

## 千年スケールの温暖化に対するウェッデル海における深層対流の発達を引き起こす 全球的な溶存酸素の増加 Global oxygenation by enhanced deep convection in the Southern Ocean under millennial- scale global warming

山本 彬友<sup>1\*</sup>; 阿部 彩子<sup>1</sup>; 重光 雅仁<sup>2</sup>; 岡 顕<sup>1</sup>; 山中 康裕<sup>2</sup>

YAMAMOTO, Akitomo<sup>1\*</sup>; ABE-OUCHI, Ayako<sup>1</sup>; SHIGEMITSU, Masahito<sup>2</sup>; OKA, Akira<sup>1</sup>; YAMANAKA, Yasuhiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 大気海洋研究所, <sup>2</sup> 北海道大学大学院 地球環境科学研究所

<sup>1</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, <sup>2</sup>Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

地球温暖化に伴う表層水温の上昇、成層化と深層循環の弱化は海水中の溶存酸素を全球的に減少させると考えられており、海洋物質循環や海洋生態系への影響が懸念されている (Keeling et al., 2010)。中程度の複雑さを持つ気候モデルを用いたこれまでの研究では溶存酸素の減少は 1000 年以上続き、最終的に 20-50% 程度減少すると示唆されている (Schmittner et al., 2008; Shaffer et al., 2009)。長期的な溶存酸素の減少は、深層循環の変動の寄与が大きいと考えられているが、GCM を用いて酸素の変動を 1000 年以上計算した研究がない為によく分かっていない。

本研究では、気候モデル MIROC とオフライン海洋物質循環モデルを用いて理想的な温暖化実験 (2xCO<sub>2</sub>, 4xCO<sub>2</sub>) を 2000 年積分し、溶存酸素と深層循環の変動について調べた。

温暖化実験の初期 500 年では先行研究同様、溶存酸素は全球的に減少する。しかし 500 年以降、南大洋から酸素濃度が回復し始める。最終的には表層の酸素濃度が減少し、大西洋子午面循環 (AMOC) が産業革命前より弱くなっているにもかかわらず、中深層の大部分で酸素の回復が起き、全球平均の酸素濃度は産業革命前の濃度より高くなった。この酸素回復はウェッデル海における深層対流の回復、発達によって駆動される。深層対流の発達により、酸素を多く含む表層水が深海に供給される為、南大洋の酸素濃度は急激に回復する。さらに、この酸素濃度の高い底層水が各海盆に輸送され、それまでの酸素減少を打ち消す為全球的な酸素回復を引き起こした。本研究では、AMOC の強さや CO<sub>2</sub> 濃度の違いに関わらず、この 1000 年スケールの酸素回復が共通的に見られた。

ウェッデル海における深層対流については、先行研究と同様に表層の低塩化に伴う成層化により深層対流の停止が初期の 500 年に起きるが (de Lavergne et al., 2014)、その後対流は復活して産業革命前の状態よりも強くなる。これは 500 年以降、表層の低塩化は停滞する一方、中深層では低塩化が引き続き進むことで密度成層が再び不安定になるために対流が起きる。また水温上昇は深層でより大きく、密度成層が産業革命前の状態より不安定になるため、より広範囲で対流が起きると考えられる。

本研究の結果から、ウェッデル海における深層対流の発達により、1000 年スケールの溶存酸素回復を引き起こされる可能性が初めて示された。この酸素回復はこれまで報告されている 100 年スケールの全球的な溶存酸素減少と大きく異なる。今後は観測やモデルの比較を通じて深層対流発達の不確かさを見積もる必要がある。

キーワード: 溶存酸素, 地球温暖化, 深層対流, 熱塩循環

Keywords: dissolved oxygen, global warming, open ocean convection, thermohaline circulation