

貧酸素化海域における干潟・浅場造成による 環境修復に係わる弊社の取り組み

今尾 和正

1. はじめに

三河湾(愛知県)では、埋め立てによる干潟・浅場の喪失という底生生態系の変化が、浮遊生態系との相互作用により、赤潮、貧酸素水塊の発生等水質悪化をもたらしたと言う観点から、積極的に環境修復としての干潟・浅場造成が行われている。埋め立てと漁場環境悪化の関係、干潟・浅場造成の必要性とその経緯等については、鈴木ら(2003)の解説に詳しいのでそちらを参照願うこととし、ここでは三河湾における干潟・浅場造成に係わる弊社の研究概要を紹介する。

2. 水産工学技術賞受賞

弊社では、三河湾の干潟・浅場における貧酸素水塊と底生生物群集の現状把握ばかりでなく、環境修復に係わるいくつかの業務に携わってきており、それらの研究の一部が、学会賞の対象となった。すなわち、今尾和正(株式会社日本海洋生物研究所)・鈴木輝明(愛知県水産試験場)両名の三河湾を対象とした一連の研究に対して、平成15年5月17日、日本水産工学会より平成14年度水産工学技術賞(第5号)が授与された。業績題目は「貧酸素化海域の浅場の造成法—三河湾を例として—」である。

一連の研究内容は、①干潟・浅場の浄化能の定量化、②干潟・浅場が有する機能の経済評価、③干潟・浅場の喪失の歴史と影響の検証、④貧酸素水塊と底生動物群集の把握、⑤貧酸素化とベントス死亡率との関係の定式化、⑥貧酸素を回避する浅場の造成条件、⑦浄化機能以外の機能向上から見た干潟・浅場の造成条件等である(今尾・鈴木、2004)。次に

主たる受賞対象論文である⑥に関する内容(今尾ら、2001)を簡単に紹介する。

3. 浅場における造成地盤高の決定方法

三河湾の浅場では貧酸素水塊の影響を受けることから、浅場造成では夏季にその影響を回避できることが、必須条件となる。今尾ら(2001)は、三河湾で得られた貧酸素や底生生物の浄化機能に関する過去の知見を総合化し、貧酸素化を回避し水質浄化機能を最大化する造成地盤高の決定方法を新たに提案した。すなわち、夏季に貧酸素の影響により底生動物群集が死滅する場所で、貧酸素を回避できる条件を有する浅場を造成し、造成後に回復してくる底生動物群集により、浅場の水質浄化能を回復させようと考へた。具体的には、短期的に大きく変動する溶存酸素濃度を鈴木ら(1998b)と同様の方法で観測し、定期的な鉛直分布観測値と、定点・底層における自動連続観測値から、造成時の施工技術上の水深精度を考慮して、水深10cmごとの連続観測値を得る工夫をした。その結果と、水温、溶存酸素量、アサリ体内のグリコーゲン量を基にしたアサリ生残率モデル(青山ら、1999)を利用して、貧酸素を回避し生残率70%を確保できる水深を造成地盤高とし、GIS(地理情報システム)を利用して造成必要面積と造成必要土量を計算した。また、造成により回復する底生動物群集の食性別窒素態現存量から有機懸濁物除去量を鈴木ら(2000)の方法により算出した。さらにその浄化量を同等の能力を有する下水処理施設建設費に換算(青山ら、1996)し、経済的に評価した。その結果、三河湾内で任意に選んだ9地区での計算結果で

は、現状で DL-4 m の場所での必要とされる造成地盤高は、嵩上げが不必要な地区を含め、DL-1.3 m から DL-3.8 m と幅広いことが示された。造成が必要とされた 7 地区の平均有機懸濁物除去速度は、造成前では 32 kgN/day/km²であったが、造成後は 88 kgN/day/km²に向上した。一律の層厚で造成した場合には、貧酸素の影響を回避できず、造成の効果が十分に得られない場所が生ずるため、層厚 0.5 m あるいは 1.0 m では、それぞれ 43 kgN/day/km²、50 kgN/day/km²で、本手法による向上量が最も大きかった。これを、造成に必要な土砂量も加味し経済的に評価すると、従来の一律層厚で覆砂する場合より、本手法の方が大きく優れていることがわかった。したがって、今後は造成場所の貧酸素化の状況により個別に地盤高を決定する必要があると考えられた。

