

平成 19 年度研究成果の概要

構成するプロジェクト・活動等	平成 19 年度の研究成果目標	平成 19 年度の研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>水環境保全及び流域環境管理に関する研究</p>	<p>「水系溶存有機物の特性・反応性を評価するための有機炭素検出クロマトグラフィーシステムの開発に関する研究」（環境省-環境技術推進費）平成 18～19 年度：</p> <p>水環境中の溶存有機物(DOM)の分子サイズは DOM の特性・反応性を規定する重要な因子である。本研究では、DOM の分子サイズを適正に測定するために、存在量を定量的に表せる全有機炭素(TOC)で検出するサイズ排除クロマトグラフィー(SEC)システムを開発・確立する。さらに当該システムを用いて DOM の特性について分子サイズをパラメータとして評価する。(株)島津製作所との共同研究。</p> <p>「貧栄養湖十和田湖における難分解性溶存有機物の発生原因の解明に関する研究」（環境省-公害一括）平成 19～21 年度</p> <p>十和田湖の湖水、流入河川水等を採取して、溶存有機物分画手法等を適用して DOM や難分解性 DOM の特性を評価する。</p> <p>「貧酸素水塊の形成機構と生物への影響評価に関する研究」（所内特別研究）平成 19～22 年度</p> <p>東京湾における有機物分解機構を把握するため、季節毎に懸濁態の有機物分析を行うと共に酸素消費能を評価する。また、下水処理水と降雨時の越流により未処理下水等についても同様の試験を行う。さらに、底泥酸素消費について、酸素消費速度測定などからその機構を明らかにする。</p> <p>「流下栄養塩組成の人為的变化による東アジア縁辺海域の生態系変質の評価研究」（環境省-地球推進）平成 18～20 年度</p>	<p>TOC 検出分析的 SEC システムの開発を完了した(図 1.1)。開発したシステムは、既存のシステムよりもはるかに高感度であった。本システムを使って実際の水環境に存在する DOM（湖水、底泥間隙水等）の分子サイズおよびその特性を評価した結果、UV 吸収で観察された DOM のピークとしては分子量 1,000～3,000 程度のものがほとんどであったが、TOC 検出で見ると DOM ピークとしては分子量 1,000 以下が卓越するという新しい知見を得た(図 1.2)。本システムを発展させて、多目的検出 (UV 吸収, 蛍光強度, TOC) SEC システムを構築し、下水処理水等の DOM について分子サイズをパラメータとして評価したところ、下水処理によって分解される DOM は主に UV 吸収能の低い低分子であること等が観察された。</p> <p>十和田湖湖心における水サンプルを採取して、凍結濃縮操作によって 2～3 倍濃縮した後、溶存有機物(DOM)を 3 種類の樹脂によって 5 つに分画する樹脂分画手法に供した。十和田湖湖水ではフミン物質の存在比が、琵琶湖、諏訪湖、霞ヶ浦、手賀沼よりも低く、降雨の存在比に近かった。</p> <p>東京湾における有機物分解性評価を行ったところ、植物プランクトン由来の有機物は陸起源のものより分解率が高いことが明らかになり、さらに、起源の異なる試水中の有機物ごとに懸濁態有機炭素の組成や炭素の安定同位対比が異なり、分解性との関連性が示された。底泥の酸素消費速度の実験から、浅場で酸化状態の砂質箇所より深く還元状態にある泥質箇所の方がより速く酸素を消費すること、酸素消費機構として、2 つの消費パターンがあることが新たに確認された(表 1.1)。CIP-FEM を用いた準 3 次元内湾流動モデルを構築し、湾内の流動を解析した(図 1.3)。</p> <p>フェリー観測により、N、P、Si の経年・周年変動と植物プランクトン組成の関連を明らかにするとともに、生態系モデルを発展させた。瀬戸内海に</p>

