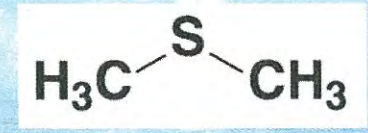
実施期間：2011-2012
累積予算額：1800万円（直接経費）



海洋からの硫化ジメチル (DMS) および関連有機化合物のフラックス実計測とガス交換係数の評価 (RFa-1102)

課題代表者：
国立環境研究所
地球環境研究センター
地球大気化学研究室　室長
谷本浩志

研究分担者：
岩田徹（岡山大学大学院環境学研究科）
中川書子（北海道大学大学院理学研究院）

サブテーマの構成と関係

- 多成分（DMS, VOC, CO_2）に関する大気－海洋間フラックスとガス交換係数の導出
- プロファイル法によるガス交換係数の風速・海域・成分等に対する依存性の解析
- 従来法や他の手法による値との比較による大気－海洋間ガス交換係数の検証・評価

DMS等VOCのガス交換係数

DMS等VOCのフラックス計測

O_2のガス交換係数

Sub-1
PTR-MSによる
DMS等VOC計測

Sub-2
係留ブイシステム
運用＆CO_2計測

Sub-3
酸素同位体比異常
の計測

国立環境研究所
谷本浩志（大気・海洋化学）

岡山大学
岩田徹（微気象学）

北海道大学
中川書子（同位体地球化学）

研究の目的と目標

- 研究目的
  - 3者が独自開発してきた最新手法を用いてDMSの海面フラックスを実計測し、(海水濃度の計測を利用して)ガス交換係数を導出する
  - 多成分のガス交換係数について、風速依存性、成分による類似点・相違点、海域や昼夜による差を解析する
  - 他の手法・グループによる報告値と比較し、大気ー海洋間におけるガス交換係数を総合的に検証・評価する

- 達成目標:
  - (サブ1): PTR-MSを用いてDMS等のフラックスを実計測し、ガス交換係数を導出する
  - (サブ2): CO_2以外のガスについてもフラックスブイシステムの有用性を示し、ガス交換係数の知見を拡大する
  - (サブ3): 酸素同位体比異常法を用いて、フラックスブイシステムとは独立なガス交換係数を提供する

硫化ジメチル (DMS) と気候変動

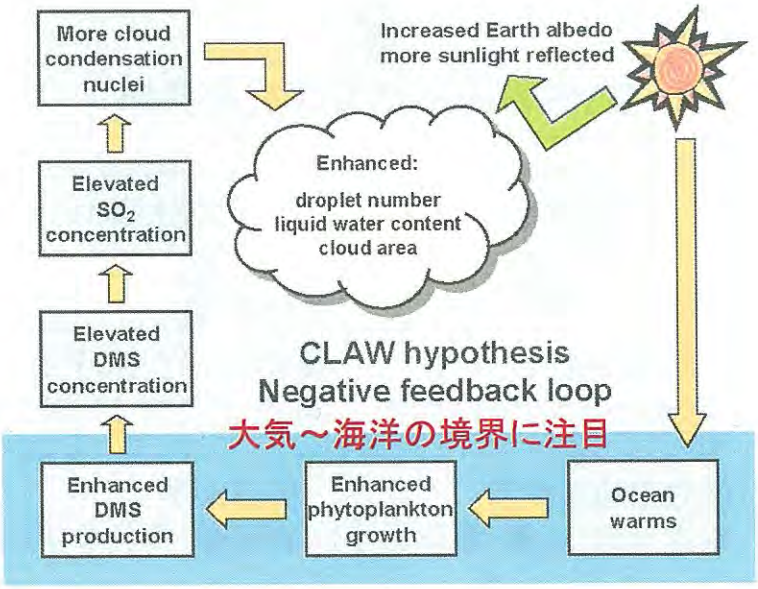
NATURE VOL. 326 16 APRIL 1987 — REVIEW ARTICLE — 655

Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate

Robert J. Charlson*, James E. Lovelock†, Meinrat O. Andreae‡ & Stephen G. Warren*

