

海洋生態系のメタローム・プロテオーム相互作用

講演者：宗林由樹（化学研究所）

報告者：小口翔太（理学研究科，地球惑星科学専攻）

1, 背景

植物プランクトンは水中からリンや窒素などの栄養素を吸収し，その栄養素が無くなるまで光合成を行なって増殖する．しかし図1の赤で示された海域ではリンや窒素が余っているにもかかわらず，植物プランクトンが一定以上増殖できないことがわかった．その要因は植物プランクトンにとって微量な栄養素である鉄が足りないことであると考えられた．そして80年代に鉄の重要性を述べたマーチンは，今の南極海，太平洋亜寒帯域，太平洋赤道海域のHNLC海域では鉄が足りなくて植物プランクトンが増えられない条件にあるというマーチン鉄仮説を唱えた．そしてマーチンは氷期には南極海への鉄供給が多いため，大気中CO₂が減少することから，南極海への鉄の散布が大気中のCO₂の削減になるのではないかと考えた．さらに生物が必要とする鉄の量というのは炭素に比べれば非常に少ないため，非常に少量の鉄で多くのCO₂を固定できる可能性がある．そのため非常に注目されており，それを証明するための実験や観測が行われてきている．

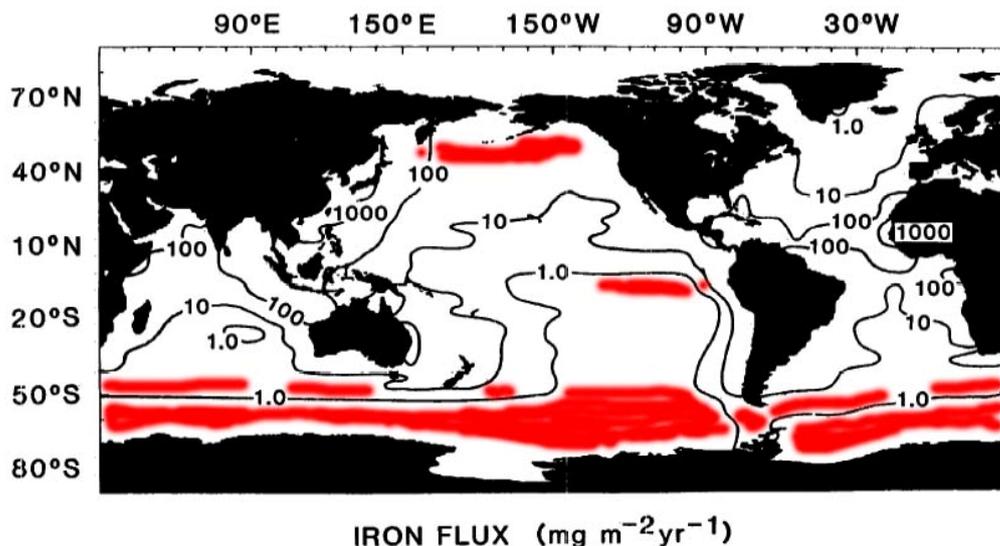


図1

2, 中規模鉄添加実験

今回紹介するのは日本近海で日本のグループが行なった実験（SEEDS2001）である．

深さ 15 m の表面混合層に、面積 $8 \times 10 \text{ km}^2$ に 350 kg の鉄を 7/18 (Day 0) から 7/19 (Day 1) に散布した。鉄はできる限り均一なパッチを作るため現場の海水に溶かし溶液にした。植物プランクトンは簡単にクロロフィルで測ることができる。結果として、図 3 で一番上のクロロフィルは 7 日目位から非常に大きな増加が見られた。対照的に pCO_2 と硝酸イオンは減少したことがわかる。このことから鉄を加えたことによって植物プランクトンは増加し、そのことから炭素や窒素などの必要な元素を取り込んだと考えられる。青パッチも若干クロロフィルが増えた。しかし主な植物プランクトンの種の変化の図 4 によると、鉄を播くことによって植物プランクトンの組成も全く変わってしまったというのがわかった。

