

【5-1405】水銀の全球多媒体モデル構築と海洋生物への移行予測に関する研究 (H26-28年度)

研究対象分野:[5]安全確保 問題対応型「委託費」

研究代表者:◎鈴木規之(国環研)

研究分担者:櫻井健郎、高見昭憲

○柴田康行、武内章記(国環研)

○丸本幸治、森敬介、原口浩一、今井祥子(国水研)

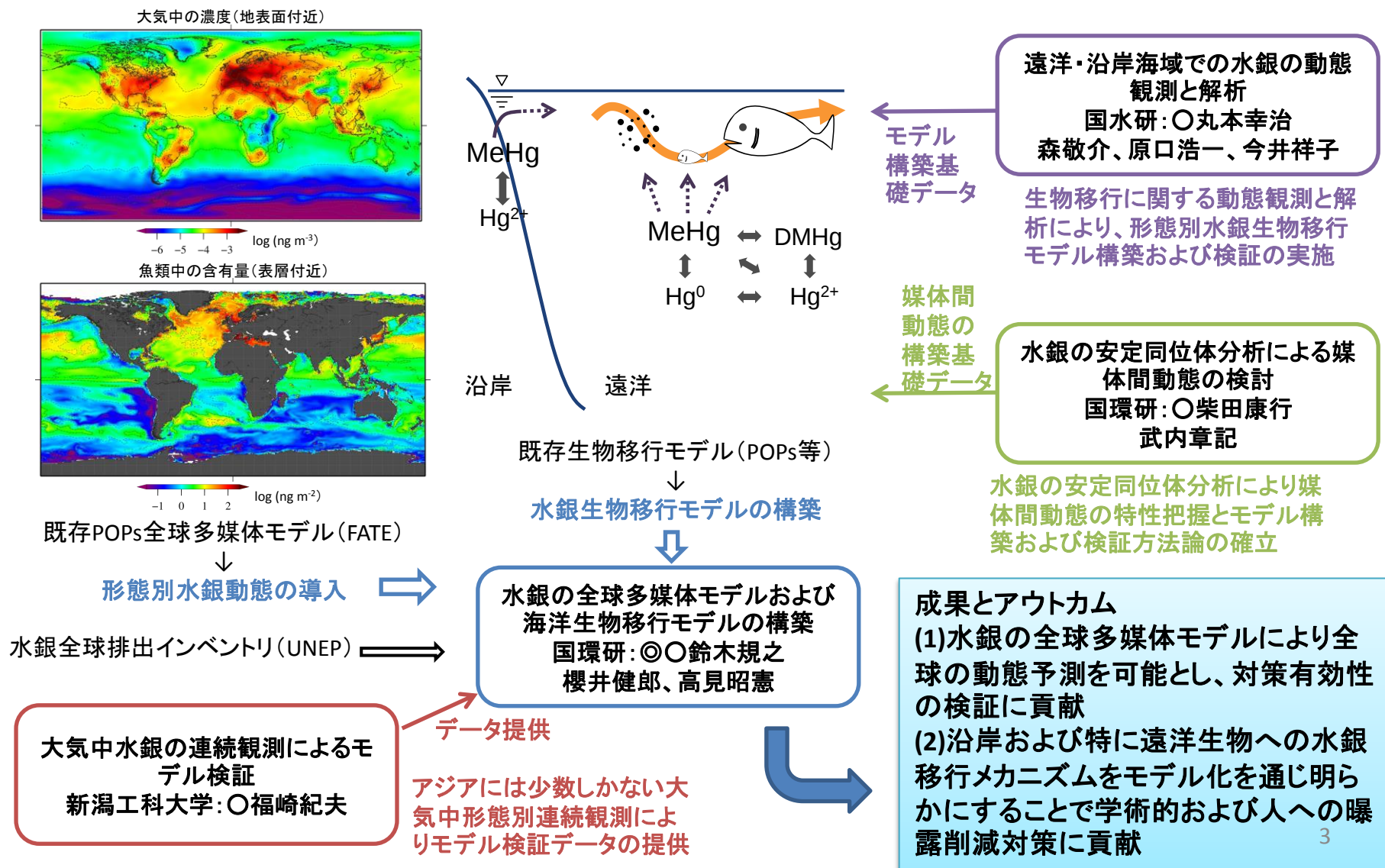
○福崎紀夫(新潟工科大)

水銀の全球多媒体動態モデルの必要性和知見のギャップ、それを受けての研究戦略

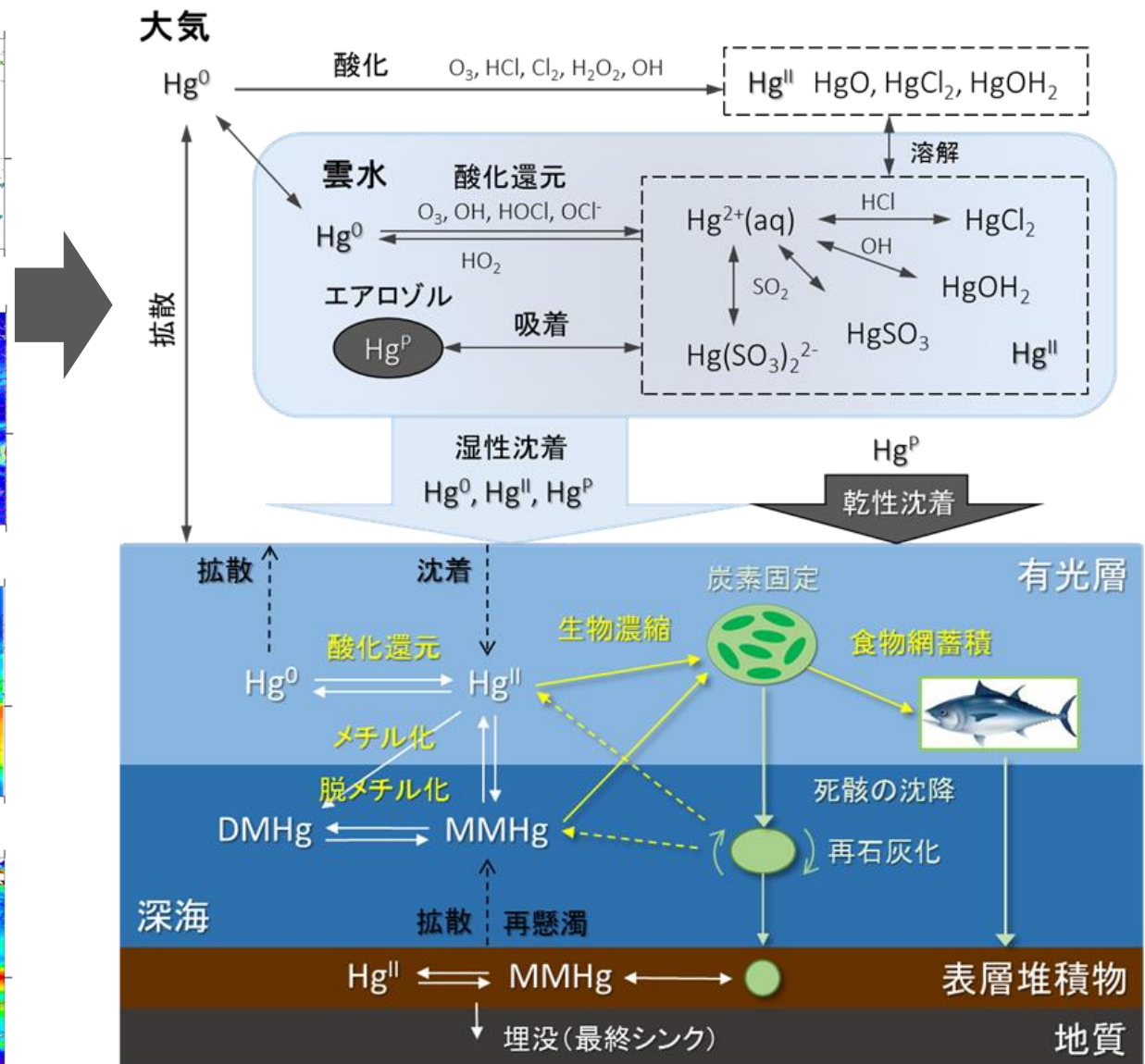
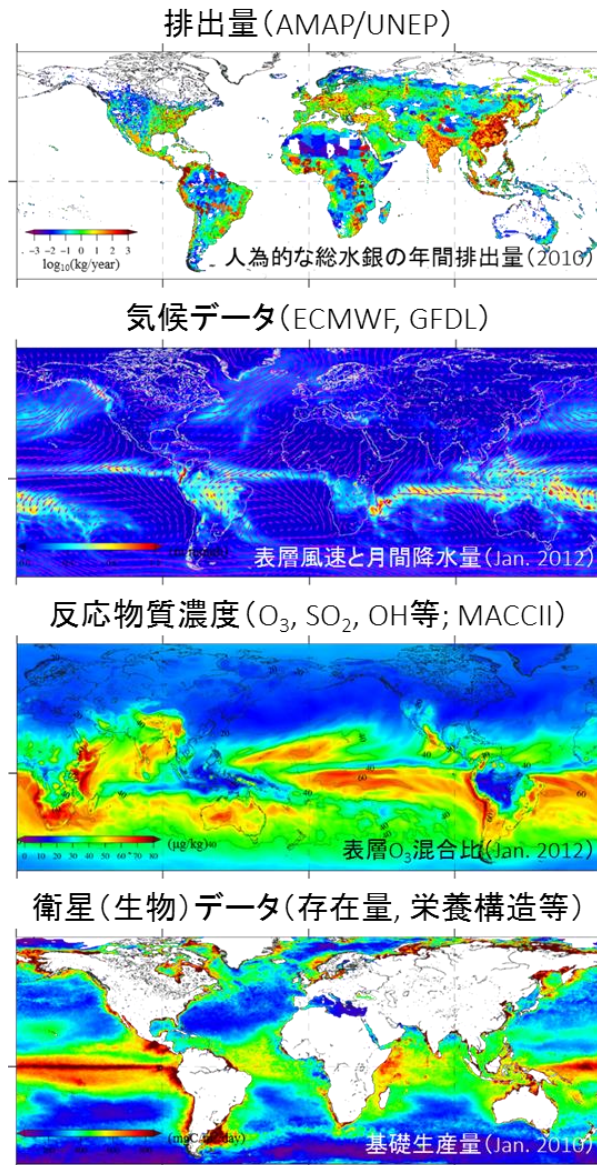
- 全球多媒体モデルの必要性
 - 水銀条約の人為起源排出の削減対策の有効性評価のために、期待される減少トレンドや地域分布の変化などを予測可能な全球モデルが必要
- 水銀の全球モデルの現状
 - 大気を中心とする全球モデル、大気－海洋過程のボックスモデルが存在
- 研究知見のギャップ
 - 全球水銀動態の中で、大気－海洋間交換フラックスは人為起源排出を超えるほどに大きい、この過程が正確に統合されたモデルがない
 - 生物濃縮過程の全球モデルへの統合は影響・動態双方で重要だが不十分
 - 形態変化とそれに伴う動態過程の知識不足がモデル開発を妨げてきた
 - 東アジア域の形態別および大気中粒径別データ不足でモデル検証が不十分
- 本研究の戦略
 - 大気－海洋のフィールド直接観測により大気－海洋動態のデータを取得
 - 安定同位体観測の導入により、形態変化と動態過程の知見を取得
 - POPs等で実績のある多媒体モデルにこれらの知見を統合して水銀について全球かつ多媒体過程を統合するモデルを構築
 - 東アジア域の新たな形態別、粒径別観測を加えてモデル検証を前進させる

