

2. 茨城県

事業名	: 環境フロンティア技術開発
事業総括	: 角田 芳夫 (茨城県副知事)
研究統括	: 須藤 隆一 (東北工業大学客員教授)
新技術エージェント	: 田井 慎吾 ((有)つくばインキュベーションラボ取締役) : 上原 健一 ((有)つくばインキュベーションラボ取締役)
中核機関	: (財)茨城県科学技術振興財団
コア研究室	: (株)つくば研究支援センター内
県の担当部署	: 茨城県生活環境部霞ヶ浦対策課 (現環境対策課水環境室)

2.1 フェーズ までの要点

2.1.1 事業の目的

霞ヶ浦においては、水質汚濁や富栄養化が進行しており、その結果、アオコなどの植物プランクトンの大量発生による悪臭の発生や景観の悪化、動植物および水道水への悪影響が懸念されるなどの問題が顕在化し、その環境修復対策が重要となっている。

このような背景のもと、茨城県では「環境フロンティア技術開発」を課題として、汚濁湖沼等の水環境修復技術の開発(以下、霞ヶ浦水質浄化プロジェクト)および環境モニタリングのプラットフォームとしての新飛行船技術の開発(以下、新飛行船プロジェクト)を推進し、合わせて湖水浄化に係わる地域COE拠点の構築を目指した。

霞ヶ浦水質浄化プロジェクトでは、生物処理工学のバイオエンジニアリングおよび自然生態系において工学を導入したエコエンジニアリングによる水環境修復システムの開発とモニタリングシステムによる水質改善効果の総合評価を行い、また、新飛行船プロジェクトでは、地球環境保全のための高層大気の詳細観測および定常的な観測手段となる成層圏下層に長期滞在可能な飛行船を開発することを目的とした。

なお、結集型事業として取り組んだ課題のうち新飛行船プロジェクトについては、フェーズをもって終了し、既に終了報告済みであることから、以下、本報告書では、霞ヶ浦水質浄化プロジェクトを中心にまとめる。

2.1.2 フェーズ までの成果

(1) 地域COEの構築

大学、国(独立行政法人)や茨城県の試験研究機関、研究開発型企業の47機関、約130名の研究員が結集して研究に取り組んだ。

研究の中心となるコア研究室は、参加機関の有機的な連携の下に研究が進められるよう、つくば研究支援センター内に整備された。また、実証実験を行う場として、小絹、鶴沼、内水面水産試験場の3か所に実験ヤードを設置した。

さらに、霞ヶ浦水質浄化プロジェクトの円滑な運営とネットワークの構築を図るため、プロジェクト発足と同時に「霞ヶ浦浄化技術研究会」を設置した。

(2) 研究成果

平成9年11月に発足したフェーズ では、霞ヶ浦水質浄化プロジェクトの研究開発体制は3つの分科会(以下、WG)に分かれ、全体で8研究課題、56研究テーマとなっていたが、中間評価での指摘事項を踏まえ、平成12年度から始まるフェーズ では、4つのWGに分かれ、全体を14研究課題、32研究テーマに再編・集約した。以下、成果の概要をまとめる。なお、本プロジェクトではWGのリーダーを座長と称している。

A. WG 「流域対策技術の開発」(座長: 稲森 悠平((独)国立環境研究所主席研究官))

WG では、霞ヶ浦の流入環境負荷の約4割を占める生活排水系由来の有機物・窒素・リンの発生源対策および資源の循環再利用に関する研究を、3研究課題、30研究テーマから7研究課題、16研究テーマに再編・集約して行った。研究課題は、それぞれが独立したものではなく関連しているので、WG 全体としての成果をまとめると以下のとおり。

(a) 高度処理浄化槽システム

窒素除去の律速段階である硝化反応に係わる硝化細菌を後記WG (d)で開発したヘドロセラミックス担体に高密度に定着させる高度処理浄化槽システムを開発した。処理性能は、従来のセラミックスを用いた浄化槽と同等のBODが10mg/l以下、T-Nが10mg/l以下となることを確認した。

(b)リン除去・資源回収システム

プロジェクトとしての水質目標値 T-P0.5mg/l 以下の処理性能を有する鉄電解リン除去プロセスと吸着脱リンプロセスを開発し、このプロセスを上記(a)「高度処理浄化槽システム」に組み入れた窒素・リン除去高度処理浄化槽システムとして事業化した。

鉄電解リン除去プロセス:鉄電極を使用した電気分解によりリン酸鉄として沈降除去

吸着脱リンプロセス:粒状ジルコニウムフェライト系吸着担体でリンを吸着除去後、リンは高純度リン酸ナトリウムとして回収、担体は再使用

(c)有用微生物の高密度化システム

生活廃水の処理で重要な役割を担う有用微生物(ワムシ類)をスポンジ担体流動型高度処理浄化槽に高密度・定着化する手法を開発し、処理水の透明度向上が長期間続くことを確認した。

(d)ハイブリッド型河川・水路浄化システム

汚濁水を嫌気槽(プラスチック担体充填)と好気槽(セラミックス担体充填)のシリーズで処理後、脱リン剤吸着塔でリンを除去する浄化システムを開発し、除去率がBODで85%以上、T-Nで50%以上、T-Pで50%以上の浄化性能を得た。

(e)無動力型嫌気ろ床/土壌トレンチ浄化システム

生活排水等を嫌気ろ床/土壌トレンチを無循環、無動力で通過させて浄化する技術を開発した。目標水質に応じてこれを2~3セット接続することにより、水質がBODで10mg/l以下、T-Nで10mg/l以下、T-Pで0.5mg/l以下の浄化性能を実証試験で達成した。

(f)水耕栽培バイオパーク方式浄化システム

クレソン、クウシンサイなどの食用植物を植栽したバイオパーク方式の浄化システムを開発し、湖沼等に生息しているアシ、ガマより優れた浄化性能を有することを確認した。生育した食用植物は間引き収穫でき、間引きによって浄化能力を保持できた。

これ以外に、キャピラリーろ過による水の浄化技術、オゾン処理による難分解性有機物質(臭気物質)の分解技術などを開発した。

B.WG 「湖内対策技術の開発」(座長:松村 正利(筑波大学教授))

WG では、フェーズ で開発された汚濁湖沼の直接浄化に係わる要素技術を重点化して、3研究課題、17研究テーマから4研究課題、9研究テーマに再編・集約した。成果は以下のとおり。

