

## 環境保全研究発表会における発表課題の概要

### 第1会場(5F 裏)

#### 1. GISを用いた騒音被害軽減のための交通管理支援システムに関する研究

警察庁 科学警察研究所

信号制御、交通規制、交通情報提供等の交通管理対策によって沿道住民の騒音被害を軽減するためには、まず、地域全体の騒音被害の実態を定量的に把握し、対策が必要な地点および時間帯を特定することが必要である。本研究では、道路上に数多く設置されている車両感知器のデータを活用して自動車からの発生騒音を推計する方法を開発した。そしてこの方法をGIS(地理情報システム)に組み込むことにより、対策を実施すべき地点・時間帯を交差点や道路区間単位で特定する交通管理支援システムを構築した。システム構築の対象エリアは千葉県柏地域の国道16号、国道6号、県道船橋我孫子線(総延長約50km)の沿道である。本システムでは道路から100m以内に存在する合計13,147件の建物を対象に各建物の騒音レベルと被害感を算出・地図表示することができる。

また、騒音被害を軽減させるための具体的交通管理対策として信号制御に着目し、信号周期、青時間、オフセット(隣接する交差点間の青時間開始時刻のずれ)が交差点付近の発生騒音に及ぼす影響を交通流シミュレーションによって検討した。その結果、オフセットが騒音を低減させるための有望な信号制御パラメータとなり得ることが判明した。

#### 2. 臭気環境目標の設定に必要な臭気に係る量反応関係に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

環境中の臭気について「におい環境指針策定」に基づき、においの濃度や質を科学的に計測し、代表的な指標項目が数量化されることが求められている。本研究では、環境中臭気の採取法の開発、臭気の濃度の検討、嗅細胞のにおい受容・変換機構や順応システムの解明、異なるにおいの刺激量についての重ね合わせの法則性の検討などを通して、においの生理的効果、においに対する順応の時間依存性などを、嗅細胞・嗅球・脳応答・認知応答など各レベルで追及し、臭気の量的反応関係についての知見を臭気環境指針の策定に役立てることを目指した。

低レベルの臭気を低温採取・濃縮して迅速に計測する手法を開発し、この手法で大阪市内各点の計測値を分析した結果、環境臭気に対してアルデヒドが最も大きく寄与していることが分かった。嗅細胞の研究では、嗅繊毛の分子増幅機構が、においの受容サイトとして重要な役割を担っていることを解明し、順応メカニズムとマスキング効果とを発見した。また、嗅球の「におい分子受容体地図」を電気生理学的内因性光信号測定法により明らかにし、におい濃度の高低により2種類の異なるにおいに、重ね合わせの法則性が成り立つ場合と相互作用がある場合とを初めて解明した。さらに、腐敗臭のマスキング効果や脳の覚醒状態によるにおいの効果も明らかにした。臭気の生理的影響を、眼球運動・瞳孔径変化と、脳波・脳磁界の同時計測で捉え、自律神経系への効果や脳応答が、においの快不快で異なることを明らかにし、順応課程と臭気評価に及ぼす認知的要因の影響を、心理実験と脳応答の両側面から調べ、臭気の認知内容に関する順応課程の多様性や認知的要因の教示による影響を確認した。

これらの研究成果は、公害臭気対策における快/不快の個人差の解明、におい知覚・認知の評価に繋がるものであり、臭気対策立案に重要な示唆を与える。

### 3. 生態系の観点からみた下水再生システムのあり方に関する研究

国土交通省 国土技術政策総合研究所

下水道の普及に伴い、河川流量に占める下水処理水の割合が増加している。また、都市化の過程で失われた水との触れ合いの場を再生・創出するために、下水処理水を活用したせせらぎ等の水辺環境を整備する事例も増えている。河川やせせらぎ等の水辺環境は様々な水生生物が生息する貴重な空間として位置づけられる。しかしながら、水生生物と下水処理水の関係については明確になっていないのが現状である。このため、本研究では、下水処理水により形成された水辺環境が、水生生物にとって良好な生育・生息環境となるために必要な下水処理方式や処理レベル、放流方法等を把握し、生物生息環境の観点から下水再生システムのあり方を提示することを目的とした。

放流先の水生生物に与える影響因子のうち、「栄養塩類（窒素・りん）」、「消毒」「水温」に注目し、これらの因子が放流先生態系の一部を構成する「付着藻類」に及ぼす影響度合いを、人工水路を用いた実験およびフィールド調査から把握することによって、生態系の観点から下水再生システムのあり方を考える上で必要となる基礎データを蓄積することが出来た。得られた知見は、下水処理水を再生水としてせせらぎ等に活用する上での技術上の基準等に反映されるものと考えられる。

### 4. 発火・爆発性廃棄物の安全処理に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

廃棄物処理において危険化学物質が関与した事故は多く、また、産業廃棄物が関与した事故件数を現象別に分類すると「火災・爆発」が多いことが知られている。発火・爆発性廃棄物を処理する上での問題は、適正な処理を行うための基盤技術がないこと、排出者および処理業者が十分な知識や情報を持っていないこと、および、成分が不明あるいは途中で化学反応が起こるため、有害性を適切に評価できないことなどである。

