

# 2020 年度 日本海学研究グループ報告書

## 日本海における大気由来微量元素の供給と 海洋表層基礎生産に関する研究

野口 忠輝 (富山大学大学院 理工学研究部 生物圏環境科学専攻)

祝 嗣騰 (富山大学大学院 理工学研究部 生物圏環境科学専攻)

### 1. はじめに

大気中の  $\text{CO}_2$  濃度は年々増加しており、1 年あたりで約 4PgC 増加していることが報告され (IPCC 第 5 次報告)、 $\text{CO}_2$  濃度の変動が地球環境に与える影響が懸念されている。海洋植物プランクトンは全球における  $\text{CO}_2$  吸収固定量の約 50% を担っているという報告 (Field et al., 1998) もあり、海洋環境のみならず、全球的な地球環境にも大きな影響力を持っている。植物プランクトンの  $\text{CO}_2$  吸収固定、基礎生産の正確な見積もりのためにも、これらを支えている栄養塩 (窒素やリン等) 供給状況の把握は急務である。

アジア砂漠由来の黄砂や工場由来の人為起源煤塵から構成されるエアロゾル (PM2.5) には多くの種類の微量元素 (鉄、鉛、亜鉛、硫黄……) が含まれている。海洋表層基礎生産 (植物プランクトン) にとってこれらは重要な栄養源であることが報告されており、その影響評価が求められている。しかし、長距離輸送大気中微量元素のうち天然起源と人為起源の影響割合を推算することは難しく、人為起源微量栄養分の正確な大気輸送量や、海洋への影響は未だ明らかにはされていない現状である。一方、昨今のコロナウイルスの影響からアジア大陸にて工場操業が停止され、大気汚染が改善されたという指摘がある。このような大規模な大気環境の変化は稀であり、人為起源煤塵などの影響を受けていない自然由来の大気中微量元素試料を得られるまたとない機会である。そこで本研究では、①本年春季のデータと過去のデータとの比較から大気中微量元素の天然、人為起源割合の定量化と、②大気、海洋への影響を海洋表層基礎生産への物質輸送の観点から、海洋混合と併せて評価することを目的とする。本報告では 2 か年計画の 2 年目として、これまでに参加してきた観測航海のまとめの意を含めて日本周辺の大気・海洋環境の季節、年変化についての報告を行う。

## 2. 航海情報と試料採取

### ・航海情報

2020 年度において、練習船「長崎丸」（長崎大学所属）NN55 次研究航海（2020. 7. 18-23）と学術研究船「白鳳丸」（JAMSTEC 所属）KH-20-8 研究航海（2020. 8. 24-9. 1）に参加し、それぞれ東シナ海、東北沖沿岸にて試料を採取した。

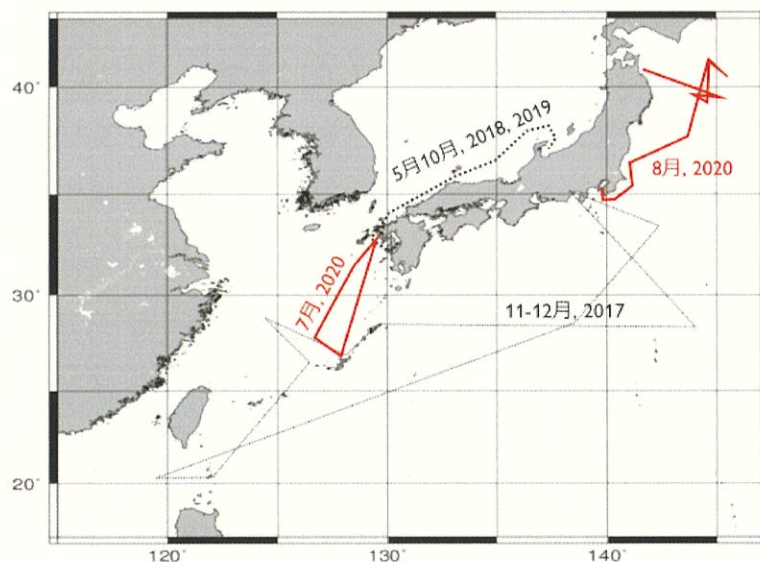


図 1 航路図

### ・基礎生産試料、大気試料

航走中に一定の間隔で表層海水をポンプでくみ上げ、船上でろ過、抽出を行って海洋生物生産の指標となるクロロフィル a 試料、また植物プランクトンの観察用の顕鏡試料、バイオマーカー用の試料を得た。また、航走中にハイボリュームエアサンプラー、ローボリュームエアサンプラーを用いて大気を吸入し、フィルター上に大気中微粒子（エアロゾル）を捕集した。



