

## 平成17年度環境技術開発等推進費 事後評価結果のとりまとめについて

事後評価については、従前から評価のコメント等のとりまとめを行い、公表してきたところです。平成15年度からは、内閣府総合科学技術会議から評価を定量化するよう指導もあり、評価の定量化を行いました。

今年度も、前年度に引き続き、総合評価の項目を設け、各評価者が5段階で総合評価した結果を集計し、A～Eの5段階評価として示しています。

### 評価項目

研究の進め方、 研究の成果、 今後の発展への期待、 発表会での発表、 その他評価すべき点、 総合評価の6つとし、 総合評価については、

- A (非常に優れている)
- B (優れている)
- C (どちらともいえない)
- D (優れているとはいえないが、実施した意義はある)
- E (優れているとはいえず、実施した意義も乏しい)

の5段階で評価しています。

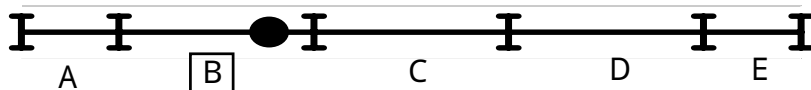
### 総合評価の算出

各評価者のA～Eの評価を点数化し、その平均点のランクに応じてA～Eの5段階評価として算出しています。

### 総合評価結果の表示

A～Eの平均点のランクには一定の幅があることから、平均点の位置をわかりやすく示すため、次のようなスケール上の点(●)として表示しています。

総合評価：Bの例



# 静電式分級濃縮技術を応用した大気中超微小粒子の組成分析手法の開発

研究開発代表者 国立大学法人 埼玉大学大学院理工学研究科 坂本 和彦

技術分野 環境監視計測・高度情報化分野（大気環境）

研究期間 平成15～16年度

研究予算総額 96,029千円

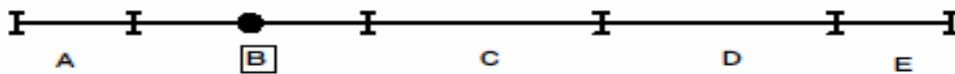
## 1. 研究概要

近年、ディーゼル排ガス等から排出される $0.1 \mu\text{m}$  ( $100 \text{ nm}$ ) 以下の超微小粒子 (UFP) による人体への健康影響が懸念され始めている。そのため、UFPのみの組成情報を得る必要があり、粒径、質量ともに小さいUFPを効果的に分級濃縮する手法の開発が望まれている。本研究では、 $0.1 \mu\text{m}$ 以下のUFPを選択的に分級できる繊維層を用いたインパクトフィルタの開発と、さらにインパクトフィルタにより分級後、分級粒子を軟X線とコロナ放電による非平衡荷電技術により帯電させ、静電的にUFPのみを大流量で高効率に濃縮捕集する超微粒子用静電濃縮捕集装置 (ECUFP) の開発を試みた。さらに、ECUFPの実大気応用に向けたUFP大気挙動の把握のため、室内外におけるUFPの個数濃度観測も併せて行った。

その結果、1) 設計流量 $40 \text{ L/min}$ において、 $0.1 \mu\text{m}$ に50%カットオフ径を持つインパクトフィルタを開発した。2) UFPの組成を大きく変化させることなく、UFPを高効率に荷電分級濃縮可能なECUFPを開発した。3) 道路近傍において、UFPは高い個数濃度で定常的に存在し、自動車排ガスの影響を強く受けていることが示唆された。4)  $0.1 \mu\text{m}$ 以下のUFPは、室内外相関において異なる挙動を示すことが確認された。5) ECUFPを用いた道路近傍の実大気サンプリングにより、UFPには比較的多数の多環芳香族炭化水素類 (PAHs) が含まれており、また様々な由来のイオン成分が混在している可能性が示唆された。

## 2. 評価結果

総合評価：B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
<p>今後、研究の発展は期待できるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>前処理としてのインパクトフィルタの実用化開発に関して、今後継続して推進してほしい。</li> </ul>	<p>インパクトフィルタに関しては、理論計算にもとづく分級性能の詳細な評価、ならびに、実大気サンプリングにおける性能評価を継続的に進め、それらの成果は、論文等にも随時発表する予定である。</p>
<p>その他評価すべき点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実用化に近い成果が出ていることは評価できる。</li> <li>口頭発表は多いが、論文がないのが気になる。</li> <li>特許は2件出ている。</li> </ul>	<p>特許申請との関係もあり、論文発表は遅れていたが、上述したように、インパクトフィルタ、ならびに、実大気サンプリングにおける性能評価等は、随時論文に発表していく予定である。</p>
<p>総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超微小粒子の採取に関して、化学成分組成に影響を及ぼさないとされるサンプラーが開発されたことは高く評価できる。沿道からの超微小粒子中の有機成分の含量はディーゼル車対策によってどう変化するかも調べてほしい。</li> </ul>	<p>道路沿道ならびにそこからの距離、高度別の超微小粒子に関するサンプリングと大気挙動調査は、現在継続的に行っており、その結果から、今後のディーゼル車影響についても検討していく予定である。</p>

- ・超微小粒子については、今後大きな問題になり得るので、継続して開発を進めてほしい。
- ・特許申請のため学会発表ができていないとのことであるが、今後学会発表、査読のある学術雑誌への論文投稿をしてほしい。
- ・100nm 以下をひとまとめにするだけでなく、数 10nm 以下で分析できる方向にもって行ってほしい。

