

沿岸海洋生態系に対する 気候変動の複合影響評価研究

モデルのスペシャリスト
海洋生態系・物質循環の
将来予測データ



現場観測のスペシャリスト
生物分布・多様性・機能に関する
評価指標



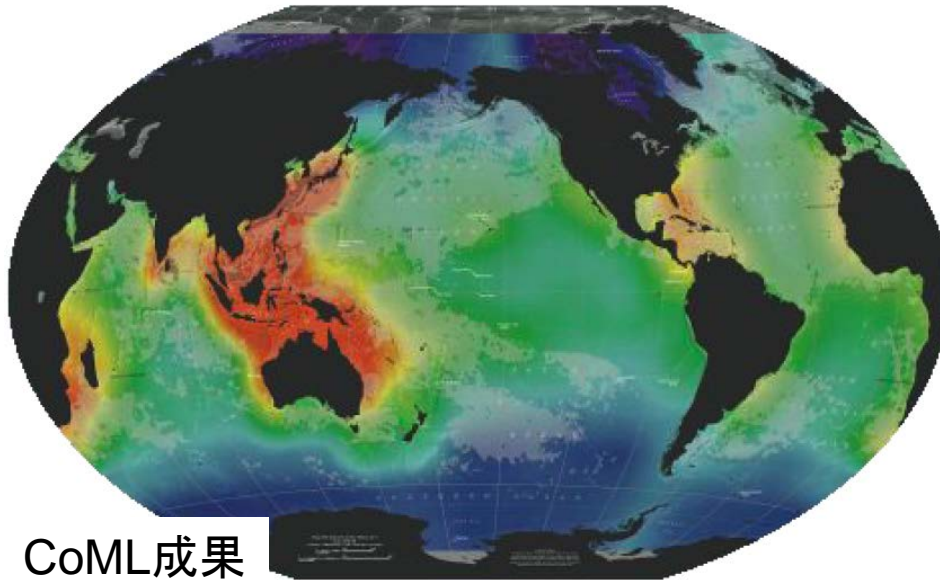
山中康裕・藤井賢彦・高尾信太郎・柴野良太 (北海道大学)

山野博哉・熊谷直喜(国立環境研)

分布・多様性・機能に対する
地球温暖化や海洋酸性化による複合影響・その不確実性を定量的に評価

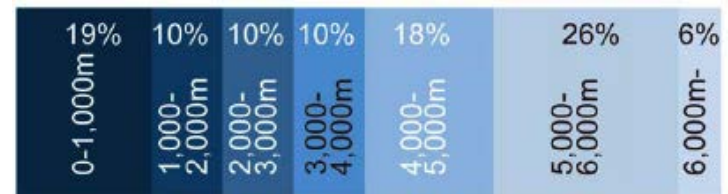
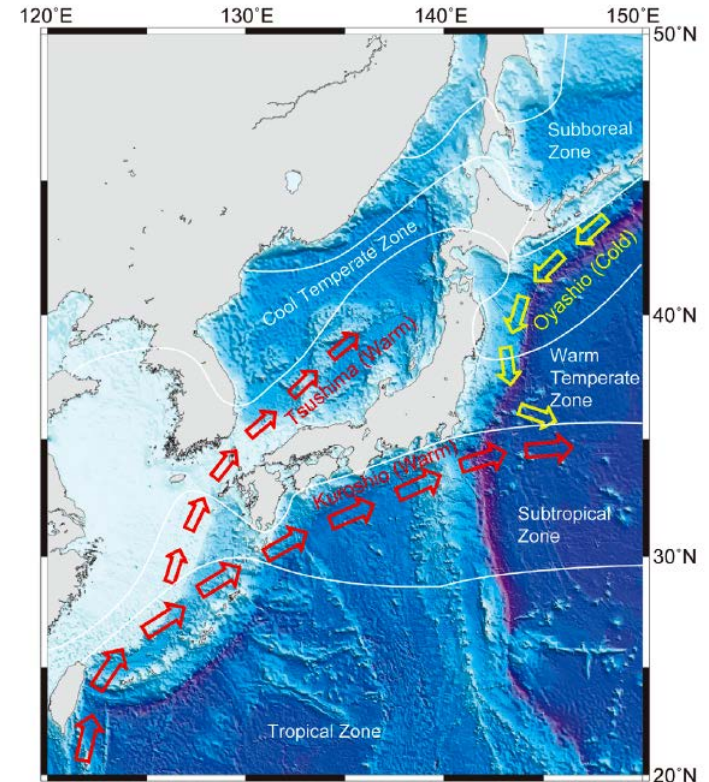
生物多様性や生態系サービスの維持/向上に向けて優先的に対策を
講じるべき海域、及びその適切な範囲や時期に関するガイドラインを提示

日本近海は海洋生物多様性のホットスポット



日本近海には全海洋生物種数
約25万種の13.5%が出現

地形、水深帯、水温、潮流、
気候区分など環境が多様



Fujikura et al. (2010)

