm 以上の年間日数の長期変化

沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の 7 地点平均値。参考として沖縄地方平均及び各地点における 100 年あたりの変化率を示すが、有意水準 5% で統計的に有意なものはない。

官署	単位	年間日数の 長期変化	統計期間(年)
沖縄地方平均	日/100年	+0.40	1967～2021
那覇	日/100年	+0.59	1891～2021
名護	日/100年	+1.63	1967～2021
久米島	日/100年	+0.48	1959～2021
南大東島	日/100年	+0.44	1943～2021
宮古島	日/100年	+0.16	1938～2021
石垣島	日/100年	+0.58	1897～2021
西表島	日/100年	+0.65	1957～2021
与那国島	日/100年	-1.42	1957～2021

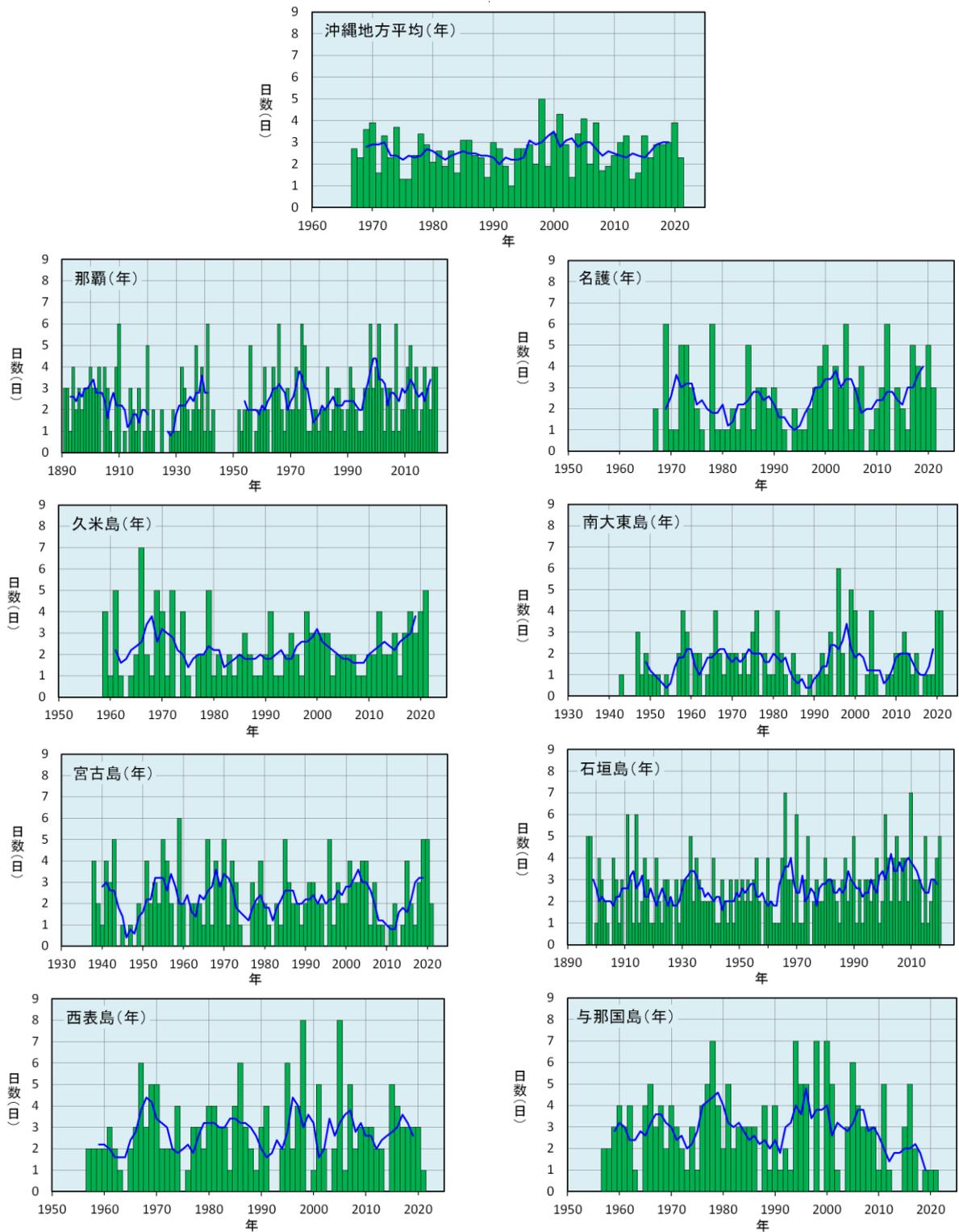


図 2.2.7 日降水量 100mm 以上の年間日数の経年変化（沖縄地方平均及び各地点）

統計期間 沖縄地方平均：1967～2021 年、那覇：1891～2021 年（1923 年、1924 年、1944～1951 年は欠測）、名護：1967～2021 年、久米島：1959～2021 年、南大東島：1943～2021 年（1944～1946 年は欠測）、宮古島：1938～2021 年、石垣島：1897～2021 年、西表島：1957～2021 年、与那国島：1957～2021 年。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の 7 地点平均値。緑の棒グラフ：年々の値、青の折れ線グラフ：5 年移動平均値。

(4) 日降水量 1mm 以上の年間日数

表 2.2.4 に、沖縄地方平均及び各地点における日降水量 1mm 以上の年間日数の変化傾向を示す。沖縄地方平均では統計的に有意な変化はみられないが、地点別ではいずれも 100 年あたりの変化傾向で、那覇で 18.9 日、宮古島で 28.3 日、石垣島で 25.5 日などの割合で統計的に有意に減少している。

図 2.2.8 に、沖縄地方平均及び各地点における日降水量 1mm 以上の年間日数の長期変化を示す。

表 2.2.5 日降水量 1mm 以上の年間日数の長期変化傾向

沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の 7 地点平均値。年間日数の 100 年あたりの長期変化を表す。黄色の項目は長期変化傾向が有意水準 5% で統計的に有意であることを示す。

官署	単位	年間日数の 長期変化	統計期間(年)
沖縄地方平均	日/100年	-11.3	1967～2021
那覇	日/100年	-18.9	1891～2021
名護	日/100年	-14.8	1967～2021
久米島	日/100年	-6.1	1959～2021
南大東島	日/100年	-19.4	1943～2021
宮古島	日/100年	-28.3	1938～2021
石垣島	日/100年	-25.5	1897～2021
西表島	日/100年	-45.0	1957～2021
与那国島	日/100年	-20.6	1957～2021

