

# 応用量子生物学に基づく水環境修復技術

井芹 寧(西日本技術開発), 朝位孝二(山口大)  
原口智和, 郝愛民(佐賀大), 久場隆広(九州大)

## 1. はじめに

筆者らは、微生物の異常発生や在来(貴重)生物の衰退等の水環境問題の解決のために、電界・磁界、電磁波・光エネルギーを活用した環境修復手法の検討を実施してきた。その中で、紫外線殺菌による淡水赤潮の増殖抑制効果など、理論と効果が明確に合致した成果を得られたものもあるが、想定外の反応や目的と逆の結果が繰り返し示され、その原因が不明のまま終了したプロジェクトも存在する。これらの結果に対し、新たに、生物細胞内部の微細生理機構の視点からアプローチすると、各プロジェクトにおける生物応答は基本的に化学的、物理的相互反応から成り立っており、最終的に電子伝達系の仕組みに係わっている可能性があることが明らかとなった。これらの基本的な研究分野は量子生物学にひとまとめにすることができる。

本報は、これまでの、量子生物学的機構に関連すると推察される研究結果をまとめ、新たな視点からの評価を加え、今後の応用量子生物学への発展のきっかけとすることを目的としている。

## 2. 量子生物学に関連する水環境修復技術の開発

### (1) 紫外線による異常発生藻類の制御

殺藻より少ないUV照射量となる増殖能力を消失させる条件を自動コントロールし、淡水赤潮の大量処理を可能とした淡水赤潮処理船を開発した(写真-1)。本研究においては、紫外線照射により渦鞭毛藻の遊泳能力が消失する現象が観察された。渦鞭毛藻の遊泳運動は細胞の中央と尻部2カ所の分子レベルの鞭毛モーターで駆動されている。鞭毛モーターはプロトンポンプ機構に基づき駆動力が得られている。紫外線照射作用はDNAにおける二量体形成による複製、転写機構の破壊に加え、量子生物学的な機構で成り立つ鞭毛モーターを不活性化させる効果も有することが推察され、その機構を明確化することが課題である。



写真-1 紫外線照射法による淡水赤潮処理船

### (2) 電界、磁界による異常発生藻類の制御

水中微生物に電界、磁界処理が可能な培養実験装置を製作し(写真-2)、異常発生微生物を含むダム貯水池水に対し、500V~1,000V、50G~1,000Gの電界、磁界処理を行ったところ、特定の微生物の増殖抑制に効果があることが明らかとなった。在来の珪藻類等には影響をほとんど及ぼさず、異常発生藻類・シアノバクテリアのみを抑制する条件を明らかにできた(図-1)。

淡水赤潮殺藻の目的で実施した市販の電気風呂施設を用いた電気暴露実験において、処理後に明らかな細胞遊泳速度の増加と、長期的な細胞生存率の増加傾向が示された(図-2)。想定と逆の効果で、当時では失敗ケースとしてお蔵入りした成果であったが、量子生物学的には貴重な情報を得る機会であったかもしれない。

