

## 平成17年度 環境保全研究発表会における発表課題の概要

10月25日(火)

第1会場(5F 裏)

### 1. 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

埼玉大学大学院 理工学研究科

近年、ディーゼル排ガス等から排出される $0.1\ \mu\text{m}$  (100 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 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には比較的多く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. 有害大気汚染物質・揮発性有機化合物の高効率・簡易型処理システムに関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

大気中に放出された揮発性有機化合物(VOC)は、それ自身の毒性並びに後続する化学反応で粒子状物質・光化学オゾンなどを形成することから、健康被害や環境汚染の原因物質となっている。排出源別では、移動発生源に比べ固定発生源からの排出量が圧倒的に多い。中でも中小の事業所では導入コストや装置規模などから適当な除去システムの導入が進んでいない。本研究では、中小事業所でも取り扱えるような、小型で安価なVOC分解除去装置を開発することを目指して検討してきた。

その結果、有望な技術として「プラズマ駆動触媒反応器」並びに「熱交換/触媒一体型触媒燃焼器」を得るに至った。特に前者は、従来型のプラズマ法に比べ、VOCに対する分解能力・エネルギー効率・副生成物の抑制など、ほぼ全ての面について優れていることを、後者では、有害物質の酸化分解時に発生する反応熱を高効率で熱回収でき、省エネルギー性に優れた触媒反応システムであることを示した。また、ここで開発された装置はいずれも小型化に成功しており、前者は低濃度のVOCに、後者は比較的高濃度のVOCに適用するのが望ましいとの指針を得た。

### 3. 軽油の酸化的超深度脱硫

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

ディーゼル自動車の排出ガス低減対策として、軽油中の硫黄分の削減が重要な課題となっている。しかし、軽油中には、現行の水素化脱硫法では除去されにくい硫黄化合物類が含まれているため、硫黄分の削減は10ppm程度までが限界であり、革新的な新規脱硫技術の開発が望まれている。本研究では、軽油中の硫黄化合物類を選択的に硫酸化合物類へと転換した後に、それを軽油中から除去することにより、硫黄分を1ppm以下に削減できるような、軽油の酸化的超深度脱硫プロセスの開発を目的として研究を進めてきた。

その結果、過酸化水素を酸化剤として用いる新しい選択的酸化法を見出し、軽油中の硫黄化合物を完全酸化することが出来た。この酸化法を、考案した連続式酸化脱硫装置に適用して、市販軽油の連続酸化処理を実現した。得られた酸化処理油は、連続式酸化物分離装置で抽出処理することにより、酸化脱硫油にすることが出来た。これら一連のプロセスで、市販軽油の硫黄分を 1ppm 以下に削減することができた。さらに、この酸化脱硫プロセスの実用化に向けて、酸化プロセス簡略化のために、酸化触媒固定化法の開発、軽油含有成分に及ぼす酸化処理の影響の解明、酸化脱硫プロセスの経済性の評価などを行った。

#### 4. 自動車から排出される未規制有害物質の実態解明と排出抑制技術に関する研究

国土交通省 独立行政法人 交通安全環境研究所

自動車排出ガス中には、NOx 等の規制物質の他に、ベンゼン、1,3-ブタジエン、アルデヒド類、多環芳香族炭化水素類 (PAH)、アンモニア (NH<sub>3</sub>) 等の未規制有害物質も含まれているが、排出実態は不明である。本研究では、個別成分の特性に応じた適切な捕集・分析技術を開発し、各種車両の運転条件別の排出実態を調べた。さらに排気後処理などを用いた低減方策の可能性を調べた。

多成分の同時連続計測技術として有望なフーリエ変換赤外分光光度 (FTIR) 法を検討した結果、同法はガソリン車の冷機時のガス分析では有効だが、触媒暖機後及びディーゼル車では、成分濃度が定量下限以下であった。排出実態把握に用いる分析法として、アルデヒド類はカートリッジ捕集・紫外分光光度型検出器付き高速液体クロマトグラフ (HPLC-UV) 法を、揮発性有機化合物 (VOC) はバッグ捕集・水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ (GC-FID) 法を、ダイオキシン類のような極微量成分に関しては、大型フィルターと吸着剤による大容量長時間捕集法を開発した。こうした手法で未規制物質の排出特性を調べた結果、ディーゼル車のアルデヒド類や VOC 類は軽負荷時に生成しやすいが、酸化能力の高い触媒装置で低減可能であった。一方、暖機後のガソリン車では、多くの未規制有害成分が触媒で浄化できるが、ベンゼン等の化学的に安定な物質の低減には、酸化力を高めた触媒が効果的であった。一方、冷機状態では各種の未規制物質が排出されやすく、対策として触媒の昇温促進対策が有効であった。

#### 5. 船舶から発生する有害揮発性ガスによる複合汚染の低減に関する研究

国土交通省 独立行政法人 海上技術安全研究所  
経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

ケミカルタンカーにより多種、大量の化学物質が輸送されているが、その多くは揮発性有機化合物 (VOC) であるため容易に蒸発して大気中へ排出されており、発がん性物質であるベンゼン等、健康に悪影響を及ぼすと考えられる物質も多数含まれる。そのため輸送に従事する乗組員や岸壁での作業員、周辺住民への化学物質曝露による健康影響が懸念されるが、輸送品目は多種であり、物質ごとに健康影響の種類や程度が異なる。これら化学物質に多様に曝露される状況下での健康影響を、ある 1 物質に限定せずに (複合的に) 把握し、予防的観点から対策を立て、管理する必要があるが、そもそもケミカルタンカーからの排出量や排出濃度の実態さえ把握できていなかった。

本研究は、ケミカルタンカーからの VOC 排出量や環境濃度、曝露濃度の実態を把握し、蓄積されたデータからタンカー乗組員の健康影響リスク解析を実施して輸送貨物のリスクランキングを作成した。また、排出量データを用いて大気拡散解析を実施し、ケミカルタンカーの活動が陸上のベンゼン濃度に与える影響を把握した。さらに、蒸発ガス排出抑制装置に関し、模型実験から基礎的データを収集してタンカー上への設置可否を判断し、排出低減率を見積もった。

