

所内課題

「海流前線波動予測に向けた高解像度海流モデルの応用研究」

日本近海の海洋酸性化と海洋生態系変動の解明に向けた低次生態系・炭素循環現況予測モデル(JCOPE_EC)の開発

課題代表者 宮澤 泰正 (JAMSTEC アプリケーション
ラボ)

(ポスターも)

「日本沿岸域予測可能性実験」(JCOPE)計画の一環として、日本近海の海流変動を予測し、黒潮蛇行等の海流変動のメカニズムを解明するとともに海運、水産、海底開発などに海流予測データを応用する研究を実施してきた。



近年は、日本近海の海洋酸性化とそれに関する海洋生態系変動を解明するための炭酸系パラメータを含む生態系モデル(JCOPE_EC)の開発及び改良を進めている。

なぜ炭酸系パラメータを含む生態系モデルを開発しているのか？

⇒ 生態系や炭素循環が海洋酸性化の予測につながる

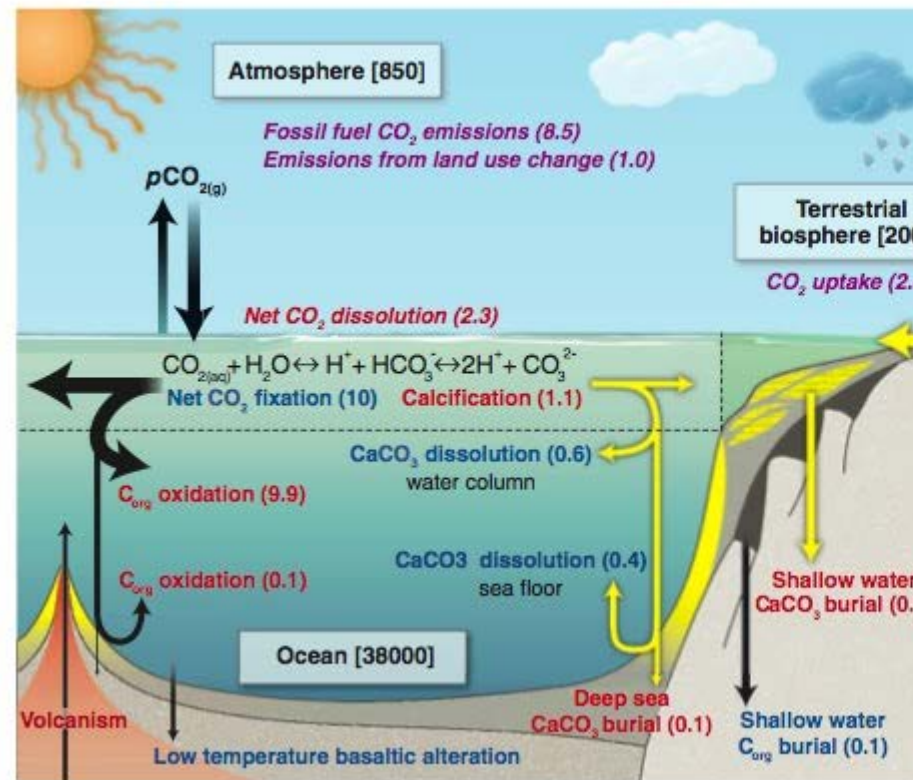
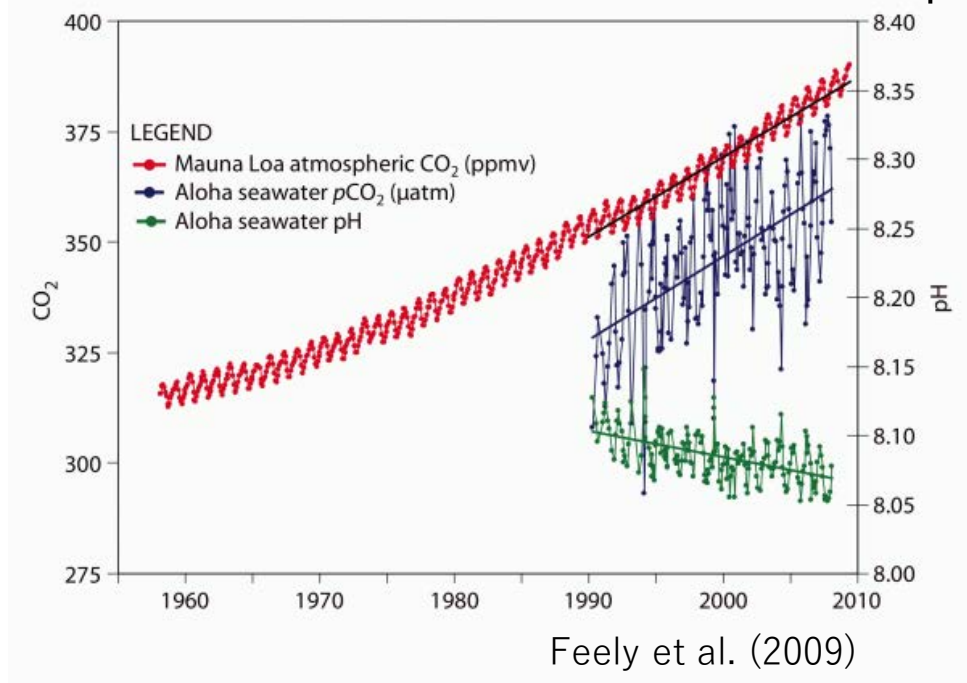
我々のグループでは、笹川平和財団海洋政策研究所が行う平成28年度～平成31年度の「温暖化・海洋酸性化の研究と対策」事業のうち、委託事業として、

「海流予測モデル」COPE2Mを基盤とした生態系モデルを開発し、炭酸パラメータも扱うことで海洋酸性化の指標となるpHやアラゴナイト飽和度から現況予測する取り組み」

を進めている

海洋酸性化とは？：pHの低下

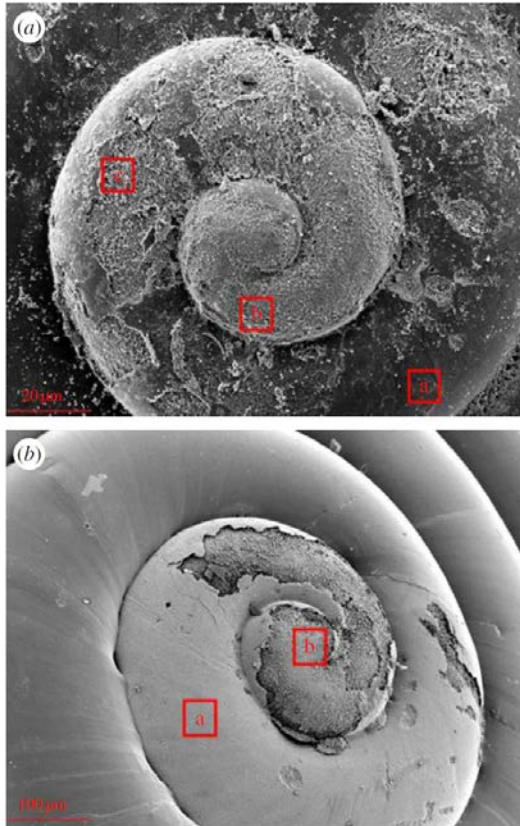
近年の大気のCO₂増加と海洋のpHの変化



Honisch et al. (2012)

海洋は人為起源の二酸化炭素の約30%を吸収し、既に海洋酸性化が生じている。その結果、海面付近の海水のpHが産業化以降以降0.1低下。

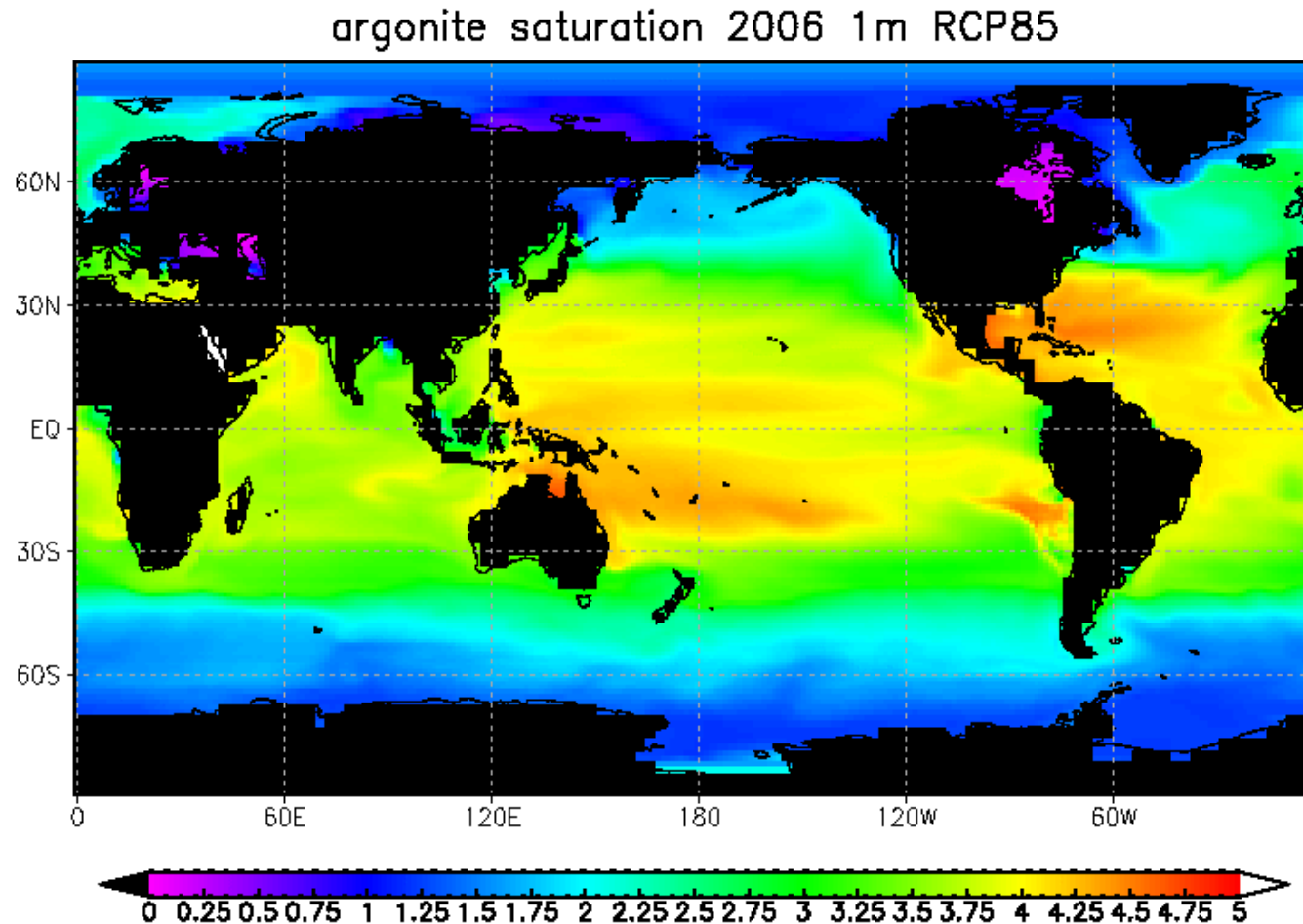
2011年カリフォルニア沖の現場観測でとらえられた 巻貝の海洋酸性化による影響：アラゴナイト飽和度の低下



