

クルーズサマリー（航海概要）

1. 航海情報

(1) クルーズ名（調査船）

MR10-06（R/V みらい）

(2) クルーズ主要課題と課題概要

気候変動に対する生態系変動を介した物質循環の変動とフィードバック

（概要）

本研究は西部北太平洋を中心に、海水温暖化、成層構造強化、酸性化等の海洋変動に伴う海洋生態系およびそれを介した物質循環過程の経年～長期的変化の実態をとらえ、地球環境へのその変化のフィードバック機構について明らかにするものである。西部北太平洋は海洋環境および生物生産の季節変動が非常に大きい。そのため中期計画年度中（H21～25年度）にすべての季節を数回ずつカバーする観測を実施する。かつ生態系や水塊構造の異なる亜寒帯循環域観測定点 K2（北緯 47 度、東経 160 度）および亜熱帯循環域観測定点 S1（北緯 30 度、東経 145 度）の比較研究を実施することにより、変動過程の海域特性を明らかにする。本航海の主要研究課題においては

1) K2、S1 における 2 種類の係留系による基礎生産と沈降粒子量の連続的観測

2) 船舶による物理・化学・生物過程の季節観測

3) 衛星データを用いた観測点周辺の広域水温、クロロフィル分布等の時空間変化解析に関する観測研究を行い、物質固定、鉛直輸送にかかわる生物の分布、活性、環境適応等の生物的要因と海水の物理化学的性質との関連を調べ、気候変動による生態系の変化のメカニズムを明らかにすることを目的とする。

(3) 首席研究員

海洋研究開発機構

地球環境変動領域

本多牧生

(4) 主要課題以外の課題

所属	課題提案者	課題名
東京大学 大気海洋研究所	浜崎恒二	西部北太平洋亜寒帯および亜熱帯海域における生物ポンプの駆動を支配する微生物・地球化学過程に関する研究-II
鹿児島大学	小針統	メソ動物プランクトンが食物網と鉛直輸送に与える影響
名古屋大学	阿部理	溶存酸素三種同位体比及び酸素、窒素、希ガスをトレーサーとする北太平洋中層水生成域での過去の基礎生産の推定の試み
名古屋大学	永尾一平	渦相関法による海洋生物起源ガス（硫化ジメチル）の海洋から大気への放出量の測定
海洋研究開発機構	本多牧生	マリンスノーの光学的観測手法の研究開発
岡山大学	塚本修	海面乱流フラックスの連続測定
名古屋大学	三野義尚	海洋の「トワイライトゾーン」における有機物分解の規定要因の検討
海洋研究開発機構	高島久洋	MAX-DOAS 法による対流圏エアロゾル・ガス成分船上観測
気象研究所	青山道夫	海水中栄養塩の長期変動の研究
富山大学	青木一真	船舶型スカイラジオメーター観測から得られる海洋上の

		エアロゾルの光学的特性
海洋研究開発機構	須賀利雄	Argo フロートを用いた海洋循環、熱・淡水輸送とそれらの変動の研究及び西部北太平洋における物理・化学・生物過程の実験的総合研究
国立海洋研究所	杉本伸夫	エアロゾル・雲の光学特性と鉛直分布の観測
千葉大学	中西正男	白亜紀中期における太平洋プレートのテクトニクス
琉球大学	松本剛	海洋地球物理観測データの標準化及び海洋底ダイナミクスへの応用に関する研究
海洋研究開発機構	川合義美	黒潮・親潮続流域における大気海洋相互作用観測研究
海洋研究開発機構	栗田直幸	海洋上における水安定同位体分布図作成の為に降水・水蒸気・海水採取

