

汚濁物質排出者と連携した水域生態系改善システム

(中国太湖における富栄養化の特性及び地域活性化型富栄養化防止対策)

西日本技術開発 井芹寧, 九州大学 久場隆広・郝愛民

上海交通大学 張振家・李春杰

1. 背景・目的

中国の代表的な湖である太湖においては、急速な経済発展に伴う汚濁負荷の増加により富栄養化が進行し、毎年大規模なアオコの発生がくり返されている。本流域では湖・河川水やそれらがもたらす生態系サービスを生活に直接利用している住民が多く、水環境の悪化は直ちに生活の質や人の健康に影響する。中国政府は水質保全対策として、数兆円(GDPの数%)に上る国家予算を投入し全国の水資源の改善に取り組んでいる。負荷源工場の移転、上水道浄化施設の湖水浄化施設への転換、巨大な浚渫船による汚泥の除去などが実施されており、2,3年で酸化池状アオコ貯留池が巨大地下貯留施設に、人力や簡易的なポンプによる回収船がアオコ分離装置を積載した高度処理船に変わるなど、日本の数十年レベルの技術革新が数年で実施されている。しかしながら、現時点ではアオコの抜本的な解決には至っていない。一方、中国にとって経済発展も国家政策の主軸であり、経済性に優れた対策法、地域活性化につながる対策法の開発が望まれている。本研究は、持続性を有し地域活性化を促進する「生態ダムシステム」を構築し、環境保全型産業を創出することを目的としている。

2. 太湖の特徴（アオコ増殖との関連性から）

太湖の特性とアオコ増殖に対する影響要因を表1に示す。太湖は、広大な水面積を有する一方、水深が浅い形状から、吹送流に伴うアオコの移動集積機構、集積先の水域特性がアオコ発生に影響を与えている。特に西部沿岸部の農地からの栄養塩負荷や最終集積箇所としての梅梁湾が重要である。太湖では夏季に湖水の水温が35℃を上回る地点があり、顕著な高水温

表1 太湖の特性とアオコ増殖影響要因

項目	特徴	日本における一般的なアオコへの影響要因	太湖の特性による影響要因
浅く広い水域	湖面積: 2,338 km ² , 平均水深 1.95 mと非常に広大で浅い水域である。	風による流動、鉛直混合が生じやすく、底泥条件の影響を受ける。濁りが継続する水域では、浮上性のあるアオコが優占しやすい。種場形成に好適。	一般影響要因に加え、アオコは水域全体で、広範囲に移動しており、全域では発生量が少ない状況でも、一部の水域に集積するとかなりの濃縮されたアオコが形成される。流域特性から、集積箇所の栄養塩供給条件などが大きく異なる。
高水温	夏季表層水温が30～35℃を上回る高水温条件であり、特にアオコが集積する沿岸の浅水域が高水温である。	水温の上昇は一般の藻類の増殖を抑制し、高温耐性のあるアオコの優占を促進する。日本の湖沼では定常的に表層が35℃以上になる状況は限られた水域のみである。	35℃以上の水温はアオコの増殖にとって不適。直射日光を受け高水温の沿岸浅水域で、アオコ枯死が観察される一方、隣接するヨシ帯内では水温が数度低く、アオコの枯死も比較的少ない。ヨシ帯が高温、強光阻害による影響が軽減され、アオコが生き残る場となっている可能性がある。
呑み吐き湖	流域に血管網状の広大な河川、水路を有し、降雨・蒸発、水利用条件により、水の流れが湖、河川間で変化。	一般的な湖沼では、河川からの流入が主体で、呑吐湖のような状況は少ない。	湖内より周辺河川、水路の方が水深が深く、成層時に貧酸素水塊の形成が確認される。呑み吐き環境の中で、吹送流等の作用も加わり、アオコが湖内外に水平移動し、その鉛直日移動性から貧酸素水塊の溶出栄養塩を吸収するなど、アオコの優占的増殖を促進する機構が存在する。

