

日本の海氷・降雪・積雪と 温暖化

高野 清治

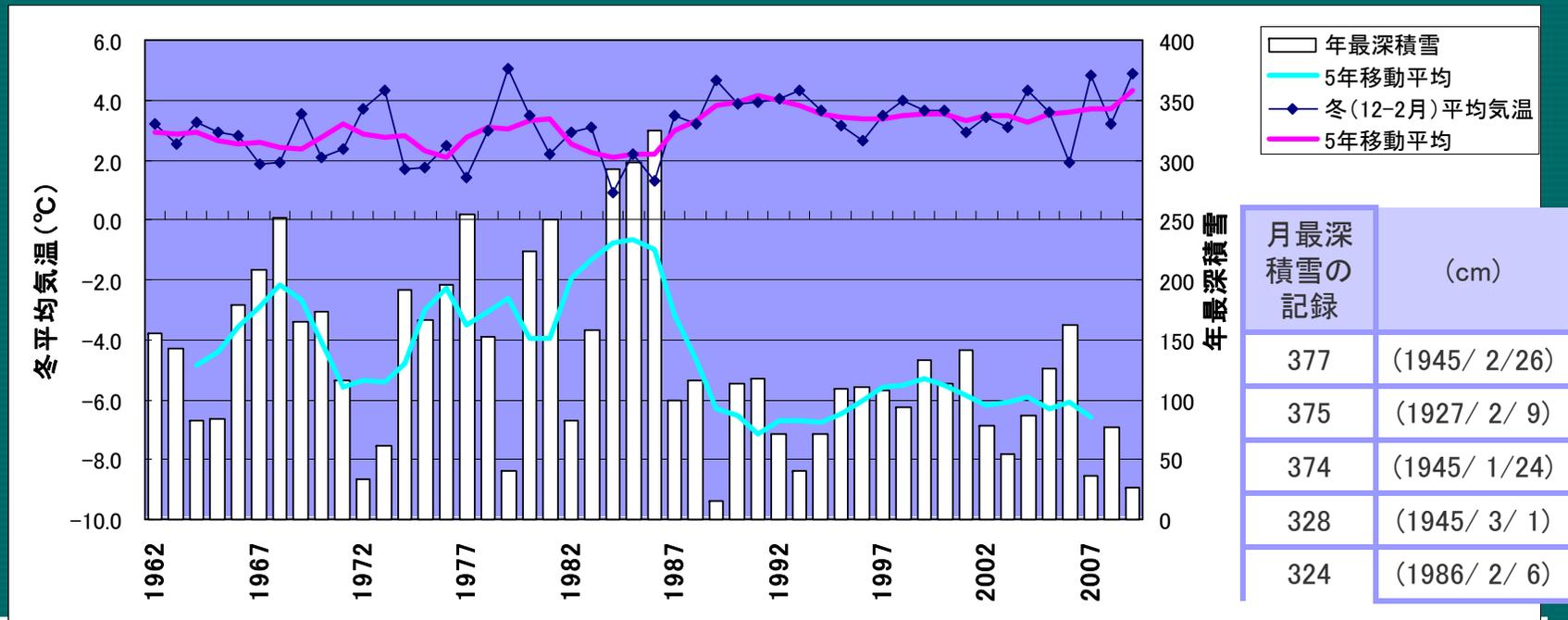
気象庁地球環境・海洋部

気候情報課

内容

- 日本の降雪、積雪の変化
- オホーツク海の海氷の変化
- 北極振動と日本の気温、降雪量
- 降雪、積雪、オホーツク海、海氷の温暖化予測

上越市高田の最深積雪と冬平均気温の推移

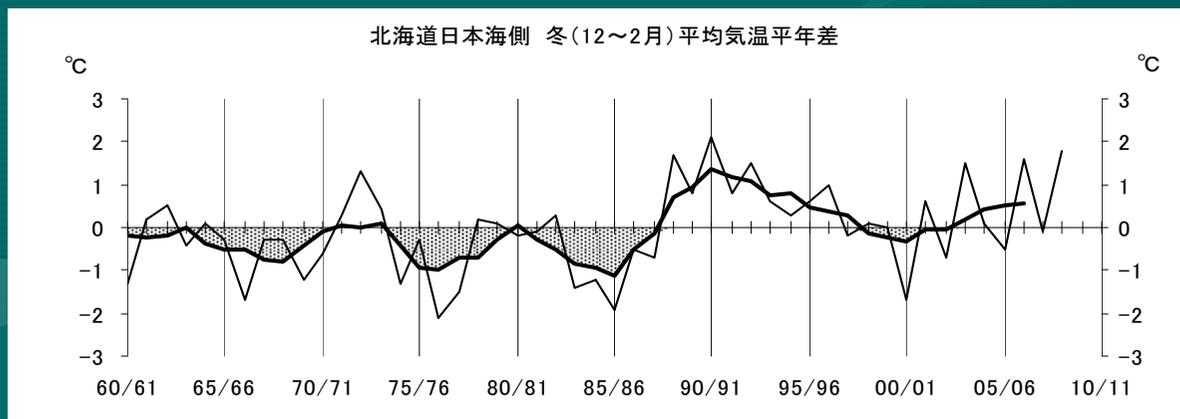
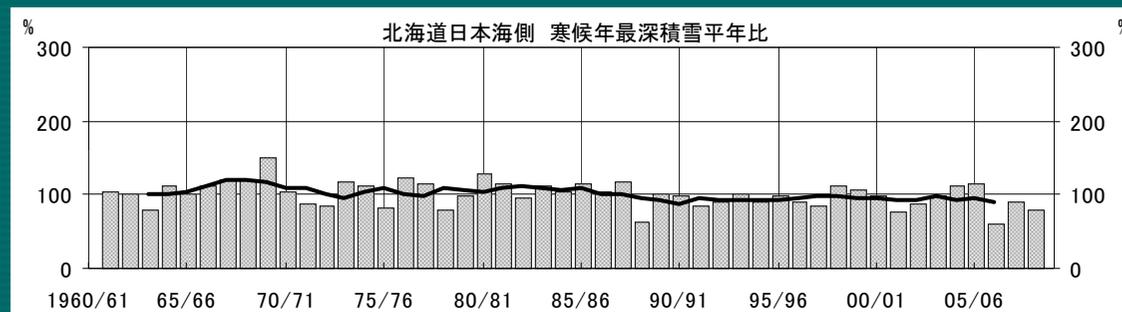


昭和 61 年の豪雪



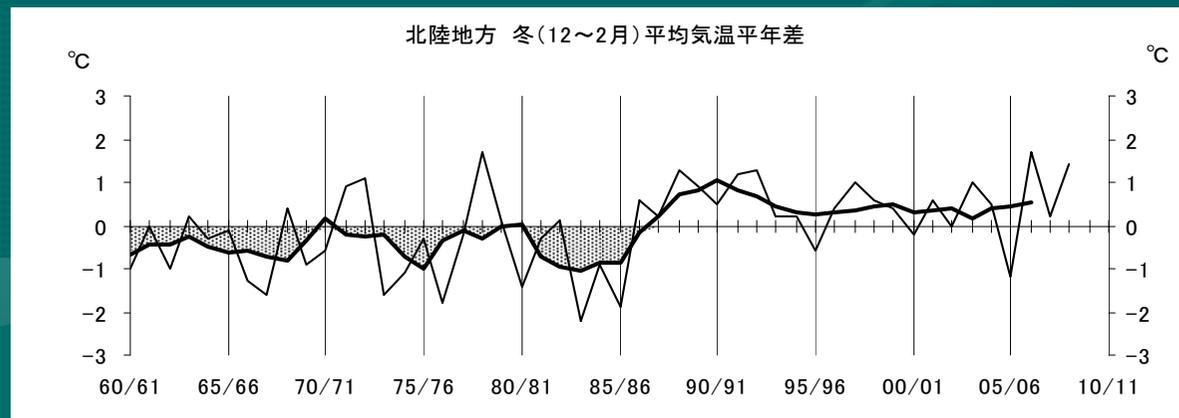
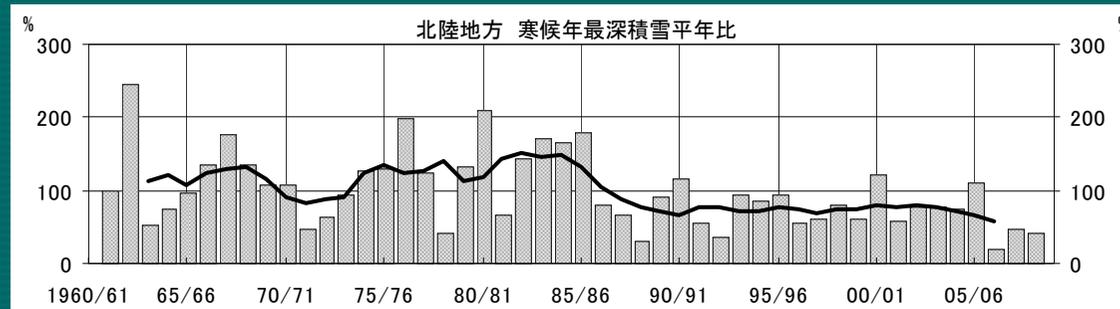
平成 19 年 4 月測候所と桜の標本木

積雪の経年変化(北海道日本海側)



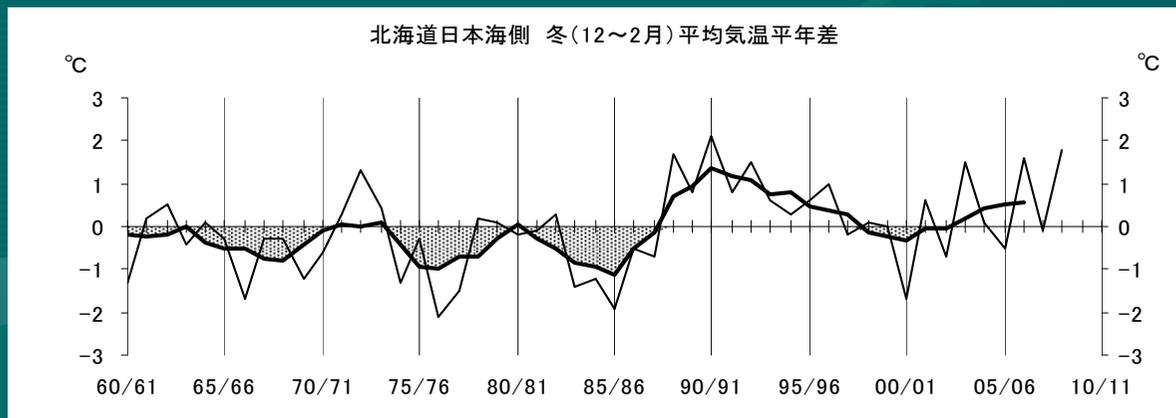
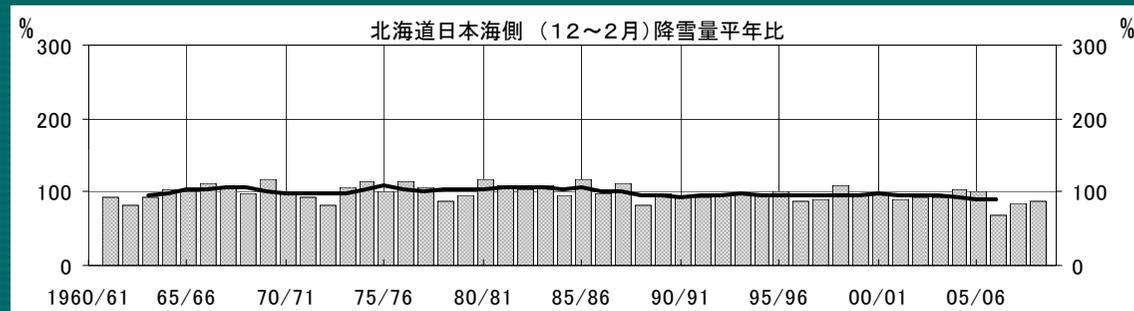
最深積雪の減少はあるがわずか

積雪の経年変化(北陸地方)