また、査読のある国際誌等への投稿は、上述したように、今後、随時進めていく予定である。現在の装置は、インパクトフィルタにより 100 nm 以下をひとまとめに取り出し、静電的に 50 nm 付近でさらに分級濃縮する装置となっている。現在の荷電効率から考えて、10 nm 付近での静電的な分級濃縮はかなり厳しいと考えられるが、他の手法等もふくめて、検討する価値は十分あると考えている。

# ナノ反応場を活用した酵素活用生分解水環境改善システム技術の開発

研究開発代表者 独立行政法人 産業技術総合研究所 横川善之  
 技術分野 環境改善修復(水環境)

研究期間 平成 15～16 年度  
 研究予算総額 76,946 千円

## 1. 研究概要

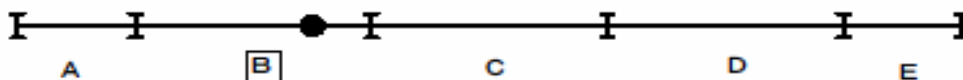
有用微生物による生分解システムは環境低負荷浄化法であるが、さらに消化酵素など生体触媒を活用することによって、温和な条件下で選択的に分解反応が進む、ミニマム型システムの構築が期待されている。本研究では、持続的で効率の良い生分解システムを実用化するために、汚染物質の分解に有効な微生物やその産生酵素が担持・固定化されたナノサイズ気孔を持つセラミックス担体を開発し、微生物を生物反応槽に高密度に保持するための制御システム、さらに、担体の機構設計とそのスケールアップ技術の開発を通して、微生物/酵素ナノ反応場による高効率処理・水環境浄化システムとその実用化技術を開発した。

湖沼のヘドロから調製した、微生物担持に適した数十ミクロン以上のマクロ気孔に、生体触媒(酵素)の担持に好適なナノサイズの微細孔を形成するために3通りの手法(SBA コーティング、Sol-gel コーティング、アルカリリーチング)を確立した。汚染物質に対して特異な分解反応を促進させる微生物生体触媒を固定するための最適な気孔サイズや表面機構について検討し、酵素の分子サイズに応じて数 nm～45nm の範囲で気孔径を調製することにより、生体触媒固定能が高度化できることを確認した。

アルカリリーチング法による担体では、湖沼の有害物質であるマイクロキスチスを選択的に吸着し、マイクロキスチン分解菌共存下でそれを最も効果的に削減した。ナノポーラスヘドロセラミックスは酵素固定化能が高く、固定化酵素の酵素活性は安定して発現できる。油分除去を目的として、担体にリパーゼを固定化した試験では、低コストで高機能処理できることが実証された。

## 2. 評価結果

総合評価：B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
今後、研究の発展は期待できるか。 ・ラボスケールで更に検討すべきこととして、何が残されているのか、より明確に整理して報告してほしい。	今後の幅広い展開・実用化を考慮し、今回検討した酵素以外や微生物/酵素の共用でも、ラボスケールで、評価を行う必要があると考えている。
総合評価 ・実験室段階の研究結果のようであるが、今後実際の現場に適用して検証する必要がある。 ・ラボスケールでは良好な結果が得られているが、中小事業所の排水量レベルでの連続処理を実地検証すべきではないか。 ・ヘドロセラミックス等の意味はない。新しい固定化酵素の担体を開発したという点は面白いが、実排水に適用する時に起こり得る種々の問題に道をつけることが必要である。	・ラボスケールと比べ大量の担体を準備する必要があり、セラミックス企業と共同研究の準備を開始するなど、体制を整えている。 ・ご指摘の通り、今後の規制や市場性を考慮し、中小事業所での実地検証は大切な課題である。 浄化槽等の専門メーカーと連携し、中小事業所レベルでの連続処理へと進める準備をしている。

・きわめて不均質な物質であるヘドロを原料にすることの有効性に疑問が残る。重金属その他の含有率などのバラツキから性能が一定しないことが考えられる。

・ヘドロセラミックスは、微生物担体の一つとして使用したが、微生物を用いたラポテストでも良好な結果を得ている。本研究で提案した微生物担体としてポテンシャルが高いと思われるセラミックスの実用化に関し、コストの問題がある。原料が安価で安定供給される微生物担体なら、どれも本技術を適用可能である。高純度なセラミックス IC 基板層など、以前、微生物担体として評価し、良好な結果だったこともあり(未発表)、可能性を検討したいと考えている。

# 土壌等由来微生物によるヒ素汚染土壌の浄化に関する研究

研究開発代表者 東京大学環境安全センター 福士謙介  
技術分野 環境改善修復分野（土壌環境）

研究期間 平成 16 年度  
研究予算総額 6,341 千円

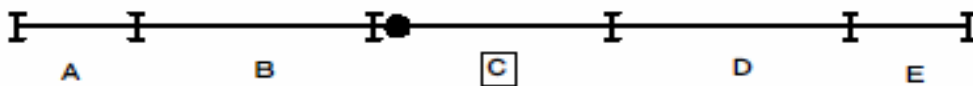
## 1. 研究概要

ヒ素による土壌、水域、地下水の汚染は人為的や自然的なものがあり、バングラデシュ、南部タイ、中国で今なお大規模かつ深刻な汚染が存在することが知られている。ヒ素はその化学的な性質から、現在の技術では除去が難しい。本研究ではヒ素を気化させる特殊な微生物に着眼し、その機構を浄化プロセスに用いることが可能かどうか検討を行った。