図 2 Chl-a 濾過の様子



図 3 エアサンプラー

### 3. 結果・考察

本研究ではこれまで、長崎大学所属練習船「長崎丸」NN4 次研究航海 (2018. 5. 8-23: 日本海)、NN17 次研究 (2018. 10. 8-12: 日本海)、NN27 次研究航海 (2019. 5. 7-10: 日本海)、NN40 次研究航海 (2019. 10. 7-10: 日本海)、NN55 次研究航海 (2020. 7. 18-23: 東シナ海)、JAMSTEC 所属学術研究船「白鳳丸」KH-17-5 次研究航海 (2017. 11. 15-12.17: 西部北太平洋亜熱帯域)、KH-20-8 次研究航海 (2020. 8. 24-9. 1) に参加し、2018 年と 2019 年における 5 月、10 月の日本海、2020 年 7 月の東シナ海と 8 月の東北沖沿岸にて観測を行った。

空気塊がどのような経路を辿って来たかを解析する、後方流跡線解析の結果を見ると、2018 年、2019 年のどちらも 5 月と 10 月において日本海上空に到達する空気塊は多少のばらつきはあるものの、そのほとんどが北西～西から飛来したものであり、中国大陸を起源とするものであった。7 月、8 月では反対に北東～南から飛来しており、太平洋を起源とする空気塊であることが明らかとなった。日本周辺では夏季に太平洋側から、冬季に中国大陸側からの季節風が卓越するという特徴がある。本解析での結果も概ねこの特徴に添うものであり、日本周辺の季節風の特徴をよく捉えることができたといえる。