条件となる。沿岸で富栄養化対策として数十kmにわたるヨシ帯の保全、造成が実施されているが、日本の気候では遮光や栄養塩浄化、生態系改善等の機能でアオコ抑制に有効なヨシ帯であるが、高水温が顕著な一部の太湖沿岸においては、ヨシ帯が水温の上昇や強光増殖阻害を抑制し、逆にアオコの生存ゾーンとなっている。太湖はその周辺河川・水路と標高差が少なく、一体化した水流動構造を有し、天候・水利用条件により河川・水路→太湖、太湖→周辺河川・水路へと水やアオコが流動・移動する(呑み吐き湖)。水深が比較的深く、流動の少ない周辺河川・水路で貧酸素水塊が生じており、栄養塩供給場所としてアオコの発生に影響を与えている可能性が考えられる(図1)。

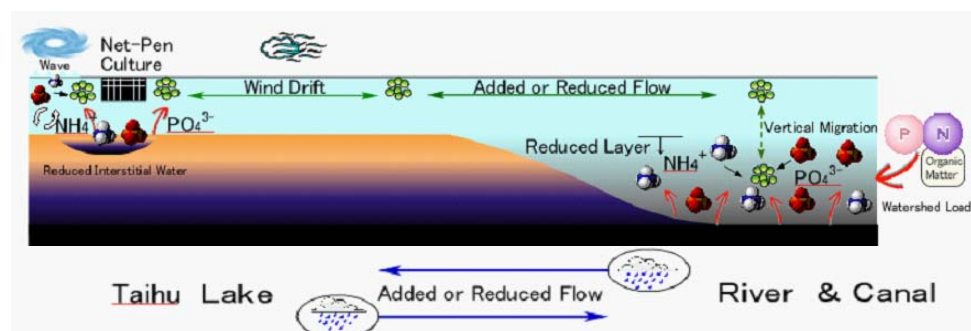


図1 呑み吐き湖としてのアオコ栄養塩供給システム

3. 生態ダム構築

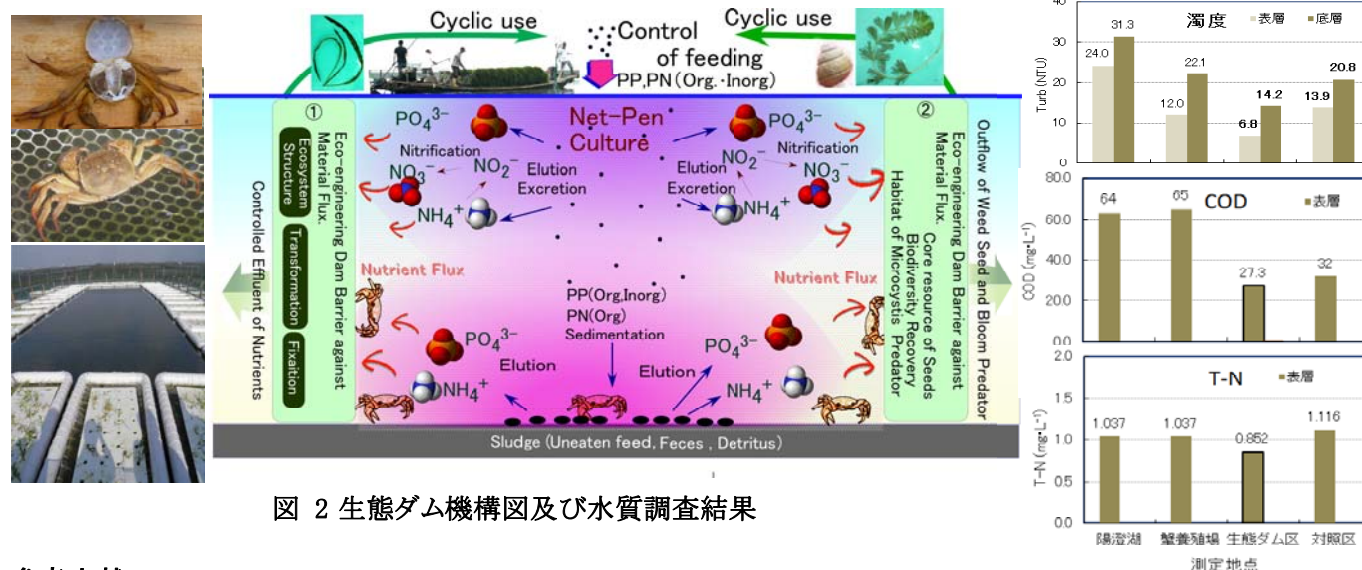
従来の日本型富栄養化防止システムは、水質浄化効果を優先し画一的に設計されており、維持管理の手間・費用の制限から、その機能が維持されないケースが頻出し問題となっている。日中協働の本プロジェクトでは、流域の人為的影響及び生態系サービスの中での物質動態特性を踏まえ、持続性を最優先としたシステムとして「生態ダム