その結果、混合微生物を用いて液体や固体に含まれているヒ素を毒性が約 1 万分の 1 である気体状のヒ素に効率よく変換することに成功した。試算によると、自然状態で通常数万年かかる土壌中のヒ素の気化による浄化が、本研究で得られた成果を活用すると、30 年から 90 年で可能であることがわかった。

## 2. 評価結果

総合評価：C



評価者の主なコメント	研究者からの回答
研究の進め方は適切であったか。 ・できれば微生物の専門家と組むのが良い。	今後は微生物学の専門家の助言を得る形で研究を進めたい。
当初想定していた成果が得られているか。 ・当初の期待とは異なる結果であるが、微生物のヒ素気化機能を示した点は評価できる。 ・モノメチル化体が揮発することは予測できたはずである。	小規模で行った定性的事前実験ではモノメチルヒ素に加えてトリメチルヒ素も検出されていた。集積培養系でこれほどヒ素メチル化速度が大きくなるとは予測されなかった。大きいメチル化速度が大量のモノメチルヒ素の揮発を促したと考えられるが、事前に予測することはできなかった。
今後、研究の発展は期待できるか。 ・実用化の可能性を判断できるデータは得られていない。	実用化にはまだ隔たりがあることは否めない。今後適正な環境因子などを見極めていきたい。
その他評価すべき点 ・ODAなどの援助と関連してくる可能性もあり、重要な貢献ができる可能性がある。 ・研究発表は必ずしも多いとは言えない。	研究発表に関しては研究期間が実質半年であったため、成果が遅れて出てきている。報告書に記載された発表に追加して数編の発表が行われる予定である。

#### 総合評価

- ・開発途上国の現場で、処理可能な技術にまで発展する可能性がある。
- ・微生物学的な観点が少ないのが問題。微生物の専門家と協力するのが(今後)必要だと思われる。テーマは重要なので、がんばってほしい。
- ・ヒ素循環における微生物による気化の様態やプール間のフロー速度などの推定に寄与するのであれば、意義があると思われる。実用化には安全性評価における不確実性など問題も少なくないと思われる。
- ・研究目標の妥当性を、研究結果に基づいて、再検討すべきである。
- ・従来 of 知見を確認した程度の結果しか得られていない。もう少しエンジニアリングの視点からの知見を収集し、実用化を目指すべきである。研究テーマを汚泥に変更したことでより実用化に近づいたので、気化に必要な炭素源の質量、リアクターの装置特性など、明らかにすべき因子が残り過ぎている。

指摘のように、本プロセスが環境に与えるインパクトを検証するため、自然界のヒ素循環を把握するプロジェクトを企画している。その中で本プロジェクトの目的の妥当性・適応範囲なども再検討していきたい。自然的な汚染だけではなく、PMAA 等の物質に関しても浄化の可能性を調べたい。

微生物学的・酵素学的観点からの研究に着手しており、専門家の助言を得るようにする。

実用化のための手法などを現地(バングラデシュやタイ)の研究者と共同で企画したい。特にバングラデシュにおける浄水汚泥の浄化には近日中に着手予定である。

# 土壤環境健全性評価のためのオンチップマイクロコズムの開発

研究開発代表者 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構

中央農業総合研究センター 乙部和紀

技術分野 健全な生態系の維持・再生分野（土壤環境）

研究期間 平成 15～16 年度

研究予算総額 51,126 千円

## 1. 研究概要

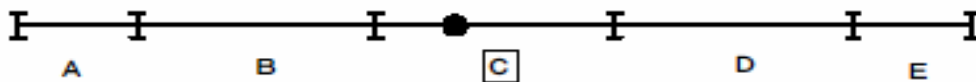
重金属や有機溶媒等による土壤汚染のモニタリング手法の一つとして、多様性の豊かな線虫を環境指標動物として利用する手法が注目されている。そのためには、線虫の種類を簡便かつ低コストで分類・同定できる技術が不可欠である。本研究では線虫の行動パターンに着目して簡易的に分類・同定するための線虫行動観察制御装置を開発した。

まず、微細加工技術の一つであるマイクロモールド技術により、数十マイクロオーダーの微細な空間構造を有するオンチップ（集積）化土壤モデルを低コストで製造する技術を確立した。同時に、行動パターン計測に適した微細空間デザイン、画像処理・可視化手法、ならびに忌避物質による空間内の化学修飾手法を開発した。これらを用いて、微細空間内で水流にさらされた線虫の特徴的行動パターンを見だし、植物寄生性線虫と昆虫病原性線虫の違いを簡易的に判別できることを示した。さらに野外での使用を想定して、CCD 顕微鏡と組み合わせたポータブルな線虫行動観察装置を、環境機器メーカーの株式会社イガデンと共同開発し、平成 17 年 4 月より販売を開始した。

以上の成果は、重金属、農薬、有機溶媒などの環境負荷物質に特異的な行動パターンを示す線虫種の探索や、環境に優しい土壤消毒剤の開発への利用が期待される。

## 2. 評価結果

総合評価：C



評価者の主なコメント	研究者からの回答
研究の進め方は適切であったか。 ・ポイントになる基板を Si で作るのにマスクが 50 万円するが、と躊躇するのはおかしい。目的と結果がずれたことは認めるべき。	実用化を見据えた装置開発には製造開発コストの削減努力が肝要であるとともに、実用化以後も当然必要となる開発・改良のコストを考慮して、より低価格で実現できる微細加工基板製造手法の開発を行った。また、本課題の目的から、基板を作成するための型の材質について制約はないため、微細三次元加工が可能なものでさえあれば、シリコン基板にこだわる必要はないものと考えている。 「目的と結果のずれ」とのご指摘については以下のように考えている。本課題の目的の一つは、デザインされた微細三次元構造を有する基板を有する線虫行動解析装置の開発であり、本課題遂行の結果、少なくともこの目的は達成されている。また、土壤環境の健全性指標として、生息線虫種の多様性が重要と考え得る知見を当課題遂