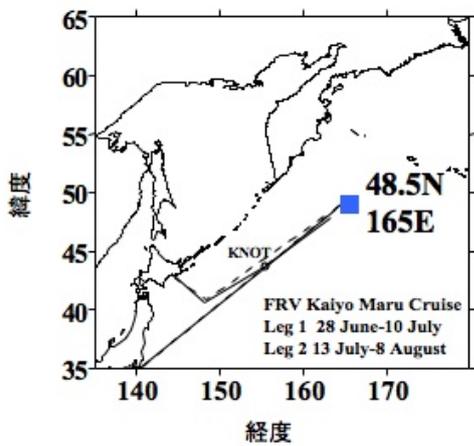


図 2

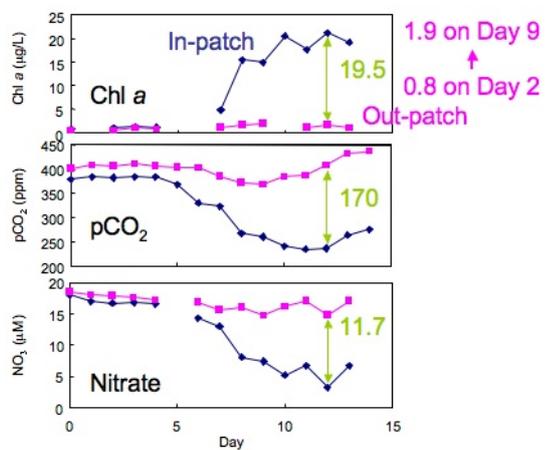


図 3 表層の Chl a, pCO_2 , NO_3

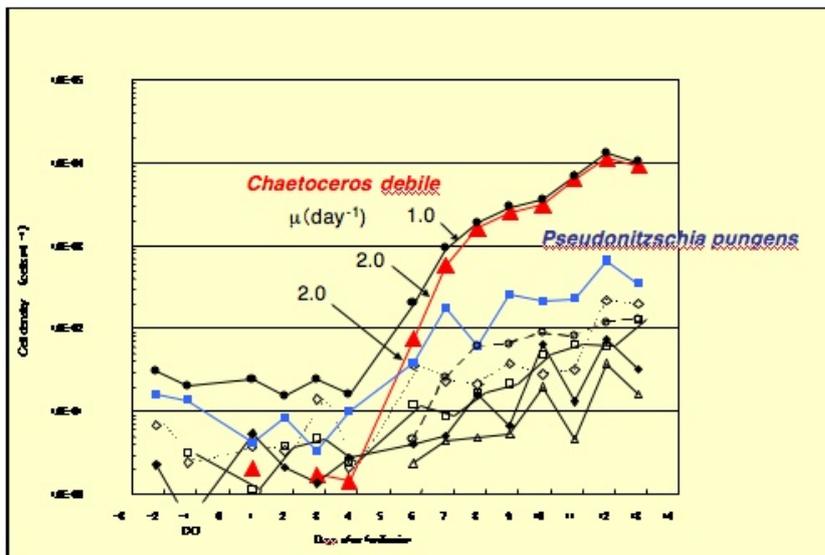


図 4 主な植物プランクトンの変化

そして今回の研究ではFeの化学種が植物プランクトンの生長に及ぼす影響と植物プランクトンブルーム時のFe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd化学種間の化学量論も考察した。その結果、鉄をまく前に多量の粒子態の鉄が存在していたが、それは大陸からの塵として供給されたものであるということがわかった。それは植物プランクトンには利用しにくい形であったために、鉄散布の効果があった訳だが、パッチの外ではゆるやかな生長を支えたと考えられる。鉄を播くことによって植物プランクトンの現存量は約20倍になり、鉄は速やかに利用しにくい粒子態に変化した。そして溶存態Co, Ni, Cu, Zn, Cdは植物プランクトンに取り込まれ、粒子態として表層に残っていたと考えられる。

結末を見るために一ヶ月くらい長く観測するために同じ海域で2004年にまた中規模鉄散布実験を行なった。ところがこのときは全然結果が異なり、クロロフィルの増加は2.5 $\mu\text{g/L}$ までしか増加しなかった。これはSEEDS2001と比較し非常に少ない増加量である。しかも増加したのは主に非常に小さいプランクトンであるピコ植物プランクトンが優先的であった。異なる結果となった原因の一つは中型動物プランクトンが数倍多く存在していたために、マイクロ植物プランクトンを多く摂餌してしまったのではないかと考えられる。もうひとつは前回よりも表面混合層深度が深く(~30 m)、鉄が速やかに除去されたのではないかと考えられる。同じ時期に同じ海底で同じ実験を行なったのに結果が全く違ったが、鉄を播くと植物プランクトンが増やすことができるというのは分かってきた。

3, 海洋鉄肥沃化の問題点

以上の実験をさらに大々的に行なおうという試みが鉄肥沃化である。しかしこの試みには多くの問題点があると考えられる。それは一つ目に鉄添加は確かに非常に効果があるが、その鉄添加の有効性は海域、鉄の挙動、炭素貯蔵とその最終的な運命を確証する能力に依存し、それらは未だ不明なこと。二つ目にSEEDS2001とSEEDS IIの実験でわかるように鉄を添加することによる応答というのは状況によって全然違い、海域や季節、生態系が異なると、その応答は全く違うものになるということ。さらに海洋食物網の改変、深海化学(酸性度、酸素濃度)の改変、他の温室効果ガス増加をもたらすフィードバック等、潜在的な危険性が孕んでいることが挙げられる。

つまり鉄肥沃化は代償措置であり、温室効果ガスの排出を低減するものではない。そしてそれらは深海に輸送され、長時間残っているということが重要だが今の所わからないため、もっと研究する必要があると考えられる。海の生態系をどう考えるかにかかっているともしえるであろう。