Bedbarsek et al. 2014

二酸化炭素の排出抑制対策が十分でなければ、海洋酸性化は、特に[炭酸カルシウム](#)の殻を持つ軟体動物や造礁サンゴに相当のリスクをもたらす可能性がある。魚類についても、生息環境の変化（例：[サンゴ礁](#)の減少）などに伴う非直接的な影響が懸念されている。

CMIP5計画で提案された最も温暖化対策を怠った場合のシナリオにおけるアラゴナイト飽和度の長期変化 (MIROC_ESMの出力)



JAMSTEC
シームレス環境予測研究分野
渡辺氏より提供

殻をもつ生物がすみにくい環境
アラゴナイト飽和度<1

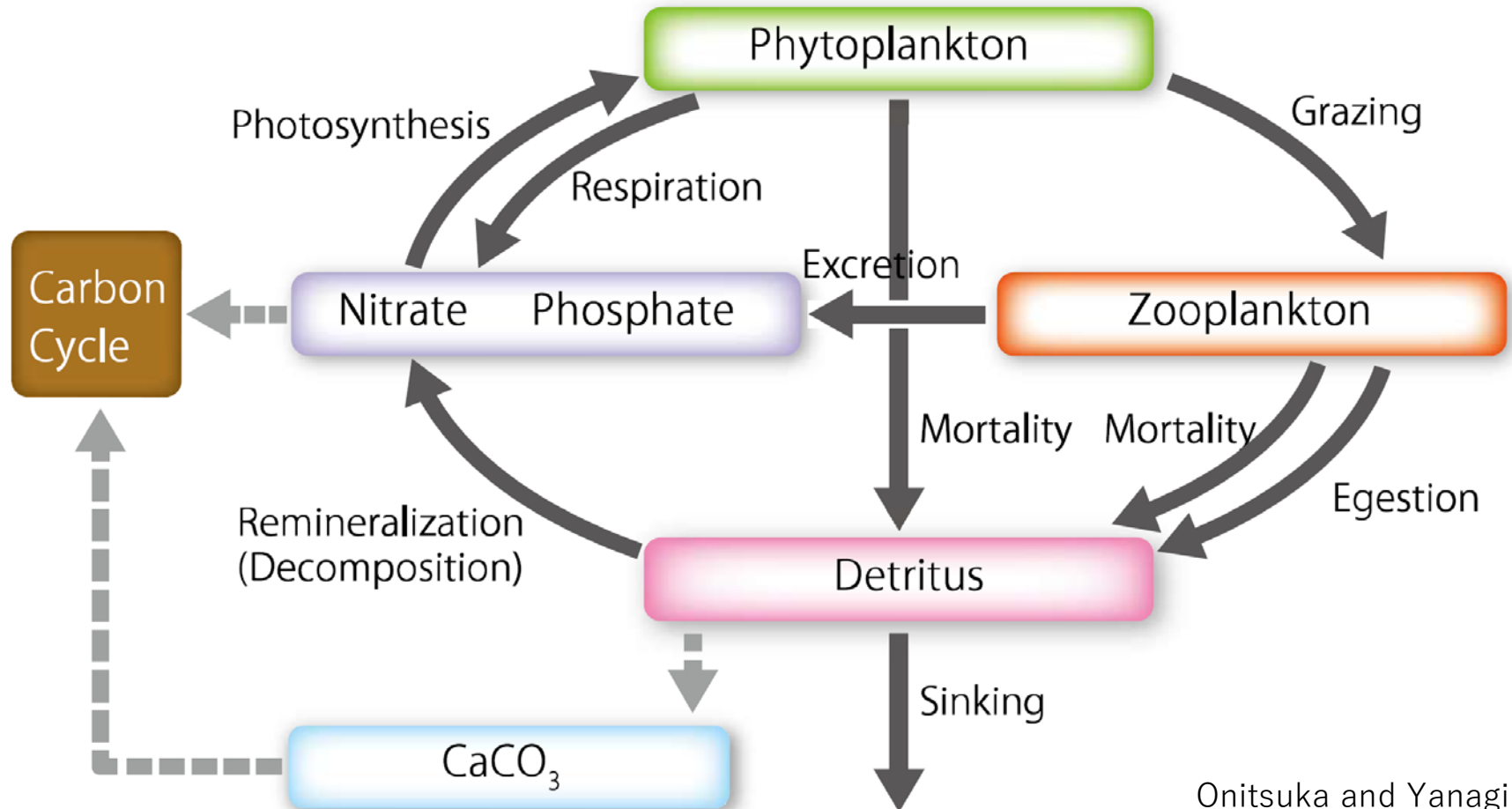
地球シミュレータによる予測(見通し)

このまま何の対策もしなければ、極域から酸性化の傾向が南に降りてくる

NPZDC model (1)

海洋低次生態系モデル

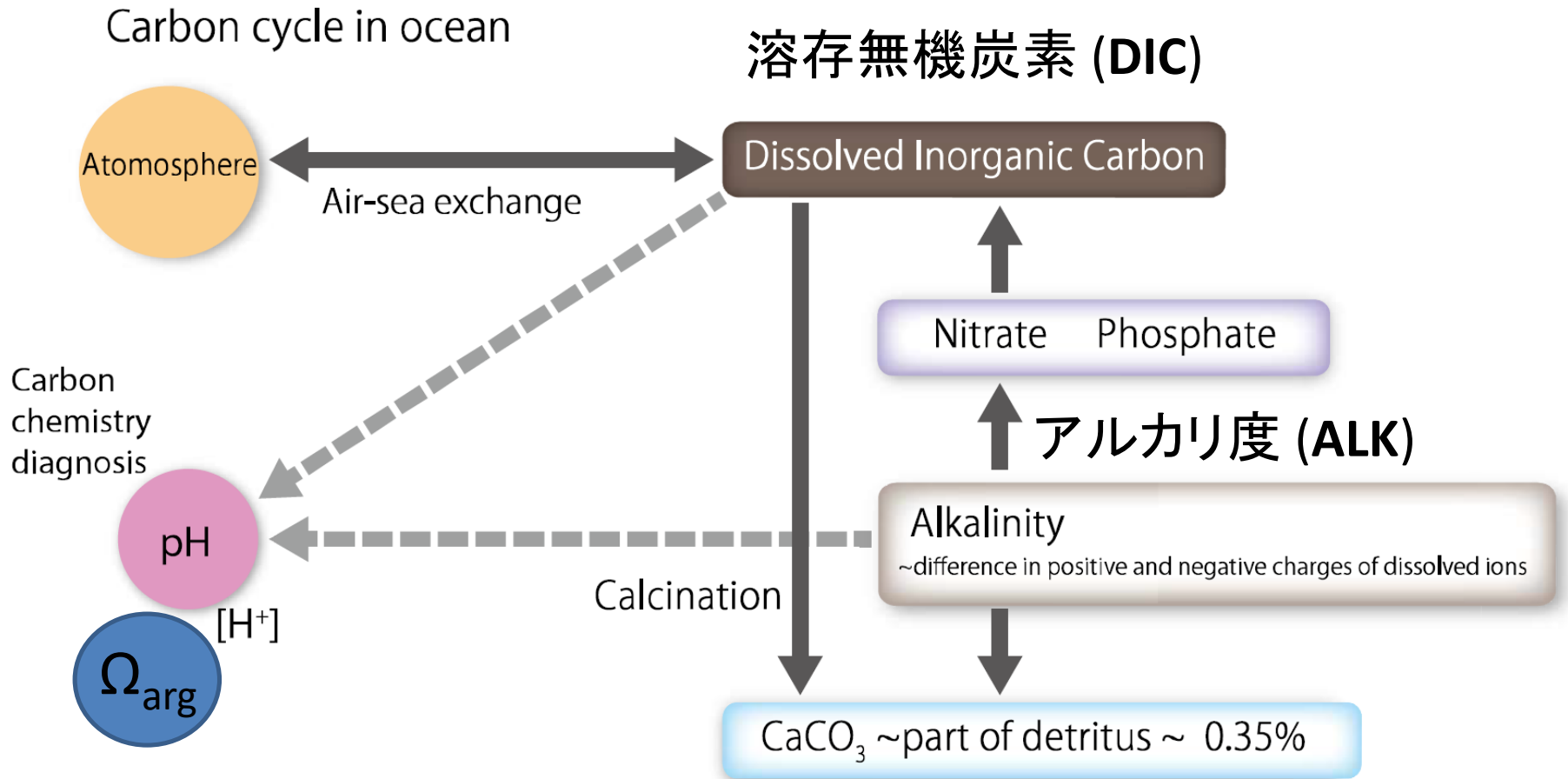
Biogeochemical model with carbon



Onitsuka and Yanagi 2005

NPZDC model (2)

炭素循環モデル



物理場：

流速、水温、塩分、海面高度、鉛直拡散係数：JCOPE_2Mデータ
風、熱、塩分フラックス、日射量：6時間ごとのNCEP/NCAR再解析データ
大気 CO₂ データ：綾里の観測値から経験式を作成

NPZD、炭酸系(DIC, アルカリ度)データ：

栄養塩（DIN, DIP）：WOA dataおよび Yasunaka et al. (2013)の月別気候値
植物プランクトン, 動物プランクトン, デトリタス：気候値（一部改良）
DIC：Goyet et al. (2009); Key et al.(2014);
Yasunaka et al. (2014)から作成した月別気候値
アルカリ度(Alk)：Goyet et al. (2009); Key et al.(2014);
Takatani et al. (2014)の気候値や経験式により作成
JMA観測値により一部改良