	<p>行の過程で得ている。それを支持する報告も過去に存在している。重金属に感受性の高い線虫種もすでに数種知られていることから、汚染物質に対する線虫の反応を迅速に評価する手法へのニーズがあることは間違いない。したがって、線虫の行動を簡便な指標とした評価装置の開発という方向性に問題はないものと考えている。</p> <p>しかしながら、最終的な目的である「上記装置を利用した土壌健全性評価」の有効性については、検証不十分のために達成されていないので、ご指摘の「ずれ」が「達成度が不十分」を意味するものであれば、ご指摘のとおりである。</p>
<p>当初想定していた成果が得られているか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・チップの開発自体は目標を達成しているが、どのように土壌環境の評価に使うのか、理論的考察が欠如している。</li> <li>・土壌から離れてしまったが、面白い所に行きついた印象である。</li> </ul>	<p>「土壌環境の健全性と線虫相の多様性との間には相関がある」との仮説は定説化している。ただし、90万種とも100万種とも言われている膨大な多様性を誇る線虫の多様性を評価する実用的な方法は、専門家による目視鑑別以外に存在していない。そこで本課題では、線虫の微細空間における行動という指標を利用して、検査対象土壌に生息する線虫種を大まかにカテゴライズすることにより、多様性の評価ができないか、という発想の原点であった。これは、従来のゲルプレート上における行動観察では達成不可能である。この点については、本課題遂行の過程で、植物寄生性線虫と昆虫病原性線虫との行動上の違いを本装置により見分けることができることを確認している。加えて、微細加工基板の表面修飾特性を利用することにより、特定の官能基に対する反応性の違いを簡便に評価できることがわかったので、この特性を利用した化学物質や重金属に対する応答性線虫の選抜や、対象物質固定化基板と線虫をセットにした検査キット等の利用法が示唆された。</p> <p>しかしながら、装置開発に傾注するあまり、応用面での利用メリット提示につながる知見の蓄積が不十分であることは否めない。ご指摘を真摯に受け止め、今後の研究開発において、土壌環境評価を通じた環境評価装置としてソフトウェア面での充実を図りたいと考えている。特に、重金属や特定の化学種に対して反応性の高い線虫種の選抜に威力を発揮するものと考えているので、今後はこの方向で研究開発を進めていく所存である。</p>
<p>その他評価すべき点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ポータブルな線虫行動を調べる簡易装置が開発されている。</li> <li>・特許申請および製品化は高く評価される。</li> </ul>	<p>課題達成目標の一部にすぎないが、簡便な装置化を通じて、研究開発ニーズの開拓につなげていく所存である。</p>

### 総合評価

- ・研究タイトル「土壌健全性評価」は本研究成果の中で、十分に達成されたとは判断できない。線虫の動きと土壌環境健全性評価の関係については、今後の発展を期待している。タイトルをもう少し絞り込んだ方が良かったのかもしれない。
- ・オンチップマイクロコズムの開発の面では評価できるが、土壌環境健全性評価の面では、更なる検討が必要と思われる。
- ・研究の目的としている線虫の多様性に関わる定量的指標によって土壌健全性を評価するという内容にはなっていないが、開発された装置は個別の種の生態特性の解明を通じて、種指標のスクリーニングには役立つ可能性がある。
- ・土壌モデルにはならないと思うが、色々な評価に使える。構造を作る材料は他にも色々考えられるので、シリコンにこだわる必要はないと思われる。
- ・線虫が土壌の健全性評価とどのような関係があるのか明確でない。
- ・線虫の観察装置の開発にとどまっており、装置をどのように用いて、多様性データを得るのか、さらに、多様性データを如何にして土壌環境の健全性評価に活用するのか、などアプリケーションが示されていない点は、所期の目標を達成したとは言えない。

ご指摘にお応えするため、微細加工基板の表面修飾特性を利用することにより、特定の官能基に対する反応性の違いを簡便に評価できることが本課題遂行の過程でわかったので、この特性を利用した化学物質や重金属に対する応答性線虫の選抜や、対象物質固定化基板と線虫をセットにした検査キット等の利用法などを検討していく所存である。

示唆いただいた基板の構造材料については、微細加工技術分野では研究開始時点（3年前）よりも日進月歩で進展が見られ、ご指摘のとおりガラス、アクリルなどの素材を微細加工する技術がすでに一般化している。開発・販売コスト的に見合う手法については、今後とも取り入れていく所存である。

土壌環境の健全性指標として、生息線虫種の多様性が重要と考え得る知見を当課題遂行の過程で得ている。それを支持する報告も過去に存在している。また、重金属に感受性を有する線虫種もすでに数種知られていることから、汚染物質に対する線虫の反応を迅速に評価する手法へのニーズがすでに存在している。