(a)湖沼底質の改善浄化手法

湖底における溶残酸素濃度の高い冬季に耐冷性有機物分解菌を用いて底泥の無機化を促進し、溶存酸素濃度の低い夏期に密度流拡散装置を稼働させて底層の好気化を図りながら、汚泥を酸素の豊富な水中に懸濁させて酸化分解するシステムを開発した。

(b)微生物を用いた藍藻類除去システム

培養したアオコ溶藻細菌を生分解性プラスチックに固定した固定化製剤を用いた実証試験において、散布後2日間でほぼ全てのアオコが水面から消失できた。さらに、糸状性藍藻を効率よく捕食する原生動物のアメーバー類を見いだした。

(c)物理化学的手法を用いた藍藻類除去システム

既存の加圧浮上法に比べ装置費、ランニングコストともに優位な電気分解によるアオコ浮上分離法を開発した。さらに、高電圧パルスによって発生するラジカルの酸化力でアオコを分解する技術を開発し、生活排水や養豚廃水の処理にも適用できることを確認した。

(d)藍藻類・汚泥の有効利用

霞ヶ浦のヘドロから微生物付着性の高い多孔性担体ヘドロセラミックスの製造技術を開発した。ヘドロセラミックス担体として浄化槽の固定床などに使用する沈降性セラミックスとアオコ溶藻性細菌の担体などの浮上性セラミックスの2つを開発した。

C.WG 「モニタリング技術の開発」(座長:前川 孝昭(筑波大学教授))

WG では、霞ヶ浦を対象とした新規なモニタリング・環境評価技術の開発を継続し、2研究課題、9研究テーマから2研究課題、5研究テーマに再編・集約した。成果は以下のとおり。

(a)流域管理のモニタリングシステム

近赤外分光法を用いて環境測定した情報をニューラルネットワークを用いて解析することにより、富栄養化の主要因である懸濁態窒素、リン、クロロフィルa等の連続モニタリング、優

占藻類の識別と藍藻類発生パターン認識が可能となり、アオコ発生に影響する主因子を明らかにした。

(b)水質改善費用およびエネルギー投入効果の評価手法

結集型事業で開発された新技術と既存の水質浄化技術を組み合わせて、霞ヶ浦というフィールドにおいて最大限の水質浄化効果を発揮しうるパターンを推計できた。

D.WG 「総合的な流域管理手法の確立」(座長:氷鮑 揚四郎(筑波大学教授))

研究成果を茨城県の施策の中に活かすための具体的方策と地域社会に対する研究成果の公開や技術の普及、啓発を視野に入れた検討が重要であることなどから、社会システム学的視点を持ったWG として、フェーズ から1研究課題、2研究テーマを新設した。成果は以下のとおり。

(a)地域社会環境システム総合評価モデル

開発した「地域社会環境システム総合評価モデル」は、霞ヶ浦流域内の社会経済活動と水質汚濁物質の動態及び流域内の水循環を同時に把握・制御するもので、公共投資のあり方が問われている昨今、霞ヶ浦水質浄化事業の効果を事前に評価し、社会受容性の高い計画を提示するものである。社会受容性に関しては、地域住民へのアンケート調査によって複数の水質水準に対する住民の経済評価を定量化した。

(b)水質改善の費用投資効果のシミュレーション

上記モデルのシミュレーションによって、県の霞ヶ浦水質改善計画における予算支出の優先順位は、概ね生活系及び面源発生源対策、河川・湖沼での除去対策、生産系発生源対策の順で実施すべきことを明らかにした。

フェーズ までの研究で得られた成果をまとめると表 - 10のとおり。

表 - 10 フェーズ までの成果一覧

項目	件数
原著論文	国内:49件、国際:26件
特許出願	国内:8件、国際: 件
実用化	10件
商品化	3件
起業化	3社(うち1社はその後解散)

なお、新飛行船プロジェクトは、平成11年に発足した航空宇宙技術研究所(現(独)宇宙航空研究開発機構)のミレニアム・プロジェクト「成層圏プラットフォーム」に、結集型事業での研究開発に使用した飛行船の収納庫や取扱設備、成果である操作マニュアルなどを移転し、前述のとおりにフェーズ Ⅰ で終了しており、ネットワークや研究はその後継続されていない。

2.2 フェーズ Ⅰ の概要

2.2.1 フェーズ Ⅰ の対応方針

茨城県では、事後評価での指摘事項を踏まえ、それぞれの指摘事項に対する対応方針を検討の上、フェーズ Ⅰ を推進することとした。

まず、窒素・リン除去高度処理浄化槽システムの普及促進に関しては、本方式を霞ヶ浦方式浄化槽として型式認定するとともに、浄化槽設置に当たっての補助制度を茨城方式として新設し、その普及を促進することとした。

また、フェーズ Ⅰ までの成果の展開と関係方面への開示の方法の一つとして、「第4期霞ヶ浦に係わる湖沼水質保全計画(以下、湖沼水質保全計画)」を策定するに当たっては、市町村、県庁内関係各課、茨城県環境審議会等の広範な意見を聴取し、フェーズ Ⅰ までの成果を盛り込むこととした。さらに、霞ヶ浦の水質浄化に対する理解と協力を得るため、県・市町村・各種団体と一体となった水質浄化運動を展開することとした。

茨城県は、霞ヶ浦方式浄化槽設置への補助制度や県の生活環境保全条例による排水規制強化などを導入して、霞ヶ浦の水質浄化対策を推進するとともに、平成16年に竣工を予定していた「霞ヶ浦環境センター」の設立を急ぎ、水環境問題に関する地域COE拠点として強化発展させることを目指した。