申請課題：水銀の全球多媒体モデル構築と海洋生物への移行予測に関する研究(H26-28年度)[研究の概要]

研究対象分野:[5]安全確保 問題対応型「委託費」

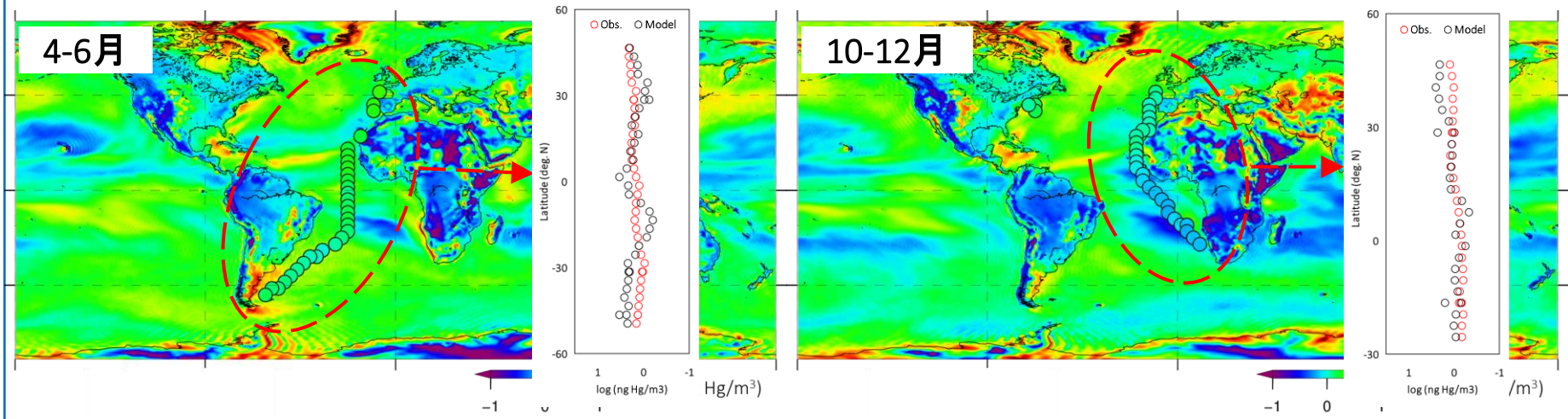


大気-海洋-底質-生物間の水銀プロセス

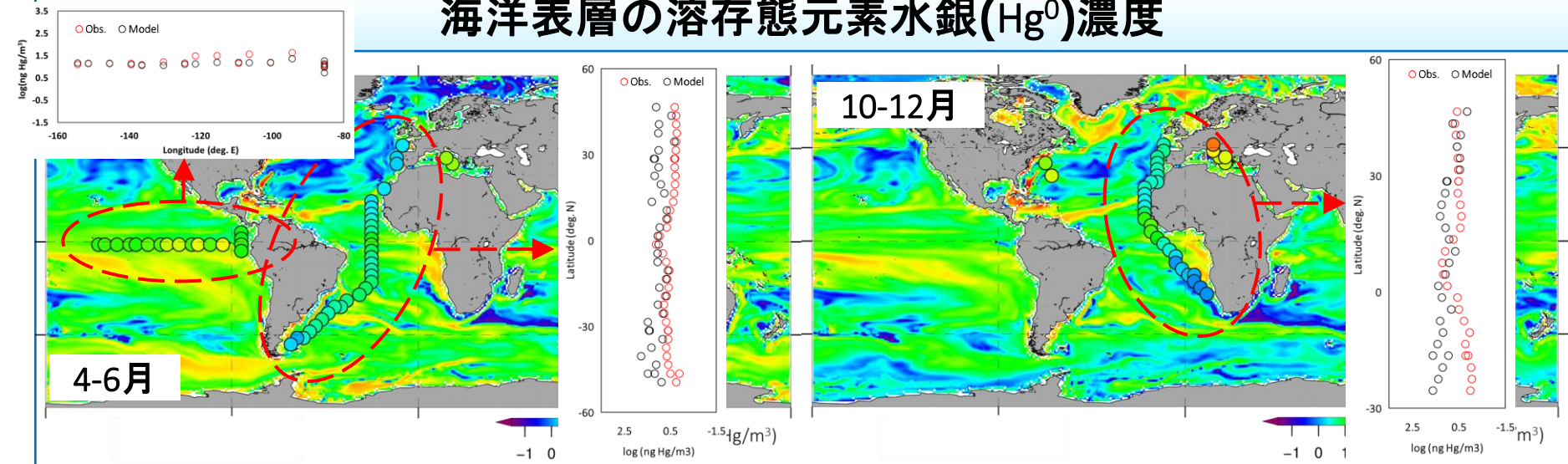


検証（大気－海洋表層）

海洋上大気中のガス状元素水銀(Hg^0)濃度



海洋表層の溶存態元素水銀(Hg^0)濃度



遠洋域の鉛直構造に起因する水銀動態

仮説 ①



海洋環境

メチル水銀

$\Delta^{199}\text{Hg}$



