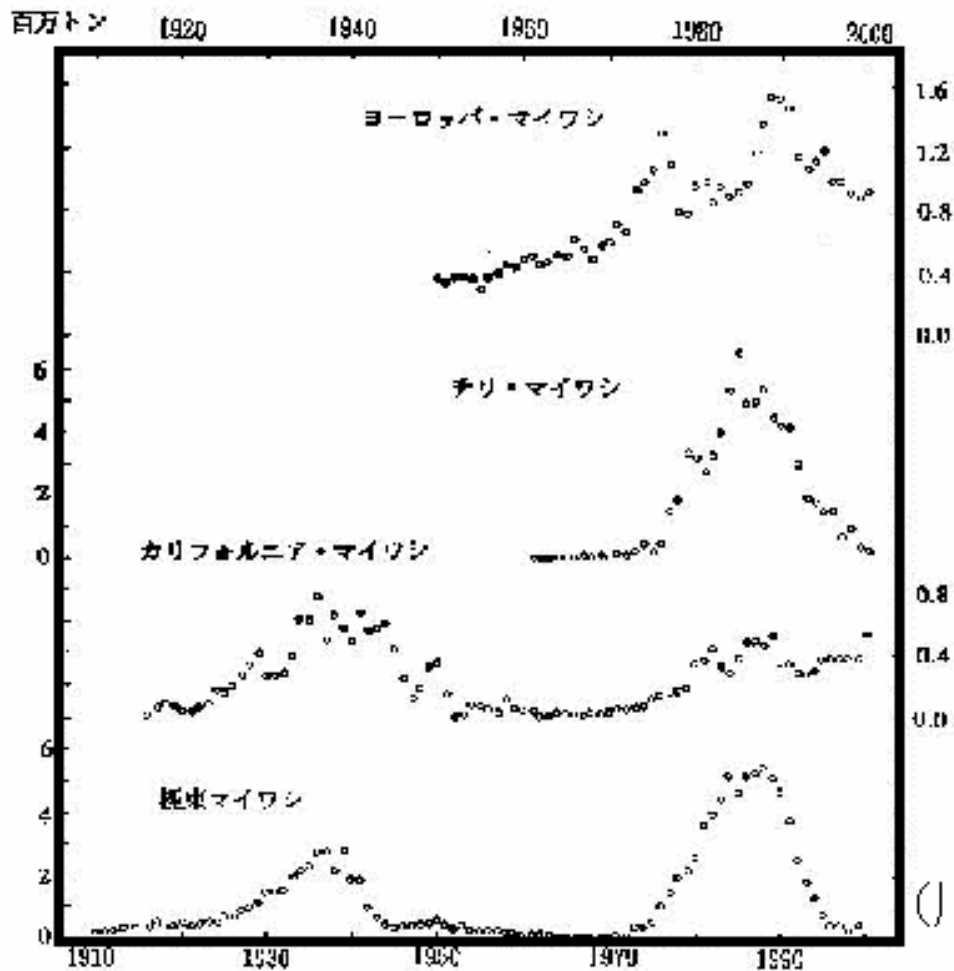


世界中のマイワシが同じような資源変動をしているのはなぜでしょう

下の図は、1910年～2000年までの世界各地のマイワシ漁獲量の経年変化を示しています（川崎 2003）。上から、ヨーロッパ周辺、南米チリ沖、北米のカリフォルニア沖、日本周辺の各海域での漁獲量の変化です。遠く離れた海域にもかかわらず、同じような時期に資源が増大し、また減少しているのがわかります。

これは、地球規模の環境変動が世界各地に生息しているマイワシに影響を及ぼしているためと考えられています。



(川崎 2003)

