

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 28 日現在

機関番号：37409

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25340065

研究課題名(和文) 諫早湾潮受堤防開門に伴う調整池内外の底質環境の変化とその評価

研究課題名(英文) Effect of gate opening on the bottom environment around Isahaya Bay reservoir,

研究代表者

高橋 徹 (Takahashi, Tohru)

熊本保健科学大学・保健科学部・教授

研究者番号：70369122

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の核心部は確定判決による開門に伴う環境変動の把握であり、判決が示した開門期限(2013年12月10日)を挟んだ環境変動を詳細に観測し、比較する計画であった、しかし、長崎地裁による開門差止仮処分決定により開門は実施されていない。これまでに確定判決を履行されなかった事例はなく、想定外の状況が生じているが、自然科学研究者の立場から、これらの法的、政治的事象に關与する事出来ず、本研究の核となる比較調査は実現できなかった。そこで、将来のために、従来のモニタリングを継続するとともに、排水に伴うマイクロシスチンの短期的堆積および海域への長期的拡散と食物連鎖を通じた動態、分解過程の研究を進めた。

研究成果の概要(英文)：The core part of this study is to evaluate the environmental change with the drainage gate opening of Isahaya Bay Reservoir according to the final and conclusive judgment by Fukuoka High Court (final time limit was December 10, 2013). However, the opening of a gate is not carried out due to a taboo provisional disposition decision against the High Court decision by the Nagasaki District Court. There is no example that final and conclusive judgment was not carried out, and this is the unexpected situation.

However, we natural scientists, are not able to concern such political and legal problems. Therefore, we continued conventional monitoring and carried out short-term sedimentation of microcystins with the mass drainage, and the long-term diffusion and bioaccumulation in the sea area including the study of degradation process of microcystins in the sediment.

研究分野：海洋生態学

キーワード：マイクロシスチン シアノバクテリア 諫早湾 有明海

1. 研究開始当初の背景

有明海奥部の諫早湾には 29km² にわたる軟泥干潟が存在していたが、大規模干拓事業によって、そのすべてを含む 36 km² の海域が長さ 7 km の潮受け堤防によって閉め切られ、その生物相が全滅した。その後、タイラギ漁の壊滅や海苔色落ちなどの「有明海異変」が生じ、漁業被害が取り上げられた裁判で 2010 年、福岡高裁は「5 年間の潮受け堤防排水門の常時開門」を命じ、判決は確定した。それまで有毒シアノバクテリアの調査を継続していた我々は、底質等の環境データも測定しており、その基礎データを基に開門による環境変動を捉える事が出来ると考え、本研究を計画した。

2. 研究の目的

- 1) 潮受け堤防常時開門による諫早湾調整池内外の環境変動を底質環境と底生生物に着目して把握する(主目的)。
- 2) 唯一の排水トレーサーと言えるミクロシスチン類の盛衰を捉える事により、排水の影響範囲と底質表層細粒の拡散状況を推定する。
- 3) 近年の富栄養化で問題となっているミクロシスチン類の海域環境における残留と動態に関する基礎的知見を得る。
- 4) 底質環境を中心とした環境の変化からエコシステム・サービス回復の可能性を評価する。

3. 研究の方法

定期的なフィールド調査を中心に、ミクロシスチン分解の室内実験をおこない補完する。

1) フィールド調査

- a. 調整池の水質、底質、生物調査:継続中の月例調査に加え、9 月に一次生産速度を測定。

- b. 海域の調査:2010 年より実施している諫早湾と有明海北部の定点において、年 3 回実施。
- c. 島原半島沿岸の潮間帯定点において、底生生物の定性・定量調査を年 2 回実施する。

2) 室内実験: *Microcystis aeruginosa* とミクロシスチン分解菌を各種温度、塩分条件化で培養し、ミクロシスチン分解速度を推定する。フィールド調査の結果からミクロシスチンのマシバランス解明をめざす。

