

氏 名	橋 口 晴 穂
国 籍 ・ 本 籍	長崎県
学 位 の 種 別	博士（学術）
学 位 の 番 号	甲第288号
学位授与の日付	平成29年 9 月15日
学位授与の要件	名城大学学位規程第 3 条第 3 項該当
学 位 論 文 題 目	貧酸素水塊の動態に関連する底生動物群集 の構造の変化とその予測に関する研究
論文審査委員	主 査 高 倍 昭 洋
	副 査 田 中 義 人
	副 査 中 田 喜三郎
	副 査 森 裕 二

論 文 内 容 の 要 旨

（はじめに）

継続的な水質総量削減の実施にもかかわらず、依然として内湾生態系に大きな損失をもたらしている貧酸素水塊に対して、環境省は水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の項目に底層 DO を新たに追加した。底層 DO の環境基準値は、大型底生魚介類を対象に、その個体群が維持できる場を保全・再生する観点から設定されているが、本研究で対象としたマクロベントス群集（ここでは、1mm 目の篩上に残る底生動物で、主に多毛類や二枚貝・マガイ類、小型のエビ・カ類等を指す）は直接の対象になっていない。内湾生態系におけるマクロベントス群集の役割は、水柱から海底に供給された有機物の除去と、高次捕食者に対する餌料供給の二つに大別できる。底層 DO の環境基準達成のための対策として、藻場・干潟の造成や土砂浚渫深掘り跡の埋戻し等が挙げられているが、それらはマクロベントス群集による水質浄化機能を高めることを目的としている。従って、対策の立案、事前評価に当たってはマクロベントス群集の定量的な予測が必要である。

貧酸素化が深刻な三河湾では、マクロベントス群集の持つ生態系機能の定量化に着目した多くの研究事例があるが、これまでに貧酸素水塊の動態に伴うマクロベントス群集の変化を予測した研究は少なく、特に貧酸素水塊が解消し、マクロベントス群集が回復する時期については、詳細な観測が行われていないのが現状である。マクロベントス群集の消長を湾全域で予測するには、時系列的に底層 DO と水温に関する情報が高解像度で得られる生態系モデルの利用が有効であるが、従来の生態系モデルの多くは、マクロベントス群集の貧酸素耐性区分が不明瞭であり、死亡率に関する

底層 DO や水温の影響や、加入・成長に伴う現存量の回復について表現されておらず、群集構造の変化を予測する上で課題が多い。本研究の目的は以下の通りである。

- ① 貧酸素の動態に対応したマクロベントス群集の斃死から回復に至る一連の機構が明らかになっていないため、その実態を把握するための観測を行うことである。
- ② 詳細な観測に基づき、貧酸素水塊の動態に応じたマクロベントス群集の消長を予測できる数値モデルを開発することである
- ③ 課題①と課題②を明らかにした上で、貧酸素水塊の動態に伴うマクロベントスの群集構造の変化が予測できる生態系モデルを開発することである

（研究の構成）

第2章1節では、貧酸素水塊の動態に対応したマクロベントス群集の斃死から回復に至る変化を把握するため、貧酸素水塊が進行する時期に加え、解消する時期を対象に、延べ11地点で約1週間間隔でのマクロベントスの高頻度観測と、定点での底層 DO と水温の連続観測を3年間実施した。この観測結果を基に、溶存酸素飽和度と水温の連続観測値から計算される合成指標“貧酸素感度指数（Oxygen-deficient sensitivity index : *OSI*）”で、マクロベントス群集が受ける貧酸素水塊の影響を表現した。これにより、*OSI* の変動からマクロベントスの斃死から回復に至る現存量の変化を種ごとに予測することはある程度可能となったが、貧酸素の解消に伴いマクロベントス群集が回復する過程では予測精度が不十分であり、精度向上には新たな群集の加入とその後の成長量を考慮する必要があった（水産工学, 第49巻, 2012年7月掲載）。