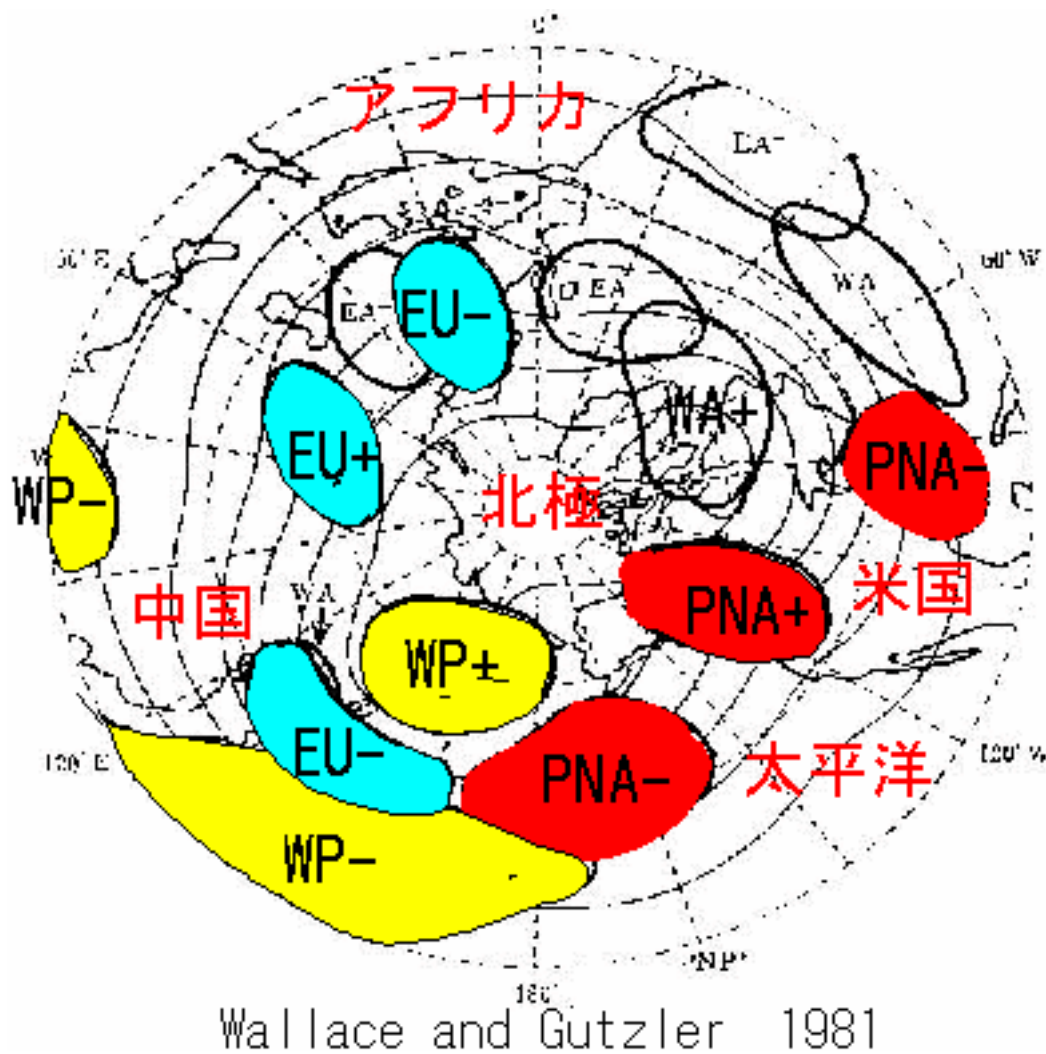
遠く離れた所と連動しておこる気候変動 テレコネクション

遠く離れた場所で生活しているマイワシが、同じような環境変動で資源量が変動しているとしたら、遠く離れた場所で、同じような環境変動をしている仕組みがあると考えられます。それがテレコネクションと呼ばれる現象です。

皆さんは、[エル・ニーニョ現象](#)という言葉が新聞やテレビのニュース等でお聞きになったことがあるでしょう。エル・ニーニョ現象が発生すると、日本は暖冬・冷夏になりやすいことはよく知られています。これもテレコネクションの1例です。

テレコネクションとは、遠く離れた所の気候変動が他の場所の気候変動と同期しておこることをいいます。「テレ」はテレビの「テレ」と同じ意味の言葉で「遠い」という意味があります。コネクションは「コネがある」と使われるように「結びつき」を意味します。

下の図の赤い部分は一番有名なテレコネクションで [PNA](#) (太平洋・北米) パターンと呼ばれています。エル・ニーニョ現象と連動し、アリューシャン低気圧や北米の気候が変動します。エル・ニーニョ現象が発生すると、PNA+とPNA-の地域の気圧場がシーソーのように逆の変化を示します。PNA+の場所の気圧が平年より高くなるとPNA-の場所の気圧は逆に平年より低くなります。黄色の部分は [WP](#) (西太平洋) パターンです。日本周辺を広く覆っている変動パターンであるのがわかります。



革命的な変化：レジーム・シフト

レジーム・シフトとは革命が起こったときのように体制が急激に変化することをいいます。気候変動には、別名「気候ジャンプ」と呼ばれるような、気候が急激に変化する時があります。ある気候の状態から別の気候の状態への急激な遷移を「気候レジーム・シフト」と呼びます。

下の図は、近年で最も大きかった気候レジーム・シフトが生じた 1976/77 年を境に、その後の 11 年間(1977-88 年)の海面水温から、その前の 5 年間(1971-76 年)の海面水温を引いた温度偏差の水平分布です (Yasunaka and Hanawa 2002)。

太平洋の赤道域やインド洋、大西洋の海面水温は、76/77年を境に上昇し、逆に北太平洋の中緯度帯や北東大西洋では冷たくなっています。

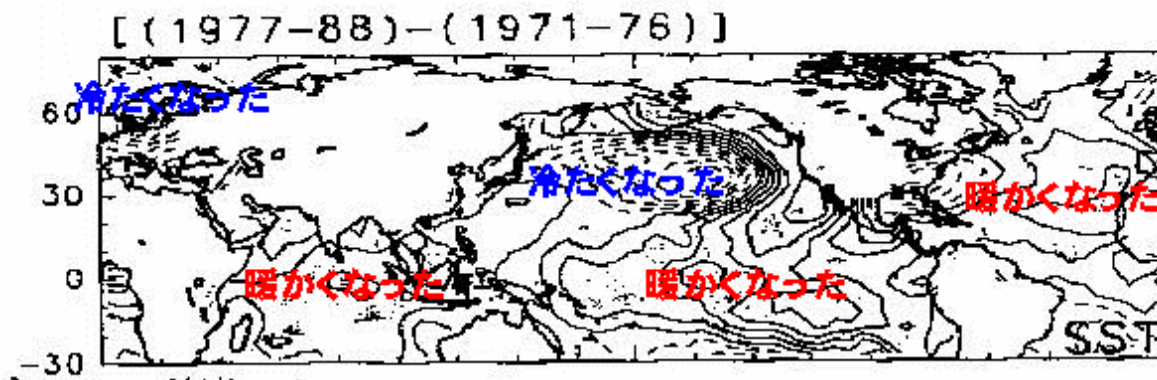


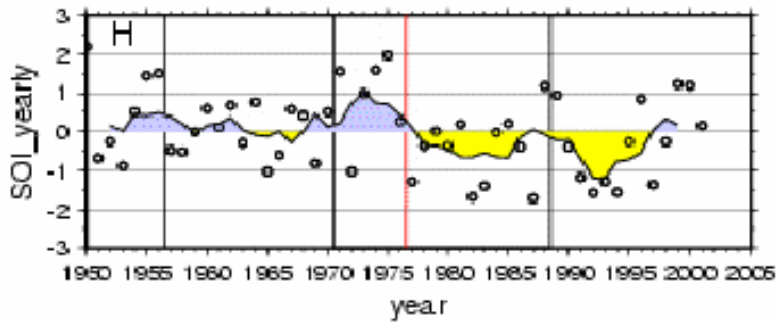
図 1976/77年のレジーム・シフト前後のレジーム間の海面水温差。破線は負、実線が正偏差。
(Yasunaka and Hanawa 2002)