4. 底生動物群集の構造と機能の変化予測

上記の研究では水質浄化機能の確保という視点から造成地盤高を決定する方法を提案したが、干潟・浅場が有する重要な機能には、このほか有用種等の生物生産機能、生物多様性の確保機能等が挙げられる。環境の改変がある場合、生態系モデルを用いて窒素の収支等、底生生態系の水質浄化機能の変化をあらかじめ予測することは可能である。しかしながら、底生生物群集の構造は予測できないのが現状であった。

水温、溶存酸素濃度の連続観測と高頻度の底生動物調査を実施し、その結果を解析したところ、貧酸素化の進行と底生動物群集の構造と機能の変化に一定の関係が認められた。この関係を定量化するため、水温、溶存酸素濃度から底生動物の死亡率を評価する式(鈴木ら、1998a)を参考に新たな指数「累積貧酸素死亡感度係数 $czox$ 」を導入し、この指数と底生動物群集の構造と機能との関係を調べた。その結果、 $czox$ と底生動物群集との関係、すなわち優占種の現存量、分類群別現存量、食性区分別現存量、水質浄化機能(懸濁態有機物除去量)、平均個体当たり現存量(体サイズ

を示す)、生物多様性(出現種数、Shannon-Wiener 指数 H' 、Pielou の一様度指数 J')の上限値との回帰式は 4 つの型に分類された。これらの関係式は、指標種の消長、分類群組成率の変化、生物多様性の低下等、富栄養化の進行、貧酸素水塊の形成と底生動物群集との関係に関する既往の知見(例えば、玉井、1998)を包括的かつ良好に表現していると考えられた。数値モデルにより非定常な水温と溶存酸素濃度の連続的な予測値が得られれば、今回得られたこれらの回帰式を使い溶存酸素環境の変化に伴うマクロベントス群集の構造と機能の変化が予測可能であり、貧酸素化した内湾におけるさまざまな環境修復策の効果を事前に検討する際に極めて有効であると考えられた(今尾ら、2004)。今後、三河湾以外の閉鎖性水域でも本手法が検証され、予測精度、汎用性の向上が期待される。

今回浅場を対象に事例を紹介したが、干潟域でも研究に取り組んでいる(例えば、今尾ら、2003)。三河湾における干潟・浅場造成では、材料の確保、造成規模の検討等いくつかの課題が残されているが、弊社はこれらの問題についても積極的に関わっていきたい。

引用文献

- 青山裕晃・今尾和正・鈴木輝明 1996. 干潟域の水質浄化機能, 一色干潟を例にして. 月刊海洋, 28: 178-188.
- 青山裕晃・甲斐正信・鈴木輝明・中尾徹・今尾和正 1999. 三河湾における貧酸素化によるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の死亡率の定式化 II. J. Adv. Mar. Sci. Tech. Soci., 5: 31-36.
- 今尾和正・鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・伊東永徳・渡辺淳 2001. 貧酸素化海域における水質浄化機能回復のための浅場造成手法に関する研究. 水産工学, 38: 25-34.
- 今尾和正・鈴木輝明・浮田達也・高倍昭洋 2003. 底生動物の出現動向から見た人工干潟の効果評価. 水

- 産工学, 40: 29-38.
- 今尾和正・鈴木輝明 2004. 貧酸素化海域の浅場の造成法-三河湾を例として-. 水産工学, 40: 185-190.
- 今尾和正・鈴木輝明・高倍昭洋 2004. 溶存酸素環境の変化に伴うマクロベントス群集の構造と機能の変化予測手法. 水産工学, 41: 13-24.
- 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信 1998a. 三河湾における貧酸素化によるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の死亡率の定式化. J. Adv. Mar. Sci. Tech. Soci., 4: 35-40.
- 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・今尾和正 1998b. 底層の貧酸素化が内湾浅海底生生物群集の変化に及ぼす影響. 海の研究, 7: 223-236.
- 鈴木輝明・青山裕晃・中尾徹・今尾和正 2000. マクロベントスによる水質浄化機能を指標とした底質基準試案, 三河湾浅海部における事例研究. 水産海洋研究, 64: 85-93.
- 鈴木輝明・武田和也・本田是人・石田基雄 2003. 三河湾における環境修復事業の現状と課題. 海洋と生物, 146: 187-199.
- 玉井恭一 1998. マクロベントスの分布と生産. 平野敏行監修, 沿岸の環境圏, フジ・テクノシステム, 東京: 244-253.