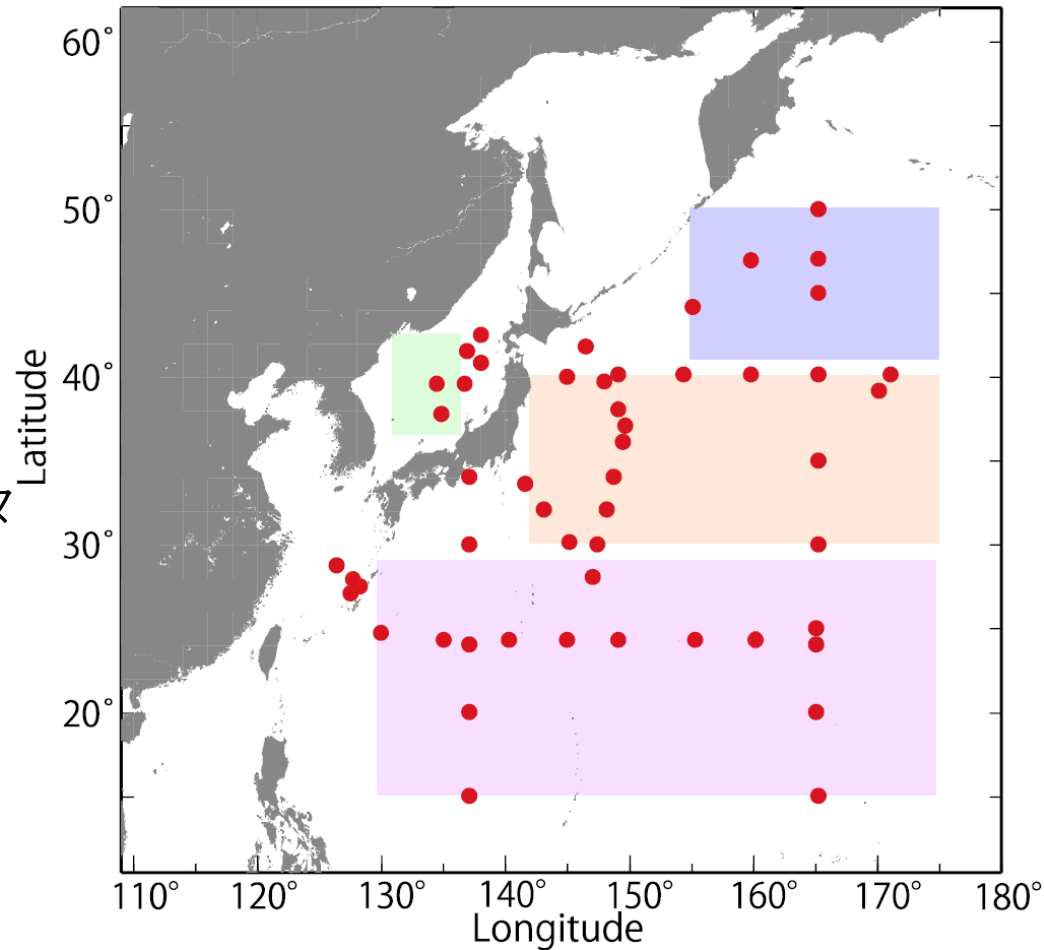
DIN, DIP, DICの月別気候値は、30日の緩和条件および境界条件として使用
アルカリ度も1月の値で作成した気候値を月ごとに緩和条件境界値として使用