温室効果ガス

気温上昇

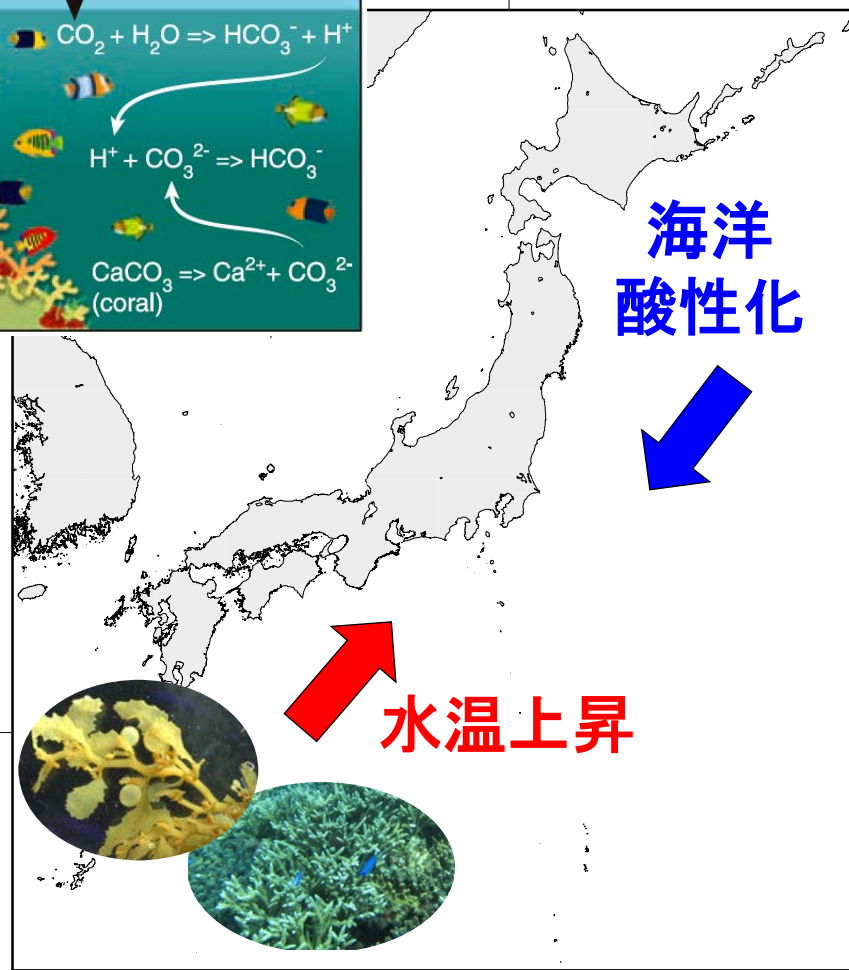
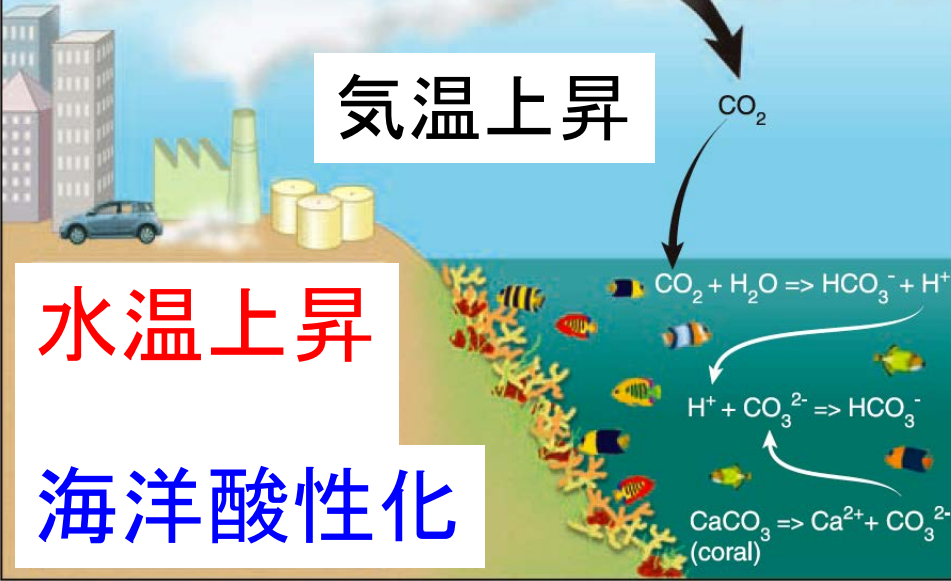
CO₂

水温上昇

海洋酸性化

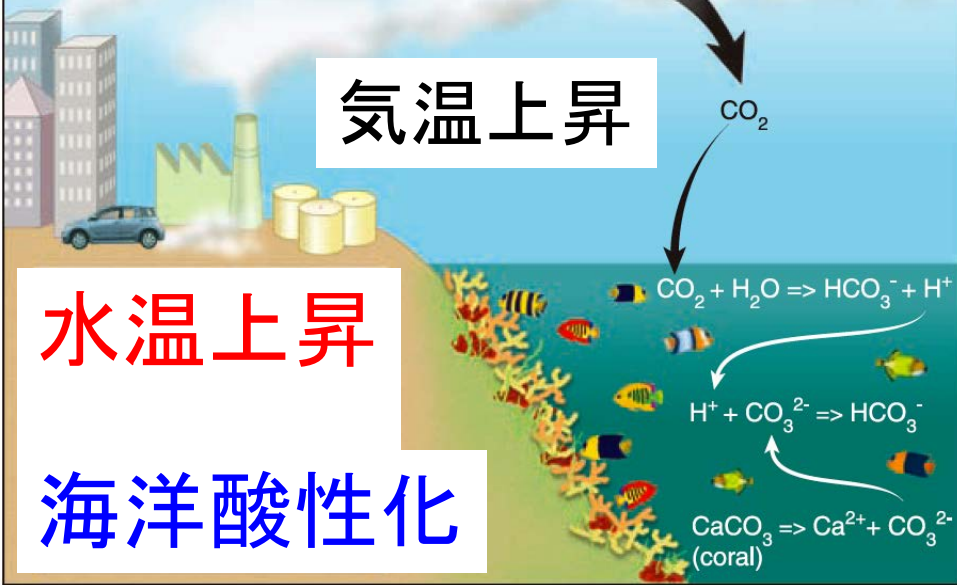
Hoegh-Guldberg et al. (2007)

