

東京大学海洋研究所共同利用シンポジウム

2003年11月18-19日

記録：武田重信、吉江直樹  
コンビナー：植松光夫、津田敦

## 1. 研究発表（過去の成果、提案）

津田

技術的課題

散布 プログラム・散布機材（問題なし？）：2回目の散布（SF6モニター）？1回予定

観測 プロペラサーベイ 中心を通る探索（10ノット：Fe採水）vs全体像を把握（ジグザグ航走、16ノット）収支を出す、中心を見つける上で後者が良い。夜にマッピング・昼に観測

散布位置の設定

TOPEXで渦を把握すればパッチの動きを予測可能、渦の中間域が適する？

トラップ観測の精度：パッチからのズレをどうするか

断面観測の頻度

珪藻増殖

沿岸性珪藻がすぐにレスポンスした。外洋性珪藻はラグタイム（4日）の後に増加した。

沿岸性珪藻の存在が、高いバイオマス・早い応答に寄与（シストを作るのは沿岸性）

SERIESでは外洋性種のみ

粒子状鉄がSEEDSで残っていた：西側の特徴

SERIESでは表層でケイ酸が枯渇した。Si律速の可能性

SERIESでは表層でアンモニアが上昇：Regenerationの寄与が大きい

沈降フラックス

SEEDSでは差なし、SERIESでは有意に増加

沈降は基礎生産の15%程度：SEEDS-IIのねらい：沈降の割合がどこまで上がるか確認

1.3molのうち0.97molCが

デビリス沿岸では沈みやすい種類：沈んだか？

従属栄養の渦鞭毛藻：後半に増えた：捕食が大きい？

円石藻が増えてDMS増加、珪藻が増えるとDMS減る

7-10日目にピーク予想：沿岸性の珪藻の種：なんらかのものはある

珪藻：落ちるかHDに食われるか？

沈降は基礎生産の20-40%

円石藻が増えるか不明：DMS

珪藻減少後の遷移

粒子状鉄の挙動

衰退期間の観測のねらいは？

C/N/Fe 収支を出す

青野

SEEDS:  $^{234}\text{Th}$ フラックス：海水 + トラップ

粒子の動態を求めたい：モデル：反応の速度論

Th(  $^{234}/^{230}$ 、 $^{232}/^{238}$  粒子の輸送 + 凝集など ), Ra(  $^{226}/^{228}$ 、海水の混合比、半減期長い ), P  
(  $^{32}/^{33}$  比、各プールの平均滞留時間 ), Be ( 7 : 鉛直混合の指標 ) 同位体による解明

現場型超大容量海水濾過装置 53 ミクロンテフロン:1 ミクロン石英フィルター 250mg 粒子、  
吸着ユニット

4 時間で 24m<sup>3</sup> の濾過可能 投入・ようしゅう各 1 時間 計 6 時間

青野・桜木・他 1 名 白鳳丸

10-300m 2-3 日毎 + POC、PON、B-Si

トラップ：50, 100, 150, 200, 300m Be、Th、POC、PON、B-Si

米国船では海水の Th の測定は行わない：半減期が短く時間的に無理

宗林

酸可溶態 pH2.2 20 ヶ月 室温

溶存 0.2 ミクロン pH2.2

鉄は表面混合層で酸可溶態が多い ( イニシャル 5nM )、時間とともに減少

Cu, Zn 粒子態が少ない Cd：粒子少ないが生物体のもはある。

酸可溶態：鉄以外の元素はほとんど変化しない

粒子態で酸可溶性の鉄は、生物に利用されにくい

OUT：クロロフィル増えた、新生産があった：粒子態で酸可溶性の鉄からの供給？混合層  
が浅くなった効果？

溶存：鉄も他の金属も減る：粒子態に変化して表層に残存

変化のモル比は、マーチンのプランクトン組成と一致：無機粒子への吸着ではない。

SEEDS-II

酸可溶態の鉄：供給源、存在形、普遍性、生物生産に及ぼす役割

他の元素 ( Co, Ni, Cu, Zn, Cd ) の減少：酵素活性への影響

粒子態金属の動態、利用可能性

鉄のみ変化：粒子中濃度高く、懸濁態濃度低いから？

野尻

アンダーウェイパッケージ

pCO<sub>2</sub> (1分)、クロロフィル (アクアトラッカ)、ケイ酸の連続計 (2.5分)