キハダマグロ



メバチマグロ



$\Delta^{199}\text{Hg}$

表層がメチル水銀の生成場であれば、
深度別の水銀同位体組成は変わらない。

仮説 ②



海洋環境

$\Delta^{199}\text{Hg}$



キハダマグロ



$\Delta^{199}\text{Hg}$



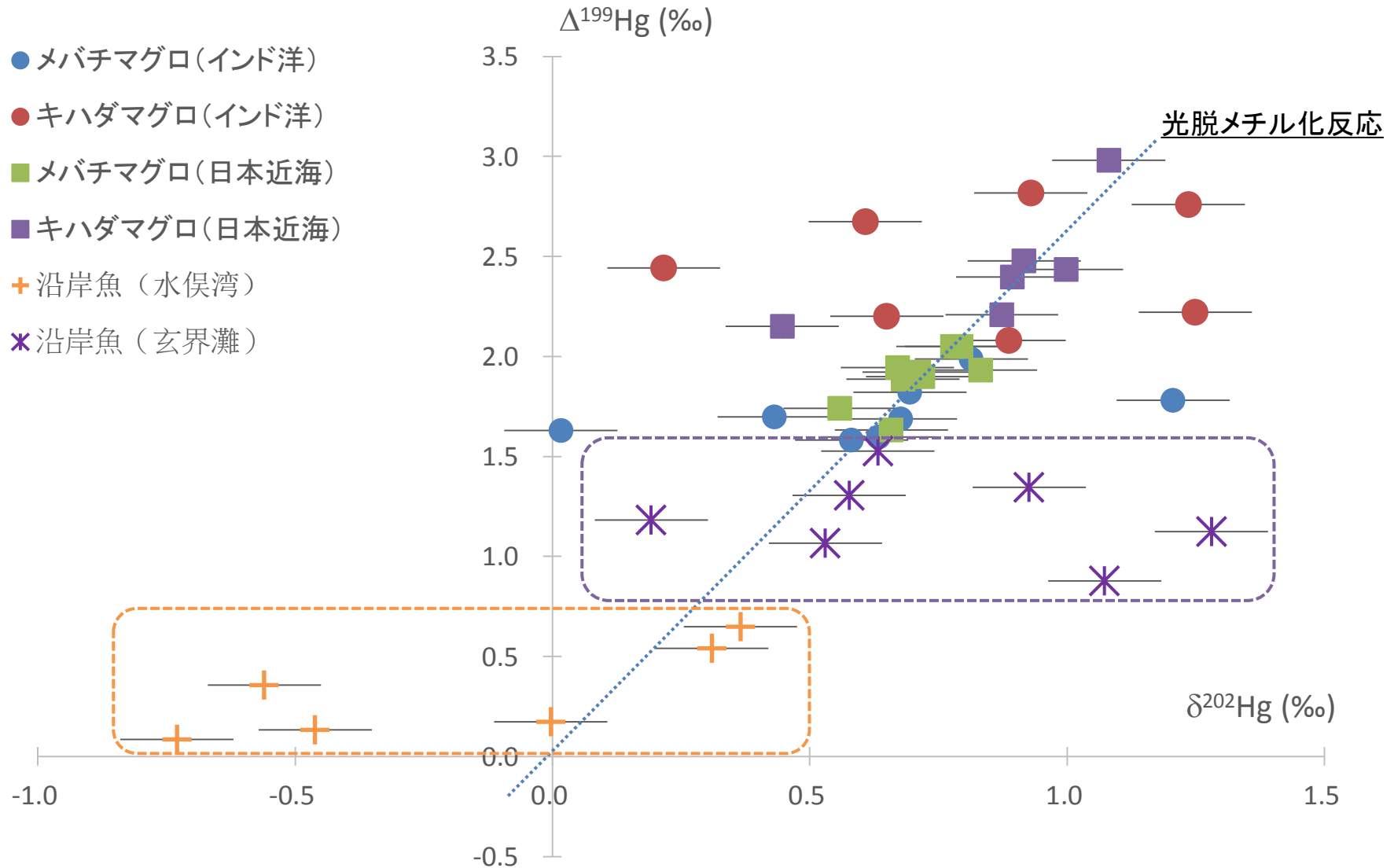
メバチマグロ



メチル水銀

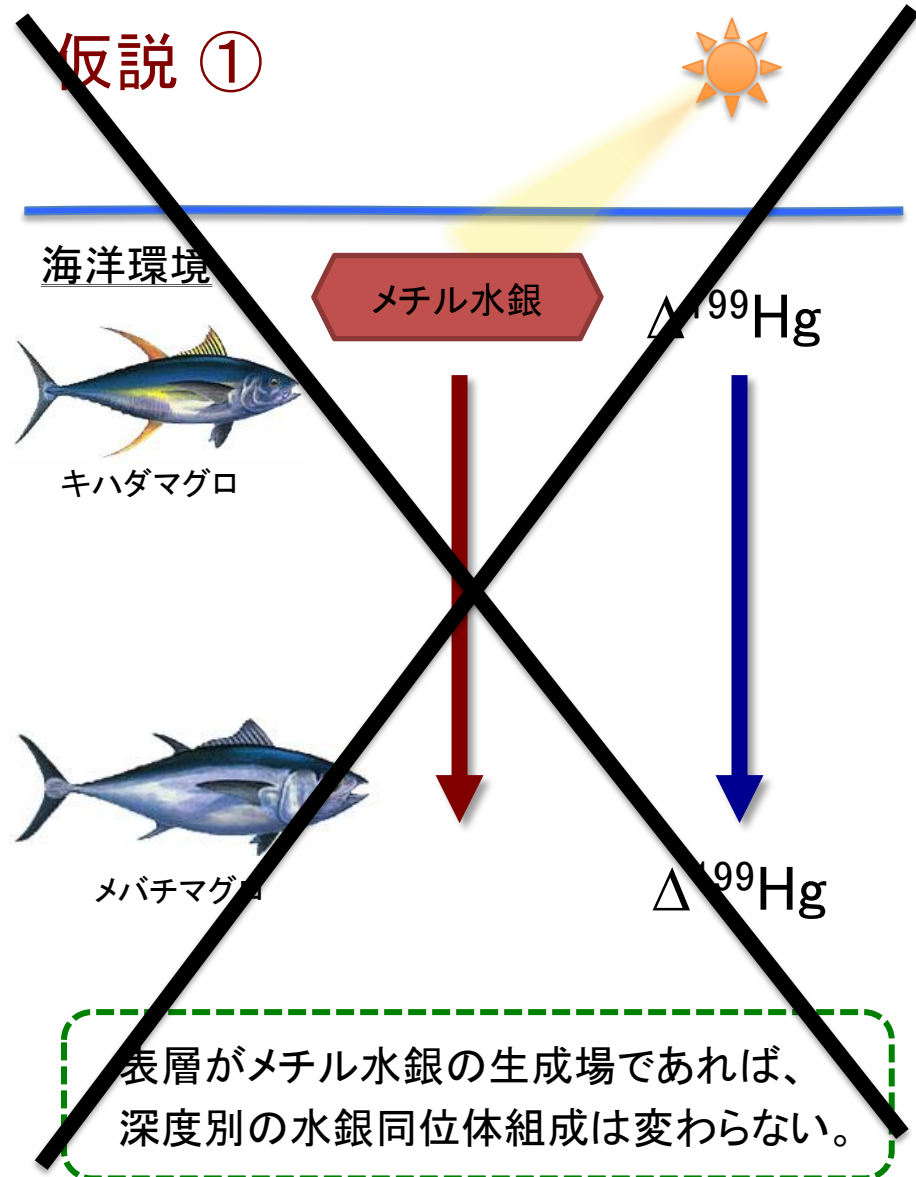
中層がメチル水銀の生成場であれば、
中深層よりも表海水層の方が大きい。