磯焼け対策
ガイドライン
(水産庁、2007)



温室効果ガス

気温上昇



水温上昇

海洋酸性化

Hoegh-Guldberg et al. (2007)

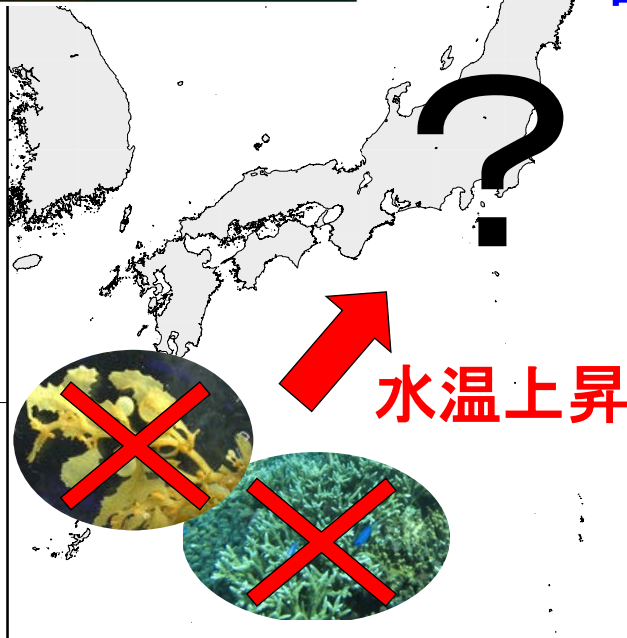
磯焼け対策
ガイドライン
(水産庁、2007)