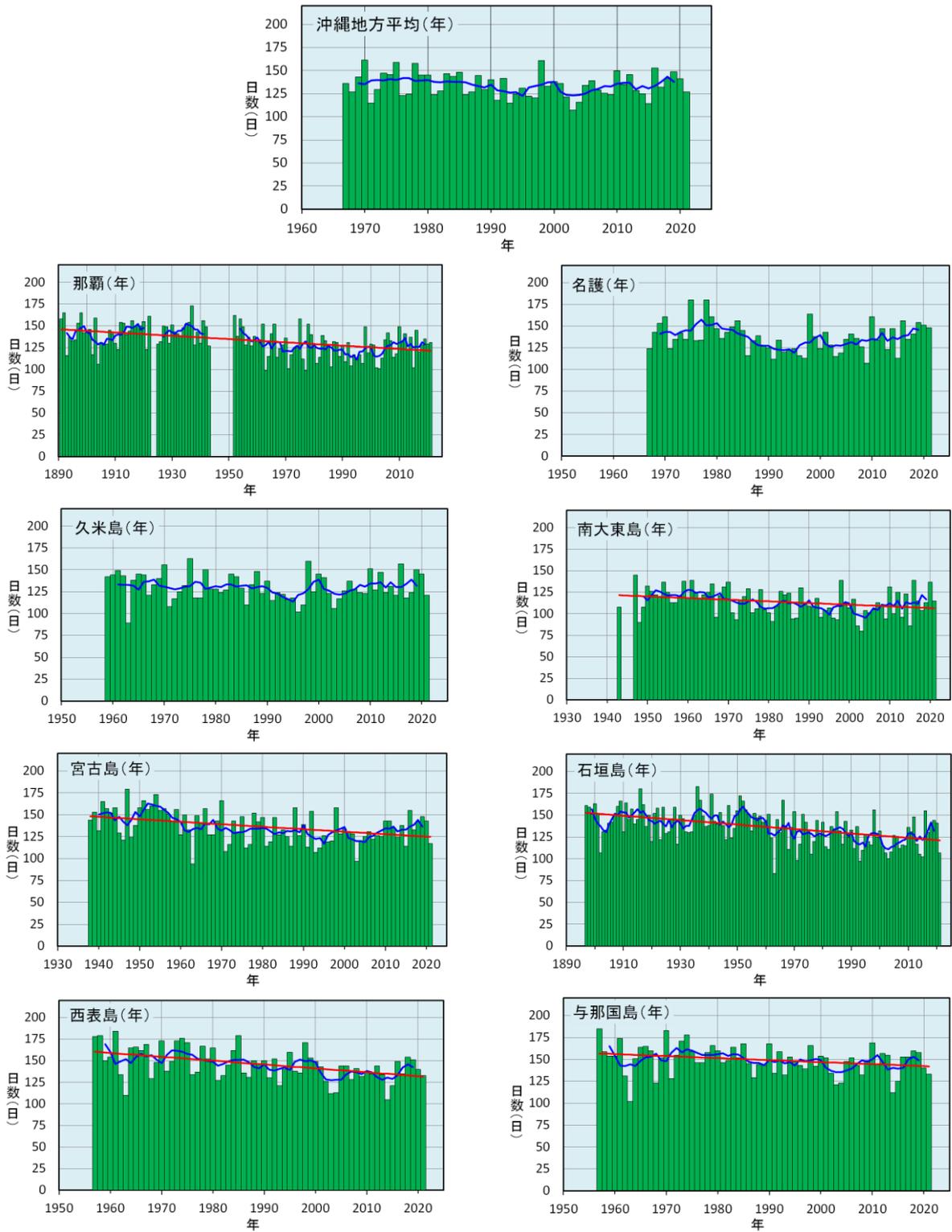


図 2.2.8 日降水量 1mm 以上の年間日数の経年変化（沖縄地方平均及び各地点）

統計期間 沖縄地方平均：1967～2021 年、那覇：1891～2021 年（1923 年、1924 年、1944～1951 年は欠測）、名護：1967～2021 年、久米島：1959～2021 年、南大東島：1943～2021 年（1944～1946 年は欠測）、宮古島：1938～2021 年、石垣島：1897～2021 年、西表島：1957～2021 年、与那国島：1957～2021 年。沖縄地方平均は、那覇・名護・久米島・宮古島・石垣島・西表島・与那国島の 7 地点平均値。緑の棒グラフ：年々の値、青の折れ線グラフ：5 年移動平均値、赤の直線：有意水準 5% で統計的に有意な長期変化傾向。

(5) 短時間強雨の発生頻度

地域気象観測所（以下「アメダス」という。）によって得られる観測データは、気象官署と比べて統計年数は短いですが、地点数が多いため短時間強雨のような極端現象の発生傾向を見る上で有効である（付録 A.4 参照）。アメダスのデータから短時間強雨の発生傾向を検討するにあたり、年による観測地点数の違いによる影響を避けるため、年ごとの観測回数を 34 地点（現在の沖縄県内のアメダス地点数）あたりの発生頻度に換算した。図 2.2.9 に、沖縄県内のアメダス地点で 1 時間降水量 30mm 以上及び 50mm 以上の年間発生頻度（34 地点あたり）を示す。

1 時間降水量 30mm 以上及び 50mm 以上の年間発生頻度には、いずれも統計的に有意な長期変化傾向はみられない。一方で日本全国のアメダス約 1,300 地点において同様に短時間強雨の発生頻度をみると、いずれも統計的に有意な増加傾向がみられ、「短時間強雨」は増加傾向にあると考えられる。しかし、全国の発生頻度を 1 地点あたりに換算して、沖縄県内のそれと比較すると、1 時間降水量 30mm 以上の発生頻度では沖縄県は全国に対して約 2.6 倍、50mm 以上では約 3 倍となっており、有意な増加傾向こそみられないものの、元々短時間強雨の発生頻度が全国平均よりも多いことに留意する必要がある。

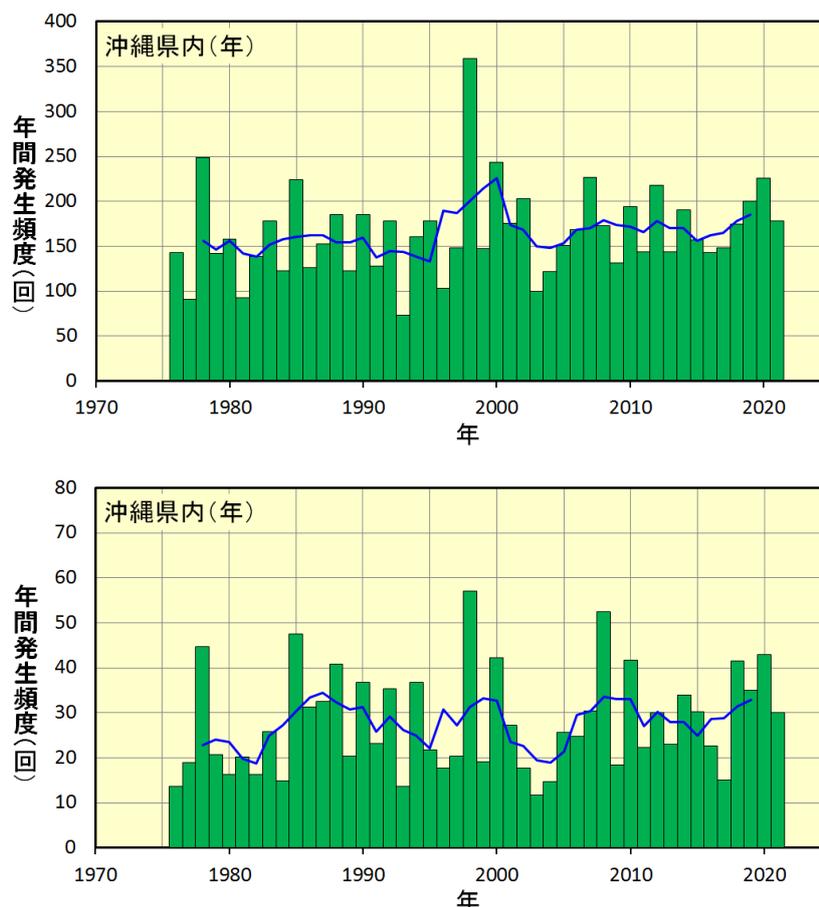


図 2.2.9 沖縄県内アメダス地点における 1 時間降水量 30mm 以上(上)、50mm 以上(下)の年間発生頻度

統計期間：1976～2021 年。34 地点（現在の沖縄県内のアメダス地点数）あたりの回数に換算。
緑の棒グラフ：年々の値、青の折れ線グラフ：5 年移動平均値。

2.3 沖縄県に影響した台風の経年変化

- 台風の沖縄県への接近数には、明瞭な長期変化傾向はみられない。
- 「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風の数と割合には、明瞭な長期変化傾向はみられない。

(1) 発生数と接近数

年間の台風（付録 A.5 参照）の発生数と沖縄県への接近数（付録 A.5 参照）の経年変化を図 2.3.1 に示す。2021 年の台風の発生数は 22 個で、このうち 7 個が沖縄地方に接近した。年間の台風の発生数の平年値は 25.1 個、沖縄県への接近数の平年値は 7.7 個である。

発生数は、1960 年代半ばと 1990 年代はじめにかけてピークがみられ、1990 年代後半から 2010 年頃までは発生数が少ない傾向を示している。接近数は、5～10 個程度の幅で変動しており、周期は明瞭ではない。発生数及び接近数とも明瞭な長期変化傾向はみられない。

沖縄県への接近数が統計を開始した 1951 年以降最も多かったのは 2004 年の 15 個で、この年は日本への上陸数も 10 個と過去最多となった。沖縄県への接近数が最も少なかった年は 1973 年、1977 年、1995 年、2009 年のそれぞれ 3 個である。