瀬戸内海においてフェリーを利用した N、P、Si 各栄養塩の時系列モニタリングを継続するとともに、珪藻、非珪藻の増殖過程を反映する海洋生態系モデルを発展させる。

「伊勢湾流域圏の自然共生型環境管理技術開発、サブテーマ3」(文科省-振興調整費) 平成 18~20 年度

伊勢湾流域における生態系サービスの劣化を水・物質循環系の変化過程の視点から検討し、水・物質・植物生態系の3者の相互作用系の機構モデルの基礎を構築する。

「森林土壌炭素蓄積量の推定精度向上に向けた日本の統一的土壌分類案の適用に関する研究」(文科省-科研費) 平成 17~19 年度、「森林域での窒素飽和現象の解明」(経常研究、平成 20 年度より奨励研究として実施予定)

地形、表層地質、テフラ降灰量の異なる幾つかの森林地帯において、各種土壌の土壌炭素蓄積量など土壌構成成分の組成・蓄積量に関する空間的特徴を検証する。土壌の空間分布パターンについて幾つかの土壌分類体系を用いて森林の土壌炭素蓄積量の推定手法として有効な分類体系の検証を行う。

都市部周縁山地の森林生態系における窒素過剰状態(窒素飽和現象)を明らかとする。さらに、窒素飽和が森林域からの汚濁負荷流出量増加に及ぼす影響について検討する。

「水質環境基準(生活環境項目)等設定基礎調査」(環境省-請負) 平成 19 年度

水質環境基準の生活環境項目の各項目について、現状の課題について整理し、見直しの必要性を検討する。

においては Si が回復傾向にあることが判明した(図 1.4)。また、植物プランクトン粒子と無機懸濁物質の共凝集による沈降促進効果をモデルに取り入れ、上層からの有機物の沈降に果たす役割を明らかにした(図 1.5)。

数値標高モデル、水系図、土壌図、植生分類図等の自然環境情報と、人口分布、生産活動等の社会環境情報を地理情報システム(GIS)上で統合化した流域環境情報データベースの開発を進めた。陸域生態系が浅海域環境に及ぼす影響と干潟創出技術の開発モデルとして、湾内流動モデルと生態系モデルの開発を進めた。

荒川源流域奥秩父山地帯における土壌調査および採取試料の理化学分析結果を用いて、土壌炭素蓄積量を推定するとともに、数種の土壌分類体系による比較を行った結果、火山噴出物由来の成分(Al、Fe 成分)を多く含む土壌で土壌炭素蓄積量が高いことが示された。また、土壌炭素蓄積量を空間上で推定する際、火山噴出物を由来とする成分量や組成を土壌分類上の高次カテゴリーの要件として活用する推定ツールの妥当性が高いと考えられた。

筑波山をフィールドとして、林外雨ならびに林内雨調査から、大都市部での自動車排ガス等による窒素酸化物と、周辺農地、畜舎から発生するアンモニアの影響によって、森林域に対する大気降下物経路での高窒素負荷の実態を明らかとした(図 1.6)。源流域渓流水を対象に実施した水質調査から、筑波山森林域は、ほぼ全般に亘って、窒素飽和状態にあることを明らかとした(図 1.7)。また、窒素飽和状態にある森林小集水域での降雨時流出観測から、渓流水中の硝酸態窒素濃度が、従前の認識よりも森林域の窒素負荷発生源として寄与している可能性が高いことを明らかとした(図 1.8)。

生活環境項目である BOD、COD、pH、溶存酸素(DO)、大腸菌群数等の問題点を整理した。自治体へのアンケート調査や公共用水域調査結果の整理等から、現状の水利用上の障害との関連性が低い点や、科学的な課題が多いことから COD や大腸菌軍数には見直しの必要性が認められた。海域については、底層の貧酸素化が大きな問題であり、これと透明度に新たな指標としての可能性が認められた。