Nature (1987)

- CLAW Hypothesis: Charlson, Lovelock, Andreae, Warren
- ガイア理論
- 放射強制力の推定に不確実性が大きいエアロゾル・雲の形成に大きく影響



海洋ー大気間におけるDMSフラックスの推定

バルク法

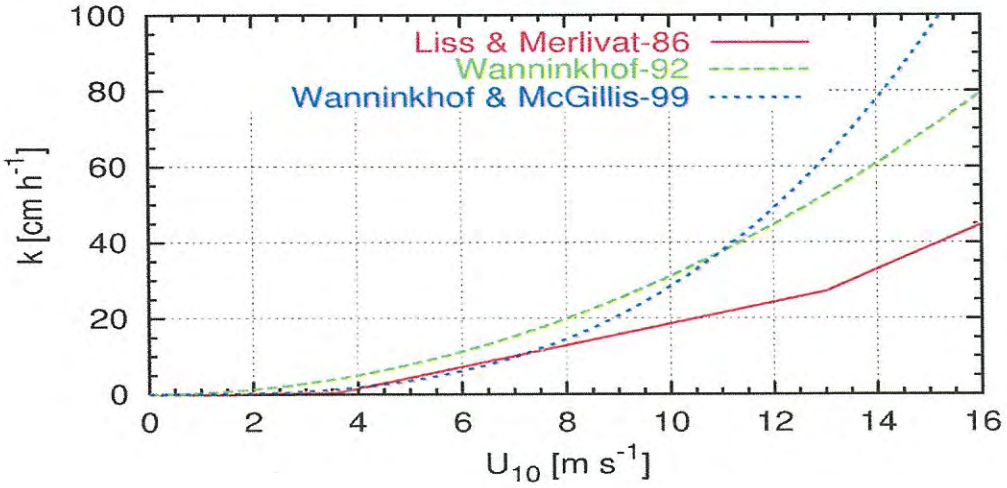
フラックス(F)= k × ΔC

ガス交換係数
風速の関数で表される

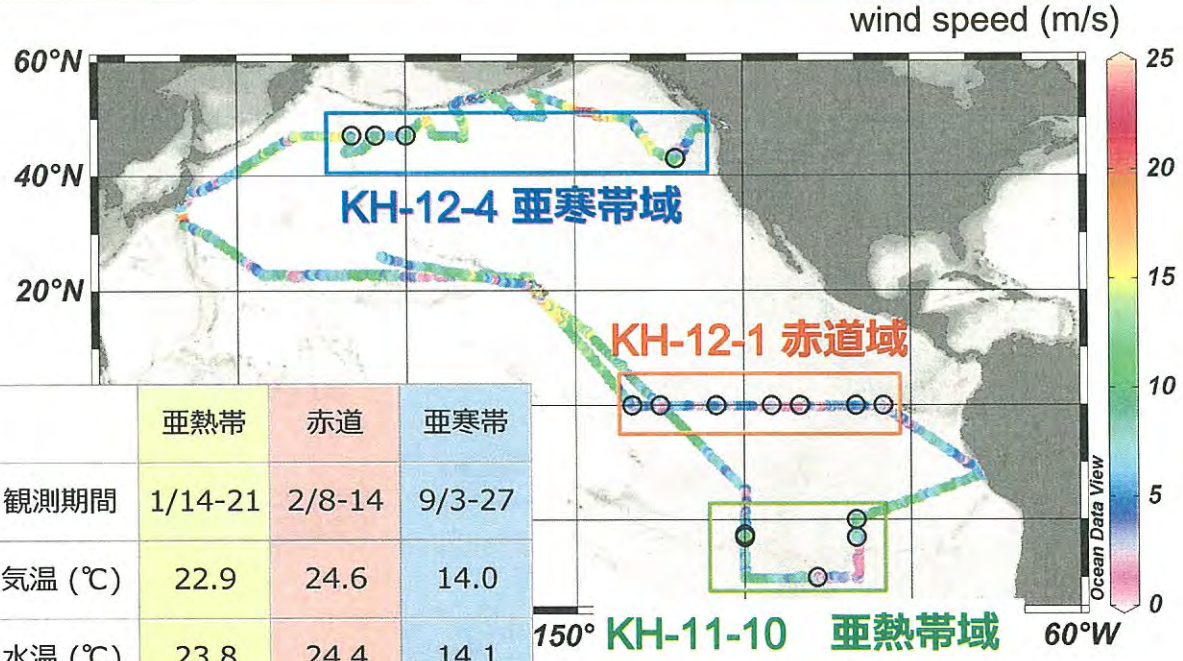
大気-海洋間
の濃度差

ガス交換係数 k に関する
疑問点

- k は物質によって異なるのか？
- 現場海洋の状況を反映した短時間スケールでの評価が必要ではないか？



白鳳丸による3海域の観測