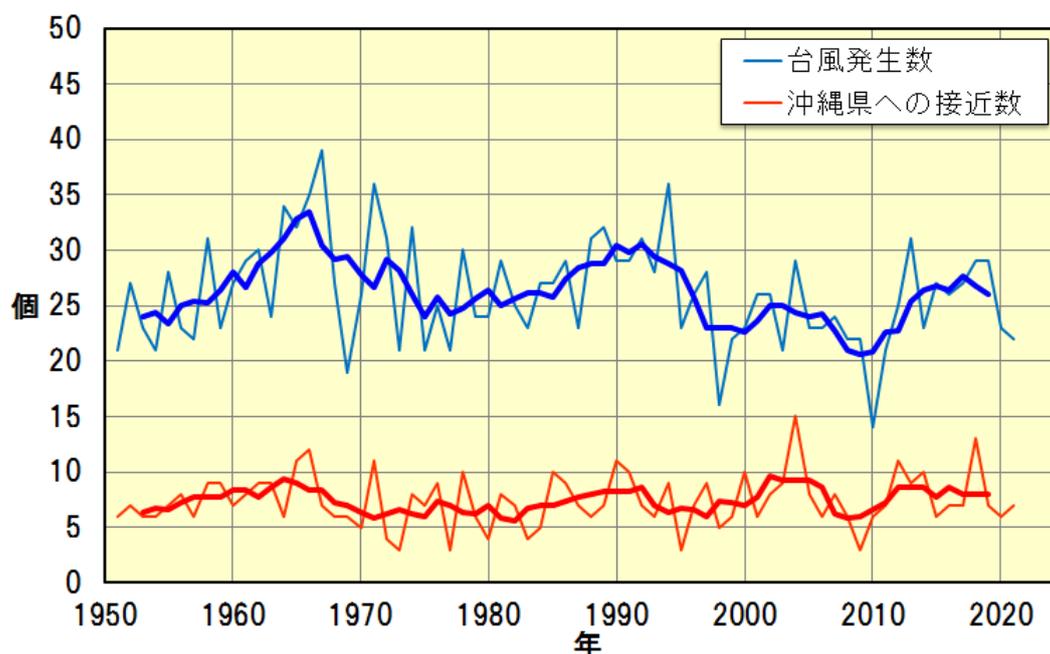


図 2.3.1 台風の発生数（青）と沖縄県への接近数（赤）の経年変化（1951～2021 年）
細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

(2) 接近台風の発生・消滅位置、勢力を維持していた期間

沖縄県に接近した台風の発生・消滅位置の南北、東西変動の長期的な傾向を見るため、発生・消滅位置及び年平均の経年変化をそれぞれ図 2.3.2 と図 2.3.3 に示す。

緯度は、発生位置がおおむね北緯 15～20 度の範囲、消滅位置がおおむね北緯 30～40 度の範囲となっている。発生・消滅位置の南北変動に長期的な変化傾向はみられない。経度は、発生位置がおおむね東経 125～145 度の範囲、消滅位置がおおむね 120～140 度の範囲となっている。発生・消滅位置の東西変動にも長期的な変化傾向はみられない。

台風の勢力（中心付近の最大風速が 17m/s 以上）を維持していた期間及び年平均の経年変化を図 2.3.4 に示す。期間はおおむね 4～9 日の範囲となっている。台風の期間の変動に長期的な変化傾向はみられない。