本研究では、発火・爆発性廃棄物を安全に処理するために、その危険性を迅速に評価する試験法や無害化処理技術の開発、廃棄物の発火・爆発現象の解明、および、廃棄に関わる発火・爆発危険性の情報整備などの研究を進めてきた。

その結果、化学系廃棄物の成分分析を非接触・非破壊で同定するための手法を検討した。また、発火・爆発の危険性を迅速に評価するためのシステム技法の検討を行った。特に、化学物質の劣化や自然発火の可能性を調べる試験法について詳細に検討した。危険性のある化学反応は個別対応ではあるが、代表的な反応を詳細に調べ挙げた。危険性がある廃棄物の処理については、密閉型爆発処理法および半密閉型の耐爆加熱処理法の開発を行った。密閉型爆発処理法については実用化されている。本研究実施期間に得られた知見・情報については、3つの総説にまとめた。また、産業技術総合研究所・情報公開データベース(RIO-DB)の1つとしてその公開を開始した。

これらの研究成果は、化学系廃棄物の排出側である化学系中小企業や研究機関等の安全確保に資すると共に、処理側である産業廃棄物処理業者の健全な業務育成に資することを期待している。

### 5. 自動車由来有害大気汚染物質の光分解除去に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

自動車排ガスによる沿道の大気汚染は、今でも、特に交差点付近が激しい。本研究では、自動車

からの汚染物質のうち、対策が進んでいない揮発性有機化合物(VOC)、浮遊粒子状物質(SPM)中の多環芳香族炭化水素(PAH)など、一般にHAPsと呼ばれている有害大気汚染物質を光触媒によって除去することを目指して検討してきた。

研究を通して、二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )の光触媒を用いた場合、アセトアルデヒド・トルエンなどのVOC濃度が、大気環境濃度(ppb)程度であれば除去できるが、それ以上では光触媒が活性化しないことが分かった。この問題に対しては、白金を担持した二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )を、加温条件の下で、用いて光触媒反応を行うと解決できることが分かった。PAHの光触媒分解性能は、SPM中では30%程度で低かった。そこで、VOCの除去性能の向上を目指して、可視光が利用できる光触媒の新合成法、厚さ数ミクロン $\text{TiO}_2$ の透明薄膜作製法、ポリエステル不織布に $\text{TiO}_2$ を蜜に固定する方法などを開発した。

また、実用化への研究として、太陽光を利用したパッシブ浄化装置と、太陽光と人工光源とを併用したアクティブ浄化装置を設計・製作して、それぞれについてそのVOC除去性能試験を進めてきた。この試験で、 $\text{TiO}_2$ の透明薄膜付材料、及び $\text{TiO}_2$ を担持したポリエステル不織布が、目標値に近いVOC除去機能を発揮するものであることを確認した。

## 6. ガス状ほう素化合物による大気汚染監視測定技術及び除害技術の開発

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

これまで大気経由のほう素放出による環境汚染については事例は知られていなかったが、ほう素を取り扱う事業所周辺で大気経由のガス状ほう素汚染による植物被害が起きた。公定的な方法の無いガス状ほう素の測定技術を開発し、ガス状ほう素が放出されたメカニズムを解析した。あわせてガス状ほう素を除害する技術の開発を行った。

事業所の煙道では純粋なほう酸や酸化ほう素ではなく、不純物を含む形態でほう素が存在し、ほう素化合物の揮発性を増していた。ガス状ほう素は不安定であり、煙道ガスの温度だけでなく、水分量が粒子とガスの分配に影響していることが明らかになった。粒子状ほう素は煙道途中のフィルターでほぼ完全に除去されるが、フィルターに捕まった粒子自身がガス状ほう素の発生源になり得た。現在は煙道の延長により顕著な被害は認められなくなったが、高温ガスが通過した際にはガス状ほう素の発生量が増すことが示唆された。種々の材質を試験した結果、フィルターの後段にほう素と親和性の高いポリビニルアルコールを素材とするガス状ほう素の吸着塔を設けることにより、原料をリサイクルしつつガス状ほう素を除害するプロセスが提案できた。

## 7. ナノ粒子計測法のための個数濃度基準粒子発生技術の開発

関西大学 工学部

気相中に浮かぶ直径50ナノメートル以下のナノ粒子の個数濃度を正確に測定する技術は、自動車から排出されるナノ粒子の生体への影響を科学的に評価し、より一層の環境保全のための自動車エンジン開発の方向性を与えるために、非常に重要である。しかし現状では、気相中ナノ粒子の個数濃度を測る装置のキャリブレーション手法が存在しないために、測定原理や測定器の違いにより測定値が大きくばらつき、ナノ粒子個数濃度の絶対値を測定により知ることができない。本研究では、気相中ナノ粒子計測法のためのキャリブレーション手法を確立するために、個数濃度基準粒子の発生技術を開発してきた。