モデルの再現性の検証

2015年の気象庁の観測点

DIN,DIP,DIC,アルカリ度：
2015年の気象庁観測データ

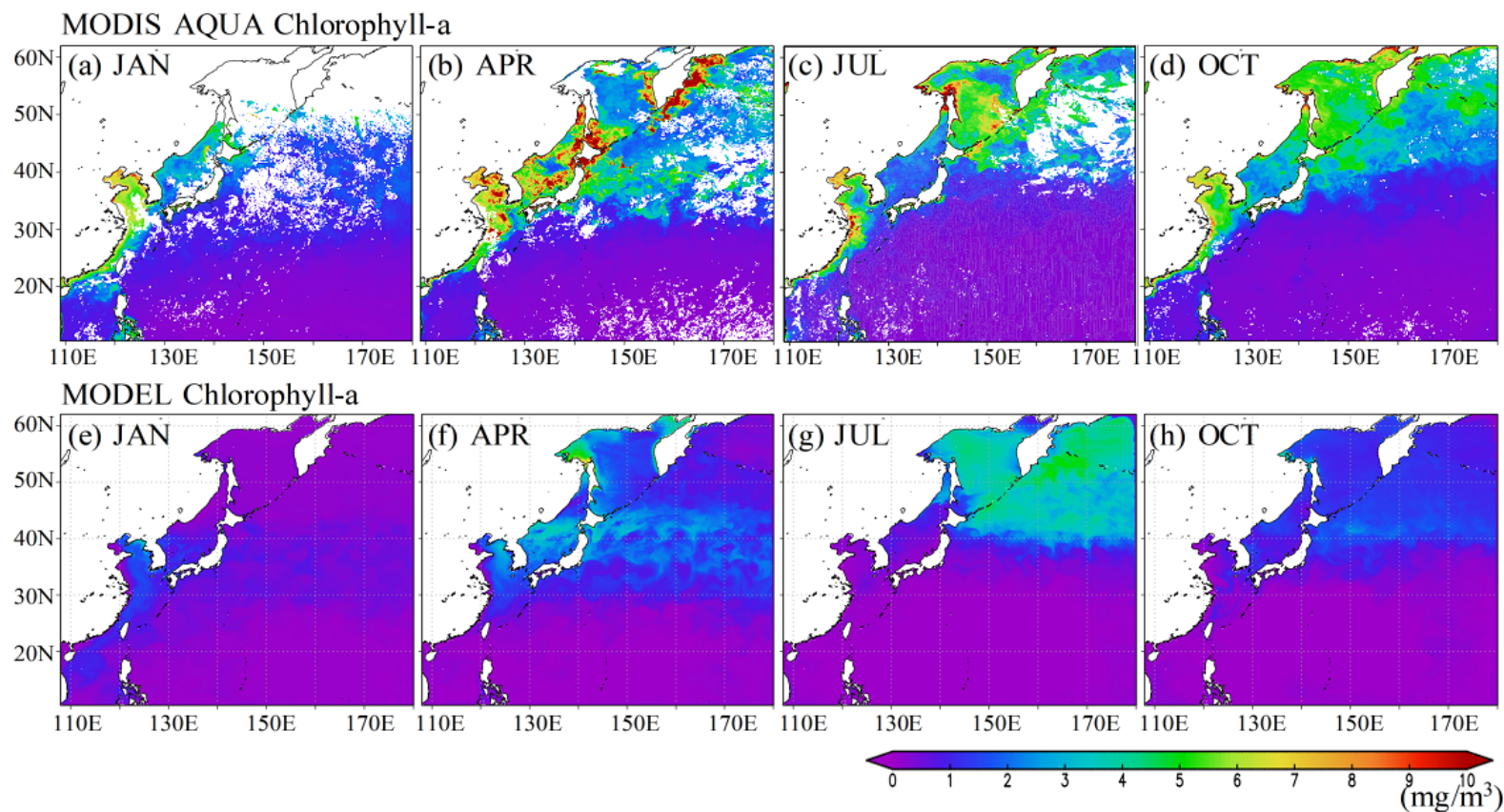
クロロフィルデータ：
2015年のMODIS衛星データ



カラー領域ごとに分け、モデルの信頼性について検証

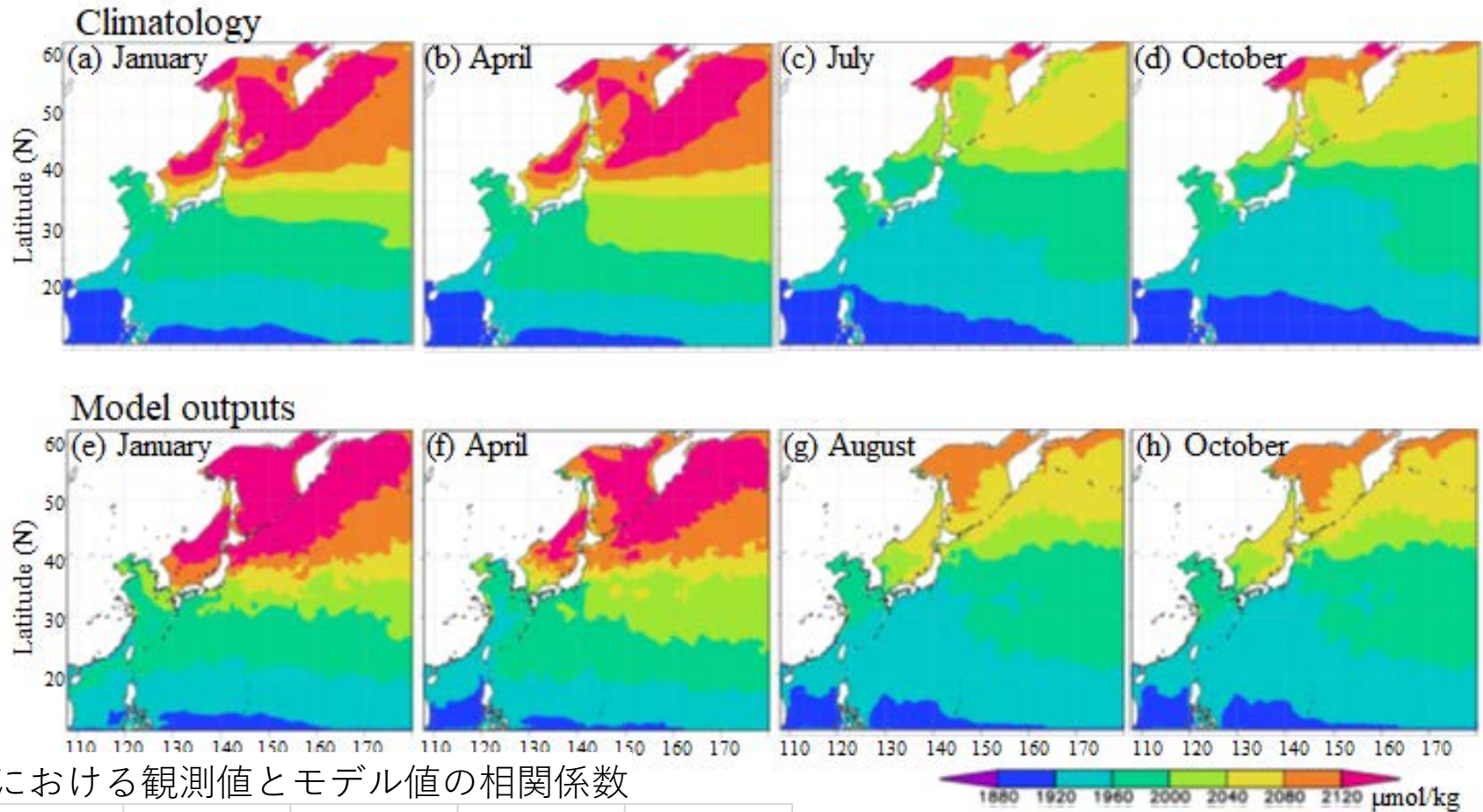
クロロフィル：観測値（2015年）とモデル値の比較

クロロフィル



DIC: 観測値（2015年）とモデル値の比較

DIC

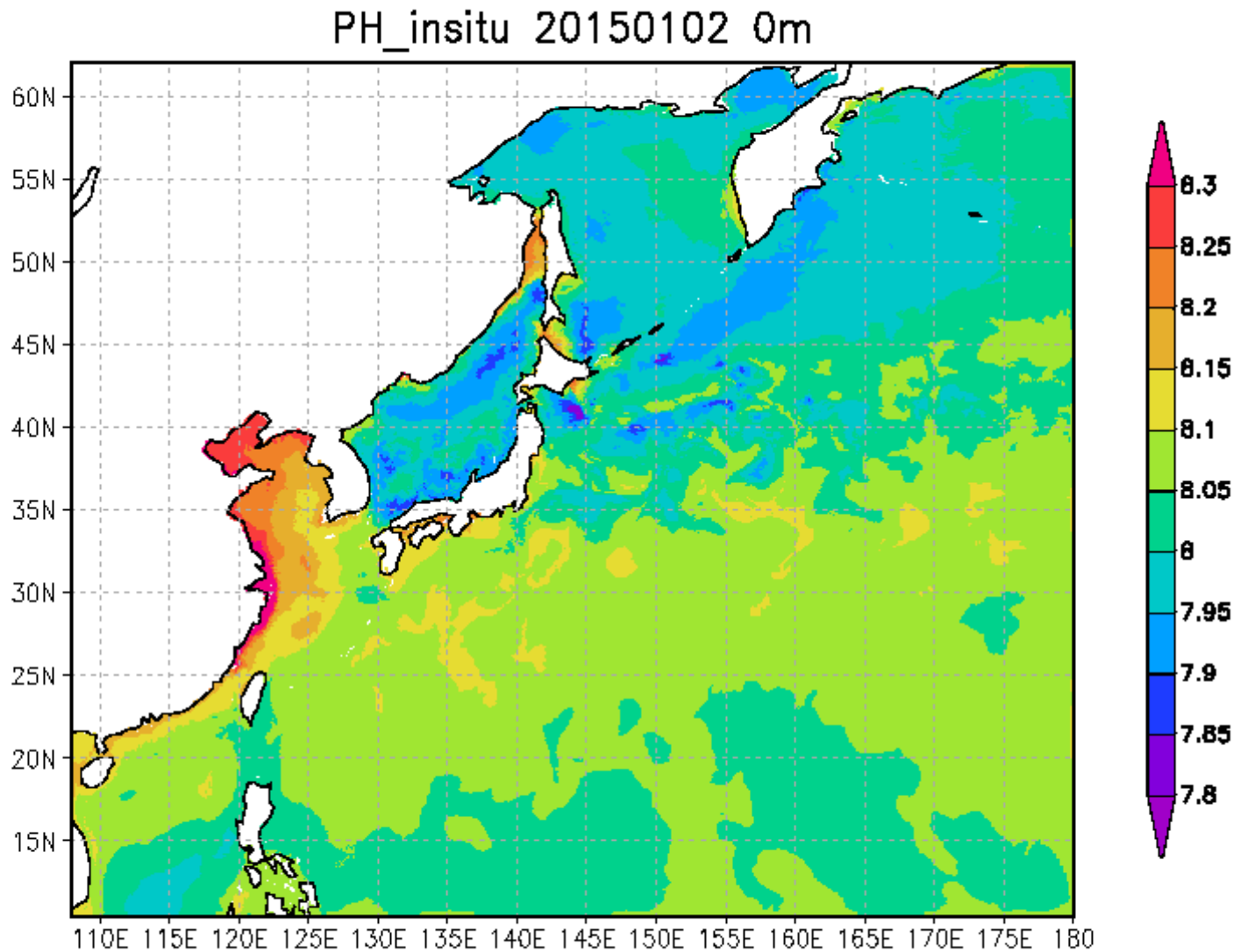


各変数における観測値とモデル値の相関係数

Parameter	Subtropical region	Subarctic region	Kuroshio extension	Japan Sea
Chlorophyll-a	0.57	0.88	0.86	0.87
DIN	0.72	0.88	0.87	0.95
DIC	0.74	0.87	0.78	0.92
Alkalinity	0.48	0.69	0.48	0.35

(クロロフィルは $\log_{10}(\text{Chl})$ で評価,
カッコの値は95%CL)

