

海洋貯熱量経年変動の時空間特性 南北半球の比較

東北大学 大学院理学研究科
地球物理学専攻 修士2年
岡田俊亮

Index

1.Introduction

2.Data and Method

3.Result

4.Summury and Discussion

1.Introduction

□研究の背景

●地球温暖化によって地球に取り込まれる熱は、その約93%が海洋に吸収され、そのうち約70%が表層0-700m吸収されている(IPCC AR5)

●人為起源の強制力は、1970年代以降に観測された海洋表層(水深700 m 以浅)の温暖化に大幅に寄与した可能性が非常に高い(90%以上)(IPCC AR5)

●地球温暖化による影響を正しく評価するために、海洋貯熱量(OHC)の見積もりが重要である。

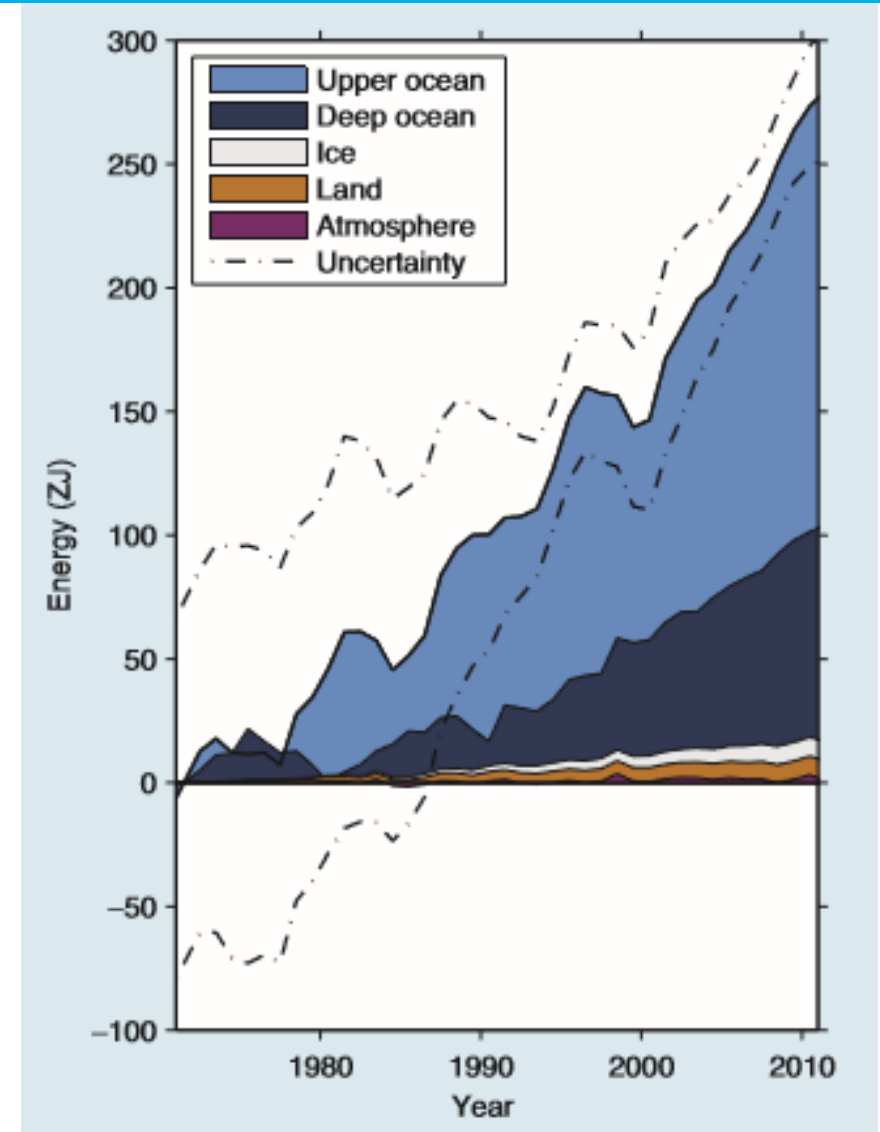


Fig. 各気候システムへの(IPCC AR5)

1.Introduction

Ocean Heat Content:OHC(IPCC ARより)

0-700m

- ✓ Argo登場以前、特に1970年以前は観測が空間的に疎であるため、各見積もり間の差が大きい。
- ✓ 1970年以降は各見積もりとも上昇傾向にある。
- ✓ 1963年、1982年、1991年の大規模な火山噴火直後の数年間は減少を示している。

700-2000m

- ✓ 1990年中盤から増加傾向にある。
- ✓ この層の熱の取り込みは、0-2000mまでの取り込みのうち30%にあたると推定されている。
- ✓ 2003年以降のOHC増加率は上層とほぼ同等。

2000m-

- ✓ 観測データが少なく、全球的な推定は困難。
- ✓ 得られた観測データによると、1992-2005年では2000-3000mまでは顕著な水温トレンドを示さなかった可能性が高い。

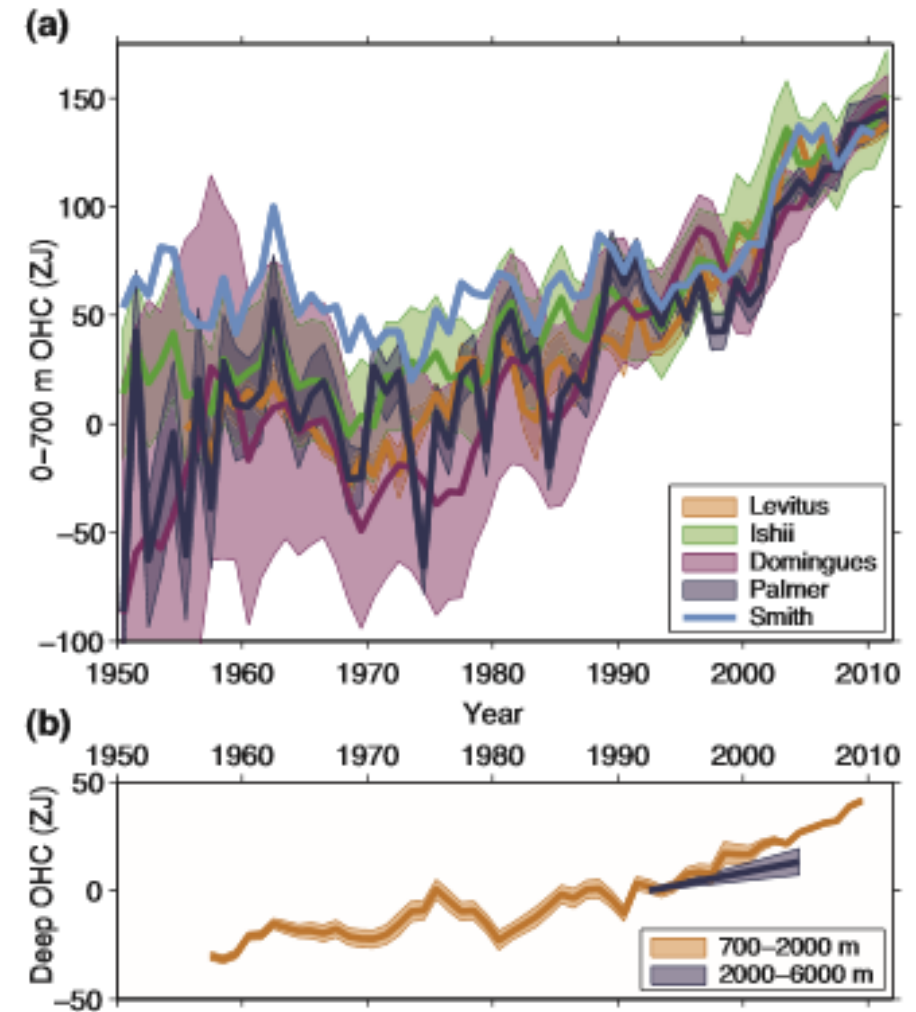


Fig. (a)0-700m,(b)700-2000mにおける貯熱量の経年変動(IPCC AR5)