事後評価における主な指摘事項とフェーズ Ⅰ に向けての対応方針をまとめると、表 2-11のとおり。

表 - 11 事後評価における指摘事項および対応方針

評価項目	指摘事項	対応方針
事業目標の達成度及び波及効果並びに今後の展望	霞ヶ浦周辺の自治体において結集型事業で開発された新型の浄化槽設置の指導要領を定めるなどの動きが見られ、地域における成果の展開策として期待する。	霞ヶ浦方式浄化槽の普及を目指し、認定を行うとともに窒素・リン除去浄化槽の補助制度を導入する。
	フェーズ 時点で得られた成果の展開および霞ヶ浦浄化全体事業の中でどこまで到達できているかを明確にし、広く関係方面に示す必要がある。	湖沼水質保全計画は、市町村、庁内関係課、環境審議会等広範な意見を聴いて策定することとしており、これにプロジェクトの成果を盛り込んで策定する。
	本来の環境プロジェクトで重要な要素である住民との合意形成などに関して、現時点ではまだ不十分であり、今後の取組に期待する。	
研究開発の達成度及び成果並びに今後の展望	この研究成果から霞ヶ浦水質が何%改善する可能性があるといった表現が望まれる。	湖沼水質保全計画で、プロジェクトの研究成果を事業に反映させるとともに、水質改善効果を定量的に把握する。
	フェーズ においては、人文社会学的アプローチをも包括する形の新しい取組を期待する。	人文社会学的アプローチの形の新たな取組を進める。
成果移転に向けた取組の達成度及び今後の展望	新規創業3社は評価できるものの、特許申請8件は少ない。研究開発への参加企業が増える一方で、実用化の取組との関連にやや不明確な部分があり、今後の解決課題と思われる。	本研究成果およびこれから派生した事業による成果移転を推進する。
	潜在市場の大きい浄化槽が開発されているが、事業化に向けては官の誘導が必要と思われる。環境ビジネスの産業化という視点で政策は重要であるが、住民に向けて何を訴えてきたのかも重要である。フェーズ においてこのまま消失しないことを期待する。	研究成果移転を促進するため、県の科学技術振興指針に基づき、各種事業を展開する。 霞ヶ浦の水質浄化に対する理解と協力を得るため、県・市町村・各種団体と一体となった水質浄化運動を展開する。
都道府県等の支援及び今後の展望	財政的な支援だけでなく、環境問題固有の規制的な手法の早期実施、条例の早期制定など、引き続き自治体としての取組に期待したい。	条例の制定など規制的な手法の導入により霞ヶ浦の水質浄化対策を推進する。
	今後「霞ヶ浦環境センター」がCOEとして強化発展していくことを期待する。	「霞ヶ浦環境センター」をCOEの拠点として強化発展させる。

2.2.2 茨城県の支援体制

(1) 地域の支援体制の概要

茨城県は、最近改訂・策定したつくば地域を中心とした科学技術振興に関する構想を踏まえて、フェーズ を次の推進体制で取り組んだ。

科学技術推進体制

- ・産学連携の推進:平成15年度に商工労働部産業政策課に「産学連携推進室」を設置
- ・科学技術の振興:平成17年度に企画部に「科学技術振興室」を設置

フェーズ の推進体制

- ・霞ヶ浦水環境対策:生活環境部霞ヶ浦対策課(現環境対策課水環境室)
- ・結集型事業の中核機関:(財)茨城県科学技術振興財団
- ・地域COE拠点:霞ヶ浦浄化技術研究会(平成9年に設置)
茨城県霞ヶ浦環境科学センター(平成17年4月に開設)

A. 競争的資金等の獲得

競争的資金等として、「霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業」、「豊かな生き物を育む湖沼の再生」、「霞ヶ浦における水と人とのかかわり」の3つの事業を獲得した。

「霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業」は、フェーズ までの成果を家畜排泄物等の廃棄物処理に応用し、生ゴミと家畜ふん尿のエネルギー資源化および廃棄物の有効利用化技術によるバイオマスリサイクルプロセスの開発を行った。

事業名	都市エリア産学官連携促進事業(文部科学省)		
事業期間	平成14年度～平成16年度	予算規模	277,500千円
研究テーマ	霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業		
主な参加研究機関	筑波大学、(独)国立環境研究所、(独)農業・生物系特定産業技術研究機構、(財)茨城県科学技術振興財団		

「豊かな生き物を育む湖沼の再生」は、フェーズ までの成果である霞ヶ浦の底泥浄化技術等が霞ヶ浦の生態系に及ぼす効果をパイロットスケールで実証した。

事業名	環境技術開発等推進事業(環境省)		
事業期間	平成15年度～平成16年度	予算規模	94,873千円
研究テーマ	豊かな生物を育む湖沼の再生		
主な参加研究機関	筑波大学、(独)国立環境研究所、(財)茨城県科学技術振興財団		

「霞ヶ浦における水と人とのかかわり」は、霞ヶ浦流域における人と水関連の係わりについての調査研究、フォーラムを行った。

事業名	自然共生型流域圏の再生(国土交通省)		
事業期間	平成14年度	予算規模	4,907千円
研究テーマ	霞ヶ浦における水と人とのかかわり		
主な参加研究機関	筑波大学、(財)茨城県科学技術振興財団		

B. 茨城県単独支援事業の予算措置

茨城県単独支援事業として、「霞ヶ浦方式浄化槽設置促進事業費」(平成15年度～)、戦略分野関連産業推進事業 - 産学連携チャレンジ補助」(平成16年度～)、地域 COE 拠点として「茨城県霞ヶ浦環境科学センターの設置等」(平成14～16年度)を実施した。

C. 研究者等ネットワークの形成・維持

結集型事業発足と同時に産学連携の強化を図るため設置した「霞ヶ浦浄化技術研究会」(平成9年度～)を継続、つくばを起業・新事業創出および知識産業集積地の拠点づくりの活動「つくば産業フォーラム」の中で「循環型社会を目指すつくばフォーラム」(平成14年度～)と「つくばエンバイロフォーラム」(平成14年度～)を推進した。

(2) 地域による主な支援策の概要

A. 霞ヶ浦方式浄化槽設置促進事業費(平成15年度～)

事業主体	茨城県(生活環境部 廃棄物対策課)			
事業概要	結集型事業で開発した窒素・リン除去高度処理浄化槽システムを霞ヶ浦方式浄化槽として普及するため、浄化槽設置費用等を補助する。			
事業の成果又は現状	現在浄化槽の水質基準として窒素、リンが規制されていないため、優れた技術ではあるが、既存の浄化槽に比べ高価、メンテナンスが難しいなどの理由で、本浄化槽の普及は必ずしも順調とは言えない。			
予算額(千円)	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
	-	104,860	80,077	76,074

B. 戦略分野関連産業推進事業 産学連携チャレンジ補助(平成16年度～)

事業主体	茨城県(商工労働部 産業政策課)			
事業概要	産業分野における集積効果を十分に発揮するため、組織を越えた研究機関の連携、融合研究体制の整備、企業への技術移転、事業化・起業化支援、セミナーなどを企画・運営し、ここで生まれた委託研究、共同研究を産学連携チャレンジ補助で支援する。			
事業の成果又は現状	茨城県霞ヶ浦環境科学センター設立、産業フォーラムの中の関連する2つのフォーラム設置、霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業の推進等に成果を反映し、産学連携の機運の醸成に繋がった。			
予算額(千円)	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
	-	-	23,200	23,200

