

補 遺

1. 地域気候モデル NHRCM の気候再現性
2. 全球気候モデル MRI-AGCM3.2 における循環場の変化
3. アメダス等の気候値

A1 NHRCM の気候再現性

以下では、観測値（アメダス、地上気象観測、高層気象観測）とその観測地点に対応する地域気候モデル（NHRCM）の格子点データから、気候値をこれら観測地点ごとに算出し、地域平均を比較する。なお、気候値の算出期間は、特に指定のない場合は 1980～1999 年である。本書ではバイアスの有無について表 A1 で示す基準で表記している。

表 A1 バイアスの表記基準

基準	本書での表記
系統誤差の地域平均が 地点間の標準偏差以上の場合	「正（負）のバイアスがある」
同未満の場合	「明確なバイアスはない」 「正（負）のバイアスが見られるが、偏差のばらつきも大きい」

A1.1 気温の再現性

（１）平均気温

表 A1.1-1 は、平均気温の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値を、各地域の観測点で比較したものである。年平均では、沖縄・奄美を除き全国的に負のバイアスがある。沖縄・奄美は明確なバイアスはない。季節ごとでは、春は全国、東日本、西日本では負のバイアスがあるが、北日本では偏差のばらつきが大きく、沖縄・奄美では明確なバイアスはない。夏は北日本で正のバイアス、東日本以西で負のバイアスが見られるが、各地域で偏差のばらつきが大きい。西日本太平洋側は負のバイアスがある。秋は多くの地域で負のバイアスがあるが、北日本太平洋側では偏差のばらつきが大きく、沖縄・奄美では明確なバイアスはない。冬は多くの地域で負のバイアスがあるが、沖縄・奄美は明確なバイアスはない。

図 A1.1-1 は、各地域における平均気温について、出現頻度を観測と地域気候モデルで比較したものである。夏の北日本では、地域気候モデルの出現頻度分布が観測に比べて 18～24℃付近の頻度が高く、それより低温の頻度が低い。夏のその他の地域では、おおむね地域気候モデルが観測に比べてピークよりも高温側の頻度が低く、ピーク付近の頻度が高い。

表 A1.1-1 地域毎の平均気温の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は℃である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、オレンジ色（水色）に塗りつぶしている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	-0.97(0.43)	-0.80(0.74)	-0.16(0.65)	-0.92(0.46)	-2.00(0.92)
北日本日本海側	-0.85(0.44)	-0.71(0.88)	0.21(0.85)	-0.87(0.61)	-2.02(0.97)
北日本太平洋側	-0.64(0.46)	-0.39(0.85)	0.86(0.89)	-0.61(0.65)	-2.41(1.03)
東日本日本海側	-0.99(0.46)	-0.87(0.86)	-0.37(0.76)	-1.08(0.51)	-1.63(0.95)
東日本太平洋側	-1.43(0.50)	-1.29(0.84)	-0.56(0.69)	-1.31(0.60)	-2.54(1.00)
西日本日本海側	-0.87(0.43)	-0.70(0.68)	-0.48(0.66)	-0.76(0.43)	-1.53(1.08)
西日本太平洋側	-1.11(0.46)	-0.91(0.71)	-0.74(0.57)	-1.05(0.47)	-1.73(1.06)
沖縄・奄美	0.05(0.23)	0.08(0.46)	0.11(0.33)	0.20(0.33)	-0.17(0.63)

(補遺 1 地域気候モデル NHRCM の気候再現性)

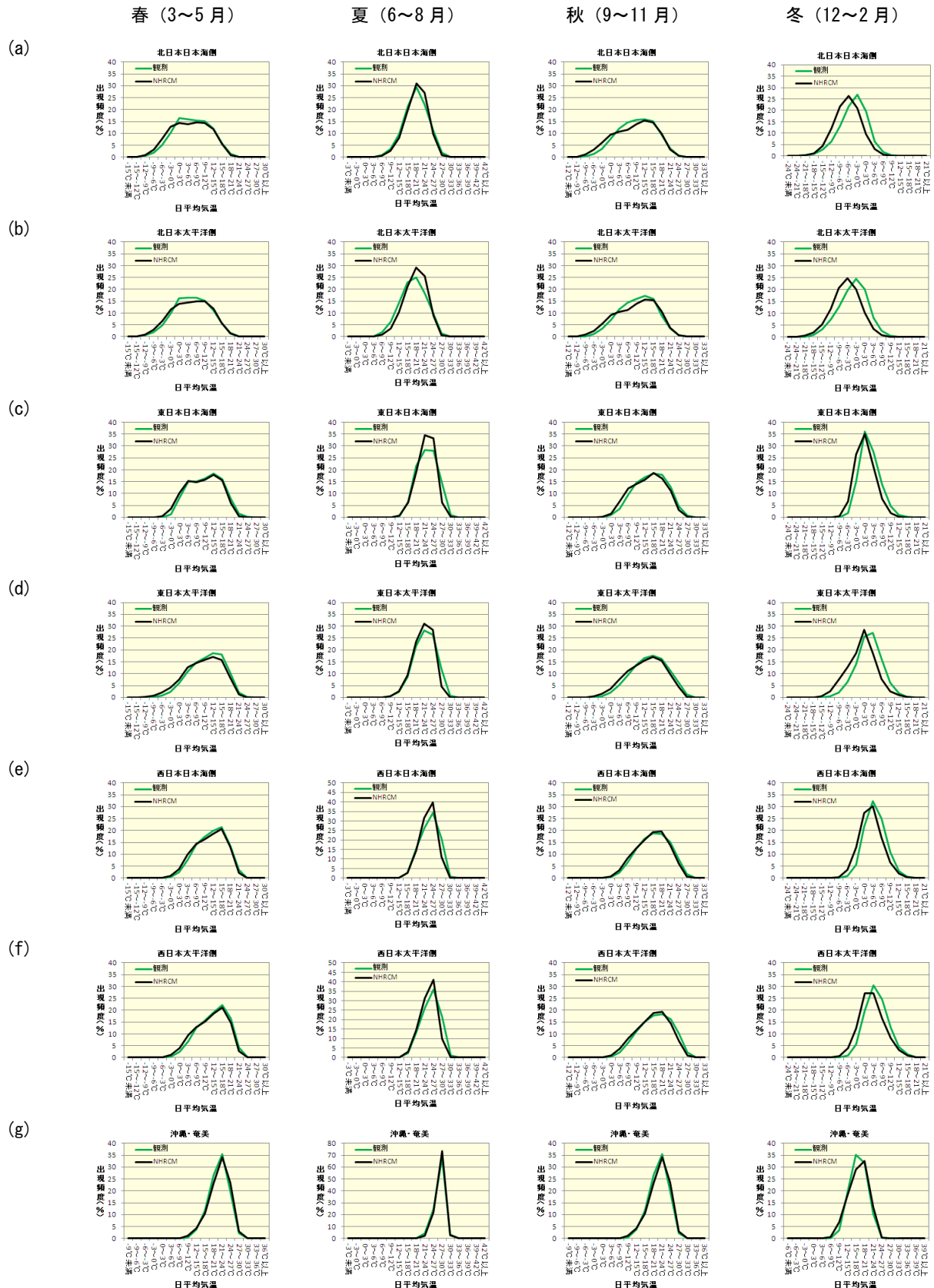


図 A1.1-1 地域毎の平均気温の出現頻度（地域気候モデルと観測の比較）

(a)：北日本日本海側、(b)：北日本太平洋側、(c)：東日本日本海側、(d)：東日本太平洋側、
(e)：西日本日本海側、(f)：西日本太平洋側、(g)：沖縄・奄美

(2) 最高気温

表 A1.1-2 は、最高気温の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値を、各地域の観測点で比較したものである。年平均及び季節ごとにみても、ほぼ全ての地域で負のバイアスがあり、冬の負のバイアスがやや大きい。

図 A1.1-2 は、各地域における最高気温について、出現頻度を観測と地域気候モデルで比較したものである。各地域で地域気候モデルは概ね負のバイアスを示している。

表 A1.1-2 地域毎の最高気温の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は℃である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、オレンジ色（水色）に塗りつぶしている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	-1.97(0.47)	-1.76(0.79)	-1.25(0.75)	-1.99(0.46)	-2.87(0.97)
北日本日本海側	-1.66(0.51)	-1.50(1.03)	-0.80(0.96)	-1.91(0.67)	-2.45(1.01)
北日本太平洋側	-1.50(0.53)	-1.28(0.97)	-0.01(1.08)	-1.67(0.60)	-3.03(0.97)
東日本日本海側	-1.79(0.54)	-1.67(1.00)	-1.22(0.89)	-1.98(0.53)	-2.29(1.14)
東日本太平洋側	-2.53(0.51)	-2.25(0.86)	-1.73(0.87)	-2.37(0.55)	-3.78(0.98)
西日本日本海側	-1.99(0.47)	-1.85(0.73)	-1.64(0.74)	-1.90(0.49)	-2.56(1.19)
西日本太平洋側	-2.24(0.46)	-2.01(0.66)	-2.02(0.63)	-2.15(0.52)	-2.79(1.10)
沖縄・奄美	-1.03(0.23)	-0.89(0.44)	-1.24(0.40)	-1.05(0.37)	-0.94(0.61)

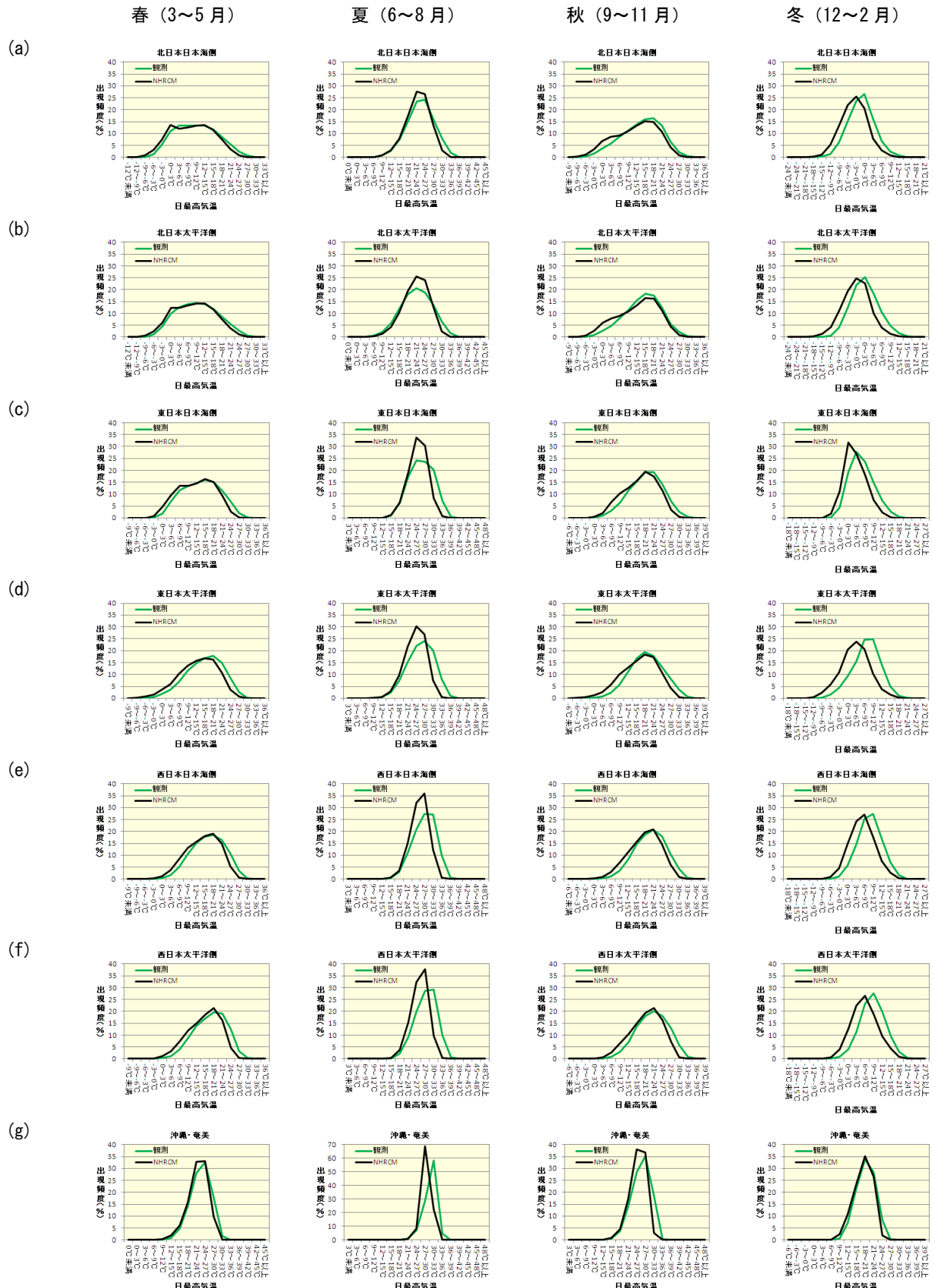


図 A1.1-2 地域毎の最高気温の出現頻度 (地域気候モデルと観測の比較)

(a) : 北日本日本海側、(b) : 北日本太平洋側、(c) : 東日本日本海側、(d) : 東日本太平洋側、
 (e) : 西日本日本海側、(f) : 西日本太平洋側、(g) : 沖縄・奄美

(3) 最低気温

表 A1.1-3 は、最低気温の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値を、各地域の観測点で比較したものである。年平均では、全国では明確なバイアスはないが、地域ごとでは東日本で負のバイアス、沖縄・奄美で正のバイアスがある。季節ごとでは、春は沖縄・奄美では正のバイアス、夏は北日本太平洋側と沖縄・奄美で正のバイアス、秋は東日本太平洋側・西日本太平洋側で負のバイアス、沖縄・奄美では正のバイアスがある。冬は北日本・東日本で負のバイアスがある。西日本では負のバイアスが見られるが、偏差のばらつきが大きい。沖縄・奄美は明確なバイアスはない。

図 A1.1-3 は、各地域における最低気温について、出現頻度をアメダスと地域気候モデルで比較したものである。頻度分布は表 A1.1-3 のバイアスを反映したものとなっている。

表 A1.1-3 地域毎の最低気温の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は℃である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、オレンジ色（水色）に塗りつぶしている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	-0.32(0.41)	-0.19(0.74)	0.36(0.64)	-0.28(0.57)	-1.17(0.89)
北日本日本海側	-0.20(0.39)	-0.10(0.79)	0.67(0.84)	-0.09(0.66)	-1.27(0.98)
北日本太平洋側	0.05(0.42)	0.31(0.78)	1.18(0.81)	0.26(0.78)	-1.55(1.12)
東日本日本海側	-0.54(0.42)	-0.46(0.72)	0.02(0.70)	-0.54(0.64)	-1.15(0.82)
東日本太平洋側	-0.81(0.53)	-0.79(0.91)	-0.03(0.64)	-0.84(0.77)	-1.57(1.07)
西日本日本海側	-0.16(0.45)	0.07(0.75)	0.13(0.74)	-0.15(0.52)	-0.67(0.99)
西日本太平洋側	-0.45(0.50)	-0.29(0.90)	-0.05(0.66)	-0.56(0.55)	-0.89(1.00)
沖縄・奄美	0.80(0.26)	0.68(0.55)	1.03(0.34)	1.09(0.33)	0.40(0.69)