沿岸魚 vs. 外洋魚の水銀同位体比

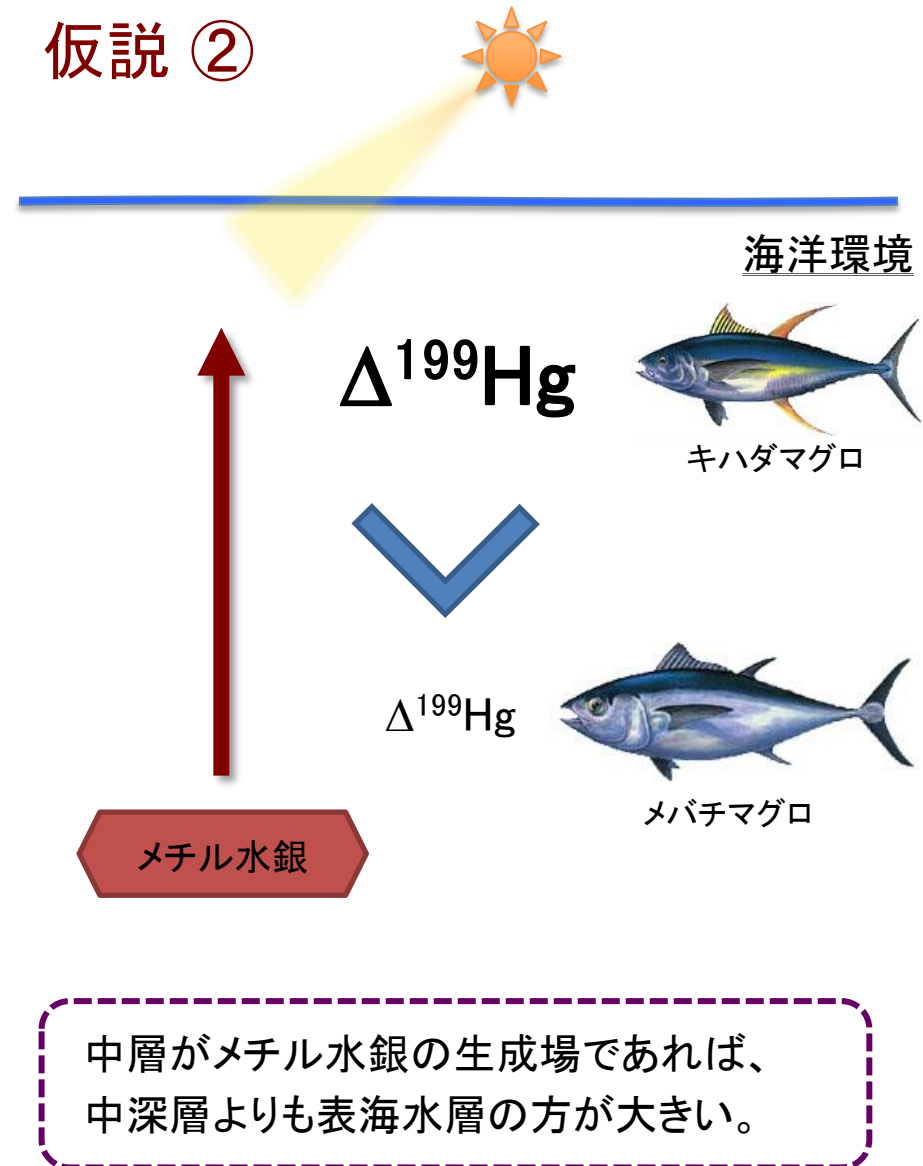


遠洋域の鉛直構造に起因する水銀動態

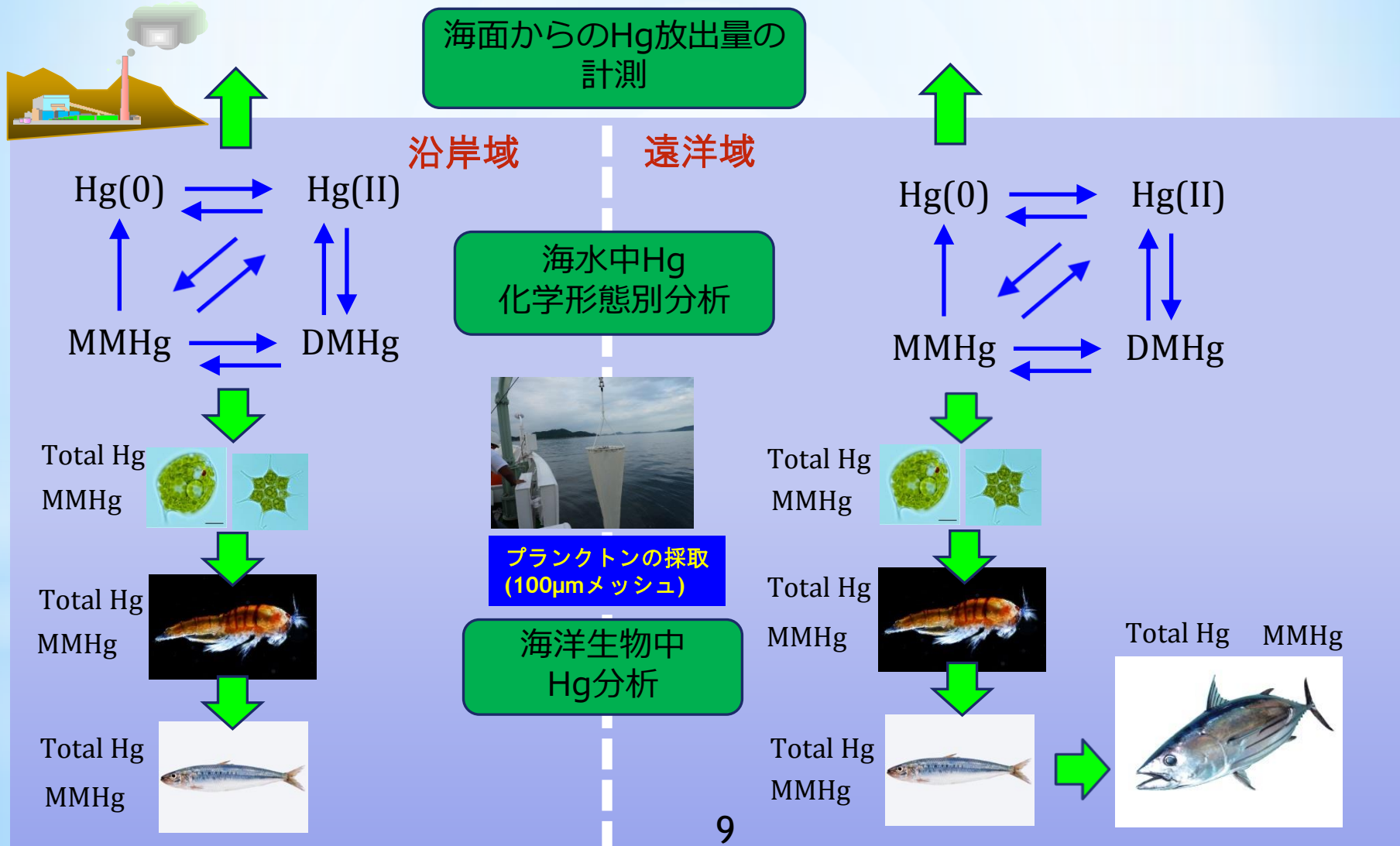
仮説 ①



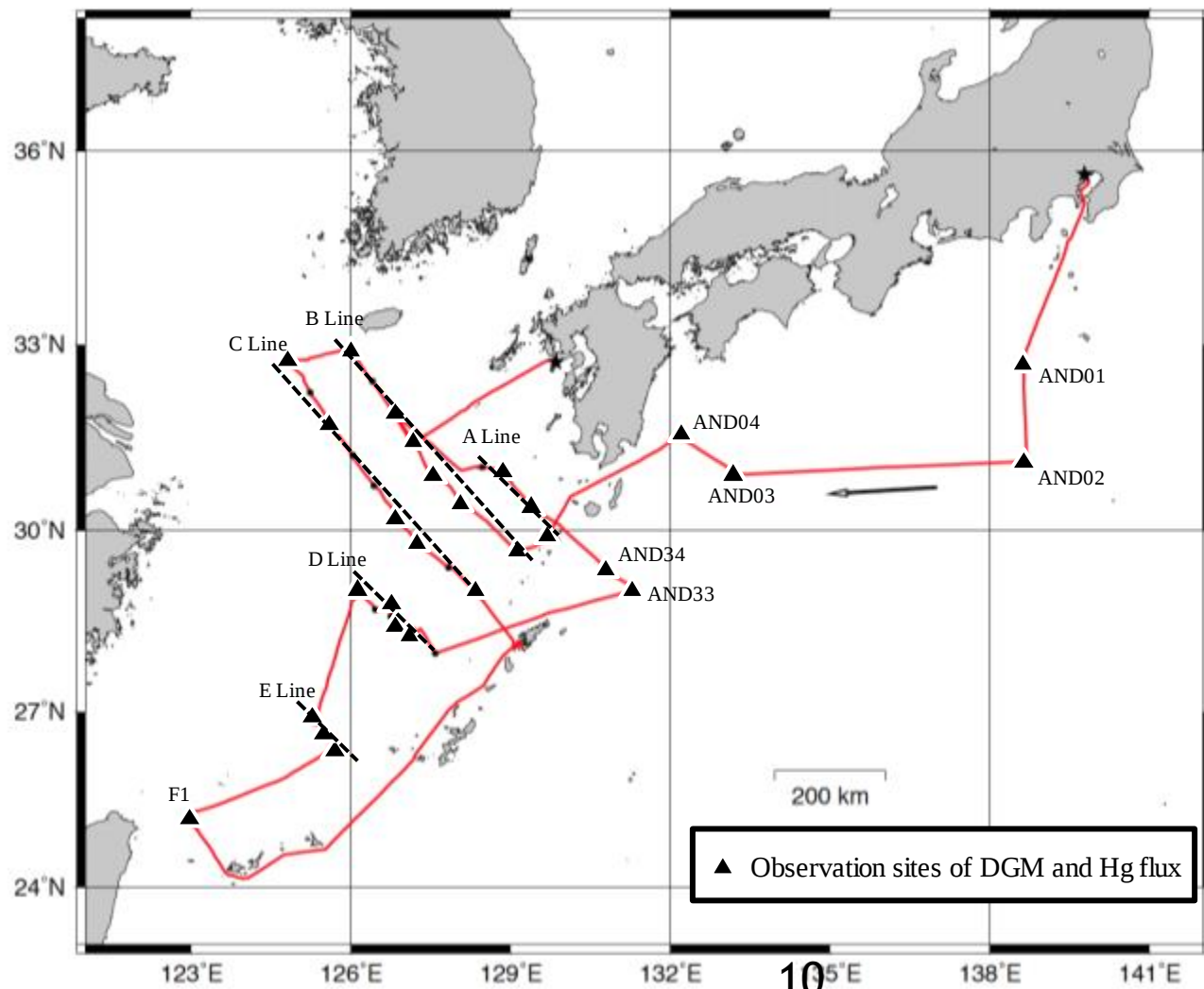
仮説 ②



遠洋・沿岸海域での水銀の動態観測と解析



水銀フラックス調査_遠洋域（東シナ海と太平洋）



水銀フラックス調査 - 東シナ海からの水銀放出量の推計 -

Hg emission flux ($\text{ng m}^{-2} \text{h}^{-1}$)