<p>流域における環境修復・改善技術に関する研究</p>	<p>「省エネルギー型水・炭素循環処理システムの開発」(所内特別研究)平成18～20年度、「嫌気性生物膜の高度利用による排水処理技術」(NEDO)平成18～20年度、「無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発、無加温嫌気処理における有機物分解特性の評価」(NEDO)平成18～20年度</p> <p>嫌気性排水処理(メタン発酵)による低有機物濃度排水の省・創エネ処理法開発のため、ラボスケール実験による排水有機物濃度低下の影響評価を行う。また、都市下水を対象とした嫌気性排水処理システムの開発及び実証実験を民間企業との連携(NEDOプロジェクト)において行う。</p> <p>「地下に漏出した有機溶剤の洗浄剤注入による回収効率と下層への汚染拡散に関する研究」(文科省-科研費)平成19～23年度</p> <p>実用化に向けた研究が進んでいる洗浄剤注入法による土壌・地下水中の有機塩素系溶剤の除去回収法について、汚染の拡大に関する安全性の評価基準を作成する。</p>	<p>生物膜流動型リアクターによる低濃度排水の連続処理実験(図2.1)を行い、処理水循環無し(UASBモード,ワンパス処理)と処理水循環有り(EGSBモード,循環処理)との組み合わせによる運転と、流入水のORP制御により低濃度排水(400mgCOD/L以下)の効率を飛躍的に向上(COD除去率60%→90%以上)させることが出来た(表2.1,図2.2)。また、200日以上 of 長期間、保持生物膜の物性は良好に維持され、高い活性を有する生物膜の高濃度保持を達成した。ろ床を密閉容器に設置したDHSリアクター(cDHS)によるメタン発酵処理水からの溶存メタン回収を試み、溶存メタンの約80-90%を回収することが出来た。</p> <p>都市下水を処理対象とした省エネ・低コスト型排水処理装置(UASB法とDHS法の組み合わせ)のパイロットスケール実験を鹿児島県霧島市クリーンセンターで開始し(図2.3.NEDOプロジェクト:民間企業との共同研究)、UASB保持汚泥のメタン生成活性を定期的に測定した。その結果、消化汚泥植種直後のUASB汚泥はある程度高い活性を示したが、運転の継続と水温の低下(冬季の外気温低下)に伴い活性が低下する傾向にあった。また、冬期間は余剰汚泥量が増える傾向にあったが、UASB法(嫌気槽)の排水処理性能は、著しく悪化することなく安定的な運転が可能であった。</p> <p>6種類の界面活性剤をモデル洗浄剤として、3種の有機塩素系溶剤の水への飽和溶解度の変化を測定した結果、いずれの系においてもミセル可溶化による溶解度の上昇が観察された。また、粒径の異なるガラスビーズを充填した水飽和カラムを利用して、洗浄剤無添加の場合のTCEの通過可能な空隙サイズの推定を行った(図2.4)。18年度までの科研費による類似の課題で明らかになった、鉄粉によるTCEの化学的脱塩素分解速度への洗浄剤の影響についての検討を継続し、脱塩素化がβ-脱離と水素化分解の異なる2つの反応機構の競争反応で進行することを明らかにした(図2.5)。この知見は、鉄粉を利用した透過性浄化壁による地下水浄化の効率化と安全性確保に大きく寄与すると考えられる。</p>
------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

「オホーツク海沿岸環境脆弱域における油汚染影響評価とバイオレメディエーション実用化に関する研究」(共同研究)平成18~21年度

油汚染被害に対して特に環境が脆弱な地域について、地学的および生物的影響評価とリスク情報マップの整備を行うため、原油成分の分解特性を明らかにする。

「腐植物質還元微生物の特性の把握と環境浄化への応用に関する研究」(文科省-科研費)平成18~19年度

微生物による腐植物質還元作用を利用した新たなバイオステイミュレーション戦略作出のための基礎データを取得する。

「湖沼における溶存有機物の起源と特性を明らかにするための分析手法開発に関する研究」(経常他)

(1) 湖水中の糖類組成を高感度で測定する分析法を開発し、湖水や藻類由来の溶存有機物(DOM)中の糖類組成を評価する。

(2) 3次元励起蛍光スペクトル法と樹脂分画法を組み合わせた研究アプローチにより、湖水・河川および流域水中のDOMの起源・特性を評価する。

(3) 炭素同位体比による湖水および河川水DOMの識別化を可能にする。

室内試験により、サハリン産原油中に含まれる炭化水素は、中東産の原油のものより早く分解されたことが判った。現場試験では、サハリン産原油中に含まれる比較的易分解性とされる炭化水素については90%近く分解したのに対し、分子量が大きい難分解性の芳香族炭化水素に関しては40%の分解にとどまった。これらの個々の炭化水素の分解に対する栄養塩添加効果は顕著ではなかったが、原油全体量の減少に対しての効果は明確だった。

