

## 白亜紀中期の古海洋シミュレーション

## A simulation of paleo-ocean in the mid-Cretaceous

# 三角 和弘 [1]; 山中 康裕 [1]

# Kazuhiro Misumi[1]; Yasuhiro Yamanaka[1]

[1] 北大・院地球環境・大気海洋

[1] Environ. Earth Sci., Hokkaido Univ

白亜紀中期（約1億年前）は大気中の二酸化炭素濃度が現在よりも数から十数倍程度高く、温暖な気候であったことが知られている。この温暖な時期には、高温高塩分の深層水が亜熱帯で形成されていたと考えられている。また、この時期の堆積物中には間欠的に黒色頁岩がみられ、海洋の深層が無酸素になったこと（海洋無酸素事変）を示している。海洋無酸素事変は白亜紀中期に6回程度起こっており、そのうちの2回は少なくとも全球規模で起こっていたことが知られている。また、時間スケールは場合によるが数～数十万年程度であったと考えられている。

過去の海洋大循環モデルを用いた研究では、温暖な気候であっても高温高塩分の深層水が亜熱帯で形成されることが難しいことが指摘されている。また、海洋の物質循環まで考慮したシミュレーションはほとんど行われておらず、海洋無酸素事変の発生原因について数値モデルの側からの理解があまり進んでいない。そこで本研究では海洋大循環モデルに海洋物質循環モデルを結合し、白亜紀中期を数値モデルで再現することで、海洋深層循環と物質循環、海洋無酸素事変の発生原因について考察を行った。

その結果、深層水が高緯度域で活発に形成される時期と深層水が形成されない時期を、周期2500年程度で繰り返した（図1a）。どちらの時期も亜熱帯で深層水が形成されることはなかったが、深層水が形成されていない時期にあたかも亜熱帯で深層水が形成されていたかのような地質学的証拠が残ることがわかった。それは次のような理由である。深層水形成が不活発になると、表層からの溶存酸素の供給はどの海域も同様に低下する。しかし溶存酸素の消費は各海域の生物生産量に依存し、しかも深層に流れがないため生物生産量の空間分布がそのまま深層の溶存酸素濃度の分布に反映される。テーチス海は亜熱帯に位置するため生物生産はパンサラッサ海に比べ低く抑えられる。そのため深層の溶存酸素濃度はテーチス海で高くパンサラッサ海で低いという濃度勾配が作られる。現在の海洋では溶存酸素は深層水形成域に近いほど高い。この関係を利用するとテーチス海で深層水が形成されていたと誤解釈してしまう。このように深層循環が不活発になったときには、深層循環と物質循環の関係が現在の様式とは異なる。そのため物質循環により決まる地質学的証拠から過去の熱塩循環を復元するには、その当時の深層循環と物質循環の関係にも注意すべきである。

海洋無酸素事変の発生原因は主に、深層循環が活発で生物生産が増え溶存酸素の消費が多くなったことにより引き起こされたという説と、深層循環が不活発になり溶存酸素の供給が減ったという説に分けることができる。モデルの結果から深層循環が現在より7.5倍程度活発なときでも生物生産は現在の1.4倍程度しか増加せず、生物生産の増加が海洋無酸素事変を引き起こすことは難しいことがわかった。一方、深層循環が不活発なときには深層の溶存酸素濃度はどの海域でも低下するが、パンサラッサ海とテーチス海では活発になった時に増加してしまうため（図1b）、数～数十万年といわれる海洋無酸素事変の時間スケールを説明することはできない。ところが、大西洋では活発な時も深層の溶存酸素濃度は低く維持された（図1b）。この違いについて考察を行ったところ、当時の大西洋は低緯度に位置し孤立的な海盆であったため、活発な時に溶存酸素の枯渇した中層水が深層水を形成するので低く維持されていた。これらのことから、深層循環が不活発になることによって海洋無酸素事変が引き起こされたとする説は、全球規模で引き起こすことは難しいが、大西洋のような孤立的な海盆では可能であると考えられる。

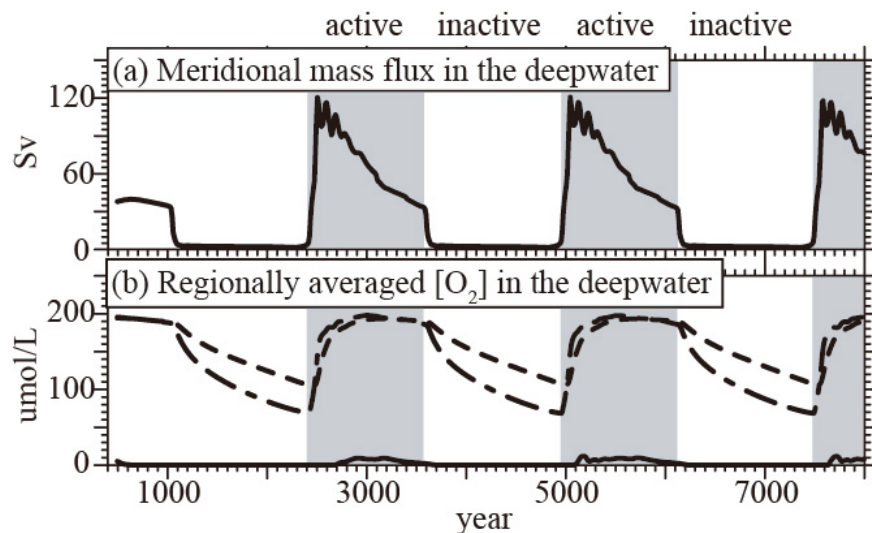


Fig. 1 Time series of (a) meridional mass flux in the deepwater (in Sverdrups $\equiv 10^6\text{m}^3/\text{sec}$ ) and (b) regionally averaged  $[\text{O}_2]$  in the deepwater (in  $\mu\text{mol/L}$ ). Dark shaded periods indicate active states of thermohaline circulation.