その結果、50nm以下の規定の粒径を持つ単分散のポリスチレン標準ナノ粒子を規定の濃度で発生させることができるようになった。この個数濃度基準粒子発生技術を用いれば、気相中ナノ粒子の個数濃度分布を測定する装置類に対して、その個数濃度の測定値をキャリブレーションすることが

可能になる。それにより、気相中ナノ粒子の正確な個数濃度の測定が初めて可能になる。

## 8 . .ディーゼルナノ粒子計測における校正・試験技術の開発/環境技術開発実用化

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

ディーゼルエンジンから排出されるナノメートル領域の粒子による、健康や地球環境への影響が懸念されている。しかし、このような粒子に対して高い信頼性をもつ計測技術が確立していないために、それらの影響に対する評価手法や適切な排出規制方法の策定、また、ディーゼルエンジンの効率的な開発が困難な状況である。

本研究では、ディーゼルナノ粒子の実用測定器に対して、粒径分布測定性能を校正し試験することが可能なシステムとして、安定性の高い多分散粒子発生装置と、高精度の参照用粒径分布測定装置を中心にしたシステムの開発研究を進めてきた。

その結果、まず、校正・試験に利用できる多分散粒子を、長時間にわたりその変動幅が約 $\pm 5\%$ という高い安定度を保って発生することが可能な粒子発生装置を実現した。さらに、微分型電気移動度分析器(DMA)について、その動作特性の理想状態からのずれを、3台のDMAの相互循環比較によって絶対評価する技術を開発した。また、DMAと光散乱式粒子計数器(OPC)との組み合わせにより、複雑なデータ解析が不要で高精度で粒径分布を求めることが可能な技術を、初めて、開発した。これらによって、ディーゼルナノ粒子の、実用測定器を対象にしての、校正・試験システムを実現した。

## 9 . 新規質量分析法を用いた揮発性・半揮発性有機化合物の実時間測定手法の開発

環境省 独立行政法人 国立環境研究所  
北海道大学大学院 環境科学院

近年、日本においては都市近郊における高濃度オキシダント(Ox)現象が再び頻発しているほか、浮遊粒子状物質(SPM)による大気汚染問題も依然として顕著である。このような状況を受けて、国内排出量の9割を占める固定発生源からの揮発性有機化合物(VOC)の排出抑制制度が施行されたばかりであるが、都市域において放出されるVOCは数百種類存在するとも言われ、排出状況の正確な把握が難しい状況にある。VOCの測定は従来、ガスクロマトグラフ法を用いて行われてきたが、採取から分析まで数時間を要し、実大気中における短時間の濃度変動は観測できなかった。そこで本研究では、不飽和炭化水素・含酸素有機化合物・芳香族炭化水素をターゲットに、多成分のVOCをリアルタイムで同時測定しうるプロトン移動反応イオン化-飛行時間型質量分析計(Proton Transfer Reaction - Time-of-Flight Mass Spectrometer, PTR-TOFMS)の開発に取り組み、積算時間1分で10-100 pptvの検出下限を達成した。これにより、規制対象となったVOCの約9割を占める上位30種類のうち27種類を検出可能であり、今後、VOC排出状況の把握に大きな活用が期待できる。

## 10 . ナノ構造を有するフォトニックファイバースェルを用いた大気の大気微量、高感度、実時間モニタリング技術の開発

早稲田大学大学院 情報生産システム研究科  
横河電機株式会社 技術開発本部

本研究の目標は、フォトニックファイバースェルをガスセルとして使用し、微量の気体(1万分の1cc程度)を実時間で測定感度ppb(十億分の1)レベルで分析する実用的な技術の開発である。

従来は凹面鏡を用いた古典的なガスセルを使用する必要があったが、測定環境に敏感であるために測定感度を制限し、必要な気体の体積も数百～数千cc と大きいという問題があった。

本研究では、従来のガスセルに代えてフォトニックファイバーをガスセルとして使用することで、これらの問題を解決した。以下の結果を得た。

1. 体積が約 $8 \times 10^{-5}$  (10万分の8) cc と微量な気体の吸収スペクトルの精密な測定を初めて行った。
2. 測定感度はファイバー長当たり約1ppb/mを得た (量子限界の約3倍、測定時間1秒、アンモニアガスの場合)。
3. 試作したフォトニックファイバー内でのガスの流量は、約0.5m/minであり、実用的な速度である事を確認した。

## 第2会場 (5F 雅)

### 1. 屋久島森林生態系における固有樹種と遺伝子多様性の保全に関する研究

農林水産省 独立行政法人 森林総合研究所

屋久島を代表する2大針葉樹であるヤクスギとヤクタネゴヨウを主要な対象として、1) ヤクスギの遺伝構造およびヤクスギを含む森林生態系の群集動態の解析、2) ヤクタネゴヨウの現存個体の分布・枯損状況、種子稔性・遺伝的多様性、ヤクタネゴヨウを含む照葉樹林の群集動態の解析等により、保全のための基礎研究を行った。