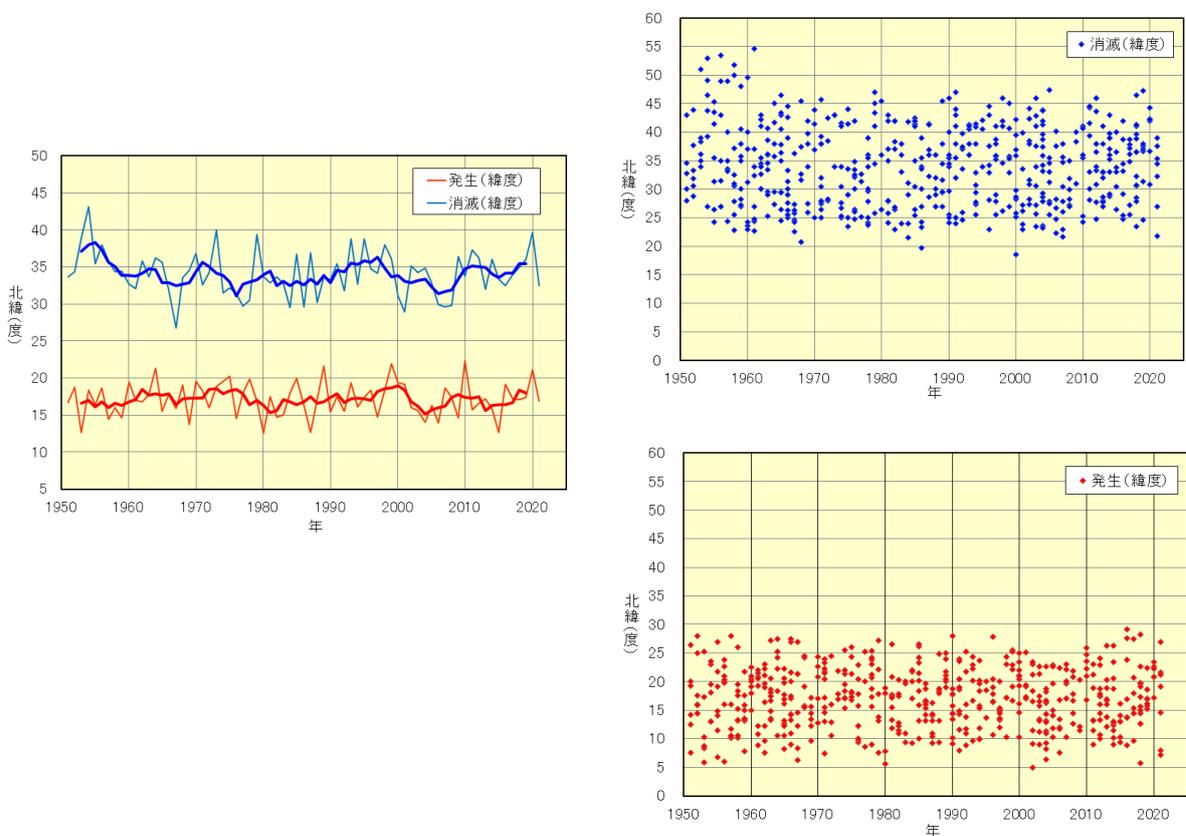


図 2.3.2 沖縄県に接近した台風の発生・消滅位置（緯度別）（右下：発生位置の経年変化、右上：消滅位置の経年変化、左：年平均の経年変化）

統計期間：1951～2021 年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

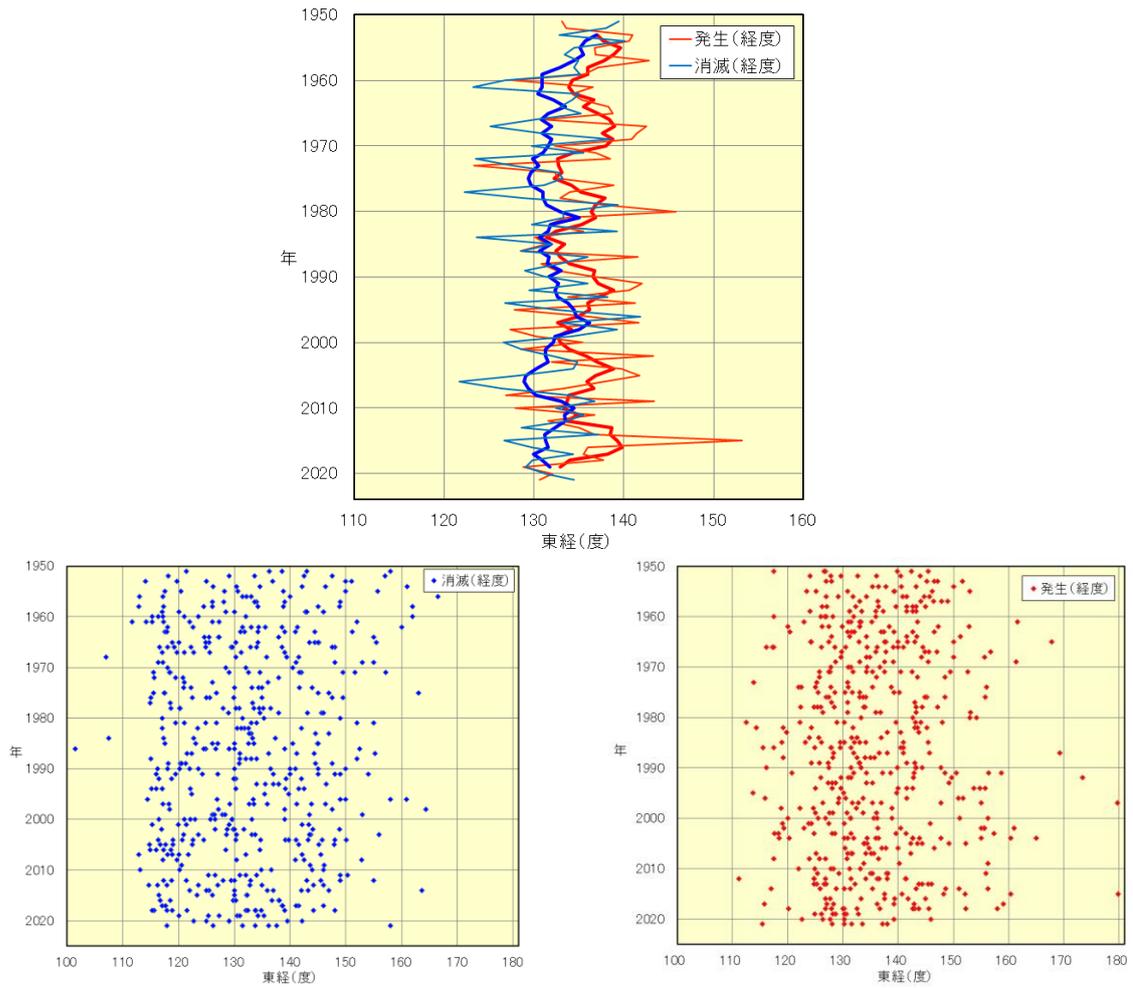


図 2.3.3 沖縄県に接近した台風の発生・消滅位置（経度別）（右下：発生位置の経年変化、左下：消滅位置の経年変化、上：年平均の経年変化）

統計期間：1951～2021年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5年移動平均値。

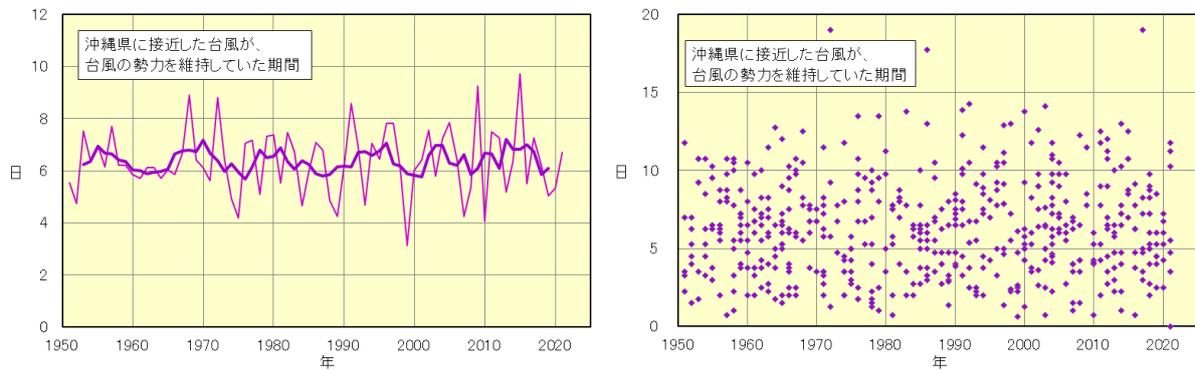


図 2.3.4 沖縄県に接近した台風が、台風の勢力（中心付近の最大風速が17m/s以上）を維持していた期間（右：台風の勢力を維持していた期間、左：年平均の経年変化）

統計期間：1951～2021年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5年移動平均値。

(3) 接近台風が最大風速に達した位置

沖縄県に接近した台風が最大風速に達した位置の南北、東西変動の長期的な傾向を見るため、位置及び年平均の経年変化をそれぞれ図 2.3.5 と図 2.3.6 に示す。気象衛星「ひまわり」による台風の観測が始まり、台風の中心付近の最大風速データがそろっている 1977 年以降のデータを用いている。

緯度は、到達位置がおおむね北緯 20～25 度の範囲となっている。到達位置の南北変動に長期的な変化傾向はみられない。経度は、到達位置がおおむね東経 125～135 度の範囲となっている。到達位置の東西変動にも長期的な変化傾向はみられない。

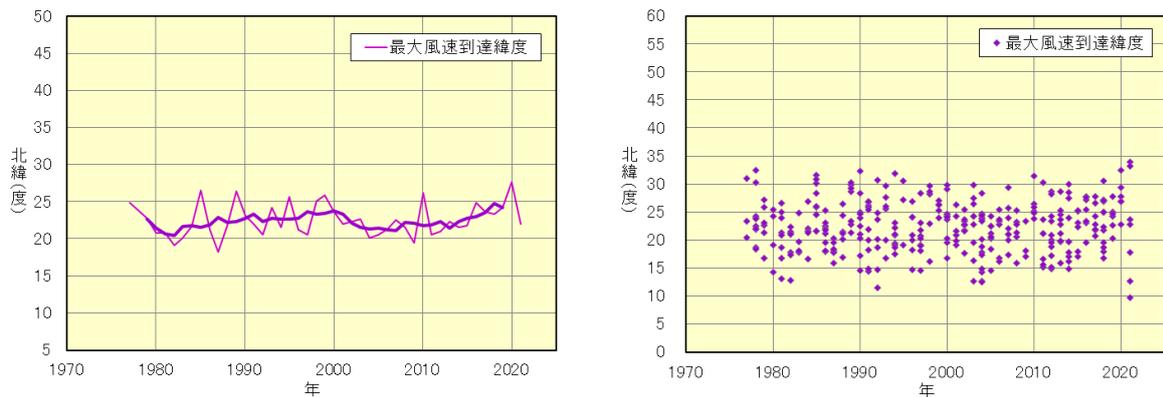


図 2.3.5 沖縄県に接近した台風の最大風速到達位置（緯度別）（右：到達位置の経年変化、左：年平均の経年変化）

統計期間：1977～2021 年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

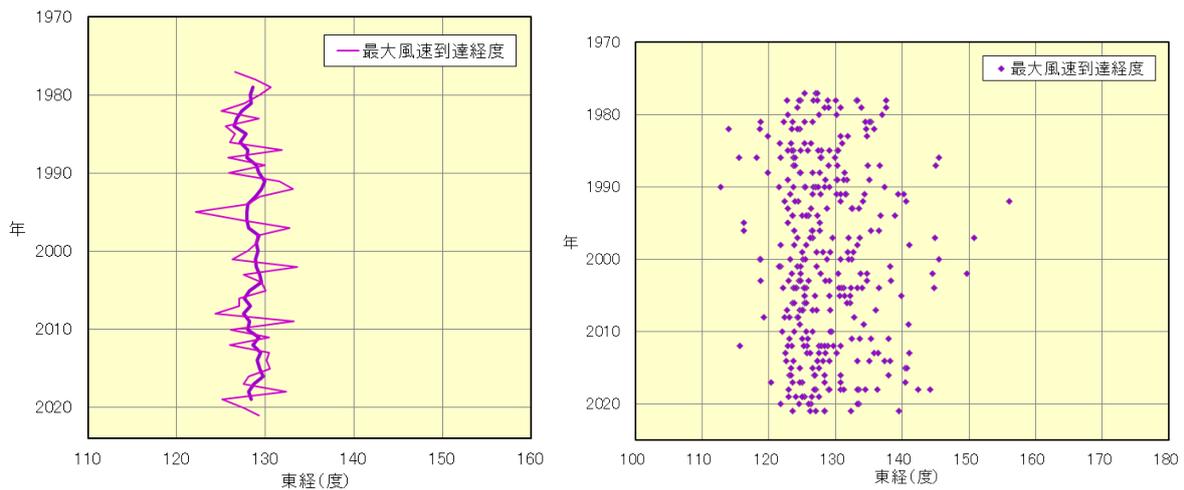


図 2.3.6 沖縄県に接近した台風の最大風速到達位置（経度別）（右：到達位置の経年変化、左：年平均の経年変化）

統計期間：1977～2021 年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

(4) 「強い」勢力以上の接近台風の数と割合

沖縄県に接近した台風の強さの変動を見るため、「強い」以上の勢力で接近した台風の数と割合を図 2.3.7 に示す。台風の強さの階級は表 2.3.1 のとおりである。気象衛星「ひまわり」による台風の観測が始まり、台風を中心付近の最大風速データがそろっている 1977 年以降のデータを用いている。