本課題遂行の中で植物寄生性線虫と昆虫病原性線虫との行動上の違いを本装置により見分けることができる点と、微細加工基板の表面修飾特性を利用することにより、特定の官能基に対する反応性の違いを簡便に評価できる点を報告していることから、一部はお応えできていると考えている。しかしながら、「多様性データとして不十分」「アプリケーションが示されていない」とのご指摘は真摯に受け止めている。今後は、得られた知見を利用した化学物質や重金属に対する応答性線虫の選抜や、対象物質固定化基板と線虫をセットにした検査キット等として開発を継続していきたいと考えている。

# 水辺移行帯修復・再生技術の開発

研究開発代表者 独立行政法人国立環境研究所 高村典子

技術分野 健全な生態系の維持・再生分野（自然環境）

研究期間 平成15～16年度

研究予算総額 44,645千円

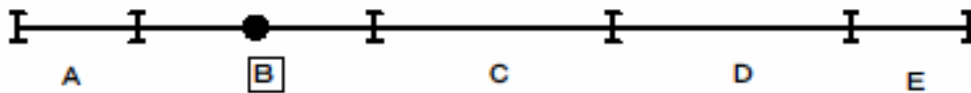
## 1. 研究概要

湖沼沿岸域は、本来豊かな生物相に恵まれ、それ故に公益的機能を有する場と認識されている。しかし、過去約半世紀にわたる人間活動により大きく破壊された場となり、その再生と修復は我々の世代の重要な課題になっている。本研究は、平成14年（2002年）に国土交通省により霞ヶ浦で実施された湖岸植生帯再生事業を実証実験として捉え、自然再生事業一般に広く応用できる再生技術を開発することを目的として研究を実施し以下の結果を得た。

湖底に堆積した土砂中の土壌シードバンク（土中にあり、発芽力を維持している種子の集団）は、開発などで失われた湖岸植生を再生させる際の材料として有効である。またシードバンクの種組成は土砂の堆積場所によって異なること、場所によっては外来種が含まれる場合もあることから、植生再生事業での活用に当たっては十分な事前調査を行うことが重要である。富栄養化の進行で透明度の悪い富栄養湖においても、土壌シードバンクとバイオマニピュレーション（動物プランクトン食の魚を除去することなどで動物プランクトンへの捕食圧を下げ、大型の枝角類を増やし、これに植物プランクトンを摂食させることで透明度を上げる生物操作）の双方を活用することにより、沈水植物群落を再生できる。

## 2. 評価結果

総合評価：B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
<p>研究の進め方は適切であったか。</p> <p>・霞ヶ浦の植生帯の衰退が、堤防の構造あるいは水質の悪化とどの程度の関わりがあるのか判断できないのか。</p>	<p>・本研究から、堤防の築造は抽水植物群落の衰退の主要な要因であったことが、霞ヶ浦内の地点間の比較の結果から示唆された。堤防の構造と植生帯衰退の関連については、植生に配慮した堤防の構造を提案するためにも、今後検討したい課題と考えている。また沈水植物群落の衰退には、一般に水質（特に透明度）や水位の改変が影響することが知られており、霞ヶ浦でもこれらが主要な要因と考えられるが、定量的な解析、種間の影響の違いなどについては今後の課題である。今回、隔離水界実験から、透明度の回復により沈水植物が土壌シードバンクから再生することが示されたため、透明度の悪化は沈水植物群落の衰退の大きな要因であると考えられる。</p>

<p>当初想定していた成果が得られているか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>湖水位管理の重要性を示す成果が得られている。</li> <li>水位の改変が植生帯の衰退に関わっているというのは、どのような機構が解明すべきであると考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>湿生植物の発芽に及ぼす水位の影響については、水位の平均値と共に季節的な変動パターンが重要であることが本研究から示唆された。これらの要因が、実際の湖岸植生の衰退に及ぼす影響については、地形学的な視点と総合して、今後検討を進めるべきであると考えている。</li> </ul>
<p>今後、研究の発展は期待できるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>植生帯衰退の理由がどの程度までわかれば実用化できるのか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壌シードバンクを活用した湖岸植生の再生についてはすでに実用化が開始されており、これらの場所の順応的管理を通して、再生技術・方法論を確立することが重要であると認識している。ただし、衰退要因は湖沼ごとに特有の問題があるので、個別の検討も重要といえる。</li> </ul>
<p>その他評価すべき点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>湿地帯のみならず、内陸部においても同じような結果になるとすれば、種々の植生再生に役立つと考える。</li> <li>水位の変動と植物プランクトン、動物プランクトン、魚（在来種、外来種）の関わりが明らかにされた。</li> <li>霞ヶ浦から他の湖沼への発展が期待される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>植生再生における土壌シードバンクの活用については、森林、湿原などで検討が進められ実用化されたケースもある。これらの結果からは、目標とすべき種が含まれないケースや、外来種の比率が高いケースなども知られており、十分な事前調査が必要であると認識されている。本研究からは湖底の土壌シードバンクの有用性の高さが示された。他の湖沼においても、事前調査は必要であるが、土壌シードバンクの活用は検討すべき選択肢であることは間違いない。</li> </ul>
<p>総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>シードバンクの発想はおもしろい。得られた知見は常識的であるが、逆に実際の湖沼の水辺修復に十分適用可能であり、高く評価する。緑の再生の提案でも、近隣の森の種子を集め、それを苗として、植林する手法が注目されたが、通ずるアイデアである。</li> <li>シードバンクによって消失した種を再生する可能性を実地で示した点は特に評価できる。</li> <li>湖水位と地形の関係、生態系の関係を明らかにしており、将来の閉鎖性水域の管理のあり方に役立つ成果が得られている。</li> <li>微地形の変動は研究のレベルで明らかにされている。しかしながら、霞ヶ浦の生物多様性の保全が水位変動だけにしぼられてしまっている懸念がある。</li> <li>事例が沢山あると思われず、植生復元について様々な資料を集める必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>湖沼の生物多様性の保全については、流域、沿岸域、湖沼内と異なる空間スケールでの取り組みが必要であると考えている。例えば、流域では産業やライフスタイルの変遷が土地利用の変化を通して、湖沼の水質に大きな影響を及ぼしている。また、湖沼内では水産漁業や外来魚の導入が、湖沼生態系を大きく変える。これらも、湖の生物多様性の保全を考える上で重要な要因であることは認識している。さらに、自然科学的な視点だけでなく、湖と人との関わり方という視点も必要であろう。本研究は、この中で、緊急性が高く、かつ実用化しやすい沿岸域の植生帯再生に集中して研究を実施した。今後は、他の要因も含めた総合的な湖沼管理に関する研究に発展させたい。</li> <li>湖沼において植生復元の事例は徐々に増えつつある。今後、他の湖沼の事例と比較研究を行うことでより確度の高い技術開発ができると思われる。</li> </ul>

