

I . 研究実施の概要

1 . 地球環境部

地球環境部は、気象研究グループ、生態システム研究グループ、温室効果ガスチーム、食料生産予測チーム、フラックス変動評価チームで構成され、「地球規模での環境変化と農業生態系との相互作用の解明」および「生態学・環境科学研究に係わる基礎的・基盤的研究」をテーマとした課題を担当している。前者については、地球規模の環境変動が農業生態系に及ぼす影響の解明および農業が地球環境に及ぼす影響解明と対策技術の開発を、後者については、環境資源情報の計測・解析技術の高度化をそれぞれ目標とし、以下の小課題を実施している。

気象研究グループでは、地球環境変化によって生じる農業生態系への影響の予測と大気質変化を明らかにすることを目的に3つの小課題を実施している。

「気候変化や二酸化炭素の濃度上昇による農業気候資源量の変動特性の解明と影響評価」は、気候変化による水循環の変動が東・東南アジア地域の農業生産に与える影響を明らかにすることを目的としている。この課題では、これまで構築したユーラシア大陸東部を対象とする大陸スケールの水循環モデルに、高度化した灌漑サブモデルを組み込むことによって、流出量や土壌水分量を適切に推定できるようになった。そのモデルに、1901年から2000年までの気象データを入力し、小流域毎に、作物が生育するのに必要な最低限の給水量の指標である灌漑要水量と、利用可能な水資源量の指標である流域流出量との比率である水需給比率（＝灌漑要水量÷利用可能な水資源量で、値が大きいほど利用可能な水資源の多くの割合を灌漑のために消費し、水が逼迫していることを示す）の分布を図示した。この水需給比率の値が大きい地域は、農耕地が集中し、かつ、降水量が比較的少ない中央アジア、パキスタン、インド西部、中国華北に分布した。また、各種水文要素を主要な河川流域全体で集計すると、灌漑農地面積あたりの灌漑要水量（値が大きいほど灌漑水が多く必要）はインダス川(243mm)、ガンジス川(165mm)、黄河(123mm)、メコン川(62mm)、長江(21mm)の順、水需給比率はインダス川(0.328)、黄河(0.095)、ガンジス川(0.057)、長江(0.003)、メコン川(0.001)の順となり、インダス川流域が最も農

業水資源の逼迫度が大きいことが示され、河川流域毎の農業水需給関係の空間分布特性が明らかになった。これらにより、広域において、農業生産に必要な水需要量と供給可能な水資源量を評価することが可能となった。

「二酸化炭素の濃度上昇がアジアのコメ生産性に及ぼす影響のモデル化」では、大気CO₂の増加がアジアのコメ生産に及ぼす影響を的確に予測することを目的にして、FACE（開放系大気CO₂増加）及びチャンパー実験を行い、高CO₂濃度による物質代謝・生長・熱収支など各プロセスの応答の変化を解析している。個葉の光合成過程の高CO₂応答から群落光合成を精度良く推定するために、生化学的反応を考慮したFarquharモデルを導入して群落光合成を推定し、人工気象室の高CO₂濃度実験における実測値と比較した。その結果、前年度の光・光合成曲線に基づくモデルに比べて高い適合度を示し、推定精度を大幅に向上することができた。また、昨年度開発した群落熱収支モデルの気孔の環境応答に品種特性値を導入することによって、日本（岩手県雫石町）と中国（江蘇省無錫）の開放系大気CO₂増加（FACE）実験におけるイネ群落蒸散量の地域、年次間比較を可能にした。その結果、生育期間の積算蒸散量は、地域、年次間で1.7倍に及ぶ差異が認められたが、高CO₂による蒸散抑制程度は4～12%と比較的小さい範囲にあることがわかった。イネ成長プロセスでは、従来のモデルMACROS（Modeles of an Annal CROp Simulator）がイネの葉面積の高CO₂影響を過大評価したことを修正するために、吸収窒素に基づく葉面積モデルを導入するとともに、群落光合成をより良く再現できるFarquharの光合成モデルを導入した。また、土壌物質代謝プロセスでは、生物地球化学モデルの一つであるDNDCモデルに湛水条件のFe還元過程を新たに取り入れた。以上の各プロセス・モデルの改良により、高CO₂がイネの光合成、成長、水利用および土壌炭素・窒素代謝プロセスに及ぼす影響を包括的に推定することが可能となった。ただし、現在のところ本モデルはFACE実験で実測した葉面積、乾物重、土壌からのメタンフラックスの季節・年次変動を概ね再現するが、乾物重、収量の高CO₂応答はやや過大に推定する傾向にある。