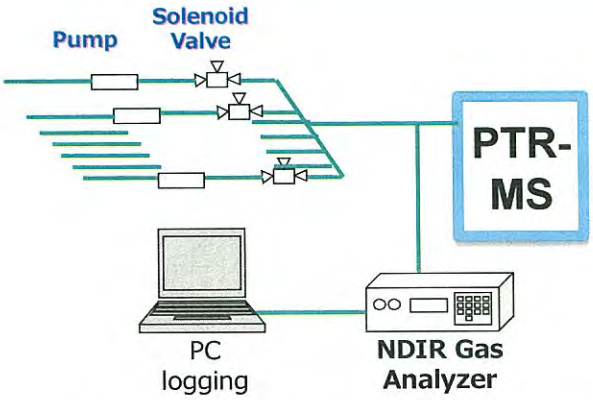


	亜熱帯	赤道	亜寒帯
観測期間	1/14-21	2/8-14	9/3-27
気温 (℃)	22.9	24.6	14.0
水温 (℃)	23.8	24.4	14.1
風速 (m/s)	**3.5**	**2.1**	**7.3**

方法　プロファイリングブイによる観測

1400 cm　アッパーデッキ
& 1 , 5, 15, 50, 100, 200 cm
の7高度から大気試料を船内
まで吸引した

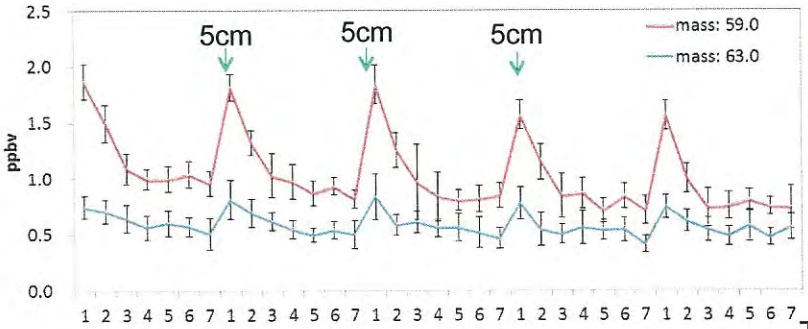
方法　VOC濃度鉛直分布の測定



7高度のサンプルガスを
各高度60秒毎に切り替え、
PTR-MSおよびNDIRに導
入して測定

測定項目
DMS　(mass 63)
アセトン (mass 59)