✓ 先行研究

- 15の再解析プロダクトを用いたアンサンブル平均の結果,北半球と南半球のOHCの増加率パターンは逆位相である可能性がある(Palmer et al.2017)



全球的な観測データにも基づくOHC経年変動、特に半球間に着目した貯熱量の変化率傾向は十分に議論されていない。

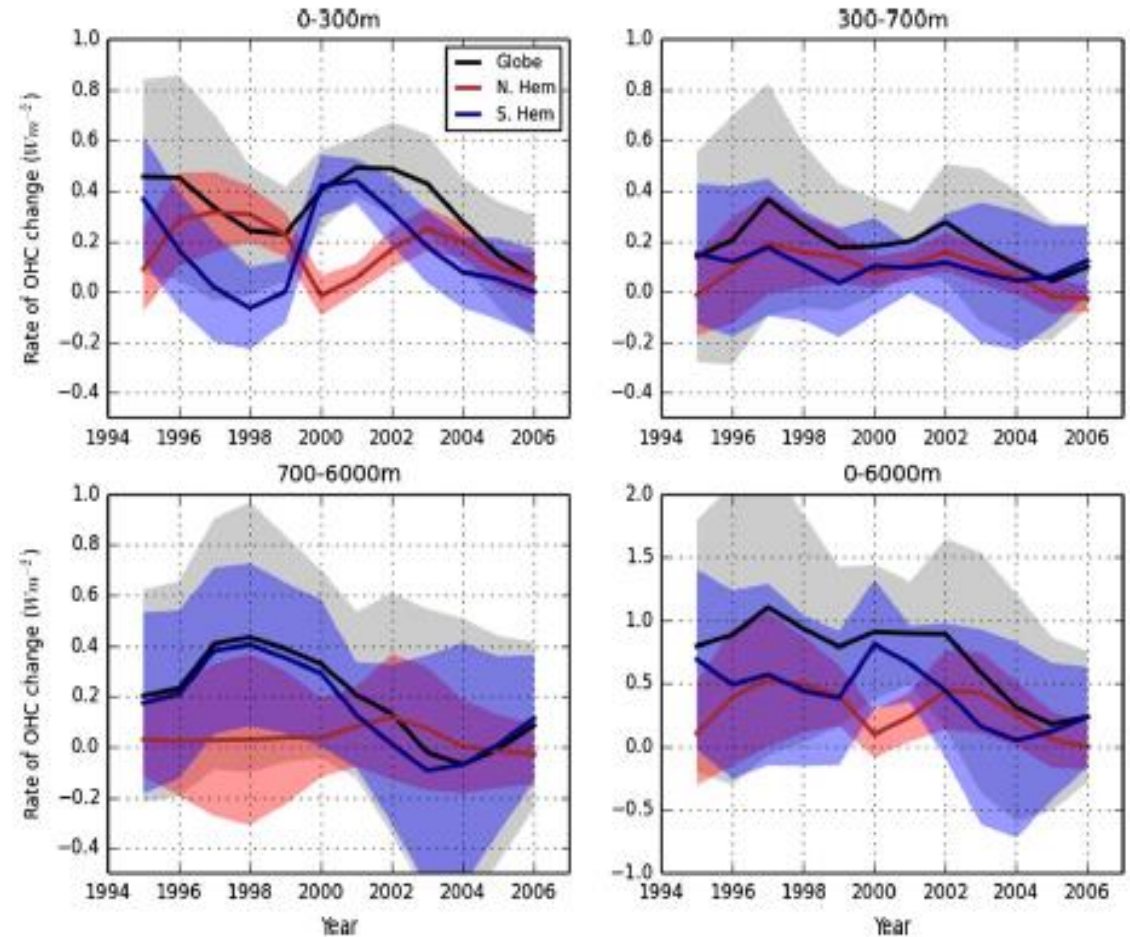


Fig. 15の再解析プロダクトのアンサンブル平均による、0-300m,300-700m, 700-6000mでの北半球,南半球、全休の貯熱量変化率(Palmer et al. 2017)

本研究の目的

- ①深度2000mまでの各層におけるOHCの経年変動の時空間特性を明らかにする。
- ②深度0-700mにおけるOHC増加率の空間特性、特に南北半球間のパターンに着目して調べる。

使用データ

- ✓ 以下のデータセットのポテンシャル水温を使用

MOAA GPV (Hosoda et al. 2008)

- World Ocean Atlas 2001の月平均気候値を第一推定値とし、Argoフロートをはじめとした現場観測データを内挿した客観解析格子化データセット.
- 水平解像度: $1^{\circ} \times 1^{\circ}$
- 鉛直25層
- 時間解像度: 月平均

○解析期間

-2005年1月~2018年12月

- ✓ ポテンシャル水温データを年平均し、季節変動の影響を除いた。
- ✓ OHCの増加率の計算では3年の移動平均をかけている。

解析方法

- ✓ポテンシャル水温の値と以下の式(Palmer et al.2017)用いて、対象となる深度ごとにOHCの見積もりを行った。

$$Q = C\rho \iiint_{\text{対象海域}} \theta dx dy dz$$

C: 海水の比熱 (3985 J/(K·kg)) θ : ポテンシャル水温(°C) ρ : 海水の密度 (1.025 kg m⁻³)

○対象海域

- ✓南北方向:70.5° N~60.5° S
- ✓東西方向:全領域
- ✓鉛直方向:0-2000m
- ✓海盆の領域は右図に定義

海盆	領域
太平洋	146.5° E~68.5° W 70.5° N~60.5° S
大西洋	20.5° E~68.5° W 70.5° N~60.5° S
インド洋	20.5° E~146.5° E 30.5° N~60.5° S