地域ごとに異なる気候変動

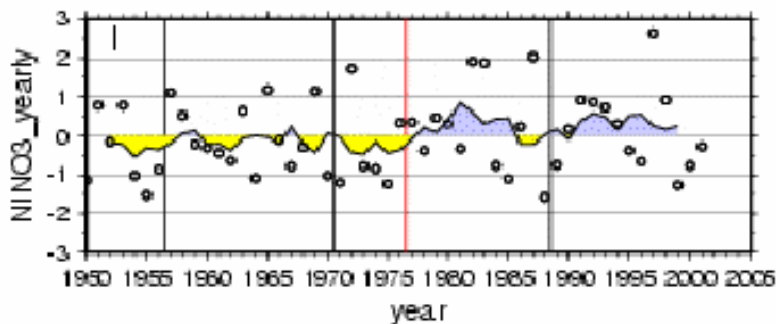
レジーム・シフトに伴う水温変化は、太平洋の温帯域と熱帯域では、逆の変動を示していました。気候変動は、ある地域（海域）毎で異なる変動を示したり、同じような変化を示したりします。いくつかの場所での気候変動を見てみましょう。

[エル・ニーニョ現象](#)は異常気象の代表格として有名な気候変動です。この指標として [SOI](#)（豪州ダーウィンとタヒチ島の気圧差）や赤道域の海面水温が使われます。SOI が負偏差（マイナス値）だとエル・ニーニョ現象、正偏差（プラス値）だとラ・ニーニャ現象が発生していることになります。

下の図で朱線（1976/77年）を境に、その前はSOIが正偏差の時代でラ・ニーニャ現象が発生しやすく、赤道域の水温は低くなっています。朱線のあとはSOIが負偏差になり、エル・ニーニョ現象が多発し、赤道域の海面水温は高くなっています（図中の は各年の値、実線は5年間の移動平均値）。

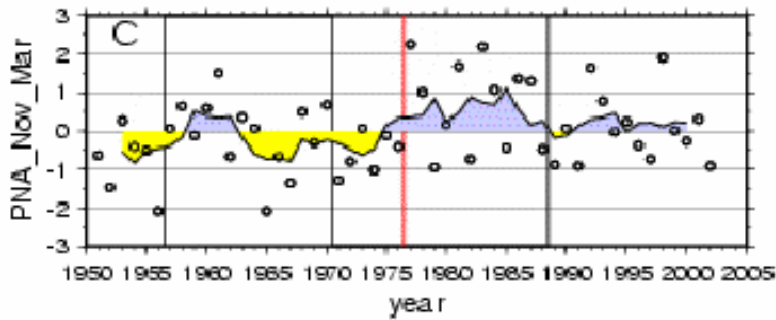


SOI (タヒチと
ダーウィンの
気圧差)

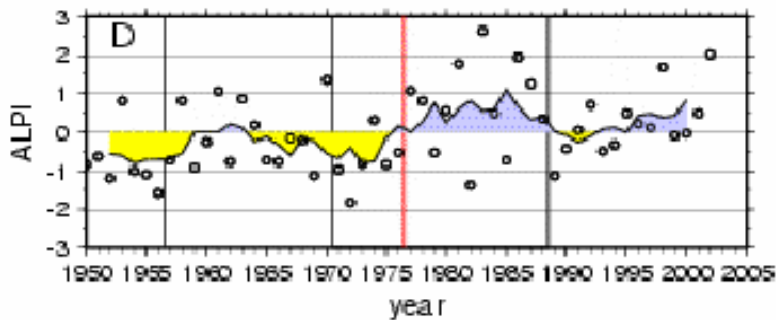


赤道太平洋の
海面水温

下の図は、テレコネクションのところでも述べた [PNA](#) (北太平洋と北米に変動の中心がある) とアリューシャン低気圧の強さ ([ALPI](#)) の時系列です。PNA はエル・ニーニョ現象やアリューシャン低気圧の強弱と連動して変動することは前にも述べましたが、上の図と下の図を比べるとその関連性がよくわかります。下の図の両指標とも、'76/77 年 (朱線) を境にそれ以前は平年より小さく、それ以後は大きい指数になっており、'76/77 年以降はアリューシャン低気圧が強い時代であることを示しています。上の図と下の図から、'76/77 年を境にエル・ニーニョ現象が発生しやすくなり、アリューシャン低気圧が強まっている時代に変ったということがわかります。

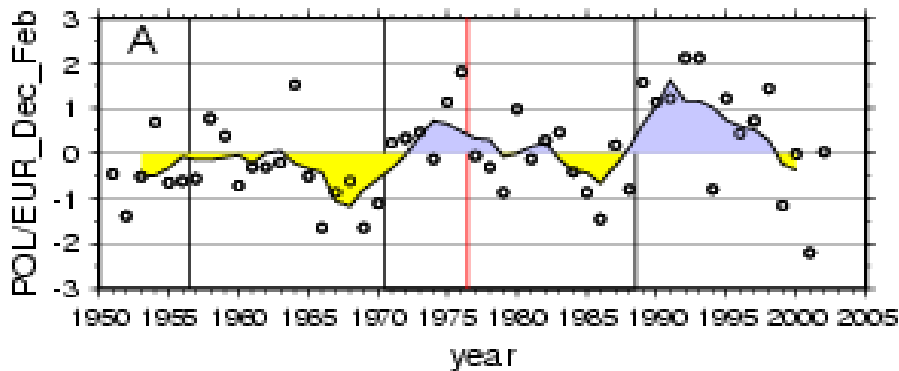


PNA



アリューシャン
低気圧の指標。
(低気圧部の
面積の大きさ)