モデルの水温、塩分、DIC、アルカリ度から計算された現場pH

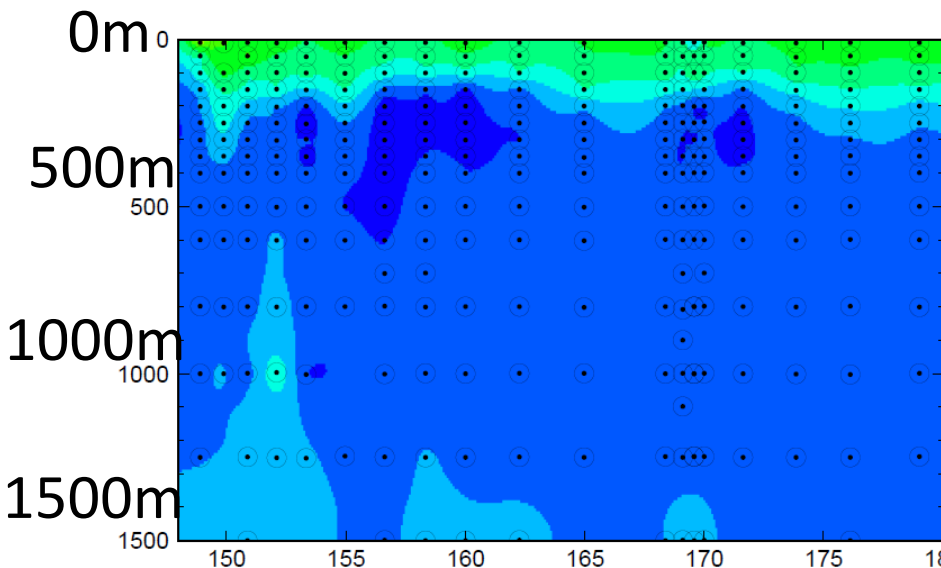


大まかには水温とDICの変動で決まる

pH in P01観測線: 鉛直断面は？

Observation data

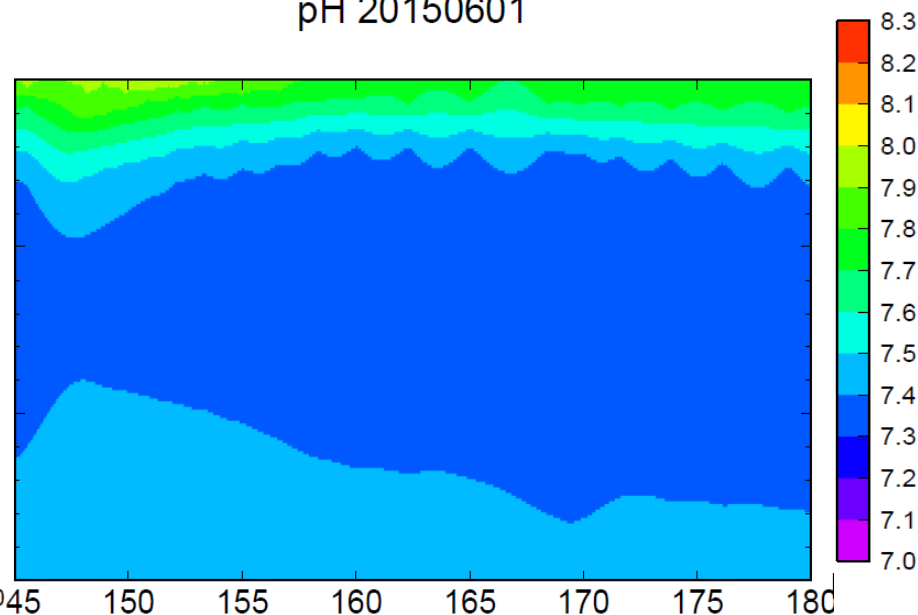
pH 1999 May-June



東経

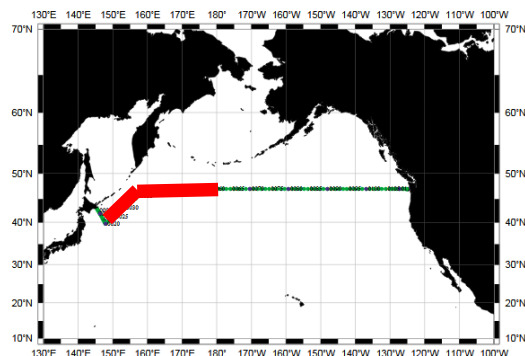
Model data

pH 20150601

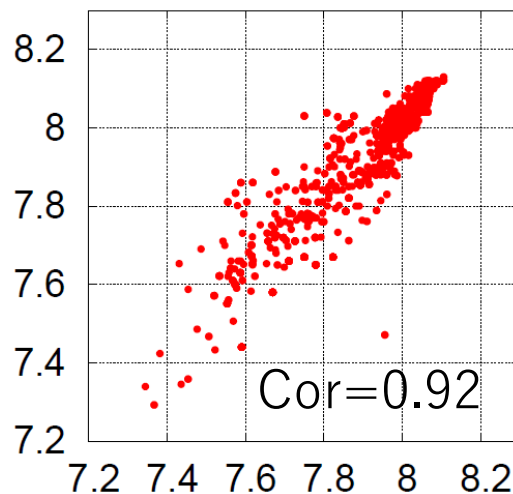


東経

Cruise Narrative: WOCE Section P01

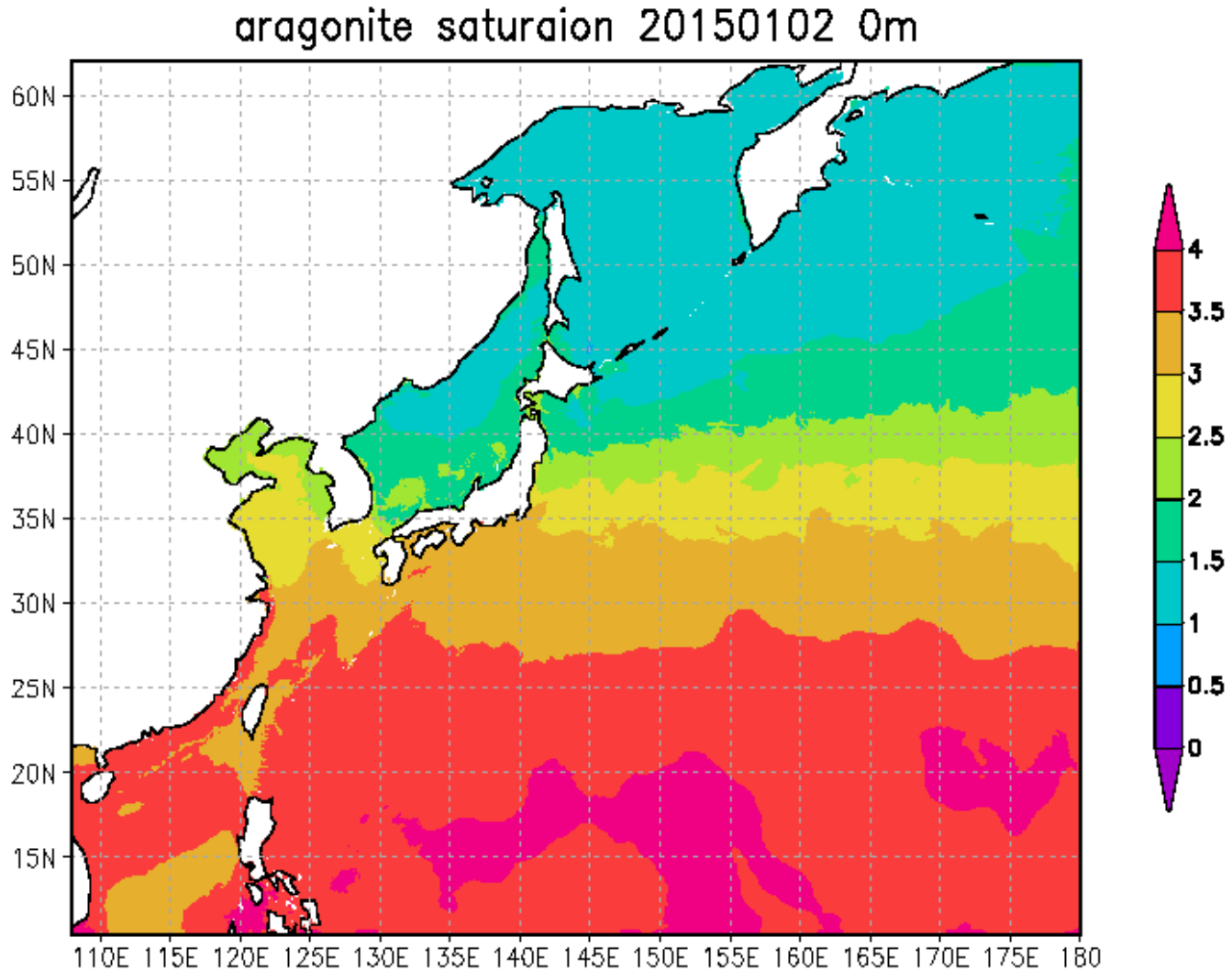


Obs. pH



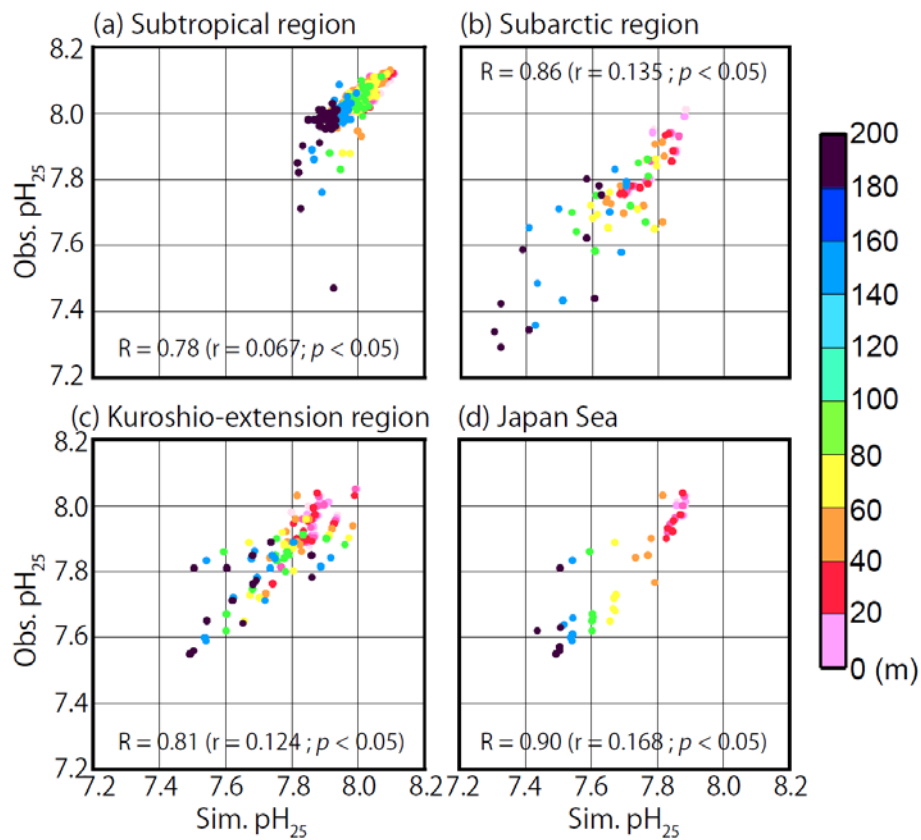
深い層には低pH
(酸性化した)水
がある。→湧昇
が被害を及ぼす場合
も(カリフォルニア沖)

モデルの水温、塩分、DIC、アルカリ度から計算された
アラゴナイト飽和度

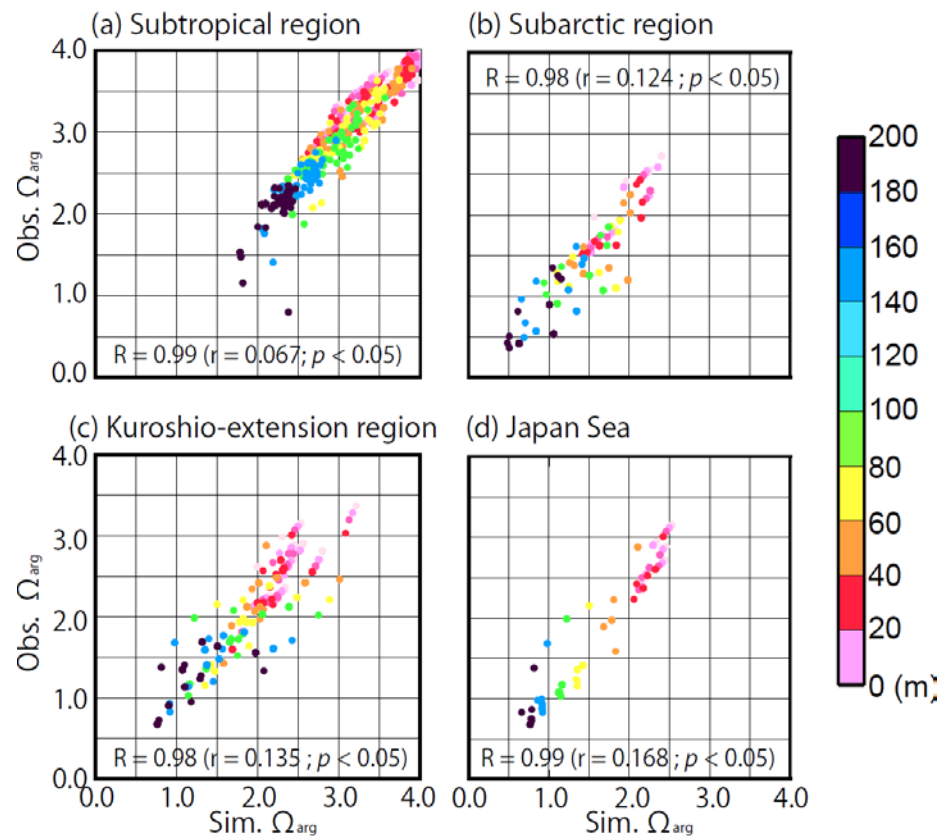


大まかには、DICとアルカリ度の季節変動で決まる
→ **海流影響**が現場pHよりも顕著に現れる。

pH₂₅の各領域における相関



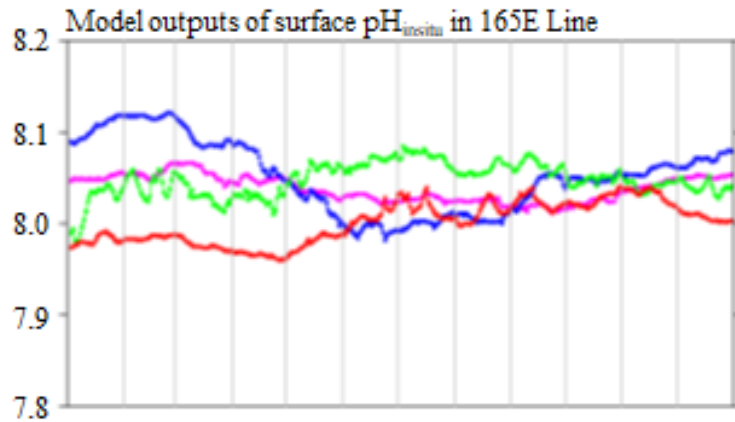
アラゴナイト飽和度の各領域における相関



観測値とモデル値の相関はやや亜熱帯域のpHは0.78とやや低い、そのほかの領域では0.8以上の高い相関。

—20N —30N —40N —50N

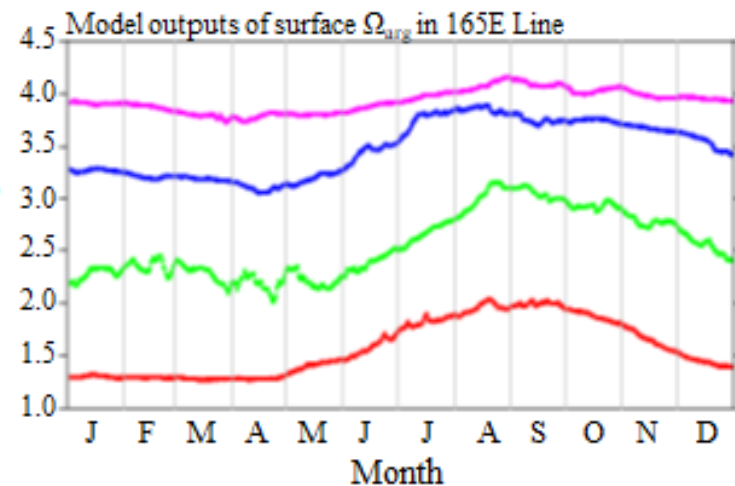
現場pHの季節変動



冬→夏：DIC減少 → pH上がる
水温上昇 → pH下がる

温暖化影響

(CO₂濃度上昇 → DIC増加 → pH下がる)



アラゴナイト飽和度の季節変動

冬→夏：DIC減少 → Ω_{arg} 上がる
ALK減少 → Ω_{arg} 下がる

温暖化影響

(CO₂濃度上昇 → DIC増加 → Ω_{arg} 下がる)

観測データが少ないため、縁辺海でのpHやアラゴナイト飽和度の季節変動が不明であった領域でも、本モデル結果から可能性の高い季節変動を把握することができる。縁辺海の海洋酸性化に関する貴重な情報を提供できる。

まとめ

海流前線波動予測にむけた高解像度海流モデルの応用研究の課題の一環として日本近海の海洋酸性化と海洋生態系変動の解明に向けた低次生態系・炭素循環現況予測モデル(JCOPE_EC)の開発を進めた。

モデル結果を観測値と比較することで、日本近海における酸性化の現況予測モデルとしての有効性を示した。

酸性化指標となるpHやアラゴナイト飽和度の値で使用する変数の季節的な寄与についても検討し、pHは水温とDICが秋から春にかけて重要であるが、夏季にはALKの影響が強まること、アラゴナイト飽和度はDICとアルカリ度の寄与が季節に変わらず重要となっていることを示した。→**海流影響**

今後の課題

本モデルは気候値緩和の効果が入っているため、生態系や炭素循環のメカニズムを把握することが難しい。今後は現況予測実験を継続しつつ、気候値緩和の効果を外したモデル開発を進め、変動メカニズムの解明に取り組む。