○2005~2018年における全球OHC経年変動

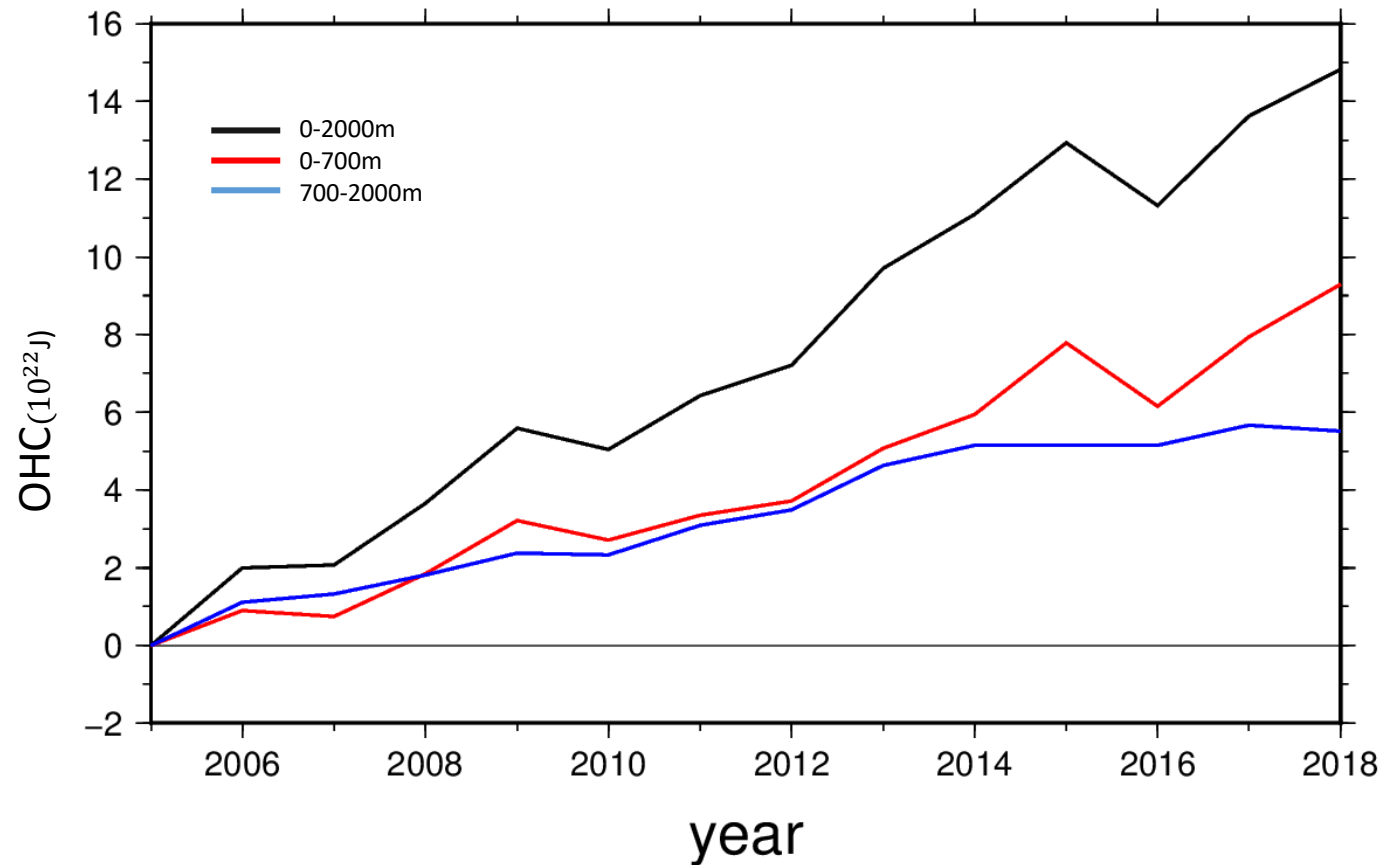


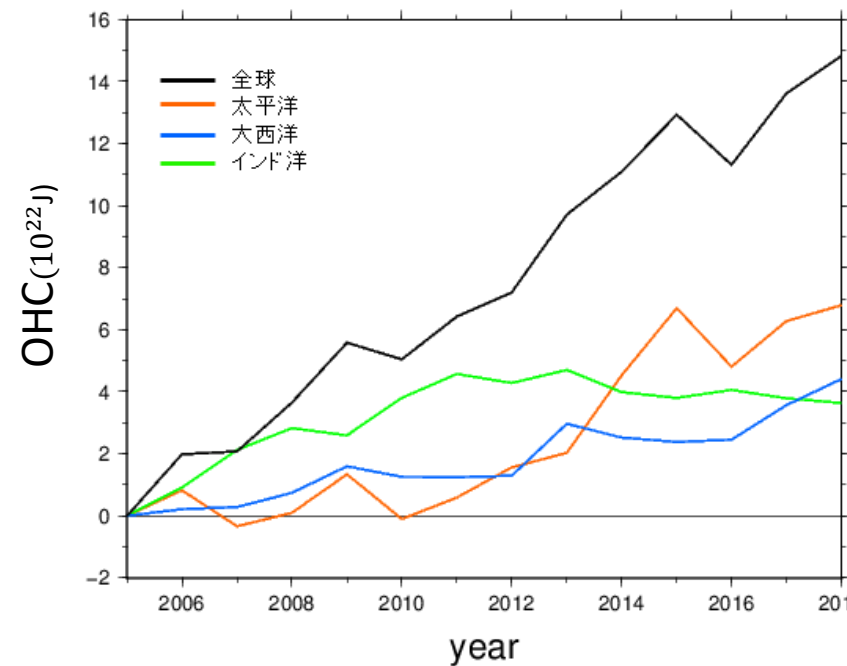
Fig. 2005-2018年における全球OHCの経年変動

- 0-2000mにおける、2005年からの13年間のOHC増加量は 1.5×10^{23} Jと見積もられた。
- 2014年頃までのOHC増加トレンドは0-700m,700-2000mまではほぼ等しいが、2014年以降0-700mのOHC増加が顕著。

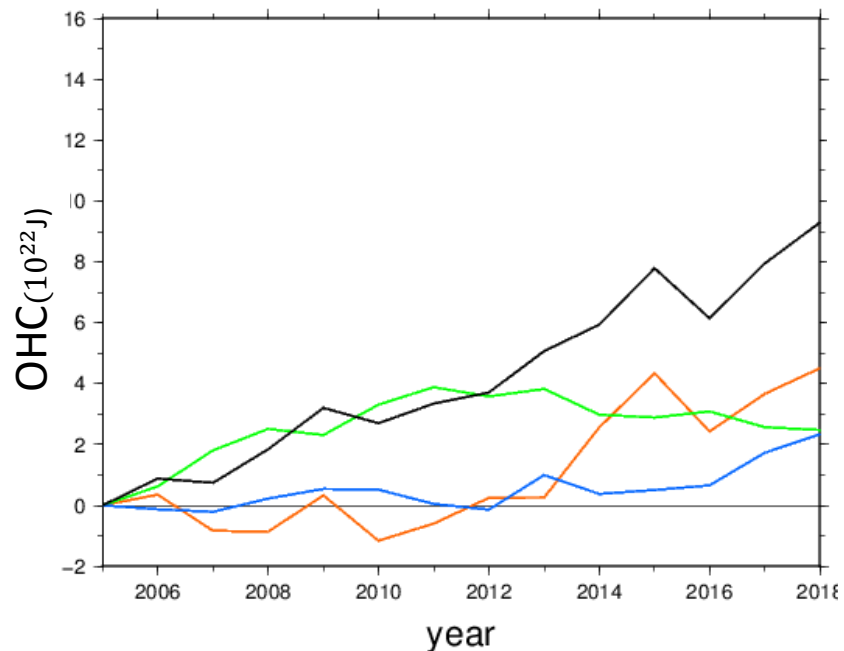
3.Result

○2005~2018年における海盆毎のOHC経年変動

(a) 0-2000m



(b) 0-700m



(c) 700-2000m

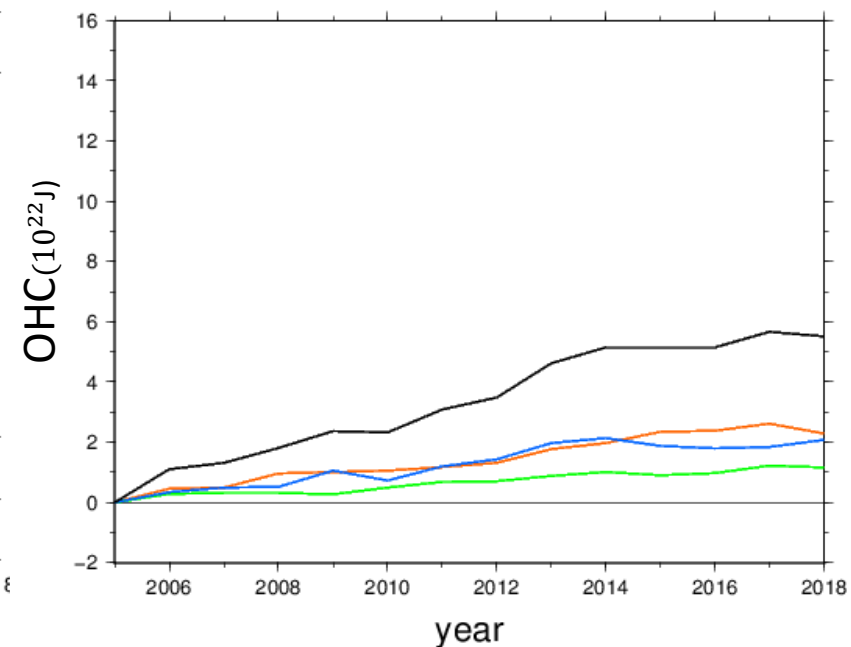


Fig. 2005-2018年におけるOHC経年変動の海盆間の比較

- 0-2000mまでの全球OHCは、2012年頃まではインド洋、以降は太平洋の増加トレンドが顕著。
- 0-700mでは0-2000mと同様のパターンがみられる。
- 700-2000mでは海盆間コントラストは顕著に表れない。