SERIES 表層ケイ酸 0.3uM まで減少、硝酸は 2uM 程度残った、20-30m 後半は再生で増えた？アンモニア・亜硝酸は増えている。水塊の混合の影響も大きいのでは？

クロロフィル、硝酸、ケイ酸、リン酸：採水データマップ

収支を出す上で、栄養塩の採水頻度を増やす (2.5分)

2台：pCO<sub>2</sub>、アクアトラッカ、1台：ケイ酸の連続計：さらに推進費必要

Knauer トラップ 4層分あり：良い測位ブイが必要、クロロフィルモニターはパッチ内外を知る上で有効

プレサーベイの重要性：SERIES では pCO<sub>2</sub> の東西濃度差が顕著、均一な場を見つける

荒巻：白鳳 野尻：米国船 それぞれ+1人の補助が必要

マッピング精度向上で見えるもの：外からの栄養塩供給など、2D+マップで栄養塩の収支が出る。鉄の精度向上は限界有り

## 小川

溶存有機物の役割：微生物ループの底辺、微量元素のキレーター、TEP 粒子の前駆体、固定炭素のリザーバー (蓄積)

易分解性：数分から数時間の回転速度、変動は捉えにくい

難分解性：数千年、90%以上、無変動

準易分解性：唯一変動が検出可能

蓄積性 DOM の蓄積メカニズム：ブルーム内での生成・分解の繰り返しの中で徐々に蓄積？

鉄によるブルーム内における DOM の蓄積過程を高感度高精度測定で解明。C:N:P 組成から質的な変化を把握

SEEDS では、DOC60uM から 65-70uM に増加、蓄積 DOC を検出可能 (難分解性 40uM)

DON は 3.5 - 4 から 5 uM 近くまで増加、DOP も増加

DOC の増加は、DIC の減少、POC の増加と対応 DOC は DIC 減少の 10%、DON 7%、DOP は 6-7%、P > N > C の順で活発に循環 (リサイクル?)、C リッチな DOM、しかし増加分はもともと海水中にあったものよりも N、P リッチ (増分の C : N : P は植物プランクトン組成比に近い)

長期の観測と分解実験により DOM の生産、蓄積・回転時間：真の炭素固定への寄与

C:N:P の回転時間の差：C の選択的固定

N、P にとんだ DOM の生成メカニズム：分子量・化合物レベルの解析

TEP は C リッチ：TEP の前駆体から TEP への移行速度は早いのでは

## 工藤

SEEDS 8-10 度 混合層 15 m 付近 クロロフィル 20ug/l

SERIES 混合層 30 m クロロフィル 8ug/l

培養実験：鉄濃度と温度

10uM 以上の増殖速度：西側で高い (1 vs 0.7d-1) 10uM 以下の増殖速度：東側で高い (0.5 vs 0.4d-1)

半飽和濃度：西側の方が大型も小型も高い：西側は高い鉄濃度に適応

基礎生産と N 取り込み

SERIES 基礎生産のピークとクロロフィルの増大時期は一致

バクテリア生産

通常はチミジンを使用、プロモデオキシウリジンを利用 ELISA 法：化学発光検出

バクテリア生産(チミジン法とは一致)一次生産のピークの 3-4 日後にバクテリア活性ピーク、その後も活性は高く維持されている、細胞数も活性と同様に増えている ( $1.2 \times 10^6$  cells/ml)