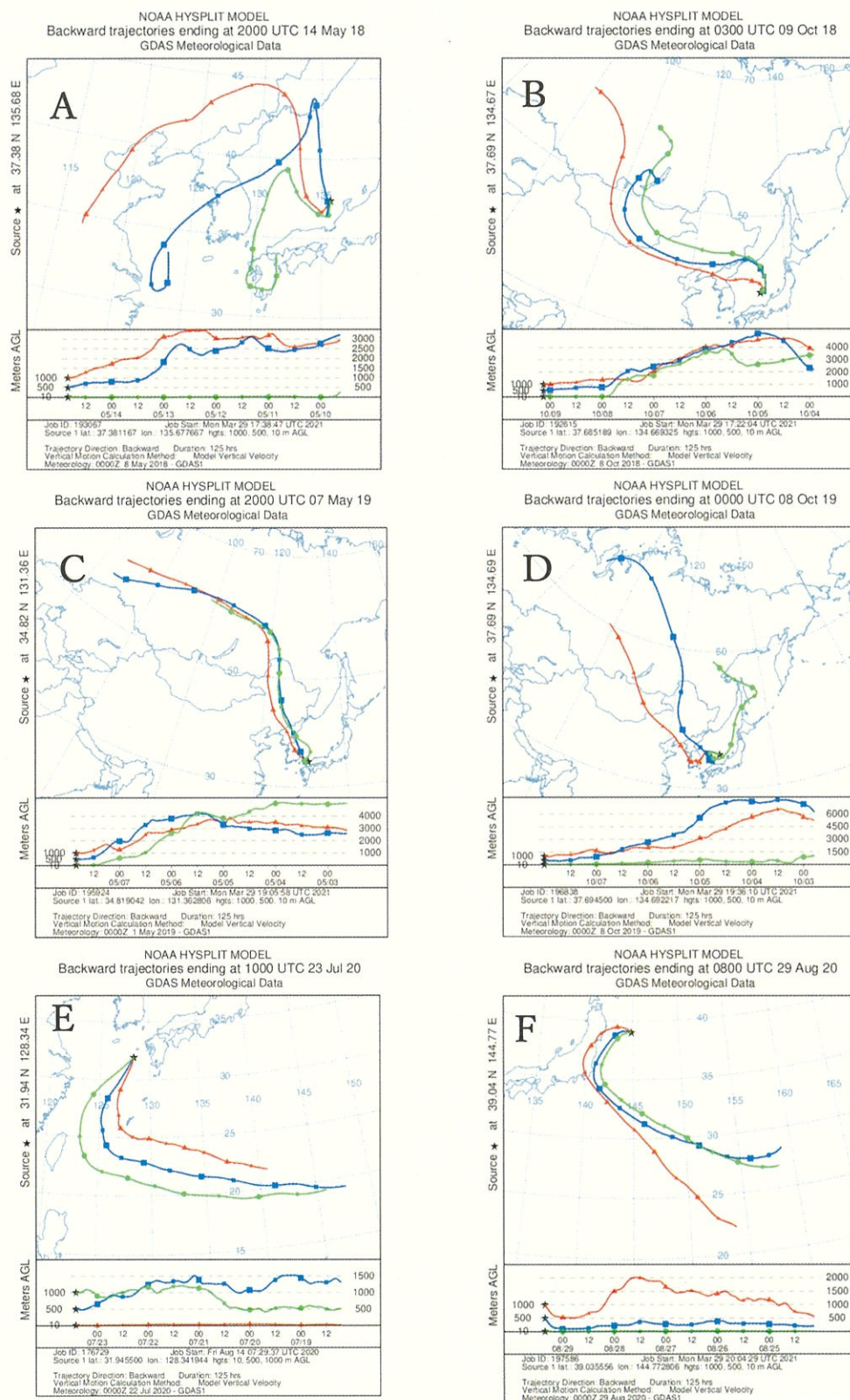


図4 後方流跡線解析の結果

A: 2018 年 5 月、 B: 2018 年 10 月、 C: 2019 年 5 月、 D: 2019 年 10 月、  
E: 2020 年 7 月、 2020 年 8 月

衛星観測の結果に着目すると、日本周辺におけるエアロゾル光学的厚さは10月よりも5月の方が厚い傾向にあることが分かった。PM2.5についても、同様に5月の方が発生、輸送量が多かった。7月、8月のPM2.5は10月と比較しても顕著に低かった。5月と10月はどちらも中国大陆からの空気塊が日本周辺に流入していることが後方流跡線解析によっても確認されている。それにもかかわらず、エアロゾル光学的厚さやPM2.5に差があるのは黄砂が原因であると考えられる。中国大陆内陸部において春季の方が秋季よりも空気が乾燥しており、より黄砂が巻き上げられやすいことが知られている（「黄砂」，古今書院2009年7月）。季節による大陸内部の環境変化とそれに伴う黄砂の挙動の違いが5月と10月におけるエアロゾル光学的厚さ、PM2.5の差を生んだと推測する。7月、8月についても後方流跡線解析によって太平洋側からの季節風が卓越していることが明らかとなっており、PM2.5をあまり含まない太平洋起源の空気塊が流入したことが季節を通じてPM2.5が顕著に低い原因となったと考えられる。