#### 6. 生物評価試験による浮遊粒子状物質の長期曝露モニタリングに関する研究

環境省 独立行政法人 国立環境研究所

空気中の浮遊粒子状物質の長期曝露モニタリングに関する基礎資料を作成するため、東京都港区白金台で約 25 年間にわたり継続的に採取・冷凍保存してきた浮遊粒子試料や粒径別分級浮遊粒子試料などを生物評価試験や化学分析法を用いて測定し評価した。

その結果、1) 都市部大気中における浮遊粒子状物質中の有害成分(ダイオキシン類、多環芳香族炭化水素類(PAH類)、変異原性物質)の濃度は年々低下する傾向にあり、特にダイオキシン類は1990年代中頃から急激に低下する傾向があることなどから、ダイオキシン等環境対策の効果を示唆する結果が得られた。2) モニタリングに適した生物評価試験法については、変異原性試験法の規格化やサンプリング間隔に関する検討のほか、高感度簡易化手法として発光umu試験法の適用について研究を進め、発がんプロモーター試験法については形質転換フォーカス形成試験が有用であることがわかった。また人体曝露モデルとして31頭の犬肺中に残留する有害成分(ダイオキシン類、PAH類)の測定評価などを行った。3) 肺内沈着率に影響を与える浮遊粒子の粒径については、12段階又は13段階に分級した浮遊粒子中の有害成分(ダイオキシン類、PAH類、変異原性物質、発がんプロモーター類)の粒径分布を求め、有害成分は微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)側に存在し、粒径0.7-0.5µm付近に最大ピークを示すことなどから、肺内沈着率が高い微小粒子側に様々なタイプの有害成分の多くが含まれていることがわかった。

## 7. ディーゼル車排出ガスを主因とした局地汚染の改善に関する研究

厚生労働省 独立行政法人 産業医学総合研究所  
経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所  
環境省 独立行政法人 国立環境研究所

川崎市池上新町交差点周辺をモデル地域として沿道大気汚染に対する効果的な対策を探索することを目的として以下に述べる研究を行った。

1) 川崎市池上新町交差点に対して2次元簡略モデル(1/300相当)、1/100モデル、1/300モデルなどを用いて風洞模型実験を行った。沿道内外の流れと濃度場を調べ、現地の気象条件、道路交通状況などを考慮してグリーンウォールの有無、地上交通の高架道路へのバイパス、大型車の上向き排気管採用などによって交差点周辺市街地の濃度分布がどの程度低減するかを調べた。

2) 数値モデルの開発では、川崎市池上新町交差点周辺の複雑街区を対象としてモデル開発を行い沿道の拡散解析を行った。その結果、首都高速道路の下にあるグリーンウォールやビルの配置により道路の横切る方向の流れが生成され、局所的な汚染が道路の外に広がる場合が見られた。

3) ディーゼル燃料品質の改善によって汚染物質の排出低減を目指したサブテーマでは、芳香族分を全く含まないGTL軽油を使用すれば、粒子状物質(PM)排出量を半分に、PM中の多環芳香族炭化水素類(PAH)排出量については1/4以下に低減できることがわかった。

4) 直接加熱脱着 - ガスクロマトグラフ/質量分析法により、粒子中に含まれるPAHを迅速に測定する方法を開発し、環境中の微小粒子に注目して測定を行った。

## 8. 生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

環境低負荷材料として注目されている生分解性プラスチックは、各種材料が開発され、その生分解性やコンポスト化、安全性について研究されてきている。しかし、開発されている各種生分解性プラスチックの、環境中での分解に関与する微生物についてはそのデータがほとんどなく、体系化されてきていない。

本研究では、土壌微生物の分析および土壌分析を行い、土壌が有している生分解能との関係を明らかにし、その結果として、分解菌全国分布を解析することにより、土壌中での分解性を的確に予測するための技術を開発した。具体的には、土壌中の一般微生物数、分解菌数と土壌分解性との関係、土壌が本来持っている有機物分解活性と生分解性プラスチックの分解性との関係、埋設する地域の土壌に由来する環境因子の影響、全国の土壌に分布する一般的な生分解菌の種類などについて明らかにした。また、系統的類縁関係の明確な微生物のポリエステル分解能の解析によって、分解菌が多く存在する属について調べ、どのような樹脂に対して活性を示すかについて明らかにした。

## 9. 有害物質の漏洩防止材料の開発に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

一般廃棄物や産業廃棄物の最終処分場の遮水工には天然の粘土が用いられている。この遮水工は不透水性であり、地層を経路とする有害物質の漏洩を防止する役目を果たしている。しかし、粘土は多種多様であり、どのような粘土が有害物質の漏洩防止材料として優れているのかは明確ではなかった。

本研究では、廃棄物最終処分場における有害物質の漏洩を防止する材料を開発することを目的として、次のように研究・実験を進めてきた。その第一段階として、諸種の粘土についてその遮水性能や有害物質に対する吸着能などを測定し、それらのデータを整備した。第二段階では、各種粘土類の遮水性能および特定有害物質に対する吸着能など、その機能向上を検討し、遮水材料としての高機能化を目指した。

その結果、諸種の粘土のうち、ナトリウム型ベントナイトの遮水性能が特に高いことを示すとともに、粘土の遮水性能を良好に見積もることができる推算式を導出した。また、長期通水試験により、ベントナイトの遮水性能が長期間維持されることを確認した。さらに、特定有害物質の吸着能に優れた吸着剤を種々開発し、遮水工の高機能化のための基礎データを集積した。