藻場の衰退



海洋 酸性化

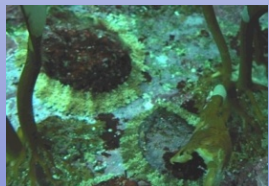
サンゴの白化



摂餌圧の増加

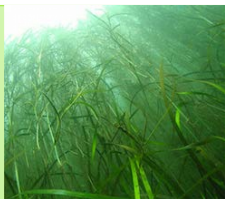


亜寒帯
藻場



底生
動物

温帯
藻場



亜熱帯～暖温帯

サンゴ礁



藻場

対象種

養殖対象魚類



養殖対象貝類



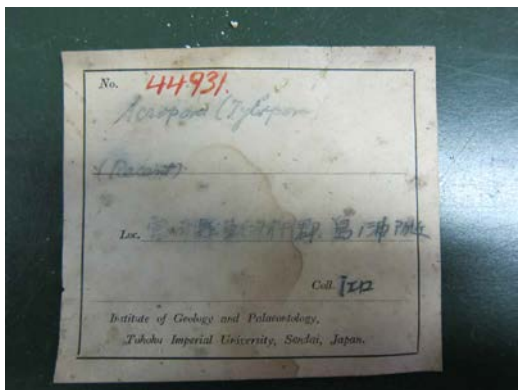
非食用生物



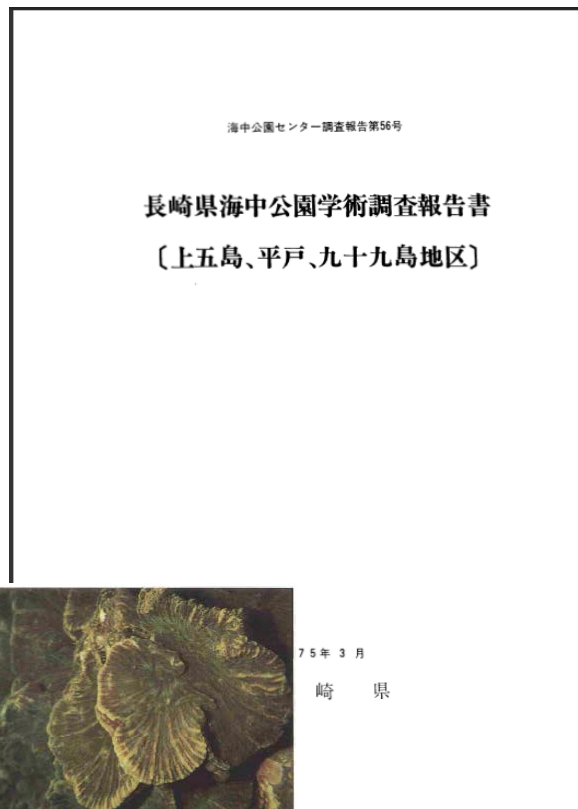
アウトプット

対象	手法	生態系サービス	リスク	時間解像度	モデル	適応策
サンゴ礁	分布 現存量	自然災害の緩和 地形形成、生物の生息 場所の提供 遺伝子資源の供給 食料の供給 リクリエーションの場所 の提供	白化の頻度・規模拡大 分布拡大にともなう生 物相変化 石灰化阻害 (台風による破壊、土 砂流入による斃死)	週～月平均水温 (最暖、偏差) 月平均水温 (最寒) 月平均 Ω (最低、イベント)	気候モデル 領域海洋モデル 分布推定モデル (数kmの 空間解像度)	ストレス低減 避難地確保 保護区の設置・ 再配置 移植
藻場	分布 現存量	栄養塩の循環 生物の生息場所の提供 食料の供給	分布変化にともなう生 物相変化 植食魚(アイゴ・イスズ ミなど)による捕食	月平均水温 (最寒) 月平均水温 (最寒)	気候モデル 領域海洋モデル 分布推定モデル (同上)	植食魚除去 摂食防止 移植
養殖対象種	分布	食料の供給	食料生産の減退	月平均水温 (最寒・最暖)	気候モデル 領域海洋モデル (同上)	環境変化に応じた 対象種の再検討
非食用生物	分布	遺伝子資源の供給 リクリエーションの場所 の提供	分布変化による多様 性変化	月平均水温 (最寒・最暖)	気候モデル 領域海洋モデル (同上)	避難地確保 保護区の設置・ 再配置
危険生物 (ソウシハギ、 シガテラ毒 など)	分布		刺傷 食中毒	月平均水温 (最寒・最暖)	気候モデル 領域海洋モデル (同上)	事故を未然に防ぐ ための教育啓発

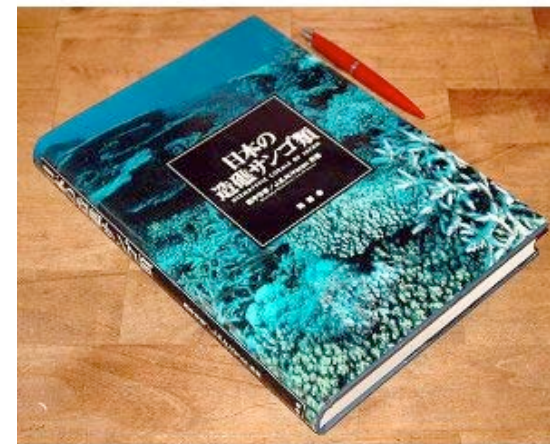
分布記録のデータベース化



1930年代
東北大博物館所蔵標本



1960-1970年代
海中公園調査報告



1980年代
造礁サンゴ図鑑
(西平・Veron, 1995)

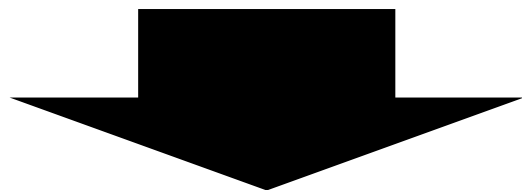


2000年代
自分たちで調査

海洋の**地球温暖化**・**海洋酸性化**に関する気候予測モデルの出力
(**水温**・**炭酸カルシウム飽和度(Ω)**など)

+

温暖化・**酸性化**に対する生物の影響評価指標



海洋生物の**温暖化**・**酸性化**影響予測

- 気候変動が海洋生態系の分布・多様性・機能に及ぼす複合影響・その不確実性を定量的に評価
- 生物多様性や生態系サービスの維持/向上に向けて優先的に対策を講じるべき海域、及びその適切な範囲や時期に関するガイドラインを提示