SERIES：積算 PP : 16mgC/m<sup>2</sup> BP 1.19 バクテリア要求 10%とすると 70%以上がバクテリア消費

粒状有機炭素生産と同程度の溶存有機炭素生産があったとすると PP は 2 倍、バクテリア消費は 35%

アンモニウム塩の再生

20-30m付近で濃度増加、16 日目硝酸の取り込み高く、その後下がる、アンモニウム塩の取り込み速度は高くなっていない：もうすこし後にアンモニア利用活性が高まった可能性  
今後の課題

増加した一次生産の行方としての従属栄養過程の把握：BP、BGE、BCD、DOC 生産  
硝酸利用系からアンモニウム塩利用系への推移 (ブルームの長期化)

DOC のプランクはどのように処理しているのか？

齊藤

炭素の行方を知りたい、9 割残って、10%

IronEx

小型羽状目：繊毛虫、HDF がコントロール、沈まない

SOIREE

大きな羽状目が増えた

ナノは NF 摂食コントロール

SEEDS

中心目増えた：大型：食べられにくい？

ピコプランクトン、増殖は増えたが摂食コントロール NF

コペポダの摂食：増えるが絶対量が小さくコントロールできない

クロロフィルは 7 日以降定常：基礎生産は活発の継続：DOC は増えていない：クロロフィルを持たない POC へ変化

希釈法：増殖速度は継続して増加したが、11-13日に摂食速度が急増したため、Netでは後半に増殖が落ちた。

可能性として、Virusの寄与？（実際は低いレベル）

Ch.debilisは繊毛虫にとってサイズが大きすぎる

マイクロ繊毛虫は徐々に減少、15 x 40-50 ミクロンの細長い渦鞭毛虫が最後に増えた（50-200cells/m<sup>3</sup>）：細胞より大きな珪藻も食べられる（1mm程度も可）、糞も作る（ミニペレット）沈降する

あと2日でバランス

SEEDSでは、HDFが重要 WSGでは大型のHDFが多い

HDFの摂食、同化速度、ミニペレットの生成・沈降（この種類のもが落ちるかどうかは不明）後半のPOC:BSi比は？

このようなHDFは常にいるのか？

基礎生産の3-4割がHDFへ

鈴木

蛍光法（Welshmyerバンド幅狭い）とHPLC法のクロロフィルの不一致

クロロフィライドaを考慮しても蛍光法が1.6倍

検量線も問題：相互検定が必要、クロロフィライドa以外の色素の影響

珪藻以外の減少した藻類の状況

クロロフィルb（緑藻・プラシノ藻）後半で減少

真核ウルトラ（<5um）最初増えて、鉄パッチ内で減少（摂食コントロール）、しかし、現存量の減少は説明できない：光制限による細胞死

各藻綱のクロロフィルaへの寄与：珪藻は増加、プラシノ藻、緑藻が大きく減少、パッチ外では残存

植物プランクトンの細胞死の要因

光（自己遮蔽、紫外線）、栄養塩（鉄）、ウイルス・細菌感染、水温

植物プランクトンの細胞死の影響

基礎生産の減少、鉄、DMS、DOMの放出

生態系モデルにおける植物プランクトンの枯死：温度とクロロフィル濃度の関数

親潮の表層（9月）：細胞溶解速度（0.2-0.43d<sup>-1</sup>）（エステラーゼ活性）微小動物の摂食に匹敵（膜に傷があれば死亡と判断）真核ウルトラの生存率28-40%

SEEDS II

細胞死のメカニズム（細胞溶解速度、生存率）

光合成機能の分子生物遺伝学的手法による評価（北大低温研：皆川純）

HPLC色素、FCMによる構造解析（ルーチン）

高い細胞溶解速度、現場でバイオマスを維持する機構？

吉江

SOIREE Hannson et al., 2001

IronEx-II Chai et al., GRL submitted

5日目まで増えなかった (Chaiらは生理的応答に時間がかかったと考えている)

中心目・羽状目の2種類の珪藻を表現したモデル (NEMURO for SEEDS ver.2)

