

Notice on Plankton Seminar
#15014

9:30-12:00, 16 Nov. (Mon.) 2015 at room #W103

珪藻類休眠期細胞と珪藻ブルーム発生の関係、及び有害鞭毛藻赤潮の
発生予防への応用に関する研究
(修士論文中間発表)

【背景及び目的】

我が国沿岸域においては、養殖魚介類の大量斃死を伴う有害な赤潮が多発していることから、効果的な赤潮対策が望まれている。これまでに、海面回収や超音波などを用いた様々な物理化学的手法が提案されてきたが、環境への悪影響や規模、経済的な負担から、韓国における粘土散布以外は実用化されていないのが現状である。そこで近年、有効な生物学的赤潮防除策として、珪藻類休眠期細胞の活用が提案されている。海底に豊富に眠っている珪藻類休眠期細胞を人為的に活性化させ、活用しようというものである。具体的には、発芽に光を要求する珪藻類休眠期細胞を有光層に捲き上げて発芽させ、水柱に生じた栄養細胞の増殖により、栄養塩を消費させることで有害赤潮鞭毛藻類の増殖を防ぐという手法である。近年、有害赤潮が頻繁に発生している豊後水道西部沿岸域の大分県佐伯湾において、海底堆積物中に珪藻類休眠期細胞が豊富に存在し、海底泥を有光層に捲き上げれば、珪藻類休眠期細胞が発芽・復活して栄養細胞となり、水柱で増殖して優占化することが明らかとなっている。しかしながら、海底泥捲き上げの方法や実施するタイミング等未だ不明な点が多い。そこで本研究では、赤潮発生予防策として珪藻類休眠期細胞の活用を検討することを究極の目的とし、捲き上げ試験の更なるデータを蓄積するため、海底に存在する珪藻類休眠期細胞の有光層への持ち上げを想定した珪藻発芽試験を大分県佐伯湾において実施した。また、現場で実際に海底泥の表層への捲き上げを行い、休眠期細胞の発芽復活を通じて、珪藻類が実際に水柱で増殖し卓越するかどうかを検証した。

【材料と方法】

①珪藻の発芽試験を2014年6月3-11日までの8日間実施した。試料は2014年6月2日に、佐伯湾沖松浦漁港において、表層水と海底泥(表層1cm深)を採取した。用いる泥の濃度や添加する栄養塩の濃度と発芽復活して増殖してくる珪藻類の挙動について把握するため、以下の6つの実験区を設定した。すなわち、1) 海底泥濃度 10^{-3} 区、2) 海底泥濃度 10^{-4} 区、3) 海底泥濃度 10^{-3} と1/100強度SWM3培地添加区、4) 海底泥濃度 10^{-4} と1/100強度SWM3培地添加区、5) 海底泥濃度 10^{-3} と1/400強度SWM3培地添加区、6) 海底泥濃度 10^{-4} と1/400強度SWM3培地添加区である。これらの実験区の容器を大分県水産研究部地先の筏(水深10m)の生簀にて0m、5m層に垂下した。以上の実験で8日間培養を行った。開始から0、1、2、4、6、8日目に各容器から副試料を採集し、同時に環境要因(水温、塩分、光量子束密度)を測定し、出現した珪藻類栄養細胞の同定と計数を行い、珪藻類の栄養細胞密度と分類群組成の挙動を明らかにし、環境要因との関係を検討した。

②有害鞭毛藻類が水柱に存在する環境下で珪藻類の加入を行った場合にも、有害鞭毛藻類を制圧し珪藻類が卓越増殖してくるか調べるため、2014年9月25日-10月7日までの12日間、大分県水産研究部地先の筏(水深10m)の生簀にて第2回目の珪藻発芽試験を実施した。試料は2014年6月2日に、佐伯湾沖松浦漁港において、海底泥(表層1cm深)を採取した。以下の6つの実験区を設定した。すなわち、コントロール区として海底泥のみを添加した1) 海底泥濃度 10^{-3} 区、2) 海底泥濃度 10^{-4} 区、有害赤潮鞭毛藻類を添加した3) 海底泥濃度 10^{-3} と*Karenia mikimotoi*添加区、4) 海底泥濃度 10^{-4} と*K. mikimotoi*添加区、5) 海底泥濃度 10^{-3} と*Chattonella antiqua*添加区、6) 海底泥濃度 10^{-4} と*C. antiqua*添加区である。栄養として第1回目の発芽試験で良好に珪藻類が増殖した1/100強度のSWM3培地を全ての実験区に添加した。これらの実験区の容器を大分県水産研究部地先の筏(水深10m)の生簀にて0m、5m層に垂下した。以上の実験で12日間培養を行った。開始から0、1、2、4、6、8、10、12日目に各容器から副試料を採集し、同時に環境要因(水温、塩分、光量子束密度)を測定し、出現した珪藻類栄養細胞の同定と計数を行い、珪藻類の栄養細胞密度と分類群組成の挙動を明らかにし、環境要因との関係を検討した。

③さらに、佐伯湾の水柱における植物プランクトン組成の変動を調査するため、モニタリングを実施した。調査は2014年6月3-25日までの17日間、1、2日おきに大分県水産研究部地先の筏(水深10m)の生簀にて0m、5m、9m層より採水した。得られた試料は栄養塩類とChl. *a*濃度の測定、ならびにグルタルアルデヒド(終濃度1%)で固定後、珪藻類栄養細胞の分類群同定と計数に用いた。同時に現場の環境要因も測定した。

④実際に現場で有光層に捲き上げられた珪藻類休眠期細胞が発芽し、生じた栄養細胞が増殖して水柱で優占するのかが検証するため、2014年9月4日に大分県佐伯湾沖松浦漁港に