C. 茨城県霞ヶ浦環境科学センターの設置等(平成14年度～16年度)

事業主体	茨城県(生活環境部 霞ヶ浦対策課(現環境対策課水環境室))			
事業概要	霞ヶ浦をはじめとする県内の湖沼、河川の水質や大気などの環境保全を推進するため、市民・研究者・企業・行政のパートナーシップのもとそれぞれが連携、協力して取り組むための総合拠点として平成17年4月開設した。			
事業の成果又は現状	平成17年4月に開設し、霞ヶ浦の水質保全等に係わる地域COEとして活動している。			
予算額(千円)	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
	266,300	974,009	2,887,436	-

D. 霞ヶ浦浄化技術研究会(平成9年度～)

事業主体	茨城県(生活環境部 霞ヶ浦対策課(現環境対策課水環境室))			
事業概要	結集型事業「霞ヶ浦水質浄化プロジェクト」を円滑に推進するために研究会を設置し、情報交換、ネットワークの構築、事業成果の応用等を推進する。			
事業の成果又は現状	現在までに、研究会を計8回開催した。参加人員は当初の約50人から現在約100人と増加している。			
予算額(千円)	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
	2,000	2,000	2,000	2,000

E. 循環型社会を目指すつくばフォーラム*(平成14年度～)

事業主体	循環型社会を目指すつくばフォーラム(商工労働部 産業技術課)			
事業概要	つくば産業フォーラム(5分野6フォーラム)の1つで、環境事業を専門とする企業が集結し、循環型社会を目指して企業と研究機関の連携による共同研究・開発等を推進する。 代表幹事:(株)ダイヤ分析センター 事務局 :茨城県工業技術センター いばらきサロン			
事業の成果又は現状	年2回程度開催している。現在の会員は87団体、企業58社となっている。			
予算額*(千円)	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
	-	2,500	2,500	2,500

*:つくば産業フォーラム全体の予算

F. つくばエンバイロフォーラム(平成14年度～)

事業主体	つくばエンバイロフォーラム(商工労働部 産業技術課)			
事業概要	つくば産業フォーラム(5分野6フォーラム)の1つで、環境関連の企業が集結し、環境浄化に関する講演会・施設見学会・ビジネスプラン発表会等を開催し、企業と研究機関の連携による共同研究・開発等を推進する。 代表幹事:中山環境エンジ(株) 事務局 :茨城県工業技術センター いばらきサロン			

事業の成果 又は現状	年2回程度開催している。現在の会員は39団体、企業102社となっている。			
予算額* (千円)	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
	-	2,500	2,500	2,500

*:つくば産業フォーラム全体の予算

フェーズ における推進体制の全体スキームは図 - 3のとおり。

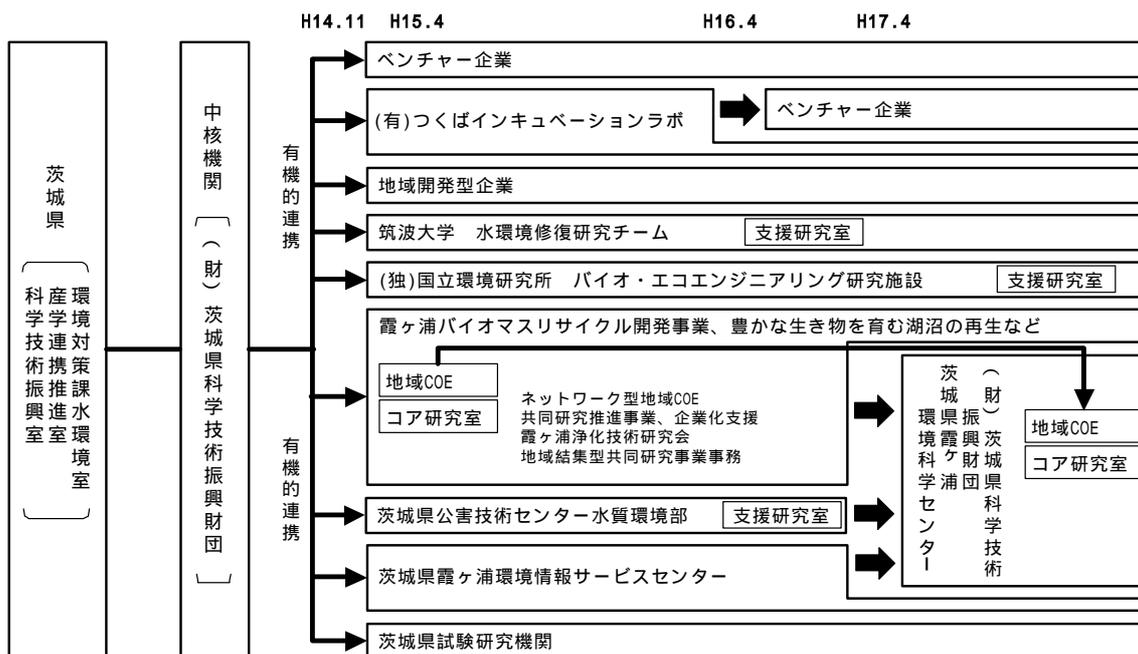


図 - 3 フェーズ における推進体制の全体スキーム

2.2.3 研究テーマの状況

フェーズ で取り組んだ研究テーマは4WG、14研究課題、32研究テーマに分けられ、この中の32研究テーマは研究型が11テーマ、開発型が21テーマとなる。ここでは、これらの研究テーマを研究課題ごとに集約してまとめる。

(1) 継続中ないし展開したテーマ

A. 流域対策技術の開発(フェーズ のWG)

(a) 有用高機能微生物の特性評価と応用化技術

・「有用微生物(ワムシ類)を用いたバイオマニピュレーション」は、明星大学のアジア環境

研究センターの研究テーマの一つとして継続研究している。今後も、既に取得した科学研究費補助金 / 基盤研究費B (平成17～19年度) 等で研究を継続する。

- ・「有用微生物による水質浄化」は、(株)イイダ微研が県内の岩間町下郷の溜池に閉鎖系モデルとしての実証プラントを設置して検討している。平成17年度に完了するので、引き続き事業化を社内事業として検討する。