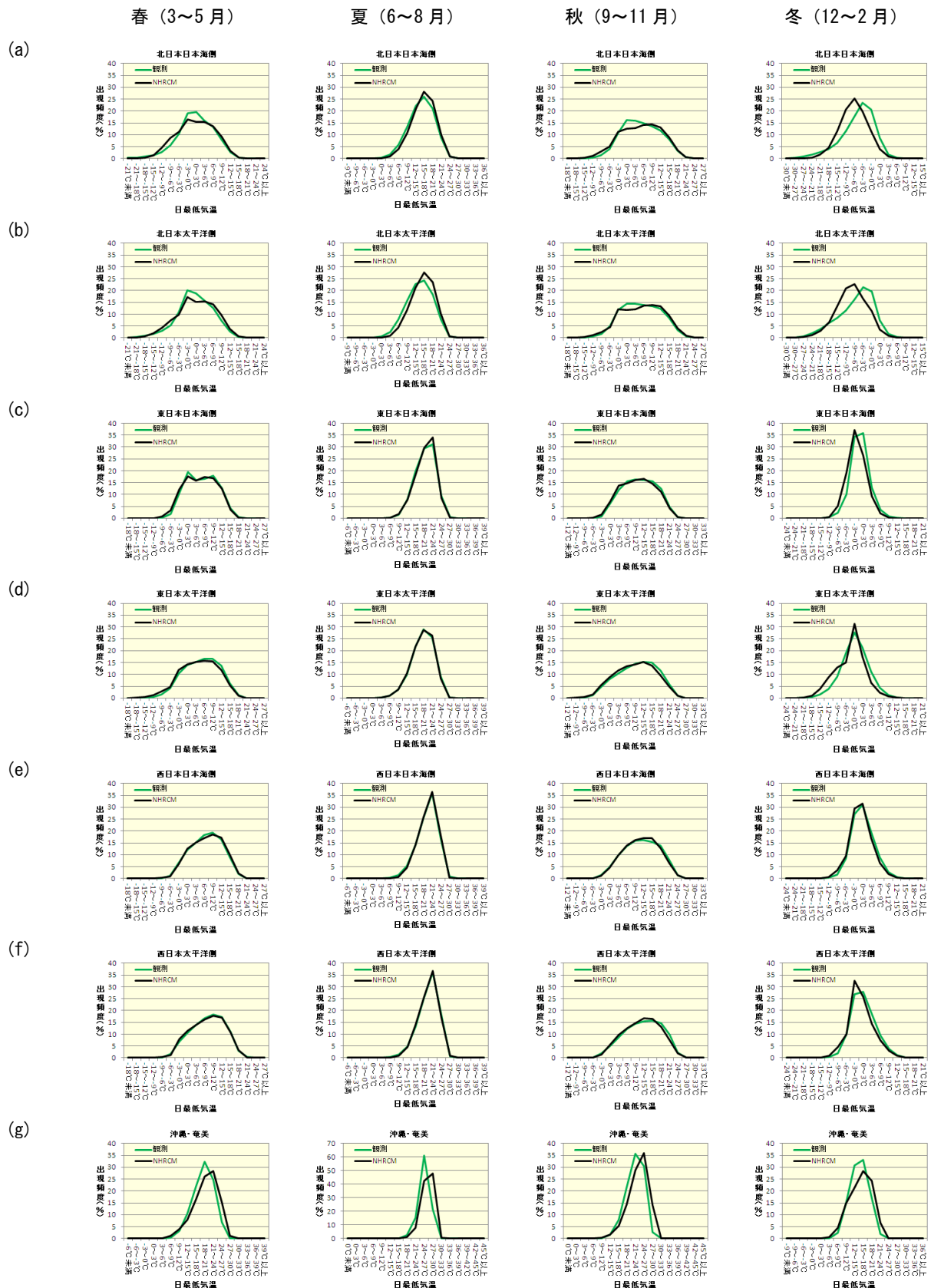


図 A1.1-3 地域毎の最低気温の出現頻度 (地域気候モデルと観測の比較)

(a) : 北日本日本海側、(b) : 北日本太平洋側、(c) : 東日本日本海側、(d) : 東日本太平洋側、
 (e) : 西日本日本海側、(f) : 西日本太平洋側、(g) : 沖縄・奄美

(4) 階級別日数

表 A1.1-4 から表 A1.1-8 は、階級別日数の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値、及び地域気候モデルの再現値のバイアスを補正した値を、各地域の観測点で比較したものである（バイアスの補正方法は、補遺 A1.7 を参照されたい）。バイアスを補正した地域気候モデルの値は、各要素・各地域で明確なバイアスはない。

ア. 真夏日日数

表 A1.1-4 は、真夏日日数の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値、及び地域気候モデルの再現値のバイアスを補正した値を、各地域の観測点で比較したものである。夏は全国的に負のバイアスがある。沖縄・奄美のバイアスが最も大きい。秋は東日本以西で負のバイアスがある。

表 A1.1-4 地域毎の真夏日日数の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は日である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、オレンジ色（水色）に塗りつぶしている。アメダスと地域気候モデルのいずれも出現日数がゼロの場合など、バイアス及び標準偏差がともにゼロである場合は、空欄としている。(a)：補正前、(b)：補正後を示す。

(a)

	年	春	夏	秋	冬
全国	-15.90(4.66)	-0.18(0.16)	-13.36(4.43)	-2.36(1.13)	
北日本日本海側	-5.72(4.12)	-0.06(0.08)	-5.35(4.13)	-0.31(0.37)	
北日本太平洋側	-4.71(3.60)	-0.08(0.11)	-4.35(3.61)	-0.28(0.33)	
東日本日本海側	-16.03(6.80)	-0.18(0.21)	-14.00(6.51)	-1.84(1.42)	
東日本太平洋側	-18.05(6.14)	-0.19(0.23)	-15.08(5.72)	-2.78(1.46)	
西日本日本海側	-21.01(6.07)	-0.23(0.24)	-17.87(6.16)	-2.91(1.90)	
西日本太平洋側	-25.48(6.23)	-0.20(0.20)	-21.19(5.81)	-4.09(2.14)	
沖縄・奄美	-38.10(6.13)	-1.03(0.98)	-26.89(5.07)	-10.19(3.08)	

(b)

	年	春	夏	秋	冬
全国	-2.03(4.31)	-0.03(0.22)	-1.34(4.17)	-0.66(1.02)	0.00(0.00)
北日本日本海側	-1.24(4.14)	-0.02(0.09)	-1.15(4.06)	-0.08(0.46)	
北日本太平洋側	-1.26(3.78)	-0.02(0.13)	-1.16(3.71)	-0.07(0.46)	
東日本日本海側	-2.72(6.59)	-0.09(0.23)	-1.95(6.52)	-0.68(1.40)	
東日本太平洋側	-2.75(6.34)	0.02(0.40)	-1.81(5.26)	-0.96(1.28)	
西日本日本海側	-1.97(6.12)	0.01(0.37)	-1.19(6.23)	-0.78(1.85)	
西日本太平洋側	-2.28(5.98)	-0.01(0.31)	-1.09(5.87)	-1.17(1.77)	
沖縄・奄美	-3.20(7.87)	-0.49(0.76)	-1.23(5.68)	-1.49(3.69)	0.00(0.01)

イ. 猛暑日日数

表 A1.1-5 は、猛暑日日数の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値、及び地域気候モデルの再現値のバイアスを補正した値を、各地域の観測点で比較したものである。各季節・各地域において明確なバイアスはない。

表 A1.1-5 地域毎の猛暑日数日の再現性比較(地域気候モデルから観測を引いたもの)

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は日である。正(負)のバイアスがある(バイアスの絶対値が標準偏差以上)場合、オレンジ色(水色)に塗りつぶしている。アメダスと地域気候モデルのいずれも出現日数がゼロの場合など、バイアス及び標準偏差がともにゼロである場合は、空欄としている。(a): 補正前、(b): 補正後を示す。

(a)

	年	春	夏	秋	冬
全国	-1.01(1.06)	0.00(0.00)	-0.97(1.06)	-0.04(0.04)	
北日本日本海側	-0.27(0.38)		-0.26(0.38)	0.00(0.01)	
北日本太平洋側	-0.18(0.25)	0.00(0.00)	-0.18(0.25)	0.00(0.01)	
東日本日本海側	-1.21(1.17)		-1.15(1.18)	-0.06(0.11)	
東日本太平洋側	-1.67(1.73)	0.00(0.01)	-1.58(1.74)	-0.08(0.13)	
西日本日本海側	-1.37(1.82)	0.00(0.01)	-1.33(1.83)	-0.04(0.05)	
西日本太平洋側	-1.54(1.84)		-1.49(1.83)	-0.05(0.07)	
沖縄・奄美	-0.02(0.03)		-0.02(0.03)		

(b)

	年	春	夏	秋	冬
全国	-0.15(0.76)	0.00(0.00)	-0.14(0.77)	-0.01(0.06)	
北日本日本海側	-0.06(0.36)		-0.06(0.36)	0.00(0.01)	
北日本太平洋側	0.03(0.23)	0.00(0.00)	0.02(0.23)	0.00(0.02)	
東日本日本海側	-0.08(0.94)		-0.05(0.95)	-0.04(0.11)	
東日本太平洋側	-0.09(1.55)	0.00(0.01)	-0.05(1.58)	-0.04(0.16)	
西日本日本海側	-0.22(1.25)	0.00(0.01)	-0.22(1.26)	-0.01(0.11)	
西日本太平洋側	-0.47(1.27)		-0.45(1.26)	-0.02(0.10)	
沖縄・奄美	0.01(0.07)		0.00(0.06)	0.00(0.01)	

ウ. 熱帯夜日数

表 A1.1-6 は、熱帯夜日数の観測値(アメダス、地上気象観測)と地域気候モデルによる現在気候の再現値、及び地域気候モデルの再現値のバイアスを補正した値を、各地域の観測点で比較したものである。沖縄・奄美は、冬を除く各季節で正のバイアスがある。その他の地域は、いずれの季節も明確なバイアスはない。

表 A1.1-6 地域毎の熱帯夜日数の再現性比較(地域気候モデルから観測を引いたもの)

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は日である。正(負)のバイアスがある(バイアスの絶対値が標準偏差以上)場合、オレンジ色(水色)に塗りつぶしている。アメダスと地域気候モデルのいずれも出現日数がゼロの場合など、バイアス及び標準偏差がともにゼロである場合は、空欄としている。(a): 補正前、(b): 補正後を示す。

(a)

	年	春	夏	秋	冬
全国	0.69(1.38)	0.13(0.05)	0.13(1.25)	0.43(0.29)	0.00(0.00)
北日本日本海側	0.05(0.19)		0.05(0.19)	0.00(0.01)	
北日本太平洋側	0.01(0.08)		0.01(0.08)	0.00(0.01)	
東日本日本海側	-0.95(2.07)		-0.89(2.06)	-0.06(0.19)	
東日本太平洋側	-0.47(1.34)		-0.53(1.30)	0.06(0.28)	
西日本日本海側	-0.02(3.05)		-0.02(2.91)	0.01(0.52)	
西日本太平洋側	-0.08(2.88)		-0.19(2.49)	0.11(0.59)	
沖縄・奄美	27.06(6.42)	4.03(1.69)	10.54(5.04)	12.49(3.32)	0.00(0.01)

(b)

	年	春	夏	秋	冬
全国	1.14(1.69)	-0.01(0.04)	0.90(1.40)	0.25(0.46)	
北日本日本海側	0.04(0.20)		0.04(0.20)	0.00(0.01)	
北日本太平洋側	0.09(0.13)		0.08(0.13)	0.00(0.02)	
東日本日本海側	1.21(2.37)		1.13(2.32)	0.08(0.32)	
東日本太平洋側	1.39(1.66)		1.06(1.52)	0.34(0.47)	
西日本日本海側	2.08(3.60)		1.82(3.32)	0.26(0.71)	
西日本太平洋側	2.19(3.53)		1.61(2.92)	0.58(0.93)	
沖縄・奄美	0.59(7.95)	-0.27(1.20)	0.12(4.75)	0.74(3.87)	

(補遺 1 地域気候モデル NHRCM の気候再現性)

エ. 冬日日数

表 A1.1-7 は、冬日日数の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値、及び地域気候モデルの再現値のバイアスを補正した値を、各地域の観測点で比較したものである。冬は、沖縄・奄美を除く各地域で概ね正のバイアスがある。その他の季節は、明確なバイアスはない。

表 A1.1-7 地域毎の冬日日数の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は日である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。アメダスと地域気候モデルのいずれも出現日数がゼロの場合など、バイアス及び標準偏差がともにゼロである場合は、空欄としている。(a)：補正前、(b)：補正後を示す。

(a)

	年	春	夏	秋	冬
全国	7.70(6.60)	1.11(2.70)	-0.02(0.03)	0.94(1.87)	5.67(4.18)
北日本日本海側	9.21(6.29)	1.83(3.55)	-0.05(0.09)	3.22(3.78)	4.21(2.13)
北日本太平洋側	4.13(6.45)	-0.74(3.54)	-0.07(0.11)	1.05(4.48)	3.89(2.05)
東日本日本海側	14.20(10.34)	2.65(3.40)		0.52(0.87)	11.03(7.69)
東日本太平洋側	12.54(8.84)	3.20(3.72)	0.00(0.01)	1.15(1.72)	8.19(5.68)
西日本日本海側	3.12(7.65)	-0.44(2.47)		-0.26(0.60)	3.81(6.10)
西日本太平洋側	6.84(7.58)	0.70(2.70)		-0.16(0.91)	6.30(5.77)
沖縄・奄美					

(b)

	年	春	夏	秋	冬
全国	-1.79(6.29)	-0.20(2.59)	-0.01(0.04)	-0.24(1.82)	-1.35(4.12)
北日本日本海側	0.66(6.57)	0.73(3.75)	-0.01(0.13)	0.10(3.89)	-0.16(2.52)
北日本太平洋側	-1.72(6.19)	-0.01(3.69)	-0.04(0.12)	-0.62(4.27)	-1.06(2.86)
東日本日本海側	0.74(10.21)	0.55(3.09)		0.17(0.76)	0.02(7.91)
東日本太平洋側	-3.37(8.62)	-0.54(3.39)	0.00(0.01)	-0.60(1.62)	-2.23(5.71)
西日本日本海側	-2.58(6.75)	-0.68(2.15)	0.00(0.00)	0.03(0.53)	-1.93(5.41)
西日本太平洋側	-2.71(6.67)	-0.71(2.34)		-0.11(0.71)	-1.89(5.08)
沖縄・奄美					

オ. 真冬日日数

表 A1.1-8 は、真冬日日数の観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値、及び地域気候モデルの再現値のバイアスを補正した値を、各地域の観測点で比較したものである。冬は、沖縄・奄美を除く全地域で正のバイアスがある。北日本及び東日本太平洋側は、春と秋についても正のバイアスがある。

表 A1.1-8 地域毎の真冬日日数の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は日である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。アメダスと地域気候モデルのいずれも出現日数がゼロの場合など、バイアス及び標準偏差がともにゼロである場合は、空欄としている。(a)：補正前、(b)：補正後を示す。

(a)

	年	春	夏	秋	冬
全国	11.28(3.41)	1.45(0.73)		0.82(0.50)	9.02(2.95)
北日本日本海側	21.43(7.40)	3.50(2.07)		2.23(1.60)	15.70(5.97)
北日本太平洋側	21.50(6.89)	2.83(1.66)		1.93(1.22)	16.74(5.60)
東日本日本海側	6.40(3.84)	0.40(0.39)		0.03(0.06)	5.96(3.73)
東日本太平洋側	11.10(3.35)	1.30(0.60)		0.39(0.26)	9.41(3.03)
西日本日本海側	2.95(1.50)	0.14(0.20)		0.02(0.06)	2.80(1.42)
西日本太平洋側	2.81(1.33)	0.15(0.17)		0.03(0.06)	2.64(1.27)
沖縄・奄美					

(b)

	年	春	夏	秋	冬
全国	-0.70(3.27)	-0.10(0.59)		-0.09(0.32)	-0.51(2.83)
北日本日本海側	-1.75(8.46)	-0.19(1.90)		-0.37(1.18)	-1.19(7.30)
北日本太平洋側	-1.94(7.18)	-0.37(1.37)		-0.19(0.76)	-1.38(6.11)
東日本日本海側	-0.28(2.16)	0.00(0.11)		0.00(0.01)	-0.28(2.15)
東日本太平洋側	-0.04(1.89)	0.00(0.27)		0.01(0.07)	-0.05(1.70)
西日本日本海側	0.00(0.63)	0.01(0.04)		0.01(0.03)	-0.02(0.62)
西日本太平洋側	-0.13(0.53)	0.00(0.03)		0.01(0.02)	-0.13(0.52)
沖縄・奄美					

A1.2 降水の再現性

(1) 地域平均降水量

表 A1.2-1 は、地域毎の年・季節降水量について、観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値を、各地域の観測点で比較したものである。年降水量では、全国平均で見るとバイアスは 0 に近いが、地域毎の特徴として、東日本・西日本日本海側と沖縄・奄美で負のバイアスが見られる。季節別に見ると、春は沖縄・奄美で負、北日本太平洋側で正のバイアスがある。夏と秋は北日本・東日本・西日本日本海側と沖縄・奄美で負のバイアスがある。冬は東日本日本海側と沖縄・奄美で負のバイアス、北日本・東日本・西日本太平洋側で正のバイアスがある。全体的に、日本海側と沖縄・奄美で観測より降水量が少ない傾向、太平洋側で多い傾向が見られる。

(2) 1 時間降水量の出現頻度

図 A1.2-1 は、地域毎の 1 時間降水量の相対出現頻度について、観測値（アメダス、地上気象観測）と地域気候モデルによる現在気候の再現値を、各地域の観測点で比較したものである。降水量を 5 ミリ毎の階級に区分し、階級別の相対出現頻度で表している。全体的な傾向として、地域気候モデルによる再現値では、観測に比べて、弱い雨に対する強い雨の出現頻度が相対的に小さくなる傾向が見られる。これは、解像度 5km の地域気候モデルでは、強い降水をもたらす積乱雲の発生・発達を完全に陽に表現していないことや、モデルの地形と現実の地形が完全には一致しないこと等が影響しているものと考えられる。

第 3 章では、大雨や強雨の発生頻度の将来変化について述べている。大雨や強雨の発生頻度の変化を解析する場合には、出現頻度分布が観測とモデルの再現値とでずれていると、適切な結果を得ることができない。このため、Piani et al. (2010a and 2010b) の手法に従って、モデルの降水頻度分布が観測に十分に接近するよう補正する（補正方法の詳細は補遺 A1.7 節を参照されたい）。図 A1.2-1 には補正後の出現頻度分布を合わせて示しているが、分布の末端に近い強い降水についても、観測とかなり良く一致していることがわかる。