Yellow Sea

(Ci, et al., 2011 and Ci et al., 2015)

18 ± 12 (summer) 91days

1.1 ± 0.9 (spring) 91days

2.5 ± 2.1 (fall) 182 days

East China Sea (Shelf)

(Wang et al., 2016)

4.4 ± 3.4 (summer) 182days

3.6 ± 2.8 (fall) 182 days

East China Sea (Kuroshio current)

(This work)

3.3 ± 2.3 (fall) 365 days

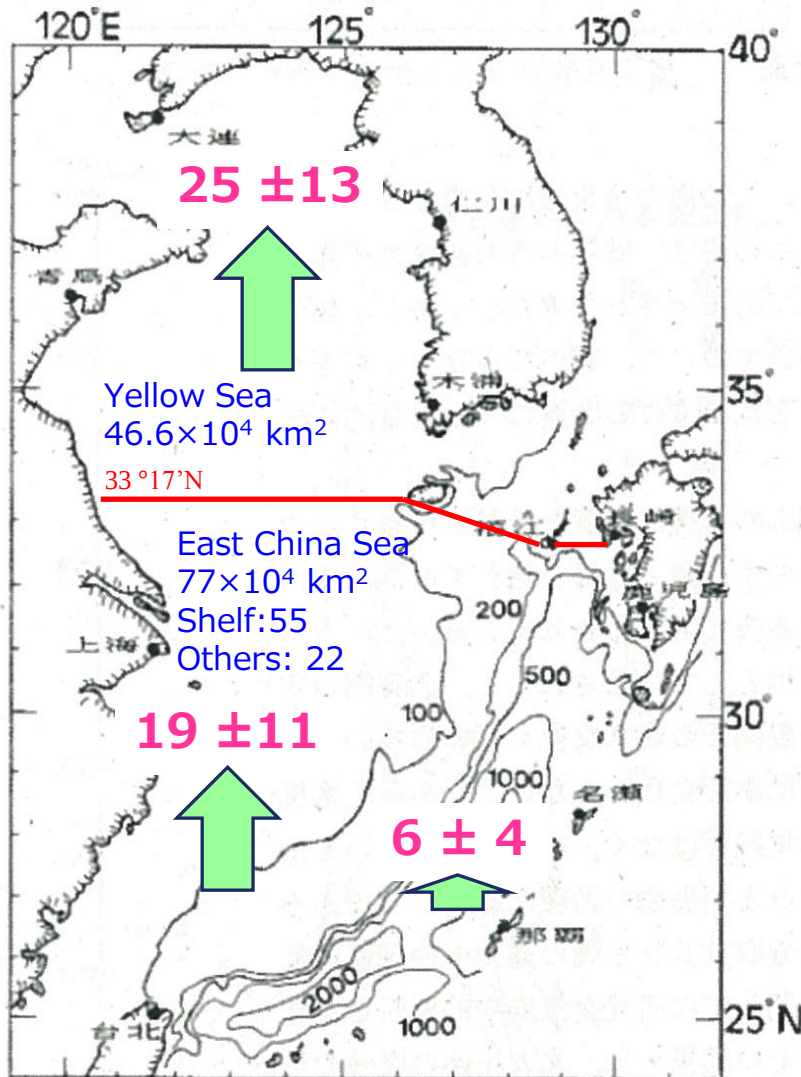
Total

$49 \pm 17 \text{ tons yr}^{-1}$

| 1

海域区分

International Hydrographic Organization (1953)
Limits of Oceans and Seas, 3rd edition



Unit: tons yr^{-1}

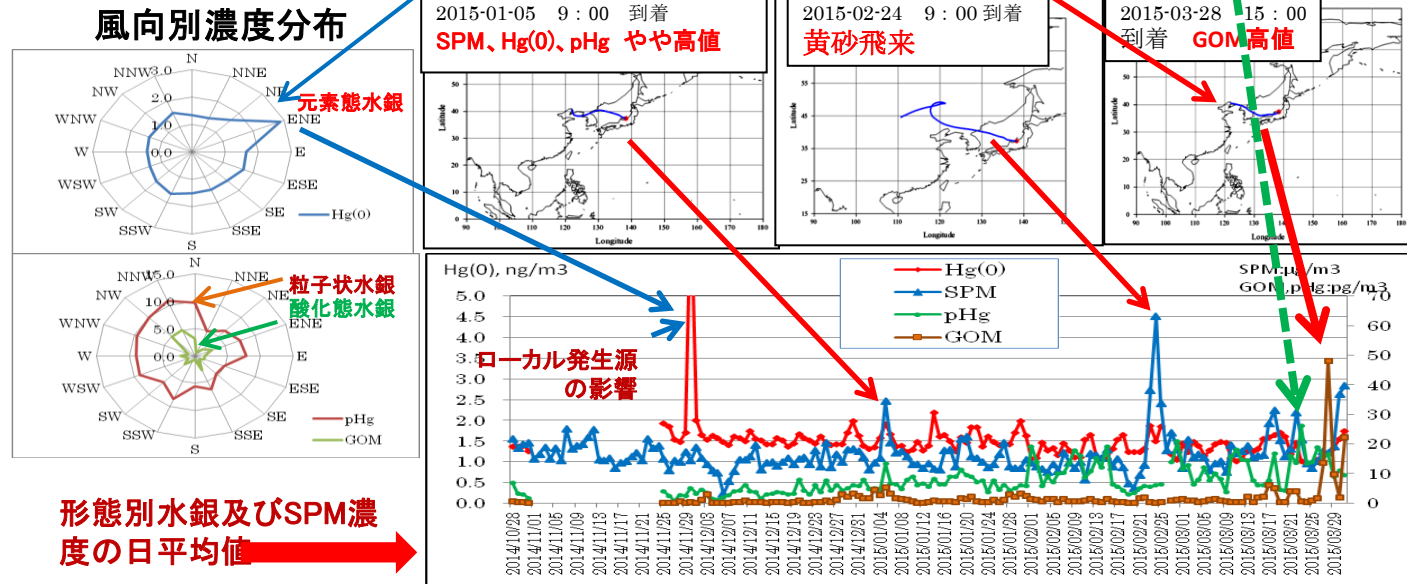
大気中水銀の連続観測によるモデル検証

2014年10月-2015年3月 大気中形態別水銀の連続観測結果

形態別水銀及びSPM濃度の日平均値

項目	ガス状元素態水銀 (Hg(0)) (ng/m ³)	酸化態水銀 (GOM)(pg/m ³)	粒子状水銀 (pHg)(pg/m ³)
平均値	1.49±0.57	1.78±4.81	7.75±4.85
最小値	0.94	0.00	0.73
最大値	7.31	48.0	26.0

後方流跡線解析結果



大気中水銀の連続観測によるモデル検証

大気中粒子状水銀 (PHg) の粒径別濃度測定 (アンダーセンサンプラーを用いた測定結果)

