

Trends of Oxygen with Bidecadal Oscillations in the Western North Pacific

著者	笹野 大輔
内容記述	この博士論文は内容の要約のみの公開（または一部非公開）になっています
発行年	2016
その他のタイトル	西部北太平洋における溶存酸素の長期および周期変動に関する研究
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2015
報告番号	12102甲第7793号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00144305

Trends of Oxygen with Bidecadal Oscillations in the Western North Pacific

西部北太平洋における
溶存酸素の長期および周期変動に関する研究

生命環境科学研究科 持続環境学専攻
笹野 大輔

海水中の溶存酸素 (O_2) は最も基本的な物質の一つであり、海洋での生物地球化学的物質循環において中心的な役割を果たしている。従って、 O_2 変動を明らかにすることは、海洋における物質循環を理解につながる。特に O_2 と二酸化炭素は生物活動を通じて関係するため、海洋が大気から吸収した人為起源二酸化炭素蓄積量を正確に見積もるためには、海洋における長期的な O_2 変化の把握は必須である。近年、海洋において O_2 が減少していることが知られており、地球温暖化による溶解度低下と成層強化が主な原因と考えられている。貧酸素化は、水温上層や海洋酸性化と並び、海洋生態系への三大ストレスの一つと考えられている。また、貧酸素化によって、脱窒活動が増加して海洋の栄養塩循環に変化が起こるなど、他の化学成分への影響が懸念されているため、その把握が必要である。これまで、特に北太平洋において、貧酸素化が多く報告されている。しかし、西部北太平洋全体における変動とその要因の分布は明らかになっていない。また、親潮域において長期的な O_2 減少に加えて 20 年規模の周期変動が知られている。周期変動は、北太平洋の一部の海域でしか報告されておらず、 O_2 の長期変動を理解する為にも、その分布を把握する必要がある。本研究では、西部北太平洋を対象域として、 O_2 の減少とその変動要因の分布について明らかにすることを目的とした。

O_2 の測定には、採水した海水を用いた化学分析によるもののほか、 O_2 センサーを用いる方法がある。精度が十分な O_2 センサーが存在すれば、船舶観測で時空間的に高密度なデータが取得できるほか、フロートなどの自動観測装置によって、船舶観測が難しい海域・季節においてもデータが取得でき、 O_2 変動の理解につながる。そこで、2007 年に開発された高速応答 O_2 センサー“RINKO”を導入し、現場観測に必要な性能があるかを評価した。圧力センサーの応答時間との比較によって、RINKO の応答時間が 1 秒程度であることが確認できた。また、時間ドリフト等の問題がみられたが、適切に処理すれば精度よく補正できた。これらのことは、RINKO は十分な性能があり、今後のデータ蓄積や観測網の展開により、 O_2 の長期変動を検出する強力なツールとなる可能性を示している。

西部北太平洋における O_2 長期変動とその要因を理解するため、気象庁が観測を行っている 165E 線での長期時系列データ (1987~2011 年) の解析を行った。さらに、Takatani et al. (2012) による 137E 線の結果と比較した。165E 線における O_2 の長期変動は、緯度や密度面毎に傾向が異なっていた。代表的な水塊を含み、 O_2 減少が顕著な 25°N~30°N に着目すると、北太平洋亜熱帯モード水 (NPSTMW) に相当する密度 25.3 σ_θ 面付近において、 O_2 は有意に大きく減少していた ($-0.45 \pm 0.16 \mu\text{mol kg}^{-1} \text{yr}^{-1}$)。 O_2 減少に対する寄与を要因別に評価したところ、等密度面深度の深化 (主に水温上昇が支配) による見かけ上の O_2 減少で約半分を説明できた。また、水温上昇に伴う酸素飽和濃度 (O_2^{sat}) の低下で O_2 減少の約 30% を説明することができた。つまり、NPSTMW における O_2 減少は、水温上昇が主要因である。これは、137E 線の結果とも一致する。北太平洋中層水 (NPIW) においても、 O_2 は長期的に減少していた ($-0.44 \pm 0.14 \mu\text{mol kg}^{-1} \text{yr}^{-1}$)。 NPIW の起源水の 1 つである親潮域において長期的に O_2 が減少していることから、この O_2 減少は親潮域の変動を反映していると考えられる。これも 137E 線と同じ要因であり、 O_2 減少の大きさも、上流に当たる親潮との位置関係と一致していた。

次に、親潮域のデータを用いて、親潮域の O_2 長期変動と周期変動について解析を行った。本研究では、気象庁が行っている親潮域のデータ (1954~2014 年) を用いた。親潮域において、 O_2 は 20 年規模の周期変動を伴いながら、長期的に減少していた。この変動は 27.5 σ_θ まで見られた。周期は 16.4~19.6 年であった。 O_2 減少が最も大きかった密度面は 26.7 σ_θ であった ($-0.72 \pm 0.11 \mu\text{mol kg}^{-1} \text{yr}^{-1}$)。この密度面は、冬季混合によって形成される中冷水のコア密度に相当する。長期的に冬季海面水温が上昇し、密度が低下していることから、冬季における海面からのベンチレーション弱化による影響が原因として示唆される。また、それ以深での O_2 減少は、オホーツク海の海氷生成減少に伴ってベンチレーションが弱化した結果、オホーツク海中層水で O_2 減少が減少し、ブッソル海峡における diapycnal 混合によって 27.5 σ_θ まで伝えられたものと示唆された。また、20 年規模の周期変動は、165E 線 (42.5°N~30°N) でも検出された。このことは、親潮からのシグナルが 165E 線まで伝わっていることを示す。

西部北太平洋では、広い密度面において O_2 が減少しており、水塊毎にその要因が異なっていた。また、その要因は地球温暖化に起因するものがほとんどであり、西部北太平洋を起源とする O_2 減少シグナルが北太平洋全体へと広がっていることが示唆された。これらの結果は、地球温暖化の進行とともに海洋の貧酸素化が進行する可能性を示すものである。