下の図は、北極とユーラシア大陸に中心を持つ変動パターンの指標 ([POL](#)) です。極渦の強さと連動しています。これには、20年位の周期的変化が見られ、1970 以前は負偏差、1990 年以降は正偏差となっている傾向も見られます。上の4つの指標は、熱帯起源の変動でしたが、下の図は極域の変動であり、両者は異なった変動をしていることがわかります。



気候変動はなぜ起こるの？

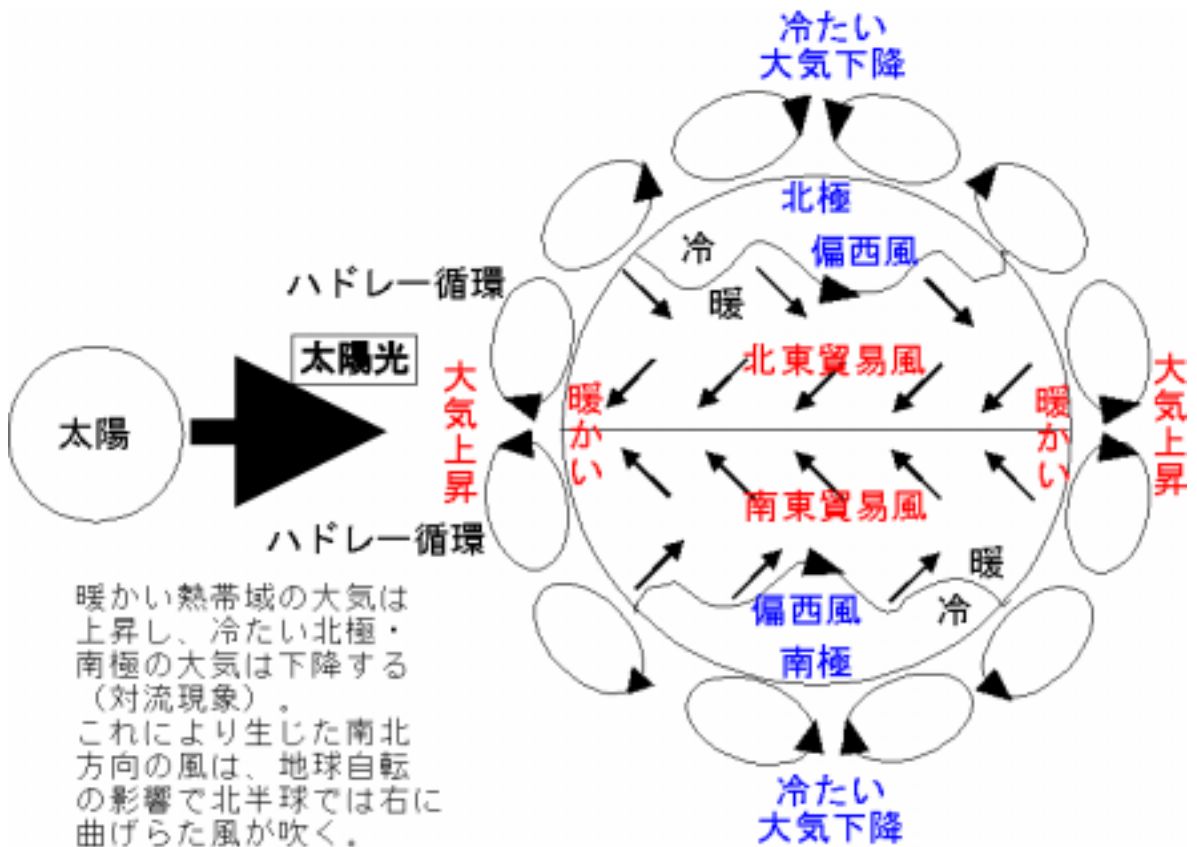
エル・ニーニョ現象やレジーム・シフトなど、気候変動はなぜ起こるのでし

ようか。

気候変動が起こる原因は、太陽活動の変化、偏西風の変化、海洋変動、雪氷面積、火山活動、二酸化炭素等温室効果、森林破壊と砂漠化などが考えられています。

太陽からの光（熱）は熱帯域を強く暖めますが、極域はあまり暖めません。赤道上ではほぼ真上から太陽光を受けますが、極域では真横から受けるので、単位面積あたりに受ける光の量が異なるためです。

冷たい空気と暖かい空気があると対流等が生じ、互いに同じ温度になろうとして混ざり合おうとします。赤道付近で暖められた空気は上昇し、極方向に向かい、中緯度域で下降します。このため、熱帯から温帯の上空では極方向、地上付近では赤道方向の風が吹きます。このような対流による空気の循環を[ハドレー循環](#)といいます。



大気と海洋は互いに影響し合います

海は大気や陸に比べて、暖まりにくく、冷やされにくい性質を持っています。冬や極域で気温が下がっても、海の温度はそれほど下がらず、大気を暖めてくれます。また、夏や熱帯域では、気温が上昇しても海の温度はそれほど上がらず、大気を冷やしてくれます。海があるから穏やかな地球の気候が保たれています。

大気と海洋は相互に影響し合いますが、このことを大気海洋相互作用といいます。大気と海洋の温度差や蒸発・降雨で熱が交換されますし、風の循環は海の水を動かし、海洋の循環（海流）を作り出します。作り出された海洋の循環は、熱を熱帯から温帯に運び、寒帯から温帯へ冷たい水を運ぶことで、熱帯と寒帯の気温差を小さくする働きをしています。