今年度の主な成果

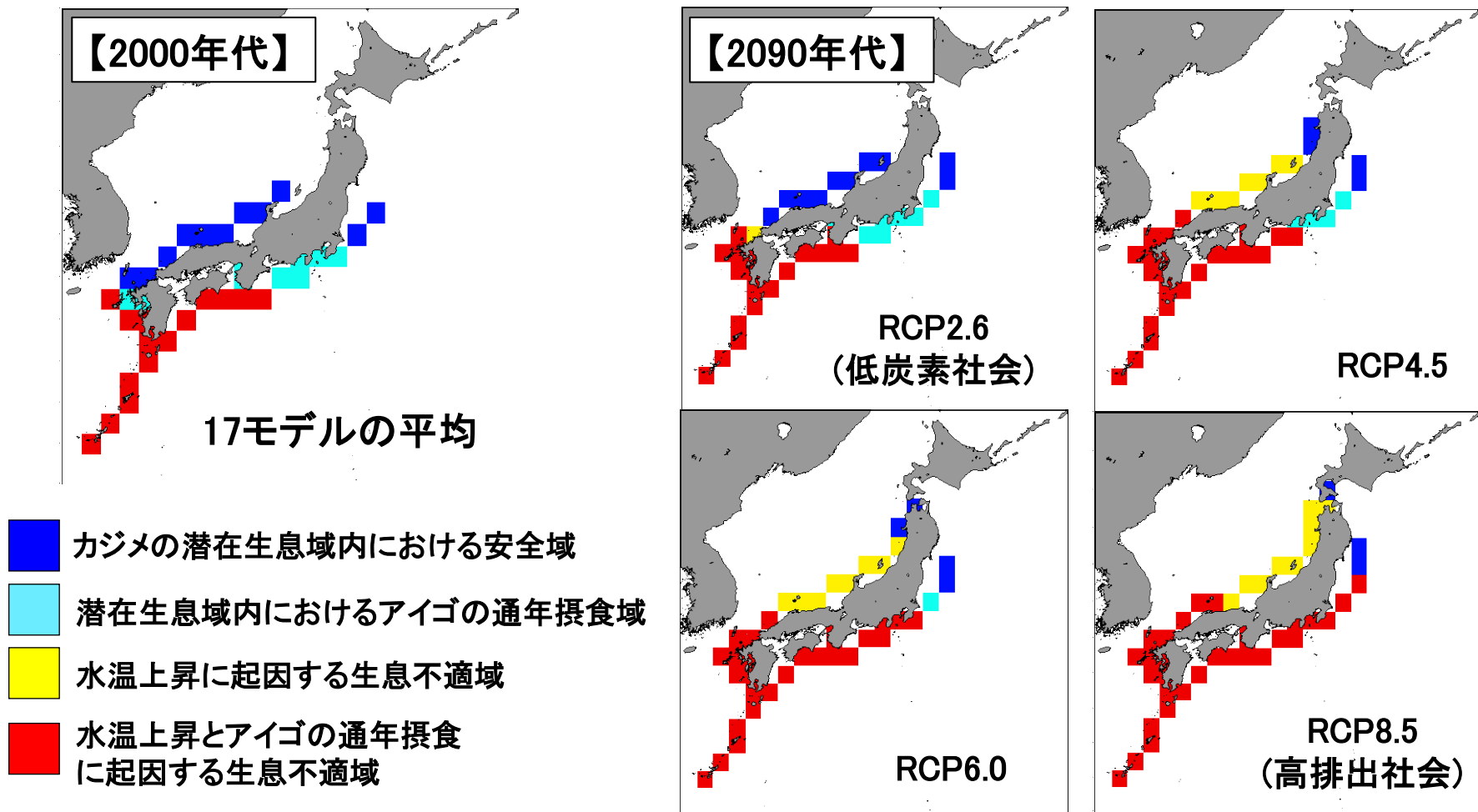
- **食物網も考慮した藻場の地球温暖化予測**
(Takao et al., 2015, *Ecology and Evolution*)
- **経年変動を考慮したサンゴ分布北上予測** (Takao et al., submitted)
- **サンゴと大型藻類の分布に対するデータベース構築と分析**
(Magdaong et al., 2014; Yamano et al., 2014; Kumagai et al., in prep.)
- **北海道ホタテガイ漁業に対する地球温暖化の影響評価**
(柴野ら, 2014, 水産海洋研究)

→ 海洋生物の分布は、気候変動の影響で現在急激に変化しつつあり、今後も変化を続けると予測される

→ 将来のCO₂排出抑制は影響緩和に有効

→ 海域ごとの適応策提案

温暖化シナリオの違いに伴う将来的な藻場分布の変化



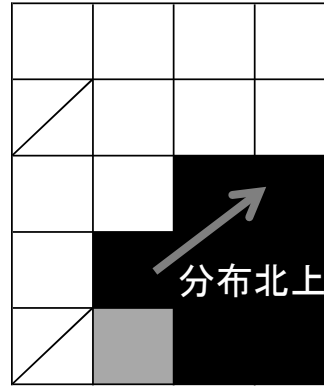
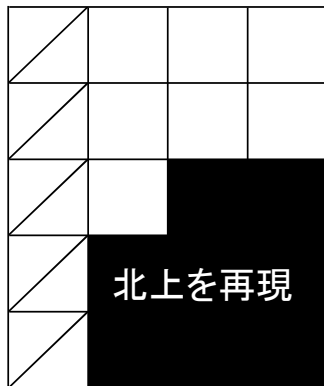
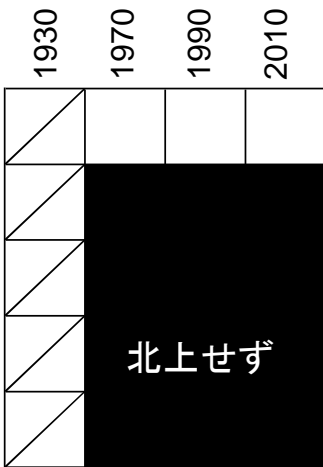
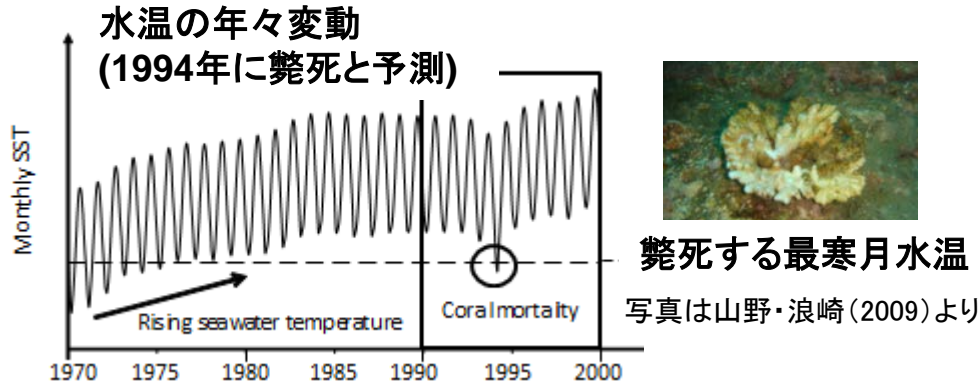
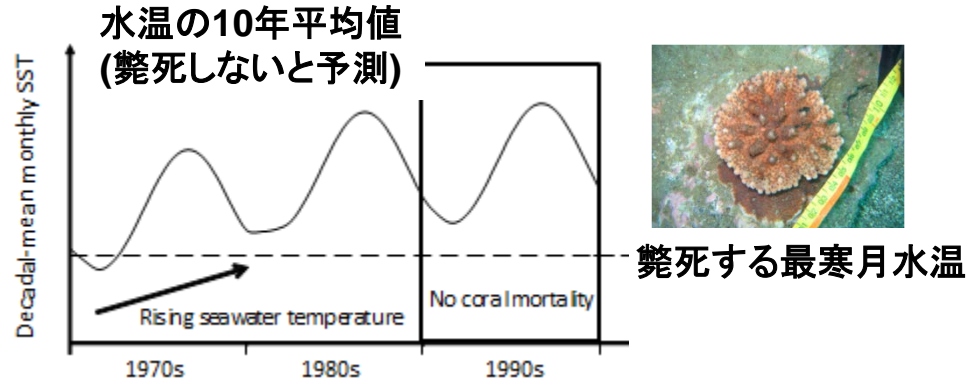
温帯性藻場種(カジメ)に対して、水温上昇に伴う直接的な影響(昇温ストレス)に加え、食害生物による間接的な影響を考慮した初めての将来予測研究