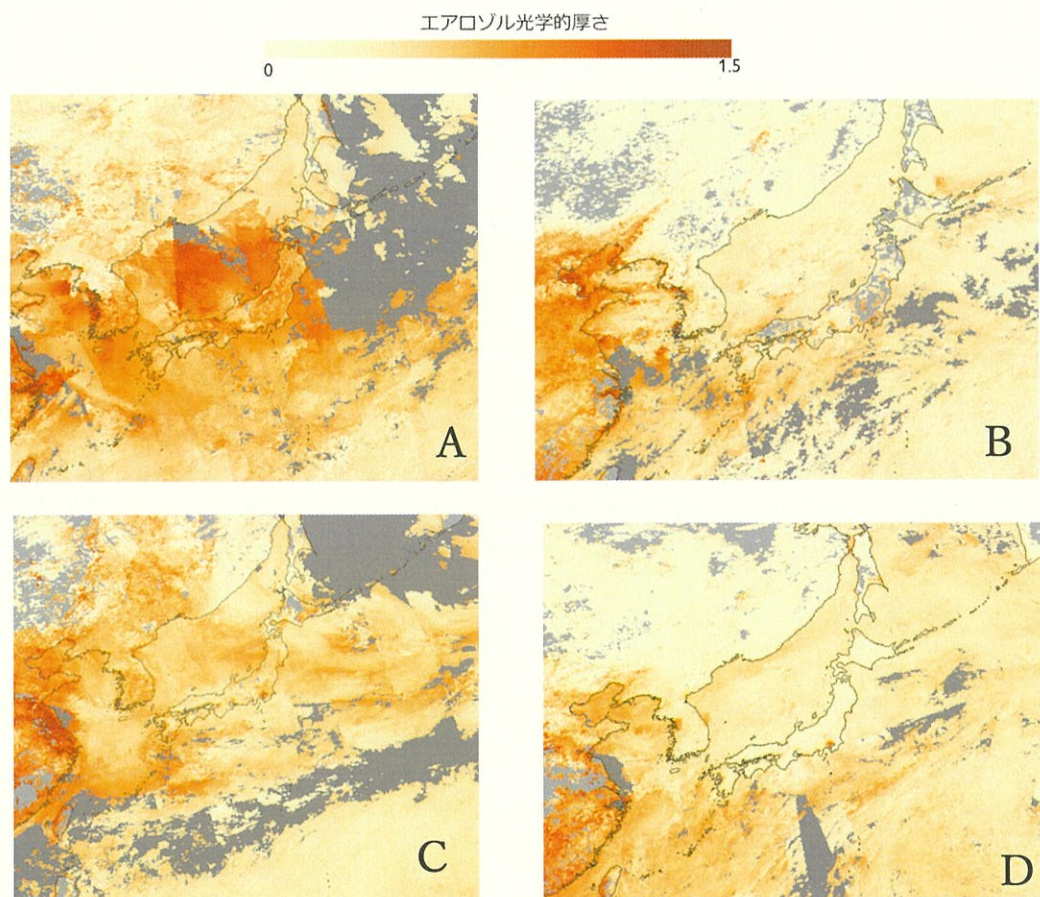


図5 エアロゾル光学的厚さ

A: 2018 年 5 月 14-20 日、 B: 2018 年 10 月 8-14 日、  
C: 2019 年 5 月 6-12 日、 D: 2019 年 10 月 7-13 日  
日付の間隔は観測航海が行われた日程に合わせている。