羽状目: 鉄に対して無反応 中心目: 鉄供給により活性が敏感に増加

鉄添加によりPE曲線のVmaxとパラメータを変化

珪藻1種モデルは早く応答 (ブルームの開始が早い)、2種モデルは観測と良く一致

5日目頃の羽状目から中心目への優占種の変化もモデルで再現

植物プランクトンバイオマス、栄養塩濃度の変化も再現、小型の動物プランクトンは観測と一致しない。珪藻全体の活性も中心目の生物量の推移で大きく変化

数日後にブルームが起こるメカニズムは上記による

観測後の変化: 40日程度で植物プランクトン量もどる、栄養塩は半分再生、48日後でもpCO<sub>2</sub>は平衡に達しない。基礎生産は20日程度で落ちる

沈降フラックス: 10日から増加、48日目で元に戻る: 積算で25%程度落ちる

E ratio 0.1から0.4程度まで増える

懸濁粒子を考慮した沈降フラックス: 懸濁時の分解を考慮

鉄散布80km<sup>2</sup>: 549tC大気から溶入 1238tC下層(100m以下)へ沈降

今後の課題

40日間の観測が必要

動物プランクトンの捕食、植物の枯死速度

粒子の生成。浮遊、沈降過程 (沈降速度、分解速度)

風速値、鉛直・水平SF6濃度時系列、DMS、有機エアロゾルの変化

植松

エアロゾル: スス、硫酸ミスト (人為、生物起源DMS)、鉱物粒子 (Fe5%)

日本近海: 黄砂、火山、森林火災

Duceの1991年の大気鉄フラックス図: 実際は30度以北では影響少ない、ダストはかなり

上空を通過: 実際にどれだけ落ちているか? 白鳳丸西部北太平洋亜寒帯: 表層の懸濁Al濃度 (7月高い18ug/kg、8月少ない<1ug/kg) 7月にスボラティックなイベントがあった

三宅島火山噴火後、クロロフィル増加

ロシア森林火災、KNOTの方へ流れていく: 鉱物粒子と硫酸塩、ススと<sup>210</sup>Pbと<sup>210</sup>Po

の対応: 異なる起源

海上での観測: 必ずしも海で生産されたものではない: 陸域から輸送されたものも大きい  
生物生産が上がっている海域でどのように生物起源ガスを測定するか?

SF6 もバイオガスと一緒に大気側に出る：SF6 濃度をマーカーにできるのでは  
NssSO4:人為起源と生物起源をどのように分けるか:MSA の測定で十分か(比が一定か?)  
CO2、DMS を実測する (N2O、CO、CH4、SO2):大気は動きが早い  
DMS から出来る SO2 と H2SO4 ミスト、MSA を測定、粒子の生長の様子  
霧が多い:エアロゾルと雲との相互作用:化学成分・物理測定  
SEEDS-II で DMS が出ない可能性もあるか?(西側はハプト藻が少ない、珪藻が分解する時にどうなるか)それ以外の生物ガスもある

三浦

SO2 の液層反応:海塩粒子

ナノパーティクル:生成(Homo/Hetero nucleation)、生長(凝集・凝結)輸送、変質、消滅  
(Dry/Wet deposition)

新しい粒子は、発生した場所でないと捕まえられない:1日以下の寿命

海洋大気エアロゾル:ピーク 20-50 および 100-300nm のダブルピーク:これに加えてさらに <10nm のピーク(第3のピーク)が出る場合がある(自由対流圏から降りてきたもの?):これを測定したい 生物起源?

南極:午後にやや高い、日中急に高くなったとき 1-2nm が増えた

KH-03-1 の南極でも数 nm の増加があった:日射との関係はない

北極:境界層高度の低いとき、泡がはじけて出来た粒子が乾燥したもの?逆転層

エクアドル沖:数 nm ピーク

みらい:DMS、MSA の変化:粒子では有意差が出ていない 船の影響もある

総合観測

粒径分布、硫酸塩、化学組成、湿度測定

OH, H2SO4, SO2, DMS, CO, H2O, NO, NOX, O3, NMHCs

気象要素(紫外線など):ラジオゾンデ

コンタミとの分離 船の排煙?

