

閉鎖性海域の環境創生プロジェクト研究

硝酸塩による底質改良技術開発

清水康弘

目的

これまで英虞湾で採取した底泥を用いた室内試験で、硝酸塩（以下、硝酸 Ca）を底泥の直上水に添加することにより底泥中の脱窒細菌が活性化され、顕著な底質改良効果（底泥の ORP の上昇、AVS の削減、リン溶出の抑制等）が得られることを明らかにした。本年度は、実際に現場で施工する場合に危惧される周辺環境への窒素負荷を考慮して、硝酸 Ca を底泥に混合した場合の改良効果、および英虞湾内の潮止め堤防内で現場試験を行い、施工方法やその効果について検討した。

1. 室内試験

方法

試験に用いた底泥は、2006 年夏季に三重県英虞湾内の真珠養殖漁場で採取し、篩にかけて貝殻等を除いて軽く混合、均一化した。試験区は、硝酸 Ca を異なる濃度で底泥に混合した計 3 区（1 区：対照区、2 区：250 mg N/泥 L、3 区：500 mg N/泥 L）を設定した。実験装置は図 1 に示した内径 6 cm、高さ 50cm の透明アクリルパイプを用い、それぞれ調整した底泥を高さが 20cm になるように満たしてから上部にろ過海水を静かに注入し、遮光した恒温室(20℃)に静置した。実験期間は 56 日間とし、直上水と底泥のサンプリングを 0、7、14、28、56 日後に行った。直上水はサイホンにて静かに抜き取り軽く混合して試料とした。底泥は直上水を抜き取った後、上層部 5 cm を採取して軽く混合し試料とした。分析項目は、直上水と底泥間隙水については DIN、PO₄-P、TOC、TN 濃度とし、底泥については AVS、ORP とした。

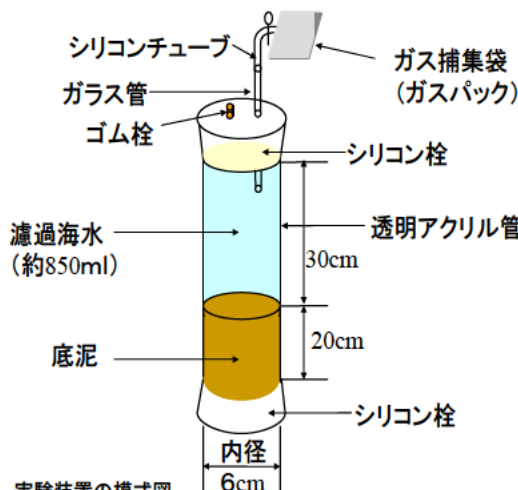


図1 実験装置の模式図

結果および考察

1) 底泥の様子の変化

硝酸 Ca を混合した 2 区、3 区（以下、硝酸 Ca 区）において、実験開始から 13 日後に底泥全体が斑点状に黒色から明るい茶色に変化し、底泥からガスが発生するのが確認された。対照区では、これらの変化は認められなかった。この硝酸 Ca 区における底泥の様子の変化は実験終了時まで継続し、実験終了時には底泥表層部の泥色が顕著に明るい茶色に変化しているのが認められた。

2) 直上水の栄養塩、および硫化水素濃度の変化

各試験区における直上水の栄養塩濃度の分析結果のうち、DIN、DIP 濃度の変化を図 2 に示す。直上水の DIN 濃度は硝酸 Ca を多く混合した区ほど高く、DIN のうち NO₃-N、NO₂-N は 7 日目、NH₄-N は 28 日目が最も高くなっていった。また 7 日目の NO₃-N 濃度から、底泥からの溶出窒素総量は 2 区 13.2 mgN、3 区 34.3 mgN と推測され、それぞれ実験開始時に底泥に混合した硝酸 Ca 由来の窒素量の 9.3%、12.1% であった。