3.Result

○2005~2018年における(0-2000m)OHC変動の空間分布

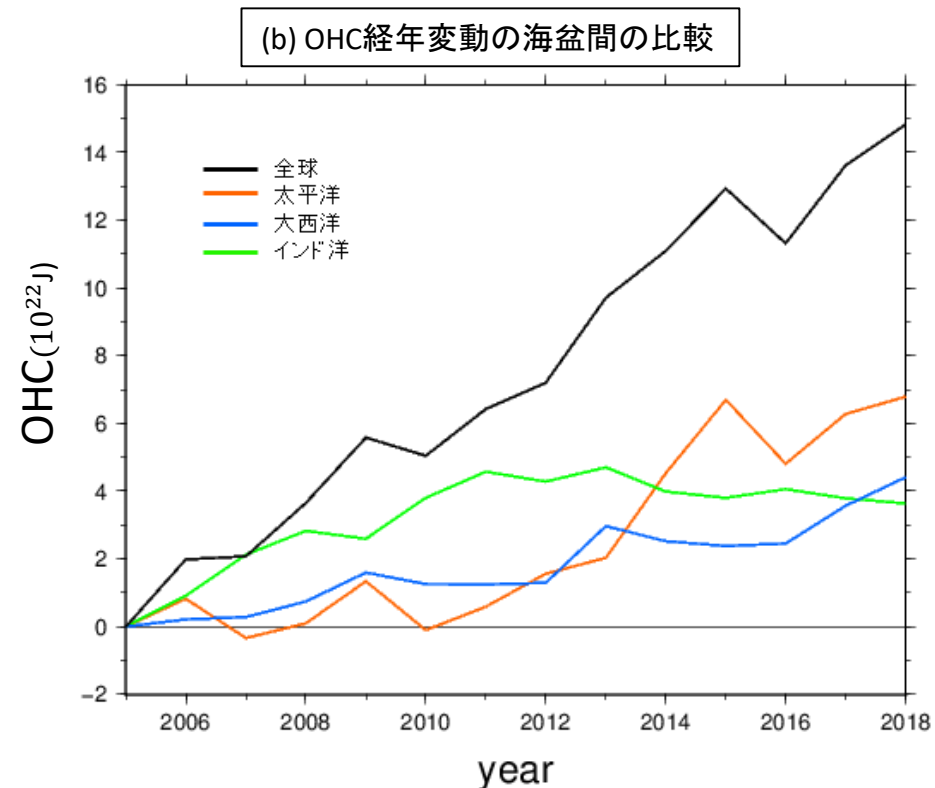
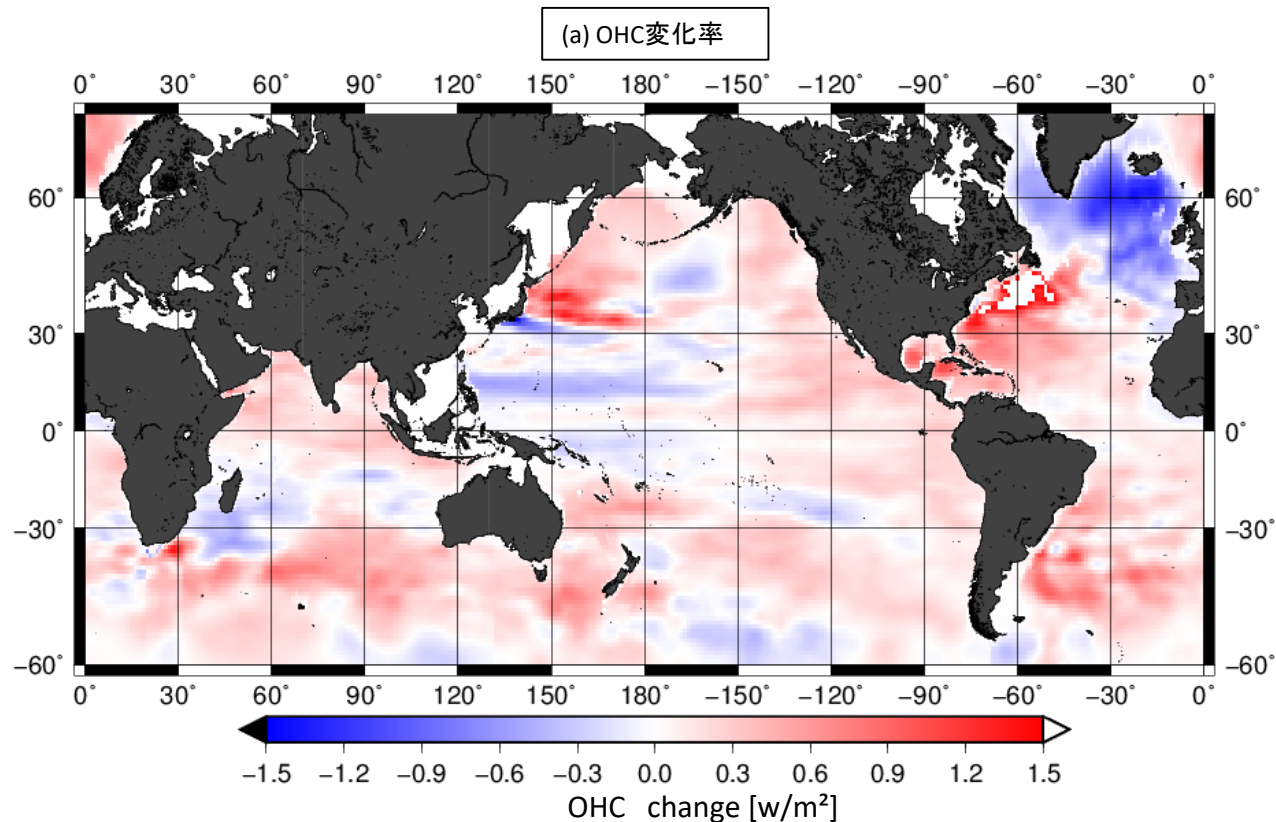


Fig. (a)0-2000mにおける(2016-2018年のOHC平均場)-(2005-2007年のOHC平均場)
(b)0-2000mにおけるOHC経年変動の海盆間の比較

- 太平洋... 亜熱帯循環西岸境界付近はOHCの減少トレンド、
亜寒帯循環領域内では増加トレンドがみられる。
- 大西洋... 南北半球の中緯度域で増加トレンド。
北緯40° 以降では広範囲の減少トレンド。