(Ecological Dam Barrier Structure)」構想を立ち上げた。生態ダムとは、河川に設置されるダムが川の水の流れ(Flux)を堰き止め貯留・安定化させることで、上水や農業用水に分流利用したり、発電により電気エネルギーに変換し利用するシステムと同じように、負荷源からの栄養塩や有機汚濁物の Flux を生態ダムで堰き止め、循環利用や地域活性化に活用できる形に変換し利用するとともに、周辺水域への汚濁負荷の影響を軽減することを目的としている。

生態ダム構想における実行ステップの概略を下記に記す。

- ①対象水域における水域環境と人的関わりの特性を踏まえ、生態ダムから得られるフラックスをその地域社会の産業などに活用できる仕組みや、汚濁排出者などが積極的に生態ダムの管理を行う仕組みを創出する。
- ②在来の生物群、生態系または生物産業資源を基本にフラックスの堰き止め、変換方法を検討する。富栄養化が進行した後の生態系の利用のみでは限界があると判断された場合、一時的な環境改善施設の併用を検討する。
- ③生態系ダムの完成(安定)には十数年以上を要することも予想される。当初から、対象水域の本来の水環境や周辺水域の水環境を参考にするなど、最終イメージに到達するまでの生態系遷移を踏まえた上、各段階で必要な管理を実施する。想定外の状況も十分あり得るため、各発現事象に基づき順応的管理を実施する。
- ④人工的な施設に必要なエネルギーは最終的に自然エネルギーを活用し、持続性のあるシステムとして調整する。
- ⑤対象水域の水の流れ、在来水生生物の潜在種場(Seed Population)の分布などを把握し、複数の生態ダムを増設配置する。それらが生態コアダムとして周辺の水環境の改善を促し、また、種場としても機能し、生態コアダム間が有機的に連結しあった巨大な生態ダムとして完成する。生態ダムの生物構造とその物質変換能力の関係及び連結可能な生態ダム間の距離は、各水域で異なっているため、段階的实施のもと水域環境のモニタリングを実施し、その結果を管理にフィードバックしていくことが重要である。
- ⑥各段階で得られた情報は、全てのステークホルダーで共有し、協働で管理を行うことが望ましい。汚濁排出者が管理を行う場合は専門家の助言の元実施する。
- ⑦基本的には可能な限り煩雑な管理を要しないシステムを目指し、最終形としての生態ダムはその水域の自然生態系の中に同化するものである。

2012 年夏季より太湖流域の陽澄湖の上海ガニ養殖場をフィールドとして、生態ダムの現場検証試験を開始した。人工沈水植物帯を主構造物とする生態ダムの設置後、波浪の抑制、付着生物による懸濁物浄化作用により、透明度の向上、有機物・全窒素・全リン濃度の減少、動・植物プランクトンなどの生物多様性の改善効果が確認された。また、生態ダムが安全な養殖ガニの脱皮場所として機能し、養殖の効率化につながっていることも明らかになった。予測計算により、生態ダムの効果で栄養塩が水生植物に変換され、養殖に循環利用することで、系外からの飼料としての栄養塩供給量の削減による富栄養化の抑制効果が認められた(図 2)。養殖の効率化、飼料の多様化による収穫ガニの量・質の向上は、高収入につながり、カニ養殖と一体化した生態ダム効果を養殖業者が認識できることで、施設の能動的維持管理が可能となっている。なお、本研究の一部は三菱商事㈱の助成によるものである。



参考文献

- A. Hao, T. Kuba, Y. Iseri, Y. Liu, Z. Zhang and C. Li: Water Environment in Lake Taihu and Effects of copper ion on antioxidant function of *Vallisneria spiralis*, The 4th International Symposium on Aquatic Environment and Biodiversity Conservation on the East Asian Region, 2012.12.11