表 A1.2-1 地域毎の年・季節降水量の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位はミリである。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。（a）：補正前、（b）：補正後を示す。

(a)	年	春	夏	秋	冬
全国	-14.5 (279.0)	4.7 (72.9)	-50.4 (146.7)	-21.9 (64.1)	61.9 (76.3)
北日本日本海側	-70.1 (193.9)	28.3 (43.0)	-63.0 (46.5)	-55.9 (41.5)	31.3 (89.6)
北日本太平洋側	137.6 (146.9)	47.6 (34.5)	-42.6 (53.5)	27.5 (41.6)	115.7 (42.4)
東日本日本海側	-443.7 (195.8)	-30.8 (38.8)	-128.7 (54.6)	-135.9 (38.8)	-139.2 (89.7)
東日本太平洋側	177.0 (275.0)	13.4 (67.7)	19.4 (123.7)	28.6 (69.1)	121.0 (82.8)
西日本日本海側	-252.6 (136.8)	-26.1 (39.3)	-163.3 (112.4)	-71.4 (35.1)	28.0 (41.4)
西日本太平洋側	76.0 (374.4)	5.9 (92.1)	-7.1 (202.6)	-2.0 (77.3)	85.4 (42.5)
沖縄・奄美	-684.0 (183.2)	-222.4 (55.9)	-147.7 (82.9)	-179.5 (45.4)	-134.4 (21.9)

(b)	年	春	夏	秋	冬
全国	-7.1 (279.0)	-0.8 (81.2)	-3.6 (133.0)	-1.8 (65.7)	-0.6 (93.7)
北日本日本海側	-2.2 (210.7)	0.0 (45.0)	-1.3 (60.0)	-0.7 (52.3)	-0.1 (81.8)
北日本太平洋側	-3.1 (151.3)	-0.2 (36.6)	-2.3 (60.8)	-0.5 (44.6)	0.1 (38.5)
東日本日本海側	-8.0 (205.7)	-0.8 (37.8)	-2.8 (44.0)	-1.8 (54.0)	-2.5 (102.3)
東日本太平洋側	-5.5 (259.0)	-0.8 (75.6)	-2.3 (105.9)	-2.0 (72.2)	-0.1 (54.0)
西日本日本海側	-11.8 (146.6)	-1.0 (41.6)	-7.2 (127.6)	-1.8 (40.5)	-1.4 (71.2)
西日本太平洋側	-10.4 (333.3)	-1.2 (93.3)	-5.2 (163.3)	-2.9 (72.2)	-0.7 (42.2)
沖縄・奄美	-22.2 (154.0)	-4.1 (40.3)	-8.0 (50.1)	-6.7 (54.7)	-3.5 (39.1)

(補遺 1 地域気候モデル NHRCM の気候再現性)

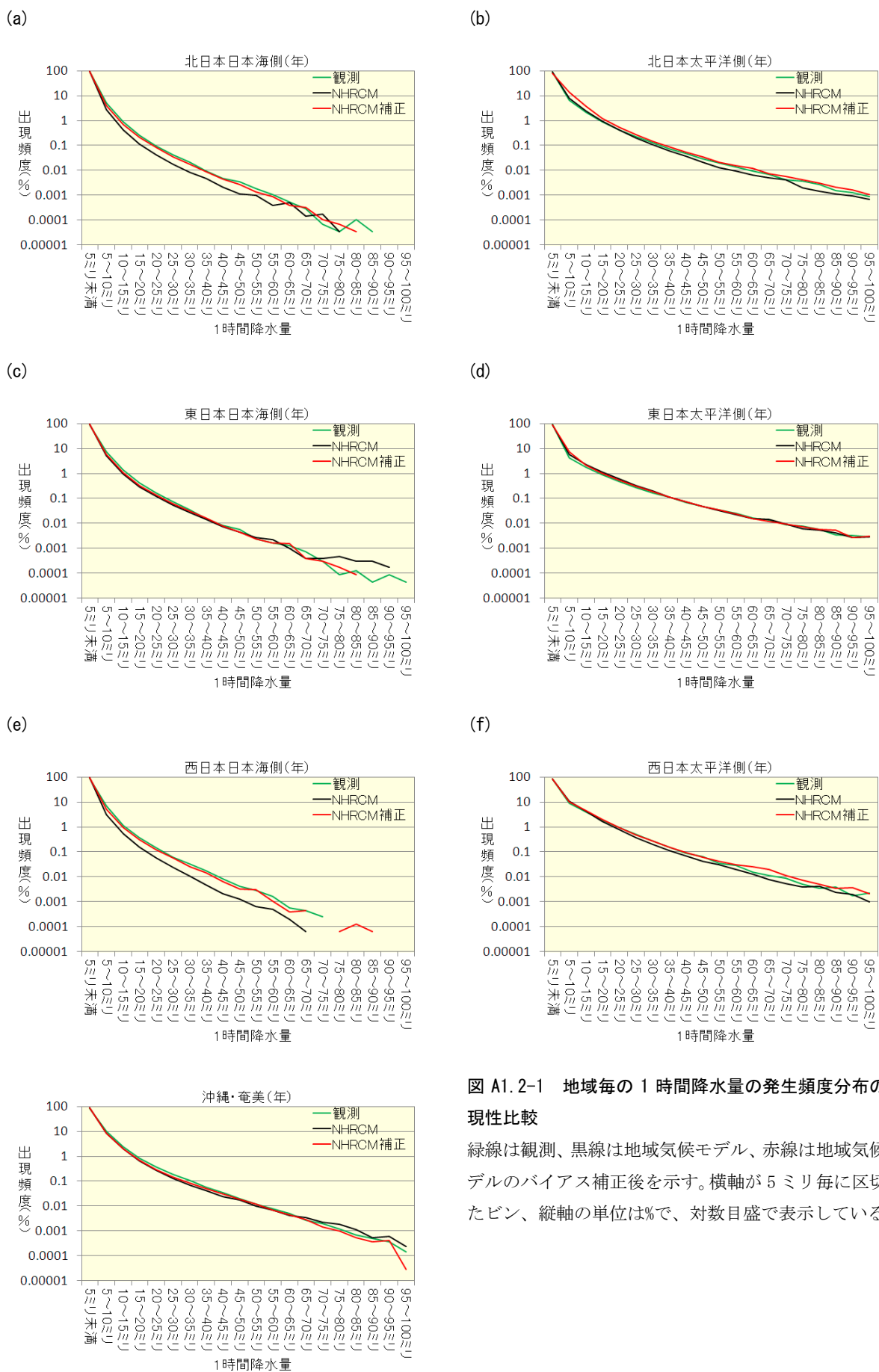


図 A1.2-1 地域毎の 1 時間降水量の発生頻度分布の再現性比較

緑線は観測、黒線は地域気候モデル、赤線は地域気候モデルのバイアス補正後を示す。横軸が 5 ミリ毎に区切ったビン、縦軸の単位は%で、対数目盛で表示している。

A1.3 積雪・降雪の再現性

(1) 最深積雪

表 A1.3-1 は、最深積雪のアメダス・地上気象観測による観測値と地域気候モデルによる現在気候再現値を各地域に含まれる観測点で比較したものである。年間では、東日本日本海側で負のバイアスがある。各月では、12月・3月の東日本太平洋側で正のバイアス、2月の東日本日本海側で負のバイアスがある。その他の地域・期間でも正・負のバイアスが見られるものの、偏差のばらつきは大きい。

図 A1.3-1 は、各地域における年最深積雪について、その出現頻度をアメダスと地域気候モデルで比較したものである。頻度分布は表 A1.3-1 のバイアスを概ね反映したものとなっており、北日本太平洋側では観測と地域気候モデルの分布が比較的良好一致していることがわかる。

(2) 降雪量

表 A1.3-2 は、降雪量のアメダス・地上気象観測による観測値と地域気候モデルによる現在気候再現値を各地域に含まれる観測点で比較したものである。年間では全国、北日本、東日本日本海側に負のバイアスがある。月別では、12月の全国、北日本、東日本日本海側、1・2月の全地域、3月の全国、北日本、東日本で負のバイアスがある。その他の地域・期間でも正・負のバイアスが見られるものの、偏差のばらつきは大きい。

各地域における年降雪量の頻度分布（図 A1.3-2）では、北日本日本海側、北日本太平洋側での負バイアスに対応したピークの違いが表れている。

表 A1.3-1 地域毎の最深積雪の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は cm である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。

	年	12月	1月	2月	3月
全国	-13.63(44.23)	0.46(20.88)	-9.70(33.02)	-14.32(39.37)	-3.17(41.97)
北日本日本海側	-25.99(40.22)	-4.80(24.95)	-18.95(34.96)	-26.32(38.60)	-14.82(41.95)
北日本太平洋側	5.18(30.27)	8.15(13.18)	2.85(21.93)	1.56(26.45)	9.01(25.79)
東日本日本海側	-35.88(31.91)	-2.16(11.13)	-20.64(24.72)	-32.30(28.86)	-19.32(33.22)
東日本太平洋側	48.28(60.22)	26.33(23.50)	32.17(44.79)	37.66(50.50)	57.84(57.67)
西日本日本海側	-17.20(28.65)	-0.54(11.85)	-7.73(19.41)	-18.59(30.60)	-7.91(26.73)

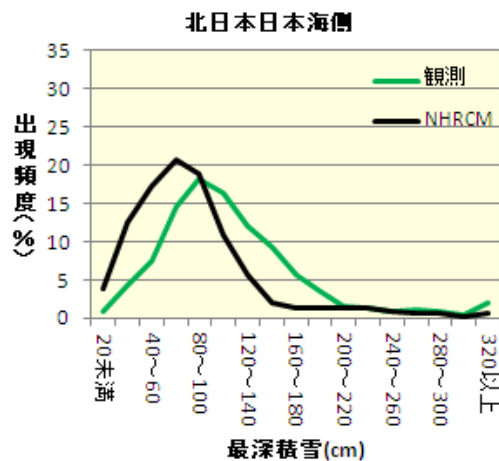
表 A1.3-2 地域毎の降雪量の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は cm である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。

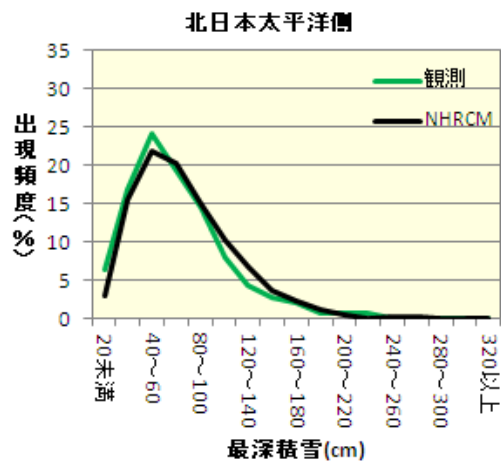
	年	12月	1月	2月	3月
全国	-386.97(244.15)	-65.97(65.12)	-130.40(68.99)	-116.92(52.04)	-62.83(41.58)
北日本日本海側	-535.09(202.63)	-106.77(65.15)	-173.58(51.45)	-144.06(38.17)	-85.91(33.11)
北日本太平洋側	-266.67(182.37)	-46.62(44.54)	-93.27(50.72)	-80.45(38.62)	-50.72(33.56)
東日本日本海側	-353.59(214.82)	-31.25(29.36)	-131.80(74.63)	-131.31(62.57)	-54.43(42.50)
東日本太平洋側	-156.10(179.22)	-4.53(34.94)	-89.18(58.97)	-98.45(44.99)	-31.42(30.29)
西日本日本海側	-194.85(199.13)	-16.99(36.41)	-64.26(54.43)	-87.87(51.36)	-26.37(48.33)

(補遺 1 地域気候モデル NHRCM の気候再現性)

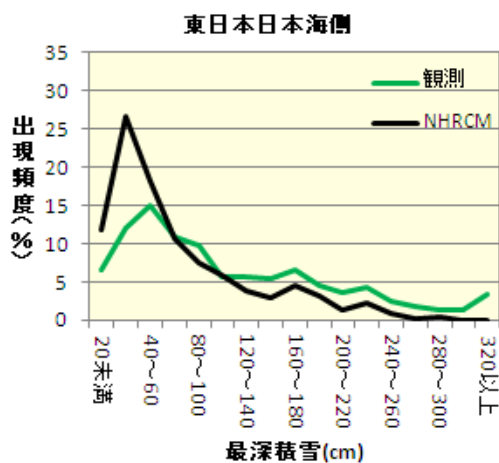
(a)



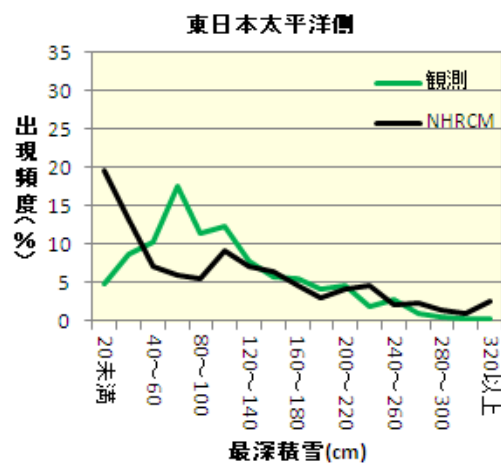
(b)



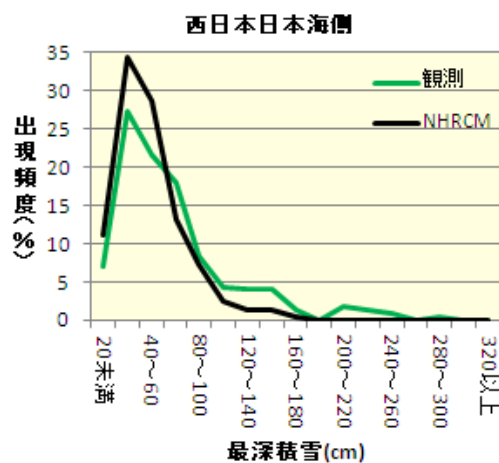
(c)



(d)



(e)



(f)

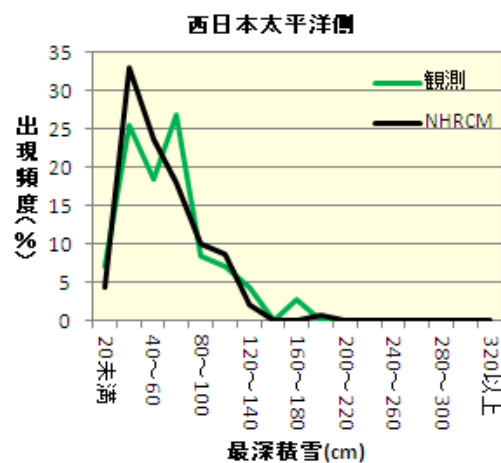
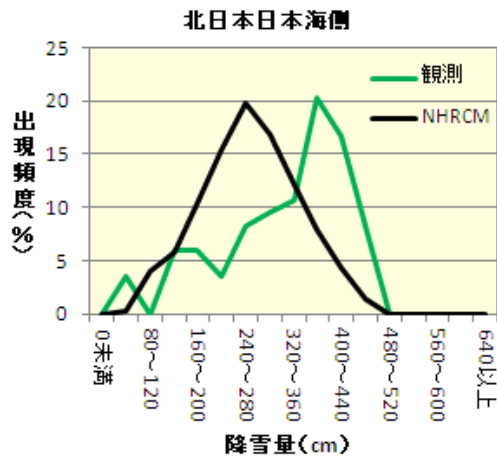


図 A1.3-1 地域毎の年最深積雪の出現頻度（地域気候モデルと観測の比較）

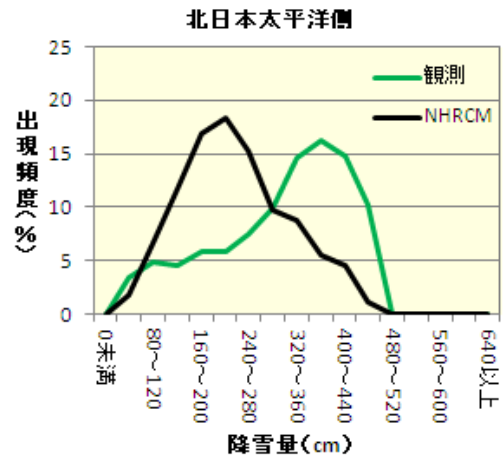
(a)：北日本日本海側、(b)：北日本太平洋側、(c)：東日本日本海側、(d)：東日本太平洋側、

(e)：西日本日本海側、(f)：西日本太平洋側

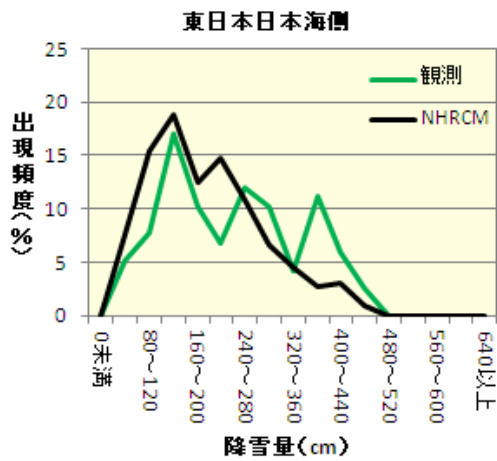
(a)