有名なエル・ニーニョ現象も、大気と海洋の相互作用の一例です。

各海域の気候変動が、大気と海洋の相互作用を変化させ、魚の住む海も変化することにより、魚の資源も変動すると考えられています。

気候変動は、まぐろ類にはどのように関係しているの？

下の図は、クロマグロの0才魚の加入量（漁場にはじめて入ってくる魚の量）と海面水温変動との関係を示しています。加入量が大きいときに、海面水温が高かった海域を黄色から赤色、水温が低かった海域を青色から紫色で示してあります。

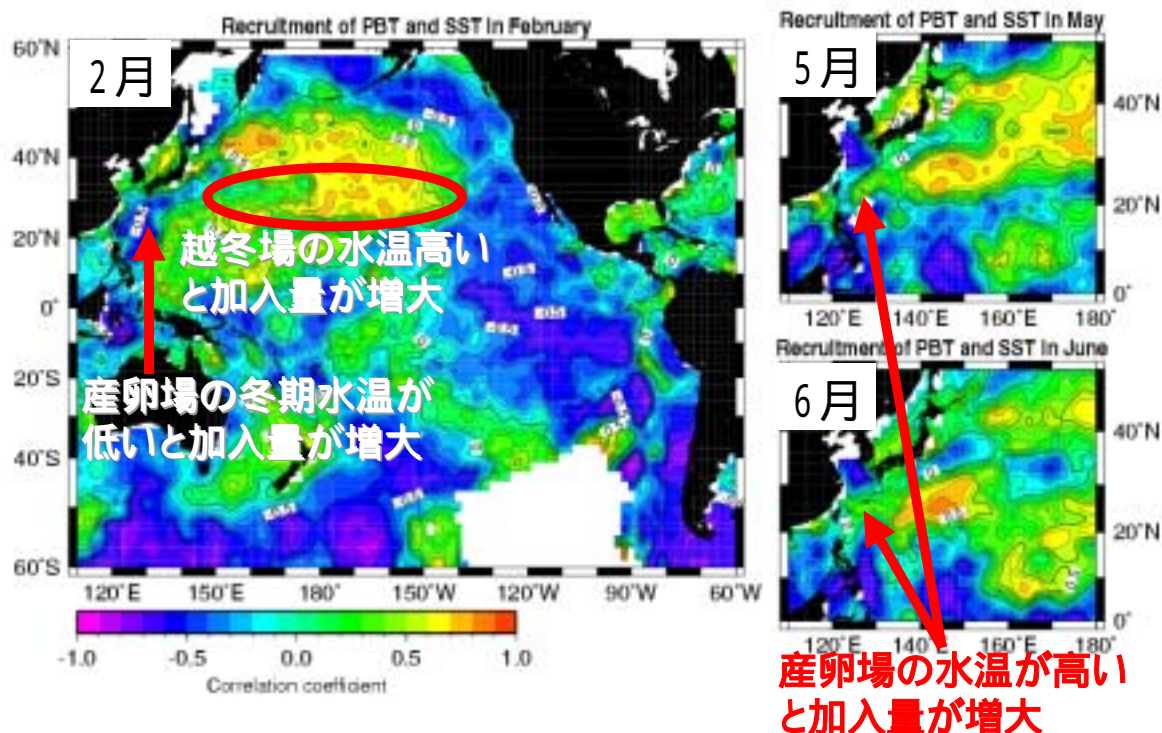
左の図は2月の水温との関係、右の図は産卵期の5月と6月の水温との関係を示しています。2月の図を見ると、北太平洋中緯度中央部が赤くなっており、東部赤道域が青色になっています。つまり、加入量が大きくなる時は、北太平洋中央部が暖かく、東部赤道域が冷たいときであることがわかります。

北太平洋中緯度中央部と東部赤道域が逆の関係にあるのは、レジーム・シフトやテレコネクションのところで示したエル・ニーニョ現象とPNAパターンの関係で、ラ・ニーニャ現象の時には、アリューシャン低気圧が弱まり、北太平洋中緯度中央部の水温が高くなることを示しています（エル・ニーニョ現象の時には逆に低温の関係になります）。

クロマグロは、太平洋を大回遊します。冬の間は黒潮続流の南側で越冬し、春の産卵期には親魚は沖縄周辺で産卵し、夏から秋にかけて北上して親潮の近くまで北上し、晩秋に黒潮続流域へ移動します。左下の図は、越冬する海域が

2月には高温である程、加入量が大きくなることを示しています。一方、産卵場となる沖縄周辺は2月には低温となる方が加入量は大きいですが、産卵期には産卵場の水温は暖かい程、加入が良くなることを示しています