3.Result

○2005~2018年における(0-700m)OHC変動の空間分布

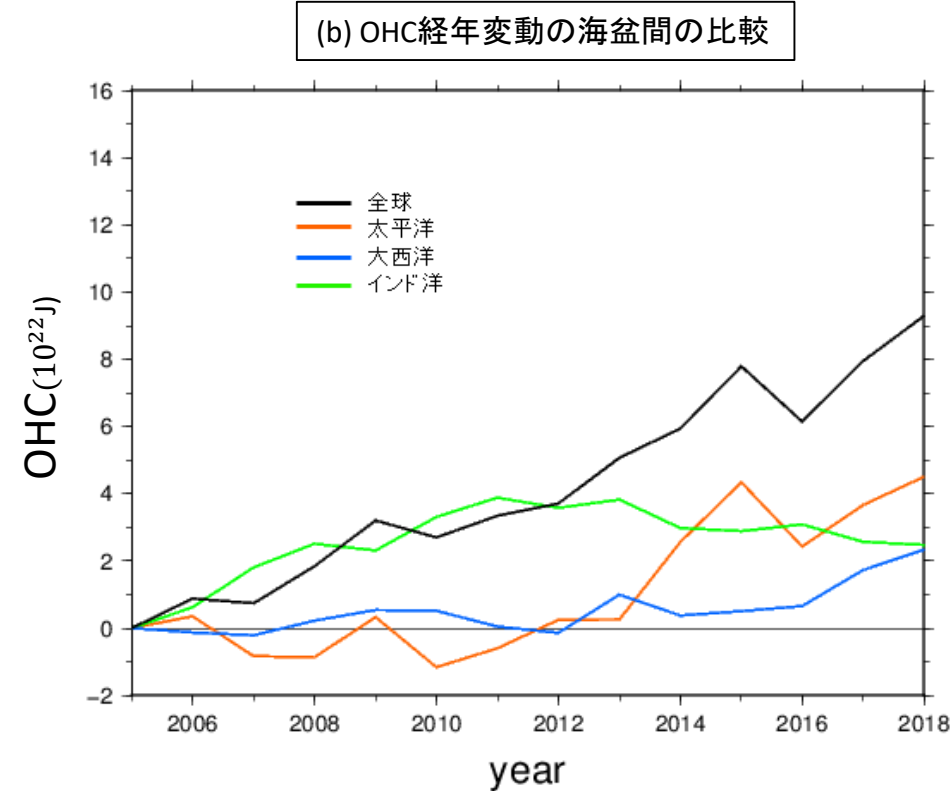
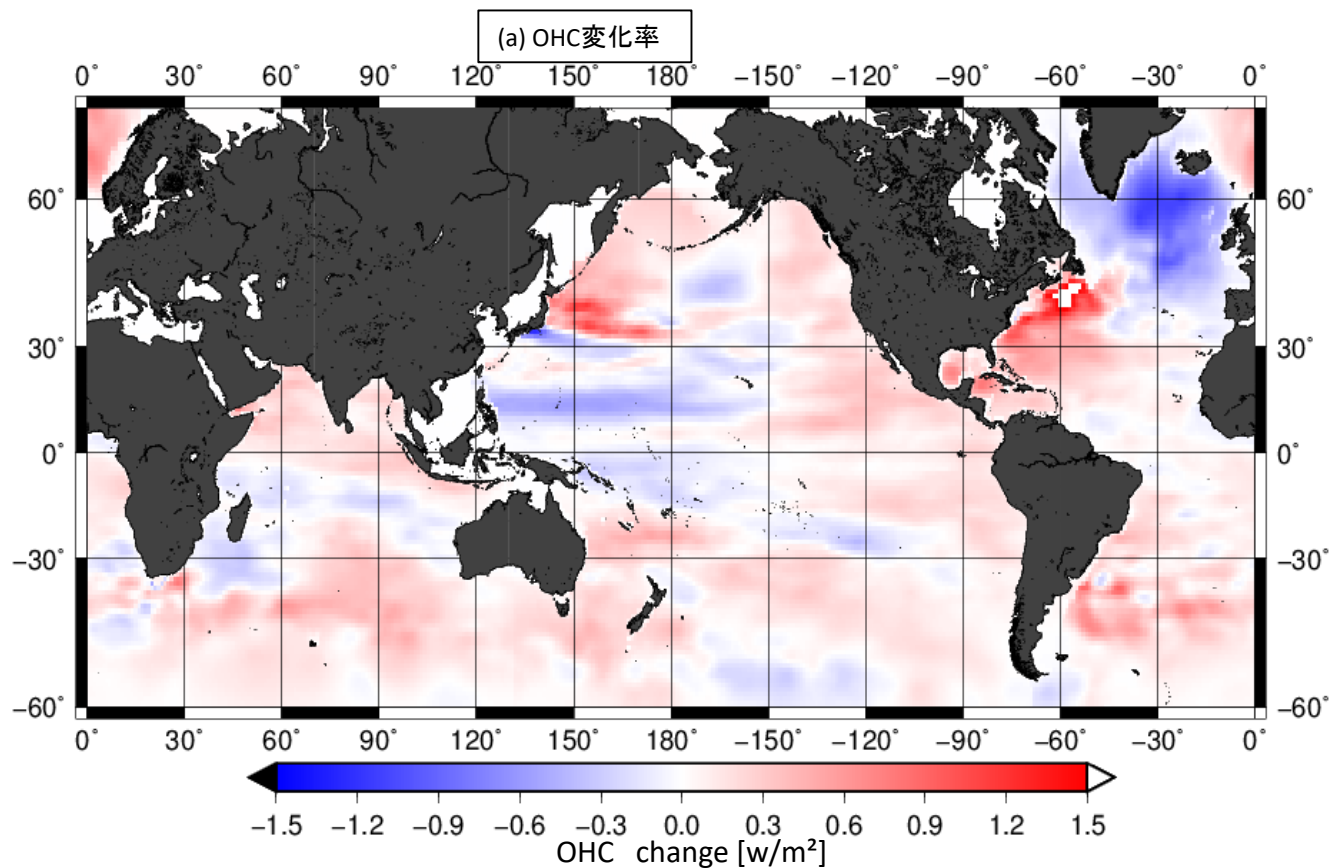


Fig. (a)0-2000mにおける(2016-2018年のOHC平均場)-(2005-2007年のOHC平均場)
(b)0-2000mにおけるOHC経年変動の海盆間の比較

- 太平洋、大西洋における空間分布は0-2000mまでの傾向と概ね一致。
- ESTOCでは北太平洋、インド洋の昇温傾向が特徴的であるが、MOAA GPVでは40° S以南の昇温傾向が特徴的である。

3.Result

○2001~2014年における(700-2000m)OHC空間変動

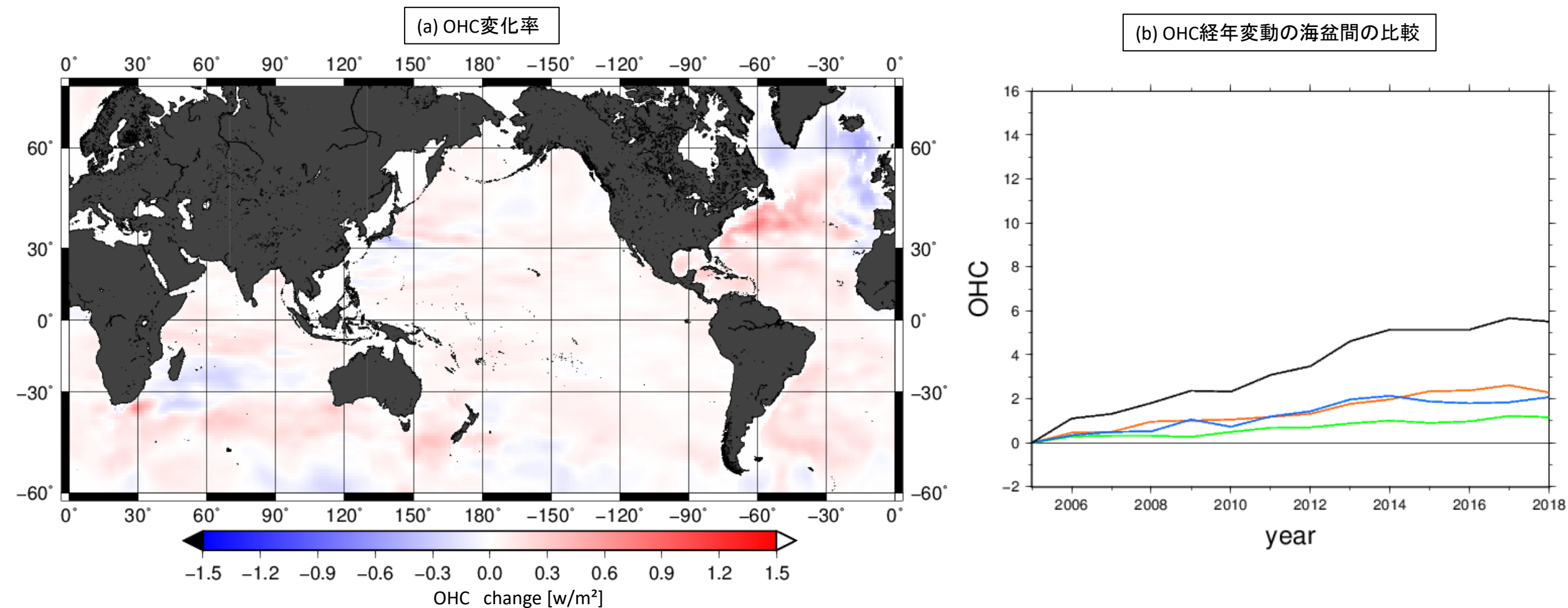


Fig. 700-2000mにおける(2012-2014年のOHC平均場)-(2005-2007年のOHC平均場)