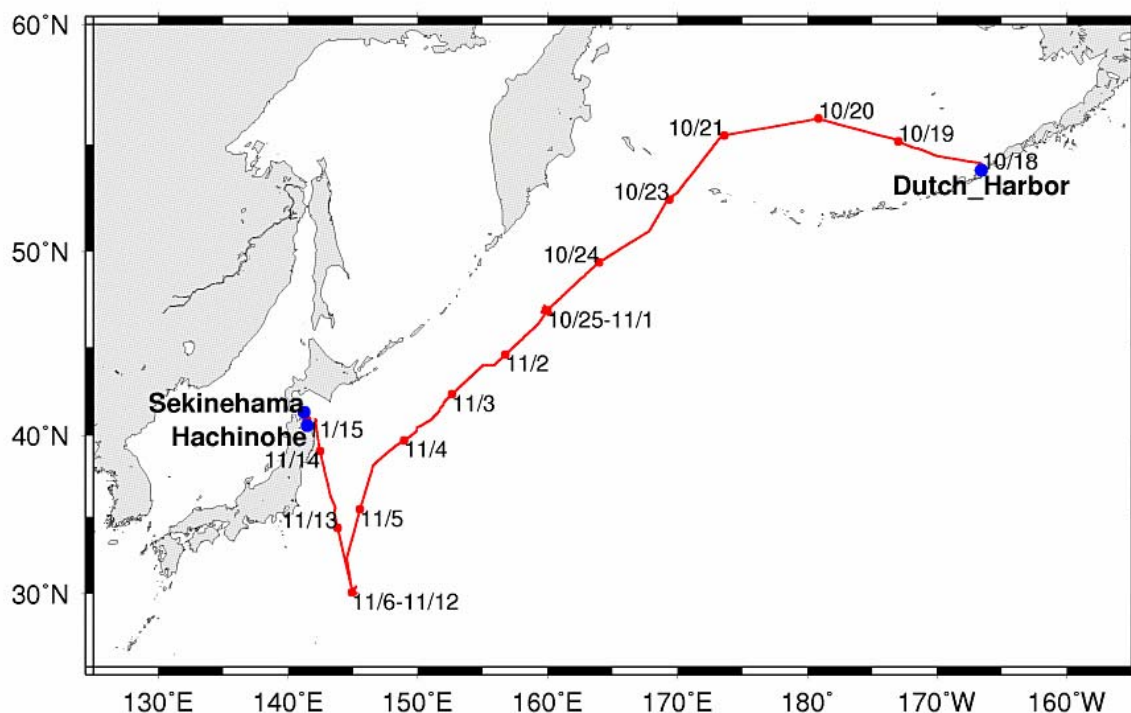
(4) 航海期間（寄港地）

2010年10月18日（ダッチハーバー出港）－ 2010年11月15日（八戸寄港：内変）－ 2010年11月16日（関根浜帰港）

(5) 調査海域

西部北太平洋（60° N - 30° N, 140° E - 165° W）

(6) 航跡と観測点



2. MR10-06航海概要

(1) 目的

本航海の目的は西部北太平洋の亜寒帯循環域と亜熱帯循環域に設けた時系列観測定点（それぞれK2とS1）で晩秋期の生物地球化学的および海洋物理学的データを収集することである。

(2) 航海概要

西部北太平洋における生物地球化学に関する時系列観測研究のための航海は1990年代後半から実施されてきた。これらの航海はいつも荒天、海況不良に悩まされてきた。そのため乗船前は荒天、海況不良、しばしの観測中断を覚悟していた。実際、悪天候のためアンカレッジからダッチハーバーへのフライトがキャンセルとなり到着日時が送れた乗船者がいた。また時化のためにR/V「みらい」のダッチハーバー入港は困難であった。しかし我々の予想に反してMR10-06航海は概して順調であった。時には荒天待機を強いられ、観測中止もあった。しかし大勢に影響はなかった。時系列観測点K2とS1で、採水、プランクトンネット採取、気象観測、係留系の回収／設置等をほぼスケジュール通りに実施できた。以下は本航海の結果速報の一部である。