4. 研究成果

確定判決が示した開門期限は 2013 年 12 月 10 日であり、その直後の変動を詳細に観測し、従来のデータと比較する計画であったが、長崎地裁による開門差止仮処分決定により開門は実施されなかった。これまでに国が確定判決を履行しなかった事例はなく、想定外の状況が生じているが、自然科学研究者の立場から、これらの法的、政治的事象に介入する事出来ず、当初予定し、本研究の核となる比較調査は実現できなかった。そこで、従来のモニタリングを継続するとともに、ミクロシスチンの海域への拡散と食物連鎖を通じた動態、分解過程の研究を進めた。

- 1) 調整池底質の MCs 濃度モニタリング
従来行ってきた、調整池の表層水と底質の MCs 濃度のモニタリングを継続した(図

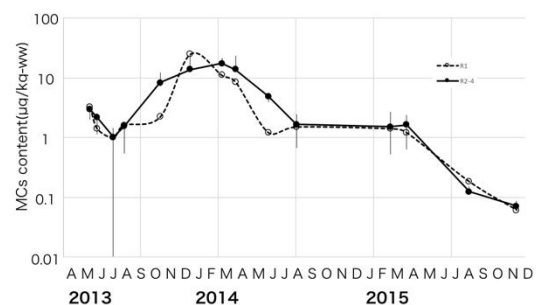
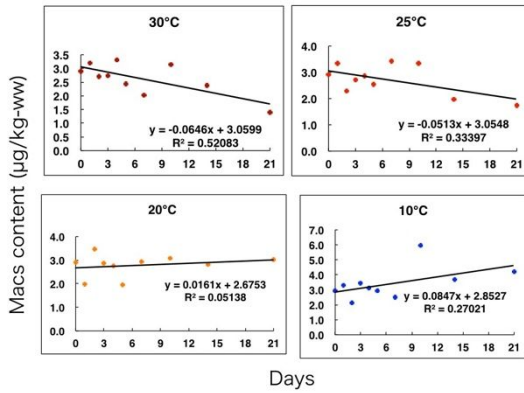


図1 調整池堆積物中のMCs含量

- 1). 2013 年の夏から秋にかけ、アオコのブルームが起り、冬期の間、底質中に MCs が残留した。その後、2014 年の発生量は少なく、2015 年は夏期の天候が不安定でアオコのブルームは起らず、それに伴って MCs 量は低下している。ここで、低水温期の MCs 量が高いことは、2010-2012 年に観測した有明海奥部の底質で冬期に MCs 濃度が高かった事と符合して。これは、MCs の分解が冬期に進行しなかったためと



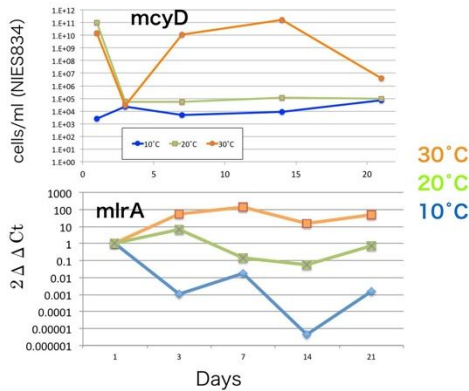
推測された。そこで、詳しい検証を行うため、室内分解実験を実施した。

2) 底泥中 MCs の分解実験

2012年9月、調整池中央部で採取された泥を 10°C, 20°C, 25°C, 30°C のインキュベータに入れ、定期的に採取して MCs 含量を測定した。その結果、30°C においては、約 3 週間で MCs 濃度は半減した。しかし、20°C と 10°C においては、分解が進行しないだけでなく、むしろ増加する傾向が認められた(図 2)。

図 2 底泥中 MCs の分解実験

そこで、サンプルから DNA を抽出し、リアルタイム qPCR により、マイクロシスチン合成酵素遺伝子のうち、mcyD を、マイクロシスチン分解酵素遺伝子のうち、mlrA を定量した