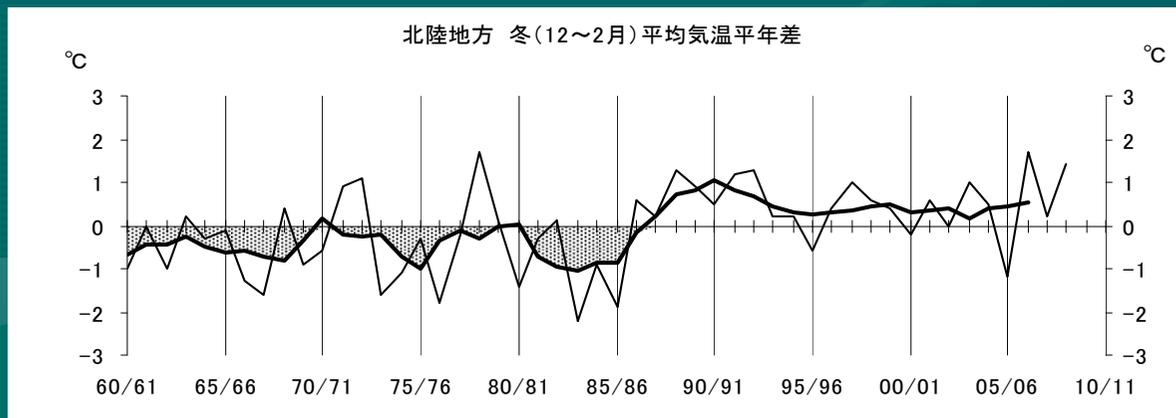
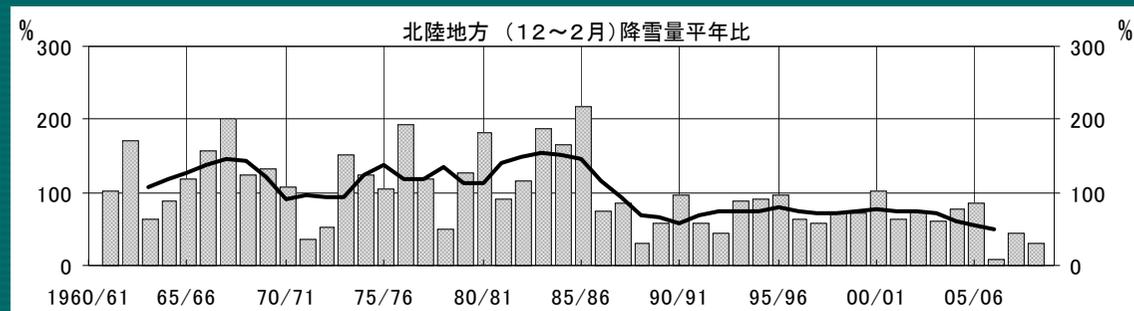
最深積雪は大きく減少

降雪の経年変化(北海道日本海側)



降雪量の減少もあるがわずか

降雪の経年変化(北陸地方)



降雪量も大きく減少

まとめ

降雪量、年最深積雪のトレンド(1962年以降)

降雪量	トレンド(%/year)	95%有意	99%有意
北海道日本海側	-0.21	×	×
東北日本海側	-0.75	○	○
北陸地方	-1.74	○	○
近畿日本海側	-1.27	○	×
山陰	-2.21	○	○

最深積雪	トレンド(%/year)	95%有意	99%有意
北海道日本海側	-0.4	○	×
東北日本海側	-0.5	×	×
北陸地方	-1.6	○	○
近畿日本海側	-0.7	×	×
山陰	-1.5	○	○

本州以南では積雪、降雪共に減少が顕著

オホーツク海の海氷の変動

- 気象庁の海氷観測

明治時代から

観測所における観測

船、航空機による観測

1970年代以降従来の観測に加えて

衛星観測(可視、赤外、近赤外、マイクロ波(合成開口レーダーを含む))

・官署による観測データ

・オホーツク海の海氷面積

全般海氷情報

STPN JMH
SEA ICE
CONDITION CHART
11 DEC 2009

SEA ICE CONCENTRATION (UNIT 1/10)

9-10 7-8 4-6 1-3 <1

-2- SEA SURFACE TEMPERATURE(℃)

全般海氷情報 SEA ICE INFORMATION (NO. 4)

サハリン東岸の海氷域は拡大しています。

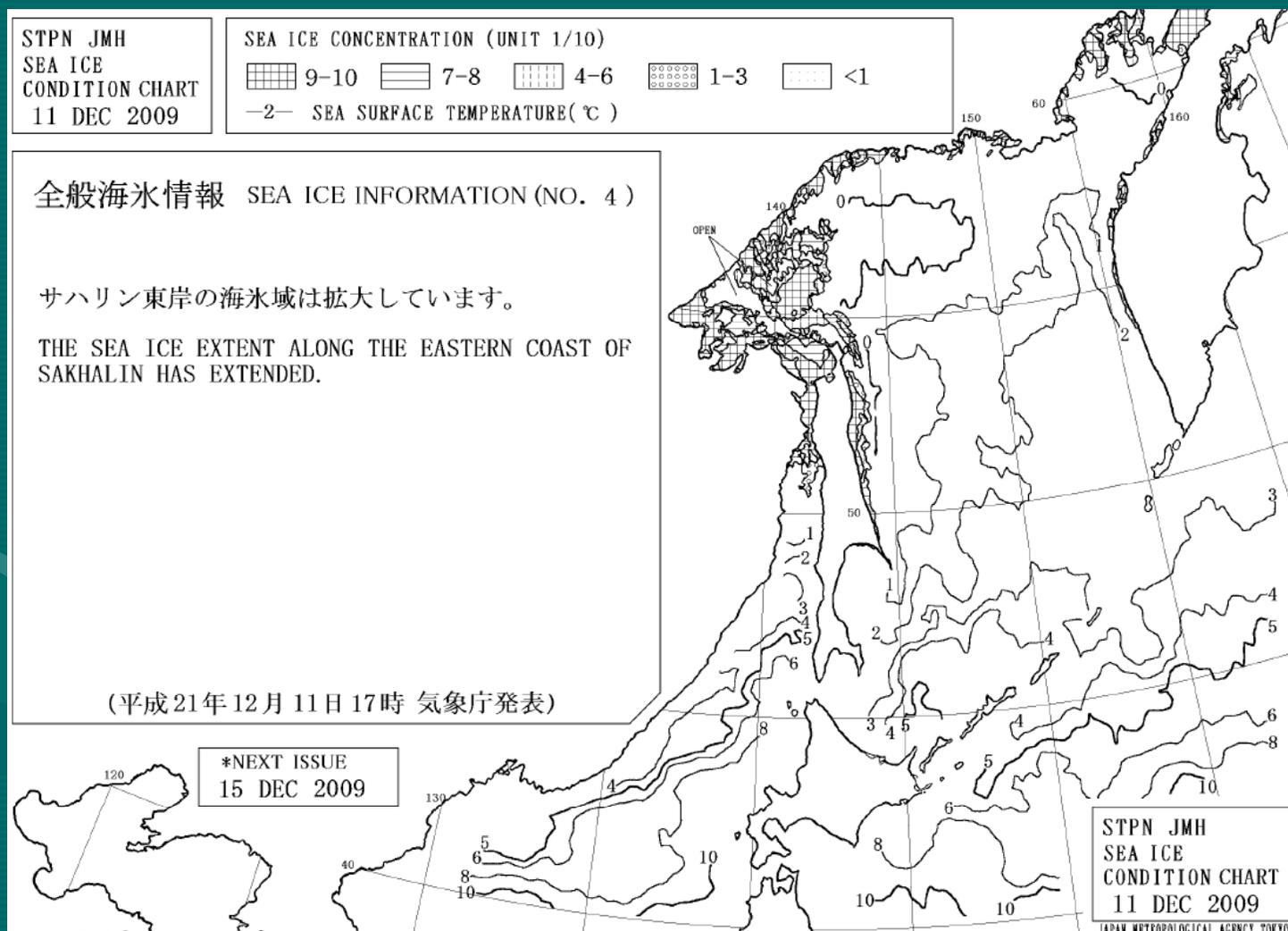
THE SEA ICE EXTENT ALONG THE EASTERN COAST OF SAKHALIN HAS EXTENDED.

(平成21年12月11日17時 気象庁発表)