において海底泥捲き上げ試験を実施した。対照区としてこのような実験を実施していない小田代海域を設置した。実験後 11 日間、採水と環境要因の測定 (水温、塩分、光量子束密度) を行った。海水試料中の栄養塩類 (DIN, SiO₂-Si, PO₄-P) と Chl. *a* 濃度の測定、ならびに珪藻類栄養細胞の分類群同定と計数を行い、実験後の植物プランクトン群集の栄養細胞密度の変動を定量的及び定性的にモニターした。

【結果及び考察】

①試験期間中水温と塩分は、珪藻類の増殖にとって好適な水温、塩分の範囲に概ね一致していた。光量子束密度に関しては実験開始から1日目にやや小さい値を示したが (5 m層: 32.8 μmol photons m⁻²s⁻¹), 各層において珪藻類休眠期細胞の発芽、復活及びその後の増殖に十分な強度であった。栄養塩類は、培地を添加した実験区3)–6) で実験開始から4日目以降に急激な減少が見られたが、海底泥のみ添加した実験区1), 2) では実験期間を通じてほとんど変化が見られなかった。Chl. *a* 濃度に関しては、実験区3) で表層において最高値35.13 μg L⁻¹を記録し、実験区5), 6) においても5.93–11.47 μg L⁻¹の範囲を示した。これらの結果から、水柱において今回の実験で添加した1/400強度程度の栄養塩が存在すれば、海底泥懸濁濃度 0.1 g L⁻¹の懸濁海水を有光層に捲き上げることで、珪藻類の休眠期細胞が発芽、復活して栄養細胞となり、順調に増殖する可能性が示唆された。

②試験期間中水温と塩分は、第1回珪藻発芽試験と同様、珪藻類の増殖にとって好適な水温、塩分の範囲に概ね一致していた。光量子束密度に関しては実験開始から10日目に小さい値を示したが (5 m層: 12.7 μmol photons m⁻²s⁻¹), 各層において珪藻類休眠期細胞の発芽、復活及びその後の増殖に十分な強度であった。栄養塩類は、実験区ごとにばらつきはあるものの、試験開始から12日目まで各実験区において急激な減少が見られた。Chl. *a* 濃度については、4日目と6日目以降に値が増加した。珪藻類栄養細胞密度は、実験区1) においては2日目以降、実験区2) では4日目以降に急激な増加が見られ、1.0 x 10⁴ cells mL⁻¹のオーダーに達した。有害鞭毛藻類を添加した実験区3)–6) においても表層では珪藻類栄養細胞密度が1.0 x 10⁴ cells mL⁻¹のオーダーまで増殖することが判った。しかしながら、有害鞭毛藻類添加区である実験区4), 6) の5 m層において、珪藻類栄養細胞密度は試験開始から8日目に実験区4) において1.0 x 10³ cells mL⁻¹のオーダーで推移し、実験区6) では1.0 x 10² cells mL⁻¹のオーダーまでしか細胞密度が達しなかった。これらの結果から、現場海域において表層ほど光が十分に届かない中層では珪藻類が有害赤潮鞭毛藻を制圧して増殖するため、水柱が海底泥懸濁濃度1.0 g L⁻¹程度になるように海底泥を捲き上げる必要があることが示された。また、主要な珪藻類の構成比は、各実験区において珪藻類栄養細胞密度の増加とともに、*Navicula* spp. 等の底生性種から浮遊性である*Chaetoceros* spp. や*Skeletonema* spp. へ優占種の変化が確認された。

③調査期間を通じて、水温、塩分、光強度については表層において変動が激しく、5 m層と9 m層ではほとんど変化しなかった。栄養塩類に関してはDINとPO₄が表層において激しく変動した。SiO₂は6月19日まで各層においてほとんど変動しなかったが、6月19日以降表層で増加した。Chl. *a* 濃度については、試験期間中6月10, 11, 17, 20日を除いて5 m層と9 m層の値が表層の値を上回っていた。

④試験期間中の水温、塩分に関しては、試験実施区と対照区においてほぼ同様の傾向が見られ、海底泥を持ち上げによる影響は殆ど認められなかった。光量子束密度については、試験期間を通じて対照区において試験実施区より高い値が確認された。栄養塩類は、試験実施区と対照区のどちらにおいても試験期間の前半は珪藻類の増殖にとって好適な環境であったが、その後 DIN と SiO₂は試験開始から 6 日目以降急激な減少が見られた。Chl. *a* 濃度は、試験開始から 6 日目まで試験実施区と対照区の間にはほとんど差はみられなかったが、7 日目に試験実施区の表層において 5.60 μg L⁻¹を記録した。今回の試験では低気圧通過直後に海底泥捲き上げ試験を実施しており、その結果現場海域の水柱が良く攪乱され、対照区でも珪藻類の有光層への加入が起こったと考えられる。そのため、試験実施区と対照区の環境要因、栄養塩や Chl. *a* 濃度の間には大きな違いが見られなかったと考えられる。しかしながら、試験 7 日目には試験実施区の表層において Chl. *a* 濃度の増加が確認されており、海底泥を人為的に捲き上げたことで、有光層にもたらされた珪藻類休眠期細胞が発芽、増殖し、試験 7 日目に試験実施区の Chl. *a* 濃度は対照区よりも大きな値を示すことになった可能性がある。

【今後の展望】

以上から、海底泥を有光層に捲き上げる際の海底泥濃度や栄養塩について明らかにすることができた。今後は、まだ終了していない海底泥捲き上げ試験の検鏡を行い、過去の研究結果とも合わせて、泥捲き上げ試験を実施するタイミング等について考察していく予定である。