水温の年々変動を考慮したサンゴ分布北上予測の高度化

【問題点】

10年平均水温値を用いた従来のモデル研究結果ではサンゴ種の北上を再現できなかった

モニタリング結果から得られたサンゴ種ごとの低水温耐性値と、月ごとの水温変動を計算できる気候モデル(miroc4h)を用いて、過去80年間のサンゴ北上を再現



館山
伊豆
串本
土佐清水
種子島

最寒月水温の年々変動とサンゴの斃死水温を考慮することでサンゴ種ごとの北上速度を再現

→将来予測の高度化
(Takao et al., submitted)

従来研究

本研究

現場データ (Yamano et al., 2011)

目下の取り組み

Climate velocityと領域海洋モデル(ROMS)を用いた評価・予測

- 環境変動速度と生物の分散速度との関係
- より局所的な(湾レベルなど)評価・予測
- 避難場所の特定・優先的保全
- モデルの境界条件として必要な沿岸域の生物化学項目(pH、アルカリ度など)のデータ取得

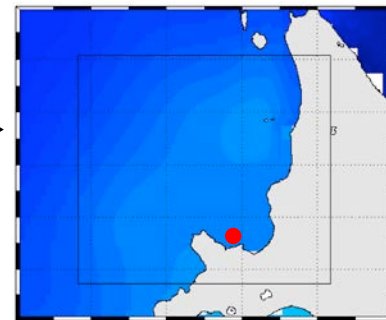
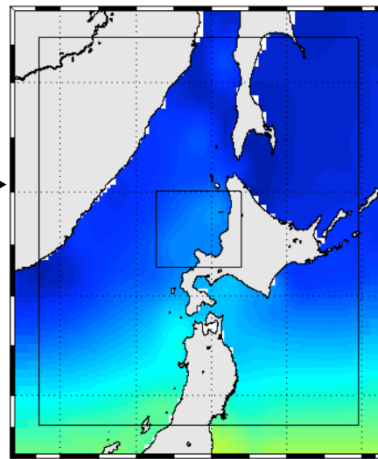
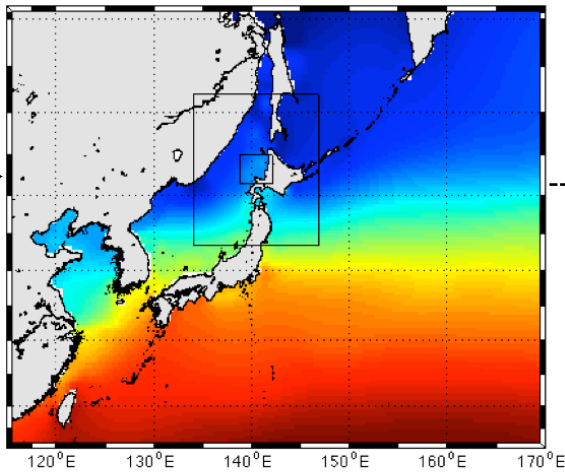
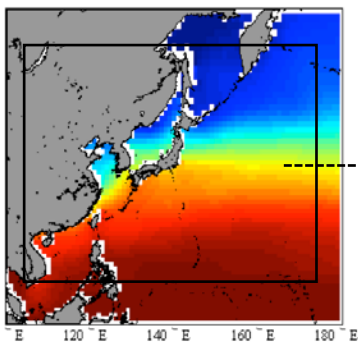
領域海洋モデル(ROMS)を用いた忍路(余市湾)の結果

1° グリッド (WOA09)

1/3° グリッド (ROMS)

1/15° グリッド (ROMS)

1/45° グリッド (約2.5 km)