スギ切株の年輪年代解析により1600年代に開始された伐採を受けた森林が多いことが実証されたが、さらに数百年も古い時代の伐採も示唆された。伐採後のスギ一斉更新の後、現在は若いスギの枯死と広葉樹の増加が明らかとなった。ヤクスギの遺伝的多様性は国内他所のスギ集団と比較しても高く、伐採の前後でもほぼ維持されてきたことが認められた。ヤクタネゴヨウの詳細な位置図作成により保全の基盤が確立され、近年の種子島における急激な枯損の原因がマツノザイセンチュウに特定され、屋久島での発生を未然に抑えるモニタリング体制の必要が示唆された。自生地における開花量、着果量ともに現在の状況では不十分であった。ヤクタネゴヨウの生育立地が露岩・急斜面であることが実証され、更新立地として枯死木近辺の保全の重要性が示唆された。マツノザイセンチュウ病対策は緊急を要するため、地元における「保全対策連絡協議会」の立ち上げを進めた。

### 2. 海外から導入する農業用昆虫類の希少種、在来種等への影響評価手法と導入指針の作成に関する研究

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・食品産業技術総合研究機構

海外から導入する農業上有用な天敵や花粉媒介虫について、外来生物という観点から我が国の生態系に及ぼす影響を評価して、新たな導入指針を作成するための研究を行った。ヒメクサカゲロウやカブリダニ類等の捕食性天敵と熱帯、亜熱帯原産のハリナシミツバチ類を対象に生態影響に関する室内試験を実施し、我が国の生態系への影響程度を予測する基礎データを得た。これらの知見と海外の研究例を参考に導入天敵昆虫の生態系影響を事前評価する手法を開発した。この方法は、生態影響リスクを、その可能性と程度に分割し、定着、分散性、寄主範囲等の6つの評価項目について5段階評価して、その積和を指標として用いるものである。1次基準に基づく1次指標が40以下の種は導入を許可し、40を超える種は「希少種や地域固有種への直接影響、近縁天敵との競争、近似種との交雑」の3項目について追加研究・調査して、全項目に基づく総合指標が80以下であれば、導入可能とするという2段階方式を採用した。総合指標が80を超える種は、導入を見送るか、総合指標が80以下になるような方策を採るべきである。また、花粉媒介虫についても同様な手法による評価のた

めの基準を作成し、導入指針として提示した。

### 3. 有性生殖を利用した造礁サンゴ群集の大規模修復・造成技術の開発

農林水産省 独立行政法人 水産総合研究センター

移植に代わる造礁サンゴ群集の修復技術として、サンゴ群集の主体をなすミドリイシ類を対象に、浮遊幼生の大量放流によって加入を増やし、群集の早期回復を図るというコンセプトで、産卵予測技術、幼生大量育成技術、着生能力の経時変化や着生の際の好適条件（光量・流速・着生基盤）の把握、着生機構の解明等の課題について、野外での実証的な試験を中心に実施した。その結果、百万単位の胚を確保し、これらを着生可能な幼生にまで育成する技術を確立した。そして、幼生放流による加入促進効果を実証され、対象海域に好適着生基質があれば、大量の幼生を放流することで加入レベルを飛躍的に増大させることができるという確証が得られた。また、幼生の着生制御機構の概要が明らかになり、着生・変態を誘導または阻害するバクテリアのスクリーニングと遺伝子解析による環境診断技術開発への道を開いた。さらに、着生基盤の設置方法が着生およびその後の生残に大きく影響することが判明し、好適環境整備のための人工礁の開発等に繋がることが期待されている。本研究により、海域において幼生の加入量を増大させる段階までの技術はほぼ確立したと判断される。今後は、加入後の生残率向上のための条件把握や適用する海域の環境診断・環境整備技術の開発、幼生放流による遺伝子攪乱に対するガイドラインの検討などが残された課題といえる。

### 4. 世界自然遺産地域における自然環境の変化・動態の解明に関する研究

環境省 自然環境局

白神山地及び屋久島は、平成5年に我が国で最初の世界自然遺産として登録された。両地域の自然環境を将来にわたって保全していくためには、自然環境の変化・動態を継続的・定量的に把握し、その結果を保管理に反映させていくことが重要であり、その手法について研究を行った。

白神山地においては、急傾斜の多雪地帯という条件を踏まえ、航空機レーザー計測等を用いた自然環境の動態把握に関する研究を行った。この結果、航空機レーザー計測等によって、地形、樹高、樹種、積雪深、森林の三次元構造等が把握出来ることが確認され、地理情報システムを介して解析・集計することで、森林動態に対する各種要因を検討することが可能となった。

また、屋久島においては、生態系への影響が懸念されるヤクシカ及びタヌキ生息状況及び森林生態系への影響に関する調査・研究を行った。その結果、ヤクシカの生息密度が高いほど林床植生の被度、種数が減少し、構成種が変化する等の植生への影響を科学的なデータと示すことができた。また、タヌキは他地域から持ち込まれた同一母系集団の個体が拡大してきた可能性が高いことが確認され、その分布についても把握された。