クロマグロ0才魚加入量と海面水温

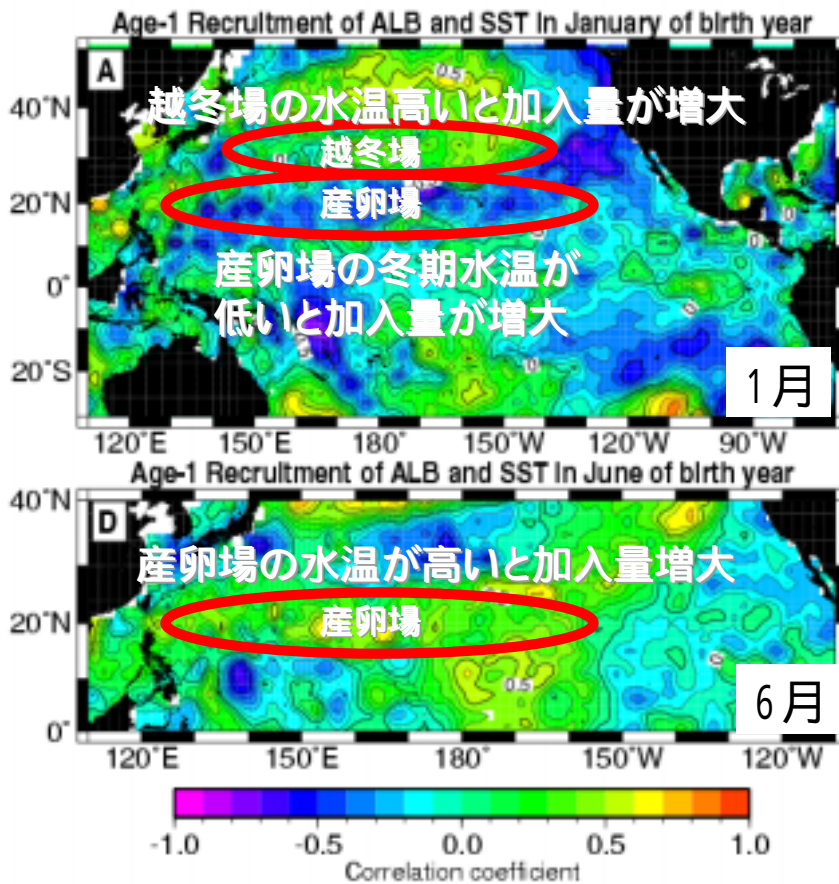


ビンナガは1才魚になると漁獲され初めます。文和が1才魚の加入量と海面水温との関係はどうでしょうか。

北太平洋のビンナガはクロマグロと同じような回遊をしますが、産卵場は北緯20度付近の北太平洋亜熱帯域で、東西方向に細長く広がった海域です。

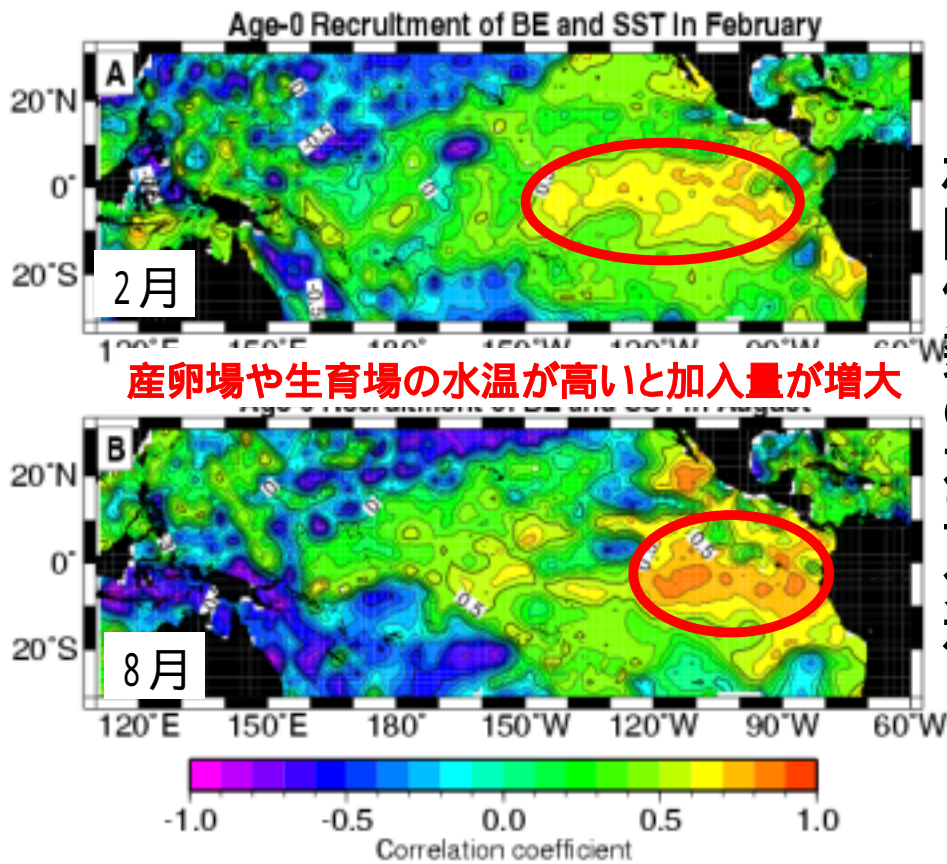
ビンナガ加入量と海面水温との関係は、クロマグロの関係とよく似ています。すなわち、冬季には東部赤道域が低温（ラ・ニーニャ現象）で、太平洋中緯度中央部が高温の時に加入量が大きく、越冬場が高温の時に加入量が大きいと考えられます。また、産卵場となる北緯20度付近の海域は、冬季には低温となり、産卵期には高温となる時に加入量が大きくなることも似ています。

ビンナガ1才魚加入量と海面水温との相関係数の水平分布



メバチとキハダは熱帯に住むマグロです。メバチの方がより高温を好み、赤道にも分布しますが、キハダは赤道には分布せず、赤道を少しはずれたの南北域に生息します。また、熱帯域は、温帯域のような大きな季節変化はありませんが、温度の高い海域で産卵する傾向があります。