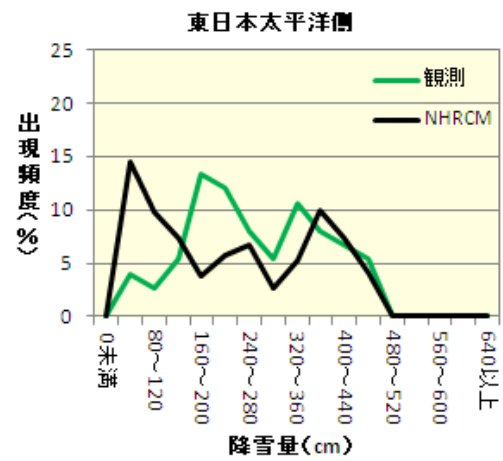
(b)



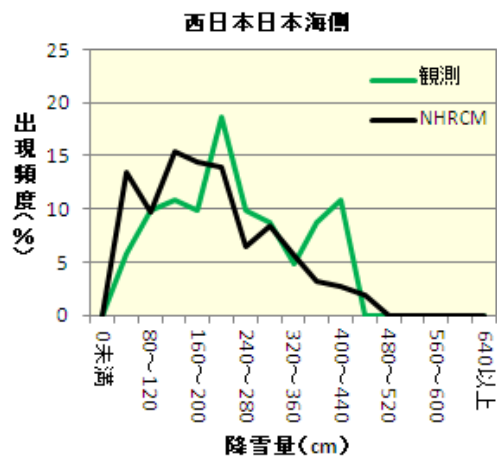
(c)



(d)



(e)



(f)

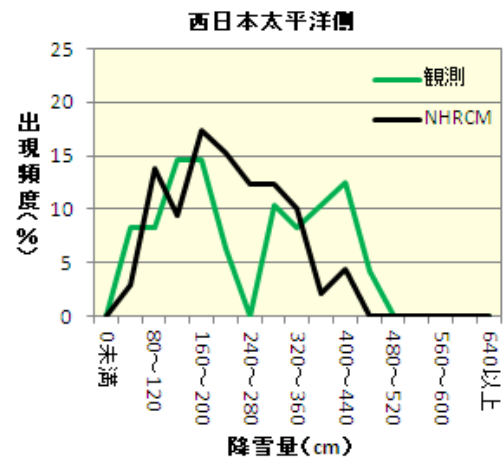


図 A1.3-2 地域毎の年降雪量の出現頻度（地域気候モデルと観測の比較）

(a)：北日本日本海側、(b)：北日本太平洋側、(c)：東日本日本海側、(d)：東日本太平洋側、

(e)：西日本日本海側、(f)：西日本太平洋側

A1.4 相対湿度の再現性

表 A1.4-1 は、相対湿度について地上気象観測（149 地点）による観測値と地域気候モデルによる現在気候の再現値¹を地域別に比較したものである。年間では、北日本から西日本で正のバイアスが見られるが地点毎のばらつきも大きい。沖縄・奄美では負のバイアスがある。季節別では、春から夏は北日本を中心に正のバイアスがある。秋は沖縄・奄美で負のバイアスがある他は明瞭なバイアスはない。冬は北日本日本海側と沖縄・奄美で負のバイアスがある。秋と冬のバイアスは概ね 5%²以内である。

図 A1.4-1 は、各地域における日平均相対湿度の出現頻度を観測と地域気候モデルで比較したものである。これらは表 A1.4-1 のバイアスを概ね反映している。

表 A1.4-1 地域毎の平均相対湿度の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は%である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	2.15(4.52)	5.39(5.74)	4.25(3.66)	-0.63(4.59)	-0.18(6.24)
北日本日本海側	1.65(3.82)	7.17(4.96)	5.27(2.35)	0.68(3.76)	-6.69(5.82)
北日本太平洋側	3.02(3.93)	8.27(5.04)	6.35(3.20)	1.25(4.93)	-3.80(4.75)
東日本日本海側	2.65(4.45)	7.19(5.38)	4.76(3.73)	0.34(4.93)	-1.38(4.11)
東日本太平洋側	1.74(5.51)	3.56(6.28)	3.59(4.04)	-1.64(5.32)	1.74(6.98)
西日本日本海側	1.81(3.72)	5.00(4.45)	3.72(2.79)	-1.70(3.71)	0.90(4.65)
西日本太平洋側	3.39(4.70)	6.12(6.13)	4.49(4.17)	-0.25(4.59)	3.80(4.38)
沖縄・奄美	-1.78(1.67)	-0.72(1.99)	0.35(1.38)	-3.35(1.36)	-2.95(2.51)

¹ 現在気候の再現値の算出には補正後の気温を用いている。

² 本節では、観測値と地域気候モデルの再現値との比較は全て「差」を用いており、「比」は用いていない。文中や図表の「%」は全て相対湿度の単位であることに注意されたい（例：現在気候の平均が 65%、将来気候の平均が 70% の場合、5%の増加となる）。

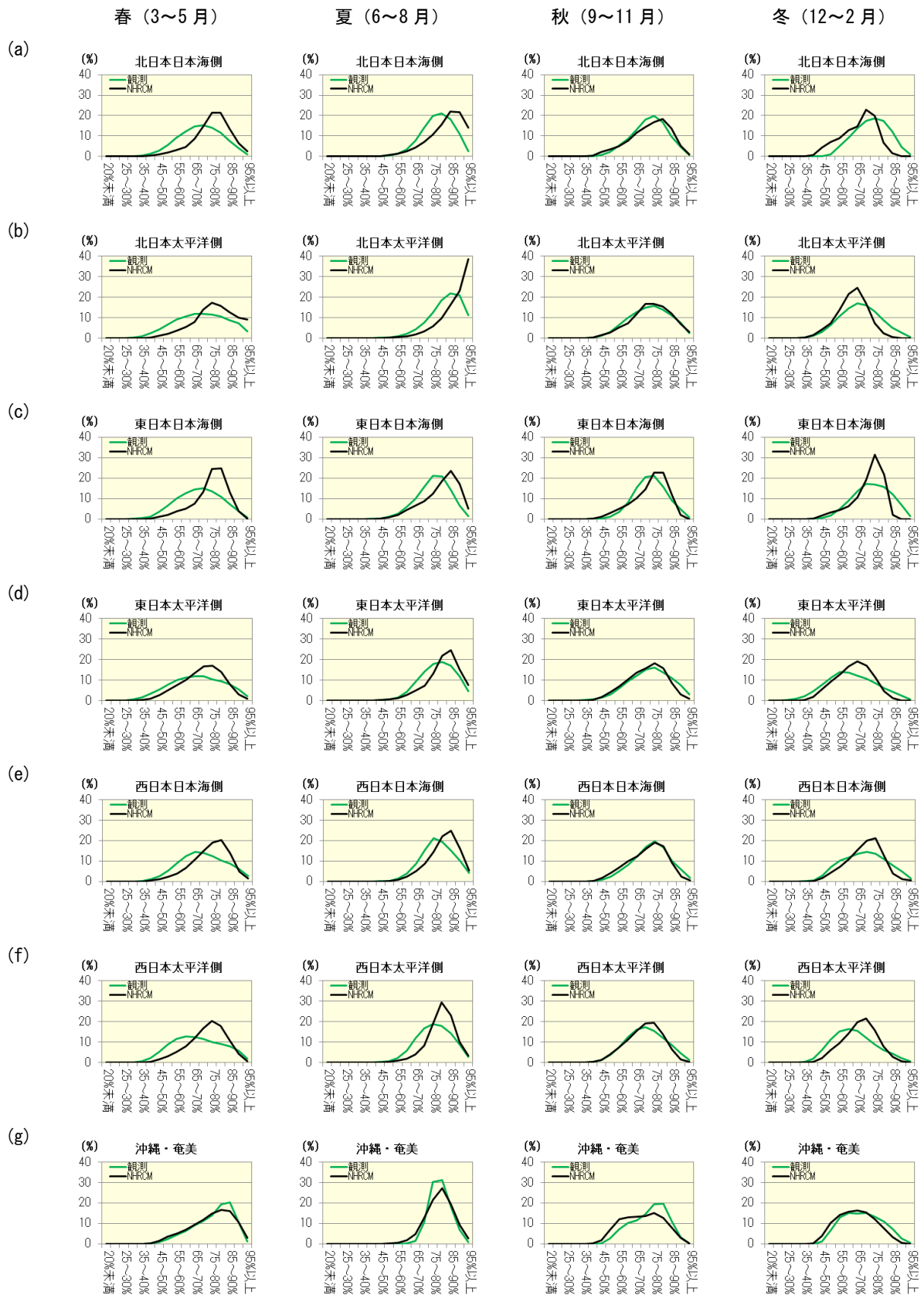


図 A1.4-1 地域毎の相対湿度の出現頻度 (地域気候モデルと観測の比較)

(a) : 北日本日本海側、(b) : 北日本太平洋側、(c) : 東日本日本海側、(d) : 東日本太平洋側、
 (e) : 西日本日本海側、(f) : 西日本太平洋側、(g) : 沖縄・奄美

A1.5 全天日射量の再現性

表 A1.5-1 は、1 日あたりの全天日射量について地上気象観測（65 地点）による観測値と地域気候モデルによる現在気候の再現値を地域別に比較したものである。年間では北日本と東日本、西日本日本海側で正のバイアスがある。季節別でも概ね正のバイアスがあるが、秋や冬はバイアスが小さく、夏は明確なバイアスがみられない地域が多い。また、夏の沖縄・奄美では負のバイアスとなっている。一部を除きバイアスは概ね $2\text{MJ}/\text{m}^2$ である³。

図 A1.5-1 は、各地域における日全天日射量の出現頻度を観測と地域気候モデルで比較したものである。小さい階級別値で観測に比べて地域気候モデルの頻度が低くなっており、これが正のバイアスの一因と考えられる。他の階級では各季節・地域ともに分布の違いをよく表現している。

表 A1.5-1 地域毎の 1 日あたりの全天日射量の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。単位は MJ/m^2 である。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、オレンジ色（水色）に塗りつぶしている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	1.04(0.68)	1.94(0.79)	-0.02(1.39)	1.06(0.69)	0.85(0.68)
北日本日本海側	1.04(0.30)	1.50(0.46)	0.71(0.55)	1.05(0.25)	0.75(0.38)
北日本太平洋側	0.80(0.51)	1.27(0.52)	0.62(1.01)	0.82(0.41)	0.22(0.35)
東日本日本海側	1.24(0.13)	2.04(0.13)	-0.51(0.12)	1.26(0.17)	0.82(0.32)
東日本太平洋側	1.46(0.79)	2.67(0.84)	0.43(1.40)	1.32(0.69)	0.91(0.58)
西日本日本海側	1.40(0.34)	2.41(0.44)	0.12(0.70)	1.58(0.31)	1.07(0.39)
西日本太平洋側	0.74(0.78)	1.81(0.73)	-0.96(0.97)	0.92(0.70)	0.74(0.79)
沖縄・奄美	0.21(0.99)	1.77(1.03)	-3.02(1.30)	-0.10(1.21)	2.11(0.74)

³ 全天日射量の予測は雲量の予測に左右される。地域気候モデルの雲量予測は不確実性が大きいいため、全天日射量の再現性に影響を与えている可能性がある。

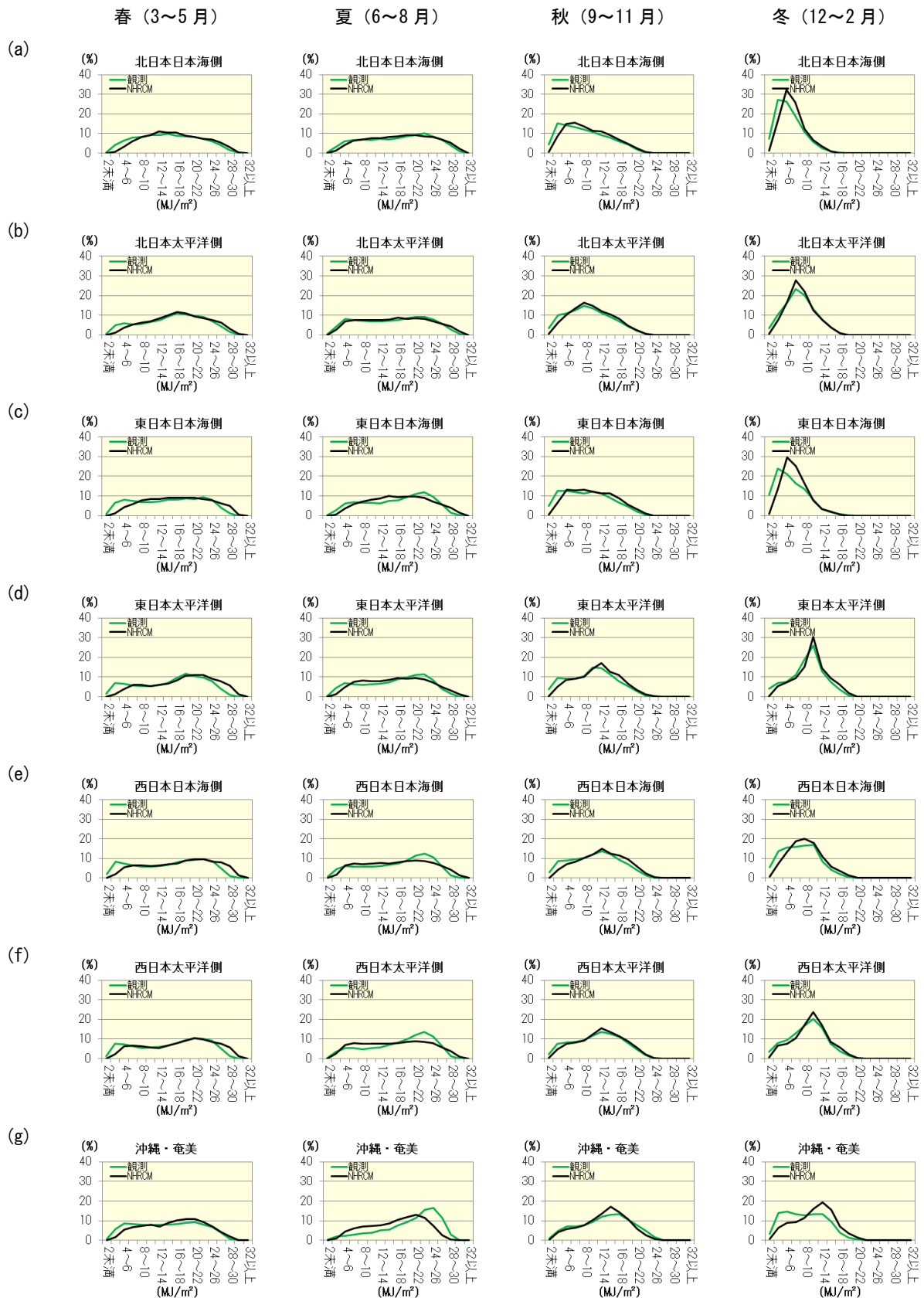


図 A1.5-1 地域毎の全天日射量の出現頻度（地域気候モデルと観測の比較）

(a)：北日本日本海側、(b)：北日本太平洋側、(c)：東日本日本海側、(d)：東日本太平洋側、
 (e)：西日本日本海側、(f)：西日本太平洋側、(g)：沖縄・奄美

A1.6 鉛直安定度の再現性

鉛直安定度には様々な指数があるが、本書では EHI と SWEAT を用いて解析している。気候値の算出期間は 1988～1999 年である。これらの指数の詳細は 5.3 を参照されたい。

EHI の再現性については、表 A1.6-1 に高層気象観測（16 地点）による観測値と地域気候モデルによる現在気候の再現値を地域別に比較したものを示した。夏に北日本日本海側と西日本太平洋側で正、沖縄・奄美で負のバイアスがあるほかは、明瞭なバイアスはない。また、図 A1.6-1 に出現頻度を観測と地域気候モデルで比較したものを示した。出現頻度では 0.2 から 1.0 の範囲で地域気候モデルが多い地域・季節が多いが、分布の形状は冬の西日本太平洋側を除いて大きな違いはない。なお、出現頻度についてはスーパーセルや竜巻の発達・発生の可能性が低い 0.2 未満が圧倒的に多いことから、0.2 以上について比較した。

SWEAT の再現性については、表 A1.6-2 に高層気象観測（16 地点）による観測値と地域気候モデルによる現在気候の再現値を地域別に比較したものを示した。夏の沖縄・奄美の負のバイアスと冬の西日本太平洋側の正のバイアスが絶対値で 10 以上であるほかは、大きなバイアスはない。また、図 A1.6-2 に出現頻度を観測と地域気候モデルで比較したものを示した。出現頻度は各季節・地域ともに表 A1.6-2 のバイアスをよく表現している。

