

# 「新海洋混合学」国際活動支援・成果報告

東京大学大気海洋研究所 小畑 元（報告者）

## 1. 要旨

2015年12月7-8日に英国ロンドン The Royal Society で開催された公開シンポジウム”The biological and climatic impacts of ocean trace-element chemistry”に出席した。英国 Oxford 大学の Gideon Henderson 教授や米国 South California 大学 James Moffett 教授らと海洋における微量元素・同位体の動態について意見交換を行うとともに、シンポジウムにおいては、世界の最先端の知見に触れる機会を得た。

2015年12月9-10日には英国バッキンガムシャー Chicheley Hall で開催されたワークショップ”Quantifying fluxes and processes of trace-metal cycling at ocean boundaries”に参加した。海底熱水活動によって海洋に放出された鉄が、表層生物生産にどのような影響を及ぼすかについて、ドイツ Alfred Wegener 研究所の Reiner Schlitzer 教授や米国 Woods Hole 海洋研究所の Chris German 博士と意見交換を行った。

## 2. 背景

西部北太平洋は生物生産が高く、世界でも有数の水産資源の豊富な海である。この西部北太平洋の豊かな恵みにはオホーツク海やベーリング海などの縁辺海との水塊交換、親潮を通じた栄養物質の循環が大きく関わっていると考えられる。しかし、親潮域・西部北太平洋において豊かな生物活動が生み出されるプロセスは十分に明らかにされていない。この問題を明らかにすることは、本領域「海洋混合学の創設：物質循環・気候・生態系の維持と長期変動の解明」の中の重要な目的である。特に本計画研究班「オホーツク海・ベーリング海における混合と物質循環の解明」では、このシステムの全体像を明らかにするために「栄養物質の豊富な中深層水がどこでどれだけ湧昇し、どのような経路で表層の生態系に供給されているか」について、オホーツク海・ベーリング海と親潮を経由して北太平洋へと至る長大な物質

循環システムを考慮しつつ解明する。

近年の研究により、窒素、リンなどの栄養が十分に存在している北部北太平洋では、微量栄養物質である鉄の不足によって植物プランクトンの増殖が制限されているということが明らかになっている (Tsuda et al., 2003)。海洋において生物生産の制限因子となり得る鉄が、北部北太平洋の植物プランクトン生産量の変動にどのように関与しているのか、また、その鉄がどこから供給されているのかを定量的に把握する事が本領域「海洋混合学の創設」においても重要な課題となっている。

## 3. シンポジウム・ワークショップの内容

・公開シンポジウム”The biological and climatic impacts of ocean trace-element chemistry”

日時：2015年12月7-8日

場所：英国ロンドン The Royal Society

プログラム：

12月7日

Session 1: The chemical cycle of trace elements in the ocean

09:00-09:05 Welcome by the Royal Society and organisers

09:05-09:45 「Trace elements in seawater: advances from global measurement campaigns」: Prof. Robert Anderson (Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, USA)

09:45-10:30 「Atmospheric transport to the oceans of trace elements and micronutrients」: Prof. Tim Jickells (University of East Anglia, UK)

10:15-11:00 Coffee Break

11:00-11:45 「Solid river inputs and ocean margins as critical sources of elements to the oceans」: Prof. Catherine Jeandel (CNRS, Observatoire Midi-Pyrenees, France)

11:45-12:30 「Modelling the transport of trace elements: the mantle He example」: Prof. Reiner Schlitzer (Alfred Wegener Institute, Germany)

12:30-13:30 Lunch

Session 2: Micronutrients and biology

13:30-14:15 「Local and global-scale interactions between micro-nutrient cycles and phytoplankton」: Dr. Mick Follows (Massachusetts Institute of Technology, USA)

14:15-15:00 「Ecosystem responses to dust and ash input to the surface ocean」: Dr. Mark Moore (University of Southampton, UK)

15:00-15:30 Tea Break

15:30-16:15 「Hydrothermal inputs of micronutrients as a control on ocean productivity」: Dr. Alessandro Tagliabue (University of Liverpool, UK)

16:15-17:00 「Ecosystem controls on the oceanic cycling of trace metals」: Dr. Maite Maldonado (University of British Columbia, Canada)

12月8日

Session 3: Understanding chemical tracers of past and present process

09:00-09:45 「Radiogenic isotope tracers of present and past ocean circulation」: Dr. Tina van der Flierdt (Imperial College London, UK)

09:45-10:30 「Transition metal isotopes as tracers of oceanic metal budgets and cycling」: Prof. Derek Vance (ETH Zürich, Switzerland)

10:30-11:00 Coffee Break

11:00-11:45 「U-series rate-meters for ocean processes」: Prof. Gideon Henderson FRS (University of Oxford, UK)

11:45-12:30 「Nitrogen isotope variations as tracers of marine nitrogen biogeochemistry」: Dr. Karen Casciotti (Stanford University, USA)

12:30-13:30 Lunch

Session 4: Human influence

13:30-14:10 「Trace metal biogeochemistry and bioavailability in an acidifying ocean」: Prof. François Morel (University of Princeton, USA)

14:10-14:50 「The ocean mercury cycle and its anthropogenic perturbation」: Dr. Carl Lamborg (University of California, Santa Cruz, USA)

14:50-15:20 Tea Break

15:20-16:00 「Anthropogenic Pb isotopes as pollutants

and tracers of ocean processes」: Prof. Ed Boyle (Massachusetts Institute of Technology, USA)

16:00-16:40 「The GEOTRACES contribution to the ocean iron fertilisation geoengineering debate」: Prof. Philip Boyd (Institute for Marine and Antarctic Studies, Australia)

