

# エアロゾルの化学特性からみた 北太平洋における大気起源栄養塩の供給

清水 絵理子

<はじめに> 北太平洋は世界においても生物生産が最も高く、植物プランクトンによる炭素固定の観点から重要な海域である。しかし近年、植物プランクトンの有占種は大型種から小型種へ変化しているという報告もあり、炭素固定量が変化する可能性が懸念されている<sup>1)</sup>。一方、アジア大陸起源のダストイベントと西部北太平洋の基礎生産の間に高い相関があるとの報告があり<sup>2)</sup>、陸起源物質が海洋に影響を及ぼしている可能性が示唆されている。北大西洋の研究例では、陸起源窒素がエアロゾルと共に遠くへ運ばれ、河川による供給量に匹敵する窒素が海洋へ供給されていると見積もられている<sup>3)</sup>。今日、大気中の人為起源窒素量は急増しており、北太平洋における大気由来の栄養塩供給実態を知ることが緊急であるにも関わらず、その研究例は極めて少ない。本研究は、大気起源栄養塩の供給とその起源を把握することを目的に、北太平洋全域において洋上エアロゾルと表層海水の採取と分析を行った。

<試料採取及び分析> エアロゾル試料は、北太平洋において2001, 2005, 2006年に海洋地球研究船「みらい」、2004, 2005年に北海道大学水産学部練習船「おしよる丸」を用いて採取した(図1参照)。船の最上部甲板にハイボリュウムエアサンプラー(SIBATA SH-600型)を設置し、エアロゾルを4段階の粒径別(>7.0, 3.3~7.0, 2.0~3.3, 1.1~2.0 μm)にテフロンシート上に捕集した。採取したフィルターから水溶性イオン成分を抽出し、イオンクロマトグラフ(Metrohm社)を用

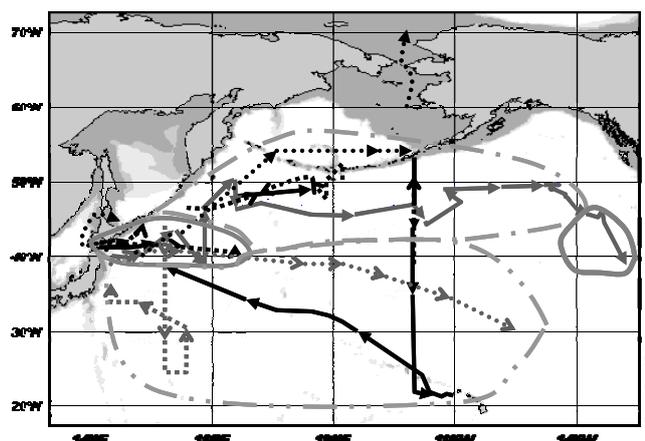


図1 観測海域  
●●●● MR01-K03,04 (2001/6/4~8/28)  
- - - OS148 (2004/6/25~8/23)  
— OS159 (2005/6/27~8/25)  
— MR05-04 (2005/9/15~10/27)  
- · - · MR06-04 (2006/8/1~9/29)  
□ 亜寒帯域  
□ 混合域  
□ 亜熱帯域

いて主要成分 ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) を測定し、AACS-II (BLAN+LUEBBE社)を用いて栄養塩濃度 ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) を測定した。

<結果及び考察> まず、表層海水について、水温、塩分、栄養塩濃度から区分した試料採取測点の海域を図1に示す。海洋表層の栄養塩硝酸濃度は、混合域と亜熱帯域において夏季、秋季ともに検出限界(0.1μM)以下の地点が多く、窒素によって北太平洋表層の基礎生産が制限されていることが分かった。