<https://www.nnvl.noaa.gov/view/globaldata.html#ALGE>

## PM2.5 濃度分布

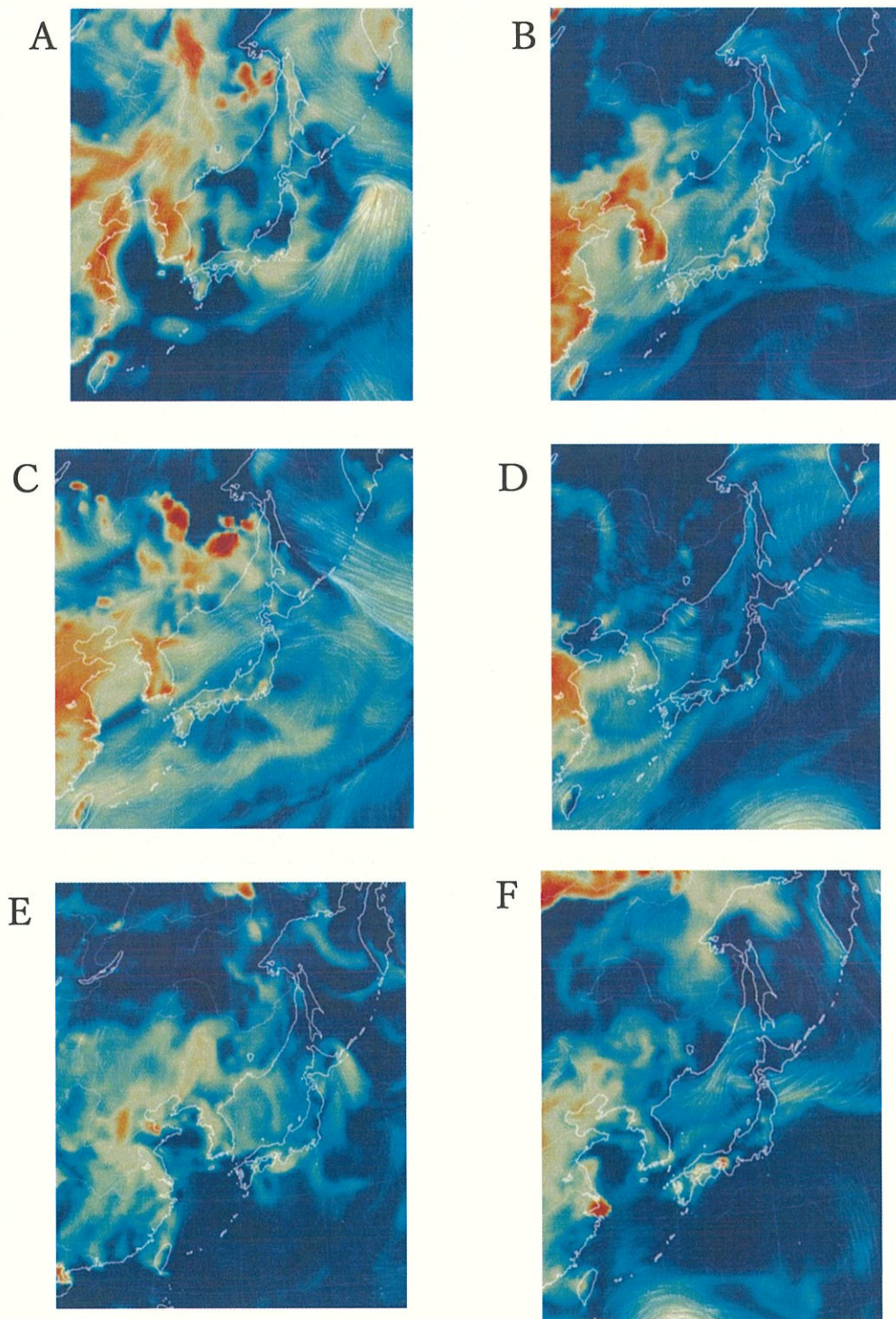


図 6 PM2.5 濃度分布

A: 2018 年 5 月、 B: 2018 年 10 月、 C: 2019 年 5 月、 D: 2019 年 10 月、  
E: 2020 年 7 月、 2020 年 8 月

<https://earth.nullschool.net/jp/#current/particulates/surface/level/overlay=pm2.5/orthographic=-233.27,35.52,675/loc=122.964,35.716>

季節によって風向きや大気環境が大きく変わることが確認できた。一方で日本海における海洋表層基礎生産（Chl-a）ではエアロゾル光学的厚さに対応して増加している海域も見受けられたが、季節や年で大きな変化が見られず、常に一定の水準を保っていた。