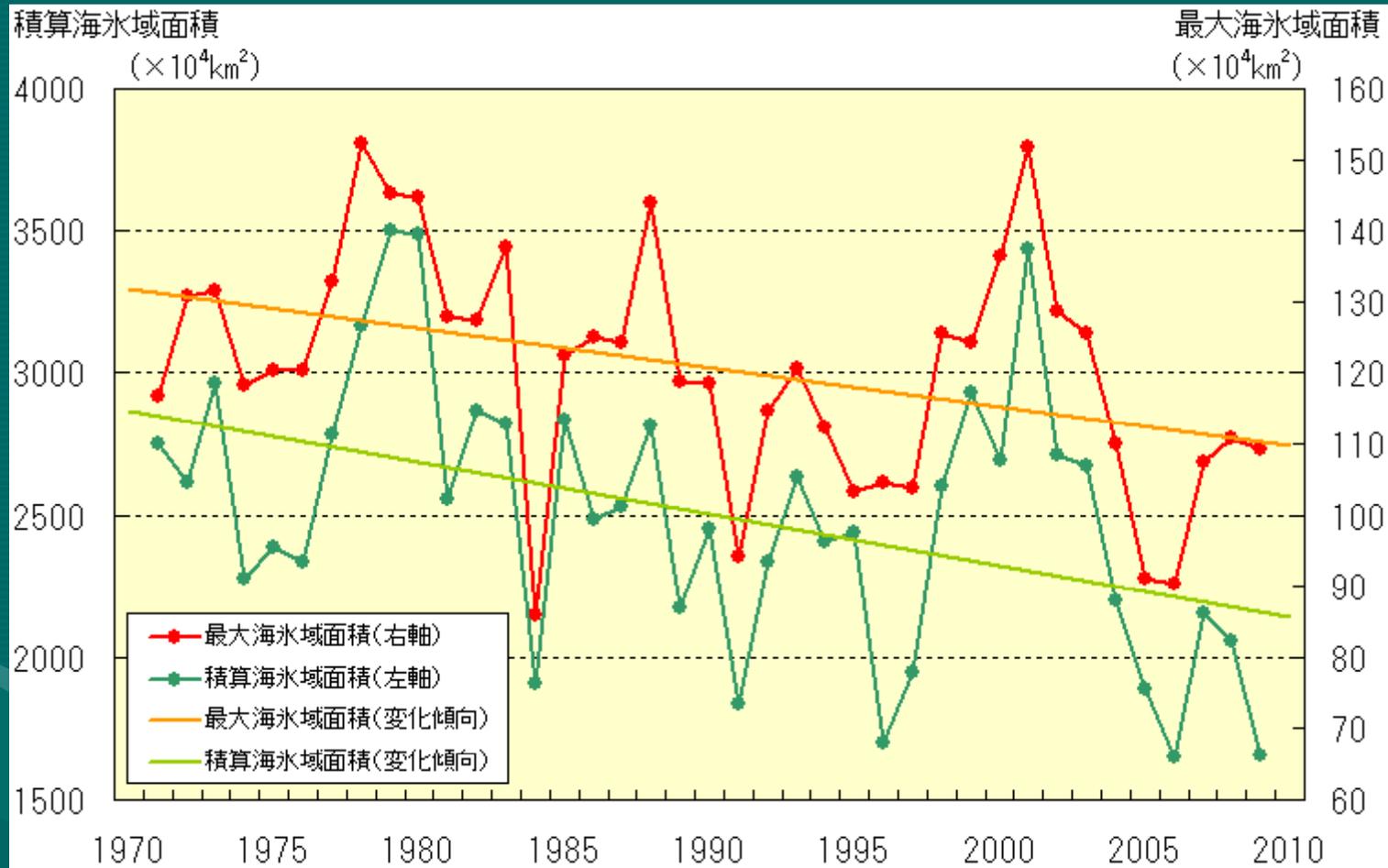
*NEXT ISSUE
15 DEC 2009

STPN JMH
SEA ICE
CONDITION CHART
11 DEC 2009

JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY TOKYO

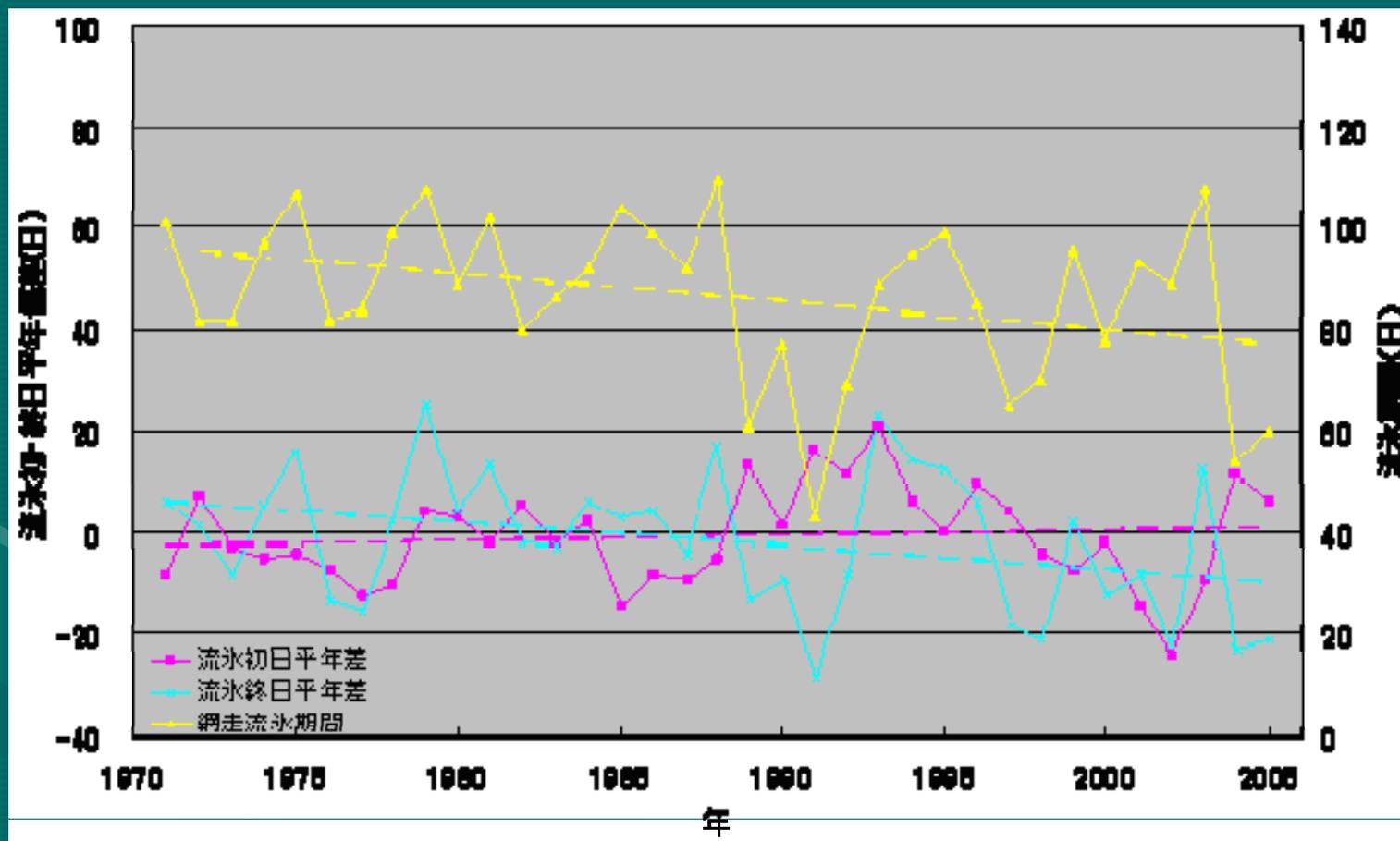


海氷面積の推移



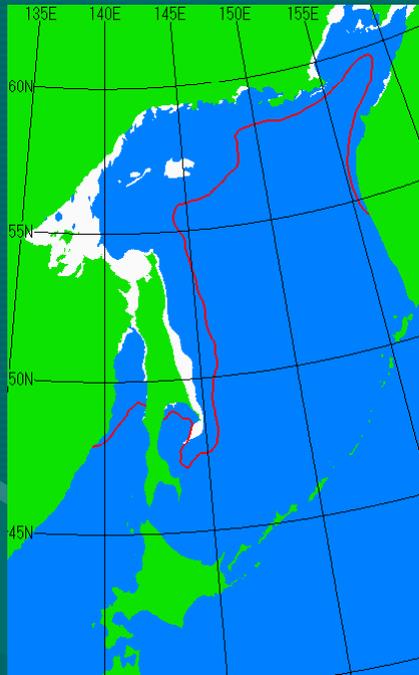
95%の危険率でぎりぎり有意

網走の流氷初日、終日のトレンド

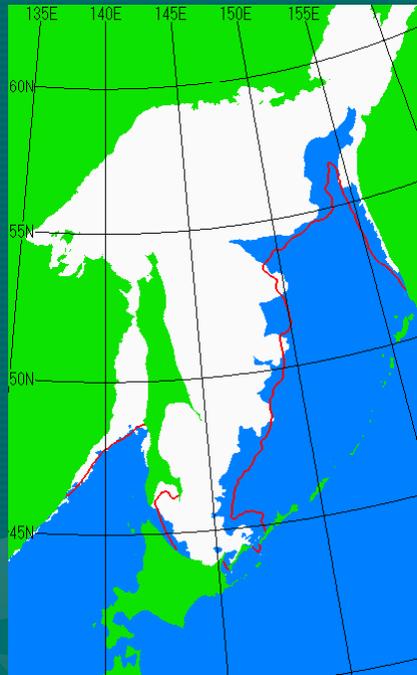


2008/2009の海氷分布

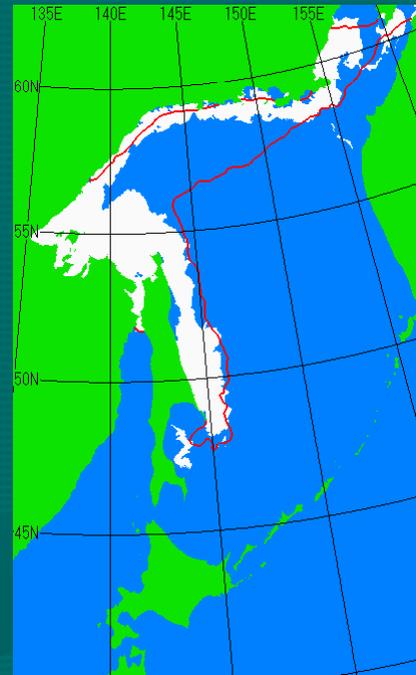
12月31日



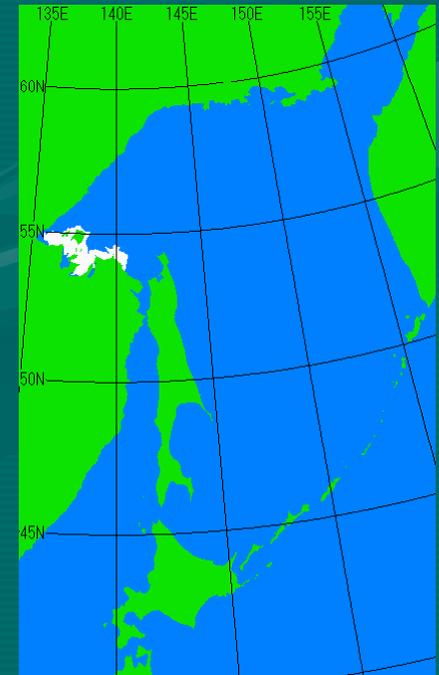
2月28日



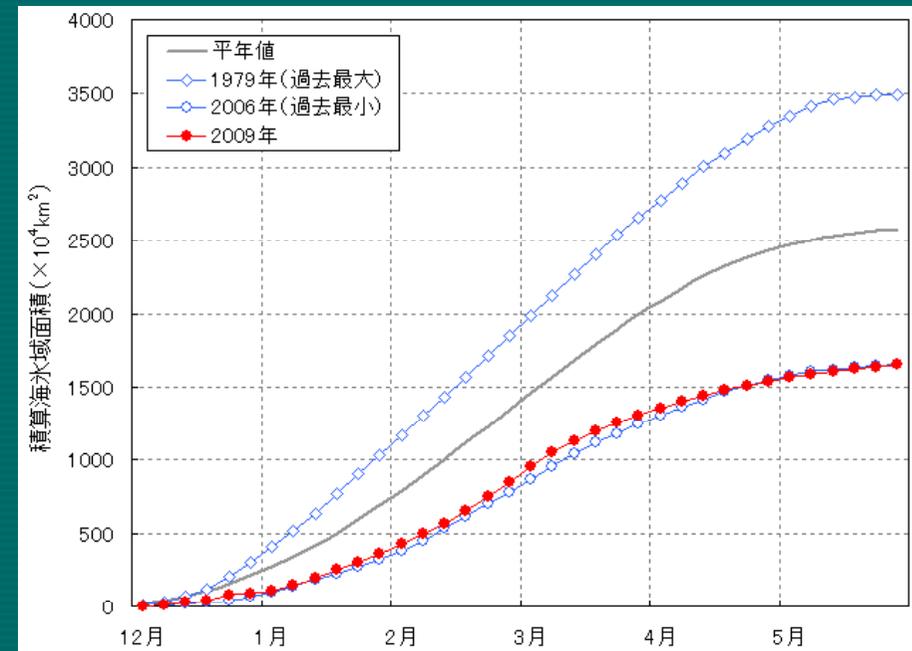
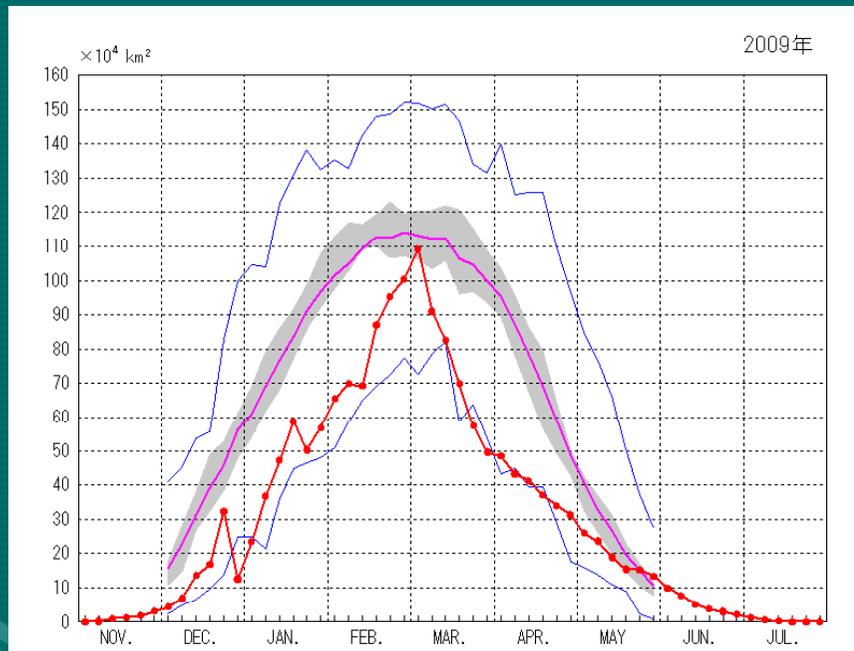
4月30日



6月30日



2008/2009年のオホーツク海の海氷の勢力



海氷の勢力をあらわす積算海氷域面積が、1971年の統計開始以来2番目に小さい値を記録。(過去最小の2006年とほぼ同じ値。平年比64.4%。)