## 第2会場（5F 雅）

### 1. 生物農薬の放飼が在来昆虫個体群の遺伝的多様性に及ぼす影響の解析

農林水産省 独立行政法人 農業生物資源研究所

ある天敵の種類が元々分布している地域に、生物農薬として市販されている同種の個体を害虫防除の目的で放飼した場合、放飼した個体が在来の個体と交雑することによって、その地域の個体群に遺伝的な影響を及ぼす可能性がある。しかし同じ種類の天敵の系統は外見上区別出来ないため、このような影響を評価することはこれまで困難であった。

そこで本研究では、生物農薬として市販されているヒメハナカメムシ類を対象として、種の識別や遺伝的多様性調査のためのDNAマーカーを開発し、野外個体群の種構成や種内の遺伝的多様性の把握を行うと共に、市販系統の放飼後の定着の有無、野外個体群への影響の程度を検証した。

その結果、タイリクヒメハナカメムシの放飼地域以外への移動分散程度は極めて低いことが明らかとなった。また、本種の遺伝子の地理的な交流範囲は非常に広いと考えられ、遺伝的分化と地理的距離の相関が見られたことから、放飼の影響は放飼地点からの距離が離れるにつれて薄まり、野外個体群の遺伝的分化に及ぼす影響は軽微であると考えられた。またミトコンドリアDNA及び核のDNAを対象とする種や地域系統の解析法を開発した。これらの手法は信頼性も高く、ヒメハナカメムシ類のみならず他の導入および侵入昆虫の検出と在来昆虫との遺伝的相互作用の解析に有効に利用できると考えられた。

### 2. 絶滅が危惧される希少樹種の生息域内保全に関する基礎的研究

農林水産省 独立行政法人 森林総合研究所

樹木は陸上生態系における一次生産の多くを担い、多様な生物の生息場所を提供している。特殊な生態系を構成する希少樹種を生息域内で保全することは、その生態系に含まれる多様な生物種の保全につながる。本研究では、保全方法の策定に緊急を要する6つの希少な樹木集団について、生活史特性、個体の分布やサイズ構成等の生態学的解析を行うとともに、遺伝的多様性、集団間分化の程度および近親交配の進行の評価等の遺伝学的解析により、それぞれの衰退要因に応じた保全のための基礎研究を行った。

分断化や小集団化による遺伝的劣化は、ユビソヤナギ、シデコブシおよびアカエゾマツの成木集団とヒメバラモミの稚樹集団で認められた。小集団化に伴う花粉制限や近親交配による種子生産の低下は、アポイカンバ、シデコブシおよびヒメバラモミで認められ、他家受粉を促す局所集団間の遺伝子流動の重要性が示された。不十分な更新の多くは、人為的要因による環境の劣化が原因であ

り、ユビソヤナギ、シデコブシ、ハナノキおよびヒメバラモミについては、単なる生育地の保護や囲い込みでは持続的な集団の維持に対処できないことが明白となった。希少樹種の保全施策は、地域集団の保続を念頭におきつつ、それぞれの実情に応じた適切な人為的管理を含むことが必要である。

### 3. 帰化生物の影響排除による小笠原森林生態系の復元研究

農林水産省 独立行政法人 森林総合研究所  
農林水産省 独立行政法人 林木育種センター

小笠原諸島は本州から約1千km離れた海洋島で、固有生物に富んでいるが、帰化生物による影響が著しい。本研究では、固有生物と帰化生物の相互関係を明らかにし、それをもとに適切な帰化生物対策を開発し、その有効性と安全性を実証することを目的とした。

帰化種シマグワとの雑種化が進行中の固有樹種オガサワラグワについて、新たに開発した遺伝マーカーによって現存する純粋個体を識別して個体数の現状を把握するとともに、純粋なクローン苗を生産する技術を完成し、再生への足がかりを作った。在来樹種に著しい悪影響を与えている外来樹種アカギの個体群動態を表すモデルを作成し、最適伐倒時期を決定し、各種枯殺法の検討を行った。固有陸産貝類の絶滅の大きな原因が侵入種のプラナリアであることを突き止め、安全な貝類飼育装置を開発した。希少な固有鳥類アカガシラカラスバトやメグロについて、個体数推定と存続可能性について検討した。さらに、多くの固有昆虫の減少要因が移入種グリーンアノールであることを示した。

以上から、固有生物を帰化生物から守るための基本戦略を提言した。すなわち、有人島においては面積が広いこともあり、外来種の全島レベルでの根絶は不可能に近いため、地域レベルでの根絶をはかり、減少した固有種の再導入や補充が必要である。一方、面積も小さく無人の属島においては、これを固有種の聖域として、外来種の侵入阻止に努め、侵入したものについては全島駆除を考慮すべきである。

### 4. 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の開発

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

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ミクロキスチスを選択的に吸着し、ミ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。

## 5. 船底塗料用防汚物質の水産生物に対する有害性の解明及び環境保全目標に関する研究

農林水産省 独立行政法人 水産総合研究センター

農林水産省 独立行政法人 水産大学校

有機スズ系防汚塗料の使用禁止措置により種々の代替防汚塗料が登場しているが、それらの水産生物への有害性及び海洋環境への影響に関する知見は極めて限られている。そこで、使用量が多いと考えられる防汚物質、銅ピリチオン(CuPT)及び亜鉛ピリチオン(ZnPT)について、海洋環境汚染の未然防止のため、2種の植物プランクトン(*Tetraselmis tetrahele*と*Skeletonema costatum*)、シオダマリミジンコ及びアカウニ受精卵、マダイ、マミチヨグ及びアシナガモエビモドキを用いた毒性試験を実施し、有害性を検討した。その結果、特に*S. costatum*に対してCuPT及びZnPTは強い毒性を示し、CuPTの無影響濃度(NOEC)は0.25 µg/L、ZnPTのNOECは1 µg/Lであった。また、CuPT及びZnPTは実際の塗料中では亜酸化銅と併用されていたため、CuPT、ZnPT及び銅との複合毒性をマダイ及びアシナガモエビモドキを用いて調べた。その結果、CuPT及び銅の混合物の複合毒性は相加的であったのに対し、ZnPT及び銅の混合物の複合毒性は相乗的に強まった。この原因を調べるため分光光度計による分析を行った結果、銅添加によりZnPTがCuPTに転換して毒性が顕著に高まっていることが示唆された。これら各毒性試験結果及び経済協力開発機構(OECD)等が提案する評価係数を用いて算出した推定無影響濃度、検出下限値、銅との複合毒性等を勘案し、海域環境保全目標を検討した。その結果、現時点での海域環境保全目標値は「CuPT、ZnPTともに検出されないこと(<0.04 µg/L, 検出限界未満)」とすることが適切であると考えられた。