(b) 土壌微生物を用いた生態工学浄化システム

- ・「嫌気ろ床 / 土壌トレンチ浄化システム」は、後記の「電気化学的処理による藍藻類・汚泥等の処理技術」などと組み合わせて、都市エリア産学官連携促進事業 / 霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業 (以下、霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業) で研究が継続された。その概要は、フェーズ までの成果を家畜排泄物等の廃棄物処理対策に応用した生ゴミと家畜ふん尿のエネルギー資源化と廃棄物の有効利用化で、2相式メタン発酵システムの開発に繋がり、その後「プラグフロー2相式メタン発酵システム」として事業化した。
- ・具体的には、家庭の生ゴミと水質汚濁原因の一つとなっている家畜排泄物を混合した廃棄物を効率的に嫌気発酵させ、その過程で発生するメタンガスを燃料として熱と電気の回収を行う技術を開発した。また、発酵残液は電気化学的廃水処理システムにより、有機物だけでなく窒素やリンも除去するとともに、発酵残さは炭化処理して環境修復資材として活用するなど、生ゴミや家畜排泄物の有効利用を図る有機系廃棄物処理のトータルシステムを構築した。
- ・「花水路、ジョーカーユニットによる窒素・リン除去システム」は、フェーズ までに目標水質 (BOD、T-N、T-P がそれぞれ10、10、1 mg/l 未満) を達成したので、茨城県に霞ヶ浦方式として指定申請をした。まだ認可が得られていないため、事業化等の研究は中断している。

(c) 高機能微生物を活用した省エネ・省コスト型生活系・事業場系排水の窒素・リン・難分解性有機物除去技術

- ・茨城県企業局が浄水処理上、霞ヶ浦の臭気濃度の低減が課題となっていることから、「活性汚泥・オゾン酸化処理システムにおける汚泥減量化と有機物・窒素・リン・生物相の挙動解析」のテーマから派生した、オゾン処理システムを活用しての霞ヶ浦の取水原水中の臭気物質の分解処理実験を行ったところ、企業局が管理基準として定めた5 ng/l 以下は、オゾン処理によって達成できることを実証した。(国の基準は10 ng/l 以

下。)しかし、霞ヶ浦の底泥中にある海水成分の臭素イオンのオゾン処理によって有害な臭素酸が副生され、新たに制定された臭素酸の水質基準を満たさないことがわかったため、湖沼での採用を見送り、利根川水系の上水道処理のみに採用した。今後、臭素酸の副生成防止の技術開発を進めることが課題となっている。

(d) 水生植物を用いた生態工学浄化システム

- ・「有用植物を使った水浄化(バイオパーク方式)」は、(株)トップエコロジー(現在(株)クライスに業務移管)においてバイオパーク方式の計画・設計、施行・管理運営の指導に結集型事業の成果を活用して、国内外に多くの販売実績を得、その過程で「バイオパレット」、「グリーンサークル」を商品化した。現在、畜産排水や窒素の多い工場排水処理への応用研究を進めている。
- ・「資源循環・ビオトープ共生型ハイブリッド浄化システム」は、東北大学にてヨシ植栽水路による下水2次処理水の高度処理の研究、休耕田を活用した植栽浄化研究として継続している。

(e) 直接方式による有用微生物又は物理化学的手法を活用した低濃度汚濁水の処理技術

- ・「キャピレックスを利用した水処理技術」は、中山環境エンジ(株)にて生活排水、食品加工や廃棄物処分場の排水処理等10社のフィールドテストを実施し、有効という結果を得た。(独)中小企業基盤整備機構の平成17年度事業化助成金を得て生活排水処理の実証試験に入った。

(f) 窒素・リン除去型への既存浄化槽の改良及び新技術

- ・「吸着剤を用いた生活排水からのリン除去・回収システム」は、フェーズ として残された課題であった吸着脱リンプロセスのリンを高純度リン酸ナトリウムとして回収する実証試験を、(独)国立環境研究所のバイオエコエンジニアリング研究施設に設置した実証プラントで実施し、目標性能を達成した。

B. 湖内対策技術の開発(フェーズ のWG 関連)

(a) 湖沼底質の改善浄化手法

- ・「密度流拡散方式による大規模汚泥湖沼の水質改善、土着微生物による湖沼底質改善」は、環境技術開発等推進事業/豊かな生き物を育む湖沼の再生(以下、豊かな生き物を育む湖沼の再生)で実用化を目指したパイロットスケールでの底質改善効果の実

証試験として研究が継続され、霞ヶ浦全体の環境負荷の約半分を占めるといわれる底泥浄化の技術開発を行った。

- ・具体的には、底泥浄化による生態系に及ぼす効果を短期間に明らかにするために、(独)国立環境研究所のバイオエコエンジニアリング研究施設内に構築した人工池にパイロットスケールの底泥流動・酸化促進装置を設置し、水質・底泥などについて化学的、生物生態学的にモニタリングし、評価した。
- ・一方、参加した企業では、まだ研究段階で会社事業として取り上げる段階にない、この分野から撤退した等の理由で研究を中断した。

(b) 微生物を用いた藍藻類除去システム・湖沼水質改善技術

- ・「微生物を用いた藍藻類除去システム」は、環境省の環境技術等推進事業で実験池の透明度改善効果を確認できた。

(c) 物理化学的手法を用いた藍藻類除去システム・湖沼水質改善技術

- ・「電気分解を用いた沈降分離」は、(株)イガデンが国土交通省のダム湖水質浄化現地予備試験業務の「水質汚濁物質(重金属類)沈降分離」(平成15～16年度)として、国内のダム4カ所で水質汚濁物質分離の実証試験を進めている。薬品を一切使用しない水処理設備「マイクロウオーターシステム」として商品化した。
- ・「電気化学的処理による藍藻類・汚泥等の処理技術」は、研究課題「藍藻類・汚泥の有効利用」の「メタン化と固形化処理による有効利用」技術などと組み合わせ、霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業で開発した2相式メタン発酵システムに発展し、前述の「プラグフロー2相式メタン発酵システム」の事業化に繋がった。

C. モニタリング技術の開発(フェーズ のWG 関連)

(a) 流域管理のための水質改善費用投資及びエネルギー投入効果の評価手法

- ・「費用及びエネルギー投入量から見た処理設備の適性配置手法」は、バイオマスリサイクル開発事業などに展開した。
- ・この研究課題に参加したダイシン設計(株)は、「流域の水質環境負荷の軽減」をテーマに、生ゴミ焼却処理の限界から豚ふん尿混合メタン発酵によるCO₂削減を目的に、霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業でメタン発酵の装置化を検討したが、売電単価アップなどの国の政策が不可欠という結果に終わった。現在、河川に放流できるレベルの電気化学的水処理技術の開発を継続している。

D. 総合的な流域管理手法の確立(フェーズ のWG 関連)

(a) 総合的な流域管理手法

- ・「地域社会環境システム総合評価モデル」は、霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業により従来の霞ヶ浦の水質浄化から温室効果ガスや大気汚染物質の発生抑制を組み込んだモデルまで発展させた。
- ・「モデルによるシミュレーション」は、上記事業以外に、茨城県古河市のバイオマスリサイクル事業、広島県の廃棄物処理システム等で実施した。