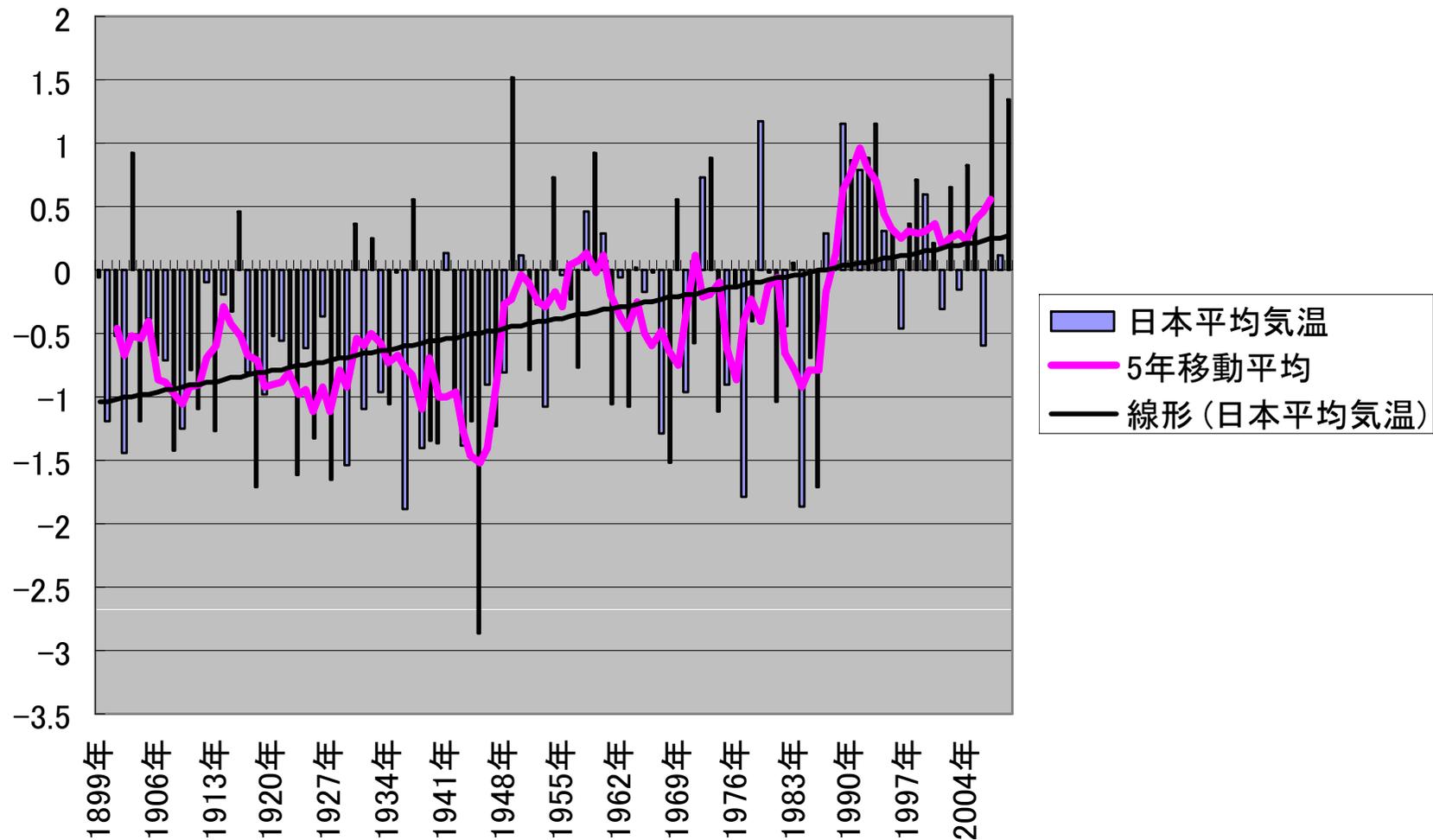
オホーツク海の海氷

- 減少トレンドが見られるが年々変動も大きい
(1972年以降)



北極振動と日本の気温、降雪量 の関係

1980年代後半以降昇温、少雪化が急速に進んだのは何故か？

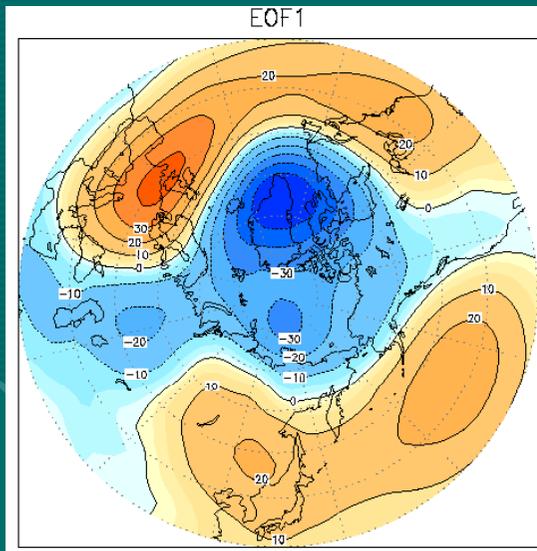


北極振動

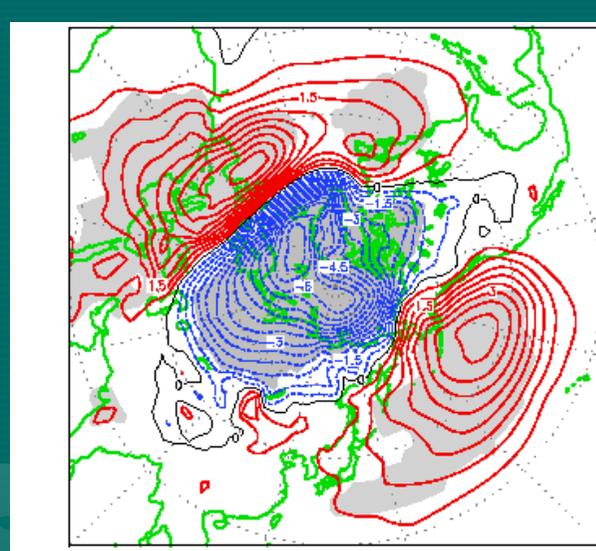
北極振動(ほっきょくしんどう, Arctic Oscillation; AO)

北極と北半球中緯度地域の気圧が逆の傾向で変動する現象

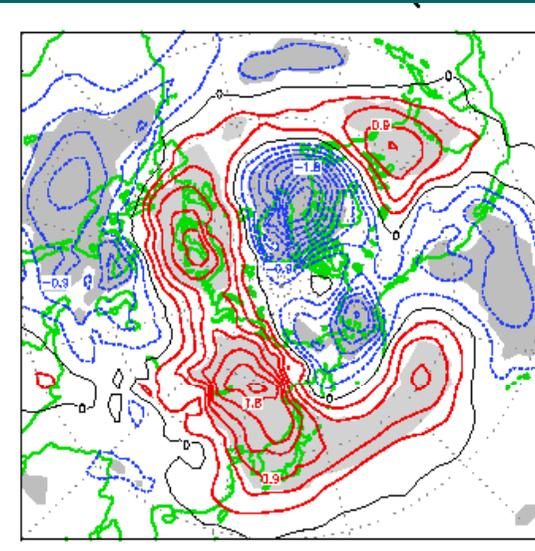
いろいろな定義の仕方があるがここでは500hPa高度場の第一主成分として定義する



500hPa高度場の第一主成分

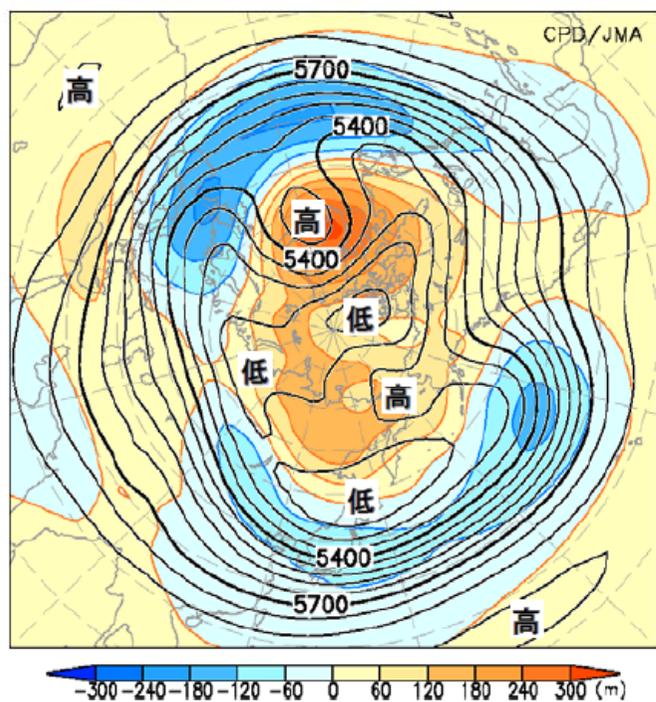
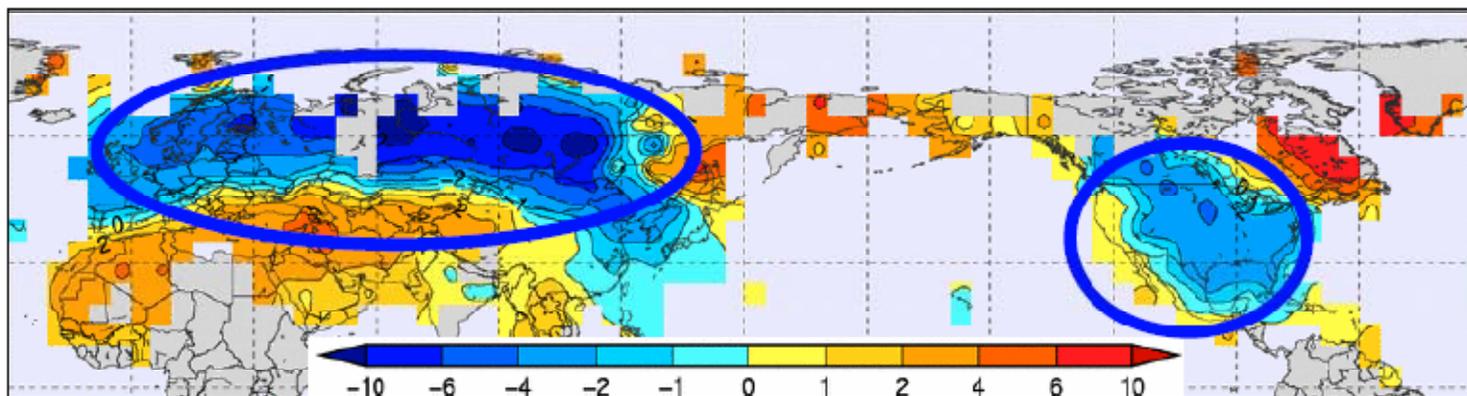