16:40-17:00 Summary and closing remarks

・ワークショップ”Quantifying fluxes and processes of trace-metal cycling at ocean boundaries”

日時: 2015年12月9-10日

場所: 英国バッキンガムシャーChicheley Hall

プログラム

12月9日

Session 1

09:00-09:15 Welcome by Royal Society and introduction from the organisers

09:15-10:00 「Mid-ocean ridges and hydrothermal fluxes」: Dr. Christopher German (Woods Hole Oceanographic Institution, USA)

10:00-10:45 「Discerning the mechanisms and measuring the rates of trace metal release from ocean sediments」: Dr. Will Homoky (University of Oxford, UK)

10:45-11:15 Coffee Break

11:15-12:00 「Fluxes across the continental shelf」: Dr. Walter Geibert (Alfred Wegener Institute, Germany)

12:00-12:45 「Isotope tracing of boundary fluxes」: Dr. Susan Little (Imperial College London, UK)

12:45-14:00 Lunch

14:00-14:45 「Challenges in modelling boundary fluxes and in situ reaction rates」: Dr. William Jenkins (Woods Hole Oceanographic Institution, USA)

Session 2

14:45-15:00 Plenary introduction to format of day 1 working groups

15:00-18:00 Breakout groups 1 (Atmosphere, Across shelf, Sediments, MOR)

12月10日

Session 3

09:00-10:30 Report back on working groups

10:30-11:00 Coffee Break

11:00-11:30 「Quantifying fluxes and processes in trace-element cycling at air-sea interface: Lessons from SOLAS programme」: Dr. Cecile Guieu (Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer, CNRS-University Paris VI, France)

11:30-12:00 「River input to seawater – lessons from the Global Rivers Observatory」: Dr. Bernhard Peucker-Ehrenbrink (Woods Hole Oceanographic Institution, USA)

Session 4

12:00-12:15 Plenary introduction to format of day 2 working groups

12:15-12:45 Breakout groups (Atmosphere, Coast/river, Sediments, MOR)

12:45-14:00 Lunch

14:00-15:30 Breakout groups continue

15:30-17:00 Report back on working groups

17:00-17:30 Wrap up (including assigning writing groups)

## 4. 成果

4. 1. 公開シンポジウム”The biological and climatic impacts of ocean trace-element chemistry”

本シンポジウムではこれまで国際共同研究 GEOTRACES において得られた様々な成果が報告され、その結果について定量的な解釈をどのように行うかが主に論じられた。生物生産に関わる微量金属元素の現在の分布だけでなく、放射性核種、長寿命核種、安定同位体を測定することにより、様々なプロセスを抽出し、議論できることが示された。アメリカ、ヨーロッパの成果をまとめて聞くことができたことは、今後、日本の結果を解釈していく上で重要になると考えられる。一方、大西洋と南極海で得られた結果が多く、太平洋で得られた結果は非常に少ない。日本からの国際的発信を進めれば、世界的にみても大きな成果に繋がることが明らかとなった。

4. 2. ワークショップ”Quantifying fluxes and processes of trace-metal cycling at ocean boundaries”

本ワークショップでは、国際共同研究 GEOTRACES で得られた結果から、物質の大気を経由した供給、大陸棚を経由した供給、堆積物からの

供給、熱水活動からの供給をどのように定量的に推定するかという点について議論が行われた。それぞれのプロセスに関するレビューが行われた後、活発な議論が行われた。さらに Atmosphere, Across shelf, Sediments, MOR(Mid-Ocean Ridge)という4つのグループに分かれて少人数の集中した議論を行った。小畑は MOR のグループに参加した。海底熱水活動によって海洋に放出された鉄が表層生物生産にどのような影響を及ぼすか(例えば Tagliabue et al., 2011; Resing et al., 2015)について、ドイツ Alfred Wegener 研究所の Reiner Schlitzer 教授や米国 Woods Hole 海洋研究所の Chris German 博士と意見交換を行った。この会合の結果は Synthesis として出版される予定である。

## 5. 謝辞

東京大学大気海洋研究所の安田一郎教授、小林奈緒美さんには事務手続きなど、様々なご協力いただいた。また、北海道大学西岡純准教授にも本シンポジウム出席について、様々なご助言をいただいた。この場を借りて感謝申し上げる。

## 6. 引用文献

1. Tsuda A., Takeda, S., Saito, H., Nishioka, J., Nojiri, Y., Kudo, I., Kiyosawa, H., Shiomoto, A., Imai, K., Ono, T., Shimamoto, A., Tsumune, D., Yoshimura, T., Aono, T., Hinuma, A., Kinugasa, M., Suzuki, K., Sohrin, Y., Noiri, Y., Tani, H., Deguchi, Y., Tsurushima, N., Ogawa, H., Fukami, K., Kuma, K., and T. Saino, 2003: A mesoscale iron enrichment in the western subarctic pacific induces a large centric diatom bloom. *Science*, **300**, 958–961.
2. Tagliabue, A., Bopp, L., Dutay, J.-C., Bowie, A. R., Chever, F., Jean-Baptiste, P., Bucciarelli, E., Lannuzel, D., Remenyi, T., Sarthou, G., Aumont, O., Gehlen, M. and Jeandel, C., 2011: Hydrothermal contribution to the oceanic dissolved iron inventory. *Nature Geoscience*, **3**, 252-256.
3. Resing, J. A., Sedwick, P. N., German, C. R., Jenkins, W. J., Moffett, J. W., Sohst, B. M. and Tagliabue, A., 2015: Basin-scale transport of hydrothermal dissolved

metals across the South Pacific Ocean. *Nature*, **523**,  
200-203.

## 7. 成果論文

特になし