- 大西洋...北大西洋において、表層より広範囲のOHC増加トレンド。
- 太平洋...全域に弱い増加トレンド。

3.Result

○南北半球の増加率の比較(MOAA GPV)

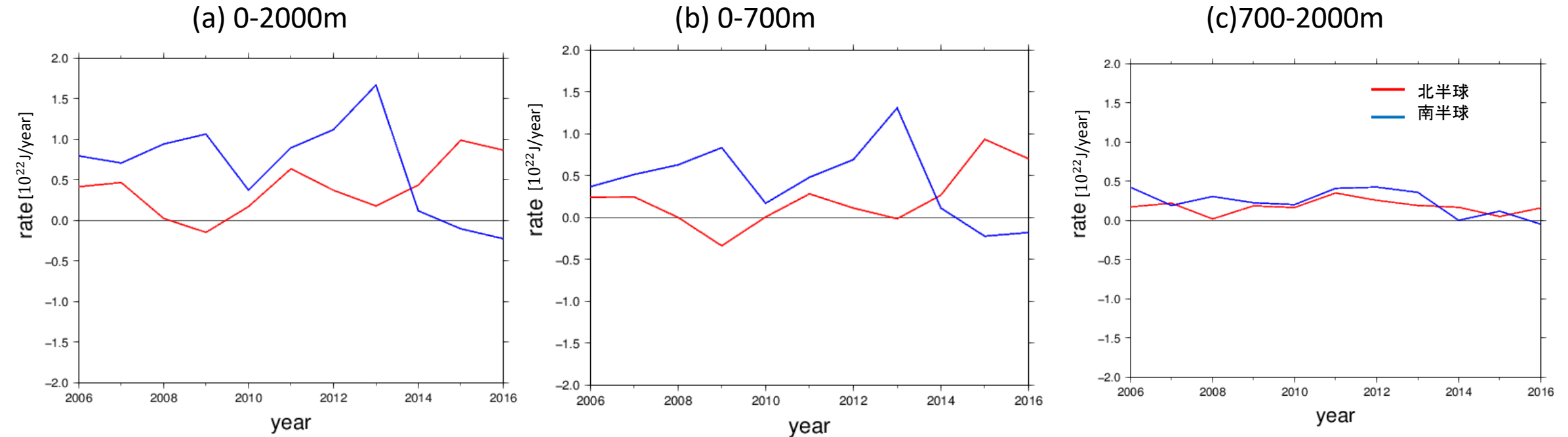


Fig.各深度における2001-2017年におけるMOAA GPVのOHC前年度比増加率の経年変動

Table.2005-2018年におけるOHC増加率変動の南北半球間の相関

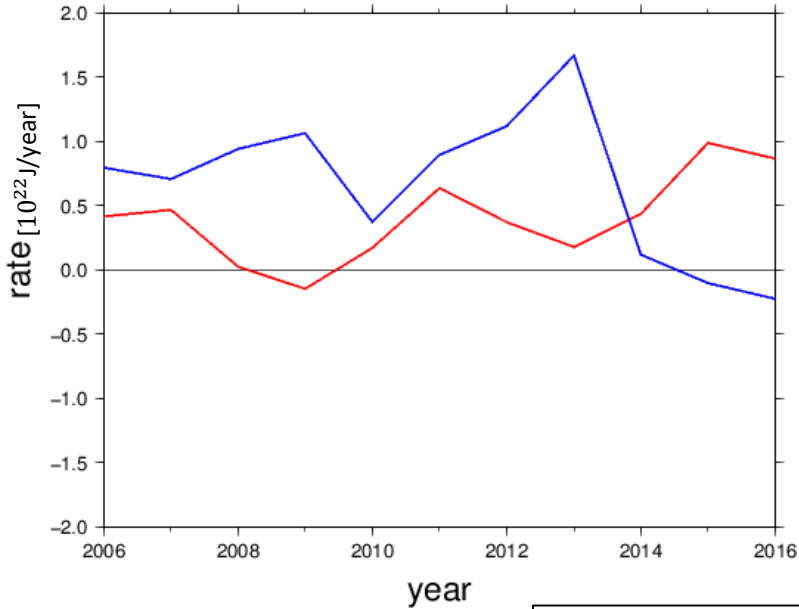
対象深度(m)	相関係数
0-2000	-0.67
0-700	-0.73
700-2000	0.20

- 0-700m,0-2000mにおいて、有意な負の相関
 - 周期5-6年と、(Palmer et al.2017)で示唆された周期とおおむね一致。
- ⇒0-700mに着目して解析を行う。