地上気圧の回帰図



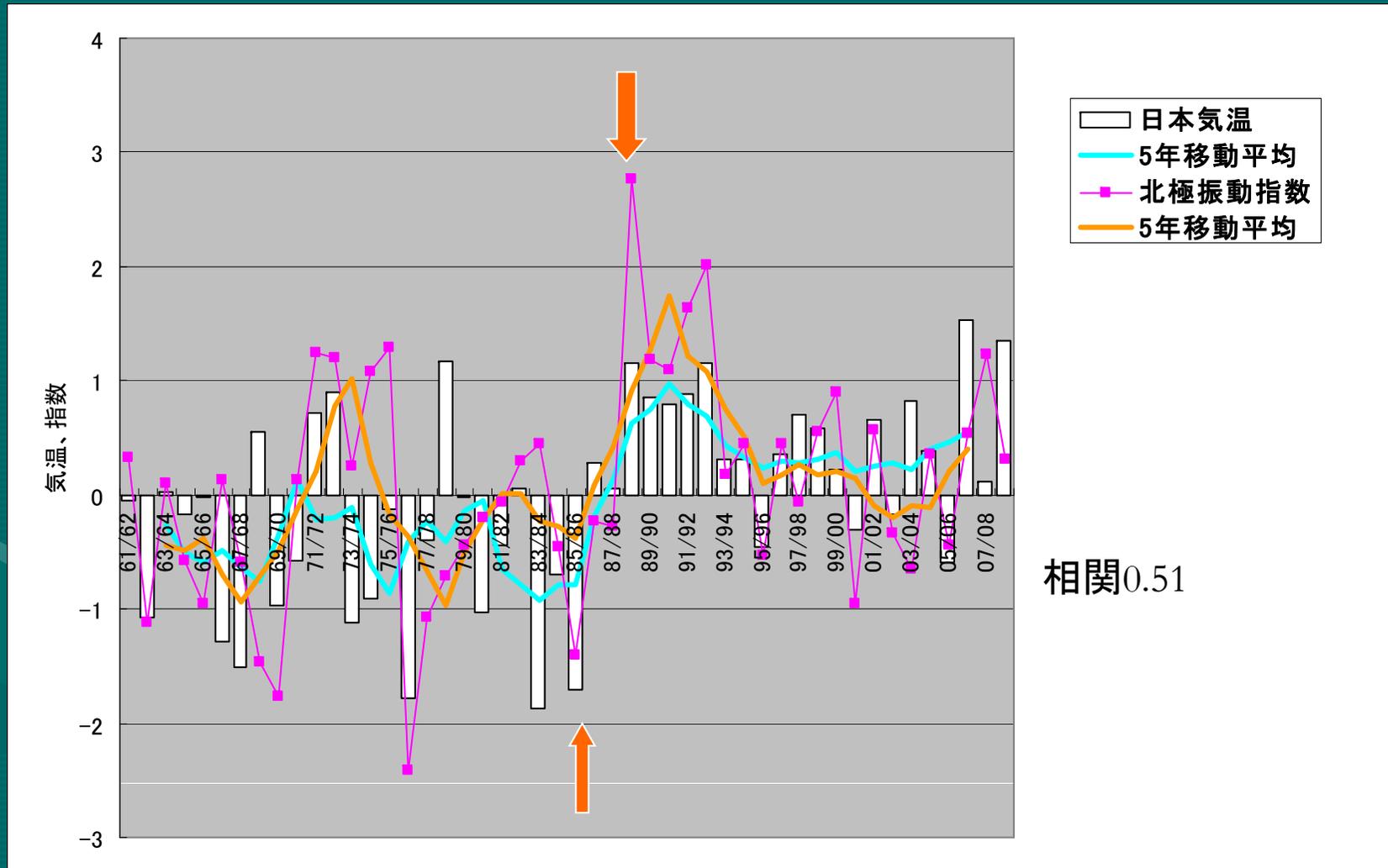
850hPa気温の回帰図

北極振動は年々変動するが、10年スケール変動もする。

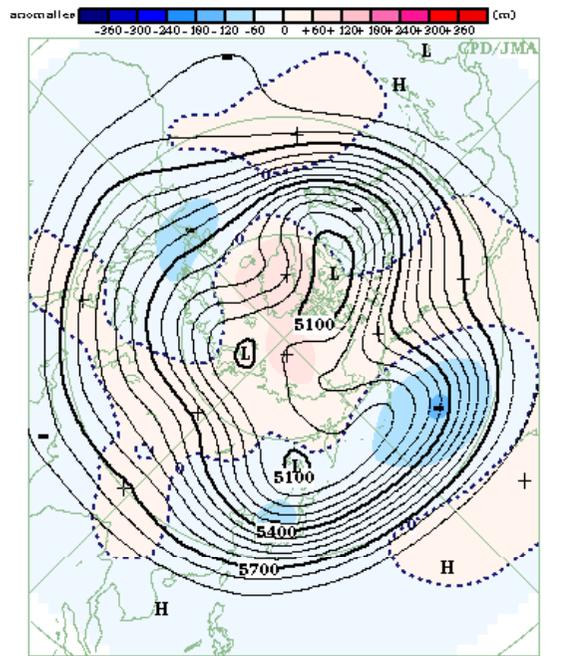


2009年12月12日から2010年1月10日の30日平均気温平年偏差
(上)と同期間の500hPa高度場
と同偏差

日本の冬の気温と北極振動の関係

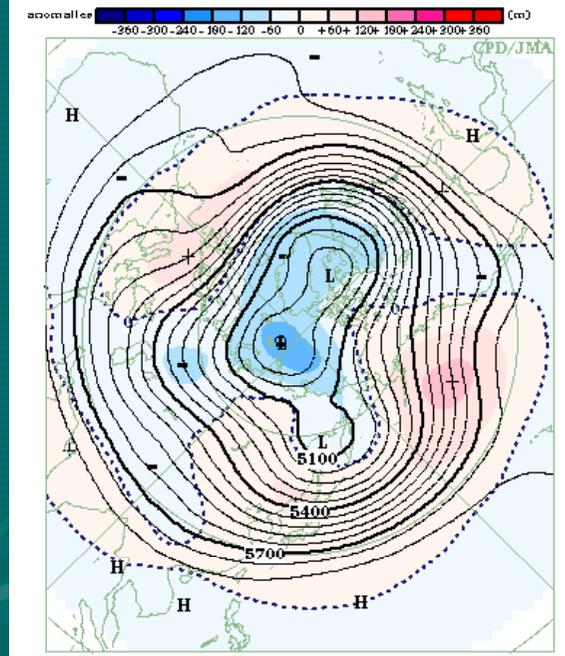
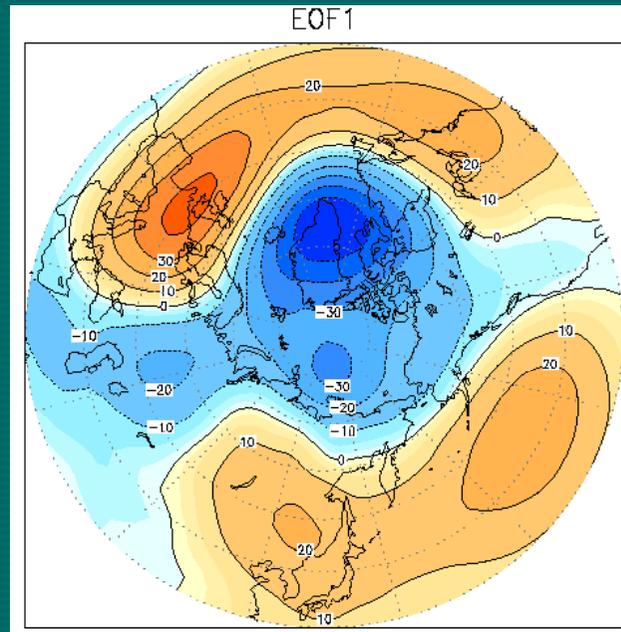


北極振動が負の年 1985/86年冬(500hPa高度場)



3-MONTH MEAN 500hPa HEIGHT AND ANOMALY

北極振動が正の年 1988/89年冬(500hPa高度場)

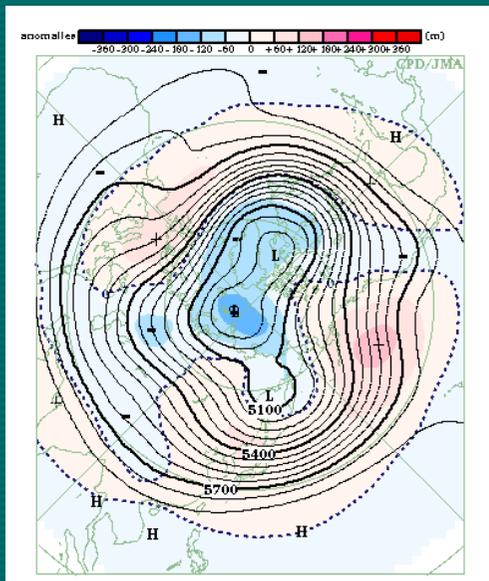


3-MONTH MEAN 500hPa HEIGHT AND ANOMALY

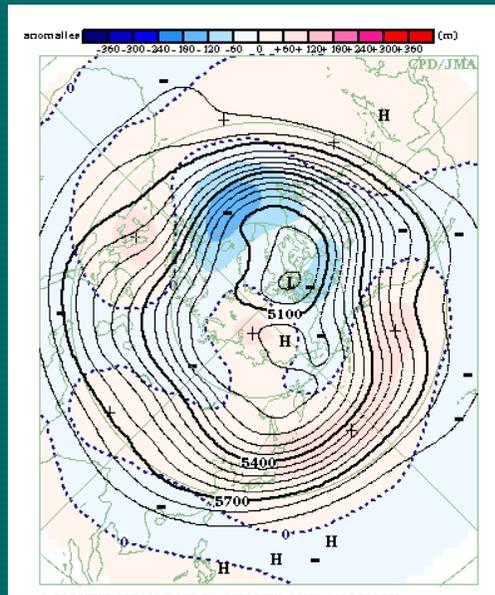
北極振動のパターン

地点名	12-2月最深積雪 (cm)	12-2月平均気温 (°C)
輪島	78	2.1
相川	28	2.5
新潟	52	1.7
金沢	113	2.4
伏木	94	1.6
富山	117	1.5
高田	324	1.3
福井	127	1.8
敦賀	90	3.2

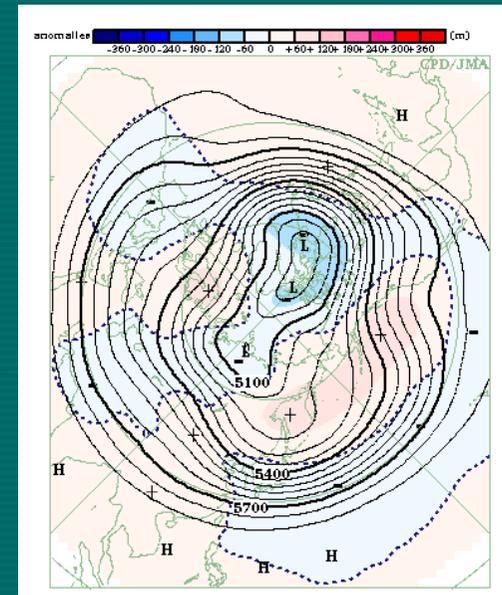
地点名	12-2月最深積雪 (cm)	12-2月平均気温 (°C)
輪島	4	4.9
相川	4	5.2
新潟	8	4.8
金沢	24	5.5
伏木	31	4.9
富山	29	4.8
高田	15	4.8
福井	26	5.3
敦賀	10	6.7