東部太平洋のメバチ0才魚加入量と海面水温の関係を見ると、メバチが産卵場や生息場にしている東部太平洋赤道域の水温が高い時に、加入量が大きくなる傾向があります。



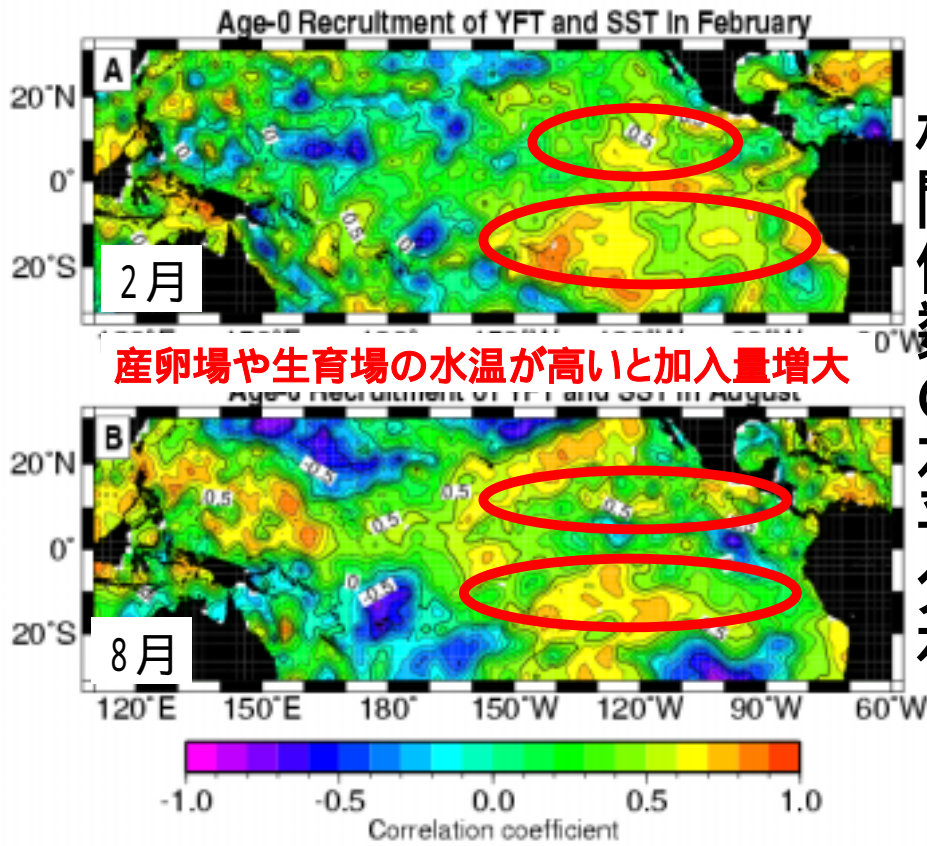
東部太平洋メバチ0才魚
 加入量と海面水温との
 相関係数の水平分布

キハダも同様に、赤道を少しはずれた南北域に相関の高い海域が現れ、産卵場や生息場の温度が高い時に加入量が大きくなる傾向があります。

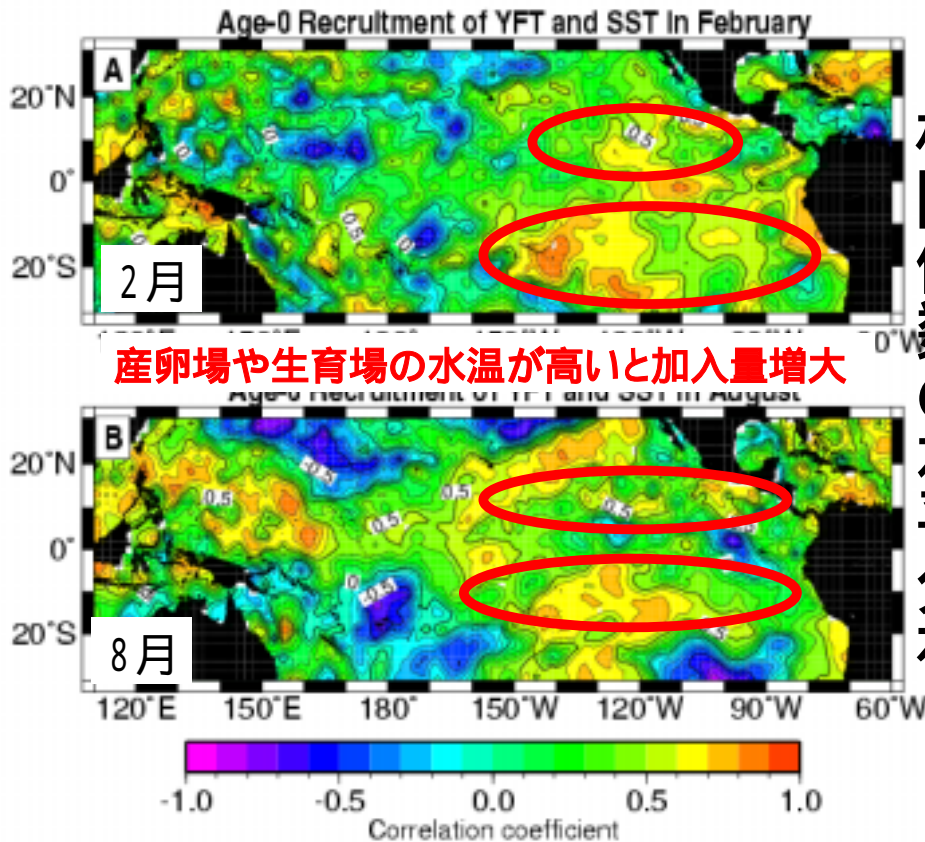
東部太平洋キハタ0才魚

加入量と海面水温との

相関係数の水平分布



東部太平洋キハタ0才魚 加入量と海面水温との 相関係数の水平分布



このように、すべてのまぐろ類に、産卵場となる海域の水温が高いときに加入量が高くなる（子供が増える）傾向が見られます。

また、温帯域に生息するマグロ（クロマグロ・ビンナガ）は、越冬場の水温が高い時に加入量が高いこと、産卵場となる海域では、冬に低温、産卵期に高温となる時に加入量が高くなる傾向があります。

冬に低温であることは、海洋表層の混合層が発達し、下層からの栄養塩が豊富になり、春になって餌となる生物の量が多くなり、生き残りが良くなる可能性があります。

また、産卵期に高温であることは、仔稚魚の成長を早め、食べられてしまう魚が少ない可能性があります。

越冬期に高温であることは、親となる魚の成熟状態に関係している可能性があります。

気候変動に応じたまぐろ類の変動がなぜおきるのかは、まだ仮説の段階ですが、これらの仮説を証明するため、産卵場や生育場の環境を調べるための調査・研究が進められています。