# 豊かな生き物を育む湖沼の再生 汚濁湖沼の底質改善技術開発による健全生態系の構築

研究開発代表者 財団法人茨城県科学技術振興財団 霞ヶ浦水質浄化プロジェクト 深澤 幸義  
 技術分野 健全な生態系の維持・再生分野（自然環境） 研究期間 平成 15～16 年度  
 研究予算総額 94,873 千円

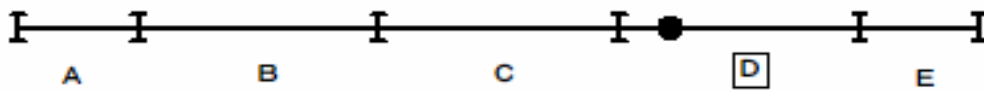
## 1. 研究概要

近年の霞ヶ浦は、著しい水質汚濁の進行により藻類の異常発生、地域産業の重要な資源である魚介類の極度の減少が見られる。このような生態系の乱れを修復し、早期に健全化を図ることが急務である。これまで多くの水質改善技術の開発が進められ、湖内への流入負荷削減対策技術は大きく進歩したが、湖の負荷全体の 50% を占めるといわれている底泥からの内部負荷に対する技術開発は著しく遅れている。本研究では、湖底の底質改善が、健全生態系の構築につながると考え、底泥流動・酸化促進装置および人工藻場モジュールの実用化を目指した。

今回導入した底泥流動・酸化促進装置では、藻類の除去と底泥の好気化に顕著な効果は認められなかったが、吸引水量をさらに増大させることにより大きく改善されることがシミュレーションにより確認された。人工藻場については、アオコおよび濁度の改善効果は高く、沈水植物の植栽が困難な汚濁湖沼においても、それに変わる浄化手法としての利用が期待される。

## 2. 評価結果

総合評価：D



評価者の主なコメント	研究者からの回答
<p>研究の進め方は適切であったか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>底質改善技術を大がかりにフィールドで行う必要があると思えない。室内実験を中心に行うべき研究と思われる。</li> </ul>	<p>本研究プロジェクトでは、実用性を踏まえると室内実験中心では成果を得る上で限界があると考えて、フィールド試験と基礎試験とを同時並行で実施したものである。なお、室内実験の基盤研究からフィールド試験での湖沼環境改善技術の効果を把握する上での微生物学的解析の基盤が構築できたことは成果であったと考えている。また、本装置に関するパラメーター解析・シミュレーションにより、効果的な装置設計、効率的な導入方策についての基盤は構築できたと考えている。</p>
<p>当初想定していた成果が得られているか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>底泥における窒素無機化などの動態についての成果が得られている。</li> <li>バイオフィームが成長するモジュールの水質浄化効果が得られている。</li> <li>この装置の実現性のことが検討されていない。霞ヶ浦でこの研究を行うのが適切とは思われない。</li> </ul>	<p>底泥における窒素循環の促進は湖沼再生において極めて重要な位置づけにあるが、微生物解析を踏まえた底泥における窒素の動態についての成果が得られ、本技術の効果的な導入の重要性が示されたといえる。</p> <p>また、本研究では底質改善と同時に毒性物質を産生する藻類の対策技術も視野に入れて実施したものであるが、本モジュールはバイオフィーム形</p>