E. 共通

茨城県霞ヶ浦環境科学センターでは、フェーズ までの成果の継承も含めた平成17年度水環境調査研究事業として次の調査研究を開始した。

(a) 研究企画事業

茨城県内の研究機関間の連絡調整会議を設置し、霞ヶ浦に関するモニタリングデータや研究情報等を一元的に収集・整理・提供するなど、霞ヶ浦に関する情報の共有化を図る。

(b) 水環境調査研究事業

平成17年度から、次に示す9件の調査研究に取り組んでいる。

- ・霞ヶ浦における優占藻類種の動態及び優占機構に関する調査研究
- ・霞ヶ浦の溶存態有機物に関する調査研究
- ・霞ヶ浦のリンの増加原因に関する調査研究
- ・白濁現象に関する調査研究
- ・霞ヶ浦の水塊・潮流に関する調査研究
- ・各種原単位に関する調査研究
- ・流域管理に関する調査研究
- ・湖内水質等のモニタリング
- ・涸沼・牛久沼の水質保全に関する調査研究

(2) 中断したテーマ

A. 流域対策技術の開発

- (a) 「有用高機能微生物の特性評価と応用化技術」の中の「窒素除去に関する硝化菌と微小動物の担体等への共存化高度定着システム」は、窒素・リン除去高度処理浄化槽システムの

ヘドロセラミックス担体への硝化菌の定着技術として採用された。しかし、ここで開発したセラミックス担体を充填した嫌気ろ床・生物ろ過プロセスは、その後の窒素・リン除去高度処理浄化槽システムの普及が遅れたため、研究を中断した。

(b)「バイパス方式による生物膜活用高度河川・水路浄化システムと資源循環型担体の利用技術の開発」の中の「ハイブリッド型高度河川・水路システム」は、日立プラントテクノ(株)にて汚濁水を嫌気槽(プラスチック担体充填)と好気槽(セラミックス担体充填)のシリーズで処理後、脱リン剤吸着塔でリンを除去するリン資源回収浄化システムとして1件の販売実績を得た。しかし、その後の市場ニーズが見出せず開発を中断した。

B. モニタリング技術の開発

(a) 水質管理を目的とした流域管理のモニタリングシステム

「ニューラルネットワーク解析を利用したモニタリングシステム」は、茨城県外の国内外関連プロジェクトへの展開は進めているが、霞ヶ浦では採用に至っていない。本研究課題に参加した企業は、近赤外分光法による環境測定技術、モニタリングシステムともに展開できる市場が見出せないため、開発を中断した。

なお、研究課題の変遷とフェーズの現状を整理し、図 - 4 に示す。

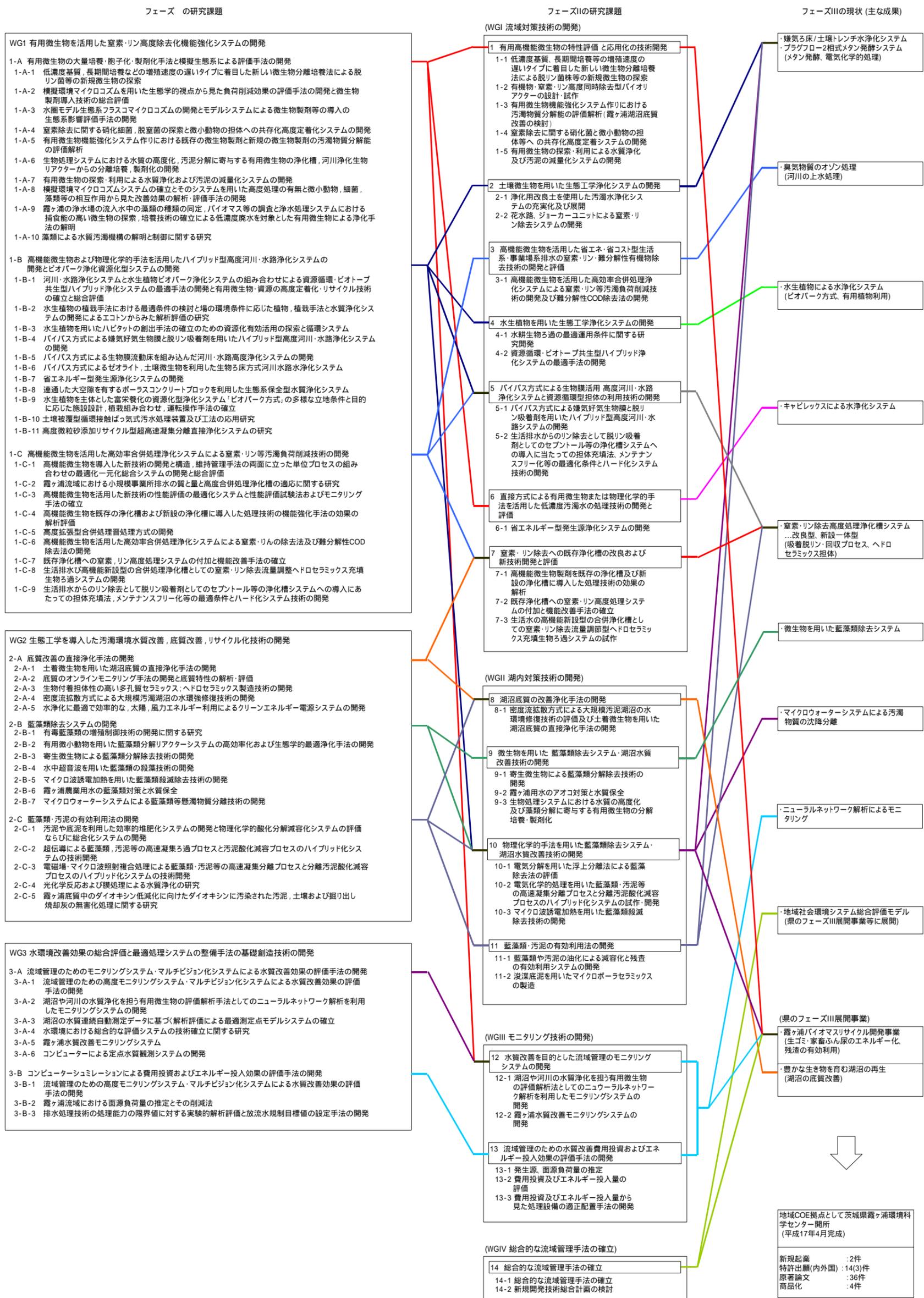


図 - 4 研究課題の変遷とフェーズの現状

実用化の概要	オゾン処理によってオシラトリア、ホルミジウムなどの臭気物質を分解する。しかし、湖水系は底泥中の海水由来の臭素イオンが有害な臭素酸として副生するため適用できない。
課題・問題点	湖水系での臭素酸副生防止の技術開発が必要である。