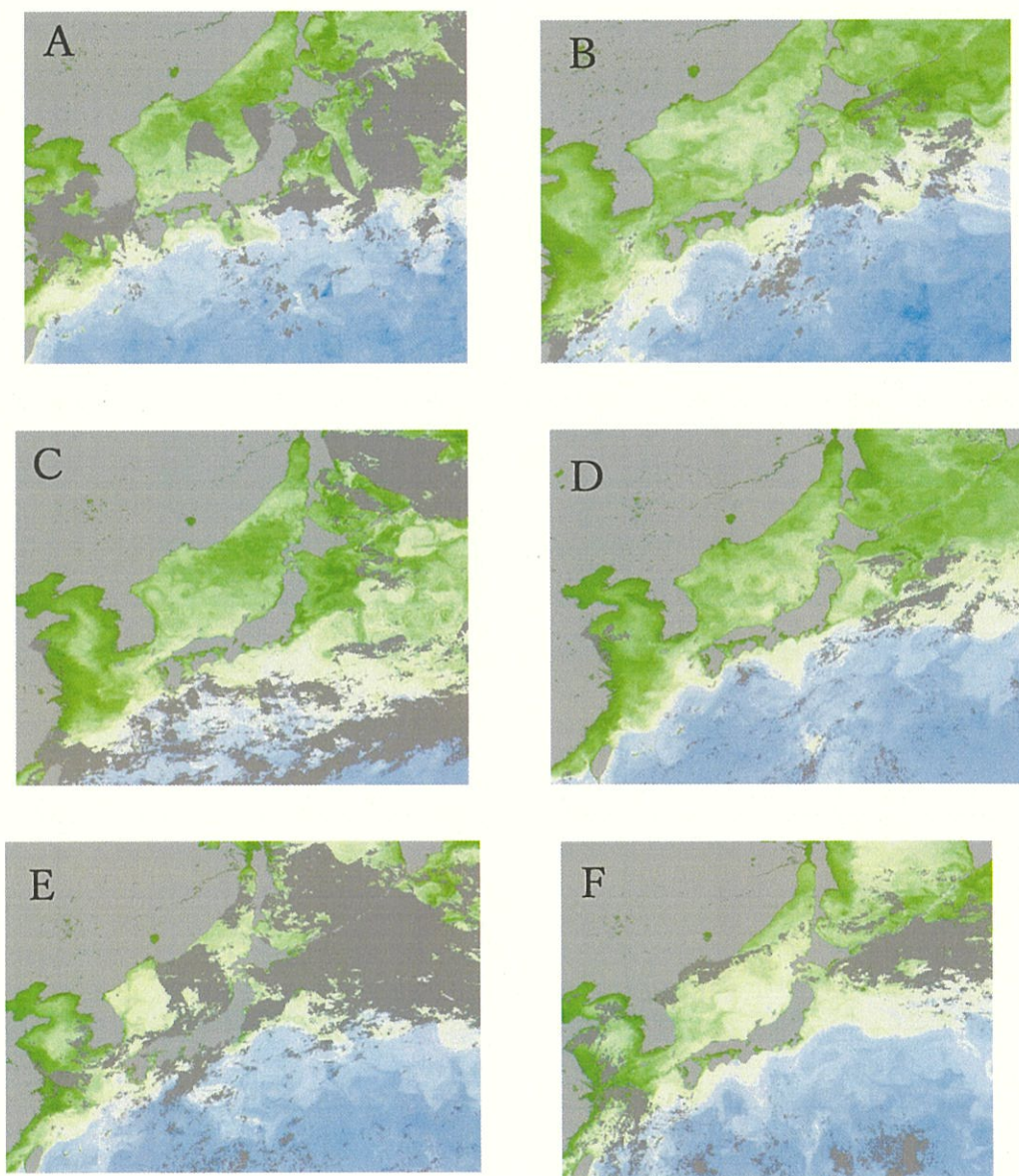


図7 表層 Chl-a（基礎生産）濃度

A: 2018 年 5 月、 B: 2018 年 10 月、 C: 2019 年 5 月、 D: 2019 年 10 月、  
E: 2020 年 7 月、 2020 年 8 月

<https://www.nnvl.noaa.gov/view/globaldata.html#ALGE>

2017 年の KH-17-5 研究航海によって、西部北太平洋亜熱帯域において、エアロゾルに植物プランクトンの餌源が含まれていること、大気由来栄養塩（エアロゾル沈降）と海洋表層基礎生産の間に正の相関が確認されている（2018 年度 日本海学研究グループ支援事業研究成果発表会）。日本海は西部北太平洋よりもエアロゾルの起源域である中国大陆に近く、その影響をより強く受けることが推測されるため、同様の現象が日本海においても起きている可能性は非常に高いといえる。季節や年による海洋表層基礎生産の大きな変化が見られなかった理由として、長江の存在が挙げられる。日本海に流れ込む対馬暖流の上流、黄海や東シナ海に流れ込む長江は大陸から肥沃な土壌を運び、周辺海域への栄養塩供給源として非常に大きな役割を担っている。長江によってもたらされた栄養塩が対馬暖流によって日本海に輸送され、日本海における表層基礎生産を維持しているため、季節や年の変動が少なかったと推測する。実際に日本海表層栄養塩の濃度を分析してみると、硝酸塩、シリカ、リン酸塩において日本海の北から南にかけて濃度が高くなる傾向が見て取れ、上記推測を裏付けるものであった。

コロナウイルスの影響によって、中国において大規模なロックダウンが行われた際、平常時よりも大気中の硫酸イオン濃度や二酸化窒素濃度が大きく低下していることが衛星観測からも確認でき、人為的影響が大気環境に与えている影響の大きさを評価することができた。

#### 14. まとめ

後方流跡線解析、衛星解析によって日本周辺における季節による大気環境の変動、特徴を捉える事に成功した。また、日本海海洋表層基礎生産の季節変動性について考察し、基礎生産の維持に対する栄養塩供給源として長江の存在が示唆された。さらに、人為的影響が大気環境に与えている影響の大きさを評価することができた。より正確な大気環境の評価や季節変動、またそれらが周辺海洋に与える影響を把握するためにも今後とも継続した観測が期待される。