	<p>成に有用であり、有毒藻類を捕食可能な微小動物の住処および懸濁物質のろ過効果が極めて高く、高い水質浄化効果が得られることがフィールド試験において明らかとなった。このことから、底泥流動・酸化促進装置との併用(ハイブリッド化)により効率的な実用化が図られるものと考えられ、霞ヶ浦をはじめとする湖沼、池沼対策への適用が期待されると考えている。</p>
<p>今後、研究の発展は期待できるか。 ・導入の規模について検討してほしい。</p>	<p>対象とする湖沼、池沼の規模・汚濁状況等に応じた本技術の導入規模はシミュレーション等で検討しているが、霞ヶ浦では十基程度で対応可能と試算されている。対象とする湖沼の規模、汚濁状況に応じて、さらに検討を行っていきたいと考えている。</p>
<p>その他評価すべき点 ・研究発表は十分である。装置の実用化も可能であると思われる。 ・設備そのものの有効性が弱い。どこでどのくらいで利用可能かなどの見通しが見つからない。</p>	<p>本研究成果によって、湖沼再生を図る本技術の実用化に向けた基盤が構築されたと考えている。今後、本技術の普及・展開を図る上では対象とする池沼の規模・汚濁状況等に応じた本技術の導入規模の検討を含めた更なる改良・パラメーター解析が重要となる。これらの解析により、適用の可能な利用範囲が明らかになるといえる。</p>
<p>総合評価 ・目標とした成果は得られていないが、今後とも検討に値するものと考えられる。 ・流動・酸化促進装置の有効性の検討は未完であり、実用化可能性を判断できる段階には至っていない。 ・底泥流動装置は今後改善すべき課題がある。 ・底質改善技術開発を行う場が霞ヶ浦では大きすぎると考える。 ・本テーマは、はじめに装置ありきで研究をスタートしているので、基礎研究の部分が浮いてしまっている。むしろ、実用化における問題点を一つずつクリアーにして行った方が良かったのではないか。気になる点は、装置が水深5mを対象としているが、通常のため池を考えると、水深2～3mでは適用できないと思う。 ・底質を改善するための重要な要因である発生する原因の解析がされていないため、研究の目的と実施に無理がある。 ・研究内容が研究目的に対応せず、また脈絡のないデータの提示に終わっている。</p>	<p>本技術の普及・展開を図る上では、今後、対象とする池沼の規模・汚濁状況等に応じた本技術の導入規模の検討を含めた更なる改良・パラメーター解析により目標とする成果が得られると考えている。</p> <p>なお、流域対策による流入汚濁負荷の削減にもかかわらず水質が改善されないのは、これまでに蓄積された湖沼底泥における汚濁物質の回帰(内部負荷)対策が不十分であることから、底泥の好気化による窒素、リン溶出抑制対策は効果が得られると考えている。限られた研究期間で、目標とする成果に達していなかったものの、研究目的は妥当であったと考えている。</p> <p>本研究では底泥における有機物、栄養塩類の酸化分解、無機化、脱窒素等に関して、反応を担う有用微生物群のレベルから解析を行い、底泥の好気化による底質改善効果の把握をはじめとした基盤研究および本技術の実用化に向けたパラメーター解析の結果が得られたが、水深は重要なパラメーターであることから、水深特性を踏まえた装置改良等を行うことにより、これからの発展が期待できるものと考えている。</p>

# バーコード標識酵母を用いた長期環境汚染モニタリング装置の開発に関する研究

担当機関 経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所 岩橋 均  
 技術分野 環境監視計測・高度情報化(リスク評価)

研究期間 平成 15～16 年度  
 研究予算総額 89,447 千円

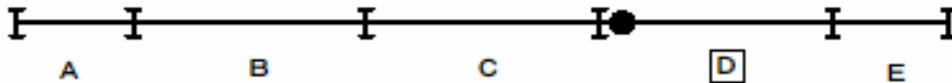
## 1. 研究概要

ゲノム科学の進展により、酵母細胞を用いた実験系では、バーコード DNA マイクロアレイ(識別情報を特定した DNA 群を 2 次元配列状に布置固定して、毒性に対する生物反応の様相を多元的に計測する手段)が開発され、バーコード標識酵母についてのポピュレーション解析(毒性に反応する対毒感受性株の個体数の変化についての解析手法)が可能になってきた。このことは、バーコード標識された酵母を一定期間環境ストレス下に暴露した後、増減変化するストレス抵抗性やストレス感受性を示す酵母群を解析することが可能になり、バーコード標識酵母のストレス耐性を指標にすることによって、長期間に亘る暴露環境の影響を評価することが可能になったことを示している。

そこで、長期的な暴露環境からの影響を評価するための環境影響評価装置システムを構築することを目指して研究を行ってきた。すなわち、連続的な培養に適した培地を検討し、化学物質に対する抵抗性遺伝子破壊バーコード酵母の選択を推進し、そのために連続運転装置を完成した後、実際の環境サンプルや各種化学物質を装置に付与して、最終的には、バーコード標識酵母を用いた長期環境汚染モニタリング装置システムを構築してきた。本装置システムを用いることにより、これまで急性毒性試験にしか利用できなかった微生物を用いることで、長期暴露環境についての影響を評価することが可能になる。

## 2. 評価結果

総合評価：D



評価者の主なコメント	研究者からの回答
研究の進め方は適切であったか。 ・現実への適用の視点が弱い。	生体影響の分野において、実用という点で最も重視すべき事はシステムの再現性と信頼性であると考えており、それを目標に研究した。「適用の視点が弱い」と言われるご指摘の意味が分からない(感度ということであろうか)。
その他評価すべき点 ・招待発表がいくつかあるのは注目されている証拠だと思う。 ・感受性株が使えないのは致命的ではないか。	研究成果発表会で「感度が遙かに悪い」とコメントされたその根拠(その当否)について再度ご確認いただければ幸いです。当方の発表内容が、説明の拙さもあり、十分にはご理解いただけていないのかと、懼れる。
総合評価 ・着実な研究ではあるが、目的との対応が不十分でやや自己完結的になっている。 ・遺伝子破壊株の培養装置や連続モニタリング装置開発などにおいて、かなり成果を挙げている	評価・コメントの根拠は、「感度が遙かに悪い」と言われた委員のコメントに起因しているものと思う。専門家のご指摘でもあり、発表者自身も悪いもの(感度)かと思った。その後調査したとこ