表 A1.6-1 地域毎の EHI の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、オレンジ色（水色）に塗りつぶしている。また、観測値の欠測等により標準偏差を求められない場合は空欄としている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	0.0054(0.0290)	0.0042(0.0225)	-0.0025(0.0520)	0.0072(0.0353)	0.0180(0.0362)
北日本日本海側	0.0087(0.0070)	-0.0004(0.0042)	0.0235(0.0165)	0.0127(0.0078)	-0.0011(0.0016)
北日本太平洋側	0.0111(0.0066)	0.0025(0.0062)	0.0161(0.0328)	0.0218(0.0000)	0.0058(0.0089)
東日本日本海側	0.0106()	0.0001()	0.0202()	0.0176()	0.0047()
東日本太平洋側	-0.0038(0.0048)	-0.0015(0.0168)	-0.0059(0.0472)	0.0024(0.0022)	0.0234()
西日本日本海側	0.0103(0.0179)	-0.0034(0.0281)	0.0254(0.0322)	0.0192(0.0069)	0.0033(0.0006)
西日本太平洋側	0.0389(0.0604)	0.0262(0.0356)	0.0372(0.0269)	0.0388(0.0879)	0.0610(0.0886)
沖縄・奄美	-0.0160(0.0366)	0.0057(0.0366)	-0.0689(0.0559)	-0.0263(0.0333)	0.0260(0.0384)

表 A1.6-2 地域毎の SWEAT の再現性比較（地域気候モデルから観測を引いたもの）

バイアスの地域平均、括弧内は地点間の標準偏差を示す。正（負）のバイアスがある（バイアスの絶対値が標準偏差以上）場合、オレンジ色（水色）に塗りつぶしている。また、観測値の欠測等により標準偏差を求められない場合は空欄としている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	- 6.07(11.35)	- 3.16(11.82)	-11.52(19.81)	- 7.64(13.36)	- 1.30(13.87)
北日本日本海側	- 4.36(1.85)	-10.62(18.54)	2.77(7.36)	- 4.05(4.33)	- 5.54(1.63)
北日本太平洋側	-11.85(19.77)	- 7.40(14.10)	- 0.67(2.37)	-22.02(30.43)	-17.32(32.20)
東日本日本海側	1.44()	8.26()	- 1.81()	- 4.83()	4.14()
東日本太平洋側	- 6.17(14.65)	- 6.57(11.04)	-12.69(25.87)	-11.13(14.84)	5.74(6.95)
西日本日本海側	- 0.32(0.74)	3.79(3.06)	- 8.40(1.62)	0.30(1.95)	7.37(2.49)
西日本太平洋側	1.79(2.60)	0.79(11.14)	- 4.74(7.72)	0.24(5.03)	10.88(1.96)
沖縄・奄美	-13.10(16.24)	- 2.03(12.42)	-34.45(25.05)	-10.02(15.34)	- 5.39(13.84)

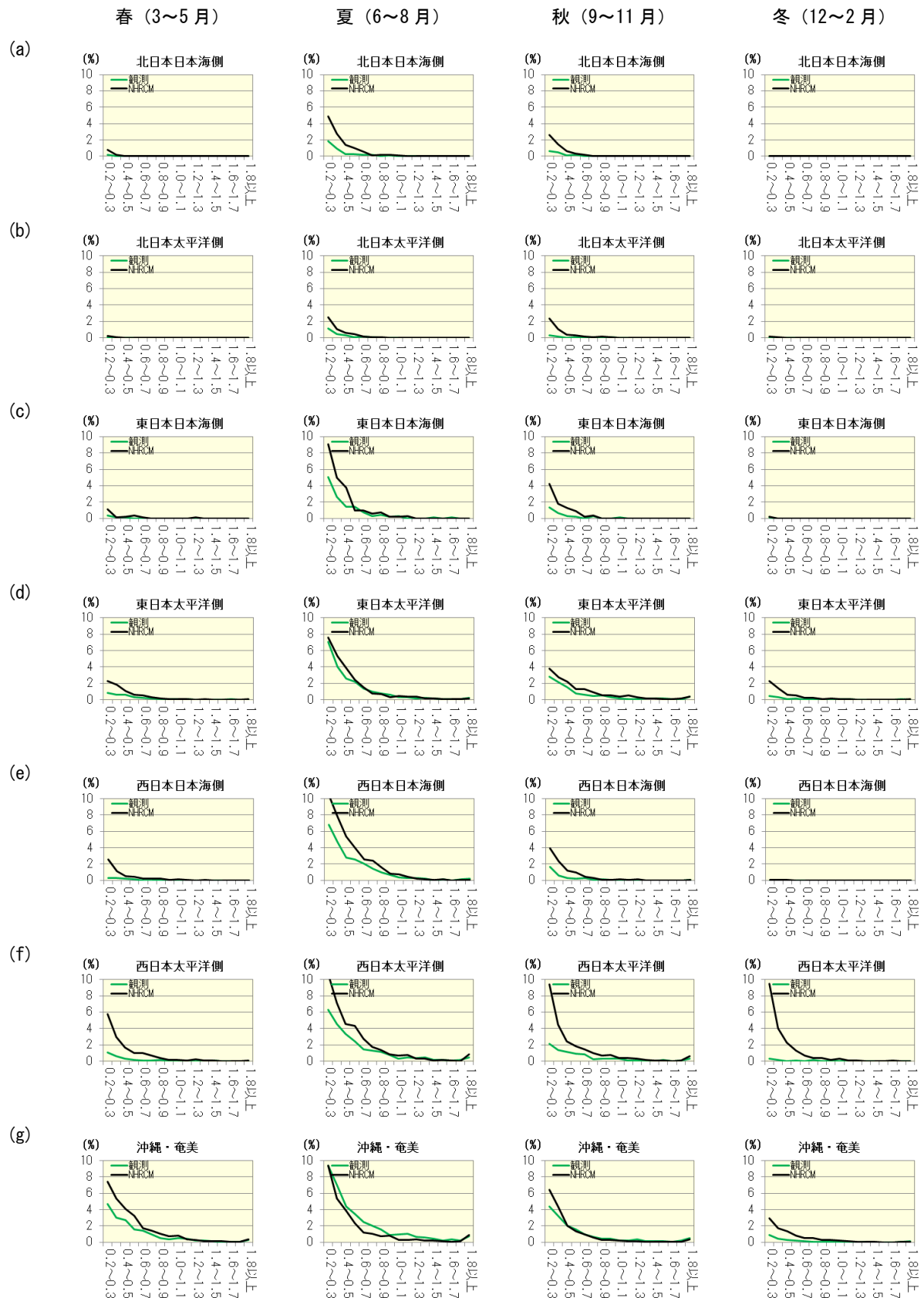


図 A1.6-1 地域毎の EHI の出現頻度 (地域気候モデルと観測の比較)

(a) : 北日本日本海側、(b) : 北日本太平洋側、(c) : 東日本日本海側、(d) : 東日本太平洋側、
 (e) : 西日本日本海側、(f) : 西日本太平洋側、(g) : 沖縄・奄美

(補遺 1 地域気候モデル NHRCM の気候再現性)

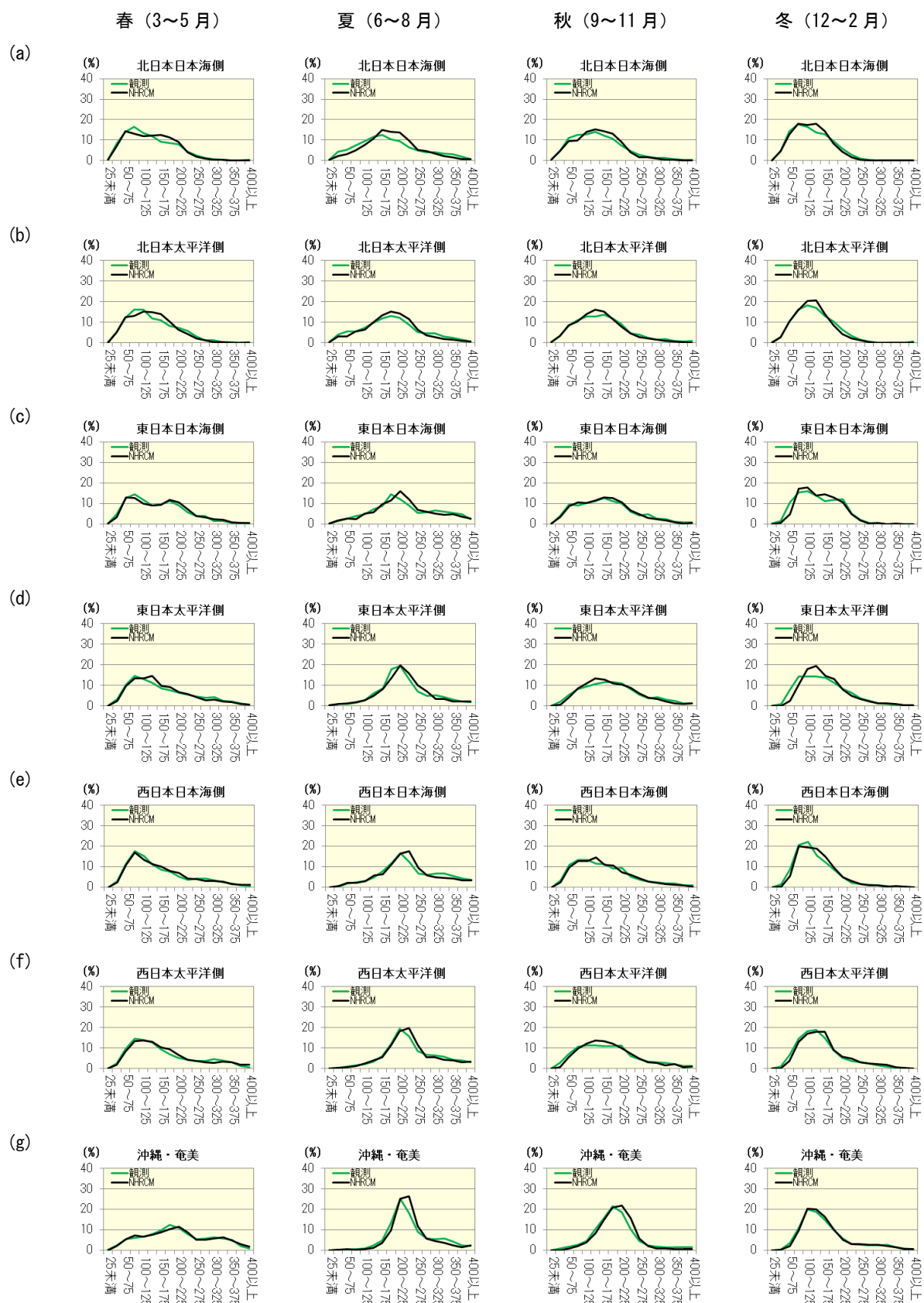


図 A1.6-2 地域毎の SWEAT の出現頻度 (地域気候モデルと観測の比較)

(a) : 北日本日本海側、(b) : 北日本太平洋側、(c) : 東日本日本海側、(d) : 東日本太平洋側、
(e) : 西日本日本海側、(f) : 西日本太平洋側、(g) : 沖縄・奄美

A1.7 補正の方法

気温の階級別日数や大雨の出現頻度等、閾値が関係する統計量の変化は、気候モデルの出力値と現実の観測の出現頻度が十分に一致していないと、バイアスが増幅されて変化量の算出に影響し、適切な予測値を得られない場合がある。このため、2.3 で示す気温の階級別日数の変化や、3.2 で示す大雨や強雨の変化の予測は、モデル出力値のバイアスを補正 (Piani et al., 2010a; Piani et al., 2010b) した上で算出している。

A1.7.1 気温の補正

気候モデルでは、ある月における日平均気温・日最高気温・日最低気温は、十分に長い期間の統計をとると、観測と同様に正規分布に近い出現頻度分布となる傾向がある。この特性を踏まえ、観測値と、地域気候モデルの対応する格子点における現在気候を比較して、日平均気温・日最高気温・日最低気温を補正するが、これらの要素を独立に補正すると、日較差（日最高気温と日最低気温の差）と歪度（日平均気温と日最低気温の差を日較差で割ったもの）に大きな相対誤差が生じる可能性がある。このため、各要素を以下の手順で補正している。観測値と現在気候の比較から求めた補正係数を、近未来気候、将来気候についても同様に適用する。

- ① 現在気候に対応する期間における観測値の日平均気温を、地点別・月別に高い方から順に並べかえる。
- ② 各観測点に対応するモデル格子点の現在気候再現値の日平均気温を、地点別・月別に高い方から順に並べかえる。
- ③ 観測値とモデル格子点の現在気候再現値を線形関係と仮定し、最小自乗法により補正係数を求めて補正する。
- ④ 日較差、歪度についても日平均気温と同様に、①～③の手順で補正係数を求めて補正する。
- ⑤ 補正した日平均気温、日較差、歪度から、日最高気温、日最低気温の補正值を求める。

A1.7.2 降水量の補正

気候モデルでは、観測に比べて強い降水と無降水の頻度が少なく、弱い降水の頻度が相対的に多く現れやすい傾向がある。このような特性を踏まえ、観測値と、地域気候モデルの対応する格子点における現在気候を比較して、降水量を下記の手順で補正している。求めた補正係数は、近未来気候、将来気候についても同様に適用する。

- ① 現在気候に対応する期間における観測値の 0.5 ミリ以上の 1 時間降水量を、地点別・月別に多い方から順に並べかえる。
- ② 各観測点に対応するモデル格子点の現在気候再現値の 1 時間降水量を、地点別・月別に多い方から順に並べかえる。
- ③ ①と②の総サンプル数を少ない方に合わせる。(総サンプル数の多い方を、少ない方のサンプル数と同じ数まで打ち切る。)
- ④ サンプル数を揃えた観測値とモデル格子点の現在気候再現値を線形関係と仮定し、最小自乗法により補正係数を求めて補正する。
- ⑤ 強い降水 (95 パーセンタイル値以上) に対しては、ガンマ分布を適用する。観測値、モデル再現値とも、強い降水の出現頻度がガンマ分布の確率密度関数

$$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{x}{\theta}\right) x^{(k-1)}}{\Gamma(k)\theta^k}$$

に従うと仮定する。ここで、 x は降水量、 k, θ はガンマ分布の形状とスケールングを示す母数である。観測データ、モデル再現値からそれぞれガンマ分布の母数を推定する。

- ⑥ モデル降水量から、⑤で推定したガンマ分布における累積頻度を求める。求めた累積頻度が観測値から推定したガンマ分布において相当する降水量を求め（図 A1.7-1）、これを補正值とする。
- ⑦ 近未来気候、将来気候の降水量に対しても、⑥の変換を適用して補正值を求める。

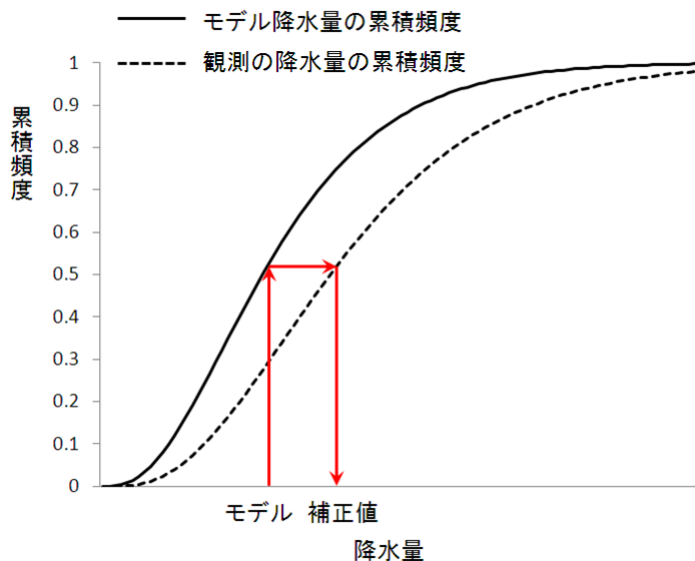


図 A1.7-1 ガンマ分布を適用した降水量の補正

A2 全球気候モデル MRI-AGCM3.2 における循環場の変化

ここでは、非静力学地域気候モデル (NHRCM) による将来予測実験において境界値を作成するために用いた全球気候モデル (MRI-AGCM3.2) の出力結果から、日本付近の循環場についてその将来変化の特徴を概説する。全球気候モデルの仕様・実験設定については 1.3.3 を参照されたい。対象とする気象要素は気温 (850hPa 面)、風速 (200hPa 面)、海面気圧、比湿、海面水温、海氷密度であり、各要素の近未来・将来における変化を季節ごと (3 か月平均) に示す¹。

なお、全球気候モデルによる現在気候の再現性については文部科学省研究開発局 (2012) や Mizuta et al. (2012) を参照のこと。

A2.1 気温 (850hPa 面)