## 6. ヘテロカプサによる二枚貝へい死防止と海洋環境保全技術の開発に関する研究

農林水産省 独立行政法人 水産総合研究センター

二枚貝に強い悪影響を及ぼす有害プランクトン「ヘテロカプサ」について、その発生予察、動・植物プランクトンとの相互作用、生物学的な防除、および貝類へい死機構の研究に取り組んだ。この結果、本種の物理・化学的な環境因子に対する増殖特性が詳細に把握されるとともに、生活史についても全容がほぼ明らかとなり、これらをもとに生物学的な要素を盛り込んだ発生予察方法を提案した。加えて、分子生物学的な手法による栄養細胞やテンポラリーシスト(一時休眠細胞)のモニタリング技術を確立した。さらに、ヘテロカプサが各種の動・植物プランクトンに及ぼす影響を明らかにするとともに、ヘテロカプサに対して極めて強い増殖抑制作用を持つ珪藻類の発見、ホヤ類による捕食生態の把握を行い、ヘテロカプサに対する生物学的な防除技術の実用化に繋がる成果が得られた。ヘテロカプサによる二枚貝へい死防止については、へい死原因物質の特定には至らなかったものの、生化学的、遺伝学的手法を用いることで毒性の測定方法を構築するとともに、イワガキ鰓磨砕物による防除法も提案した。今後はこれらの技術的要素を現場に還元することで、「現場で使える技術」として実用化するためのさらなる改良・検討を加える必要がある。このことにより、海域の浄化能力が高い貝類養殖の安定化を図ることが可能となり、ひいては沿岸海洋環境の保全に資することが期待される。

## 7. 有機塩素化合物等有害化学物質の排出抑制のための電気化学的高度分解処理技術の開発に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

有機塩素化合物は、洗浄溶剤等を主用途にする高揮発性化合物・芳香族塩素化合物等の形で各産業で利用されており、これら化合物を含む排水は、コスト面や処理プロセス管理の煩雑さ等のために、効率的な処理が困難であった。これら排水由来の有機塩素化合物の排出を抑制するためには、中小事業場が多い業種でも利用できるように、低コスト・オンサイトで効率よく分解処理できる技術開発が求められていた。電解還元法は、有機塩素化合物の化学的処理法の一つで、電解システムに固体高分子電解質(SPE)膜を用いれば、処理操作の簡便化・装置の小型化が期待されるが、SPE電解による方法はこれまでほとんど研究されていなかった。

本研究では、SPE電解時、ジクロロメタンなど有機塩素化合物に対する還元効率が良好で耐久性

に優れるようなカソード電極材料を探索した。各種卑金属・貴金属、それらの合金によるカソード材料の脱塩素特性を比較・検討した。その結果、パラジウム系の電極材料で良好な電解還元特性が得られた。また、処理流量と電流値との関係や、電解処理システムの最適運転条件などを検討し、触媒を用いた二段処理により分解特性の向上を達成した。さらに、これら有機塩素化合物に SPE 電解還元処理を施した分解処理排水の環境適合性を確認するため Ames 試験を実施したところ、試験対象の全物質にわたり、その処理に伴い変異原性を生じるようなケースは認められなかった。これらの研究を通して、有機塩素化合物を含む排水を、オンサイトで簡便かつ効率的に分解処理できるシステムが確立された。

## 8. 瀬戸内海の高砂利資源採取による広域的環境影響評価と管理に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

高度成長期以降、瀬戸内海では膨大な高砂利が採取されてきた。それにより、砂堆の消失や海底地形の変化、海水流や生物等への影響、濁水の拡散や藻場・浅場の消失による生態系への影響などが懸念されていた。本研究は、高砂利採取による流動や生態系への影響、砂堆の回復、高砂利資源量などを評価し、それら影響の軽減や緩和、砂採取海域の修復整備などに必要な対策に資することを目的にして進められた。

その結果、(1)潮流や残差流が変わりその影響は広域的に生じていた。砂粒子を集積させるメカニズムは残されているため、砂が供給されれば再び砂堆が形成される可能性や、礫化した海底も砂場として回復すること、覆砂工法など修復工事の見込みなどが示唆された。(2)底質が変わった海域では砂質生態系から岩礁性生態系に変わり、砂採取中止後もそのまま推移していた。生物群集の安定同位体比からは複雑な食物網構造が示されたが、砂採取以前は植物プランクトンを出発点とする単純な食物連鎖が卓越していたと考えられた。(3)濁り拡散により周辺海域の透明度が低下し藻場の衰退・消滅につながった。その影響は深い藻場ほど大きかった。また、高砂利採取を中止した海域では藻場の回復を確認した。(4)高砂利賦存量は 202 億 $m^3$ であり、40m 以浅には 42 億 $m^3$ あるが、そのうち 15%がすでに採取されてきた。以上のことから、礫化した海底や生物の回復、高砂利資源管理等に対する手がかりを提示することができた。

## 9. 有害液体物質流出時の環境汚染モニタリングに関する研究

国土交通省 独立行政法人 海上技術安全研究所

紫外レーザーの照射により物質が発する蛍光から識別を行う蛍光ライダー技術を発展させ有害液体物質の監視技術に適用し、物質同定、流出範囲の観測、拡散ガスの危険域表示を行うことができる環境汚染モニタリングシステムの開発研究を実施した。