(散布時の航走速度 5 ノット、観測 10-15 ノット)

塚本

渦相関法による CO2 フラックスの測定(熱のフラックス測定が最初)

陸上の固定点で多く利用(森林上など)

海上での測定:風速の鉛直成分の測定:船の動揺による見かけ上の誤差:補正法を開発

バルク法:大気と海洋の pCO2 差に係数を掛ける

渦相関法:1977 年が最初、1989-1991 頃 Webb 補正

北海:海上の檣にセンサーを設置:大きな値:従来の考えよりも効率的に輸送されている?

値が大きすぎる?センサーの精度不足、沿岸のデータ中心:外洋では?

GasEx-98：空気を取り入れて室内で測定

我々は、センサーを外に出して測定（open-path）

2001年熱帯域 乱流変動 CO<sub>2</sub>と水蒸気：負の相関

pCO<sub>2</sub> 10ppm以下の海域：バルク法よりも渦相関法は2桁大きい：変動傾向は類似  
北極域（2002年8-10月） pCO<sub>2</sub> 数十ppmの海域：バルク法よりも渦相関法は1桁大きい：変動傾向は類似

輸送係数：従来法（風速の3乗に比例）の10倍ぐらいの値になる：バラツキの要因は？濃度差以外の要因

和歌山県白浜の観測塔：月変動：秋から冬に吸収力大。オーダーは北極海などと同様

陸上の森林の値よりは低い

船の影響：風に向かって先端のマスト上に設置：相対風速10m程度

加藤

DMSフラックス測定についての検討

船上のメインデッキとブリッジの上では差がない：均一に混合：高度の違う2点からフラックスを求めるのは困難：水面に近いところでの測定（クレーン、紐）

PTR-MS：多様な揮発性有機化合物を検出（DMSも可能だが低濃度は困難）高分解能、船上搭載可

沿岸部での日変動

要因：生物活動、海洋・大気交換速度（風の強さなど）、大気化学反応（NO<sub>3</sub>：反応性の高いラジカル：光ですぐに分解：都市部の夜間に高濃度）DMSとの反応は、NO<sub>3</sub>（夜）とOH（昼）でそれほど差がない、NO<sub>3</sub>が10-100pptだとDMSはものすごく減少

NOAA：海洋性大気はDMS一定、都市側からの大気：夜間に減少：NO<sub>3</sub>の影響：沿岸では重要

チューブで大気を採取するとき、チューブ内でDMSはロスしないか？テフロンチューブで径が太ければOK

永尾

海洋と大気間のDMSの関係

IronEx-I 差ナシ II 僅かに増えた

SOIREE

全体で2-3倍に増加

SEEDS-II

鉄散布：大気への影響の検出

海水と大気DMS濃度の変化の検出

大気へのDMS放出量変化



渦相関法：測定法による違い

北太平洋の DMS 放出量マップの作成：DMS とクロロフィル濃度の取得

オゾン濃度低いときに DMS 濃度高い

MSA 増えたころ DMS はあまり高くない：なぜ？

MSA が低いとき：クロロフィル低い海域から空気塊が来ていた：DMS 高い

MSA が高いとき：クロロフィル高い海域から空気塊が来ていた：DMS 低い

輸送途中の履歴：DMS 濃度が高いとき OH 低い(酸化が押さえられている)成層も強い(安定)

SEEDS-II でもモデル解析が必要

バルク法で DMS 放出量を求める問題点：どの方法で計算するかで値が大きく変わる

渦相関法：DMS についてはまだあまり行われていない。これから開発

米国船

ハワイから SEEDS 点の間で DMS 測定：生産性の異なる海域でマップ作成

西部北太平洋の DMS がイオウフラックスにどの程度寄与しているのか？人為起源のものと同程度ぐらいでは？

クロロフィルと DMS の対応を幅広いクロロフィル濃度海域から得る

そのサポートとして

大気鉛直構造の観測

??