全球気候モデルにおける気温 (850hPa 面) の将来変化を図 A2.1 に示す。

近未来・将来ともに気温は上昇しており、将来ほどその増加量は大きい。季節・地域により分布に差異が見られる。春については、ユーラシア大陸東部から日本付近にかけて昇温が相対的に大きい。夏については、北緯 40 度帯及びカムチャツカ半島付近で相対的に昇温が大きい。秋・冬については、ユーラシア大陸やオホーツク海付近で相対的に昇温が大きい。

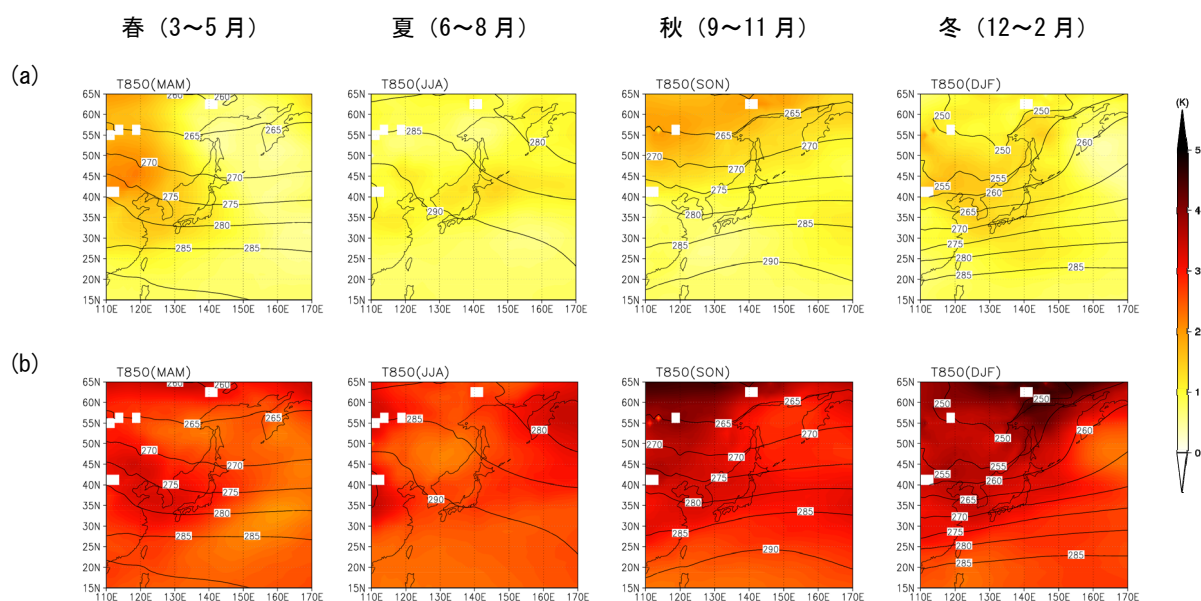


図 A2.1 気温 (850hPa 面) の将来変化

左から順に、春 (3～5 月)、夏 (6～8 月)、秋 (9～11 月)、冬 (12～2 月)。単位は K、等値線間隔は 5K である。

(a) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び近未来 (2016～2035 年平均) における変化 (陰影)。

(b) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び将来 (2076～2095 年平均) における変化 (陰影)。

¹ 気温、風速、比湿については全球気候モデルの出力結果を水平 2.5 度格子に内挿したデータを用いた。海面気圧、海面水温、海氷密度についてはモデルの出力値、あるいは数値実験においてモデルに与えたデータを用いた。

A2.2 風速 (200hPa 面)

全球気候モデルにおける風速 (200hPa 面) の将来変化を図 A2.2 に示す。

秋から春にかけては、日本上空のジェットが極側で強まると予測されており、その変化量は近未来より将来の方が大きい。このようなジェットの極側シフト (Yin, 2005) はこれまで多くの研究で指摘されており、その要因として、温暖化に伴うハドレー循環の拡大 (Lu et al., 2008)、対流圏界面の上昇 (Lorenz and DeWeaver, 2007)、中緯度帯における擾乱活動の変化 (Hu et al., 2000; Rivière, 2011) 等が挙げられている。

夏の日本付近のジェットは、近未来においては日本の北側 (北緯 50 度付近) と南側 (北緯 20 度付近) で強まる一方、将来においては現在のジェット軸の付近から南側で強まると予測されている。日本の南側でジェットが強まることは Hirahara et al. (2012) で指摘されており、その要因として熱帯の循環場変化に伴うロスビー波応答 (Matsuno-Gill パターン) の変化が挙げられている。

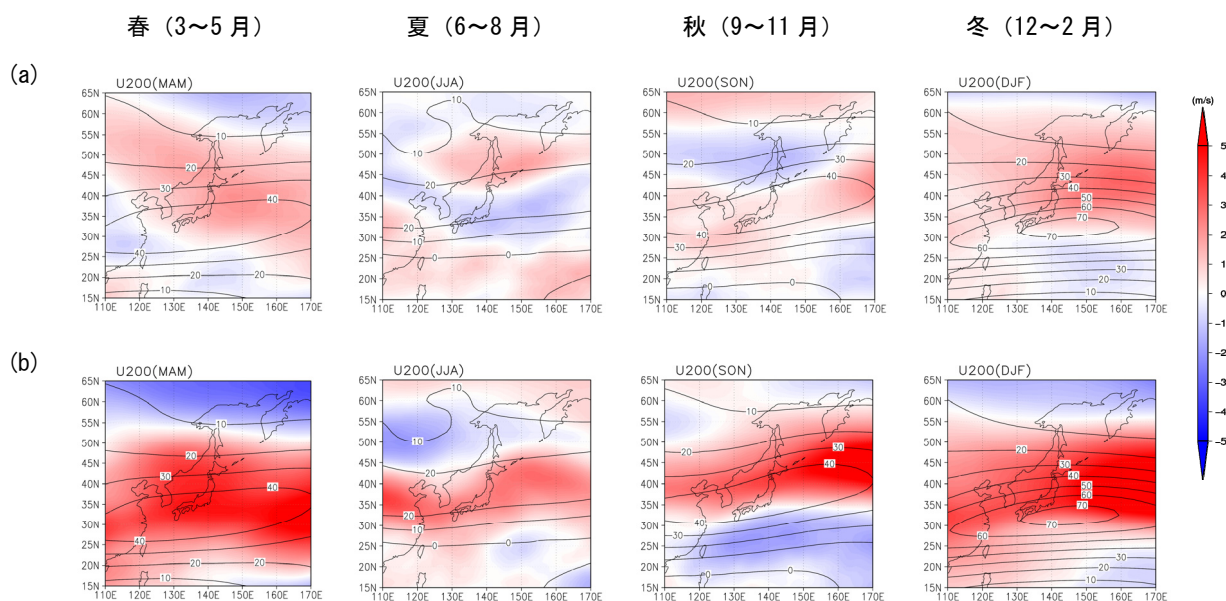


図 A2.2 風速 (200hPa 面) の将来変化

左から順に、春 (3～5 月)、夏 (6～8 月)、秋 (9～11 月)、冬 (12～2 月)。単位は m/s、等値線間隔は 10m/s である。

(a) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び近未来 (2016～2035 年平均) における変化 (陰影)。

(b) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び将来 (2076～2095 年平均) における変化 (陰影)。

A2.3 海面気圧

全球気候モデルにおける海面気圧の将来変化を図 A2.3 に示す。

春については、日本の南海上で気圧が上昇するものの、オホーツク海からベーリング海の領域では気圧が低下すると予測されている。後者については、後述するアリューシャン低気圧の北偏が関係している可能性がある。

夏については、近未来では西日本から日本の東海上で気圧が上昇し、オホーツク海で低下する一方、将来では日本の南の太平洋上で上昇し、日本付近からオホーツク海で低下すると予測されている。日本の南で高気圧性循環が強まることは Kusunoki et al. (2006) 等の将来予測実験で指摘されている。また将来における日本付近での気圧の低下は、梅雨明けの遅れ (Kitoh and Uchiyama, 2006; Kusunoki et al., 2011 等) に伴い太平洋高気圧の張り出しが弱くなることに関係している可能性がある。

秋から冬にかけては、シベリア高気圧の弱まりと、アリューシャン低気圧の北偏 (Kimoto, 2005; Hori and Ueda, 2006) が予測されており、どちらも将来ほどその変化が大きい。日本付近の冬の循環場はいわゆる西高東低型 (西のシベリア高気圧と東のアリューシャン低気圧により北西の季節風が卓越する) で特徴づけられるが、将来この気圧勾配が弱まることで日本付近の北西季節風は弱まると考えられる。

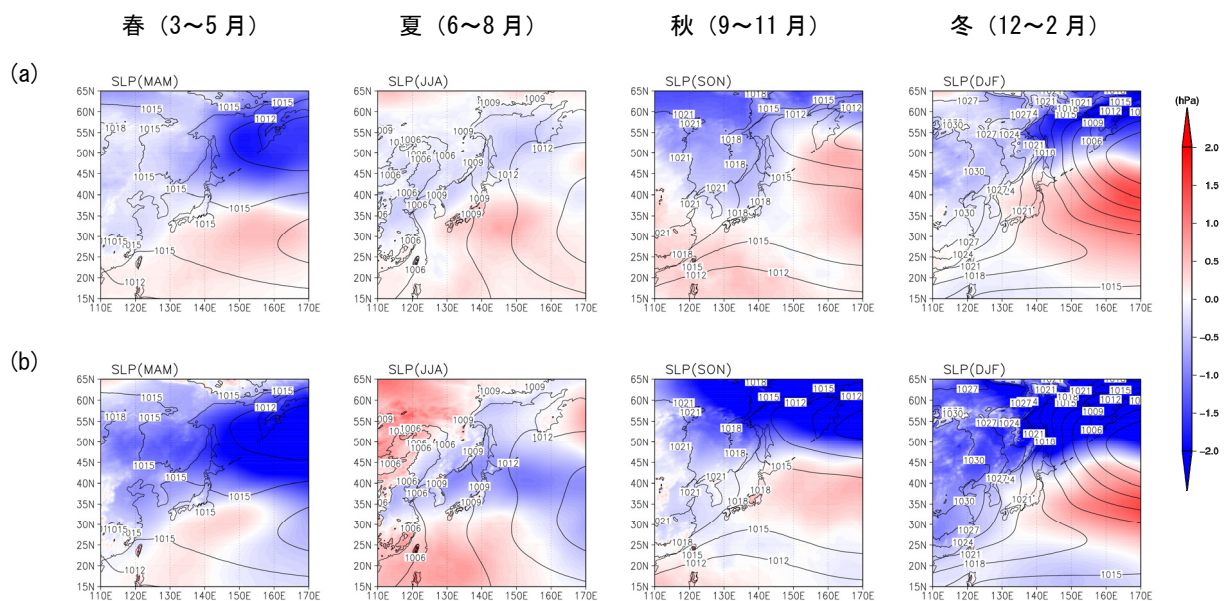


図 A2.3 海面気圧の将来変化

左から順に、春 (3～5 月)、夏 (6～8 月)、秋 (9～11 月)、冬 (12～2 月)。単位は hPa、等値線間隔は 3hPa である。

(a) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び近未来 (2016～2035 年平均) における変化 (陰影)。

(b) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び将来 (2076～2095 年平均) における変化 (陰影)。

A2.4 比湿 (850hPa 面)

全球気候モデルにおける比湿 (850hPa 面)²の将来変化を図 A2.4 に示す。

どの季節においても、比湿は熱帯域を中心に増加しており、将来ほど変化量が大きい。中緯度帯の日本付近でも比湿は増加しており、特に夏季の上昇が大きい。下層における水蒸気量の変化は、地表付近の気温や、海面水温の上昇によるものと考えられる。また、夏季の降水や冬季の降雪の増加は、下層における水蒸気量の増加に関係している可能性がある。

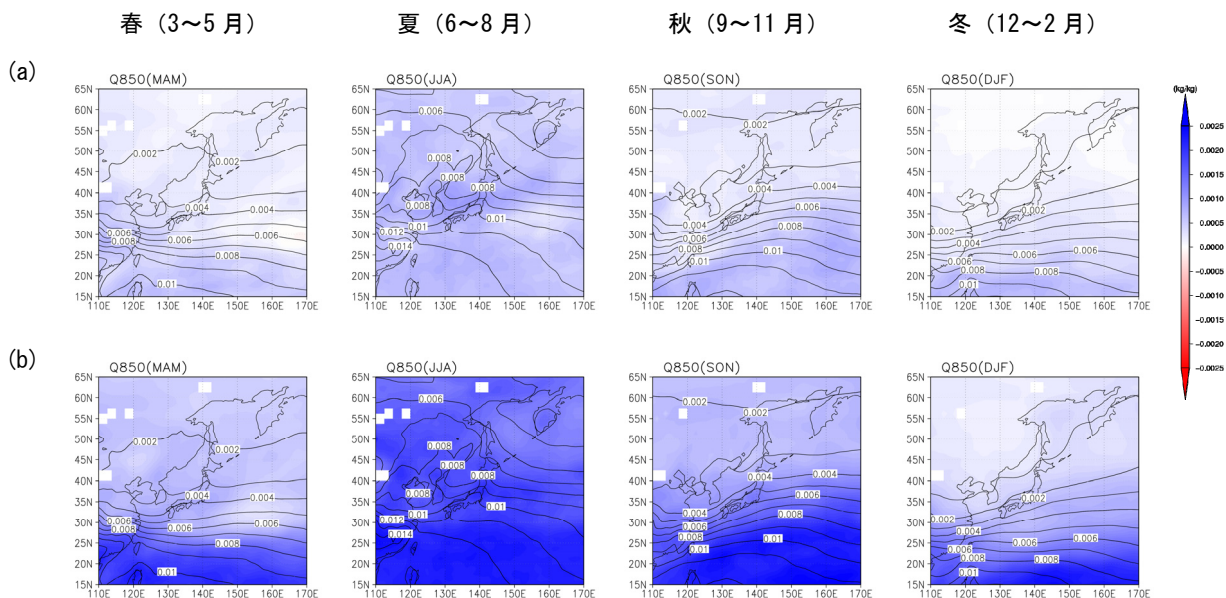


図 A2.4 比湿 (850hPa 面) の将来変化

左から順に、春 (3～5 月)、夏 (6～8 月)、秋 (9～11 月)、冬 (12～2 月)。単位は kg/kg、等値線間隔は 0.001kg/kg である。

(a) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び近未来 (2016～2035 年平均) における変化 (陰影)。

(b) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び将来 (2076～2095 年平均) における変化 (陰影)。

² ここでは下層の水蒸気量を表すために用いた。

A2.5 海面水温

全球気候モデルに与えた海面水温の将来変化を図 A2.5 に示す。

近未来・将来ともにほとんどの海域で海面水温は上昇しており、将来ほどその変化が大きい。日本の東海上の黒潮続流域では相対的に昇温が大きい、これには西太平洋の風応力の変化に伴う黒潮流速の増加 (Sakamoto et al., 2005) が関係している可能性がある。

オホーツク海の海面水温上昇は、夏・秋は全域でほぼ一様であるのに対し、春・冬はユーラシア大陸沿岸付近で相対的に小さい。海域による上昇量の違いには、オホーツク海を覆う海氷の量に関係している可能性がある。つまり、海氷の少ない夏・秋は気温の上昇等を背景として他の海域と同じように昇温するが、春・冬においては海氷の多い海域で昇温が抑えられると推察される³。

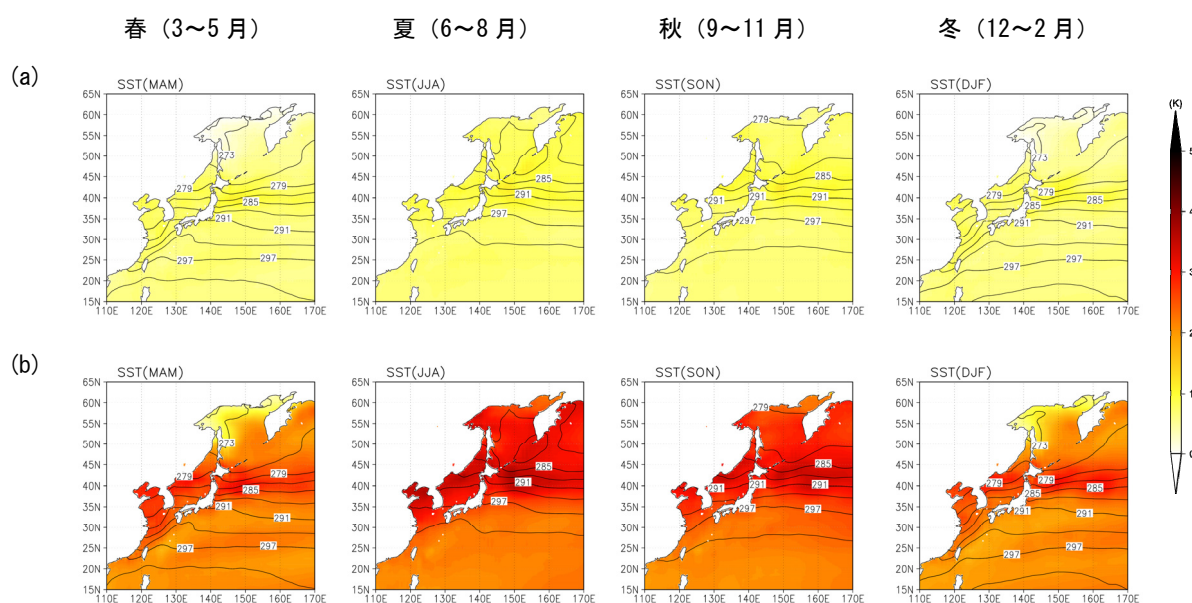


図 A2.5 海面水温の将来変化

左から順に、春 (3～5 月)、夏 (6～8 月)、秋 (9～11 月)、冬 (12～2 月)。単位は K、等値線間隔は 3K である。

(a) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び近未来 (2016～2035 年平均) における変化 (陰影)。