1) 海洋構造

観測定点 K2 の表層海水温 (SST) は約 8°C であった (Fig. 1a)。水深 100m 付近に水温約 1°C の中冷水が存在していた。観測定点 S1 の SST は 26°C であった。これらの水温は1-2月に実施されたMR10-01航海で測定されたものより約 5°C 高いものであった。表層混合層（表層密度 + 0.125 で定義）は K2 で約 42m、S1 で 35m であった (Fig. 1b)。これらの混合層は冬期に比べると約 50m も浅いものであった。

K2 における有光層（表層における光合成有効放射 PAR の 0.5% 水深）は約 50m であった（ここではデータ紹介なし）。一方、S1 の有光層は約 100m であった。これは水柱の粒子量の違いであることが容易に推測できた。

2) pCO_2

航海中は、表層海水 pCO_2 を連続して測定した。観測点 K2（北緯 47 度）における表層 $\text{pCO}_2(\text{xCO}_2)$ は、大気中 pCO_2 濃度約 390ppm に対して、約 340ppm であった (Fig. 2a)。このことは K2 が潜在的に二酸化炭素の吸収域であったことを示唆するものである（冬は同地点は二酸化炭素の放出域）。観測点 S1（北緯 30 度）における表層 pCO_2 は 375ppm で大気中 pCO_2 より少しだけ低かった。S1 も本航海中は二酸化炭素の吸収域であった。冬期の観測結果（MR10-06 航海中の pCO_2 緯度分布 Fig. 2b）と比較すると、K2 の pCO_2 は 420ppm から 350ppm、約 80ppm 低下していた。これは生物活動によ

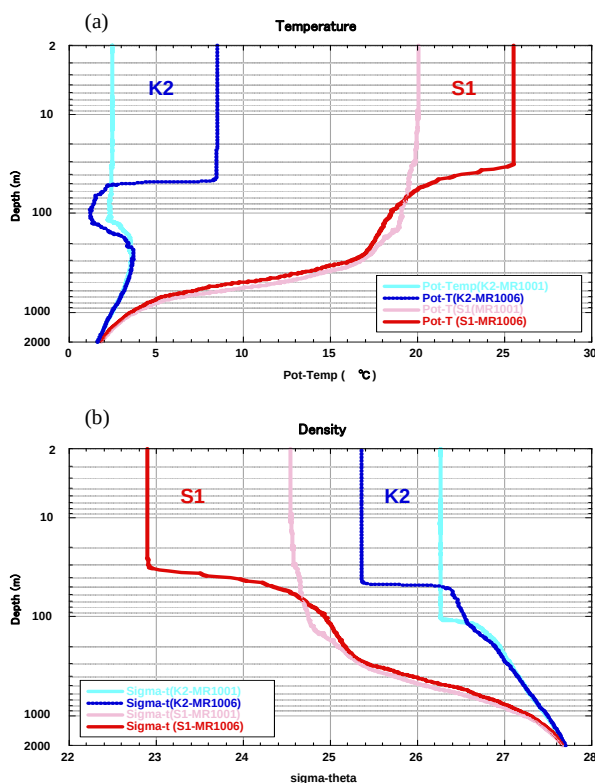


Fig.1 SST (a) and density in sigma-theta (b)