「農業生態系における炭化水素、花粉、ダスト等大気質の放出・拡散過程の解明」では、農業生態系から放出

される微量ガス、砂塵や花粉の大気中への放出拡散量を評価する手法を開発するとともに、放出・拡散過程において作用する主たる要因を明らかにすることを目的に行っている。イネモミ残渣燃焼ガスの成分組成および発生动態について、気象条件の中でも特に燃焼状態への影響が大きいと考えられる風速との関係を調べる燃焼実験を行い、各炭素系ガスの全炭素系ガスに対する放出量比率に着目して解析した。風速の増加にともなってCO₂の比率が増え、CH₄を含む炭化水素系ガスの比率が減少した。逆に、風速が弱いほどCO₂の比率は減少し、それを補うように炭化水素系ガスの比率が増加した。一方、COの放出量比率は、風速の強弱によってあまり変化しなかった。従来までの一般論とは異なり、CO₂の増減と補完関係にあるのはCOよりもCH₄を含む炭化水素系ガスであることが明らかになった。ダストに関しては、中国敦煌における地表面が異なる地表面（ゴビ砂漠、灌木がある荒漠地、オアシス農地）の3地点（各地点間の距離は約10km）における観測とデータ解析から、オアシス農地、荒漠地、ゴビ砂漠があると想定した小領域（10km×10km）におけるダストの水平および鉛直輸送フラックス（単位面積・単位時間あたりの物質の移動量）を推定する方法を開発した。小領域内でのゴビ砂漠における砂の水平フラックスは、オアシス農地より数十倍高く、2002年の年間の正味通過量は約4.7トン/mと推定されたが、ダスト鉛直フラックスは農地の1/10,000にしかならないことがわかった。（野内 勇）

生態システム研究グループでは、人間活動に伴う環境変動が農業生態系における物質循環や空間構造の特性に及ぼす影響の解明、および、環境資源情報の計測・解析技術の高度化に関する研究を行なっている。

「窒素負荷の増大等による農業生態系の酸性化と窒素等の動態把握手法の開発」では、窒素の土壌内での動態を明らかにするため、関東周辺多地点での林床からのN₂O発生量、および全国渓流水調査結果を用いて、大気からの窒素負荷との関係を検討した。渓流水窒素濃度もN₂O発生量も大気からの窒素負荷と最も相関が高く、自然流域における窒素動態に大気からの窒素負荷が重要な影響を与えていることが分かった。さらに、土壌内での窒素浄化を考慮したモデルや統計モデルにより、大気窒素負荷量から、渓流水中硝酸濃度やN₂O発生量の地域的な分布がおよそ再現された。

次に、東アジアを対象に、農耕地や市街地を含む領域の窒素循環を、1961年から現在まで1kmスケールで推定した。施肥量の多い中国東部や韓国で大きな負荷が見

られた。特に大都市など人口密集地への負荷が大きく、さらに近年の農村から都市への人口移動により、経年的な増加も著しいことが分かった。全領域での窒素負荷量の増加は40年間に3.8倍、人口密集地では6.2倍となっていた。面積あたりの窒素負荷がもっとも大きいのはシンガポール、インドネシア、韓国、中国の大都市であった。