### 5. ダイオキシン類及び内分泌攪乱物質のセンシングシステムを用いた環境リスク対策の研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

ダイオキシン類をはじめとする内分泌攪乱物質による環境汚染が深刻な社会問題となっている。化学物質による環境・健康リスクを削減するには、これらの環境汚染物質の汚染状況をモニタリングし、適切な対策技術や管理手法を施すことが必要である。

本研究では、環境試料中のダイオキシン濃度を測定することのできるダイオキシンセンサーによって高感度簡易測定技術を開発することを目的にして、免疫反応測定用の高感度センサー素子の選択と抗体分子の固定化法の研究、抗ダイオキシン抗体を固定化した水晶振動子(QCM)法による環境由

来試料中のダイオキシン測定法の研究、高性能 抗ダイオキシン抗体の合成とシグナル増幅法による(測定)高感度化の研究を行った。

その結果、研究目的の環境試料中のダイオキシン濃度を測定できる高感度・迅速・簡易測定法の要素技術開発に成功し、抗ダイオキシン抗体を固定化したQCM法により0.1～100ng/mlのダイオキシン濃度の検出を可能にした。酵素固定化免疫測定(ELISA)法のために、環境試料から高速溶媒抽出/簡易精製法で前処理して調整したダイオキシン類含有試料を用いて、QCM法で測定したダイオキシン濃度と、公定法である高分解能ガスクロマトグラフ質量分析法で測定した毒性等量との間に良い相関性が在ることを示した。このことで、QCM法が環境試料中のダイオキシンのスクリーニング技術に利用できることが明らかになった。

## 6．都市排水に含まれるエストロゲン様物質が魚類に及ぼす影響と指標化に関する研究

国土交通省 独立行政法人 土木研究所

下水処理水中のエストロゲン濃度の実態や、エストロゲン様物質の曝露を受けた野生魚の存在が報告されている。しかし、測定されたエストロゲンもしくはエストロゲン様物質の水中濃度と魚類内分泌系の応答との関係等は明らかとなっていない。本研究では、下水処理水やその放流先の都市河川において魚類を飼育することによって、エストロゲン様物質が魚類の雌性化に及ぼす影響を評価した。また、水試料の分画法と遺伝子組み換え酵母法によるエストロゲン様活性を組み合わせることで、エストロゲン様活性の高い成分を追求し、さらに、遺伝子組み換え酵母法によるエストロゲン様活性について、魚類の雌性化影響を表す簡易評価指標としての検討を行った。

エストロゲン純物質が雄メダカのピテロゲニン生成に与える影響を評価した結果、エストロゲンの最大無作用濃度は約 30ng/L であった。河川水および下水処理水に雄メダカを曝露したところ、エストロゲン様活性に応じてメダカ肝臓中にピテロゲニンが生成された。エストロゲン様活性が高いほどメダカ肝臓中のピテロゲニン濃度が高まる傾向にあり、特にエストロゲン様活性が 10ng/L-E2 を超えると、顕著にピテロゲニン濃度が上昇した。

## 7．環境汚染物質に対する感受性決定遺伝子の探索を介した新しい健康リスク評価法の開発

環境省 独立行政法人 国立環境研究所

ダイオキシン類の健康リスク評価において実験動物データからヒトへの外挿を行う場合、生体負荷量の考え方が用いられる。しかし、古くからダイオキシン毒性には著しい動物種差が存在することが知られており、ヒトと実験動物の感受性差には未知数な部分が多い。またいくつかの実験動物系統内では、ダイオキシン受容体分子が同一であるにも関わらず、大きな感受性差があることが報告されている。ヒトに対する毒性実験は行えないため、このような環境汚染物質に対する感受性の動物種間差を司る分子を探索していくことは、健康リスク予測に科学的根拠を与えるものとなるだろう。本研究は、ダイオキシン(TCDD)生体影響の感受性を規定する遺伝子の多角的な探索と、その情報基盤の確立、ならびにヒトの感受性解明を目的とした。得られた成果を以下である。

ダイオキシン類の曝露による胎仔死亡・生殖機能異常・化学発癌・ポルフィリン症等の感受性に関与する遺伝子の候補を検出した。本研究で得られた多岐に渡るマイクロアレイ情報のデータベース化と公開を実施した。RNA工学を利用した網羅的スクリーニング法により感受性に関わる遺伝子の単離が可能であることを提示した。In vitroの実験系からAhRの潜在的転写活性化能の違いだけでは、ダイオキシン毒性の種差は説明が付かないこと、および未知の内因性リガンドが感受性決定に重要であることを提示した。新規の網羅的遺伝子発現調節領域解析法の基盤を確立した。