その結果、1)輸送量の多い順にベンゼン等 29 種の有害液体物質に関する分光蛍光光度データ等を取得し、有害液体物質の識別法を提案した。2)考案した多波長蛍光計測装置等を製作し、これらを組み入れたヘリコプター搭載型観測システムを開発した。日本およびフランスにおける飛行観測実験により問題点の抽出とその対策を実施し、ほぼ自動観測方式となり、有視界飛行観測の実用化が可能となった。3)水深約 34m、雨天時、レーザービーム拡大時の蛍光観測に成功し、夜間における広域観測、荒天時観測技術確立への見通しが得られた。

### 第3会場(4F 曜)

#### 1. 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

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

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角的に計測する手段)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. 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

浜松ホトニクス株式会社 中央研究所

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（生物微弱光発光現象の一種）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。

## 3. 化学物質の環境リスク対策の基盤整備としてのトキシコゲノミクス研究

厚生労働省 国立医薬品食品衛生研究所

本研究は、環境化学物質の毒性評価の科学的基盤の強化支援のために、化学物質暴露により誘導される遺伝子発現を、mRNAの変動プロファイルとして捉え、それを毒性評価に用いる新しい手法である「トキシコゲノミクス」の構築を目指すものである。そのために環境化学物質のうち特に化審法指定化学物質のデータを取得し、情報処理技術を用いたデータベースの構築を行う。具体的には、次の3項目に分けて研究を実施した。

- (1) トキシコゲノミクス構築にあたり必要な予備検討の実施
- (2) 指定化学物質（黒物質）および白物質による遺伝子発現変動データの比較検討
- (3) 毒性遺伝子パターンデータベースの構築およびその活用

結果として、我々の開発した遺伝子発現を細胞当たりのmRNAコピー数として網羅的に解析可能な、高精度・定量的測定技術を用い、黒白化学物質のデータを取得し、情報処理技術を用いたデータベースの構築を通じて、トキシコゲノミクス研究の基礎を構築した。

## 4. 水域環境における内分泌かく乱化学物質の次世代への影響評価法確立に関する分子遺伝学的研究

厚生労働省 国立医薬品食品衛生研究所

アフリカツメガエルおよびヒメダカの胚・胎児期と成熟体において、17 $\beta$ -エストラジオール(E2)、ビスフェノールA(BPA) および4-*tert*-オクチルフェノール(OP)の影響が観察されない濃度を明らかにし、環境中を想定した共存する場合の影響を明らかとした。

アフリカツメガエルの発生初期の異常発生は、E2はエストラジオール受容体を介する作用機構が主であり、BPAおよびOPはエストラジオール受容体を介さない機構が存在することを明らかにした。化学物質に対して感受性の高い胎児期の特定期間を明らかにした。異常検出の指標となる20個の遺



伝子を同定し、異常発現に対応して遺伝子の転写が増減することを明らかとした。

ヒメダカ受精卵と稚魚において、孵化率や死亡率等の指標に対してOP、E2、BPAの順に低い濃度で作用することを明らかとした。最大無作用濃度の稚魚の一定期間の暴露では、外観的二次性徴の雌雄の比、雌雄による応答、雌雄の分化に有意な差を及ぼさなかった。致死作用について、受精卵に対するBPA/OPの複合暴露で相加作用を示し、E2との複合暴露では抑制する現象を明らかにした。逆に、稚魚に対する致死作用はBPA/OPの複合暴露では作用が減少し、E2との複合暴露では相加的な作用を示すことを明らかとした。

ラットで出生前後の時期での脳の性分化に重要な役割を果たしているバイオマーカー遺伝子4遺伝子を、マウス胎性幹細胞が器官原始細胞へ分化したことを示すバイオマーカー7遺伝子をそれぞれ同定し、実験動物を使用しない発生期における化学物質影響評価手法の確立のための遺伝子を決定した。

## 5. 感染症に及ぼす内分泌かく乱物質の影響に関する研究

厚生労働省 国立医薬品食品衛生研究所

感染症疾患の原因となる細菌内毒素は環境中に存在する多くの細菌が有する毒素で、ある種の化学物質に暴露された生体では強力な致死活性を示す。従って、環境汚染物質のような慢性的な暴露が生じる環境下では細菌内毒素が猛威を振るう可能性が危惧される。そこで本研究では、内分泌かく乱作用が疑われる18種類の化学物質の細菌内毒素の活性および毒性に与える影響を検討した。

内分泌かく乱作用が疑われる物質と一括されて呼ばれる化合物でも細菌内毒素の活性に与える影響は一定でなく、作用機序も物質により異なることを明らかにした。さらに、2種の農薬、アラクロールとジネブは単回投与では内毒素の毒性に影響しないが、ごく微量の継続投与で内毒素の毒性を著しく増強することを見出し、化学物質による汚染下で猛威を振るう可能性のある感染症の予防さらには治療法の確立のためには、これらの化学物質がいかにして細菌内毒素の効果に影響するのかが解明することが必要不可欠であることを指摘した。

## 6. 内分泌かく乱作用が疑われる化学物質の生殖系・次世代への影響評価に関する研究

厚生労働省 独立行政法人 産業医学総合研究所

内分泌かく乱物質の生殖毒性が注目される中で、妊娠期・授乳期の胎盤・母乳を介した曝露が神経系の発生に影響を及ぼし、子供のIQ低下や行動特性の変化につながるのではといった懸念が示されている。しかし、動物実験による確実な証拠は非常に少ない状況である。本研究では妊娠/授乳期のラットにビスフェノールA(BPA)、PCB153(非コプラナー型)、フタル酸ジ2-エチルヘキシル(DEHP)を投与し、仔ラットの成長後に認知機能(学習・記憶)への影響を条件づけ学習を応用した行動試験により評価した。神経伝達物質や甲状腺ホルモン・性ホルモンの変化をあわせて測定し、母体を介した次世代影響を総合的に検討した。行動試験の結果、PCB153とDEHPでは次世代認知影響を示す証拠は得られなかったが、BPAでは条件づけ行動の習得過程への影響など、他の物質と比較してやや多くの指標で有意な変化が認められた。ただし、高用量による実験であり、リスク評価のためには今後低用量域での検討が必要である。