(3)商品化

A. HS - mN型高度処理浄化槽(型番のmは能力m人用を示し、商品では数字が入る)

窒素・リン除去高度処理浄化槽システムを霞ヶ浦方式浄化槽として平成15年に型式認定を得て、販売を開始した。浄化槽の水質基準に窒素、リンが含まれていないため、設備費が高い、メンテナンスが難しいなどが普及の障壁になっている。

もともなったテーマ	・高度処理浄化槽システム ・藍藻類・汚泥の有効利用(ヘドロセラミックス)
商品化した企業	チュラルテック(株)
商品の概要	窒素などの汚濁物質を分解する微生物の担体としてヘドロセラミックスを使用した浄化槽とこれにリンを除去する後述のKT - nP型脱リン装置を組み合わせた浄化槽の2種がある。
販売実績	4件以上

B. KT - mP型脱リン装置(型番のmは能力m人用を示し、商品では数字が入る)

既設の浄化槽に追加してリンを除去する装置である。

もともなったテーマ	・リン除去・資源回収システム
商品化した企業	チュラルテック(株)
商品の概要	リンを回収しない鉄電解リン除去プロセス、リンを回収できる吸着脱リンプロセスの2種がある。但し、吸着脱リンプロセスにはリンを高純度リン酸ナトリウムとして回収するプロセスは含まれていない。
販売実績	詳細不詳であるが少ない。

C. マイクロウオーターシステム

もともなったテーマ	・電気分解を用いた沈降分離
商品化した企業	(株)イガデン
商品の概要	電解槽でダム湖、工場排水、酪農排水を電気分解反応処理し、分解・無害化する。薬品を使用しない浄化技術として販売している。
販売実績	20件

D. ビオパレット、グリーンサークル

クレソンを植栽したビオパーク方式が窒素・リン除去に有効であるなどの成果を自社のビオパーク方式浄化システムに応用して販売する中で、「ビオパレット」、「グリーンサークル」を商品化した。

もともになったテーマ	・水耕栽培バイオパーク方式浄化システム
商品化した企業	(株)トップエコロジー(現在(株)クライスに業務移管)
商品の概要	バイオパレットは屋上緑化を兼ねたバイオパーク方式の廃水処理装置、グリーンサークルは酪農搾乳場等向けのバイオパーク方式の廃水処理装置である。
販売実績	バイオパレット : 3件 グリーンサークル: 1件

(4)起業化

フェーズ までに3社が起業(その後1社が解散)したが、フェーズ で新たに2社が起業した。

A.(有)バイオテック研究所

無動力型嫌気ろ床/土壌トレンチ浄化システム等をフェーズ として取り組んだ霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業で発展、実用化した「プラグフロー2相式メタン発酵システム」を市場展開するために設立した。当面、漬け物業者、食品加工業者等の廃棄物処理を対象に販売する。

もともになったテーマ	・無動力型嫌気ろ床/土壌トレンチ浄化システムなど電気化学的処理による藍藻類・汚泥等の処理技術 ・メタン化と固形化処理による有効利用
会社名(設立年月日)	(有)バイオテック研究所(平成16年5月7日)
代表者の氏名	前川 孝昭(筑波大学教授)
事業の概要	生ゴミ、家畜ふん尿等の処理としてメタン発酵装置“プラグフロー2相式メタン発酵システム”の開発・設計を行う。 平成18年末から販売開始する。

B.(株)サンケアフュエルズ

霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業から派生した広義のバイオマスリサイクルとして、ひまわり等を原料とするバイオディーゼルの開発と事業化推進のため、松村正利筑波大学教授などが中心となって設立した。

もともになったテーマ	・生ゴミ、家畜廃棄物のリサイクル技術から派生したバイオマスリサイクル技術
会社名(設立年月日)	(株)サンケアフュエルズ(平成16年6月24日)
代表者の氏名	若林 恒平
事業の概要	ひまわり等を原料とするバイオディーゼルの連続生産プロセスと副産物の高付加価値化技術を確立する。事業化のための原料入手先として海外の休耕地利用を検討している。

2.2.5 コア研究室等研究機関の現状

平成17年4月に、霞ヶ浦をはじめとする茨城県内の湖沼、河川の水環境や大気環境などの保全に取り組むため、「調査研究・技術開発」、「環境学習」、「市民との連携・支援」、「情報・交流」の4つの機能を、市民・研究者・企業・行政のパートナーシップのもと、効果的に発揮できる施設として、茨城県霞ヶ浦環境科学センターを開設し、同年7月に同センター内にコア研究室の機能を移設した。

同センターでは、霞ヶ浦の水質汚濁機構の解明と水質保全対策の提言を目的とした課題解決型の調査研究に取り組んでいる。さらに、ミリオンズレイク研究事業として、霞ヶ浦流域の地域特性を踏まえた効果的な水質浄化対策についての調査研究を進め、地域研究機関の中核として、水環境修復技術の研究開発を継続し、ネットワーク型地域COEの構築を進めている。

(1) コア研究室・研究基盤の整備状況等

(株)つくば研究支援センター内に設置されたコア研究室は、フェーズ 終了後も平成16年度までは、霞ヶ浦における水と人とのかかわり、霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業、豊かな生き物を育む湖沼の再生などの研究拠点として活用されてきたが、平成17年7月に茨城県霞ヶ浦環境科学センターの共同研究室にコア研究室の機能を移転した。

研究基盤の強化として、平成17年度から新たに茨城県霞ヶ浦環境科学センターで10名の研究者により、「霞ヶ浦における優占藻類種の動態及び優占機構に関する研究」など霞ヶ浦の水環境保全に係わる9つのテーマの調査研究を行っている。

(2) 雇用研究員の現状・移動状況

雇用研究者24名は、表 - 13に示すように、すべてフェーズ 終了後に派遣元に復帰し、あるいは他の研究機関等に移動または就職した。フェーズ において研究を継続しているのはそのうち3名である。

表 - 13 雇用研究員の現状

(単位:人)

中核機関(コア研究室)		-
派遣元復帰(テーマ継続)		3
派遣元復帰(テーマ変更)		3
派遣元復帰 計		6
他 へ の 移 動	大学	8
	公的研究機関	5
	企業	2
	その他	3
	他への移動 計	18