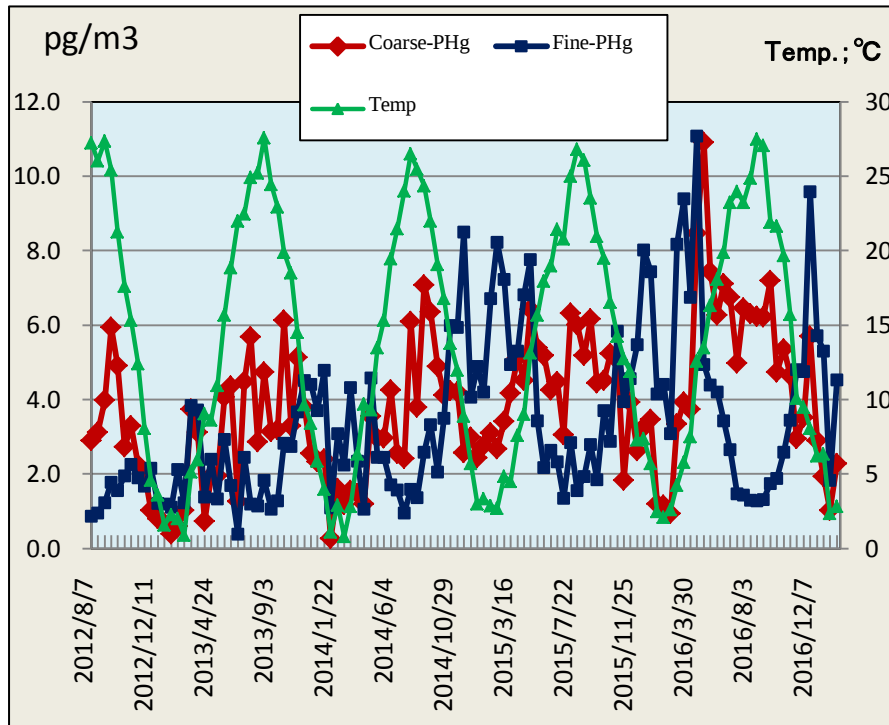


図 粒子状水銀濃度の時系列変化及び平均気温

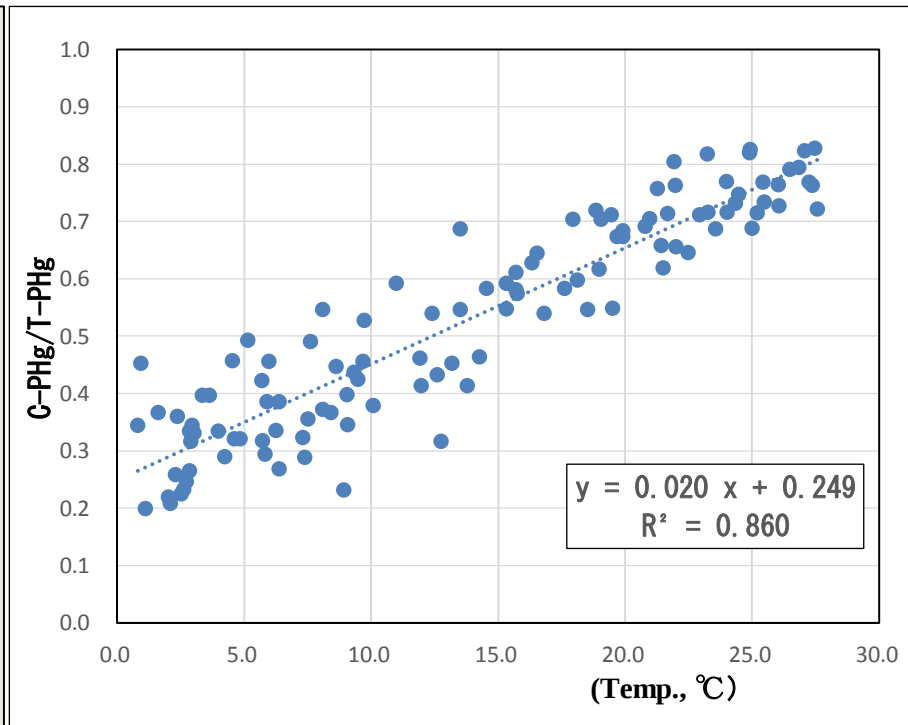
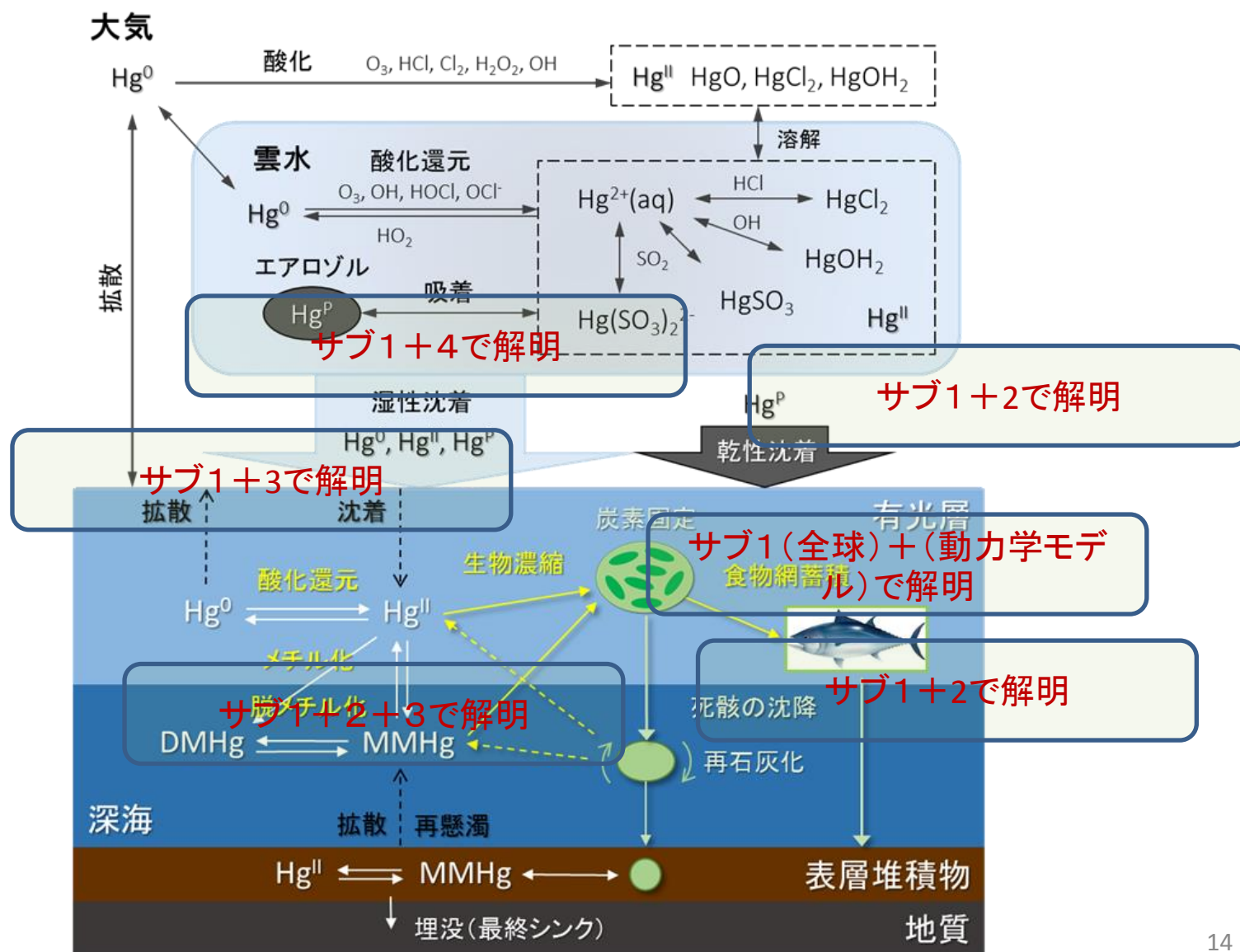


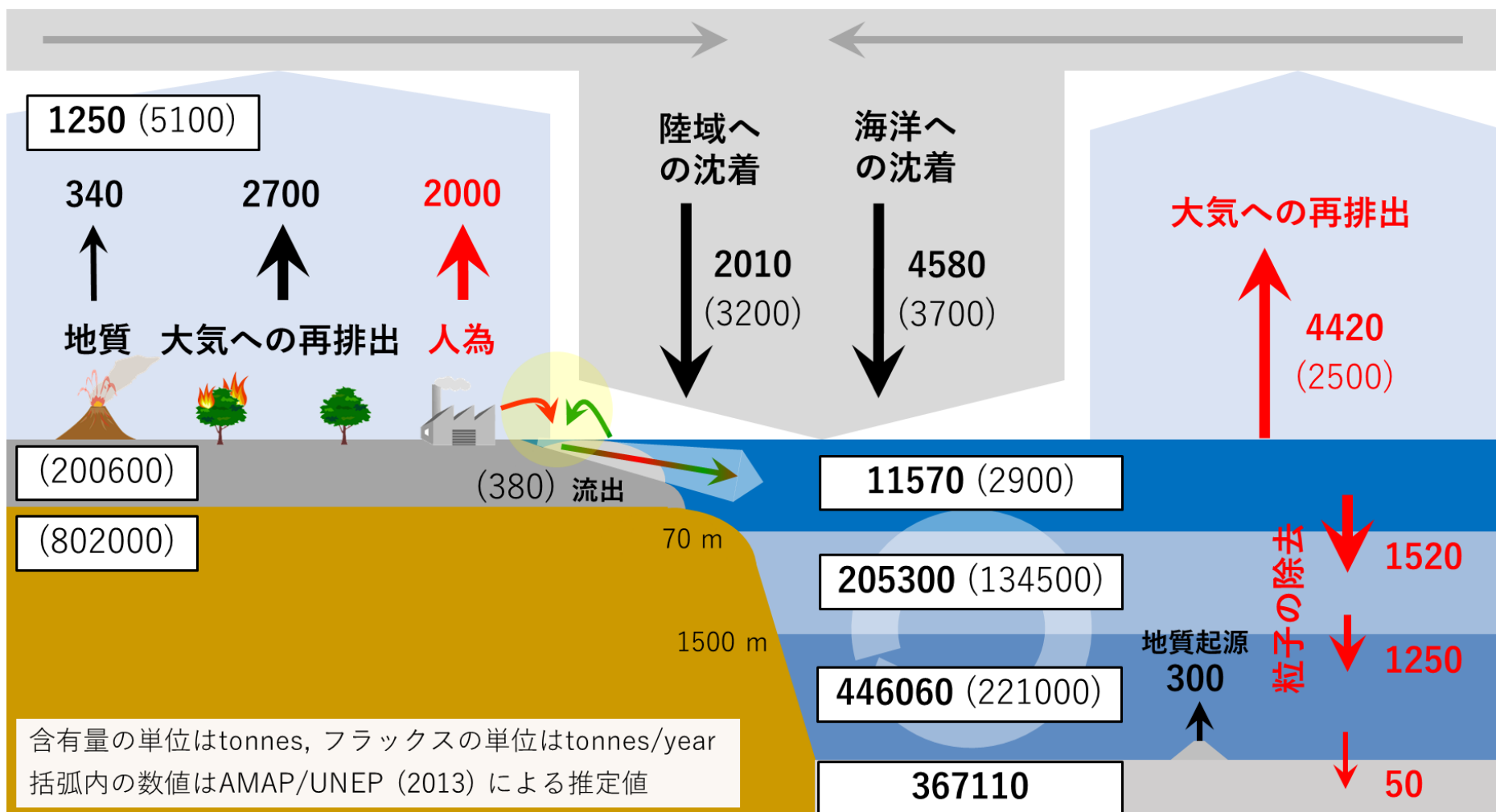
図 全粒子状水銀(T-PHg)中の粗大粒子状水銀(C-PHg)割合の気温依存性

- 粒子状水銀の（粗大粒子/全粒子）比は明確な気温依存性が見られている。
- 乾性沈着量を推算する場合、粒子状水銀の粒径分布の気温依存性を考慮しなくてはならないことが示唆される。