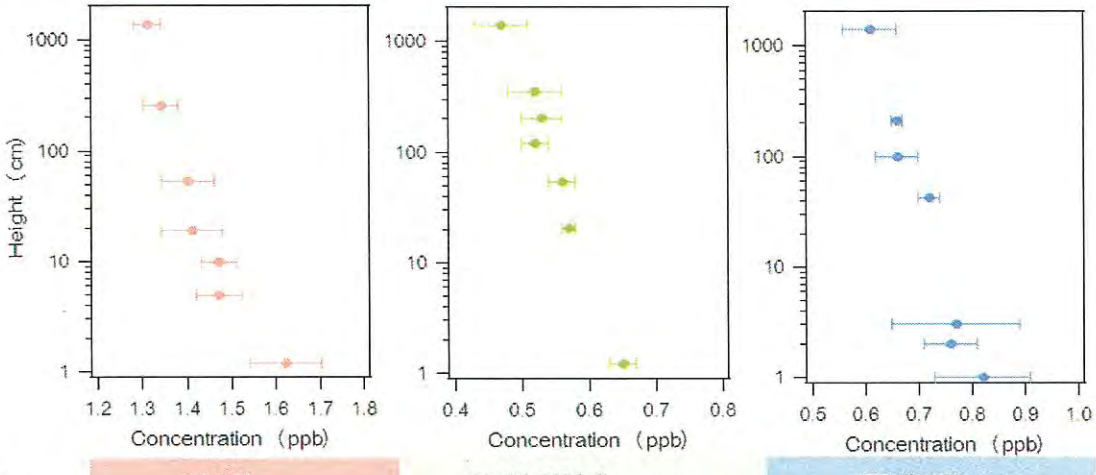
各VOCを1秒間積算



7高度のDMS・アセトン濃度の
測定結果　(30秒間の平均値±SD)

Tanimoto et al., in preparation

各海域におけるDMSの鉛直分布



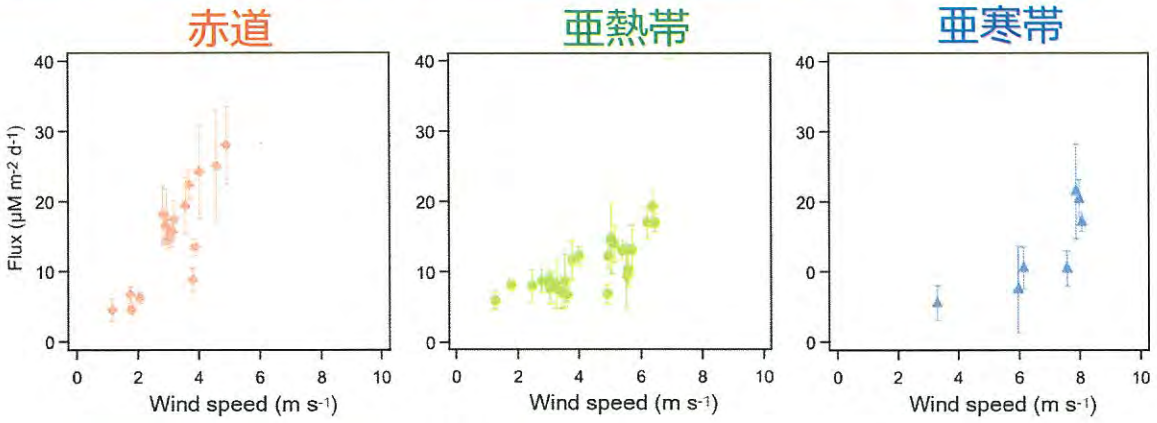
DMS濃度	赤道	亜熱帯域	亜寒帯
海水 (nM)	2.0-6.2	1.5-7.1	1.1-5.6
大気 (ppb)	1.0-4.6	0.4-1.4	0.5-1.5

深度5mの研究用海水

- 多くの測点において、対数分布を示した
- どの海域においても海洋はDMSの放出源であった

Omori, Tanimoto, et al., in preparation

各海域におけるDMSのフラックス



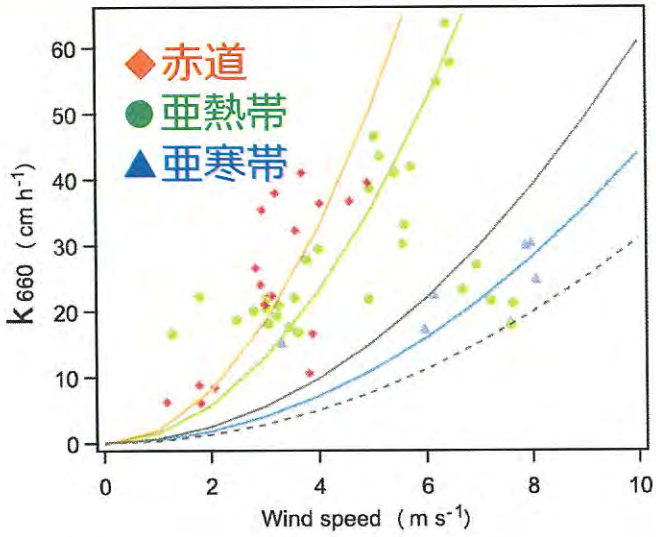
$$F_c = -\frac{\kappa u_*}{\phi_c}\frac{\partial c}{\partial \ln z}$$