「強い」以上の勢力で接近した台風の数と割合には、明瞭な長期変化傾向はみられない。

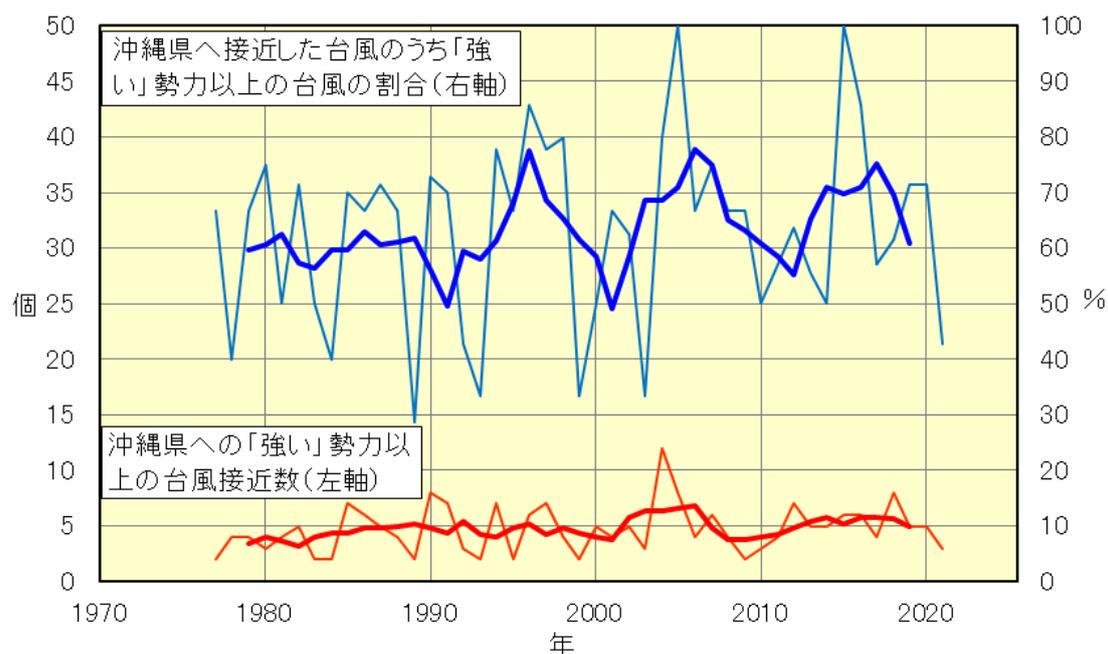


図 2.3.7 「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風の数（赤）と割合（青）（1977～2021 年）

細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

表 2.3.1 台風の強さの階級

台風の強さは、中心付近の最大風速（10 分間平均の風速）によって定義している。

階級	最大風速
猛烈な	54m/s(105ノット)以上
非常に強い	44m/s(85ノット)以上54m/s(105ノット)未満
強い	33m/s(64ノット)以上44m/s(85ノット)未満

(5) 「強い」勢力以上の接近台風の発生・消滅位置、勢力を維持していた期間

「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風の発生・消滅位置の南北、東西変動の長期的な傾向を見るため、発生・消滅位置及び年平均の経年変化をそれぞれ図 2.3.8 と図 2.3.9 に示す。気象衛星「ひまわり」による台風の観測が始まり、台風の中心付近の最大風速データがそろっている 1977 年以降のデータを用いている。

緯度は、発生位置がおおむね北緯 15～25 度の範囲、消滅位置がおおむね北緯 25～35 度の範囲となっている。発生・消滅位置の南北変動に長期的な変化傾向はみられない。経度は、発生位置がおおむね東経 125～145 度の範囲、消滅位置がおおむね 120～135 度の範囲となっている。発生・消滅位置の東西変動にも長期的な変化傾向はみられない。

台風が「強い」勢力以上（中心付近の最大風速が 33m/s 以上）を維持していた期間及び年平均の経年変化を図 2.3.10 に示す。期間はおおむね 2～6 日の範囲となっている。「強い」勢力以上の期間の変動に長期的な変化傾向はみられない。

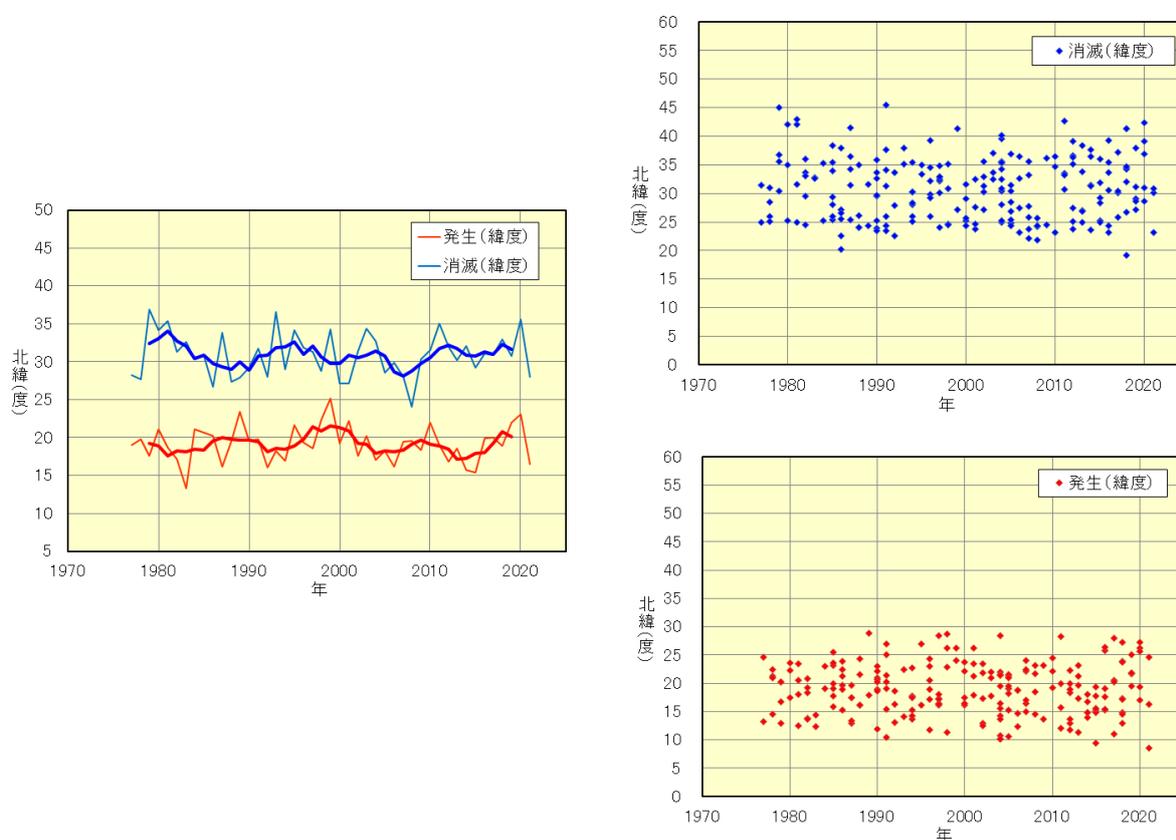


図 2.3.8 「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風の発生・消滅位置（緯度別）（右下：発生位置の経年変化、右上：消滅位置の経年変化、左：年平均の経年変化）
統計期間：1977～2021 年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