大気 DMS の酸化を含めた光化学モデルの利用

1-2 日前にクロロフィル高い海域：半日 1 日前に MSA が増加：かなり風下に行かないと DMS からエアロゾルになる部分が見られないのでは

種によって DMS 生産は違う：クロロフィル以外のパラメータとの比較も重要：衛星データとの関係を海域別に出すことも可能

荒波

海洋表層における DMS 生成過程

温暖化に対するフィードバック効果 (CO<sub>2</sub> 吸収と DMS 放出)

植物プランクトンの種組成

バクテリアの活性 (DMS 放出 / DMS 生成 10%、DMS 放出 / DMSP 生成 1%)

環境ストレスの影響 (栄養塩、光、混合層深度)

供給：除去：分布

放出インベントリーの作成

実測値は大きく変化：クロロフィルからの見積もりは海域差があまりでない

混合層深度が浅くなるとストレスでクロロフィル濃度の割には DMS 放出が増える？

HNLC の夏：DMS が高い (強い UV、栄養塩制限?)

冬季：鉛直混合による希釈効果で DMS 低い

今後の方向

プロセス研究

現場（複雑系）実験、海洋生態系モデル、季節変動の再現、過去の気候変動の再現（氷期・間氷期）、今後の気候変動・海洋汚染に対する応答

現場（複雑系）実験？炭素<sup>14</sup>C・イオウ<sup>35</sup>Sのラベル：、培養実験：分解・生成過程

中川

CO<sub>2</sub> 以外の微量気体：CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO, CH<sub>3</sub>Cl（ハロゲン化メチル）への影響評価

安定同位体測定による挙動解析：比の変化：生成消滅システムの解析、放出・消滅フラックスの算出

東部太平洋赤道域（KH03-1）：鉄添加に伴う微量気体の変化

赤道上（St.6）と対照区(stn.12)：赤道ではクロロフィル増加、栄養塩枯渇

100L 容器に 10nMFeCl<sub>3</sub> 添加：100ml の透明・遮光バイアルビン

N<sub>2</sub>O：変化なし：有機態で残っている

CH<sub>4</sub>：光条件下で増加（両測点とも）赤道で僅かに高い 50 日

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>：エタン 赤道の + Fe で増加

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>：エチレン 増加傾向あり 溶存有機物からの生成

赤道鉄無添加でも鉄 1 nM コンタミ

橋本

VOCs 生成生物：大型藻類、植物プランクトン、バクテリア：種特異性

相模湾：毎月観測

珪藻 *Guinardia striata*, *Thalassiosira* の増加と DMS 濃度変化が対応、円石藻との対応は見られない

従来は、ハプト藻、渦鞭毛藻が主な生成起源であると考えられていたが、珪藻の再評価も必要

植物プランクトン中の DMSP と酵素活性(DMSP lyase)の測定

貧栄養条件での連続フロー培養実験：硝酸濃度が減ると DMS 生産が増える種もいる  
共存による DMS 生成への影響

珪藻と DMSP 分解酵素 DMSP lyase を持つバクテリアや渦鞭毛藻と共存させて培養実験

円石藻ブルームの DMS 生産でも渦鞭毛藻の分解酵素が重要な役割

サイズ別画分の相互作用と寄与（2um、200um）、GeO<sub>2</sub> の添加

バクテリアの作用？：DMS の 90%は同化：10%が分解

横内

ハロカーボン測定

ガラパゴス、インドネシア、クリスマス島、赤道太平洋

塩化メチル：東西差はない：陸域の植物の影響のインドネシアで高い

臭化メチル：半分人為起源、東でやや減少

ヨウ化メチル：ほとんど海洋起源、インドネシアで高い

ブロモホルム( $\text{CHBr}_3$ ): マクロアルジーが発生源、太平洋東側で多い：ローカルで大量生成、  
大気寿命：26 日

ジブロモメタン( $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ): 東側で高い、大気寿命 120 日