なお、雇用研究員の中に中国、タイ、韓国、フィリピンからの留学生8名が含まれていたが、例えば、中国雲南省の太湖水環境修復モデルプロジェクトに参加している者がいるなど、帰国後、結集型事業での成果を応用した同種の研究開発に参加している研究者がいることが確認された。

2.2.6 研究者ネットワーク等の現状

霞ヶ浦水質浄化プロジェクトには、大学、国(独立行政法人)や県の試験研究機関、研究開発型企業、47機関約130名の研究員が結集して取り組むことになった。プロジェクトを円滑に推進するため、平成9年、(財)茨城県科学技術振興財団内に置いた茨城県地域結集型共同研究事業共同研究推進委員会の附属機関として「霞ヶ浦浄化技術研究会」を設置した。

研究会は、会長に本プロジェクトの研究統括の須藤隆一東北工業大学客員教授を選任し、年1回以上の会合を重ね、プロジェクトの円滑な運営、フェーズ としての情報交換や課題提起などの活動を推進してきた。フェーズ 終了後も継続し、現在までに計9回の研究会を開催し、参加者も当初の約50人から最近では約100人に増加している。

また、結集型事業の成果を展開するためのネットワークとして、平成13年度に設置した「つくば産業フォーラム」の中に「循環型社会を目指すつくばフォーラム」と「つくばエンバイロフォーラム」をいずれも平成14年度に設置した。

「循環型社会を目指すつくばフォーラム」は、環境事業を専門とする企業が結集し、循環型社会の構築を目指して企業と研究機関の連携により、共同研究・開発やアライアンスによる共同研究を行うことを目的に、フォーラムを年2回程度開催している。現在、会員は87団体、企業58社の構成である。

「つくばエンバイロフォーラム」は、環境事業に関連する企業が結集して、環境浄化に関する講

演会や施設見学会、ビジネスプラン発表会などを通して企業と研究機関の連携による公募事業への応募、採択による製品開発を行うことを目的に、年2回程度開催している。現在、会員は39団体、企業102社の構成である。

これらの研究者ネットワーク等の現状をまとめると表 - 14のとおり。

表 - 14 研究者ネットワーク等の現状まとめ

ネットワークの名称	主催機関等	概要
霞ヶ浦浄化技術研究会	(財)茨城県科学技術振興財団	結集型事業発足と同時に設置し、事業の円滑な運営、情報交換や課題提起などの活動を推進し、現在も継続している。 構成：産学官47機関、約130名が結集
循環型社会を目指すつくばフォーラム	代表幹事：(株)ダイヤ分析センター 事務局：茨城県工業技術センター	環境事業を専門とする企業が結集し、企業と研究機関の連携による共同研究・開発等を行うことを目的とする。 構成：産学官87機関、企業58社が結集
つくばエンバイロフォーラム	代表幹事：中山環境エンジ(株) 事務局：茨城県工業技術センター	環境事業関連の企業が結集し、企業と研究機関の連携による公募事業への応募、採択による製品開発等を行うことを目的とする。 構成：産学官39機関、企業102社が結集

今後、これらのネットワークがネットワーク型地域COEの拠点として活動を開始した茨城県霞ヶ浦環境科学センターとタイアップした活動を継続していくことにより、研究者・企業・市民・行政間のネットワークが拡大されることが期待される。

2.3 フェーズ のまとめ

新技術、新産業の創出に関しては、研究継続のための資金支援がない等の問題指摘もあったが、フェーズ の成果を発展させた窒素・リン除去高度処理浄化槽システム、2相式メタン発酵システム、電気化学的浄化技術等の優れた技術が実用化、商品化につながるなどフェーズ に引き続いて多くの成果が得られた。しかしながら、霞ヶ浦の水質浄化に向けて有効なシステムとして、茨城県が「霞ヶ浦方式」と称して補助制度を設け、その普及を図ろうとした窒素・リン除去高度処理浄化槽システムの導入は必ずしも思うように進んでおらず、霞ヶ浦の水質浄化に向けた機運の醸成や浄化槽設置後の維持コストなど技術面だけでは解決できない課題があることも明らかになってきた。

環境問題に関する課題の多くがそうであるように、コスト面の問題から企業による事業化のハー

ドルは高く、また、法律等による規制と一体的に取り組を進めることが不可欠である。茨城県をはじめ行政が引き続き主導的な役割を果たすことが必要であり、今後とも、各種支援制度の充実や新たな水質基準づくりとその実施プログラムの明確化、さらには、結集型事業の成果を活用した地域関連企業の事業参入を促進するための環境整備など、県の更なる取組に期待したい。

茨城県霞ヶ浦環境科学センターの設立は、地域COEの拠点として特筆すべきことと考えられる。ただ、フェーズ 終了後、設立までに2年半の時間を要したため、研究者の退任などもあり、成果の継続性が十分に確保できなかったように感じられる。たとえば、同センターにおける結集型事業に関連する研究の継続・充実や、同センターを核とした住民への情報発信による霞ヶ浦水質浄化に向けた機運の醸成など、結集型事業を通じて取り組んだ課題の解決に向けて、住民も含めた茨城県全体の一層の努力が必要であろう。

参考文献

1. 地域結集型共同研究事業 平成17年度 (独)科学技術振興機構
2. 茨城県地域結集型共同研究事業 基本計画書 課題名:環境フロンティア技術開発 平成9年9月19日
3. 地域結集型共同研究事業 平成9年度開始地域中間評価報告書 地域科学技術施策評価検討会 平成12年4月
4. 茨城県地域結集型共同研究事業 事業終了報告書 課題名:環境フロンティア技術開発 茨城県 平成14年11月
5. 地域結集型共同研究事業 平成14年度事業終了地域事後評価報告書 平成15年3月 科学技術振興事業団地域振興事業評価委員会
6. 茨城県地域結集型共同研究事業 新飛行船技術の開発報告書 (財)茨城県科学技術振興財団 平成12年1月
7. 霞ヶ浦水質浄化プロジェクト
www.i-step.org/kasumi/project/joint_research/index.htm
8. 石崎孝幸 他:霞ヶ浦における最適な浄水処理方式の検討 第55回全国水道研究発表会講演集 (社)日本水道協会
9. バイオエコ・エンジニアリング 環境儀 No.7 Jan. 2003 (独)国立環境研究所
10. 平成17年度要覧 茨城県霞ヶ浦環境科学センター
11. 霞ヶ浦バイオマスリサイクル開発事業研究成果概要 (財)茨城県科学技術振興財団 平成17年3月
12. 清らかな水のために 茨城県霞ヶ浦問題協議会 平成17年3月