一方、PO₄-P は硝酸 Ca を多く混合した区ほど低く推移し、56 日目における底泥からのリンの溶出量は対照区 105.8 mg N/L、2 区 37.5 mg N/L、3 区 7.6 mg N/L（不溶化による減少）となり、硝酸 Ca を多く混合した区ほど少なかった。

硫化水素は対照区でのみ発生が認められ、その濃度は 14 日目 2.5 mg N/L、28 日目 1.8 mg N/L、56 日目 3.4 mg N/L であった。硝酸 Ca 区で硫化水素の発生が認められなかった理由として、底泥深部から硫化水素が発生した場合においても、形成された底泥の酸化層に硫化水素が吸着、分解されたことによると考えられた。

3) 底質の AVS と ORP の推移

各試験区における AVS と ORP の推移を図 3 に示す。AVS は、対照区で試験期間中 2.3 mgS/g-dry 前後で推移し、あまり変化は認められなかった。硝酸 Ca 区では 7 日目に大きく減少してから徐々に増加し、2 区で 0.87~1.71 mgS/g-dry、3 区で 0.44~0.87 mgS/g-dry の範囲で推移していた。また、ORP は硝酸 Ca 区において 7 日目以降から対照区より高い値で推移しており、電位差は 7 日目で最大 (279 mV) となった。

これらの結果から、硝酸 Ca を底泥に混合することにより、底質改良効果（底泥の AVS の減少、リンの溶出の抑

制, 硫化水素の発生防止)がこれまでと同様に認められ、環境への窒素負荷を投入量の約1割程度まで減らすことが可能と思われた。なお底質改良効果は、水温20℃の場合、試験開始から約1週間で発現し2ヵ月後においてもその効果は持続すると考えられた。

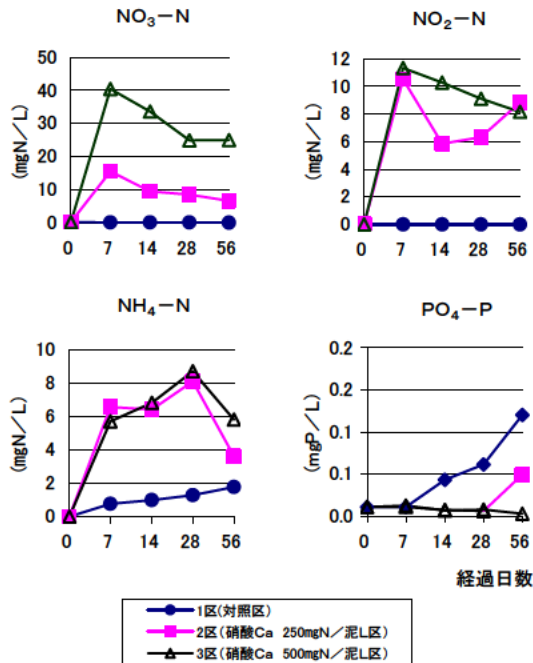


図2 直上水のDIN, DIP濃度の推移

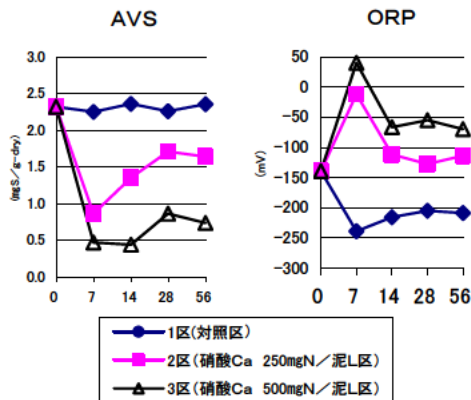


図3 底質のAVSとORPの推移

2. 現場試験

目的

英虞湾潮止め堤防内において、硝酸Caによる底質改良効果を検証する。

方法

1) 使用した硝酸Ca

試験には、硝酸Ca錠剤(底質改善剤, 商品名: ロスピー, 米山化学社製)を使用した。この硝酸Ca錠剤は硝酸態窒素を約6%(乾燥重量比)含んでおり、硝酸態窒素が徐々に溶出するように加工されている。