DMS：太平洋の東側で多い、特に 2003 年

極地性：島の影響が大きい

## 2. 総合討論：SEEDSII のフォーカス 16:50 - 18:00

全体を通して

1. 生物が取り込んだ鉄の分解・再生を注目すべきでは？(小埜)

米国側では測定を検討中

2. 栄養塩枯渇でブルームが終わるのか、それとも鉄枯渇で終わるのか？(植松)

SERIES で初めて栄養塩が枯渇した(ケイ酸塩枯渇)。他の鉄散布実験では鉄制限で終わった。

3. 鉄の撒く量はどの程度が良いか？撒く化学物質は硫酸鉄でよいのか？(植松)

日米の話し合いでは、4-6 nM 程度になるように撒く予定。(モデルで最適見積もると言う手もある)。経済的な理由で安価な硫酸鉄を使う。

4. 炭素収支(輸送生産)はどうか？パッチの大きさも含めて(津田)

e-ratio(輸送生産/基礎生産比)は、SEEDS・SERIES では 15%程度と観測された。モデルでは最終的には 40%程度と見積もられている。

日下部、青野の現場大量濾過で得られたサンプルの放射性核種で抑える。

白鳳丸では 3D サーベイを頑張ってパッチの形を把握。米国船では CTD と Chl.a センサーに任せる。

5. 鉄散布により DMS は放出されるか？具体的にはどの程度 DMS を測るか？(津田)

SEEDS では、DMS の増加は確認できなかった。SERIES では、珪藻ブルームの前の円石藻の小ブルーム時に DMS が約 30 倍に増加した。一般的には円石藻の増加時に DMS が増加する。しかし、中型・大型珪藻と DMS の増加にも正の相関が見られる。また、DMSP 分解酵素を持つ渦鞭毛藻やバクテリアの共生により DMS の放出量は異なる。

米国船で誰がどの程度の頻度で DMS を測るかが問題。白鳳丸のみ観測？

6. 分解過程を重点的に観測すべき！(津田)

これまでの鉄散布実験で未解明な、ブルーム後半の分解過程に注目するのがおもしろい。

7. メタン、エタンと言った炭化水素など生物起源ガスはどの程度放出されるか？(津田)  
角皆、中川ら大気系、割と簡単にサンプリングできそうなので、観測体制を整える。
8. 粒子の凝集・沈降に関わる過程を詳しく調べるべき！(斉藤)  
現場で、カメラなどで沈降粒子が実際に沈降しているところを撮影する。粒子表面に付着するバクテリアを測る（誰が測るかは未定、現実的には無理そう？）
9. 現存量だけではなく速度も知りたい！（角皆）  
放射性同位体(リン、トリウムなど)の分析で何とか見積もれるかもしれない。セジメントトラップの利用。
10. セジメントトラップはどの程度信じられる？(日下部、野尻)  
できるならばトラップを2個くらい使ってキャリブレーションすべき。水中成分のマスバランスから見積もる方が現実的。(白鳳丸に人がたくさんいるので3D観測を頑張ればよい？)
11. 物理系の研究者はどの程度関わっているのか？(日下部)  
津旨(電中研)、木村(海洋研)のみ関与。SOLASメンバーはあまり乗り気ではない。
12. 大気系について、DMSが「みらい」での観測場所(海面高度)に依らずほぼ一定だったのはなぜ？水平的分布を調べるのはどうか？(植松)  
その高度では鉛直的に空気塊が良く混合されていたためか？  
パッチの風下(200km)からパッチに向けて航走し、DMSやSF<sub>6</sub>濃度変化を調べるのはどうか？  
SERIESで検討されていたが実際にはやらなかった(DMSが円石藻の増加に伴い急増したため)。あまりパッチから離れたくないのでやらない方が良い。
13. プロセスを追うのか？フラックスを追うのか？(日下部)  
どちらもできるだろう？

津田まとめ

SEEDSII 航海の重要観測項目は

1) エクスポートの把握 (C,N,Fe のバジェット)