**海洋危機ウォッチ** プロトタイプ版

菅川平和財団
海洋政策研究所

～海洋の環境変化を学ぶ、見る、予測する～

Home 海の温暖化・海洋酸性化 海の予測情報 観測の情報 ニュース 学習コーナー サイトポリシー

最新のニュース HOME  ご利用マニュアル

- ・[2018年8月31日]【研究紹介】身近な海に見る海洋酸性化の将来
- ・[2018年8月20日]【研究紹介】世界の貧酸素化問題 (3) 数値モデルと観測モニタリング
- ・[2018年8月10日]【研究紹介】海中の音と海洋酸性化
- ・[2018年7月25日]【研究紹介】南大洋の海洋酸性化
- ・[2018年7月13日]【研究紹介】今世紀における海洋酸性化の季節周期の変化
- ・[2018年7月6日]【イベント紹介】第4回国際シンポジウム「The Effects of Climate Change on the World's Oceans」開催
- ・[2018年6月28日]【研究紹介】世界の貧酸素化問題 (2) 沿岸域の温暖化と貧酸素化
- ・[2018年6月18日]【研究紹介】日本国内の海洋酸性化研究 (その2) 一津軽海峡にみる海洋酸性化―
- ・[2018年6月4日]【事業紹介】IPCC海洋・雲氷圏特別報告書
- ・[2018年5月28日]【研究紹介】

海洋危機ウォッチとは

人間社会が大気中に排出する二酸化炭素は、温室効果により地球温暖化をもたらすとともに、海水中に溶け込むことで海洋酸性化を進行させます。

このような、海洋における地球温暖化や海洋酸性化は、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第5次評価報告書において、極域生態系やサンゴ礁といった海洋生態系に相当のリスクをもたらすと記されています。

そのため、早急な対応が必要とされており、社会経済面で海洋に大きく依存している我が国、延いては地球規模でも人間社会に大きな影響を及ぼすと予想されます。

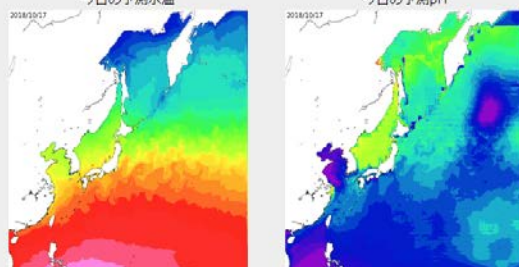
しかしながら、それらの要緊の課題について、我が国では十分な研究や対応が進んでいません。

そのため、適切な行動を促すためには、正確な情報の発信・入手が必要不可欠です。

このような背景を踏まえ、本サイトでは温暖化・海洋酸性化について一般向けに分かりやすく、かつ専門家にも活用可能な情報基盤を提供します。

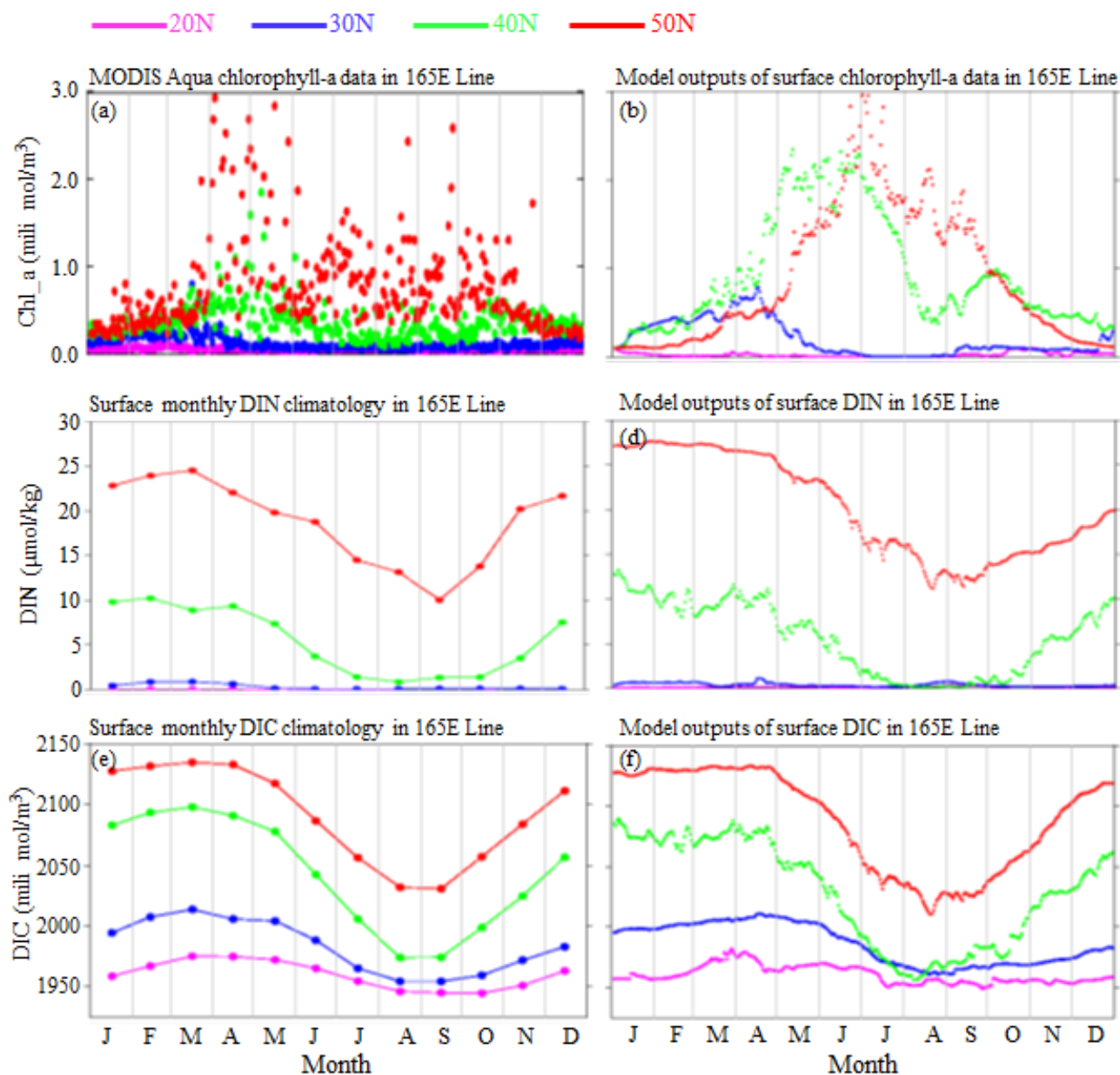
今日の予測水温

今日の予測pH



現況予測実験の成果は、
笹川平和財団のウェブサイトを通じ月1回程度の頻度で一般公開

季節変動　－観測値（2015年）とモデル値の比較－



海洋酸性化に対する経済的・生態学的に重要な海洋生物の脆弱性の見積もり

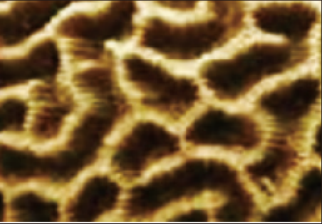
軟体動物	棘皮動物	甲殻類	魚類	サンゴ
				
脆弱性				
石灰化の低下、成長率や生存率の減少	発育初期段階にて脆弱性あり(研究事例少)	他のグループより影響が少ない	餌や生息環境の変化に伴う非直接的影響	石灰化の低下、温暖化との相乗影響
全世界の推定経済価値 (2010 年の積算、米ドル)				
240 億ドル	7 億ドル	370 億ドル	650 億ドル	300-3750 億ドル
負の影響を受ける種の割合 (二酸化炭素の排出抑制対策をしないシナリオでの将来推定値、原図から数値読取)				
約 60%	約 30%	約 10%	約 70%	約 40%

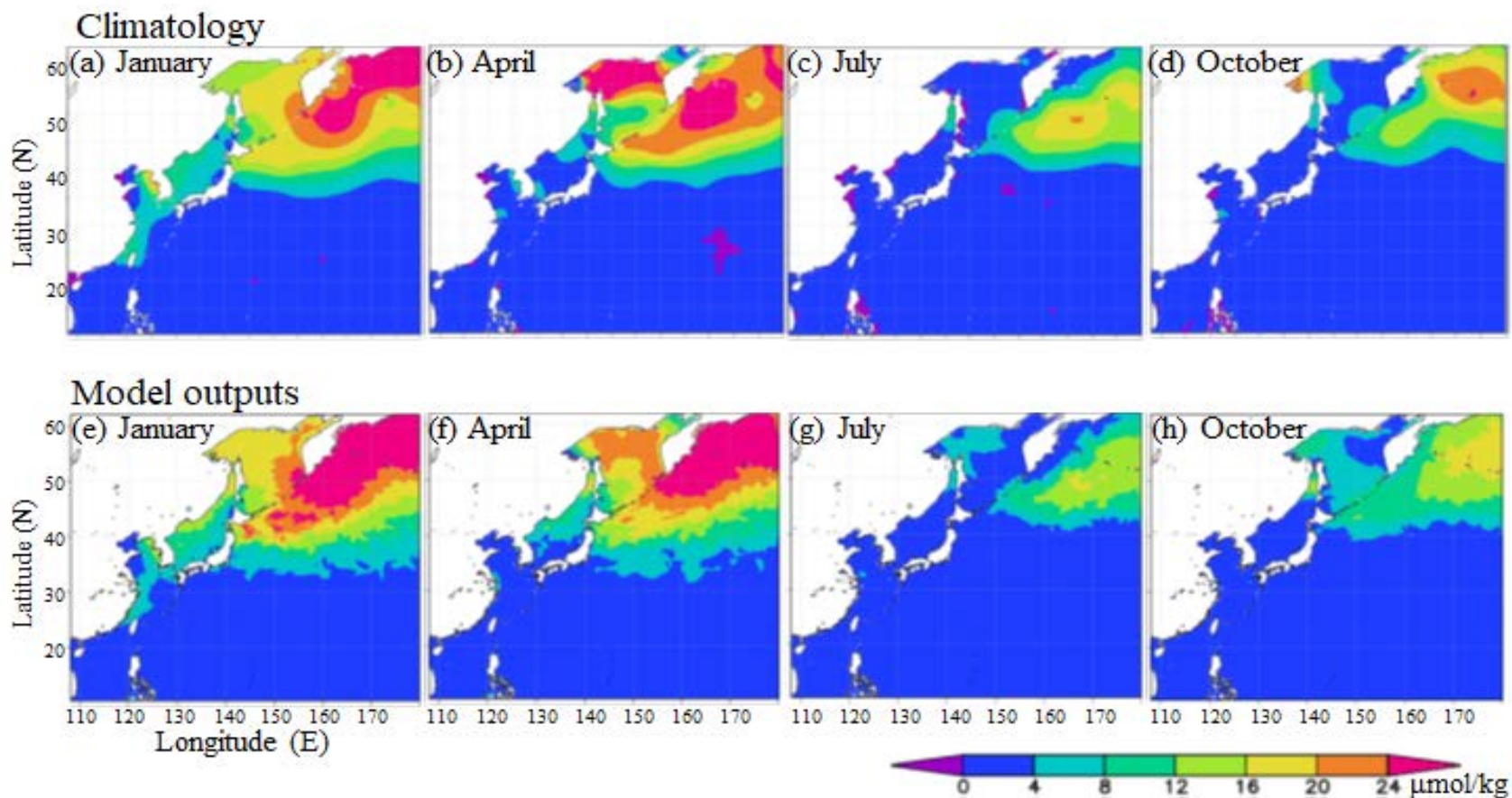
図2：海洋酸性化に対する経済的・生態学的に重要な海洋生物の脆弱性

出典：IGBP, IOC, SCOR (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden.の9ページ目の図から抜粋・翻訳