● : 忍路

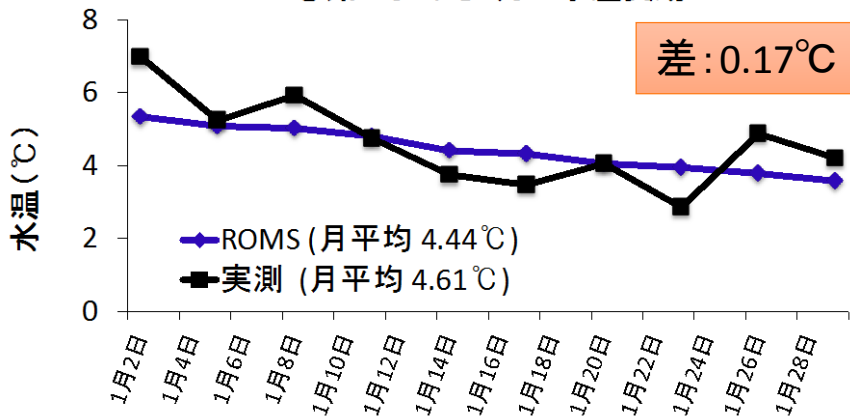
大気境界条件
熱フラックス、風、etc.
: COADS

海洋境界条件
水温、塩分、etc.
: WOA09

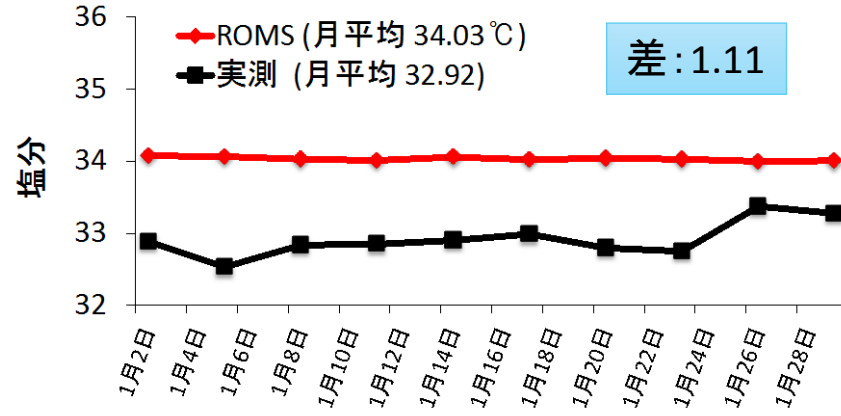
Temp. (°C)