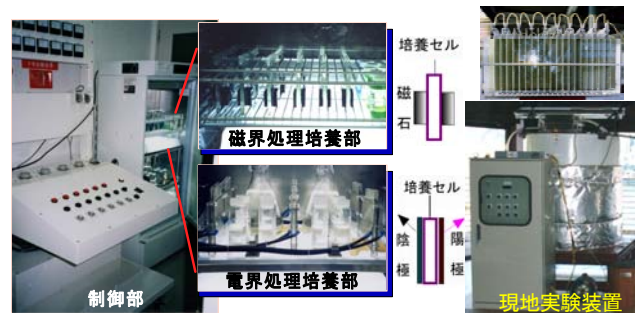


写真-2 電界・磁界暴露 藻類培養実験装置

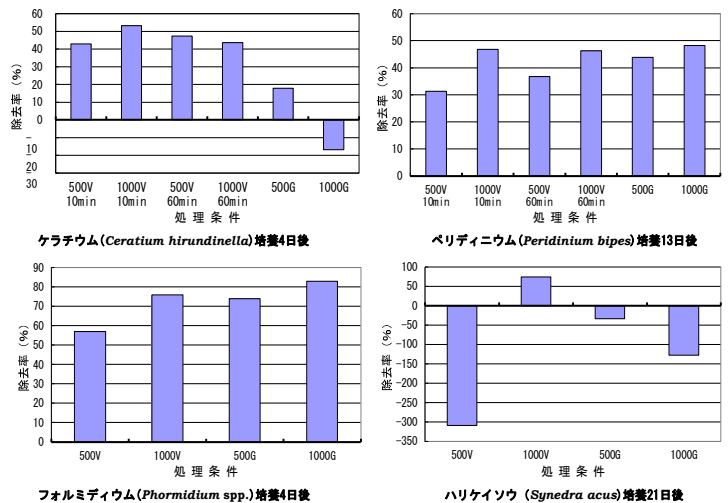


図-1 電界・磁界処理による異常発生藻類の制御結果

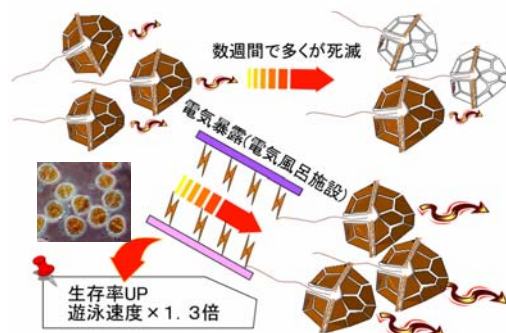


図-2 電気暴露による *Peridinium bipes* の活性化

他の鞭毛・繊毛微生物に対する効果の有無を確認し、その発現機構を明らかにすることが課題である。

### (3) LED 照射による水質浄化微生物活性化、沈水植物帯修復技術の開発 (現プロジェクト)

湖底における *Microcystis* アオコの枯死分解を想定したビーカー室内実験を行った。温度条件 20°C で、アオコ含有湖水 (約 100 億細胞/mL) 分解時に LED 照射を行ったところ、DO や栄養塩濃度削減効果等が確認された (図-3)。青色は緑藻の *Scenedesmus* sp. 赤色はシアノバクテリアの *Phormidium* sp. が優占的に増殖しており (写真-3)、これらの光合成による同化作用により水質改善効果が発現したものと考えられる。

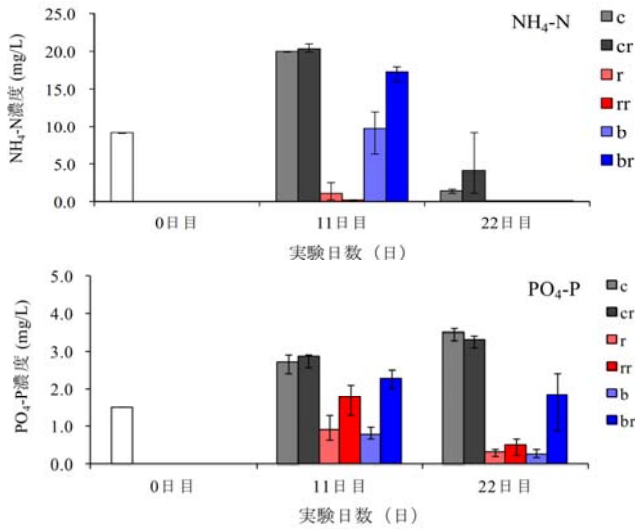


図-3 アオコ分解時の LED 照射による栄養塩浄化効果

注) c: 無光, r: 赤色 LED 照射, b: 青色 LED 照射, cr・rr・br: 各生物付着担体設置

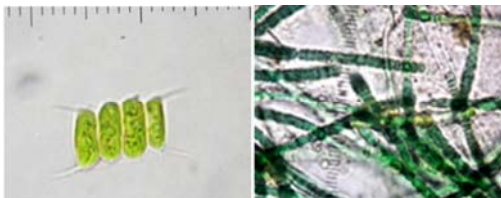


写真-3 出現した優占光合成微生物

林地化した休耕田土壌を水槽に入れ冠水し、LED 照射を行ったところ、土中の Seed Population が活性化され、赤色照射ではコナギ、ウキクサ、アオウキクサ、イヌホタルイ、マツバイ、シャジクモ類等の多様な水生植物の発芽・育成効果が示された。一方、青色照射

では沈水植物のシャジクモ類と浮葉植物のウキクサのみの発芽・育成効果が認められた (写真-4)。

LED 照射法は、富栄養化等による光量不足が原因で衰退した水生植物帯の修復対策として、従来法の欠点を補う新たな手法として期待される (図-4,5)。また、青色照射は、水質浄化能力が高く、貴重種でもあるシャジクモ類の選択的修復に利用できる可能性がある。