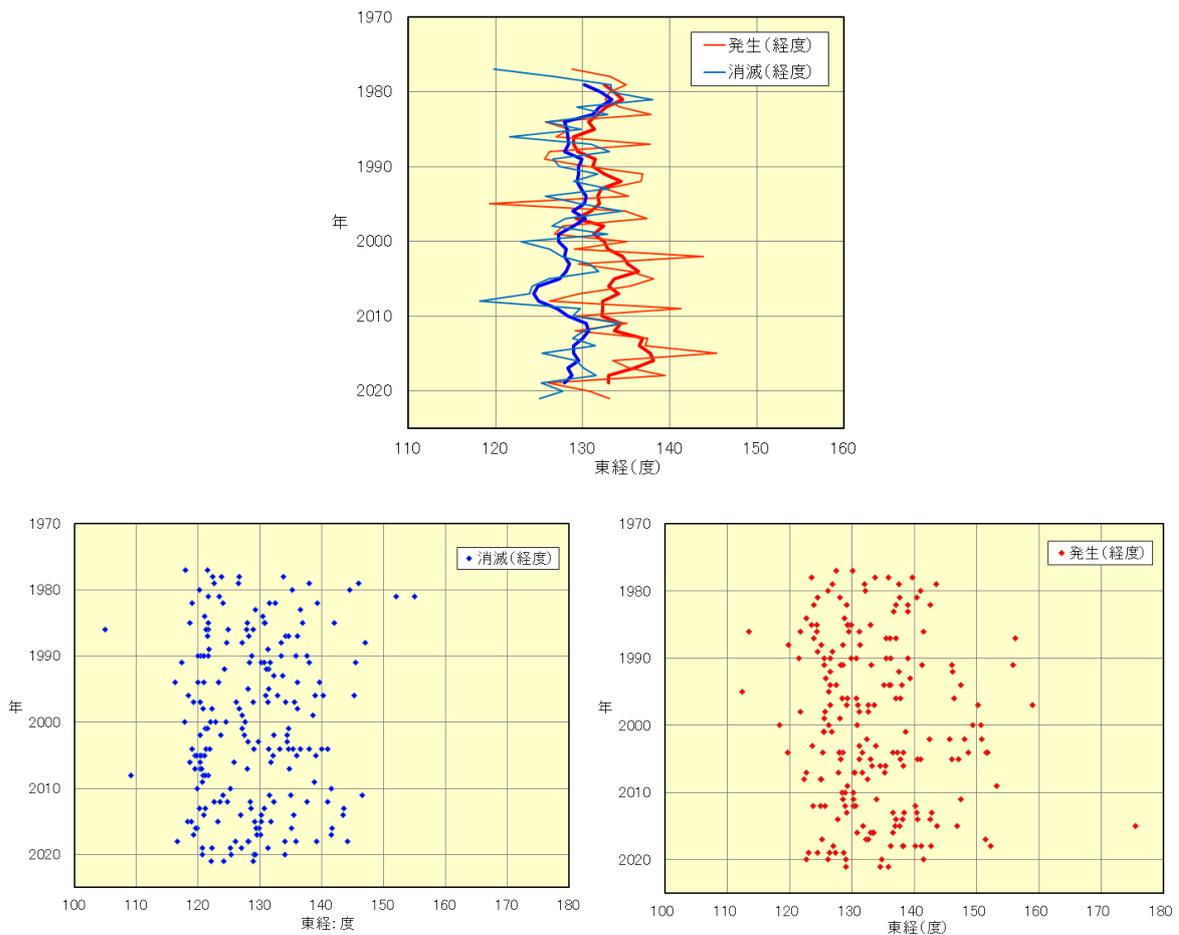


図 2.3.9 「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風の発生・消滅位置（経度別）（右下：発生位置の経年変化、左下：消滅位置の経年変化、上：年平均の経年変化）
統計期間：1977～2021年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5年移動平均値。

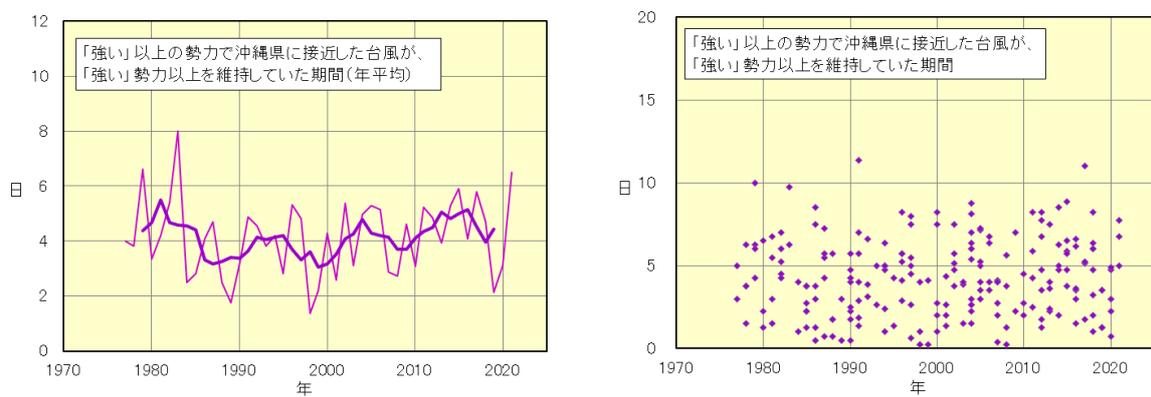


図 2.3.10 「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風が、「強い」勢力以上（中心付近の最大風速が33m/s以上）を維持していた期間（右：「強い」勢力以上を維持していた期間、左：年平均の経年変化）
統計期間：1977～2021年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5年移動平均値。

(6) 「強い」勢力以上の接近台風が最大風速に達した位置

「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風が最大風速に達した位置の南北、東西変動の長期的な傾向を見るため、位置及び年平均の経年変化をそれぞれ図 2.3.11 と図 2.3.12 に示す。気象衛星「ひまわり」による台風の観測が始まり、台風の中心付近の最大風速データがそろっている 1977 年以降のデータを用いている。

緯度は、到達位置がおおむね北緯 20～25 度の範囲となっている。到達位置の南北変動に長期的な変化傾向はみられない。経度は、到達位置がおおむね東経 125～135 度の範囲となっている。到達位置の東西変動にも長期的な変化傾向はみられない。

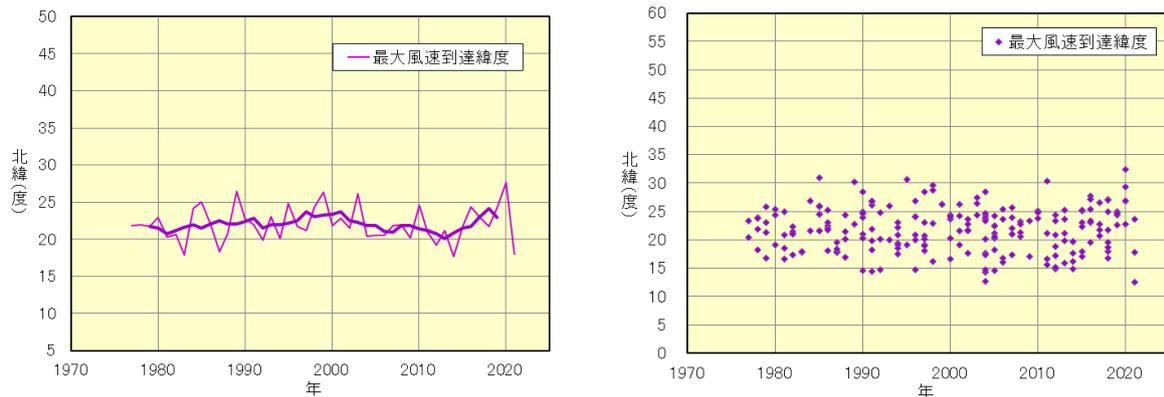


図 2.3.11 「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風の最大風速到達位置（緯度別）
（右：到達位置の経年変化、左：年平均の経年変化）