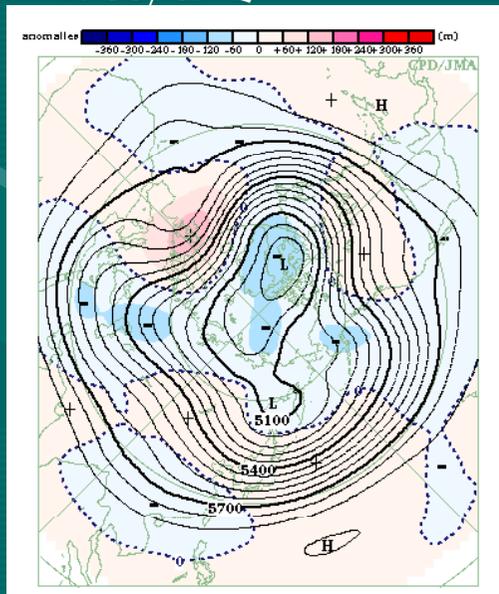
1988/89冬



1989/90冬



1990/91冬

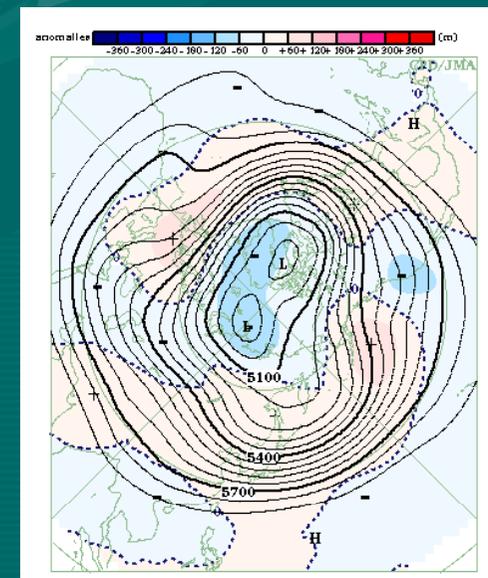


1991/92冬

5年にわたりよく似た天気図
のパターン(正の北極振動)
が現れた

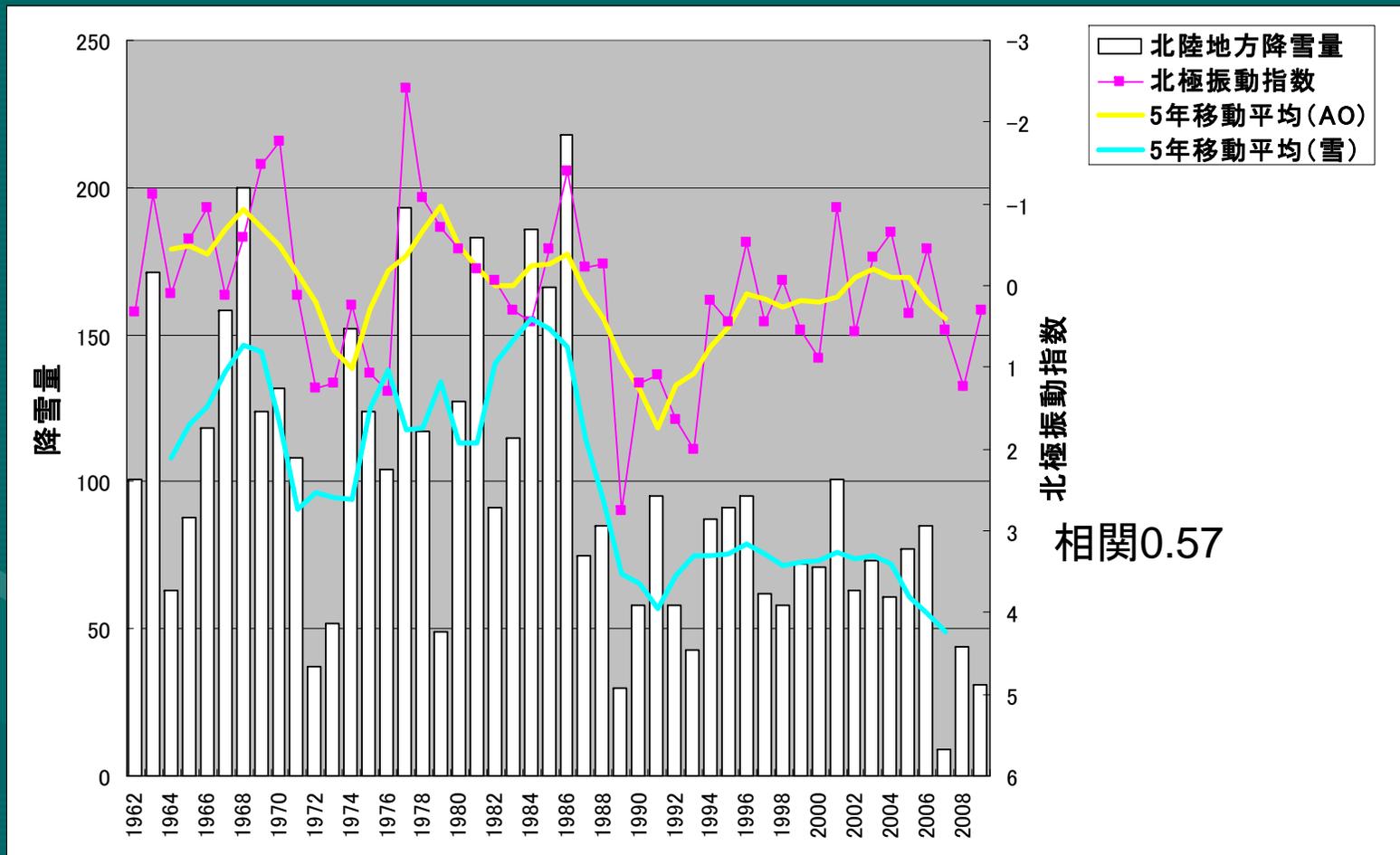


暖冬、少雪が続いた

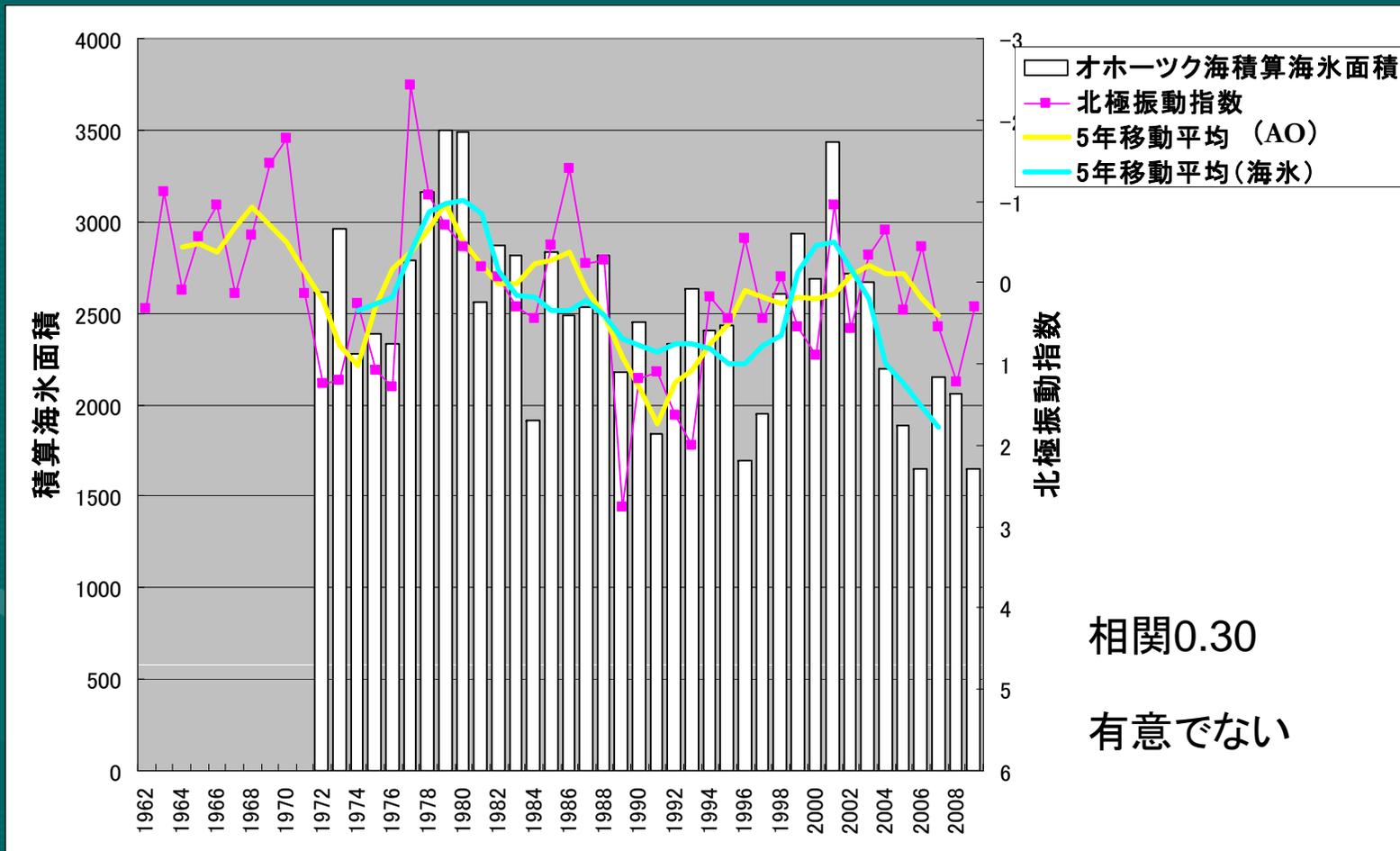


1992/93冬

北陸の降雪量と北極振動指数



オホーツク海の海氷と北極振動指数



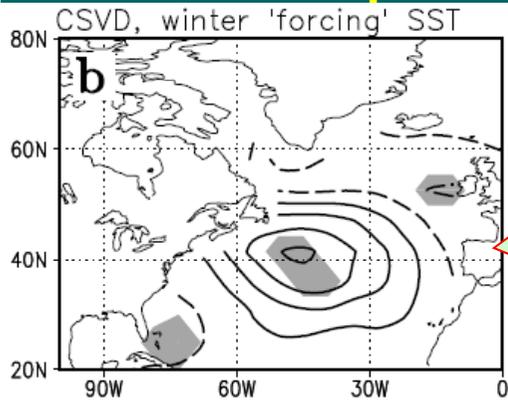
AOの10年規模変動をもたらす要因

- 大気自身の記憶はごく短い！
- 北大西洋の海洋変動とのカップリング
- ユーラシアの積雪の影響(？)

NAO(AOの大西洋部分)と大西洋トライポールとの 正のフィードバック

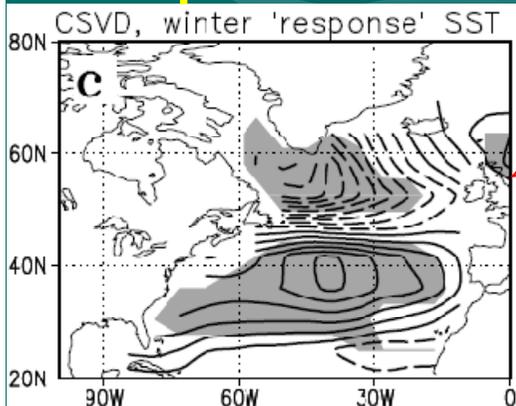
(Watanabe and Kimoto 2000, Czaja and Freankignoul 2002)

海面水温の強制 (associating with SST-> NAO pattern)



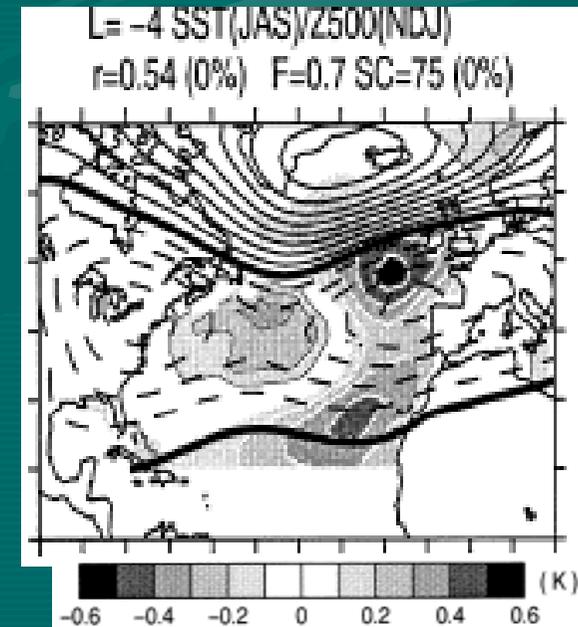
40N付近の正の
海面水温偏差
(周りは負偏差)
がNAOパターン
の強制には最も
効果的

海面水温の反応 (associating with NAO pattern -> SST)



NAOに対する海
面水温の応答は
大西洋トライポ
ールパターンに似て
いる

11-1月の500hPa高
度場と7-9月の海面
水温のラグ相関



ユーラシアの9-11月の積雪と12-2月の北極振動の負相関 (from Watanabe and Nitta 1999)

Lag correlation between snow coverage anomalies during SON in the division-2 and Z500 anomalies during the subsequent DJF (1972-1991)

Division

2: Eastern Eurasia

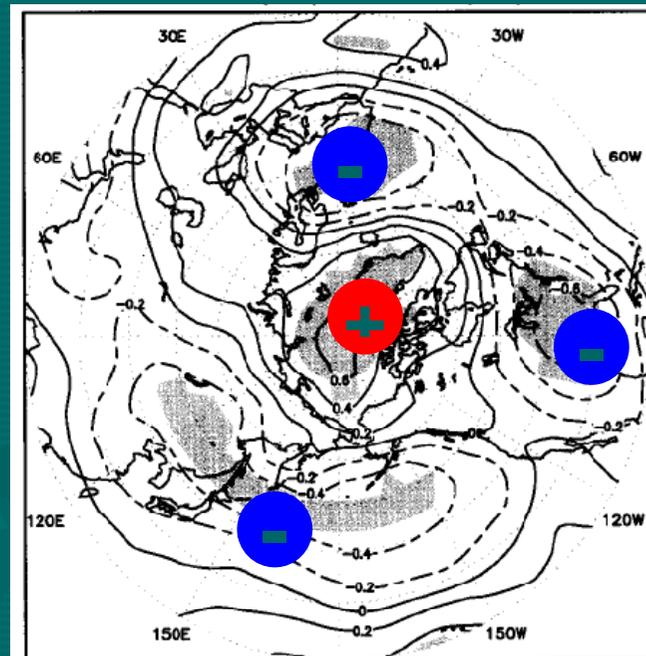
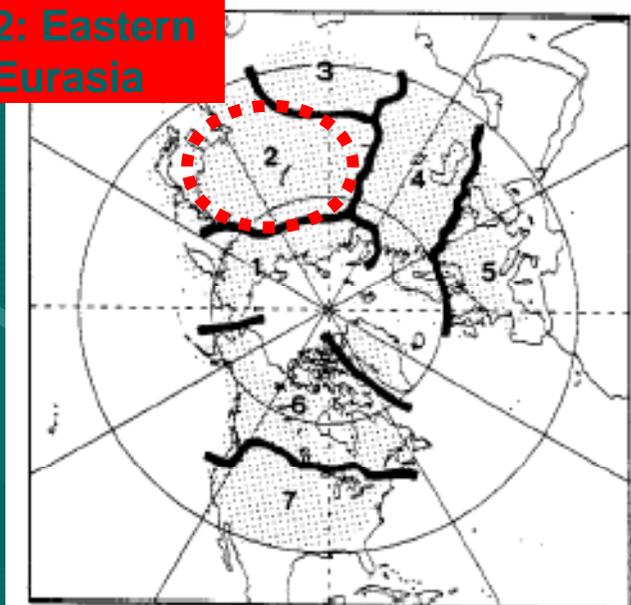


FIG. 11. Correlation of September–November SE over eastern Eurasia with 500-hPa heights in the succeeding winter for 1972 to 1991. Contour interval is 0.2, and negative values are dashed. Values significant at the 5% level using *t* test are shaded.