研究の成果



全球収支の本研究推定とAMAP/UNEPとの比較

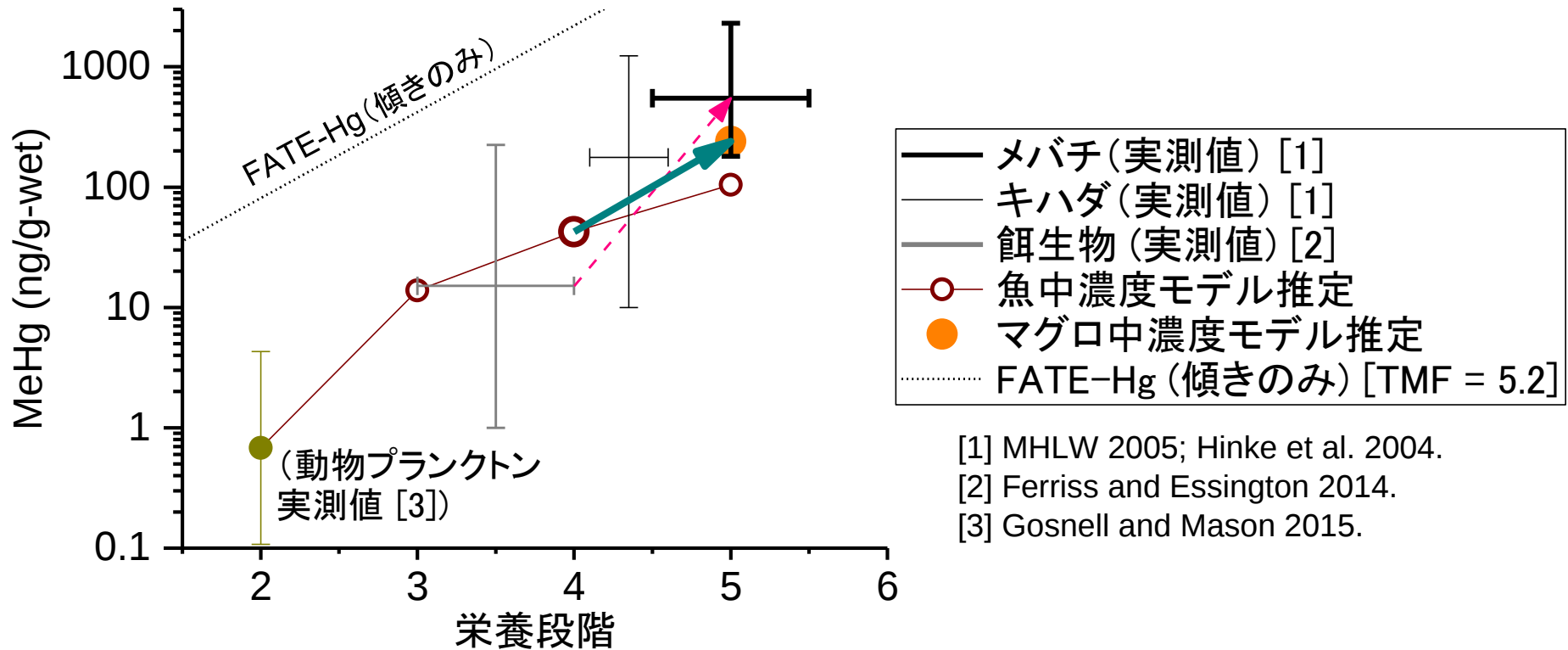


研究の進捗、環境施策への貢献、今後の計画

まとめ

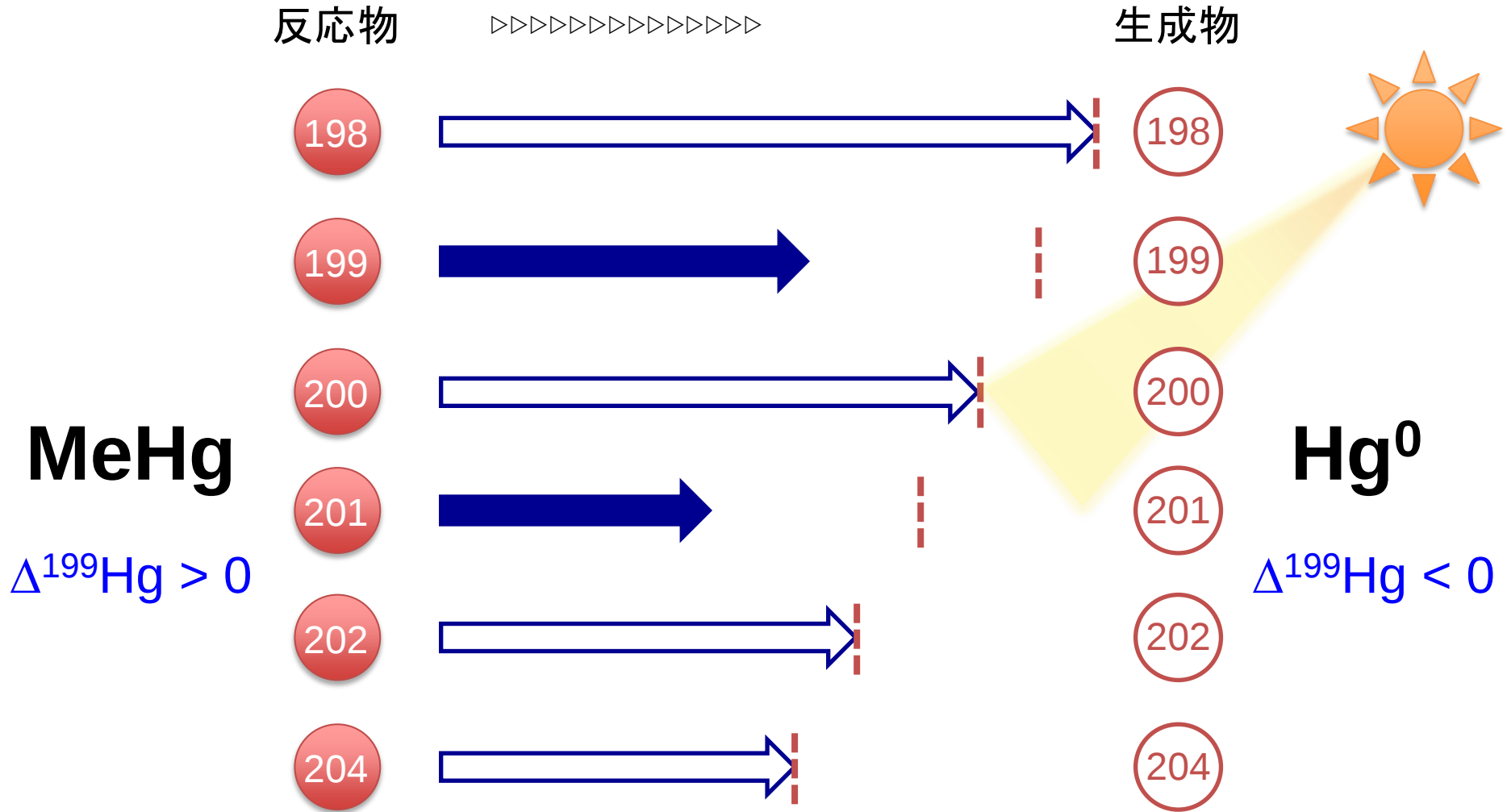
- 研究全体としての進捗
 - 水銀の全球動態を解明するモデル構築がほぼ達成された
- 環境施策への貢献
 - 遠洋環境における水銀濃度の鉛直分布と生物移行プロセスに関して理解を深める情報を提供
 - 妊婦が摂取量を制限されている大型魚類や深海魚の水銀含有量が高くなる要因に関する情報
 - 全球動態のモデル化の概成により、今後の観測計画立案、対策有効性の評価などにおいて、全球、多媒体の濃度変動を予測可能
- 今後の課題と計画
 - 大気－海洋での動態過程に不確実性が特に多い
 - 酸化還元反応、メチル化はどこでどのように？
 - 生物生産速度、沈降速度など不確実性大
 - ⇒提案中課題で特にこの部分の集中的な検討を実施したい
 - 長期的な水銀動態
 - 水銀の歴史的な排出を考えれば、100年程度のスピナップ計算が必要では？
 - 自然起源（主に火山、UNEPインベントリに関連しては地質由来もか）