海洋酸性化に対する早急な対策が世界規模で必要となっている。

モデルの再現性－観測値（2015年）とモデル値の比較－

DIN



感度実験 PHの値を決定するのに重要となる変数の把握

モデル出力の pH から、pH の値を決定する変数（水温、塩分、DIC、アルカリ度）それぞれの中央値を使って新たに $\text{pH}_{T=\text{const}}$ を計算。それらとモデル出力の pH の差から、どの変数が pH, Ω_{arg} の値にとって重要になるかについて調べた。

ΔpH (水温のみの影響、1月) = pH (基本ケース、1月) - pH (水温を固定した場合、1月)

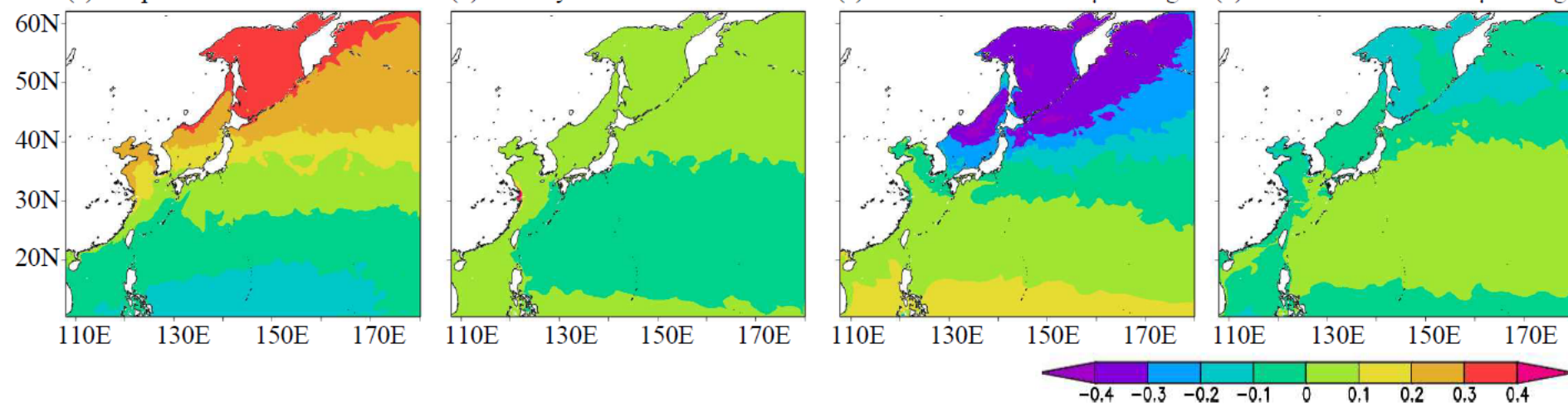
ΔpH in January

(a) Temperature cons. = 21°C

(b) Salinity cons. = 34.44

(c) DIC cons. = 1995.2 $\mu\text{mol/kg}$

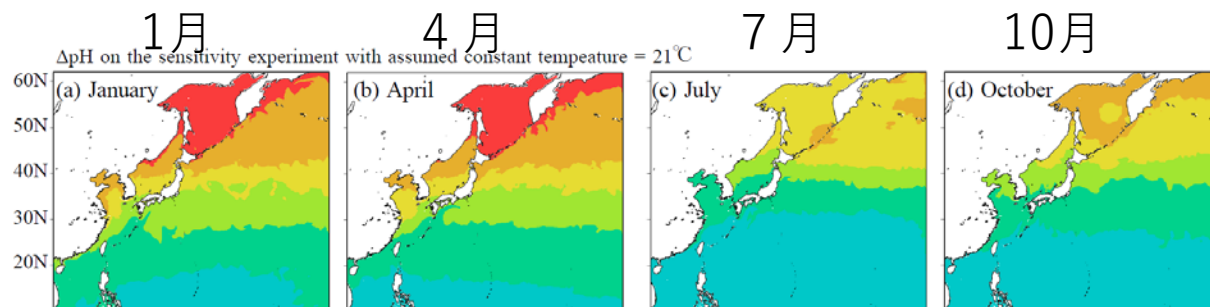
(d) ALK cons. = 2260.9 $\mu\text{mol/kg}$



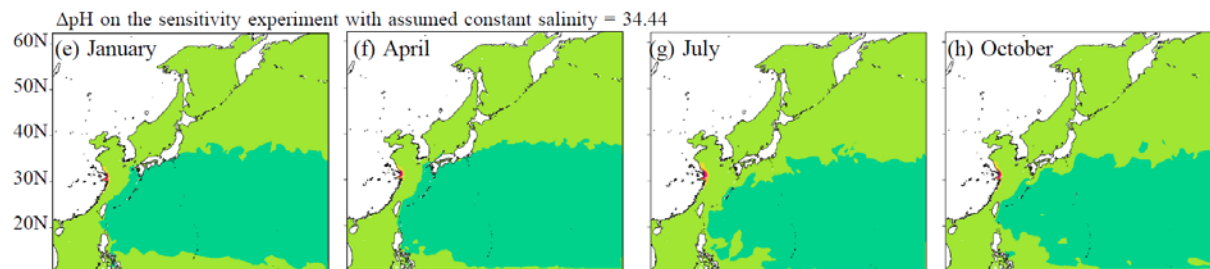
冬季では水温とDICが重要

pH：影響変数の季節変化

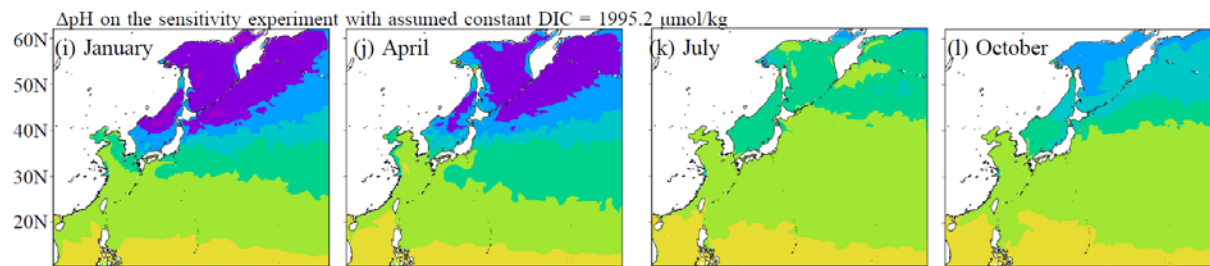
ΔpH (水温のみの影響)



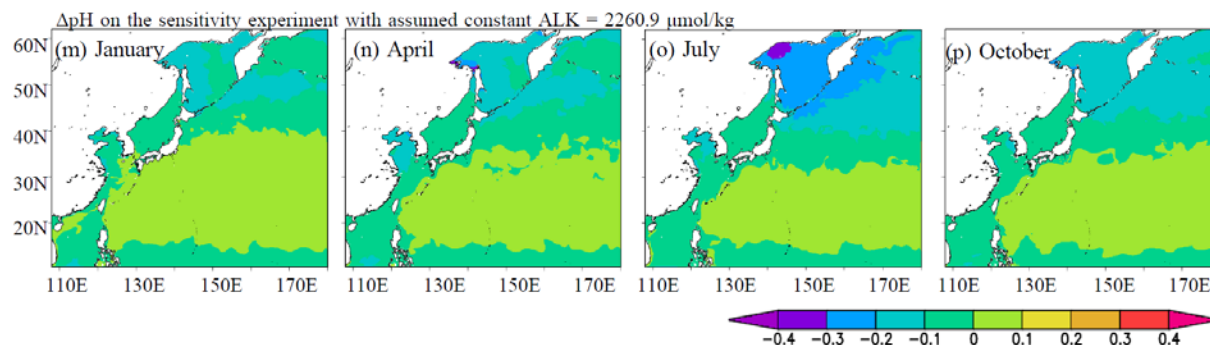
ΔpH (塩分のみの影響)



ΔpH (DICのみの影響)



ΔpH (アルカリ度のみの影響)



水温とDICの影響は秋から春にかけて大きい。アルカリ度は夏季に影響が大きく

感度実験

アラゴナイト飽和度 (Ω_{arg}) の値を決定するのに重要となる変数の把握

$$\Delta \Omega_{\text{arg}}(\text{水温のみの影響、1月}) = \Omega_{\text{arg}}(\text{基本ケース、1月}) - \Omega_{\text{arg}}(\text{水温を固定した場合、1月})$$

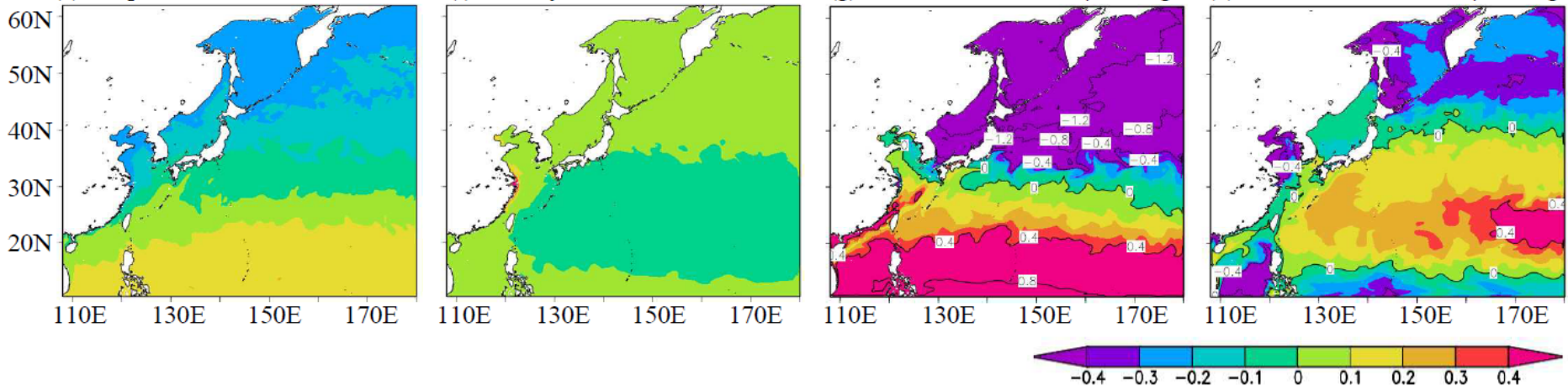
$\Delta \Omega_{\text{arg}}$ in January

(e) Temperature cons. = 21°C

(f) Salinity cons. = 34.44

(g) DIC cons. = 1995.2 $\mu\text{mol/kg}$

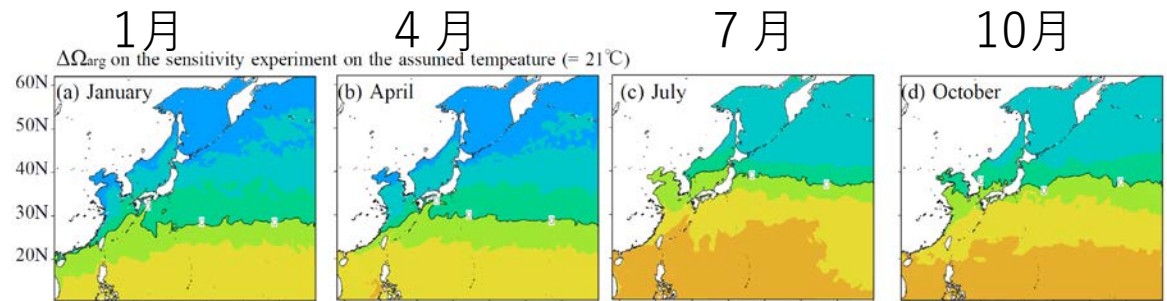
(h) ALK cons. = 2260.9 $\mu\text{mol/kg}$