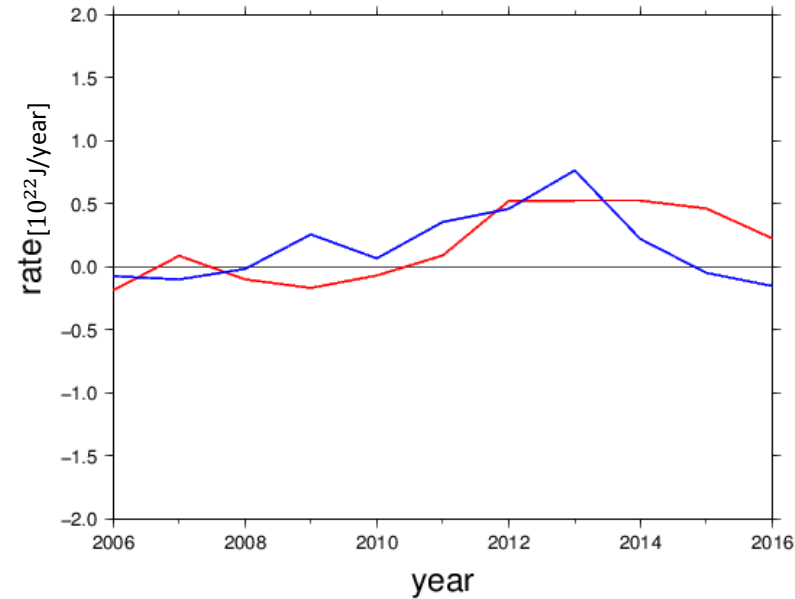
3.Result

00-700mにおける各海盆における南北半球の増加率の比較

(a) 全球



(b) 太平洋



(b) 大西洋

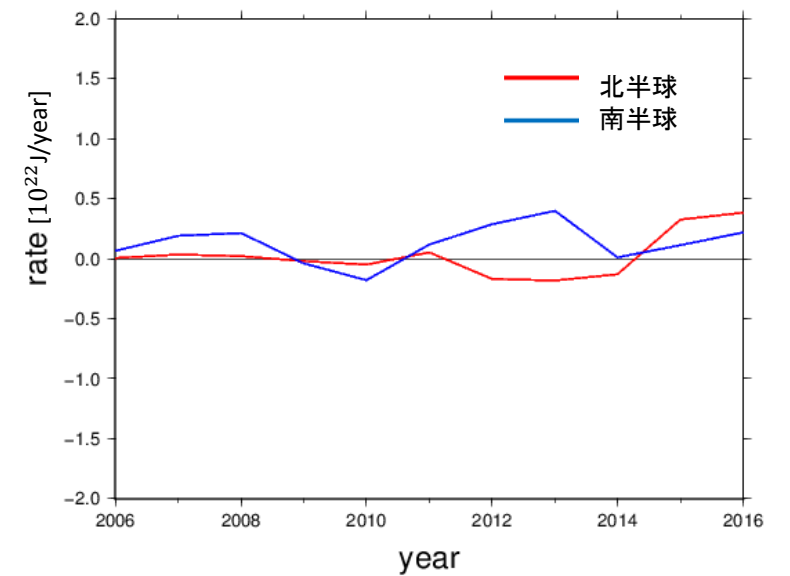


Fig.0-700mにおける各海盆における2001-2017年におけるMOAA GPVのOHC変化率の経年変動

Table.2005-2018年におけるOHC増加率変動の南北半球間の相関

海盆	相関係数
全球	-0.73
太平洋	0.32
大西洋	0.22
インド洋	0.11

□海盆内の南北半球のOHC増加率は有意な相関は得られなかった。
⇒異なる海盆間の相関を調べる。

3.Result

00-700mにおける各海盆間の増加率の比較

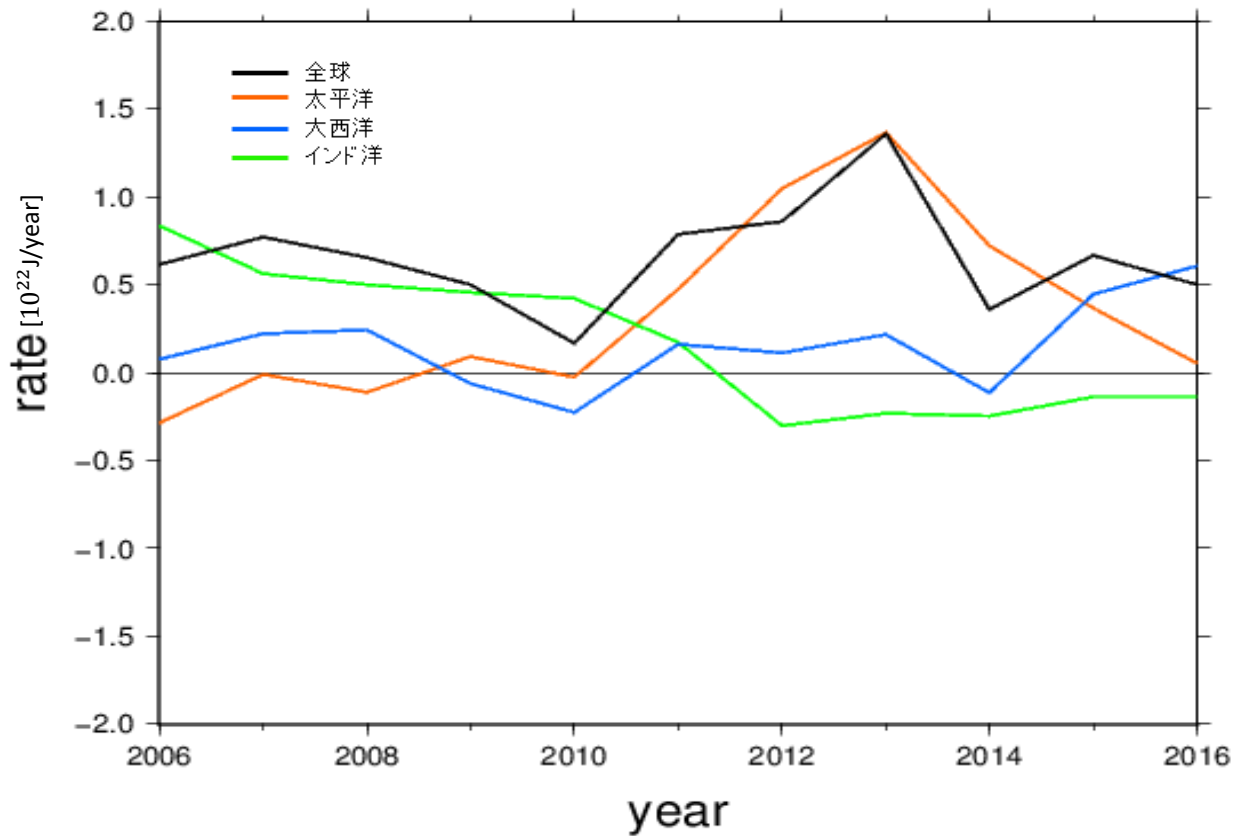


Fig.各深度における2001-2017年におけるMOAA GPVのOHC前年度比増加率の経年変動

Table.2005-2018年におけるOHC増加率変動の海盆間の相関

海盆	相関係数
太平洋-インド洋	-0.82
インド洋-大西洋	-0.26
太平洋-大西洋	-0.02

- インド洋全域-太平洋全域で-0.82と有意な負の相関。
 - インド洋-大西洋、太平洋-大西洋では有意な相関は得られなかった。
- ⇒インド洋-太平洋間の変動に着目。