降雪、積雪、オホーツク海の海氷の 温暖化予測

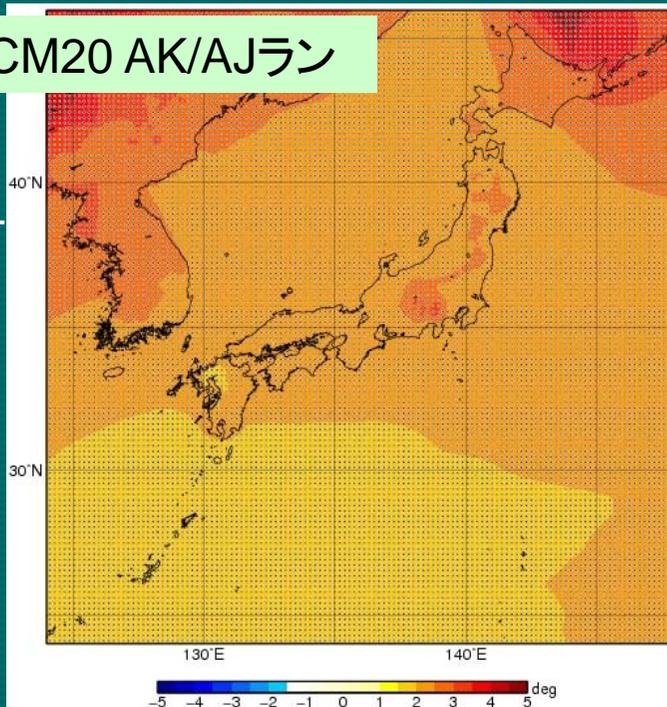


何種類かの数値シミュレーションによる平均気温の将来変化予測(冬季)

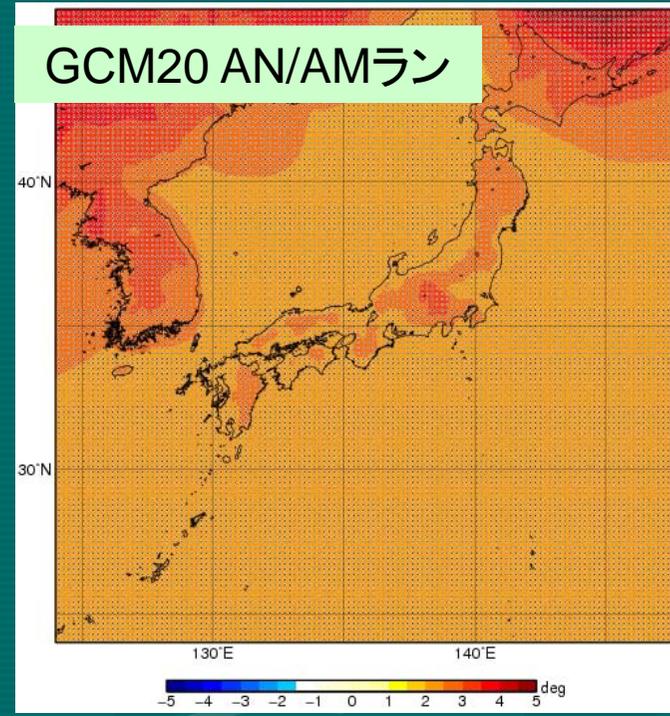
21世紀末と20世紀末の平均気温の差(°C)

有意水準10%で有意な変化を示す地域に点描している

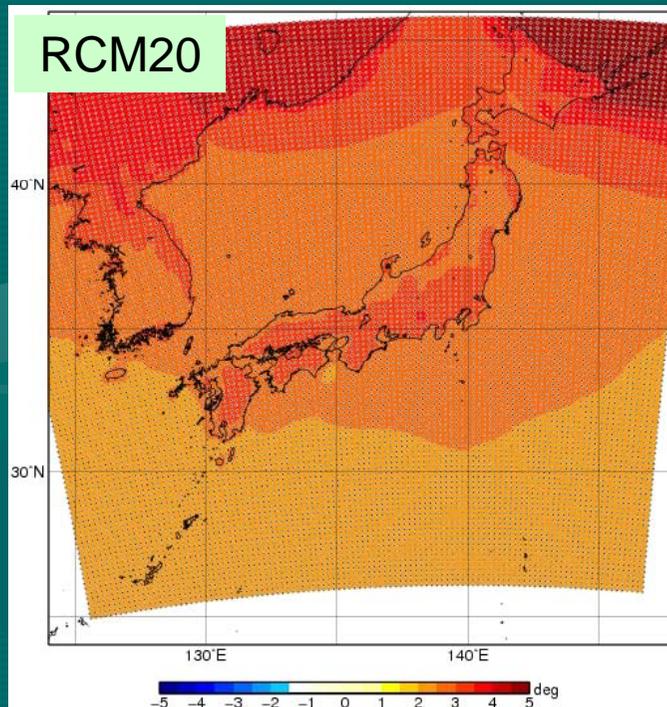
GCM20 AK/AJラン



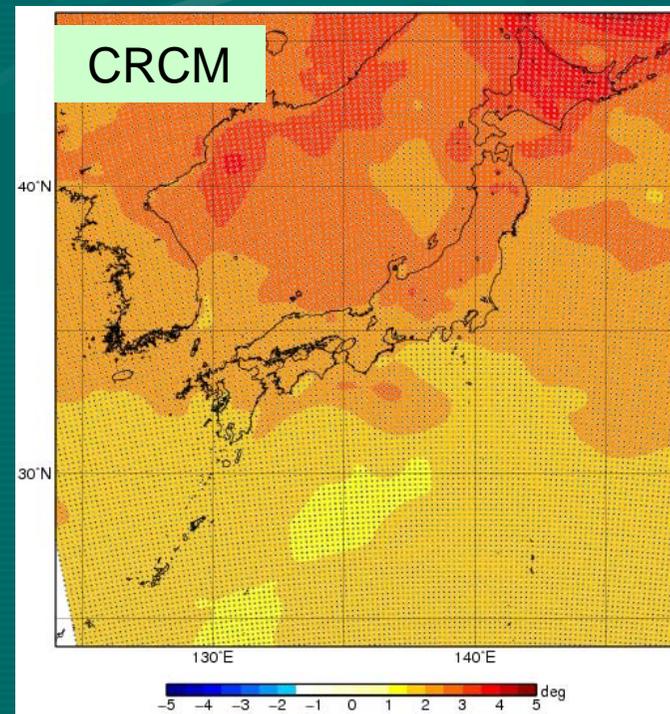
GCM20 AN/AMラン



RCM20



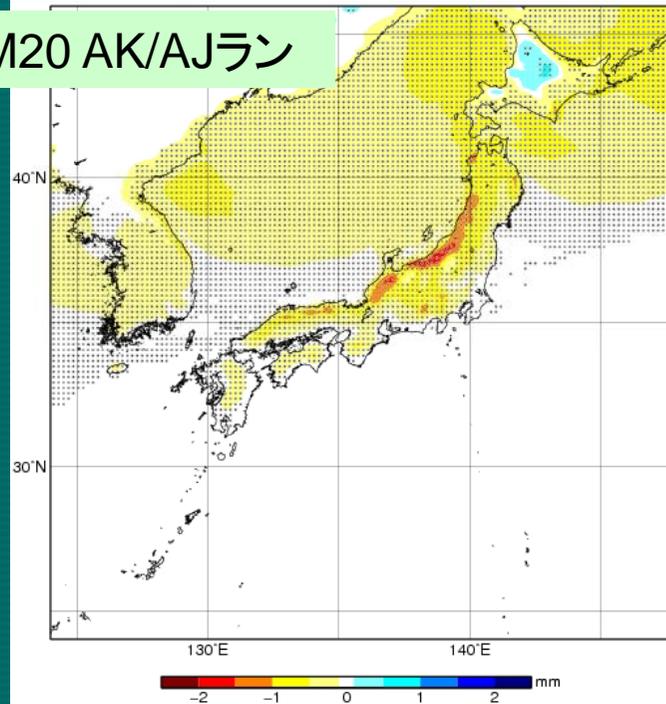
CRCM



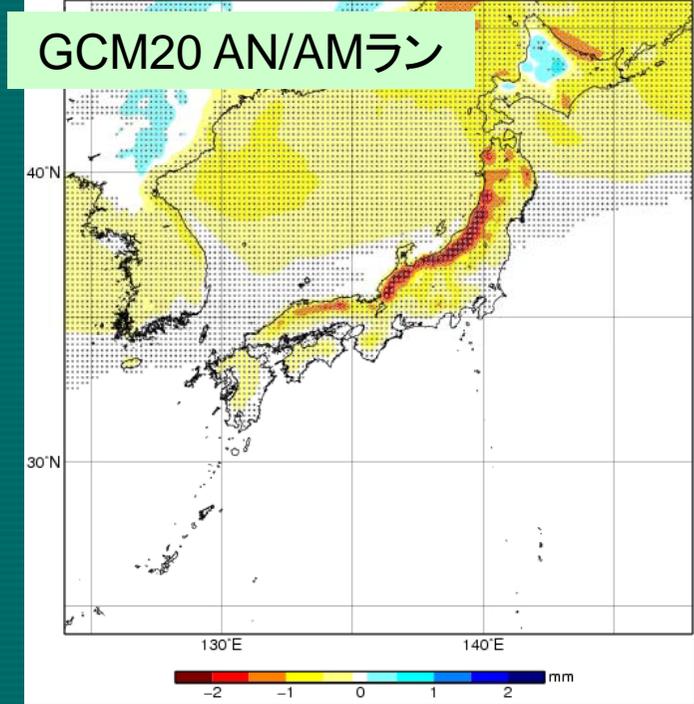
何種類かの数値シミュレーションによる
降雪量の将来変化
予測(冬季)

21世紀末と20世紀末の
降雪量の差
(降水換算mm/日)