(b) 基準気候 (1976～1995 年平均；等値線) 及び将来 (2076～2095 年平均) における変化 (陰影)。

³後述するようにオホーツク海の海氷は将来減少するが、ユーラシア大陸沿岸では減少してもまだ海氷が残っているため昇温が相対的に小さいと考えられる。

A2.6 海水密度度

海水密度度⁴の将来変化を図 A2.6 に示す。

オホーツク海の海水は将来減少すると予測されており、将来のユーラシア大陸沿岸で特に減少量が多い。

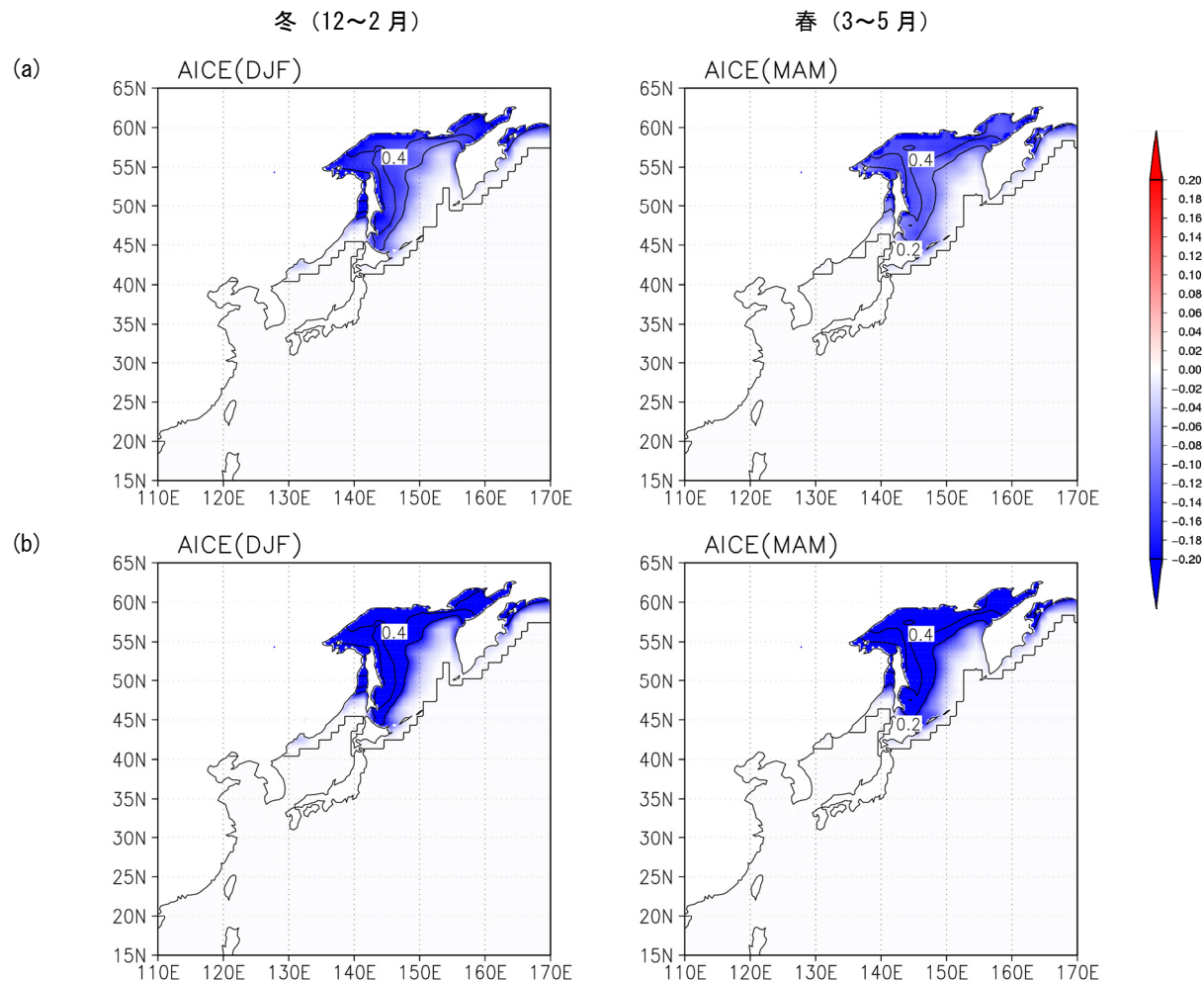


図 A2.6 海水密度度の将来変化。

左から順に、冬 (12~2 月)、春 (3~5 月)。等値線間隔は 0.2 である。

(a) 基準気候 (1976~1995 年平均；等値線) 及び近未来 (2016~2035 年平均) における変化 (陰影)。

(b) 基準気候 (1976~1995 年平均；等値線) 及び将来 (2076~2095 年平均) における変化 (陰影)。

⁴ 単位格子に占める海水の割合を表す。0 が海水の無い状態、1 が全面海水に対応する。

A3 アメダス等の気候値

気温、降水、積雪・降雪、相対湿度、全天日射量について、本文中の現在気候と同じ期間(1980～1999年の20年)で平均した観測（アメダス、地上気象観測）の気候値を示す。

1章に示したように、気候モデルによる予測データには系統誤差を含むため、本文の2章から6章では予測値そのものを掲載するのではなく、現在気候からの変化量として示しているが、これらの変化量が実際の観測値との比較においてどの程度の大きさであるか把握することで予測結果の理解の助けになると考えられる。なお観測値は以下の図に示す以外に、気象庁 HP の「過去の気象データ検索¹」から入手することもできるので、ご活用いただきたい。

¹ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

(補遺 3 アメダス等の気候値)

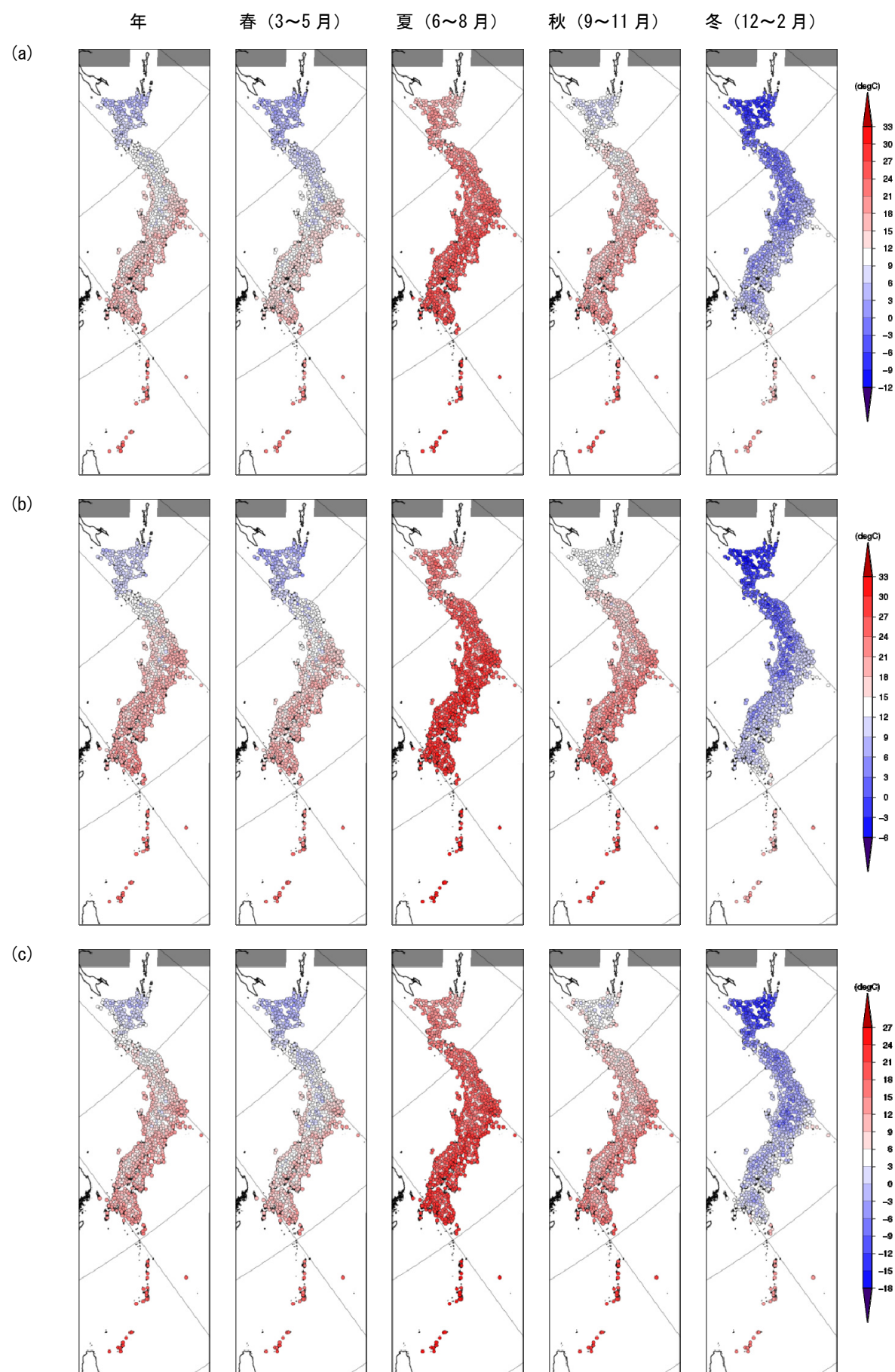


図 A3-1 気温の観測の気候値

(a) : 平均気温、(b) : 日最高気温の平均、(c) : 日最低気温の平均

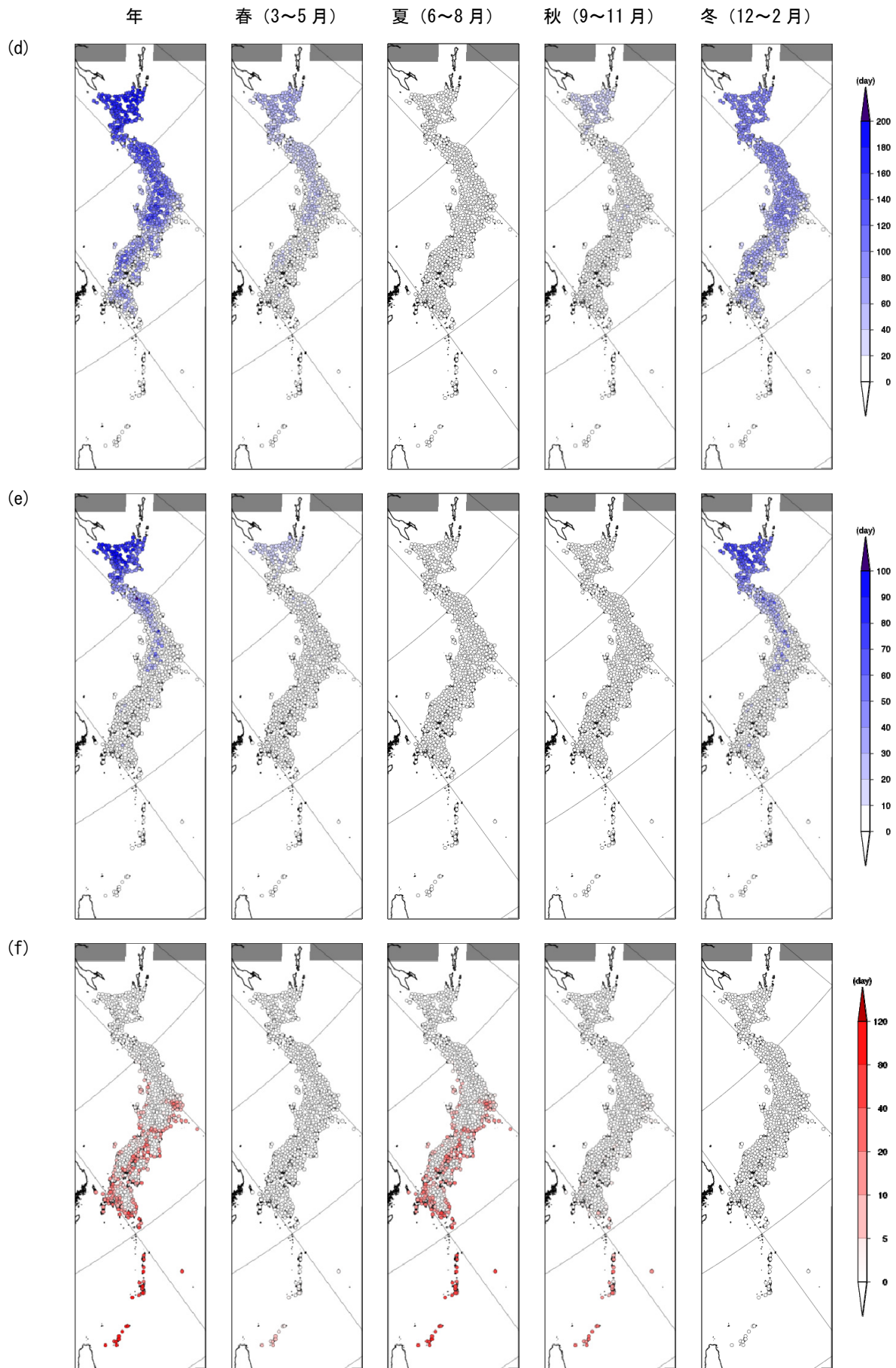


図 A3-1 気温の観測の気候値 (続き)

(d) : 冬日日数、(e) : 真冬日日数、(f) : 熱帯夜日数

(補遺 3 アメダス等の気候値)

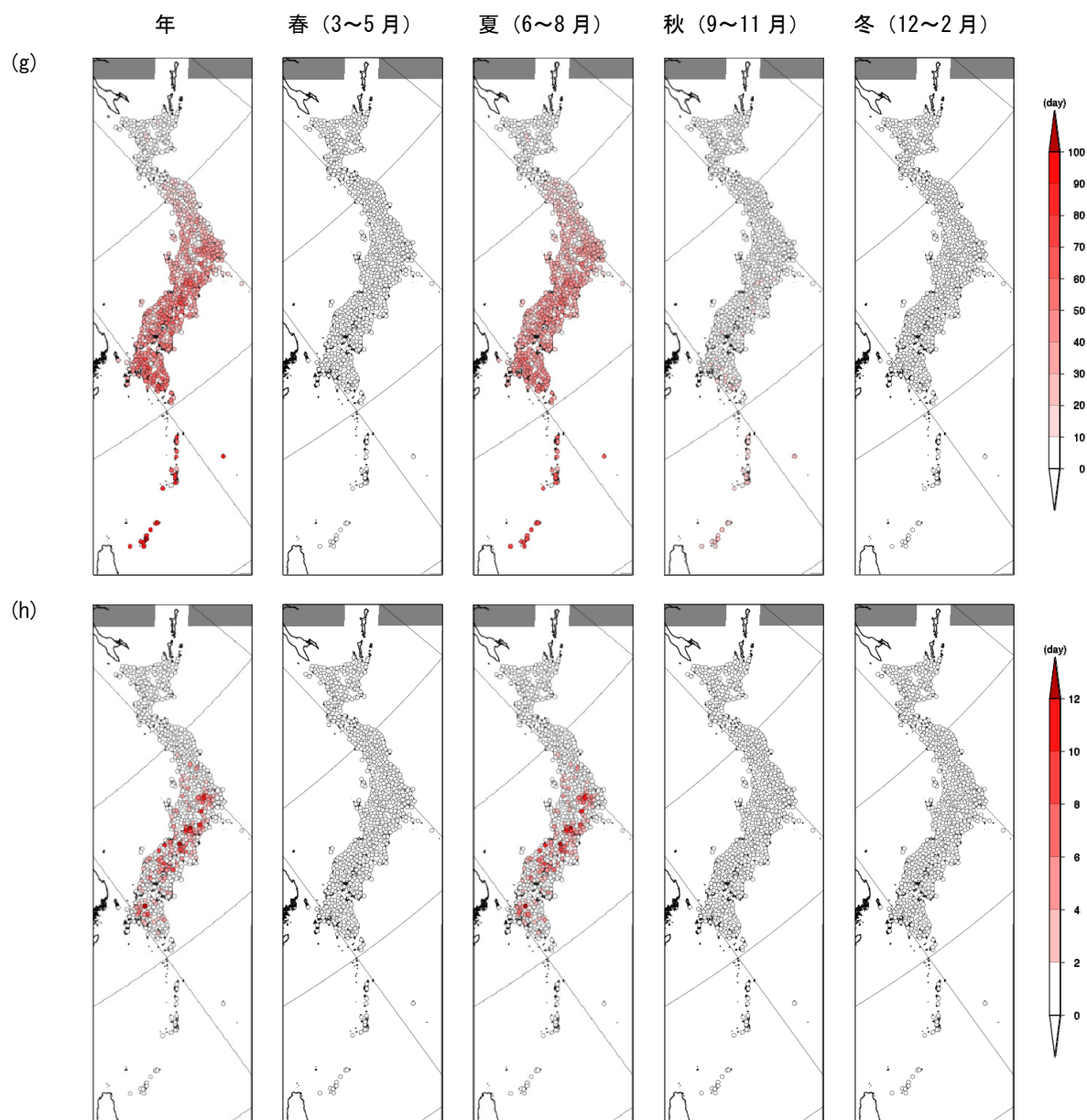


図 A3-1 気温の観測の気候値 (続き)