が、肝心の汚染モニタリングが実用レベルでできるかどうか疑問を残している。感度向上が必要。バーコード法が本当に有用であるかについて再検討することも必要。

- ・研究の中で、設定した目標には近づいたと思われるが、手法や機器の開発に手間取っており、実用可能性の検討が不十分で、さらに発展の可能性については判断できない。測定結果からリスク評価する方法の検討が実用化に向けての必須の課題である。

- ・手法は面白いが、感受性株が役立たなかったことは大変弱い。マイクロアレイにこだわりすぎた。

- ・成果が中途半端に終わってしまった印象がある。今後、実用化が可能かどうか疑問。特に、感受性株が取得できなかった点は弱い。

る、発表で示した感度については、試験プラントで利用されている単純連続モニタリング装置の感度に比べても遜色ないことが分かった。国際シンポジウムで、この発表研究内容と委員からの評価・コメントとを紹介してみたら、むしろ私の方の感度が良いと言われた。実際に示したデータは、Cd 10  $\mu$ M、約34 ppbまでは可能という結果であったので、この値は、排出基準の1/30、環境基準の1/3に相当する。なお蛇足であるが、評価委員への回答・説明と、発表に先立ち配布された成果集資料(ダイジェスト集)から、本研究課題は、生体影響分野の研究課題であり、化学分析・機器分析での課題ではないこと、このことについてはご確認・理解されているものと考えている。

それでもなお「感度が遙かに悪い」と指摘される場合には、その根拠についても科学的あるいは生物学的に示していただくよう、お願いいたします。

コメントいただいた「測定結果からリスク評価する方法の検討」については、的確なご指摘だと理解している。どのように良い手法を用いても、これができなければ、意味はないと考えている。この事については、今後の課題とさせていただきます。



# 生物微弱光発光計測の応用による藻類増殖阻害試験の高度化に関する研究

研究開発代表者 浜松ホトニクス株式会社中央研究所 数村公子  
 技術分野 環境監視計測・高度情報化分野（リスク評価）

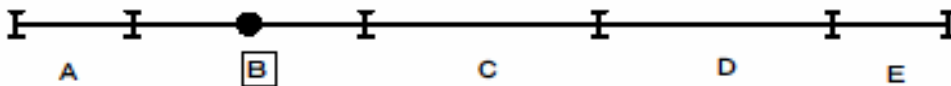
研究期間 平成 16 年度  
 研究予算総額 15,000 千円

## 1. 研究概要

環境中に放出される化学物質は、生態系の一次生産者である藻類の生長を阻害し、生態系全体に悪影響を及ぼす恐れがある。それ故に、藻類に対する化学物質の影響を迅速に評価し、的確な対策を講じることは、環境保全のために大変重要である。しかし、現在の試験法は、72時間の生長阻害を測定する方法であり、より短時間で効率のよい試験法が求められている。そこで、藻類の生長に関わる光合成への化学物質の影響を評価することができる遅延蛍光（生物微弱発光現象の一種）計測技術について、試験法への応用の可能性を検討した。その結果、遅延蛍光計測技術によって、化学物質の藻類への影響を1時間程度で評価でき、さらに、化学物質の機能の違いも推定できる可能性が示された。また、環境計測機器としての最適化（計測手法の簡便化、小型・低コスト化）を図ることにより、環境自動連続計測や現場でのリアルタイム計測などへの実用化が大いに期待できる知見が得られた。

## 2. 評価結果

総合評価：B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
<p>その他評価すべき点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・曝露物質により減衰曲線の形状が変化するという興味ある現象を見出している。この現象を梃子に新しい展開が図られる可能性がある。</li> <li>・誌上発表にも努めてほしい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在、減衰曲線の変化についてより詳細な評価を進めている。</li> <li>・誌上発表については準備を進めている。</li> </ul>
<p>総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・藻類への化学物質影響評価法としての遅延蛍光の有用性を明らかにしており、新しいリスク評価法などとして発展しうる可能性がある。しかし、不明な点が多々あり、基礎研究も必要である。</li> <li>・実用化の可能性は高いと考えられる。減衰曲線への影響を解析し、メカニズムを解明する点は期待される。具体的な方針はあるのか。遺伝子操作を加えて、方法の可能性を広げるのも良いのではないか。</li> <li>・本法と従来法（藻類生長阻害試験）との比較は4物質に限られている。この部分の検討については、極めて不完全。</li> <li>・発生阻害のメカニズムの詳しい検討も併せて行う必要がある。総発光量以外に使える指標はないか。生長阻害ともっと良く対応するものはない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在、植物生理学的知見による基礎研究を並行して行っている。基礎研究知見と本法の評価結果を組み合わせることにより、新しいリスク評価法の実現を目指している。</li> <li>・基礎研究の知見をもとにメカニズムの解明をすすめている。今後、遺伝子操作の活用についても検討していきたいと思う。</li> <li>・本法と藻類生長阻害試験の比較については、被検物質を増加し試験していく計画である。</li> <li>・現在、基礎研究知見をもとに、総発光量以外に複数の評価指標を設定する方法を検討している。</li> </ul>

か。

・遅延蛍光のメカニズムを解明して減衰曲線のパターンの違いなどを説明していくことが必要。さらに、多くの化学物質に適用して特性を把握していくことが必要である。これらの課題が解決できれば実用化も期待できると思われる。

・リスク評価法として実用化するために、多くの被検物質の評価結果を蓄積し、より高精度の生長阻害評価や、被検物質の毒性メカニズムの評価をする方法を検討していく計画である。