統計期間：1977～2021 年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

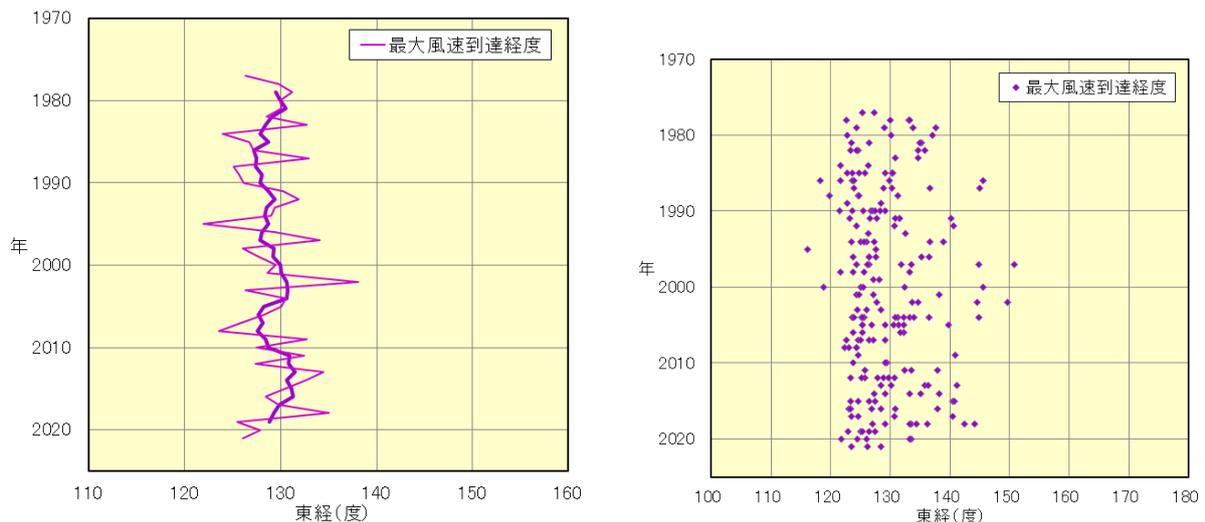


図 2.3.12 「強い」以上の勢力で沖縄県に接近した台風の最大風速到達位置（経度別）
（右：到達位置の経年変化、左：年平均の経年変化）

統計期間：1977～2021 年。点：個々の台風、細線：年々の値、太線：5 年移動平均値。

地球温暖化と台風

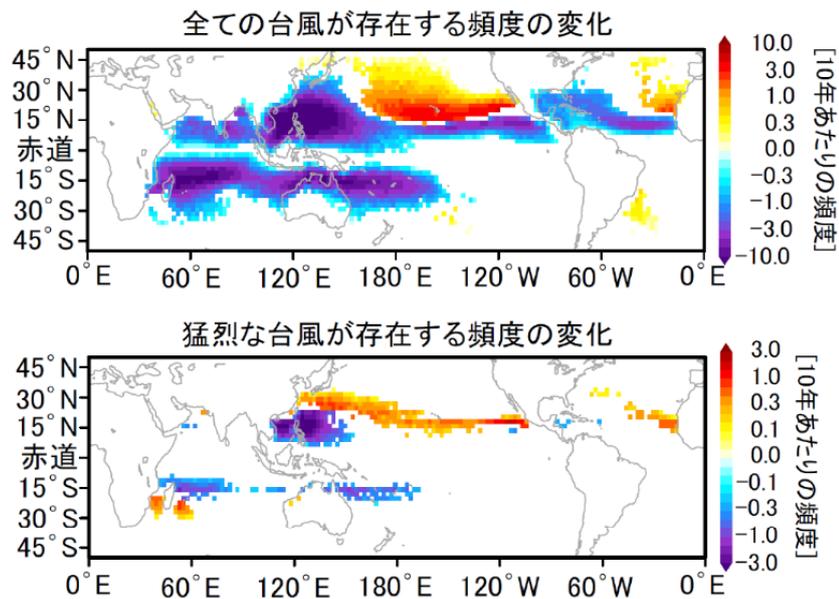
地球温暖化が進むと台風（熱帯低気圧）の発生数や強度はどのように変化するのだろうか。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の「第6次評価報告書第1作業部会報告書」(以下「AR6」)(IPCC, 2021)では、「世界の全熱帯低気圧に占める強い熱帯低気圧(カテゴリ3~5)の発生割合は過去40年間で増加して」いる可能性が高い(A.3.4)と評価している。また、非常に強い熱帯低気圧(カテゴリ4~5⁵)の割合とその大部分のピーク時の風速が地球規模では地球温暖化の進行に伴い増加すると予測されている(確信度が高い)(B.2.4)。

熱帯低気圧は暖かい海面から供給された水蒸気が凝結して雲粒になるときに放出される熱をエネルギーとして発達する。地球温暖化によって海面水温の上昇が大きくなると、そのエネルギー源である水蒸気が増加するために、ひとたび熱帯低気圧が発生すると強度が強まりやすくなると考えられている。一方で、地球温暖化が進むと対流圏の低緯度から中緯度帯では下層よりも上層の温度上昇の方が大きくなると予測されているため、大気の鉛直温度構造が安定化し、熱帯低気圧の発生数は少なくなる地域が多いと考えられている。

図C.6は、気象研究所ほかによる多数の高解像度地球温暖化気候シミュレーション実験の結果を解析したものである。

ここではIPCC「第5次評価報告書」における温室効果ガスの高排出シナリオ(RCP8.5)⁶による21世紀末の予測結果を示している。全世界で熱帯低気圧(台風)の発生総数は3割程度減少するものの、日本の南海上からハワイ付近及びメキシコの西海上にかけて猛烈な熱帯低気圧の出現頻度が増加する可能性が高いことを示している。



図C.6 台風(熱帯低気圧)が存在する頻度の変化

緯度経度 2.25 度×2.25 度格子で見た熱帯低気圧が存在する頻度の変化。赤い領域で頻度が増加する。有意水準 1%で統計的に有意な変化をしている領域のみ描いている。(上段)全ての強度の熱帯低気圧、(下段)地表最大風速が 59 m/s を超える猛烈な熱帯低気圧。

気象研究所報道発表資料「地球温暖化で猛烈な熱帯低気圧(台風)の頻度が日本の南海上で高まる ~多数の高解像度温暖化シミュレーションによる予測~」(気象研究所, 2017)より。

⁵ 1 分間平均の最大風速に基づき定義された熱帯低気圧の強さで、カテゴリ4 は 58~69m/s、5 は 70m/s 以上。

⁶ IPCC 第5次評価報告書における温室効果ガスの排出シナリオのひとつで、追加的な緩和策を行わないシナリオ。

2.4 沖縄県の生物季節現象の経年変化

- 沖縄県では、すみれ（りゅうきゅうこすみれ）の開花時期は早くなる傾向がみられる。
- 沖縄県では、さくら（ひかんざくら）の開花・満開時期は、有意な変化傾向はみられない。

生物季節観測とは、植物や動物の状態が季節によって変化する現象について行う観測であり、生物に及ぼす気象の影響、季節の遅れ・進みや気候の違いなど総合的な気象状況の推移を知ることが目的として、全国で約 60 か所、沖縄県では 4 か所の気象官署で実施している。ここでは、沖縄県における植物季節現象の経年変化について述べる。

2020 年 12 月に観測種目の全国的な見直しを実施され、植物に関してさくらの開花等の一部のみに継続されることとなった。従来行っていた動物季節観測は全て廃止された。2021 年以降、沖縄県においては「うめ開花」「さくら開花」「さくら満開」「すすき開花」の 4 種目のみが継続されることとなった（うめは那覇及び石垣島の 2 地点のみのため、本レポートでは扱っていない）。本レポート（2022 年版）においては、従来掲載していた種目について、参考として引き続き掲載することとする。なお、すみれ（りゅうきゅうこすみれ）開花については、2021 年春の観測に該当するものが管内 4 地点ともに 2020 年中に観測されたため、2021 年分の観測値として掲載している。

また、生物季節観測についても 2021 年 5 月 19 日に新平年値に更新されたため、観測を終了した種目についても新しい平年値を基準として再計算した。その結果、地点ごとの平年差の傾向が変わったことなどの影響により、地域平均の変化傾向が大きく変わった種目がある。平年値更新によって、てっぼうゆり開花の変化傾向は有意となった。

(1) 沖縄県における植物季節現象の遅れ・進み

沖縄県における植物季節現象 7 種目 8 現象について、2021 年まで（観測を取りやめた種目は 2020 年まで）の 10 年あたりの開花・満開日の進み・遅れを表 2.4.1 に示す。図 2.4.1 に植物季節現象の開花・満開日の経年変化を示す。

つばきの開花時期は遅くなる傾向（10 年あたり 2.4 日）が、すみれ（りゅうきゅうこすみれ）の開花時期は早くなる傾向（10 年あたり 4.4 日）が、てっぼうゆりの開花時期は早くなる傾向（10 年あたり 1.2 日）がみられる。なお、でいごの開花時期は遅くなる傾向（10 年あたり 1.6 日）がみられるが、近年は害虫（デイゴヒメコバチ）による被害が大きく、近年開花が観測されない地点が多かったことに留意する必要がある。

そのほかの種目（さくら開花・満開、さるすべり開花、すすき開花）については、有意水準 5% で統計的に有意な変化傾向はみられない。

表 2.4.1 植物季節現象の10年あたりの開花・満開日の進み・遅れ

那覇、南大東島、宮古島、石垣島で開花・満開を観測した日の平年（1991～2020年の平均値）からの差を平均した値の変化傾向。負の値は開花・満開が平年に比べて早く、正の値は開花・満開が平年に比べて遅いことを示す。沖縄県では、さくらは「ひかんざくら」、すみれは「りゅうきゅうこすみれ」を観測対象としている。黄色の項目は、有意水準5%で変化傾向が有意であることを示す。統計期間が橙色の項目は、現在観測していない種目を表す。

現象	変化傾向 (日/10年)	地点数	統計期間
さくら開花	+ 0.1	4	1971～2021
さくら満開	+ 1.2	4	1971～2021
さるすべり開花	0.0	4	1957～2020
つばき開花	+ 2.4	4	1956～2020
すすき開花	+ 1.8	4	1954～2021
すみれ開花	- 4.4	4	1956～2021
でいご開花	+ 1.6	4	1953～2020
てっぼうゆり開花	- 1.2	4	1953～2020