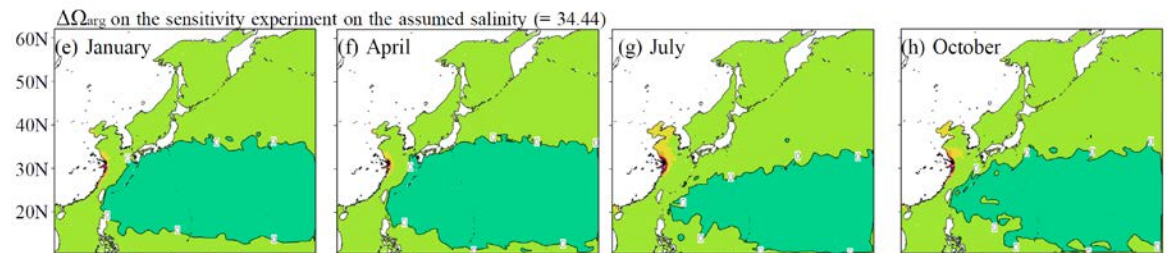
冬季には、DICとアルカリ度の影響が大きい。

アラゴナイト飽和度：影響変数の季節変化

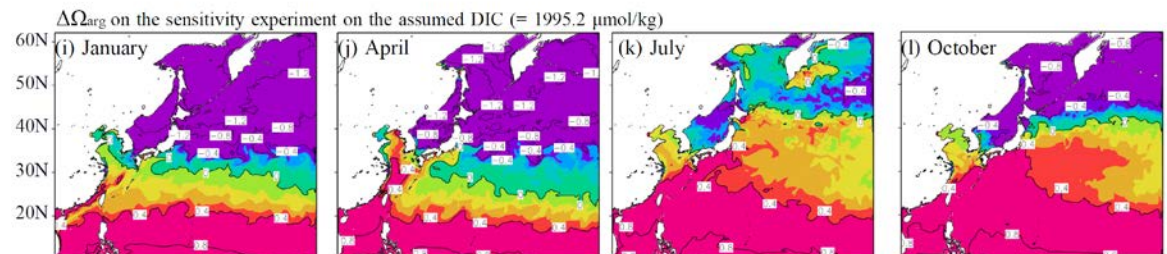
$\Delta \Omega_{\text{arg}}$ (水温のみの影響)



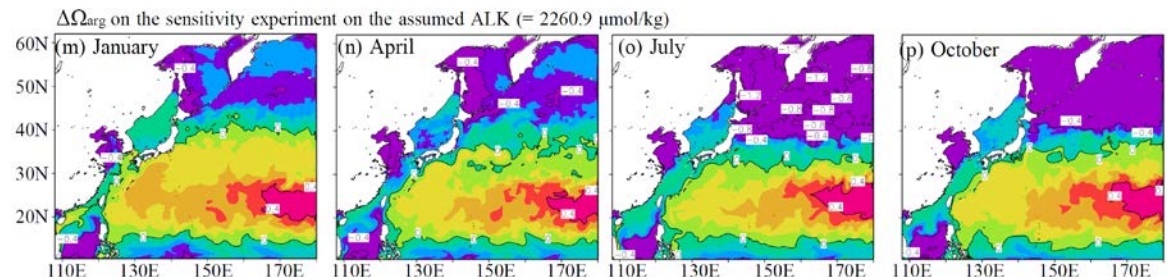
$\Delta \Omega_{\text{arg}}$ (塩分のみの影響)



$\Delta \Omega_{\text{arg}}$ (DICのみの影響)

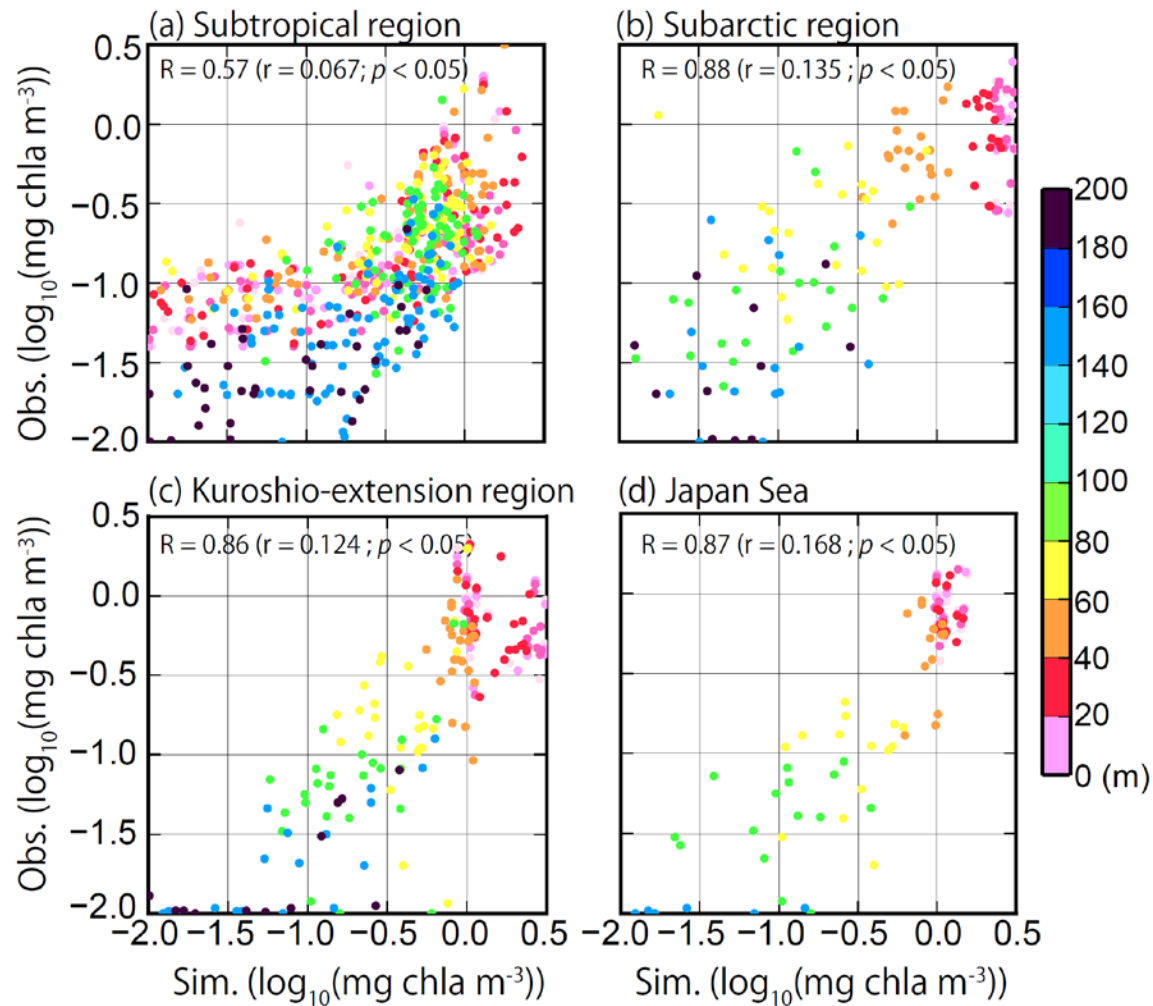


$\Delta \Omega_{\text{arg}}$ (アルカリ度のみの影響)



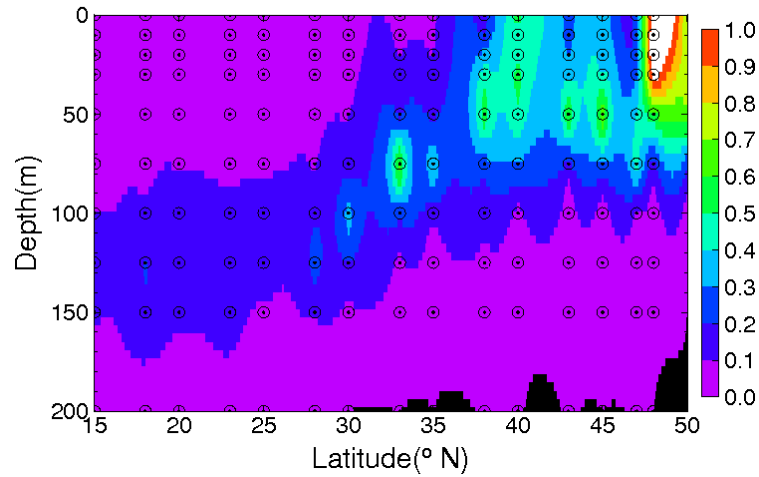
通年を通して、DICとアルカリ度の影響が大きい。

クロロフィルの観測値とモデル値の相関分布



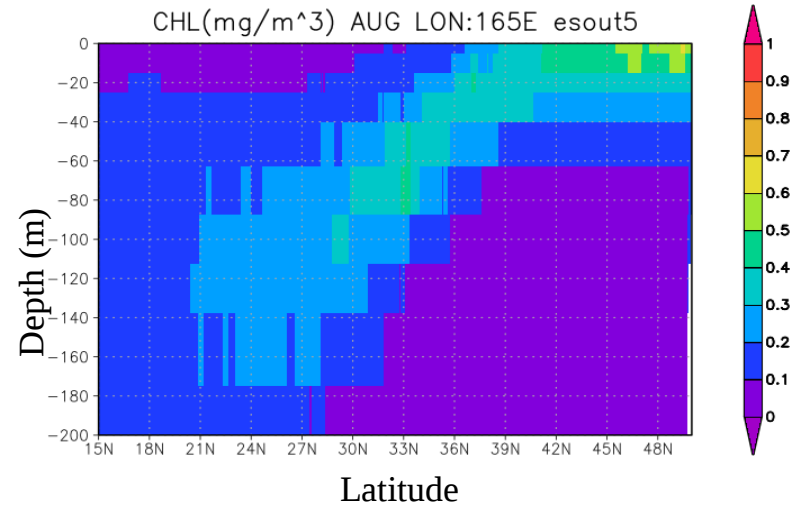
Observation

Chla(mili mol/m³) in SUMMER in 165E line



Model

CHL(mg/m³) AUG LON:165E esout5



Vertical profiles at Station S1 (30°N, 145°E)

改良後