第2章2節では、生態系モデルへの導入を考えて、*OSI* をより汎用的に改良した“*iOSI* (improved *OSI*)”を考案し、マクロベントス現存量との関係を種ごとに定式化した。加入とその後の成長については観測結果から推定したが、特にマクロベントス各種の加入は、底層 DO がある濃度に達した時に個体数が大きく増加したことから、この時の DO 濃度を DO_{recov} と定義し、種ごとに求めた。種ごとの DO_{recov} は、現地観測や室内実験で報告された浮遊幼生の生残に影響する DO 濃度ともよく一致した（水産工学, 第53巻, 2016年7月掲載）。第2章での研究により、*iOSI* を指標とした数値モデルを用いることで、貧酸素水塊の動態に伴うマクロベントス群集の斃死から回復に至る変動を高い精度で予測することが可能となった（図1）。

第3章1節では、三河湾全域に設定した全28地点で貧酸素水塊の発達の状況に合わせて、延べ3回のマクロベントスの観測を実施し、現地観測から推定した底層 DO と水温の連続データから *iOSI* を計算し、その変動から湾全域におけるマクロベントスの変化を種ごとに予測した。湾全域と第2章で観測対象とした局所的な水域ではマクロベントスの出現種は異なったが、予測結果の再現性から、*iOSI* を指標とした数値モデルが湾全域においても適用できることを確認した。

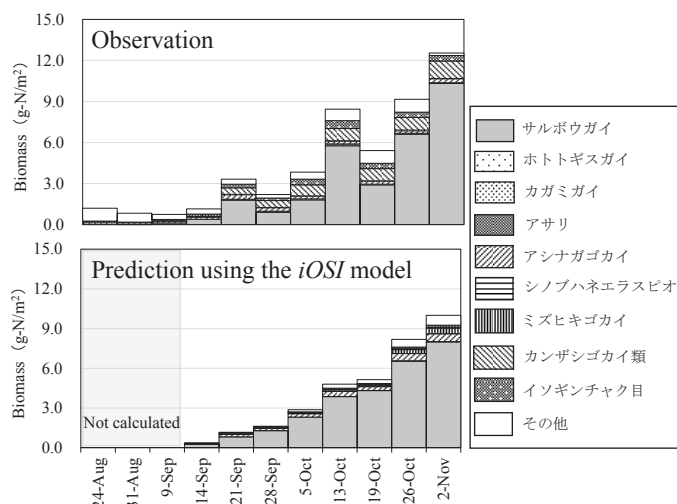


図1 *iOSI* モデルを用いた数値モデルの予測精度

第3章2節では、*iOSI*を用いた数値モデルを生態系モデルに導入した。従来の生態系モデルでは、マクロベントス群集をその食性から懸濁物食者と堆積物食者の2つに区分していたが、導入に当たっては出現種や生活史段階における貧酸素耐性の違いを反映するため、2つの食性区分のそれぞれを貧酸素耐性種とそれ以外の種に区別し、さらにそれらを成体群と新たな加入群の計8つのコンポーネントに細分化し、その各々について、*iOSI*から計算される死亡率、および加入に必要なDO濃度(DO_{recov})を設定した。従来の生態系モデルに比べ、マクロベントス群集を8つに細分化したことにより、はじめてマクロベントス群集の斃死から加入に至る群集構造の変化を湾全域で予測することが可能になった(図2)(海洋理工学会誌, 2017年,印刷中)。

マクロベントスはその生態的特性から、斃死時期と回復時期では貧酸素水塊に遭遇する生活史段階がそれぞれ異なる。浮遊幼生の加入には底層DOが DO_{recov} 以上に回復する必要がある、その濃度