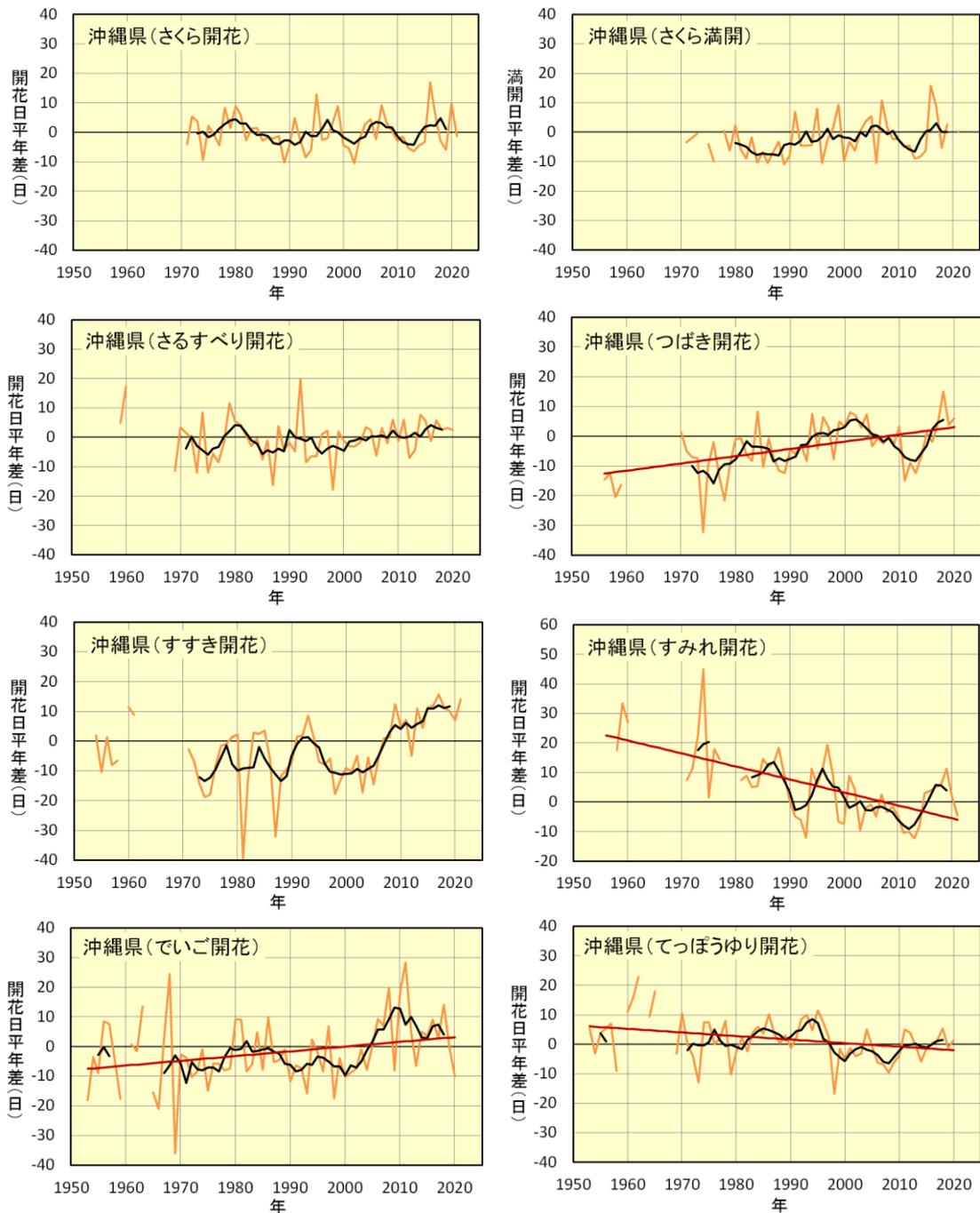


図 2.4.1 植物季節現象の開花・満開日の経年変化

那覇、南大東島、宮古島、石垣島で開花・満開を観測した日の平年（1991～2020年の平均）からの差を平均した値。負の値は開花・満開が平年に比べて早く、正の値は開花・満開が平年に比べて遅いことを示す。沖縄県では、さくらは「ひかんざくら」、すみれは「りゅうきゅうこすみれ」を観測対象としている。統計期間 さくら開花：1971～2021年、さくら満開：1971～2021年（1974年、2020年は観測地点数が1以下）、さるすべり開花：1957～2020年（1958年、1961年、1963～1966年、1968年は観測地点数が1以下）、つばき開花：1956～2020年（1960～1961年、1963～1967年、1969年は観測地点数が1以下）、すすき開花：1954～2021年（1959年、1962～1970年は観測地点数が1以下）、すみれ開花：1956～2021年（1957年、1961年、1963～1970年、1978～1980年は観測地点数が1以下）、でいご開花：1953～2020年（1960年、1964年、2019年は観測地点数が1以下）、てっぽうゆり開花：1953～2020年（1959年、1963年、1966年、1968年は観測地点数が1以下）。橙線：年々の値、黒線：5年移動平均値、赤の直線：有意水準5%で統計的に有意な長期変化傾向。

(2) 沖縄県の地点ごとのさくら（ひかんざくら）開花の遅れ・進み

沖縄県の地点ごとの10年あたりのさくら開花日の進み・遅れを表2.4.2に、図2.4.2に各地点のさくら開花日の経年変化を示す。いずれの地点も有意水準5%で統計的に有意な長期変化傾向はみられない。

表 2.4.2 地点ごとの10年あたりのさくら開花日の進み・遅れ

ひかんざくらの開花を観測した日の平年（1991～2020年の平均）からの差の変化傾向。負の値は開花が平年に比べて早く、正の値は開花が平年に比べて遅いことを示す。いずれの地点も有意水準5%で変化傾向が有意なものはない。

地点	平年の開花日	変化傾向 (日/10年)	統計期間
那覇	1月16日	- 1.7	1974～2021
南大東島	1月20日	+ 0.8	1971～2021
宮古島	1月17日	- 0.5	1972～2021
石垣島	1月18日	+ 0.9	1953～2021

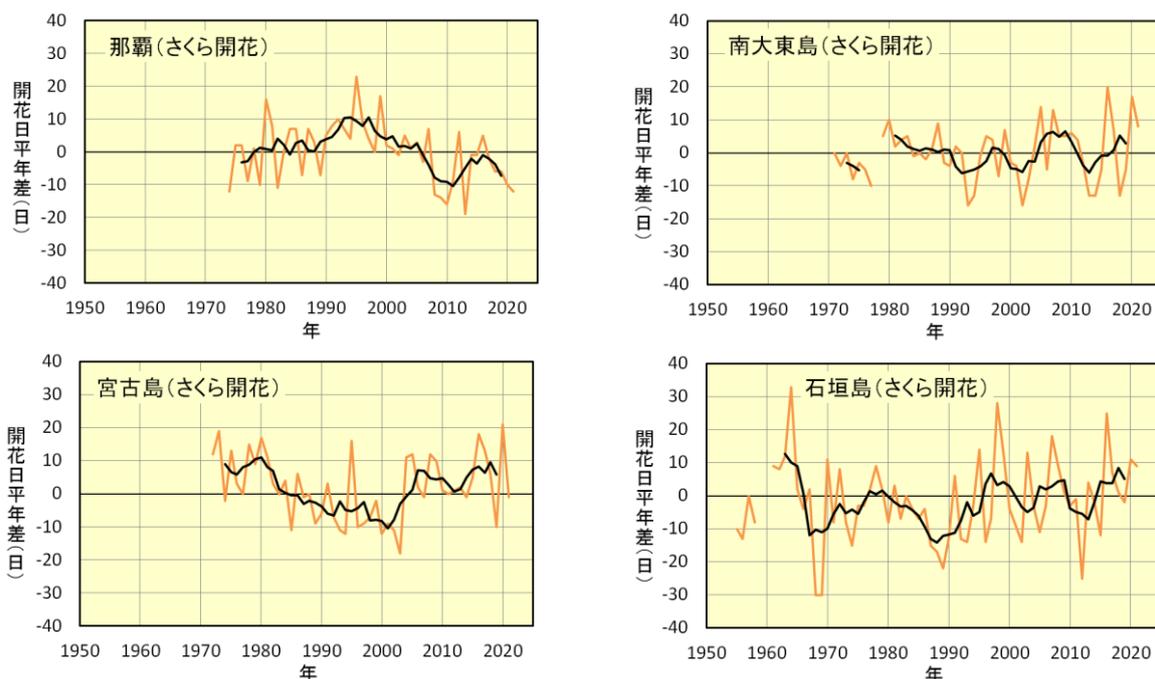


図 2.4.2 地点ごとのさくら開花日の経年変化

ひかんざくらの開花を観測した日の平年（1991～2020年の平均）からの差。負の値は開花が平年に比べて早く、正の値は開花が平年に比べて遅いことを示す。統計期間 那覇：1974～2021年、南大東島：1971～2021年（1978年は観測なし）、宮古島：1972～2021年、石垣島：1953～2021年（1954年、1959～1960年は観測なし）。橙の細線：年々の値、黒の太線：5年移動平均値。