## 8. 流域圏を対象としたダイオキシン類の総合的調査手法の構築とその挙動モデルの開発

京都大学大学院 工学研究科

流域圏における微量汚染物質の持続可能な管理について幾つかの重要な課題が挙げられる中で、本研究では、特にダイオキシン類を指標とした大規模な実測調査およびその挙動（動態）モデルの設計などを行うことにより、一般流域環境における当該物質の挙動再現、起源の予測、空間分布の推定および将来動向を予測することなどを実施した。ダイオキシン類の調査は、琵琶湖流域（約3,600 km<sup>2</sup>）の土壌、河川水、河川底質、および琵琶湖水や湖底質について様々な場、時期、タイミングで実施し、モデルについては地理情報システム（GIS: Geographical Information System）をベースとした大気拡散モデル（AIST-ADMER）や水文水質挙動解析モデル（BASINS-HSPF）を利用して、挙動の再現・予測を行うとともにその有効性を解析した。一方、ダイオキシン類をはじめとする微量汚染物質の分析については、これまで費用や手間、時間などの問題があったことから、バイオアッセイ（CALUX(R) Assay）による測定手法の有効性を様々な試料（土壌、水、底質、植生など）を対象に検証した。

## 9. ダイオキシンの高速・高精度・簡易測定技術の開発

九州大学大学院 工学研究院

ダイオキシン類をはじめとする有害物質による環境汚染は、近年、大きな社会問題になっている。これを解決するには、その迅速分析法の開発が不可欠である。そこで、本研究では超音速分子ジェット/レーザー多光子イオン化/質量分析法によるダイオキシン類の分析技術を開発した。

その結果、効率よくイオン化するために必要なパルス幅(25 ps)、ライン幅(0.0088 nm)、エネルギー(80 μJ)のピコ秒波長可変レーザーを開発した。また、本研究では励起光源にナノ秒レーザー、フェムト秒レーザーを用いる方法についても、併せて検討した。さらに、質量分解能 1500 の飛行時間型質量分析計を開発した。一方、焼却炉排ガス中のダイオキシンを、テナックス樹脂を充填したカラムに捕集し、これを加熱脱着装置に挿入して、ガスクロマトグラフ装置により分離・分析する方法について検討した。実際に、焼却炉排ガス抽出液を測定することにより、環境中に存在する5塩素化ダイオキシン・ジベンゾフランを分析することができた。本法による検出限界は0.6 pgであった。したがって、当初予定していた分析感度を、ほぼ実現することができた。本研究では、レーザー波長を適切に選択することにより、妨害成分の寄与を低減できることも確認した。

## 10. 微生物機能に基づいた環境の「健全性」評価のためのDNAマイクロアレイの開発

大阪大学大学院 工学研究科

自然環境のもつさまざまな機能の「健全性」を、そこに棲む微生物の多様性や物質循環、化学物質分解機能に基づいて評価するためのDNAマイクロアレイの開発を目的として、環境の有する多種多様な機能の中から、特に重要な機能として炭素循環、窒素循環、硫黄循環、金属代謝、エネルギーを取り上げ、これらの機能を担う遺伝子配列に基づいて、環境の機能を網羅的に増幅・検出できる85種類のDNAプローブを搭載した環境診断用DNAマイクロアレイを開発した。また、実環境サンプルを解析することで実用性を評価した。

岐阜大学の江崎教授によって開発された一般細菌用および病原細菌用 DNA マイクロアレイ、本研究開発課題で開発した DNA マイクロアレイを用いて、各種環境サンプルを解析した結果、河川水では流下方向に向かって一般細菌および病原細菌の種類、数が増加すること、検出される機能遺伝子の種類とその割合も増加することが示された。これは、一般に河川の流下にしたがって都市が発達し、人為的な活動が活発となることを反映したものと考えられる。埋立地浸出水と河川水のサンプルを比較したところ、環境の違いによる大きな相違は見られなかった。しかし、埋立地浸出水

では、嫌気条件下の反応に関与している遺伝子が検出されやすい傾向が見られた。

以上のことから、本研究開発課題で開発した機能遺伝子を網羅的に搭載したDNAマイクロアレイを用いることで、各種環境の有する機能面からの環境診断の可能性が示された。

### 第3会場(3F 葵)

#### 1. 酵母による環境モニタリング及びリン、重金属等の回収除去に関する研究

財務省 独立行政法人 酒類総合研究所

産業活動の発展等に伴い、河川や海洋の富栄養化、汚染物質による環境負荷等が問題になっており、環境負荷の少ない循環型社会の構築が求められている。我々は、生物の持つ優れた環境感知機能に着目し、酵母を利用する新規な環境モニタリング法を開発するとともに、酵母のリンや重金属等の取込み、蓄積、排出に関する情報や実験手法の豊富さを利用し、環境負荷物質等を除去、回収するシステムの構築を目指した。

環境モニタリングについては、知見の蓄積の豊富なリンの他、知見の蓄積が比較的少ない砒素、ノニルフェノール、カドミウムについても酵母の豊富な実験手法を駆使し、酵母を用いたモニタリングシステムを構築した。環境負荷物質の除去については、実験室酵母で得た知見を元に、実用排水処理酵母から変異処理によりリン回収除去酵母を育種した。また、比較的知見の少ない砒素についても、砒素取込み、排出、液胞輸送経路の遺伝子について解析し、砒素回収除去酵母を育種した。本酵母は、水銀やカドミウムなど他の重金属の除去回収能力も増大していた。