## 7. 牛糞分解性動物をモニタリング指標とした牛用駆虫薬が草地生態系に及ぼす影響の解明

農林水産省 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

放牧牛の寄生虫対策として最も普及しているイベルメクチン系駆虫薬が日本の草地生態系に及ぼす影響が不明であるため、その評価を行った。この駆虫薬を放牧牛の背中に滴下すると、経皮吸収されたイベルメクチンは約1ヶ月間、持続的に投与牛の糞中に排出され続けた。放牧地で牛糞の分解とその土壌への還元に関与する糞虫、ハエ、ミミズ及び原生動物は、イベルメクチンを含有した牛糞を忌避せず生息し、殆どの糞虫、ハエでは含有糞を忌避せずに産卵した。イベルメクチンの生育阻害効果は、糞虫やハエの種によりその程度が大きく異なった。一方、ミミズの生育や原生動物の繁殖に対する阻害効果はなかった。

本研究は、イベルメクチン系駆虫薬が日本の糞虫やハエに影響を及ぼす可能性を初めて明らかにしたほか、ミミズや原生動物に対する影響を評価したが、これは世界的にも貴重な成果である。

## 8．ハロゲン化ダイオキシン類似物質のQSAR分析法と分解処理技術の開発

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

本研究では、塩素化ダイオキシンと同様な環境影響、毒性が懸念される臭素・塩素等ハロゲン元素置換のダイオキシン類似物質(PHDLC: polyhalogenated dioxin-like compounds)や塩素化ナフタレン等に適した安全性評価を可能にするため、「高度分離精製・測定法の開発と給源推定」、「合成化学物質を用いたPHDLCの毒性評価」と「焼却排ガス中のPHDLCの分解処理技術の検討」の3つの課題について研究を進めてきた。

それらの主要な研究成果としては、塩素系ダイオキシン類に対する大気汚染長期指標として研究されているクロマツについて、それが臭素系難燃剤の長期環境指標としても有効であることを国内で初めて明らかにした。また、臭素系難燃剤を含む多様なPHDLC(理論上484種類、実試料では200種余り)についての高精度分析法を開発するとともに、炭素安定同位体比分析を用いた全く新しい高精度給源推定法を開発し、PCBと塩素化ナフタレンでそれを検証した。分解処理技術の開発では、焼却排ガスに特殊な放電パルスを加えることで、排ガスや焼却灰中の有害物質を分解処理する方法を開発した。本装置は焼却炉内に直接設置可能であり、化学的分解法に比べて後処理も容易で環境へのインパクトも少なく、このことで、オンサイト分解法の基礎が確立できた。

## 9．廃棄物の熱処理における臭素化ダイオキシン類の長期的管理方策に関する研究

環境省 独立行政法人 国立環境研究所

熱処理等を伴う廃棄物の処理・リサイクル過程において、臭素系ダイオキシン類を含む有機臭素化合物の長期的な管理方策を提案するために、以下のような検討を行い知見を得た。(1) 有機臭素化合物の測定分析法における相互検定研究に取り組み、廃プラスチック、底質、生体試料に対する高分解能GC-MSを用いた高精度分析法が確立された。(2) 臭素化ダイオキシン類等の臭素系化合物の熱的処理過程における生成・挙動メカニズムの検討として、ラボスケール炉を用いた検討を行い、試料中臭素濃度と最終排ガスにおける臭素化ダイオキシン類(PBDD/DFs)の排出量の相関は低く、排ガス処理により有機臭素化合物は効果的に除去されることがわかった。(3) 水系への環境進入可能性のある埋立処分プロセスに着目し実験的検討と実施調査を行い、一般廃棄物と産業廃棄物に限らず臭素系難燃剤が浸出してくる可能性があり、特に、共存するCOD成分の濃度が高いと、溶溶性有機物質と複合態を形成し浸出能が高まるが、通常の処理施設で除去可能であることを確認した。(4) 使用済みテレビ中の臭素系難燃剤の処理過程を含めた時系列的フローとして、家電リサイクル法施行後の推計と環境中への排出量予測に関する検討を行い、臭素化ジフェニルエーテル(PBDE)の大気および水系への環境進入量のおおよその推計結果を得た。

10月26日(水)

第1会場(5F 裏)

## 1．取水堰における落下水騒音の音響工学的評価と対策技術の開発に関する研究

農林水産省 独立行政法人 農業工学研究所

農業用水を河川から取水するために設けられる堰を越えた水は、落下水として大きな水音を発生する。この水音が近隣住民にとって騒音となり、環境公害として問題となっている。そこで本研究では、実物大の堰を用いて落下水音を騒音計により計測するとともに、落下水音を実際に聞いてもらう官能試験により落下水音の音響工学的な特性を把握した。

この結果、下流面角度が90°の従来の堰では、落下水音に含まれる低周波音によって人は不快感や圧迫感を強く感じる。堰の下流面角度を60°以下にして水が斜面上を流れるようにすることで、音の大きさ及び人に与える不快感への低減効果が見込まれることを明らかにした。そして、堰