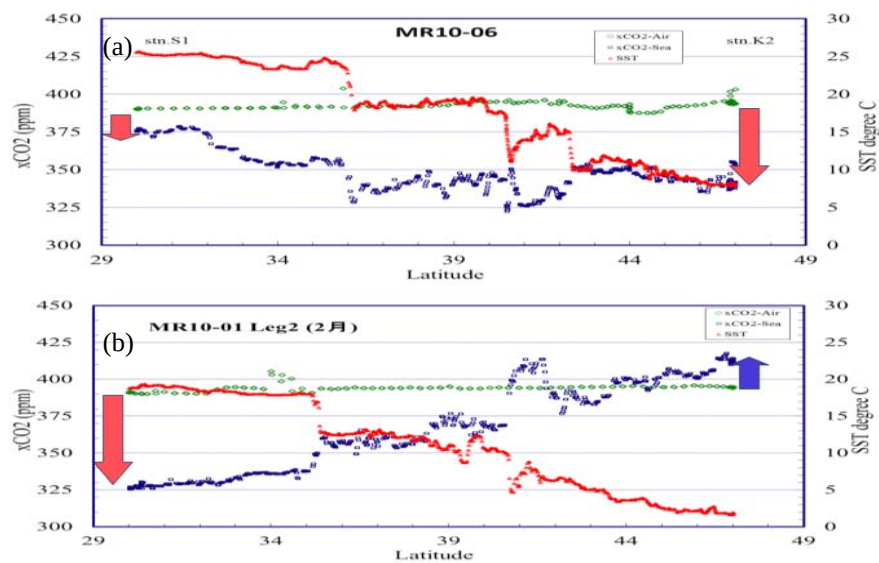


Fig.2 Surface pCO₂ (blue), atmospheric pCO₂ (green) and SST (red) during this MR10-06 cruise (a) and previous MR10-01 cruise (b).

る二酸化炭素の吸収によるものである。一方、S1のpCO₂は冬に比べると約50ppm増加(325ppmから375ppm)していた。これは同地点の水温上昇によるものである。

3) 植物プランクトンと基礎生産力

K2における表層約40mのクロロフィルa濃度(Chl-a)は約0.6 mg m⁻³であった(Fig. 3a)。40m以深では、Chl-a濃度は大きく低下した。高速液体クロマトグラフィ(HPLC)による補助色素の分析から、同地点の植物プランクトンの半分はハプト藻であり、西部北太平洋亜寒帯循環域の代表的なケイ藻は少なかった。観測点S1ではK2よりChl-a濃度は低かった。同地点ではクロロフィル亜表層極大層が水深約90mに見られ

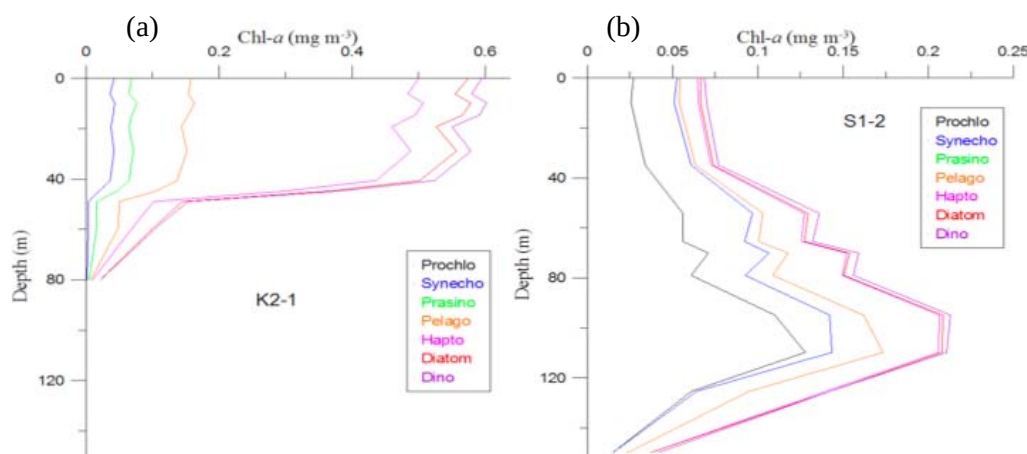


Fig. 3 Chl-a concentration at station K2 (a) and S1 (b). Composition of phytoplankton is also shown.

た (Fig. 3b)。一般にクロロフィル亜表層極大は海洋表層日射量が植物プランクトンの成長にとっては強すぎる場所、また表層付近の栄養塩が枯渇している場所で見られる。今回の S1 の状況がそれに当てはまっていたのかもしれない。植物プランクトンの種類としては *Prochlorococcus* が優占的であった。またケイ藻はほとんどいなかった。