#### 2. 流出油及び油処理剤の海産生物に対する有害性評価に関する研究

農林水産省 独立行政法人水産総合研究センター

多くのタンカーが航行する我が国近海では、過去に大規模な油類流出事故が発生しており、その危険性は現在でも危惧されている。そこで、油及び油処理剤の海産生物に対する有害性を明らかにするために、毒性が強いことが知られている多環芳香族炭化水素化合物(PAHs)及び油処理剤の海産生物への影響や蓄積性を検討するとともに、油流出事故前のバックグラウンドデータに資するため各海域の二枚貝中のPAHs濃度を明らかにした。

PAHsの魚類に対する急性毒性値(96hrLC50)とlog Kow(オクタノール-水分配係数;脂溶性の尺度)は負の相関を示し、log KowからPAHsの96hrLC50が推測できることが明らかとなった。また、PAHsの複合影響は相加的であると推測されたため、A重油に含まれるPAHsの濃度及び96hrLC50の推定値からA重油の毒性の推測を試みた結果、PAHsによりA重油の毒性の約1/2が推定可能であった。PAHsの蓄積性と毒性との関係では、log Kow 4.5以下のPAHsは蓄積性の増加に伴い毒性が強くなり、蓄積性から毒性の推定が可能であった。一方、log Kowが4.5以上のPAHsでは蓄積性は低いが強い毒性があることが示唆された。さらに、日本全国から採取したムラサキイガイ、ムラサキイコ、マガキ、ミドリイガイ等についてPAHsの定量を行った。PAHsの合計濃度の平均値と標準偏差は $16 \pm 16\text{ng/g}$ 、範囲は $0.71\text{-}140\text{ng/g}$ であり、東海地方が高濃度で北海道及び沖縄地方は低濃度であった。PAHsの起源推定を行った結果、日本南部でより油汚染が進行している可能性が示された。

#### 3. 目視判定等の利用による高感度水質計測技術の簡素化に関する研究

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

水中の有害イオン類の濃度計測に一般的に利用される機器分析法は、装置コストが高く、操作も熟練を要するなどの問題がある。そのため、様々なタイプの簡易分析キットが開発・市販されている

が、これらも、近年の環境基準の見直しに対してはその感度が不足し、また、安全性、操作性においても問題がある。

そこで本研究では、高い検出感度あるいは定量感度をもちながら、熟練した技術を必要とはしないで、より簡便に、しかも安全に利用できる、有害無機イオン類に対するモニタリングシステムの研究開発を行った。

その結果、厳しい環境基準が設定されている無機イオン類の内、特に、フッ化物、カドミウム、水銀、鉛、六価クロム、およびヒ素など、そのいずれについても、環境基準濃度を目視判定によって検出定量が可能な簡易計測法の開発に成功した。したがって、これらの方法は従来には無い高い感度を示す簡易検出法となった。本研究で開発した方法は、安価に、簡単な操作で迅速に検出定量できる性質を持った材料を利用するものであり、これをもとに極めて使いやすい簡易検出システムを確立することができた。

#### 4. 地下水汚染における科学的自然減衰(MNA)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

科学的自然減衰 (MNA、Monitored Natural Attenuation) とは、1990年代に米国で確立された地下環境における汚染浄化法である。汚染物質が自然浄化する力を利用し、その状況を科学的に監視することをいう。山形県および熊本市との地域密着型共同研究である本プロジェクトは、ガソリンおよびVOCによる地下水汚染が顕在化している複数の地域を対象に、自然浄化が生じていることを実証し、その観測データをもとにわが国に適したMNAの判定基準をまとめる、ことを目的として行われた。

ガソリン汚染地区におけるベンゼン(B)、トルエン(T)、キシレン(X)を対象とする地下水質モニタリングおよび実証的研究から微生物分解が生じていることを確認できた。長期モニタリングから、地下水中のBTX汚染濃度の減少パターンは、濃度停滞期(高濃度で安定) 濃度減少期(濃度低下が明確) 濃度変動期(低濃度域で大きく濃度変動する) 濃度消滅期(バックグラウンドレベルになる)の4過程を経て浄化が進行することが判った。各地下水汚染サイトにおける揮発性有機塩素化合物(VOC)の減衰挙動は、(a)生成物を伴いながら主の汚染が減衰していく、(b)生成物はなく単独で減衰していく、(c)減衰がほとんどないの3タイプに分類できた。このような様々な解析結果をベースに地下水中の主要成分や環境条件をポイント化し、MNA導入の判定基準として社会的に理解の得やすいスクリーニング評価シートを作成した。