の下流面で斜面流を形成するライジングセクターゲートが水音の低減技術として有効であることを明らかにした。

これらの成果は、農村の快適な居住空間の創出、保全に資するものと考えられる。

## 2. GISによる騒音源周辺環境を考慮した騒音伝搬予測に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

近年、生活環境における不特定多数の音源からの騒音環境の管理及びそれらを推計/評価するためのツールやシステム等の整備が急務となっている。そのことを踏まえ本研究では、地理情報システム(GIS)を用いて、生活環境/地域での騒音場を把握するために必要な空間(位置)情報や属性データを一元的に管理することを推進し、それらと、GISと連携することが可能な騒音予測手法とを組み合わせることによって、その騒音場を管理/分析する標準的なツールを開発することを目的として研究を実施した。

その結果、まず、本ツールに不可欠な数値地図やその他の環境騒音に関する数値データが騒音場の管理や予測を実施するためには必ずしも十分ではないことが明らかになった。そのため、GIS上で機能拡張プログラムを開発し、それらを介してデータを補完することを進めデータベースを全体的に整備した。また、そのデータベースと騒音予測機能とを組み合わせることでGIS上で連携させることによって、地域内の騒音分布の生成とその視覚的な表示、その他の数値地図情報との多面的な分析や評価(検証)などが、本ツールによって、可能になった。以上の研究成果により、環境騒音に係る課題解決のための支援/方策についてもその可能性を示した。

## 3. 都市気候・エネルギー連成モデルによるヒートアイランド対策の総合評価に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

地球温暖化対策とは矛盾しないような、都市の夏季の高温化対策技術を評価するため、メソスケール気象モデル、都市キャノピーモデル、ビルエネルギー消費モデルの3種類のモデルを連成するマルチスケールモデルを構築した。東京の業務系街区と住宅系街区において詳細な気温の測定を行い、モデルのパフォーマンス(推計機能)を確認した。評価の対象となる対策技術としては、日射の反射に関連する対策、潜熱輸送に関連する対策、省エネルギーに関連する対策、人工排熱の位置に関連する対策の4つを設定した。また、評価指標は、気温に関わる指標とエネルギーに関わる指標の2つとし、評価期間は夏季および通年とした。ヒートアイランドの単独の対策としては、業務系街区では光触媒コーティングと高反射塗料がすぐれていたが、それぞれ副作用も生じ得ることを確認した。そのために、省エネ対策となる他の技術と組み合わせることで複合的な対策を行う必要があることが示唆された。また対策としては、住宅街区よりも業務系街区に対して講じる方が、総じて、効果的であることが分かった。

## 4. 工業製品の生体影響評価のための組織特異的内分泌攪乱化学物質検出系の開発

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所  
厚生労働省 国立がんセンター研究所

近年、石油化学・合成化学などの進歩に伴い、多くの工業製品(原材料や製品、それに関与する様々な化学物質)が生産されている。このような化学物質は、一般的な毒性に関しては様々な方法で評価されているが、内分泌攪乱作用に関してはほとんど評価されていない。ホルモンの作用としては、ヒトの女性ホルモンであるエストロゲンの活性が最も影響の大きい内分泌攪乱作用の一つとして取り上げられており、ホルモンは生殖器官だけでなく脳神経系や肝臓・腎臓など生体内の様々な組織に影響を与えることから、内分泌攪乱化学物質についても様々な組織に対して生理作用があると考えられる。

本研究では、エストロゲン活性を有する内分泌攪乱化学物質の生理活性測定のために、エストロゲン受容体遺伝子(ER)をレポーター遺伝子として用いる微量測定法の開発と最新の技術とを取り入れ、エストロゲンに対する組織特異的発現応答を示す遺伝子群を用いたカスタムDNAチップを作成

し、化学物質のそれぞれの組織由来の細胞に対する影響を網羅的かつ定量的に計測することにより内分泌攪乱化学物質の細胞に対する影響が評価できる技術の開発を行った。

## 5. ダイオキシン類による地域環境汚染の実態とその原因解明に関する研究

環境省 独立行政法人 国立環境研究所  
経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

本研究では、ダイオキシン類による汚染源対策を迅速かつ正確に行うために、簡易な分析法を開発し、データ収集の迅速化及び発生源の同定とその寄与割合の推定を可能にする手法の作成を目的とした。

TCDD 毒性等量 (TEQ) のみではなく、発生源解析に必要な情報である異性体組成を保存したまま、全異性体を迅速・簡便に分析する方法を提案した。

また、ケミカル・マス・バランス (CMB) 法の改良モデルを使用することにより、確度の高い発生源寄与率推定を可能にした。加えて、発生源解析の基本となる発生源データ収集のために、都市ごみ焼却排ガス、産廃排ガス、各種農薬、工業原料、化学染料精製料について全異性体詳細分析を行い、それら発生源を異性体組成に基づき分類した。

これらの手法を実際の現場に適用することにより、各自治体が直面している幾つかのダイオキシン類汚染事案の解決に貢献した。

また、ダイオキシン類の環境土壌中での存在形態や分析値に及ぼす腐植物質の影響を明らかにするため、土壌からの腐植物質の抽出とキャラクタリゼーションを行い、種々の腐植物質の特徴を明らかにした。さらに、腐植物質に対するダイオキシン類の分配係数評価法の開発を行い、ダイオキシン類の分配係数に及ぼす腐植物質の影響を検討するとともに、ダイオキシン類分析における土壌タイプの評価を行った。

## 6. 環境有害物質が人の健康に及ぼす影響を評価するためのセルチップの開発に関する研究

文部科学省 独立行政法人 放射線医学総合研究所

培養細胞を使用した細胞毒性試験法に新しい概念を取り入れ、環境中の有害物質が人の健康に及ぼす影響の種類と程度を迅速かつ簡便に推定するための生物学的な予測評価システムの開発を目指した。具体的には、収集或いは自ら作成した自然突然変異細胞や遺伝子組換え細胞など性質の異なる多種類の細胞を集積的に培養して、環境有害物質に同時に暴露し、その細胞毒性を精度良く高感度で測定することによって環境有害物質の性質や種類を同定するシステムを構築するために、必要な要素技術の調査、開発、導入を行った。