乱流拡散係数　DMS濃度勾配

フラックス(μM/m²/d)	亜熱帯	赤道	亜寒帯
This study	10.4	10.6	7.9
バルク法	4.7[a]	5.2[a]	4.7-9.6[b]
渦相関法	3.0±1.6[c]	8.2±2.8[c]	

- 風速が大きくなるとフラックスも増加する傾向

ガス交換係数(k_{660})と風速(U^2)の関係

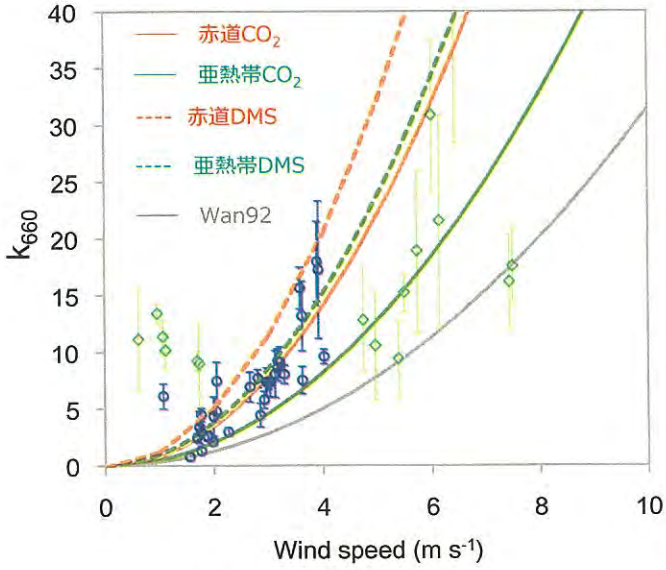


風速U^2とk_{660}との関係

赤道	k_{660} = 2.03 U^2 (R^2 = 0.83)
亜熱帯	k_{660} = 1.43 U^2 (R^2 = 0.90)
亜寒帯	k_{660} = 0.44 U^2 (R^2 = 0.63)
Wanninkhof (1992)	k_{660} = 0.31 U^2
Zemmelink et al. (2004)	k_{660} = 0.60 U^2

- k_{660}が従来の報告値よりも高い傾向がみられた
  フラックスに影響する海表面のDMS濃度は深度5mのDMS濃度と大きく異なる可能性
- 気温の高い海域でk_{660}が高い傾向がみられた