本研究の実施により、腐植物質還元細菌は環境中に普遍的に存在していることが明らかとなり、その積極的な活用によって、効率の良いバイオステイミュレーションプロセスを構築できる可能性が示された。また、その礎となる同細菌の特性・系統学的分布に関する知見を得ることができた。

(1) 藍藻類由来の溶存有機物(DOM)中の糖類組成を高速液体クロマトグラフィー・パルスドアンペロメトリー法(HPLC-PAD法)により従来法よりも約100倍高感度で分析が可能になり、霞ヶ浦で優占する藍藻類について増殖定常期に排出する糖類組成を調査した(水環境学会誌投稿中)。

(2) 湖水、河川水、流域水について3次元励起蛍光スペクトル法を用いた解析を行い、特にフミン物質のモニタリングを行う上で有用なツールになり得るとされているEEM上の特定ピーク(Peak 4)について検証を行った結果、湖水、河川水では全ての試料においてPeak 4が検出され、同ピークの由来物質は、樹脂分画を行った後のフミンと非フミン画分の測定結果から、これまでの定説とは異なり3~5割が非フミン画分に含まれていることが分かった(水環境学会誌印刷中)。

(3) 霞ヶ浦湖水と流入河川水DOMの炭素放射性同位体比($\Delta^{14}\text{C}$)は、約-200‰を境にして湖水と河川水とで明白な違いを示しDOMの起源を推定する上で、とても有効な指標であることが示された。一方、DOMの炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)については、湖水と河川水とでは有意な違いが認められなかった。この結果は、湖水の $\delta^{13}\text{C}$ 値を決定する要因が湖内由来や河川水(陸起源)由来DOMの違いによると単純に帰結できないことを示している

(Radiocarbon誌に掲載)。

<p>流域における生態系保全のための現象把握・現象解明に関する研究</p>	<p>「霞ヶ浦エコトーンにおける生物群集と物質循環に関する長期モニタリング」(所内奨励) 平成 15～19 年度 エコトーンに対する長期的モニタリングを行い、生物群集と物質循環の把握を行う。さらに、沿岸植生について細菌群集構造解析、安定同位体比解析を行い、再生事業の影響などを明らかにする。</p> <p>「湖沼における溶存鉄の存在形態分析と鉄利用性がアオコ発生に及ぼす影響」(文科省-科研費) 平成 17～19 年度 湖沼において藍藻類がアオコを形成し優占する要因として、鉄の利用性が重要であると認識されている。本研究の目標は、湖水中の溶存鉄やその存在形態を定量的に測定する分析手法を開発して、湖水(霞ヶ浦)や流入河川水等の溶存鉄濃度とその存在形態を定量すること、そして実際の湖水を用いた室内培養実験でアオコ形成藍藻類の増殖が生物利用可能鉄濃度によって規定されるか否かを明らかにすることである。</p> <p>「水士壤環境における微生物群集構造及び活性評価に関する基礎的研究」(経常研究) さまざまな水士壤環境の浄化において重要な役割を果たしている微生物群集構造及び環境浄化活性を評価すると共に、微生物浄化能力を利用した水士壤浄化システムの開発を行う。</p>	<p>ヨシ帯の物理的・生態学的な維持機構にバンクの有無が大きく影響することを明らかにした(図 3.1、3.2)。測定の結果や過去の航空写真の調査から、バンク無しのヨシ帯のほうが侵食されやすかった。バンク有りのヨシ帯内部では栄養塩(特に窒素)の供給が制限され、ヨシの成長が抑制されると共に陸生の植物の侵入が認められた。一方、バンク無しでは、ヨシ帯内部に向かって、ヨシの草丈は漸減傾向にあるものの、ヨシは全体に良好な成長を保っていた(図 3.3)。水位制御や護岸整備等のヨシ帯への影響評価に必要な基礎情報が整備された。</p> <p>霞ヶ浦や流入河川における溶存鉄濃度およびその存在形態の分析を実施した(表 3.1)。湖水溶存鉄濃度は 35–254nM、河川水溶存鉄濃度は 47–2910nM の範囲にあった。溶存鉄濃度は水の流れ方向に沿って明らかに低減していた。このトレンドは、湖水に対する鉄の主要な供給源は河川であることを示した。本研究で、湖沼において、溶存鉄濃度および存在形態の水平方向および季節的変動を初めて明らかにした。以上の成果は Water Research 誌に掲載された。また、アオコを形成する藍藻類 <i>Microcystis aeruginosa</i> の増殖に対する鉄や栄養塩(窒素, リン)の影響を、新しいタイプの藻類増殖能(AGP)試験や連続培養試験を使って評価した。連続培養実験の成果は Limnology 誌に掲載され、AGP 試験の結果は Aquatic Microbial Ecology 誌に掲載、また水環境学会年会でクリタ賞を受賞した。</p> <p>湖沼内部での湖水の浄化に重要な役割を果たしている微生物群集の構造解析のため、全域調査による採水、河川水採水及び湾部を含む沿岸湖水 15 地点を毎月採水し、栄養塩の分析と微生物群集構造の解析を実施した。長期、多地点の湖水中の微生物群集の解析の結果、河川水、河口部、湖内それぞれに季節毎に特有の微生物が存在し、物質循環の役割を担っていることが明らかとなった。また、特に河口部に於いては、群集構造の変化、微生物存在量の変化が大きく、河川からの有機物、栄養塩類の供給との関連が示唆された(図 3.2)。</p>
---------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