「物質収支算定システムの構築と環境負荷の定量化手法の開発」では、これまで行なってきた1997年までの5年ごとの窒素養分算定結果に、1998年から2000年の算定結果を加え、その後の変遷傾向を検討した。この3年間は、輸入量と国産量の両者が1997年の量より若干減少し、ほぼ同じ状態で推移している。その中で、輸入畜産物の増加と飼料消費量の減少は依然として続いている。畜産物全体の消費量にはほとんど変化はないことから、国内の飼養家畜頭数の減少とそれを補う輸入畜産物の増加の結果と解釈できる。そのため、家畜ふん尿の発生量が減少し畜産物からの環境への排出量はかなりの減少を示した。しかし食生活からの環境への排出量にはほとんど変化が認められなかった。また、全国版養分収支算定システムの拡充のため、1997年の窒素養分収支の算定結果を用いて、加工業からの環境への排出量の内容について検討した。昨年度までの算定において、加工業から環境への排出量154千tのうち、算定システムで評価できない量は70千tであった。今年度、新たに、果汁かす、澱粉かす等の計8品目の副産物に関するデータを整備し、昨年度までの未評価量のうち、11.3千tを明らかにした。

「GISを活用した農業生態系の空間構造変動の定量的把握手法の開発」では、前年度まで実施していた迅速測図（1880年代）と現存植生図（1980年代）の2時期のみの比較を拡張し、今年度は地形図と航空写真から新たに3時期（1900年代、1950年代、2000年代）のデータを加え、1880年代から2000年代にかけて5時期の土地利用変化の経過を解析する手法を確立した。この手法を用いて牛久市周辺地域の約120年間の土地利用変化を解析したところ、1880年代～1900年代および1900年代～1950年代の期間に発生した土地利用変化はその殆どが農業的なものであったのに対し、1950年代以降には都市化が顕著になったことが分かった。5時期に起きた土地変化の回数により調査地域内を分類すると、土地利用の変化が4回あった地域は0.7%の面積を占めていた。以下、3回の地域は14.6%、2回の地域は30.7%、1回の地域は31.0%で、無変化の地域は23.0%を占めていた。

「衛星情報のデータベース化と画像解析手法の高度化」では、昨年度構築したデータベースに改良を加え、施肥

量などの量的要素も収録できるようにするとともに、FAOが公開する中国の主要農作物を追加収録した。このデータベースのRDBMS（リレーショナルデータベース部分）には、プログラミング言語よりアクセスできることを確認した。衛星画像に関しては、2001年7月～2003年12月のタイ受信MODISのデータ約3000件を処理し、地表面分光反射率画像を作成した。さらに、RADARSAT衛星搭載の合成開口レーダ（SAR）の2時期のデータと数値地図25000を用い、雲に障害されることなく水田を抽出する方法を開発した。また、航空機搭載の多波長・多偏波SARによる1時期の観測データから水田を抽出する手法も開発した。

「リモートセンシングによる植变动態の広域的検出・評価手法の開発」では、光合成に関連する特性値（光量子収率、飽和光合成速度、暗呼吸、および光利用効率）と、同時測定したハイパースペクトル計測による反射特性との相関分析を行い、531nmと570nmを用いたスペクトル指数と光利用効率の間に特に密接な関係があることを見出した。この関係を利用して光利用効率を推定するモデルを考案した。群落構造特性の評価に関しては、反射率・偏光度等を入力とするニューラルネットモデルをイネ等3作物についての実測値で検証し、平均葉面傾斜角の遠隔計測法としてニューラルネットモデルがある程度の一般性（相関係数0.87）を持つことを確認した。また、出穂期コムギ個体群の赤バンド偏光反射率により、茎立期追肥の施用効果を早期検出できる可能性を明らかにした。衛星データに関しては、MODIS画像の植生指数の季節変化を抽出・補間する手法を開発し、季節変化曲線の特徴点（最大値等）の自動抽出により、田植、出穂、刈取日を平均2乗誤差9.0～12.1日で推定できることを示した。