観測地点 K2 では疑似現場法により基礎生産を 2 度測定した (Fig. 4)。基礎生産力は水深とともに低下し、有光層底部の水深 50m 付近でほぼゼロとなった。基礎生産力積算値 (Integrated PP) は 284 と 401 $\text{mg-C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であった。冬期の基礎生産力 ($\sim 100 \text{ mg-C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) に比べると基礎生産力は増加していた。S1 の基礎生産力も水深とともに減少していた。基礎生産は K2 に比べるとより深いところまで (約 100m まで) 行われていた。S1 における基礎生産力積算値は 131 と 186 $\text{mg m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であり、これは MR10-01 航海で測定された基礎生産力積算値 ($\sim 500 \text{ mg-C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) の 1/3 - 1/4 程度であった。なお、これらの基礎生産測定のための疑似現場培養が実施された日は曇りか雨で、光合成有効放射 PAR が極めて低かった ($\sim 7 \text{ mol quanta m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)。

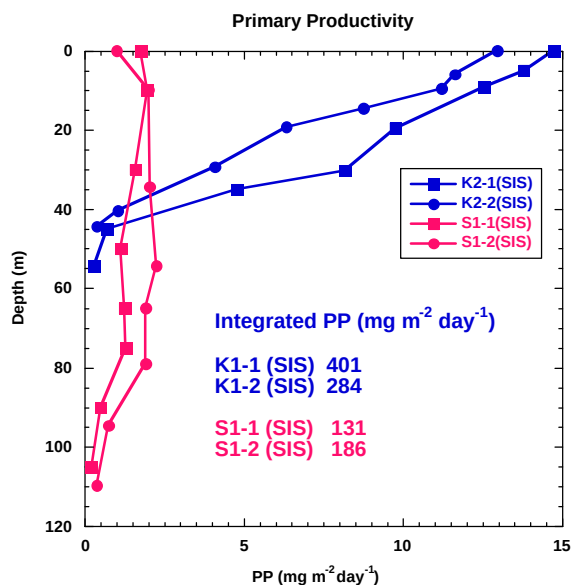


Fig.4 Primary productivity

4) セジメントトラップで収集された沈降粒子

2010 年 2 月～10 月、K2 と S1 の水深 200m, 500m, および 5000m で時系列的に沈降粒子が捕集された。捕集された沈降粒子の季節変動を船上で定性的に把握するために捕集カップ内の沈降粒子高さを定規で測定した。ただし 200m の捕集粒子は 1mm 以上の生物 (小魚、エビ、動物プランクトン) が多く含まれていた。従って捕集された粒子がいわゆる沈降粒子か、あるいは“スイマー”であるかはここでは区別できていない。

(観測点 K2)

水深 200m の沈降粒子は 2 月 22 日 (捕集開始日時) から増加し始め、5 月中旬頃にピークを迎えた (Fig. 5a)。水深 200m の沈降粒子は 9 月初旬にも増加していた。水深 500m の捕集粒子も水深 200m のものと同様な季節変動を示したが以下の点で異なっていた：フラックスが増加する時期が 1 カップ分 (12 日) 遅い、秋のフラックス増加が 200m に比べると小さい (Fig. 5b)。最初のピークは水深 5000m にも見られた (Fig. 5c)。ただし 500m よりも 1 カップ遅い時期に現れた。もしも水深 500m に達した沈降粒子が水深 5000m に 12 日後に到達した場合は、沈降速度は約 375 m day^{-1} と見積もれる。高いフラックスが現れた後、5000m の捕集沈降粒子はほとんどなくなった。これは 5000m まで沈降粒子がほとんど到達しなかった、というよりも、5000m のセジメントトラップの捕集カップ口が何らかの原因で“詰まったため”と推定される。

(観測点 S1)

水深 200m のフラックスは 4 月下旬に増加していた (Fig. 5d)。また小さいピークが 2 月下旬から 3 月初旬にも見られた。この小さいピークは水深 500m にも見られた (Fig. 5e)。一方では、水深 5000m では明確なピークが見られなかった (Fig. 5f)。観測点 K2 に比べると、S1 の沈降粒子量、季節変化は極めて小さいものであった。