魚体中MeHg濃度予測と遠洋実測値

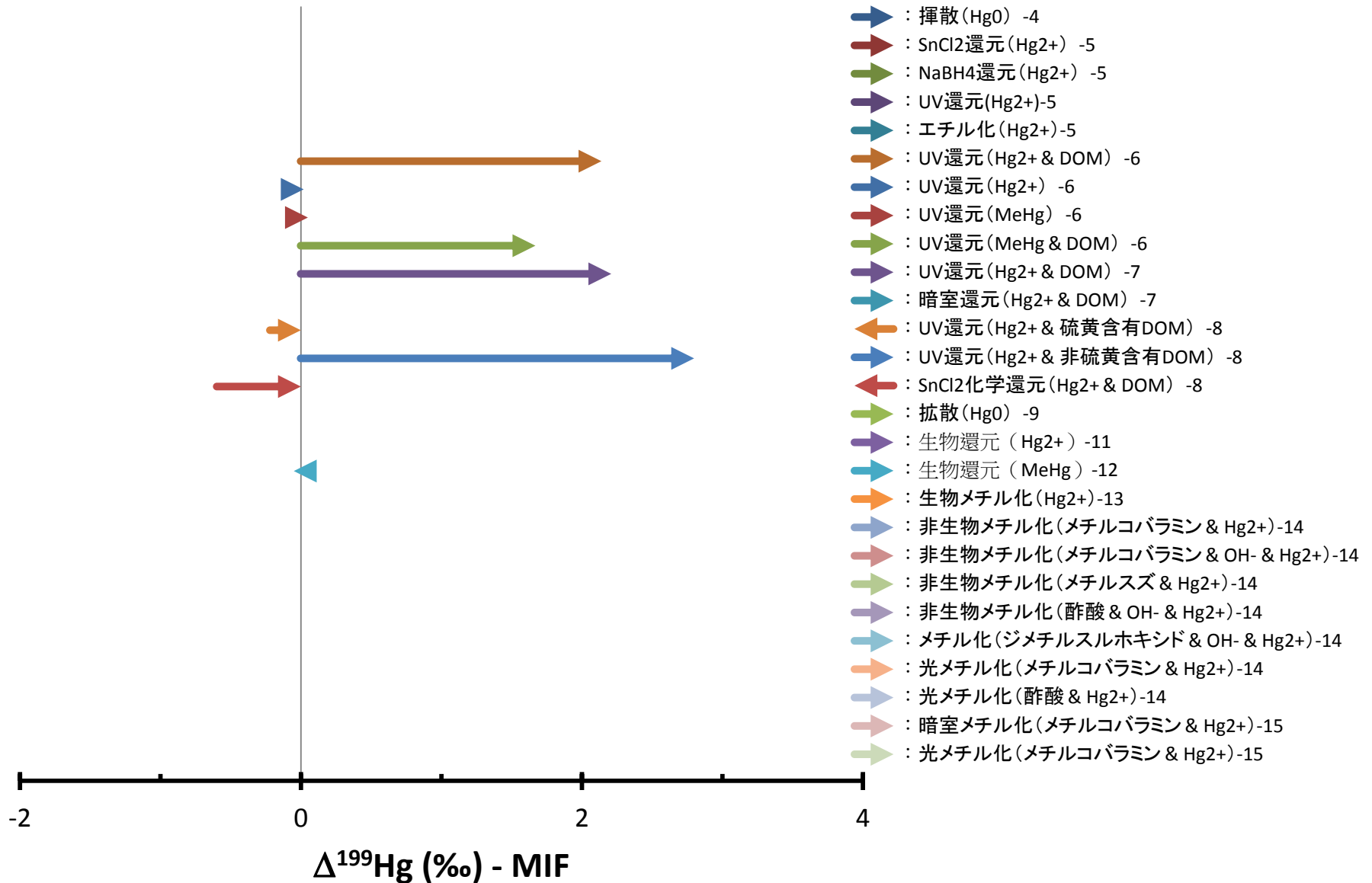


- 低次魚類中モデル予測濃度 × マグロBMF = ● 実測範囲下限近く。
- 実測濃度での餌→メバチへのBMF > 30 (→) はあり得るか。
 - モデル生理学的パラメーターの不確実性大(小型個体からの外挿)。
 - 餌生物中濃度実測データ不十分。
 - 海域、季節、マグロのサイズによる濃度範囲も大きい。

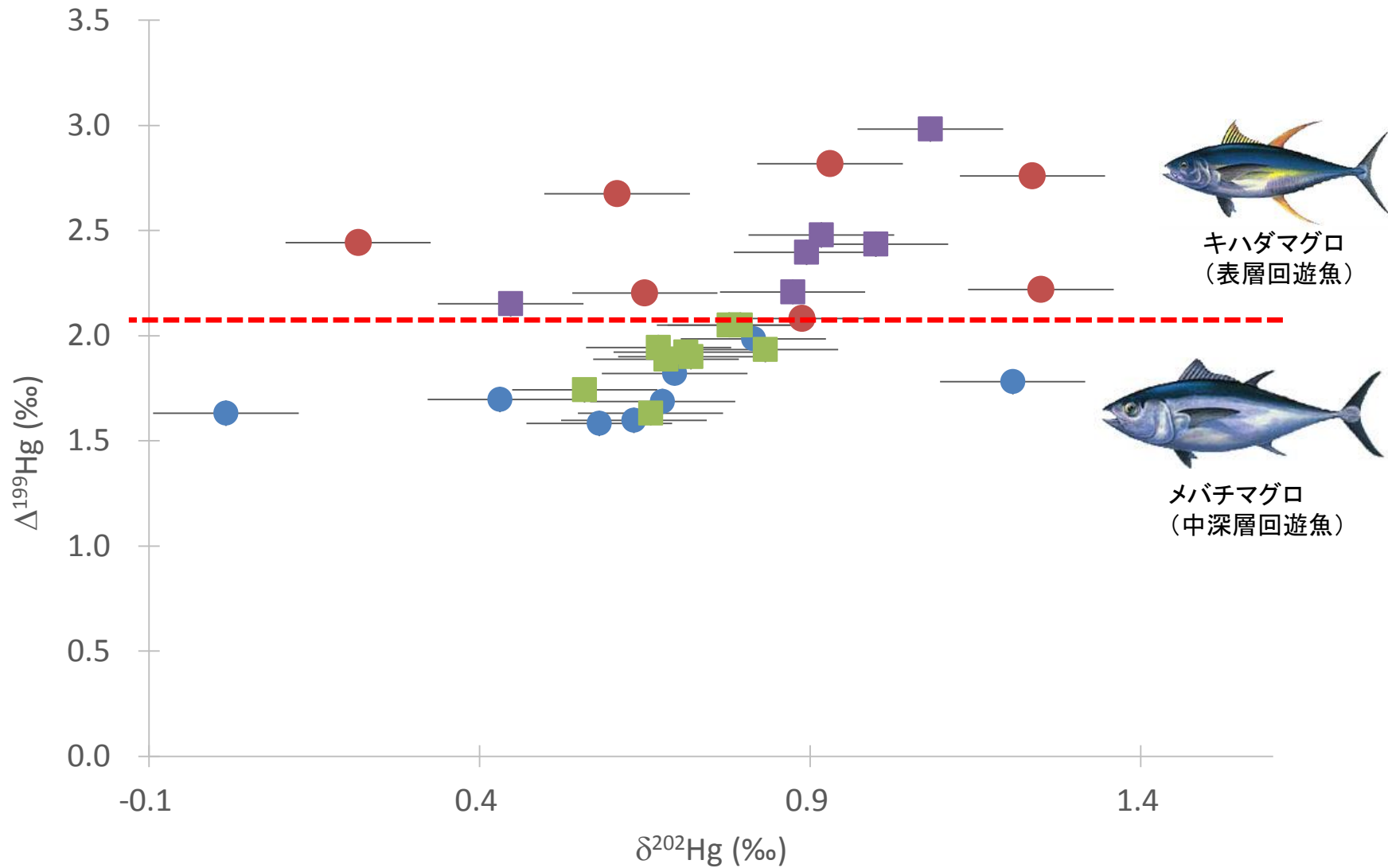
例：光還元反応（脱メチル化） $\text{MeHg} \rightarrow \text{Hg}^0$



反応物中水銀の質量非依存同位体比変動の最大値 ($\Delta^{199}\text{Hg}$)



メバチ vs. キハダマグロ



海水中水銀の形態別分析

- 遠洋域(AND22地点) の鉛直構造の詳細 -