(図 3)。

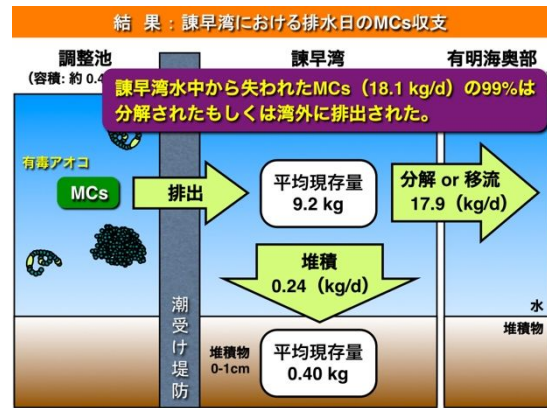
図 3 底泥中の MCs 合成酵素遺伝子 mcyD と MCs 分解酵素遺伝子 mlrA の動態。

この結果、mlrA は低い温度では明らかに少なく、分解が温度に依存して低下する事が明らかとなった。一方、mcyD は 30°C で高い値を示すが、20°C, 10°C においても低下はしていない。これは、底泥中でマイクロシスチンが死滅せず、MCs の合成が進行している事を示している。なお、mcyD は国立環境研究所の NIES834 株に基づき絶対定量をおこなったが、mlrA については、使用した *Sphingomonas* sp. が mlrA を含有しなかったため、暫定的に相対定量をおこなっている。現在、mlrA を含むことが確認されてい

る *Sphingosinicella microcystinivorans* Y2 株を入手し、再度、絶対定量に取り組んでいる。

3) 排水にともなう、MCs の短期動態

海域における MCs の残留には底水温度の分解の停滞が関与すると考えられたが、農水省は排水は諫早湾内に留まっているとしている。そこで、マイクロシスチンをトレーサーとして排水の行方を追跡した。2013年9月、北部排水門から約 100 万トンの排水された際に、36 時間にわたって、諫早湾内の 9 地点において底質への MCs の体積を測定した。また、湾口部においてドップラー流速計(ADCP)を用いて海水の出入りを測定した。その結果、排出された約 18kg の MCs の大部分は湾外へ流出したか分解されたが、



諫早湾全体で 240g の MCs の堆積が認められた(図 4, Umehara et al., 2014)。

図 4 一回の排水に含まれていた mCs の行方

4) ベントスへの MCs の移行と生物濃縮

上記調査の際、採集された底泥の一部は目合い 1mm の篩で振るってマクロベントスを採集した。そのマクロベントスに含まれる MCs 量を測定し、中央値で濃度を比較したところ、一次消費者では底質の約 25 倍の MCs を含み、二次消費者では、その二倍、底室濃度の約 50 倍の濃度が検出された(図 5)。

5) ボラ肝臓への影響

このように、海域に排出された MCs が大型の水産生物に取り込まれている事は、これまで、マガキやガザミの中腸腺などで確認されてきた。しかし、マイクロシスチンが肝臓毒であることから、肝臓を持つ生物への影響が危惧されたため、諫早湾内を回遊するボラ *Mugil cephalus* の肝機能を検査した。ボラは生きた状態で採血し、現場で遠心したのち、血清を凍結して持ち帰り、自動分析機で乳酸脱水素酵素(LDH)を定量した。また、肝臓の病理標本作製し、マイクロシスチン含量も測定した。その

結果、天草・姫戸のボラと比較して、諫早湾のボラはLDHが高く、脂肪肝の病理像を示した。ただし、事例数が少ないため、目下、追加調査を実施中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- 1) Takahashi, T., Umenara, A., Tsutsumi, H.
Diffusion of microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) from the reservoir of Isahaya Bay, Japan, into the marine and surrounding ecosystems as a result of large-scale drainage. *Marine Pollution Bulletin* 査読有 89(1-2), 2014. 250-258.
- 2) 小森田 智大、梅原 亮、田井 明、高橋 徹、堤 裕昭 諫早湾調整池から排水された高濁度水の湾内における短期的な挙動の解明 海の研究、査読有 23(1), 2014:1-12.
- 3) 小森田 智大、梅原 亮、田井 明、高橋 徹、折田 亮、堤 裕昭 諫早湾調整池からの高濁度排水が諫早湾内の短期的なアンモニア態窒素の挙動に与える影響 水環境学会誌、査読有 38(3), 2015. 75-80.
- 4) 高橋 徹 諫早湾調整池における有毒アオコの恒常的大発生と猛毒ミクロシチン汚染の拡散 日本の科学者、査読有 10(2), 2015. 19-23.
- 5) Umehara, A., Komotira, T., Tai, A., Takahashi, T., Orita, R., Tsutsumi, H.
Short-term dynamics of cyanobacterial toxins (Microcystins) in seawater following discharge from a reservoir created by the reclamation project of the tidal flats in Isahaya Bay, Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 査読有 92(1-2), 2015. 73-79.