成果として、システムに利用しうる培養細胞を調査、試験し、また、性質の異なる多種類の細胞を作出する技術として siRNA 法の有用性を実証した。集積的に細胞を培養する方法として、スライドグラス大の培養基盤に 50 個のウェルを有する培養器を採用し、また、高感度の毒性評価指標として細胞増殖能を選択し、新たに開発された広領域画像高速取得顕微鏡システムを駆使して細胞の増殖能を迅速・簡便に測定する手法を確立した。以上の要素技術を統合し、新しい細胞毒性評価システムのプロトタイプを構築した。

## 第2会場 (5F 雅)

### 1. 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

東京大学環境安全研究センター

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目し、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. 土壌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

農林水産省 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

重金属や有機溶媒等による土壌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、数十ミクロンオーダーの微細な空間構造を有するオンチップ(集積)化土壌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、環境に優しい土壌消毒剤の開発への利用が期待される。

## 3. 農耕地における微量重金属負荷量の評価に関する研究

農林水産省 独立行政法人 農業環境技術研究所

農林水産省 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

非汚染レベルの農耕地土壌を対象として、化学肥料、有機性廃棄物肥料、灌漑水、降雨水等の微量重金属量の調査を行った。

水田および普通畑において、化学肥料や稲ワラ連用に伴うカドミウム(Cd)と鉛(Pb)の集積は認められなかったが、汚泥肥料や堆肥の連用によるCdの集積が一部で認められた。また、草地では銅(Cu)、亜鉛(Zn)、Cd、Pbが土壌に蓄積する傾向にあり、中でもCuとZnはその程度が大きく、蓄積速度(年間増加率)は0.7~0.9%前後と見積もられた。

降雨による農地へのCd負荷量は年間650mg ha<sup>-1</sup>程度であり、水田における灌漑水からの負荷量に比べて同程度かやや高いことが示された。

以上の結果より、これまで不明の部分が多かった農耕地における微量重金属の負荷量が明らかにされた。

## 4. 瀬戸内海水域の地域特性を踏まえた有機汚濁機構の解明に関する研究

環境省 水・大気環境局

富栄養化の原因物質である窒素、燐については、瀬戸内海の中で環境基準値を満たしていない水域が見受けられ、これらの水域では陸域負荷だけでなく、外洋からの影響も大きいと考えられるなど、湾・灘別に水域特性を考慮した施策展開が必要である。

そこで、瀬戸内海において、湾・灘別に沿岸域と全域に区分し負荷量、水質、赤潮発生状況等を整理し、湾・灘別のT-P、T-Nの起源(陸起源、外洋起源の比率)を数値理論モデルから明らかにすることで、陸域負荷削減効果を検討した。

1979年度から1999年度にかけて、瀬戸内海の発生負荷量はT-Pで41%、T-Nで14%削減された。一方、水質ではT-P、T-N濃度ともに沿岸域で減少、全域ではT-Pで横ばい、T-Nでは増加しており、沿岸域では負荷削減の効果が現れているが、全域では顕著に現れていない。これは瀬戸内海全域における外洋起源割合が大きいこと(T-Pで7割、T-Nで8割)が原因と考えられた。また、湾・灘別では、陸起源割合の大きい大阪湾(T-Pで6割、T-Nで7割)で負荷量の減少に対応した水質、赤

潮発生件数の改善がみられた。

以上のことから、瀬戸内海の湾・灘別で負荷削減効果の現れ易さが異なること、また全域よりも沿岸域で負荷削減効果が現れやすいことが明らかとなった。

## 5. 水辺移行帯修復・再生技術の開発

環境省 独立行政法人 国立環境研究所

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。

## 6. 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

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

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酸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。

## 7. 寒冷地における藻場形成過程の解明に関する研究

国土交通省 独立行政法人 北海道開発土木研究所

北海道日本海側岩礁域では藻場が長期にわたり形成されない「磯焼け」が進行し、その主要な原因としてウニ等による高い食圧が問題視されている。本研究では、遠隔操作が可能な水中ビデオカメラシステムを構築し、海藻の繁茂状況やウニの蛸集状況の継続的な観察を行うとともに、潜水観察、水温・流れ等の環境変動や蛸集動物類の調査をあわせて行い、ウニの食圧や環境変動が藻場形成過程に及ぼす影響を考察した。また藻場の回復を図るため考案された種々の海藻着生基質の有効性を検討した。

冬季水温が高い年には、優占種であるコンブ類の繁茂量が少なくなる傾向がみられた。またカメラ観察結果から波動流とウニの蛸集行動との関係が整理された。低流速下でも動揺する海藻着生基質にはコンブ・ワカメ類が良好に着生・成長し、流動環境制御によるウニの食圧低減が、藻場回復の手段として有効であると推察された。

## 8 . 湿原生態系の攪乱要因として野生動物の管理に関する研究

環境省 自然環境局

近年、日光国立公園を代表する戦場ヶ原や尾瀬ヶ原等の湿原において、ニホンジカの湿原植生に与える影響が大きくなっており、湿原生態系の攪乱が指摘されている。これらの湿原は、脆弱で修復力が弱いため、このまま放置すれば湿原のみならず、周辺部を含めた自然生態系は短期間で大きく変化してしまう可能性が高い。

シカによる農林業被害は全国的に発生しており、各地でシカの個体群管理等が行われ始めているが、自然植生への影響、特に湿原生態系の保全の観点から科学的にシカを管理する手法はまだ確立されていない。このため、シカ等の野生動物を湿原生態系の攪乱要因として捉え、湿原生態系の保全を行う上で必要な基礎資料を得ることを目的とし、本研究を実施した。

その結果、尾瀬におけるシカの出現は春と秋にピークがあることや、近年の湿原への出現数は減少していないことが示唆された。また、攪乱後の湿原ではシカの利用がなくなると、植被の回復が確認された。ただし、攪乱の程度やその立地条件によっては、攪乱前の群落構造とは異なる群落構造に再生していた。