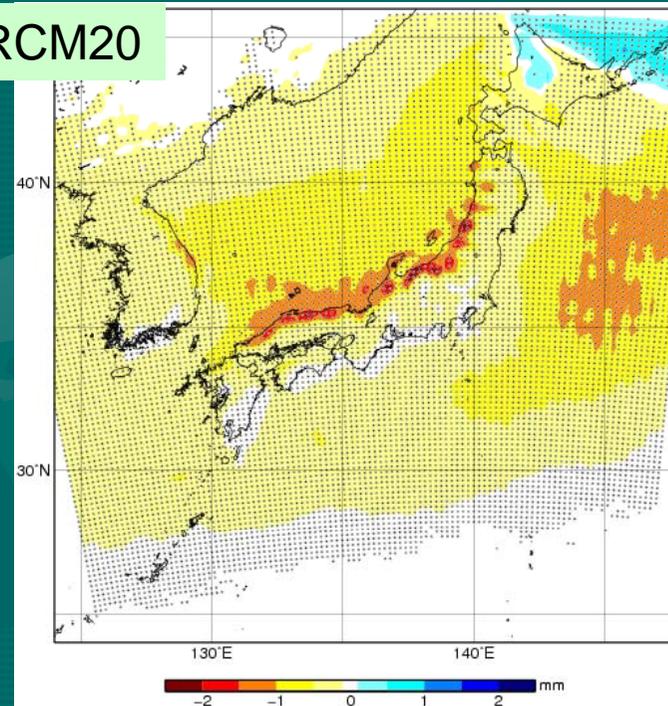
GCM20 AK/AJラン



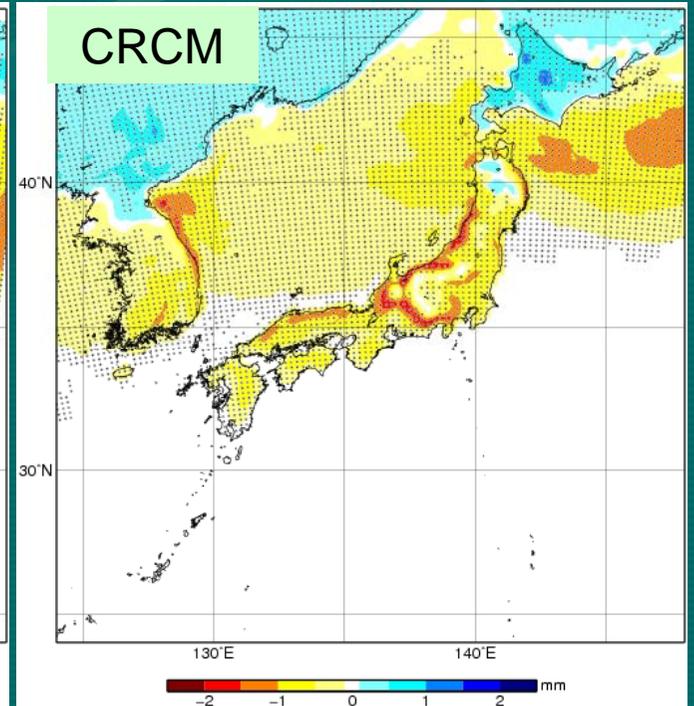
GCM20 AN/AMラン



RCM20

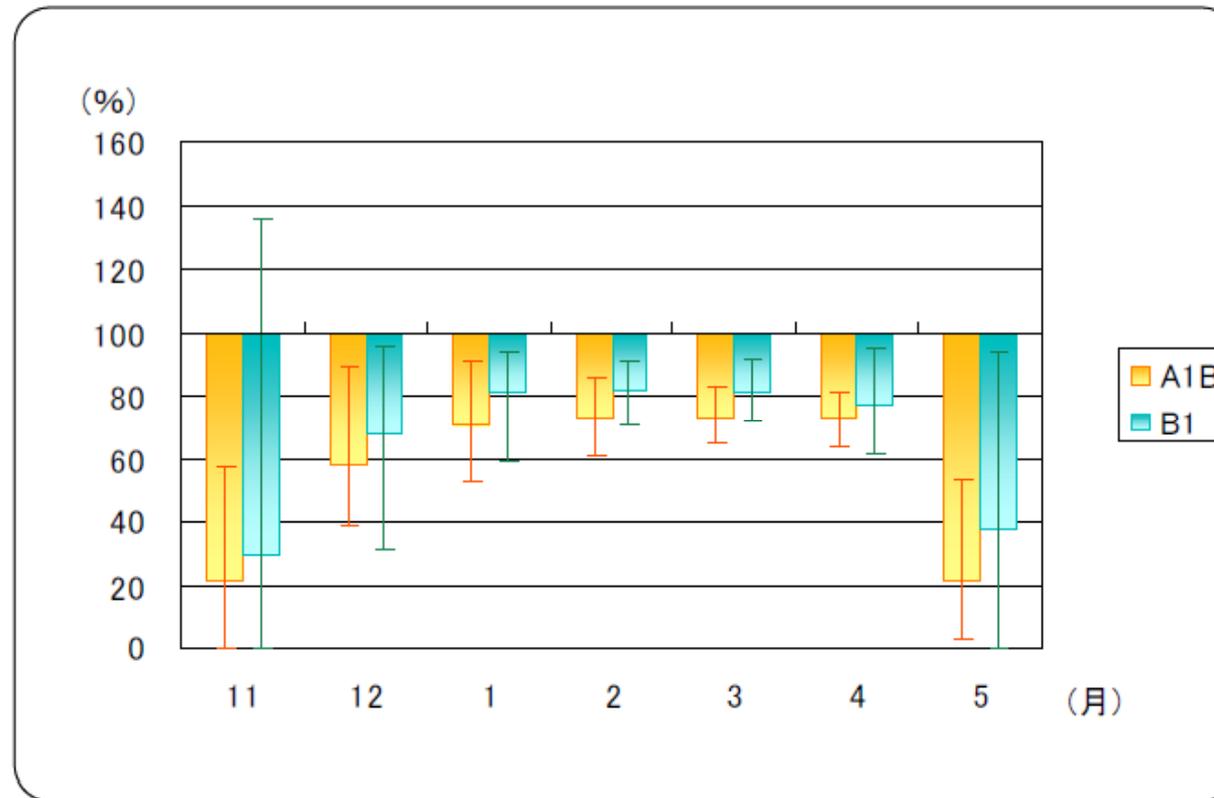


CRCM

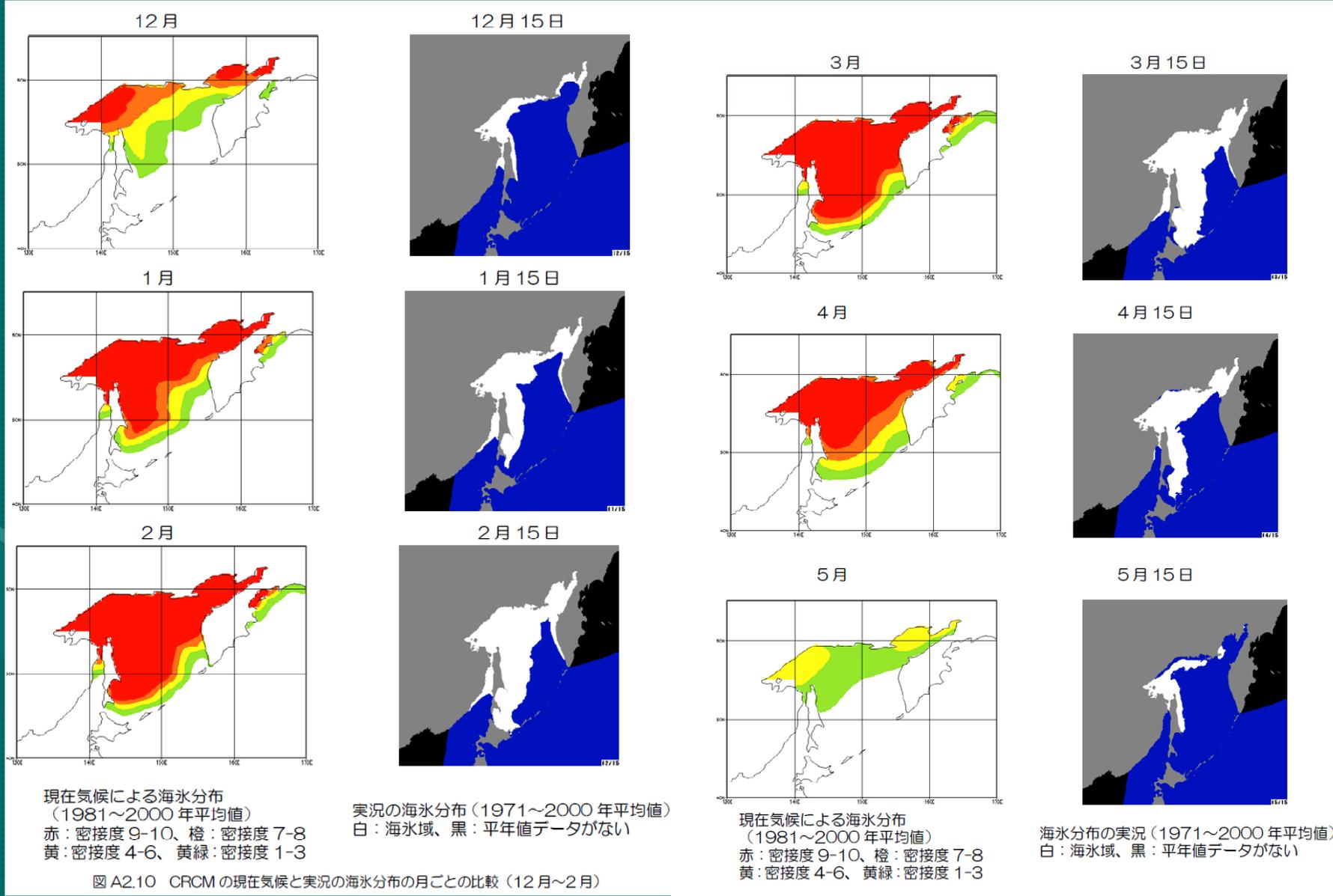


有意水準10%で有意
な変化を示す地域に点
描している

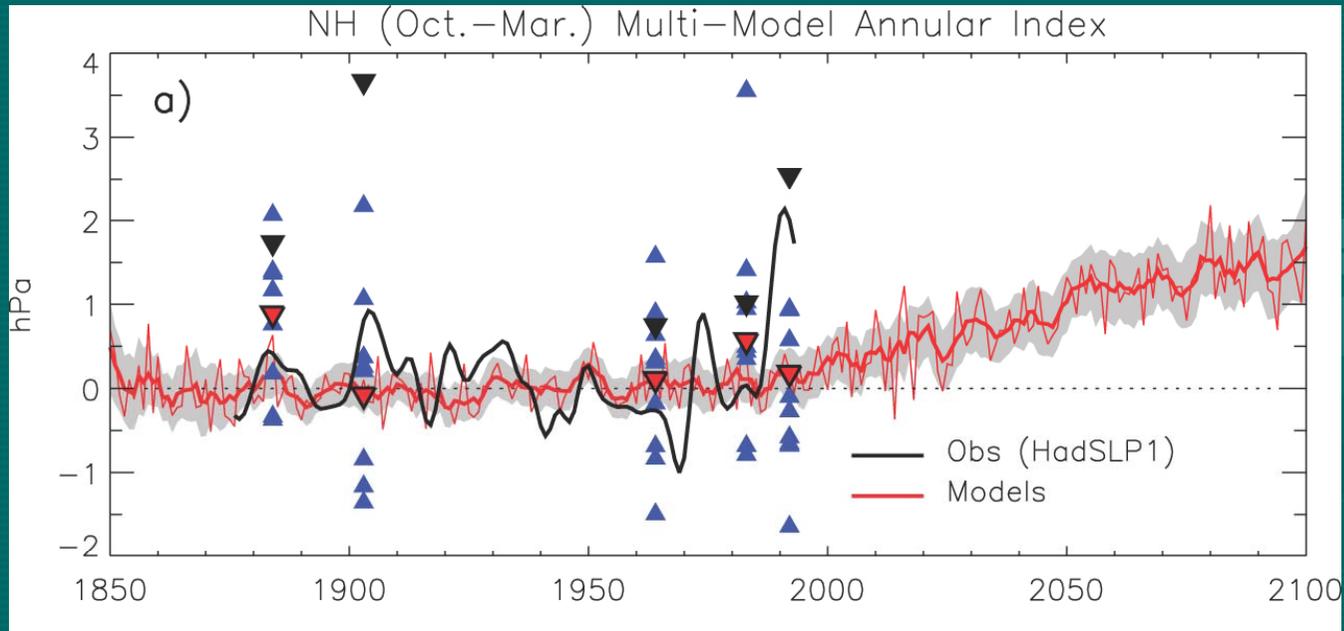
オホーツク海の海氷面積の将来変化 予測(21世紀末)



温暖化予測モデルの海氷の再現性



温暖化時の北極振動



正の北極振動が現れやすくなるという予測だが10年スケールの変動が大きいので区別ができるのは21世紀後半以降

まとめ

- 日本海側の積雪・降雪量共に本州では減少傾向が見られる
- オホーツク海の海氷面積も減少が見られる
- いずれも年々変動、10年スケールの変動も大きく、**より長期間の観測・監視が重要**
- 地球規模の海氷、雪氷は気候の変動のメモリーの役割を果たす可能性がある
- 温暖化時には日本海側の降雪量、オホーツク海の海氷の減少が予測されている