#### 5. 環境水浄化のための光触媒能と吸着能のハイブリット化

・カーボン被覆酸化チタンの調製と評価・

大分大学 工学部

愛知工業大学 工学部

株式会社ナード研究所

酸化チタンとポリヴィニルアルコール(PVA)の混合物の加熱処理により、炭素が被覆された酸化チタンの合成が可能となった。炭素被覆を施すことにより、酸化チタンのアナターゼ相からルチル相への転移が抑制され、炭素被覆量が2 mass%の試料では、900 °C処理でも、アナターゼ相が保持された。また、この測定から炭素被覆酸化チタン試料はいずれも、紫外光から可視光も吸収することが明らかとなり、炭素被覆されているにもかかわらず、紫外光をも透過し光触媒能を十分に発揮することが明らかとなった。この炭素被覆酸化チタンの光触媒能の検討をおこなった。汚染物質

の光分解を吸着と分離して評価するために、試料をあらかじめ暗所にて、汚染物質の吸着を飽和させた後、UV 光照射下で溶液中に残存している汚染物質の濃度を測定した。初期濃度と光分解反応過程での測定濃度を比較し、照射時間との関係より分解速度定数( $k$ )を求めた。メチレンブルー(MB)の分解の場合、炭素を被覆した試料のほとんどが、炭素被覆をしていない原料酸化チタンよりもMBを急速に分解した。この他に、リアクティブブラック(RB5)、フェノール(Ph)およびイミノクタジン三酢酸塩(IT)について同様の検討を行い、各試料の $k$ を算出した。この炭素被覆酸化チタンの光触媒能を4種の汚染物質の分解速度定数 $k$ によって評価したところ、炭素被覆酸化チタンの光触媒能は、3つの因子、すなわち1)酸化チタンの結晶性、2)炭素層の吸着能、3)基質酸化チタンに到達するUV光の強度によって決まっていることを明らかにした。さらに、環境中で使える例として、炭素被覆酸化チタンの固定化について実験を行い、繰り返し使用に支障がないことを明らかにした。

## 6. エコ・アドバンス技術による高効率環境修復・保全システムの確立

経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所

近年、様々な有害物質による土壤汚染が顕在化しつつある。特に、石油関連工場、ガソリンスタンド跡地等では、土壤基準にはない「油・炭化水素類」による汚染が問題となっており、油類の中には、溶解性が低いため、蓄積性や生物濃縮性が高いものが多い。従って、これらの汚染物質をターゲットとした修復技術の開発が急がれている。

本研究では、「バイオサーファクタント(生物由来の界面活性剤)を利用した浄化促進技術」、および「分子生物学的手法を活用した高度モニタリング技術」の開発に取り組み、両技術の統合・最適化により、経済性と安全性に優れた「バイオレメディエーション技術」の基盤を確立することを目指した。

研究を通して、油汚染土壤の「水洗浄処理」や「微生物処理」に対するバイオサーファクタントの添加効果を、初めて定量的に検証できた。即ち、バイオサーファクタントの添加で、土壤洗浄や微生物による分解が有意に促進され、その効果は、合成界面活性剤に比べて顕著であることを実証した。また、バイオサーファクタントの添加効果や環境への影響を評価するため、微生物の遺伝子(16SrRNAや分解酵素遺伝子)を指標とした定量的なモニタリング法の開発も進めた。新しく開発した定量的PCR法(消光プローブ/遺伝子増幅法)や、パターン解析法(消光プローブ/T-RFLP法)を適用することで、油汚染土壤における微生物相を効率的に解析でき、バイオサーファクタントの微生物に対する影響を初めて定量的に検証した。これにより、バイオサーファクタントの添加によって、アクリチノバクテリア等の炭化水素分解菌が活性化され、分解菌が増加することで、油分解が促進される過程を明らかにした。このようなエコ・アドバンス技術の活用により、環境効率に優れた土壤修復技術の確立を大きく加速できる見通しを得た。

## 7. 微生物機能を利用したセレン・ヒ素汚染土壤の浄化技術の開発

大阪大学大学院工学研究科  
海洋研究開発機構

セレンならびにヒ素による土壤汚染が顕在化しつつある。そこで、本研究では、セレンとヒ素を還元する能力を持つ微生物*Bacillus* sp. SF-1の機能を利用したセレン・ヒ素汚染土壤の浄化技術の開発を実施した。これは微生物の特異的な反応を利用するため、土壤への負担が少なく、コストも安いという利点がある。

セレン・ヒ素複合汚染土壌において、土壌中のセレンの大半は水を加えることで、ヒ素と比較して液相に速やかに回収できるため、別の容器に移し替えた後、乳酸と酵母エキスの添加し、*Bacillus* sp. SF-1のセレン還元能力を利用して元素態セレンにまで還元すれば、凝集沈殿などの物理化学的でセレンを回収することができることが明らかとなった。一方、ヒ素は、短時間では液相に抽出されにくく、大半が土壌中に残ってしまった。土壌固相に残ったものを抽出するには、*Bacillus* sp. SF-1のヒ酸塩還元能力を活用することが有効であり、この過程はヒ素の土壌への吸脱着と微生物反応によって数値モデルとして表すことができた。