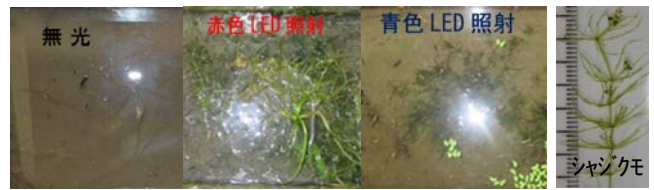


写真-4 LED 照射による Seed Population 活性化

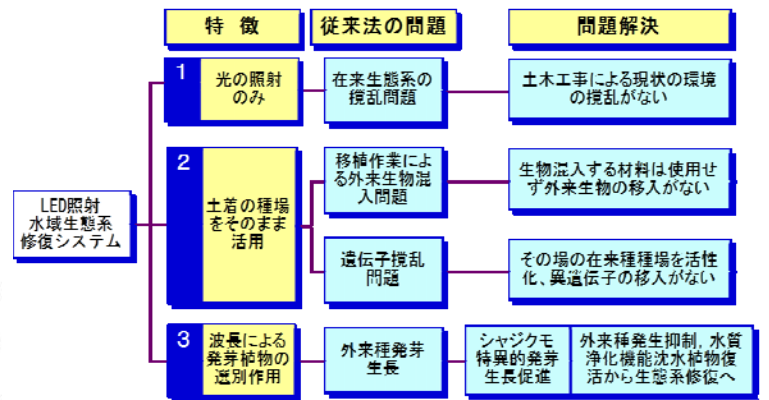


図-4 LED 照射法の特徴

LED 照射による水質浄化機能を有する微生物活性化技術及び水生植物の Seed Population 活性化技術の実用化においては、適用水環境に対し、広範囲にまた選択的に効果を発現させる必要があり、効率的に光合成作用を活性化する光供給方法 (パルス法等) や、種選択的に Seed population を活性化する光供給法 (特定波長照射等) を確立することが課題である。

### 3. おわりに

電界・磁界、電磁波・光エネルギーを利用した水環境修復技術の開発研究において、処理により従来にない現象 (効果) が確認されており、それらの現象の発現機構を把握し、活用していくことが課題となっている。これらの課題を解決していくためには、基本的な生物・化学・物理的知見に加え、関連する量子生物学的な機構を十分に理解し、応用していくことが、実用的な新技術開発への近道と考えている。

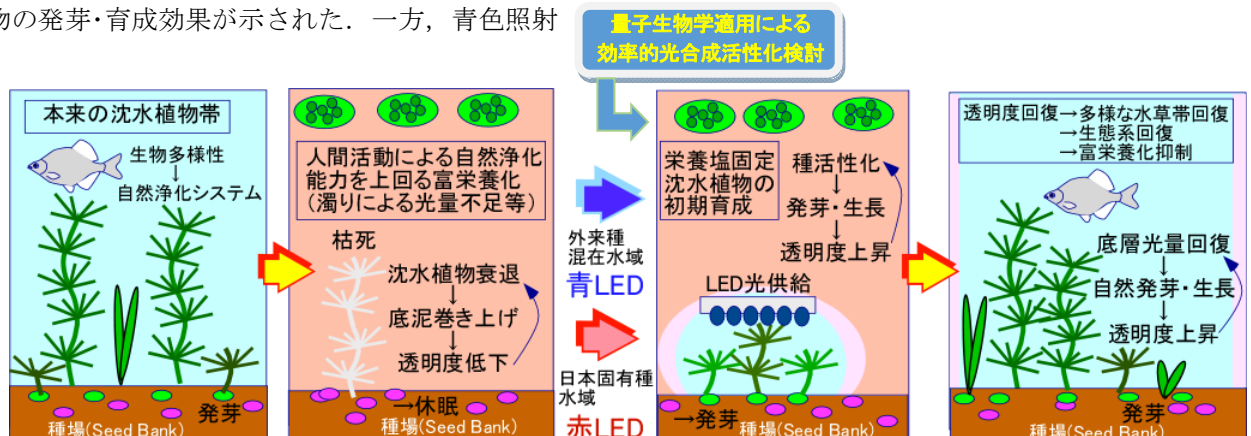


図-5 LED 照射法による沈水植物帯修復の概要