-----> : One-way nesting

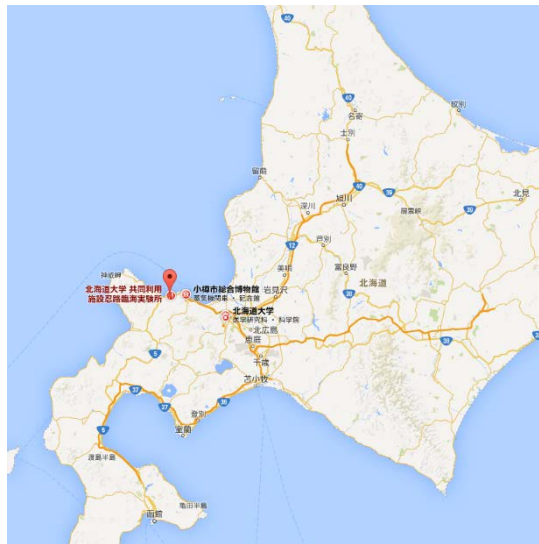
忍路における1月の水温変動



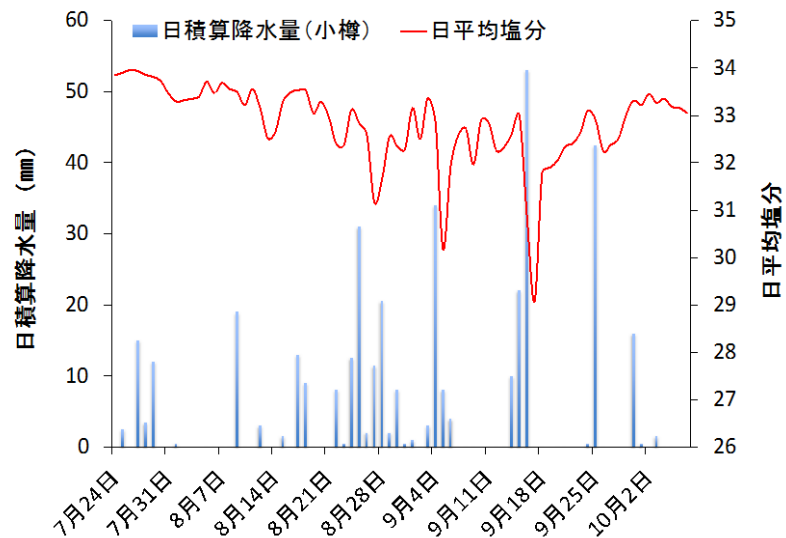
忍路における1月の塩分変動



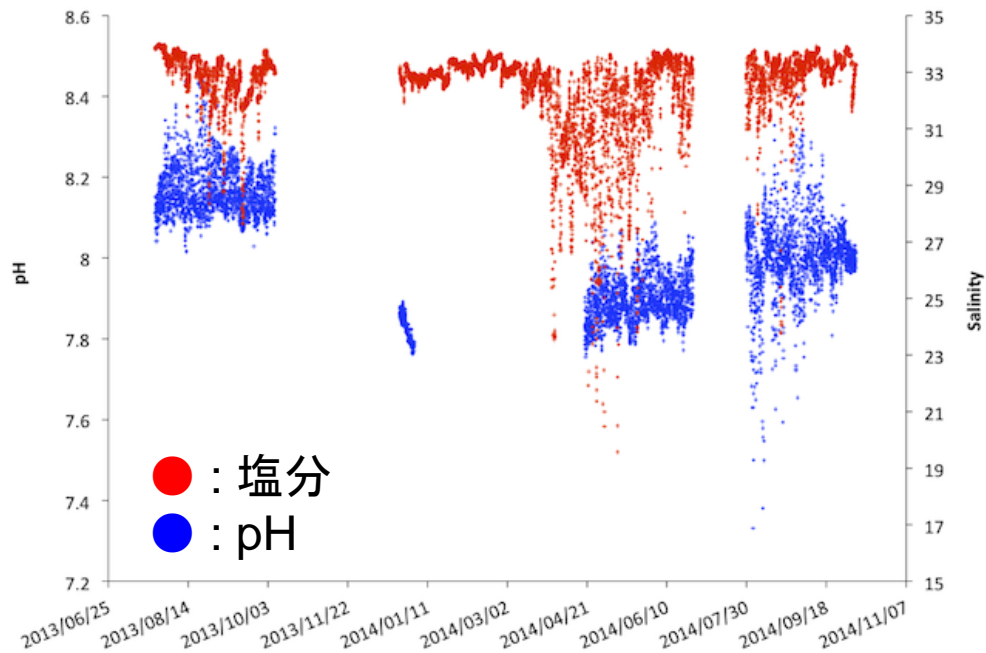
忍路(余市湾)における連続pH観測



手前がpH計、奥がCT計



2013/7/24-2014/10/6



pH計

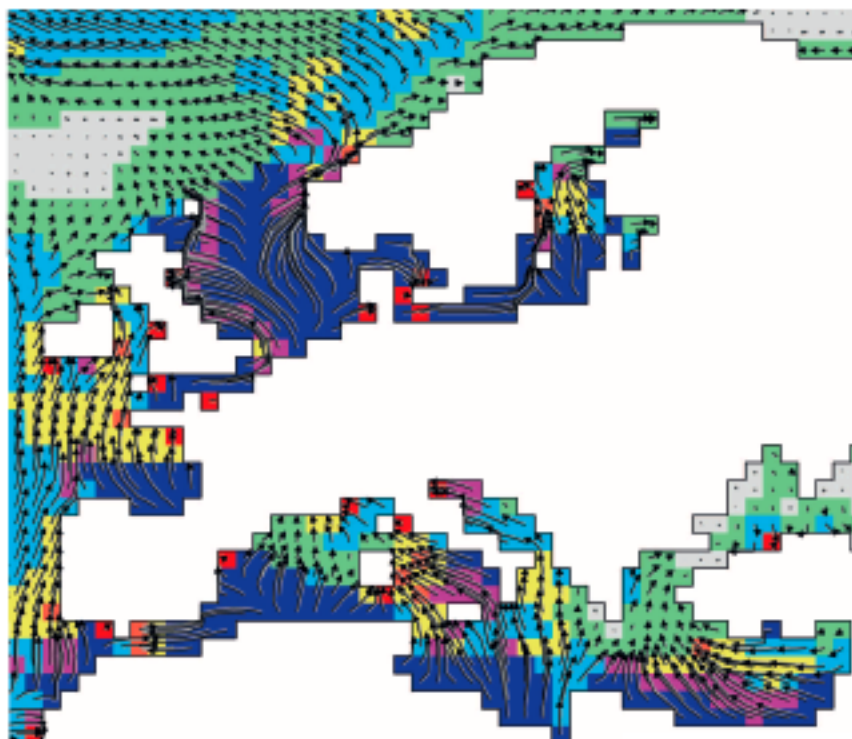
- pHの日周変動の把握
- 海洋酸性化予測モデルの検証

CT(塩分・水温)計

- pHの日周変動要因の把握(降雨、雪融けetc.)
- 領域モデルの検証

Geographical limits to species-range shifts are suggested by climate velocity

Michael T. Burrows¹, David S. Schoeman², Anthony J. Richardson^{3,4}, Jorge García Molinos¹, Ary Hoffmann⁵, Lauren B. Buckley⁶, Pippa J. Moore^{7,8}, Christopher J. Brown⁹, John F. Bruno⁶, Carlos M. Duarte¹⁰, Benjamin S. Halpern^{13,14}, Ove Hoegh-Guldberg⁹, Carrie V. Kappel¹³, Wolfgang Kiessling^{15,16}, Mary I. O'Connor¹⁷, John M. Pandolfi¹⁸, Camille Parmesan^{19,20}, William J. Sydeman²¹, Simon Ferrier²², Kristen J. Williams²² & Elvira S. Poloczanska³



Jorge Garcia-Molinos氏が海外学振特別研究員(欧米短期)として国環研に滞在、Climate velocityを用いた日本周辺の海洋生物分布変化に関する共同研究中

→ROMSより求められる海流を用いて、各生物の分散速度と気候変動速度と比較

→適応策として移植を考慮すべき海域を提案

今後の予定

将来予測の高度化

→生物分布データベースのさらなる拡充、分布予測モデルの活用、モニタリングの継続による閾値設定、複数指標の比較

→未考慮の生物過程・食物連鎖・河川流入・台風への応答などの指標化

Climate velocityと領域海洋モデル(ROMS)を組み込んだ評価・予測
Coral Triangleと日本近海との結果の比較



生物多様性のリスク評価・予測、海域の特徴付け、保全への道筋
海洋生態系・水産資源に依存する沿岸地域社会における適応策の提示

創生生態系GとS-8森林班と共同で
・2015年3月:生態学会企画集会
・2015年12月:種生物学シンポ
を企画中