気候変動指数

気候変動を表す指数は、非常に多くあります。その中でも、日本周辺に影響を及ぼす可能性のある気候変動の指数に関する情報を下の表に示します。

インデックス名	海域名	開始年	どのようなものか	どのように使えるか	作成機関	備考
AO	北極～北部北太平洋	1950	北極を中心とする海面気圧変動。北半球20°N以北の海面気圧偏差のEOF第1モード。極渦、シベリア強気圧/アリューシャン低気圧と関係。	極渦が弱いときに乾期が日本に南下する。日本周辺の気温変動に影響を与えるので、海面水温や魚の変動にも影響する可能性がある。	NOAA	http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/all_index.html
ALPI	北部北太平洋	1900	北太平洋の12月から3月における100.5kPa以下の海面気圧の面積。正の値が大きくなる(低気圧の面積が大きい)ほどアリューシャン低気圧が強いことを示す。	アリューシャン低気圧の変動は日本周辺の変動をもたらす。北西太平洋に生息する魚類変動に関連する可能性が大きい。	カナダのPacific Biological Station	http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/sa-mfpd/climate/clm_index_alpi.htm
NPI	北部北太平洋	1899	160E～140W、30N～65Nの平均海面気圧。アリューシャン低気圧の強弱。	アリューシャン低気圧の変動は日本周辺の変動をもたらす。北西太平洋に生息する魚類変動に関連する可能性が大きい。	NCAR	http://www.cgd.ucar.edu/jhurrell/np.html#monthly
PNA	中北部北太平洋	1948	500hPa面の高度変化の中で最も大きな変動パターンの一つ。ENSOと連動しアリューシャン低気圧の強弱を示す。	同上	ワシントン大学	http://tao.atmos.washington.edu/data_sets/pna/
PNA	中北部北太平洋	1950	同上	同上	NOAA	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/pna.html
WP	西部北太平洋	1950	カムチャッカと日本南方海域に中心を持つ変動。	熱帯・亜熱帯・ベーリング海に生息する魚に影響する可能性がある。	同上	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/np.html
NP	北部北太平洋	1950	日本周辺とアラスカに中心を持つ。ジェット気流の南偏と連動している。	日本周辺に生息する魚に影響する可能性がある。	同上	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/np.html
POL	北極・日本周辺	1950	北極と日本～中国に変動の中心がある。北極振動や極渦と連動している。	日本周辺に生息する魚に影響する可能性がある。	同上	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/poleur.html
TNH	熱帯太平洋/アラスカ湾/中国	1950	エル・ニーニョと連動したテレコネクション指数の一つ。	中国にも変動の中心があるので冬季季節風などを通じ、日本周辺の魚に影響がある可能性がある。	同上	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/tnh.html
EP	東部北太平洋	1950	ハワイ周辺とアラスカに中心を持つ。ジェット気流の変動に起因している。	カルフォルニア沖マイワシなどに影響する可能性がある。	同上	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/ep.html
PT	東部北太平洋/北部北大西洋	1950	5月から8月に見られる変動。アラスカ湾～ラブラドル海にかけて変動の中心をもつ。	直接日本周辺には影響しないと思われる。	同上	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/pt.html
EA	東部北大西洋	1950	9月から4月に見られる変動。NAOと類似している。	直接日本周辺には影響しないと思われる。	同上	http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/ea.html
NAO	中北部北大西洋	1821	500hPa面の変動パターン。大西洋では最も大きいテレコネクション指数。	大西洋の変動場なので直接日本周辺には影響しない。	NCAR	http://www.cgd.ucar.edu/jhurrell/nao.html
同上	同上	1950	同上	同上	NOAA	http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/all_index.html
MOI	北西太平洋	1957	イルクーツクと根室の気圧差。	日本周辺に生息する魚に影響する可能性がある。	渡邊朝生氏(中央水研)	
SOI	熱帯太平洋	1951	ENSO(エル・ニーニョ/南方振動)の代表的指標。タヒチとダーウインの気圧差。	テレコネクションを通じ、多くの海域に影響を及ぼしている変動。	NOAA	ftp://ftp.ncep.noaa.gov/pub/cpc/wd52dg/data/indices/soi
PDO	北太平洋	1900	北緯20度以北の北太平洋の海面水温偏差。	大洋規模での海面水温変動が現れている。10年、20年、50年周期変動があるとされている。	ワシントン大学	ftp://ftp.atmos.washington.edu/mantua/pnw_impacts/INDICES/PDO.latest
NINO海域 SST	熱帯太平洋	1950	エル・ニーニョ監視海域の海面水温偏差。	テレコネクションを通じ、多くの海域に影響を及ぼしている変動。	NOAA	ftp://ftp.ncep.noaa.gov/pub/cpc/wd52dg/data/indices/ssstoi_indices
月平均海面水温解析値	全球	1946	全球の月平均海面水温。緯経度2度毎の格子点データ。	全魚種の生息域の海面水温変動を捉えることができる。	気象庁	CD-ROM

気候変動に関する文献

気候変動に関する代表的な論文のリストを示します。

Barnston, A. G. and R.E. Livezey (1987): Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1083-1126.

Bell, G.D. and J.E. Janowiak (1995): Atmospheric Circulation Associated with the Midwest Floods of 1993. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **76**, 681-695.

Mo, K.C. and Livezey (1986): Tropical-extratropical geopotential height teleconnections during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 2488-2515.

Trenberth, K.E. (1997): The definition of El Nino. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 2771-2777.

Wallace, J. M., and D. S. Gutzler (1981): Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere Winter. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784-812.

Yasunaka, S. and K. Hanawa (2002): Regime shifts found in the Northern Hemisphere SST field. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**(1), 119-135.