- 6) Tsutsumi, H., Takamatsu, A., Nagata, S., Orita, R., Umehara, a., Komorita, T., Shibamura, S., Takahashi, T., Komatsu, T., Montani, S. Implications of changes in the benthic environment and decline of macro-benthic communities in the inner part of Ariake Bay in relation to seasonal hypoxia. *Plankton & Benthos Research*, 査読有 10(4), 2015. 187-201.

[学会発表] (計 9 件)

- 1) 梅原亮、高橋 徹、小森田智大、折田亮、堤 裕昭 諫早湾におけるアオコ毒素ミクロシチンの底生生態系への蓄積 日本陸水学会第 76 回大会 2013 年 9 月 12 日 大津、龍谷大学瀬田キャンパス
- 2) 高橋 徹、梅原亮、堤 裕昭 諫早湾開門調査が湾調整池内外に与える初期効果の予測 日本プランクトン学会ベントス学会合同大会 2013 年 9 月 16 日 東北大学
- 3) 梅原亮、高橋 徹、堤 裕昭 諫早湾におけるアオコ毒素ミクロシチンの水生生物への蓄積 日本プランクトン学会ベントス学会合同大会 2013 年 9 月 16 日 東北大学
- 4) 梅原亮、高橋 徹 諫早湾調整池におけるアオコの優占種変遷に関わる環境要因 日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会 2014 年 9 月 6 日 広島大学
- 5) Takahashi, T., Umehara, A. Poor and abnormal benthos community in the artificial reservoir of Isahaya Bay reclaimed land, and an expectation of change by seawater introduction. 2nd Asian Marine Biology Symposium Oct. 3, 2014. Jeju, Korea.
- 6) Komorita, T., Umehara, A., Tai, A., Takahashi, T., Tsutsumi, H.

Short-term effect of high-turbidity water discharged from a reservoir of reclaimed and onto Isahaya Bay, Kyushu, Japan. 2nd Asian Marine Biology Symposium Oct. 3, 2014. Jeju, Korea.

- 7) Umehara, A., Takahashi, T., Komorita, T., Orita, R., Tsutsumi, H. Widespread dispersal and accumulation of toxic substances, microcystins produced by freshwater cyanobacteria in Ariake Bay, the west coast of Kyushu, Japan. 2nd Asian Marine Biology Symposium Oct. 4, 2014. Jeju, Korea.
- 8) 高橋 徹 諫早湾をめぐる諸問題とこれから 渚の自然環境をめぐる諸問題Ⅰ 日本ベントス学会自然環境保全委員会自由集会 2015年9月2日 北海道大学
- 9) 馬淵 理恵、梅原 亮、高橋 徹、二木功子・、朴 虎東 諫早湾における microcystin の動態と底生生物への蓄積 日本陸水学会第80回大会 2015年9月28日 北海道大学

〔図書〕(計 1 件)

- 1) 高橋 徹、梅原 亮 第3章 諫早湾調整池の有毒アオコ 有明海漁民市民ネットワーク編「諫早湾の水門開放から有明海の再生へ」

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者
高橋 徹 (Takahashi, Tohru)
熊本保健科学大学・保健科学部・教授
研究者番号：70369122

(2) 研究分担者
()

研究者番号：

(3) 連携研究者

堤 裕昭 (Tsutsumi, Hiroaki)
熊本県立大学・環境共生学部・教授
研究者番号：50197737