日下部、青野課題に期待するところ大。観測期間が長いことに対応。断面観測 (TS 構造も含めた)。In-trap2 系の設置などで精度を上げる。

2) DMS の挙動

植松、永尾、橋本、梶井に期待。DMS だけでなく八口カーボンの挙動にも注目。また、出ない可能性もあるが、出ないメカニズムも注目の必要あり。生物側から出る植物群集組成や分解、摂餌のデータとの突合せは重要。

3) N<sub>2</sub>O、メタンなどの温暖化ガスの発生

角皆課題に期待。

#### 4) ブルーム衰退期の生物化学的遷移

バクテリア挙動(工藤)、HD 挙動(齊藤)、生物遷移(津田、鈴木)、DOM 挙動(小川)、再生産栄養塩(野尻、小川)、N<sub>2</sub>O など(角皆)、細胞死(鈴木)など。

### 3. 観測スケジュールについて

予定

|                   |     |            |         |              |
|-------------------|-----|------------|---------|--------------|
| 7/9-8/2, 8/6-8/25 | 白鳳丸 | 7/17-7/28  | 観測 leg1 |              |
| 7/15-8/25         | 米国船 | 7/24- 8/15 | 観測      |              |
|                   |     | 8/10-8/20  | 観測 leg2 | 34 日目まで観測できる |

1. 出航・入港日は変えられないが、leg1 と leg2 の配分は変えられる(津田)
2. できる限り白鳳丸の leg1 を延長することにより、変化が急激な時期を集中的に観測すべき。この方法だと釧路と鉄散布ポイントの航走時間を節約できる。また、米国船での観測では、試薬の輸出手続きが面倒なため米国の試薬を使う必要があり、データの質が下がる可能性がある。(野尻、日下部、工藤)
3. SEEDSIII では特に分解過程に注力すべき。これまでの研究では分解過程については観測できなかった。分解過程を詳しく観測することこそ重要。当初の予定通り 34 日目まで測る必要がある。また、混合層が厚ければブルームの開始まで時間がかかるはず。(齊藤)
4. 米国との共同研究なので、できれば予定通りにしたい。(津田)

観測の概要

プレサーベイ

水塊の均一性、HNLC の確認、鉄濃度の確認、混合層の確認

アルチメータデータから散布域はかなり事前に特定できるので観測時間は短縮できるが、機器の準備、SF<sub>6</sub> の溶解などに、3 日程度の時間はかけるべき。

散布

約 24 時間方法は SEEDSI に準じる。

観測

アンダーウェイ:夜間にパッチのサーベイ測定は連続測定項目と CH1、栄養塩、(鉄?)  
コースは出来る限り大気サイドの要望を取り入れる

In-Out: 2 日に 1 回

トランセクト: 頻度は 3 回以上、観測項目は要検討。

トラップ: 2-3 日間隔で回収・再設置、重要時期には In2 系統も検討、青野トラップは In

のみ。

現場ろ過：1回6時間程度、3日間隔でいど。

#### 大気関係

キャニスター採集：ポートまたはAフレームを使う。2-3時間程度、3回。

周辺部大気観測(2船体制): 気象条件、DMS放出でタイミングを調整12時間程度、1-2回

バルーン観測：コンテナラボ使用可能か？オペレータは？

#### 4. 乗船者

米国船乗船予定者(津田希望)は

武田、野尻、齊藤、永尾、芳村、小埜、吉江で、その他は白鳳

白鳳は現在、米国からの乗船希望、カナダからの乗船希望を含め41名(定員はMAXで34名)なので、調整が必要。

#### 5. 米国船

使用する船舶はKilo Moana(<http://imina.soest.hawaii.edu/KiloMoana/>), PI: Mark Wells

日本側機器の発送は6月10日前後、野尻がまとめる。試薬は持込が困難なので、米国に発注。ボンベ類も輸送が困難なため、要検討。

ビザが必要な可能性あり。要検討。