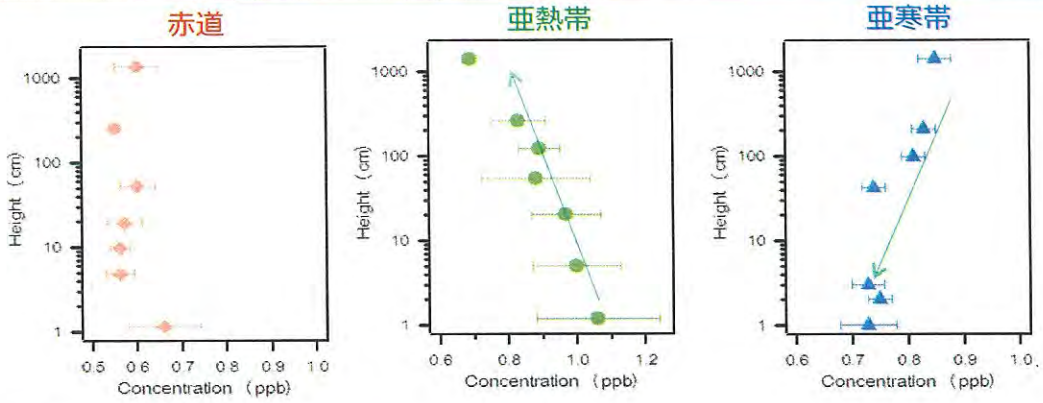
DMSとCO_2から算出されたk_{660}の比較

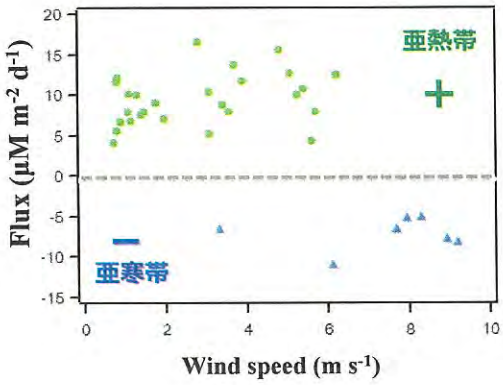


	CO_2	DMS
赤道	k_{660}=0.89U^2	k_{660}=2.03U^2
亜熱帯	k_{660}=0.51U^2	k_{660}=1.43U^2
亜寒帯	n.d.	k_{660}=0.44U^2
Wan 92	k_{660}=0.31*U^2	
Zemmlink 04	k_{660}=0.60*U^2	

DMS・CO_2共に気温が高いとｋが高い傾向があった
→ｋは風だけではなく気温によって変化する係数であることが示唆される

アセトンの鉛直分布とフラックス



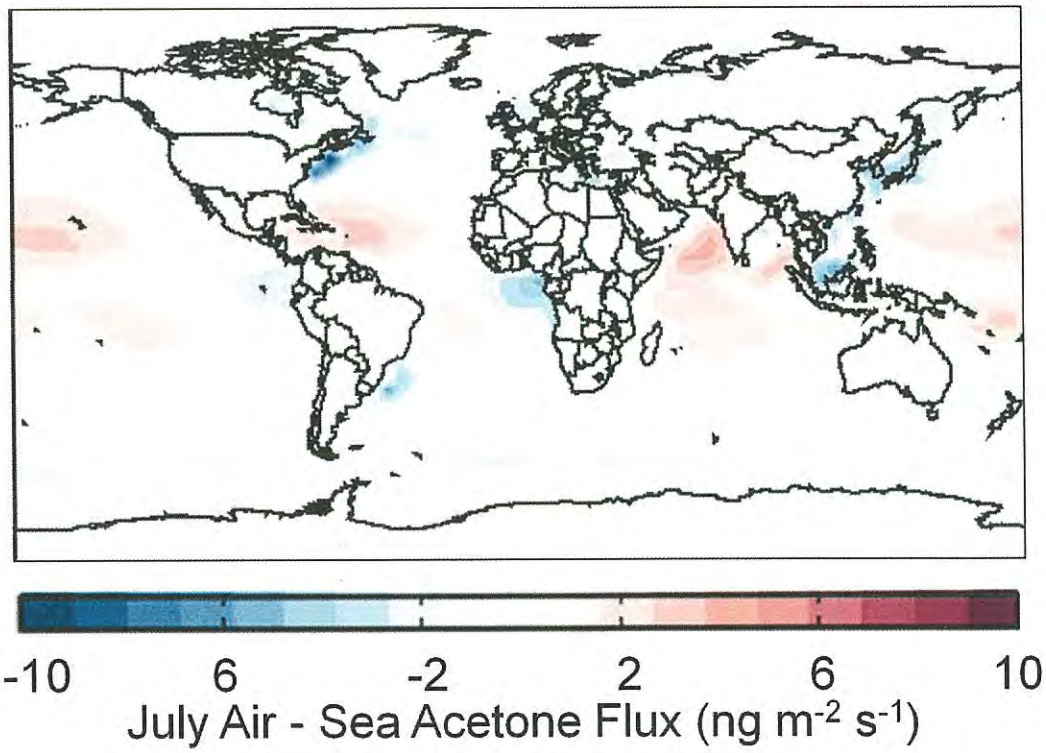


- アセトンにとって、
  亜熱帯域は放出域、亜寒帯域は吸収域
  であることが示された
- Fischer et al. (2010) による
  アセトンのモデルと一致
  →世界で初めて観測的証拠を得た