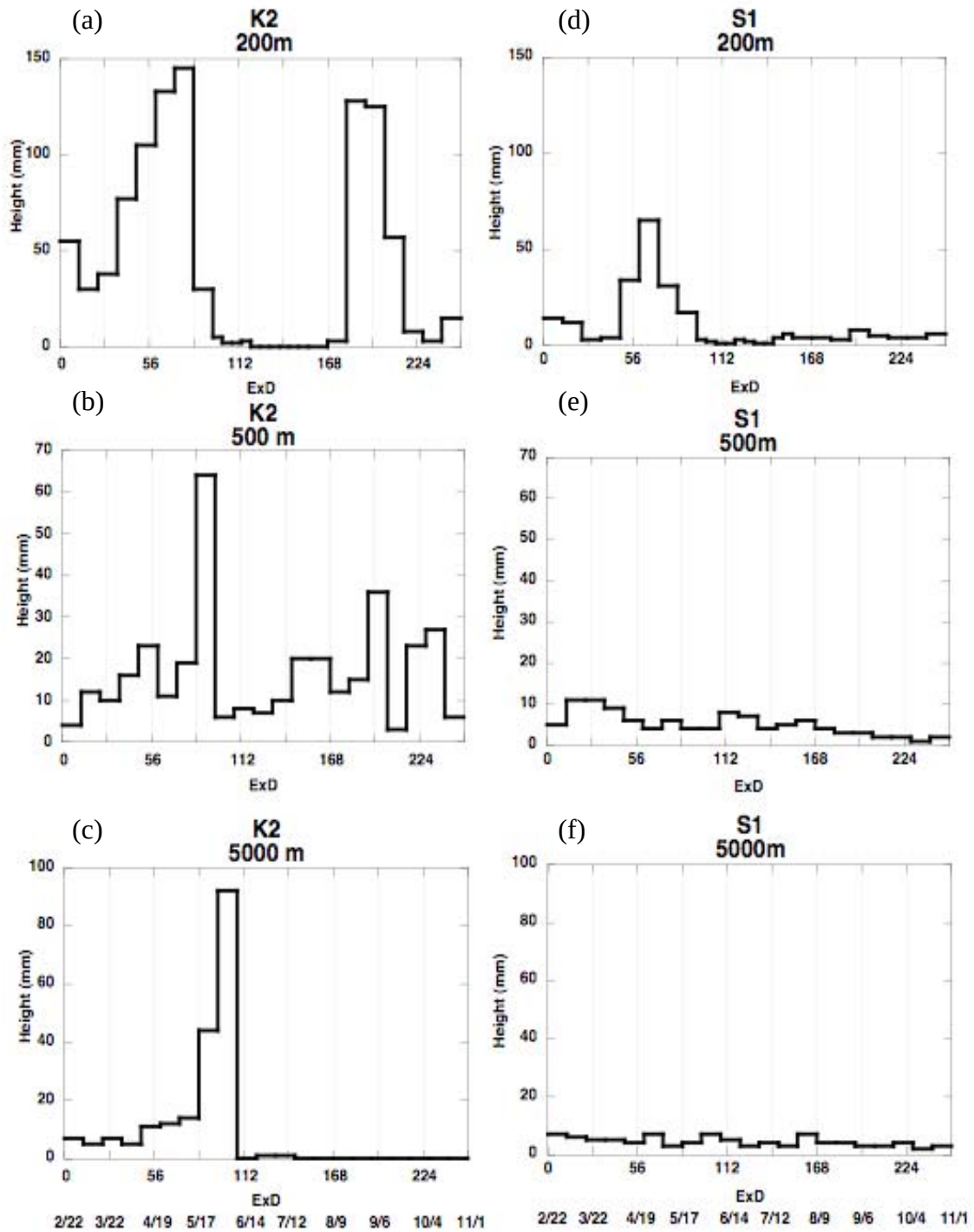


Fig. 5 Visual estimation of total mass flux at respective depths at station K2 (left side figures) and S1 (right side figures)