「東アジアの環境中における放射性核種の挙動に関する研究」
(経常研究)

中国、韓国、日本の大気中 ^{210}Pb 濃度の季節変動を解析し、東アジアからの輸送現象の指標としての有効性を確認する。

「大気降下物を由来とする有害金属による都市土壌汚染に関する研究」(経常研究)

大気降下物を由来とする人為的汚染により、都市土壌表層へ蓄積される有害金属を特定する。そのため、本年度は、大気汚染の度合いに応じて3地点のモニタリングサイト(重汚染地:東京(自然科学博物館園内)、中汚染地:つくば(当研究所および筑波山)、清浄地:茨城県大子町)を設定する。

GEMS/Waterによる霞ヶ浦モニタリング(CGERモニタリング経費)

霞ヶ浦および流入河川水を毎月1回採取し、DOMと難分解性DOMの動態と特性をモニタリングする。

冬季の中国で採取されたエアロゾルは筑波で採取されたエアロゾルと比較して土壌粒子が多く、 ^{210}Pb 比放射能が低かった。中国の砂漠土壌と土壌標準試料の ^{210}Pb 比放射能測定から、冬季の中国のエアロゾル中 ^{210}Pb 比放射能の減少は土壌粒子の混入が原因と考えられた。

3地点のモニタリングサイトで土壌中現存量および降下物負荷量のモニタリングを実施し、分析手法の最適化を図った(図3.4)。これらにより、大気経由の人為汚染が疑われる金属元素はアンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)、鉛(Pb)、銀(Ag)、スズ(Sn)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)の7元素であることを明らかとした。特に、アンチモンの場合、土壌表層では、天然存在量の10倍以上に濃度が上昇しており(図3.5)、その負荷機構に関して、湿性沈着だけでなく、乾性沈着(樹木葉表面に沈着したのち、林内雨および落葉として土壌に負荷する)の寄与が大きいことを明らかとした。

GEMS/Water霞ヶ浦トレンドモニタリングの一環として霞ヶ浦湖水を毎月採取し、また別途、流入河川水を毎月採取して、DOM分画手法に供した。DOM(溶存有機炭素DOCとして)に関しては20年間、難分解性DOMとしては15年間、湖水底泥からのDOM溶出フラックスについては10年間に渡るデータが蓄積された。当該データの質・量に匹敵するデータは国内外で報告された例がなく非常に貴重である。上記のモニタリングデータに基づいた研究成果は、湖沼・河川、さらに海域における環境基準の在り方等、国・県等の水環境行政の大いに貢献した。また、我々の開発したDOM分画手法については、多くの大学・地方環境研究所の研究者が取り入れ研究を実施している。