Omori, Tanimoto, et al., in preparation

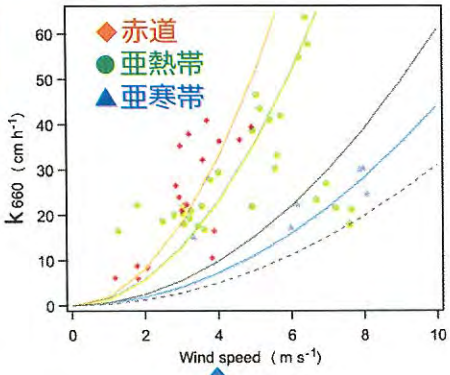
グローバルモデルによるアセトンのフラックス

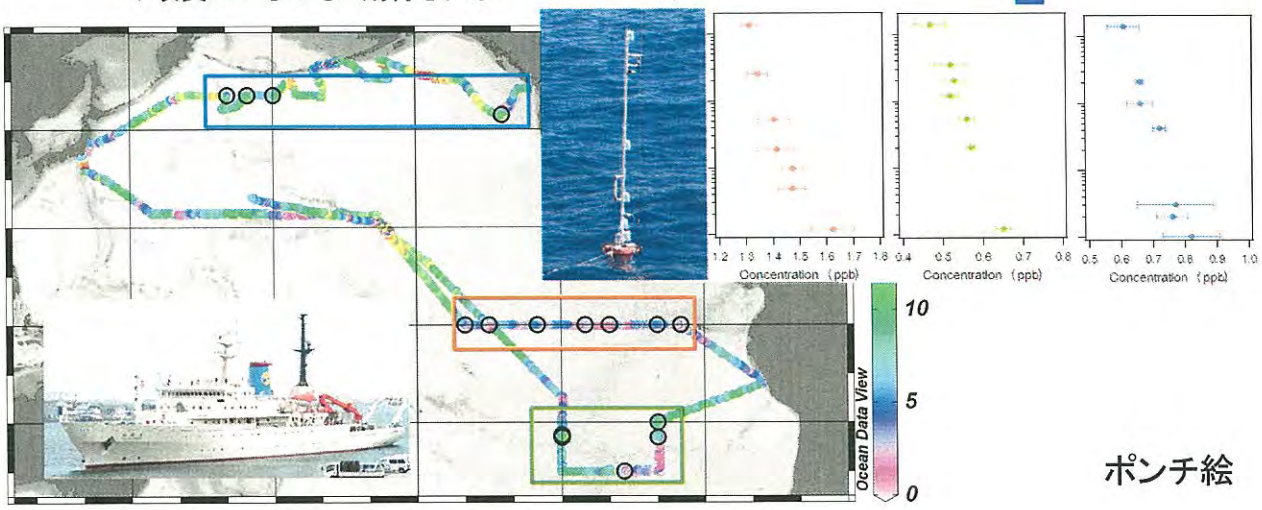
Fischer et al., GRL, 2010



海洋からの硫化ジメチル (DMS) および関連有機化合物のフラックス実計測とガス交換係数の評価 (RFa-1102)

- 主要な成果
  - 大気ー海洋間のフラックス計測に関する新しい計測技術を開発した
  - 海域によるDMSフラックスの差異を見いだした
  - ガス交換係数に関する風速以外の支配要因を示唆した
  - アセトンのフラックスに関する観測的知見を初めて得た
  - 地球システムモデルにおけるフラックス導出アルゴリズムの改良につながると期待される





ポンチ絵

謝辞

KH-11-10・12-1・12-4次航海の白鳳丸乗組員・研究者の皆様
この場をお借りして御礼申し上げます。