3.Result

00-700mにおける太平洋-インド洋の増加率の比較

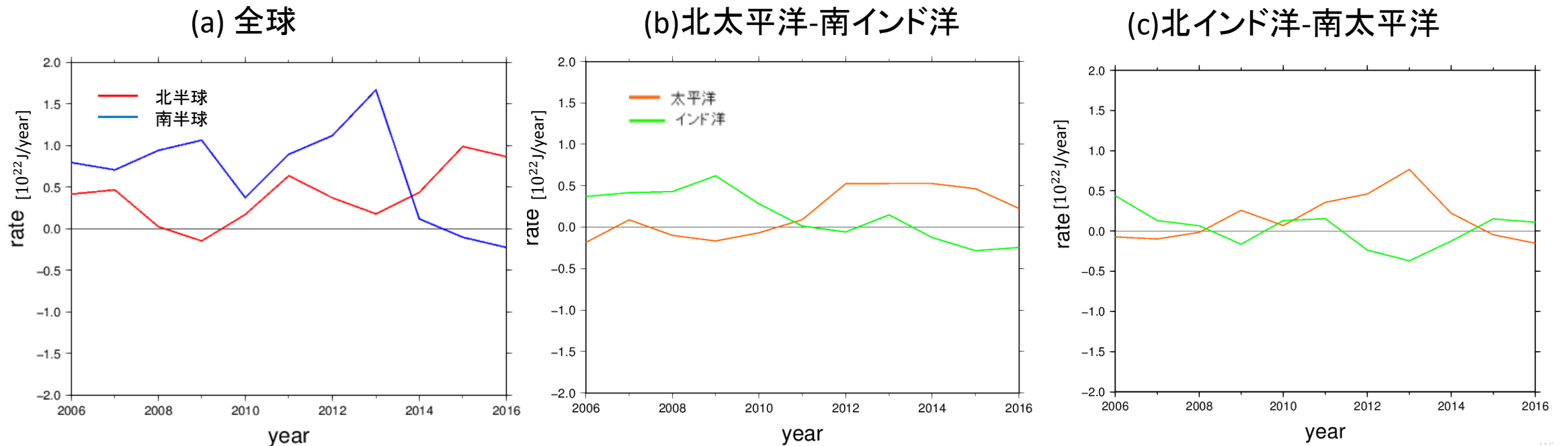


Fig. (a) 全球 (b)北太平洋-南インド洋(c)北インド洋-南太平洋におけるOHC前年度比増加率の経年変動

Table.2005-2018年におけるOHC増加率変動の海盆間の相関

海盆	相関係数
北半球-南半球	-0.72
北太平洋-南インド洋	-0.77
北インド洋-南太平洋	-0.81

□ 北太平洋-南インド洋、北インド洋-南太平洋どちらも強い負の相関。
 ⇒ 南北半球間のパターンはインド洋-太平洋間のOHC増加率の変化が支配的である可能性。

3.Result

00-700mにおける太平洋-インド洋の増加率の比較

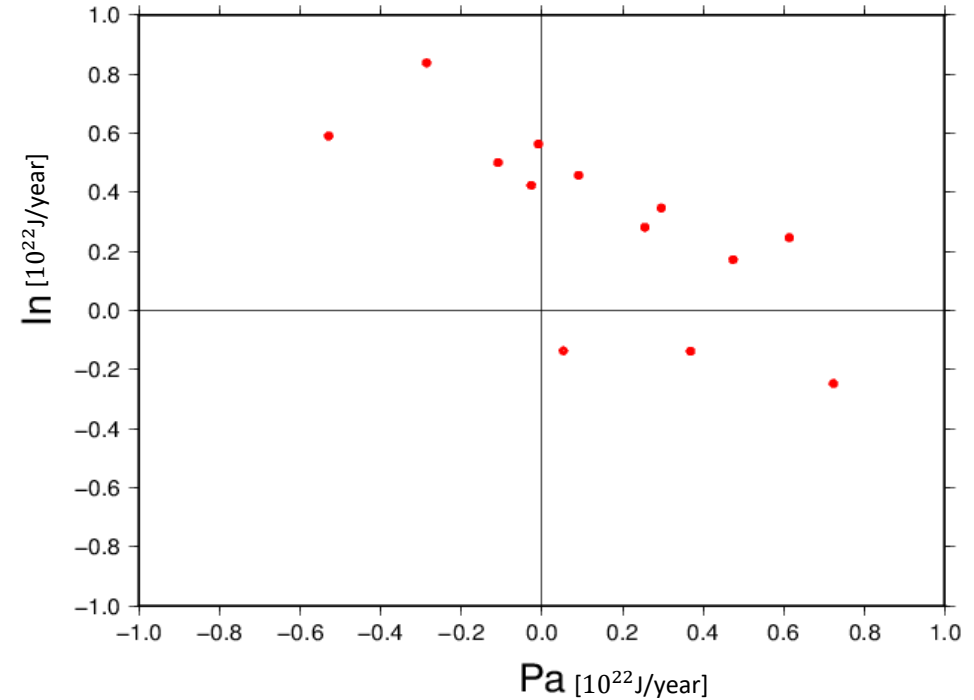
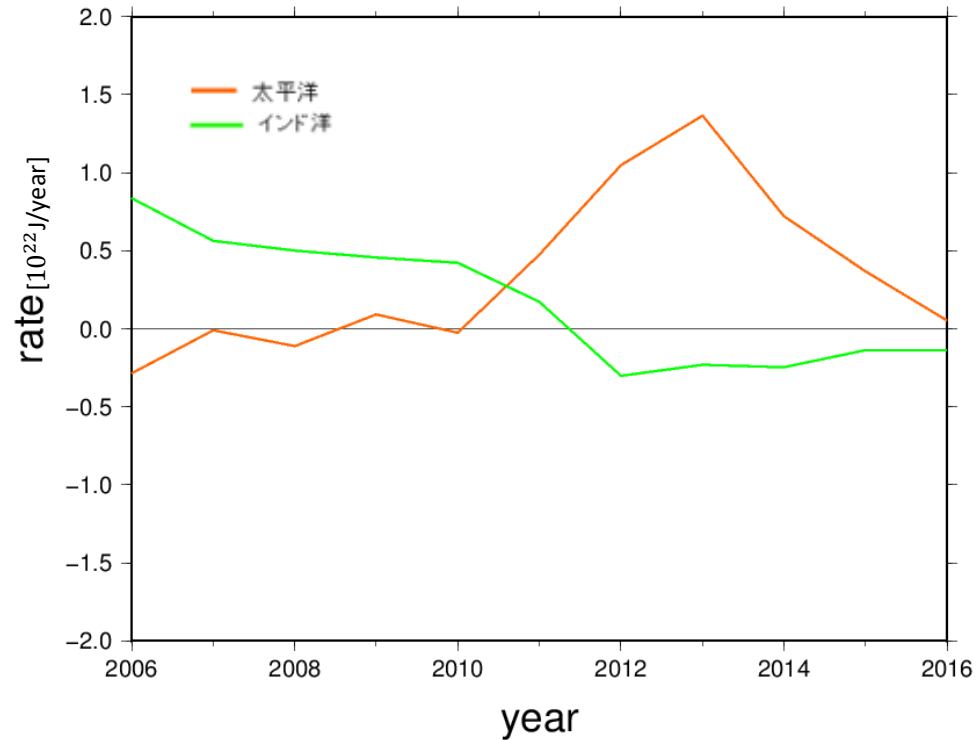


Fig.0-700mにおける太平洋、インド洋のOHC前年度比増加率の経年変動

- ✓ 2005~2012年においては、OHC増加率はインド洋が正の偏差、太平洋は負の偏差をとる。⇒ Zhang et al.2019等で示唆。
- ✓ 2012年以降は、OHC増加率の太平洋-インド洋間における偏差は逆転

4. Summary and Discussion

- 2005年以降の全球OHC見積もりでは、0-700m,700-2000mにおいて
- 0-2000mにおいては、太平洋においては亜熱帯循環西岸境界付近はOHCの減少、亜寒帯循環領域内ではOHC増加トレンドが確認された。
- 700-2000mの大西洋では、表層より広範囲のOHC増加トレンドが確認された。
- 2005-2018年の0-700mにおいて、南北半球間におけるOHC変化率の有意な負の相関が確認された。
- 2005-2018年インド洋全域-太平洋全域で-0.82と強い負の相関を確認した。
⇒南北半球のOHC変化に寄与。
- 2012年頃を境にインド洋-太平洋におけるOHC増加率の正負が逆転。

○今後の課題

□太平洋-インド洋の海盆間のパターンについて要因を調べる (観測に基づく議論は十分になされていない)

- Zhang et al.2019等で示唆された海面気圧、風応力との関連を調べる。

- IPCC AR5
- Palmer M, Roberts C, Balmaseda M, Chang YS, Chepurin G, Ferry N, Fujii Y, Good S, Guinehut S, Haines K (2015) “Ocean heat content variability and change in an ensemble of ocean reanalyses.” *Clim Dyn*. Doi: [10.1007/s00382-015-2801-0](https://doi.org/10.1007/s00382-015-2801-0)
- Osafune S, Masuda S, Sugiura N, Doi T (2015) “Evaluation of the applicability of the estimated state of the global ocean for climate research (ESTOC) data set.” *Geophys Res Lett* 42:4903-4911
- Hosoda S, Ohira T, Nakamura T (2008) “A monthly mean dataset of global oceanic temperature and salinity derived from Argo float observations”
- Conkright, M. E. et al. *World Ocean Atlas 2001: Objective Analyses, Data Statistics, and Figures*, CD-ROM Documentation 1–17 (National Oceanographic Data Center, Silver Spring, 2002)
- Smith D et al. (2015) “Earth’s energy imbalance since 1960 in observations and CMIP5 models.” *Geophys Res Lett*. doi:10.1002/2014GL062669
- Zhang, L., Han, W., Karnauskas, K.B., Meehl, G.A., Hu, A., Rosenbloom, N. and Shinoda, T., 2019. Indian Ocean Warming Trend Reduces Pacific Warming Response to Anthropogenic Greenhouse Gases: An Interbasin Thermostat Mechanism. *Geophysical Research Letters*.