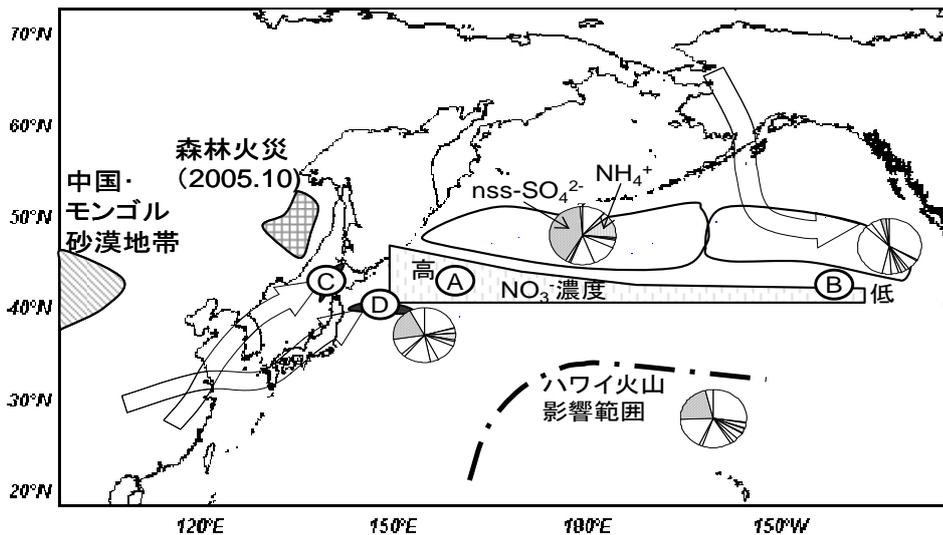


図 2：北太平洋におけるエアロゾル主要成分供給状況

次にエアロゾルについて、北太平洋における水溶性主要化学成分の供給状況を図 2 に示す。まず、非海塩成分の割合は、粒径  $>7.0$ ,  $3.3\sim 7.0$ ,  $2.0\sim 3.3$ ,  $1.1\sim 2.0\ \mu\text{m}$  において、それぞれ平均 8.6, 14.2, 21.4, 35.3% であり、粒径が小さいほど非海塩成分の割合が高かった。また、霧発生時の非海塩成分の割合は平均値に比べ 3~4 倍高く、霧によって、非海塩成分が多く供給されることが分かった。栄養塩中の硝酸濃度は西部北太平洋(日本近海)で高く、東部北太平洋で低い傾向が見られ、図 2 ④で  $14.5\text{nmol}/\text{m}^3$ 、⑤で  $0.72\ \text{nmol}/\text{m}^3$  (2004 年夏季)であった。よって、エアロゾル中の硝酸濃度は発生源から離れるにしたがって減少すると考えられる。日本列島を通過した気団からの試料では硝酸濃度が高かったことから、季節・気候条件に近い図 2 の ③、④を比較したところ、日本列島を通過した ③の硝酸濃度は  $7.9\ \text{nmol}/\text{m}^3$ 、通過しない ④では  $13.5\ \text{nmol}/\text{m}^3$  と 1.7 倍になり、北太平洋に日本列島を起源とする硝酸の供給が考えられる。各海域における粒径  $1.1\sim 2.0\ \mu\text{m}$  のエアロゾル中の非海塩性硫酸とアンモニウム濃度の割合を図 2 の円グラフに示した。高緯度海域(アリューシャン列島付近)においてはそれらの割合が特に高く、この海域ではアンモニウム態窒素が主に供給されていることが分かった。図 2 の点線で示した海域は亜熱帯域に区分され、非海塩性(硫酸・塩化物・硝酸)イオン濃度が高く、これらの起源はハワイ諸島の火山であると考えられる。一方、表層栄養塩濃度は検出限界以下であり、一般的に植物プランクトンの少ない海域とされているが、いくつかで植物プランクトンが観測された。観測時期は真夏で測点周辺には大きな海流がなく、海洋起源の硝酸供給は考えられず、これは表層( $\sim 40\text{m}$ )の硝酸存在量の積算結果からも支持された。そこで供給源と疑われるエアロゾル中の硝酸濃度から計算したところ、降水量が  $21.5\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$  となり、大気由来栄養塩の供給が海洋表層での生物生産に貢献している可能性が強く示唆された。

1)有澤,2006 2)Yuan and Zhang,2006 3)Spokes and Jickells, 2005