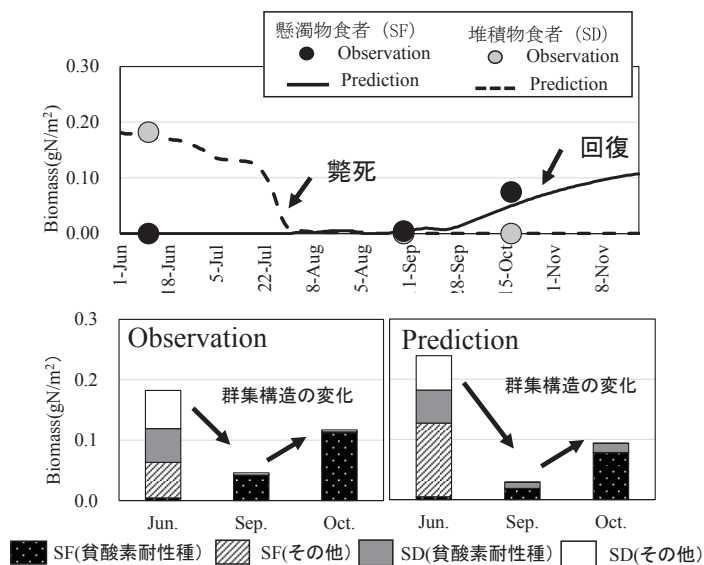


図2 生態系モデルを用いた予測結果の一例

は種ごとに異なる。また、斃死時期の群集を構成する成体よりも回復時期を構成する着底直後の個体は、より高い溶存酸素を必要とすることが分かり、そのことは解析対象とした全ての種に共通した。つまり、成体に関する情報のみで望ましい底層DOの基準値を定義することは適切ではない。

今後の課題は、マクロベントス群集が浮遊幼生から底生生活へと移行する過程を明らかにすることで、より汎用的な生態系モデルへと発展させることであり、そのためには浮遊幼生と着底後の個体、成体の同時観測が必要である。

論文審査の結果の要旨

貧酸素水塊の動態に対応したマクロベントス群集の斃死から回復に至る一連の機構の解明が強く求められている。橋口晴穂氏はマクロベントスの群集構造の変化が予測できる生態系モデルを開発し、以下のような重要な知見を得た。

(1) マクロベントスの高頻度観測と底層 D0 と水温の連続観測に基づくモデルの定式化

マクロベントスの高頻度観測と底層 D0 と水温の連続観測に基づき、貧酸素感度指数 (*OSI*) で、マクロベントスの現存量の変化を種ごとに予測できることを示したが、貧酸素の解消に伴いマクロベントス群集が回復する過程では予測精度が不十分であることが明らかになった。

(2) 回復過程を予測できるモデルの開発

OSI を汎用的に改良した “*iOSI*(improved *OSI*)” を考案し、*iOSI* を指標とした数値モデルを用いることで、貧酸素水塊の動態に伴うマクロベントス群集の斃死から回復に至る変動を高い精度で予測することが可能となることを示した。マクロベントス各種の加入はある底層 D0 値で大きく増加したので、この濃度を $D0_{recov}$ と定義し、種ごとに求めた。

(3) 回復過程を予測できるモデルの開発

三河湾全域に設定した全 28 地点で延べ 3 回のマクロベントスの観測を実施し、現地観測から推定した底層 D0 と水温の連続データから *iOSI* を計算し、その変動から湾全域におけるマクロベントスの変化を種ごとに予測した結果、数値モデルが湾全域においても適用できることが示された。さらに、*iOSI* を用いた数値モデルを生態系モデルに導入したが、導入に当たっては 2 つの食性区分のそれぞれを貧酸素耐性種とそれ以外の種に区別し、さらにそれらを成体群と新たな加入群の計 8 つのコンポーネントに細分化したことにより、はじめてマクロベントス群集の斃死から加入に至る群集構造の変化を湾全域で予測することを明らかにした。

以上、橋口晴穂氏の論文は、学位論文としての条件を備えていると評価できる。従って、学位を授与することを妥当なものと判断する。