(g) : 真夏日日数、(h) : 猛暑日日数

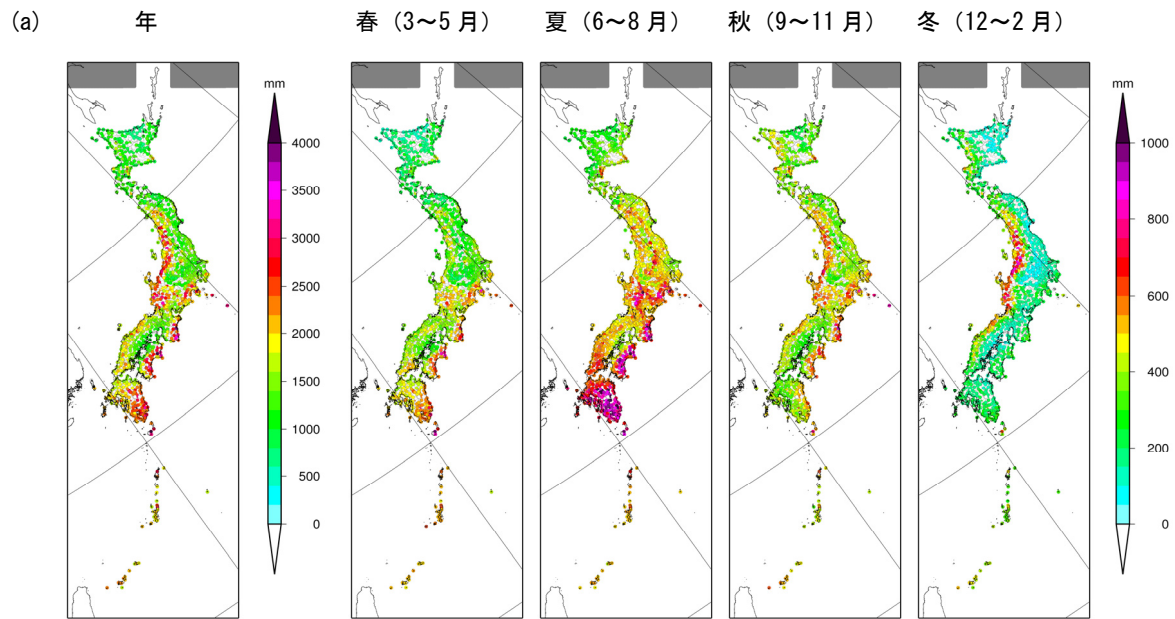


図 A3-2 降水の観測の気候値

年降水量(左)と季節別の降水量。

(b) 日降水量 100 ミリ以上 日降水量 200 ミリ以上

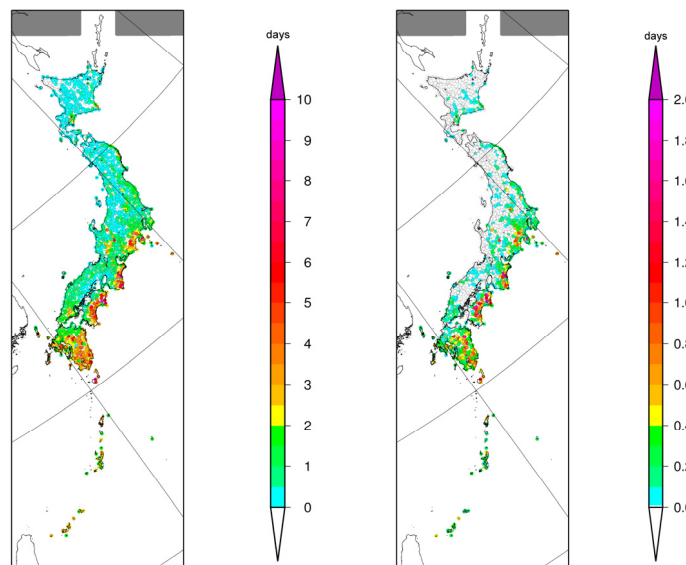


図 A3-2 降水の観測の気候値 (続き)

日降水量 100 ミリ以上(左)、200 ミリ以上(右)の年平均日数。

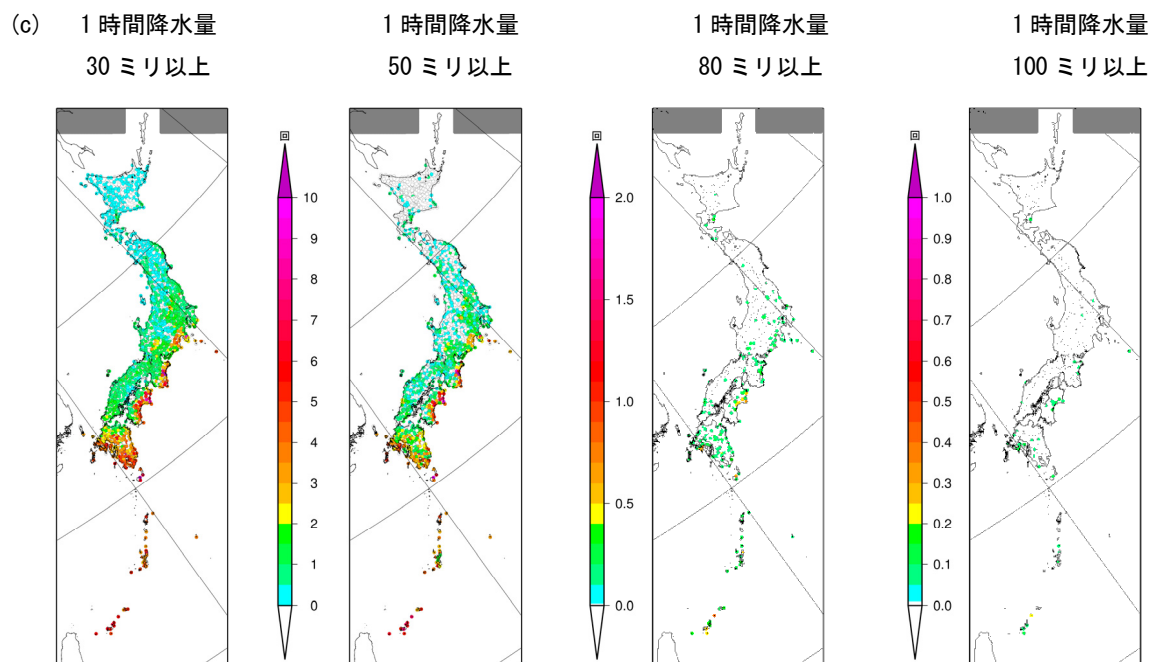


図 A3-2 降水の観測の気候値（続き）

1 時間降水量 30 ミリ以上、50 ミリ以上、80 ミリ以上、100 ミリ以上の年平均発生回数。

(d) 日降水量 1 ミリ未満

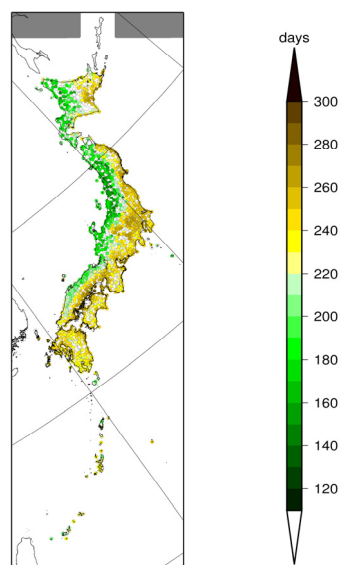


図 A3-2 降水の観測の気候値（続き）

日降水量 1 ミリ未満の年平均日数。

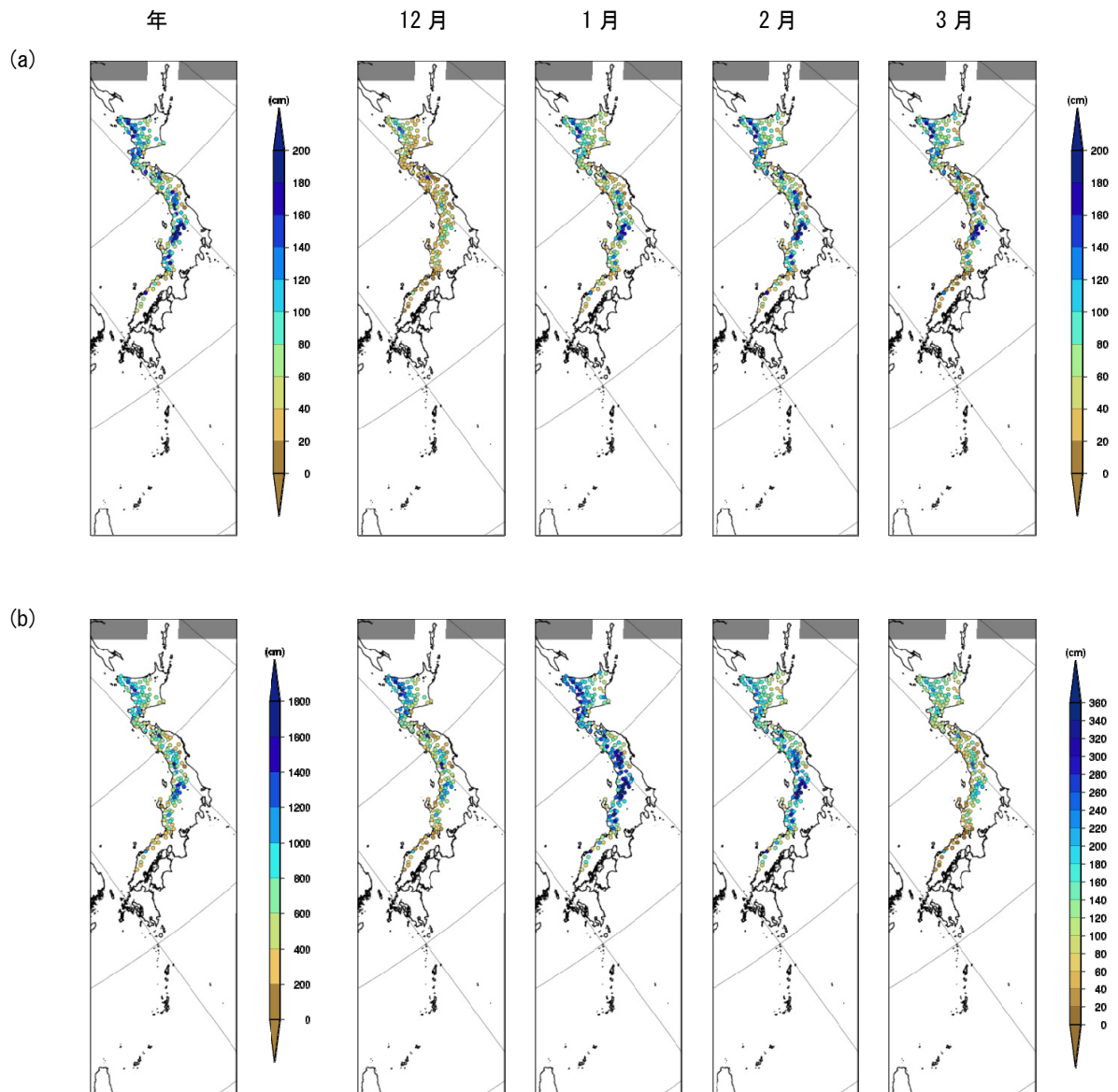


図 A3-3 積雪・降雪の観測の気候値

(a)：最深積雪、(b)：降雪量

降雪量では年間と月別で異なる塗り分けとしている。

(補遺 3 アメダス等の気候値)

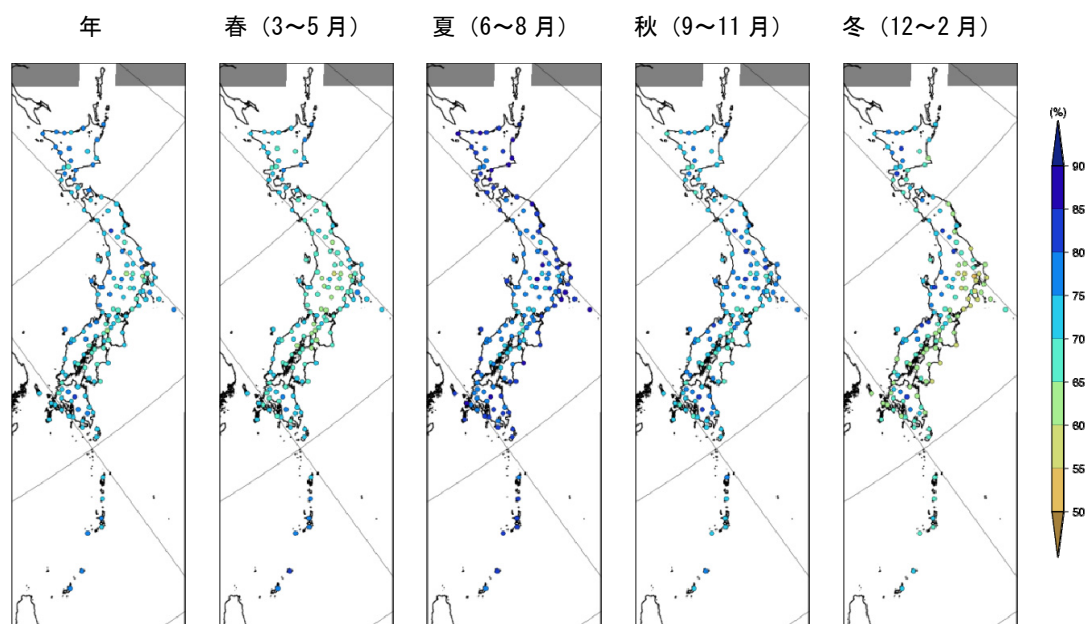


図 A3-4 相対湿度の観測の気候値

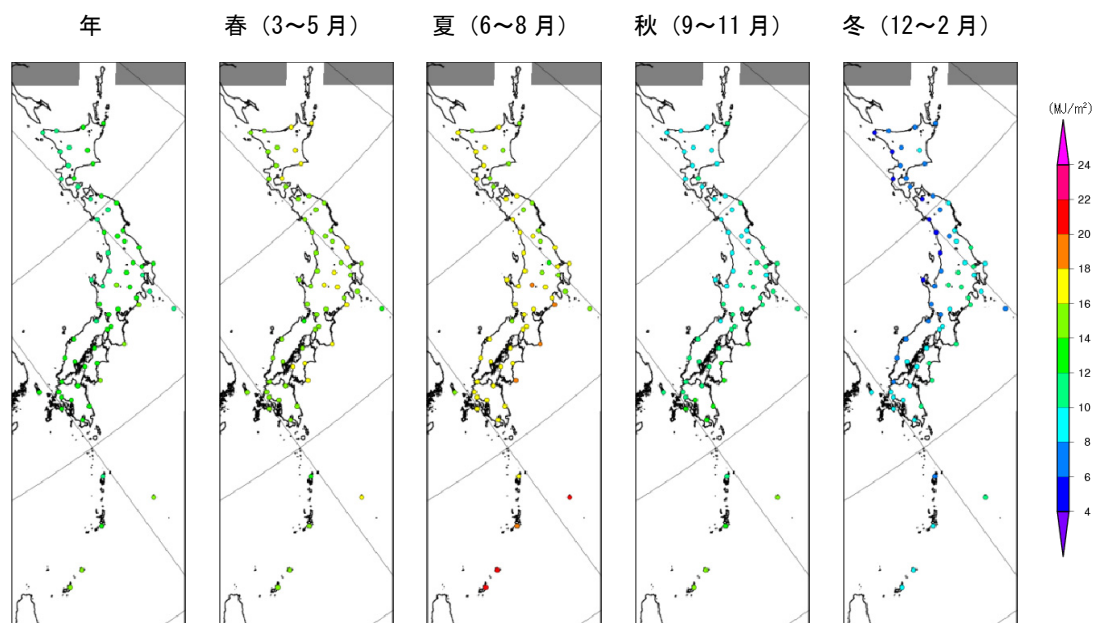


図 A3-5 全日射量の観測の気候値