2) 底質改良剤の施工

平成18年12月4日に英虞湾の立神浦にある潮止め堤防の内(水深0~2m)に対照区と試験区を設定し(いずれも3×3m)、試験区の底泥に硝酸Ca錠剤を2kg/m²の濃度になるように、底泥表面から約8cmの深さの位置に埋め込んだ。

3) 調査方法

調査は散布から約1ヶ月に1回の頻度で、3月9日(95日目)までに計4回実施した。サンプリングは対照区、試験区において柱状採泥を3本ずつ行い、室内に持ち帰った後、直上水と底泥を採取した。分析項目は直上水のDIN, DIP, DTP, TOC, TN, および底質のORP, AVS, TOC, TNとした。

結果および考察

1) 底泥の様子の変化

両試験区の海底の様子の変化として、対照区、試験区とも底泥表面に海藻(ジュズモの1種)の繁茂と数種類の巻貝(コケノツノブエ等)が多数生息しているのが観察された。なお試験区において36日目の調査から、散布した錠剤の周囲の泥が黒色から茶褐色に変化し底泥中からガスが発生しているのが確認され、64日目、95日目においても同様に変化しているのが認められた。

2) 硝酸態窒素の溶出状況

各試験区における直上水のTNとTOCの推移を図4に示す。TOCは対照区、試験区とも1.6~1.9mg/Lの範囲で推移し、両試験区間に差はあまり認められなかった。TNは対照区で0.16~0.50mg/L、試験区で0.20~0.91mg/Lの範囲で推移し、試験区の方が若干高く推移していた。

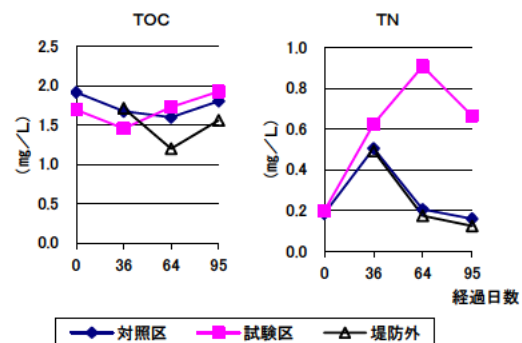


図4 現場試験における直上水のTOCとTNの推移

3) 底質の変化

各試験区における AVS, ORP の推移を図 5 に示す。AVS は対照区で 8.7~15.0 mg S/g-dry、試験区で 4.5~7.4 mg S/g-dry の範囲で推移しており、散布区では徐々に減少が認められた。ORP は対照区で -211~-154mV、散布区で -180~-53mV の範囲で推移し、試験区では対照区と比較して明らかに上昇しているのが認められた。

これらの結果から、潮止め堤防の内側のような底質が著しく悪化した底泥や、低水温期（参考：試験期間の平均気温 8.2℃、津気象台南伊勢調査地点のデータ）においても、硝酸 Ca を泥中に埋め込むだけで、明瞭な底質改良効果が得られることが明らかとなった。しかし、試験区において直上水への窒素負荷が認められたことから、実際に真珠養殖場に施工する場合は底泥への埋め込み方法を工夫、検討する必要がある。

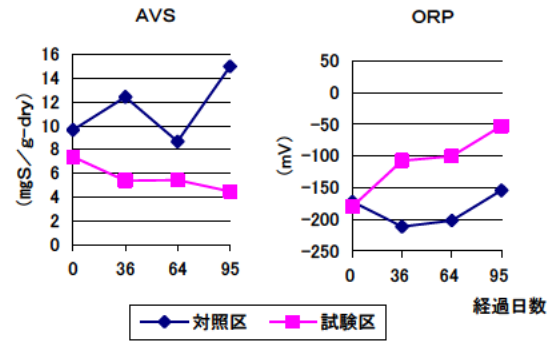


図5 現場試験における底泥のAVSとORPの推移