「環境資源・環境負荷データの分類手法及び多変量解析手法の開発」では、巨大系統樹推定のために新たに開発したソフトウェアBOGENを生物の遺伝子情報（塩基配列）に適用し、未知の機能性をもつ物質や生物を探索する方法を開発した。例として、アオコ毒分解機能をもつ細菌の探索に適用し、系統関係を考慮しない探索に比べ、極めて効率的に目的とする機能をもつ生物を発見できることを示した。また、回帰分析や分散分析において基本となる非心F分布に関して、前年度近似精度を証明した変数変換を用いることにより、3つ以上の処理を比較するための従来の多重比較法が適用できることを明らかにした。

（三輪哲久）

温室効果ガスチームでは、「農地の利用形態と温室効

果ガス等の発生要因の関係解明及び発生制御技術の開発に関する研究」を実施している。

平成16年度は、国内と中国において土地利用や有機物・肥培管理をかえて温室効果ガス発生削減試験を行った。温室効果ガス発生制御施設で行った過去2年間の田畑転換試験（水稲継続、陸稲への転換、大豆・小麦二毛作への転換）の結果、トレードオフ関係にあるメタンと亜酸化窒素の発生量を地球温暖化ポテンシャル値で比較すると、いずれの場合も100 g CO₂ m⁻²程度であった。また、二酸化炭素を加えた3種類の温室効果ガスの地球温暖化ポテンシャル値は陸稲区のみで排出、水稲区および二毛作区では吸収であった。さらに、今年度、転換畑に再び水稲を栽培したところ栽培期間中のメタン発生量が連作水田にくらべて顕著に低かった。次に、文献を基に施肥をした世界の水田を対象として亜酸化窒素発生量のデータベースを構築・解析した結果、常時湛水田よりも中干しあり水田の方が発生量の平均値は大きかったが、施肥量に対する排出係数については水管理の違いによる有意な差はなく、その平均値は0.31±0.31%であった。この値は、現在のIPCCにおける農耕地全体の排出係数デフォルト値1.25%よりも低く、水田における発生量はそれほど高くないことが明らかとなった。また、中国瀋陽のトウモロコシ畑では硝化抑制剤入り緩効性尿素肥料を用いることにより、亜酸化窒素発生量を60%程度に削減できた。農地における土地利用と肥培管理に伴う温室効果ガス等の発生要因の解明と発生抑制技術の開発については、バイオマス燃焼による温室効果ガス等の発生量推定手法を開発するための燃焼実験を行い、燃焼温度に基づいた推定が可能であることを示した。また、施用有機物のC/N比が小さいほど、N₂OおよびNOの発生量が大きいことを定量的に示した。栽培管理技術および土壌保全技術を利用した温室効果ガスの合理的排出削減技術の開発では、田畑輪換栽培圃場と不耕起栽培圃場におけるCO₂、CH₄、N₂Oフラックスの通年変化を測定し、農業からの温室効果ガス排出の削減技術として、不耕起栽培が有効であることを示した。

食料生産予測チームでは、「地球規模の環境変動に伴う生育阻害要因を考慮した東アジアのコメ生産力の変化予測」、「中国における砂漠化に伴う環境資源変動評価のための指標の開発に関する研究」を行っている。

2100年の気温が1.4～5.8 上昇すると予測している最新の全球気候モデルの中で、中庸な予測値をもつ英国ハドレーセンターのモデルを用いて、月平均気温、降水量および日射量等を、全球では0.5°、日本域では10kmメ

ッシュに線形内挿し、本課題の共通データとした。同様に、日本域については、気象庁の気候統一シナリオを、10kmメッシュに展開し、共通データとした。統計的ダウンスケーリング手法(SDSM)によって、日本における降水量変動を予測する手法を確立し、2030~2050年においては夏季の降水量が日本海側では増加するのに対し、太平洋側では減少することを明らかにした。また、気温上昇に伴うニカメイガによる水稻の減収率を見積る推定式を確立し、2030~2050年の平均減収率は、本州中央部ですでに4~8倍になることを予測した。この結果、気候シナリオに加えて、水稻生育阻害要因となる水資源、害虫に関する影響予測手法が確立され、水稻栽培適地の変動を予測する準備できた。

中国における砂漠化研究については、内蒙古半乾燥地域の草地における41地点の土壤・植生の同時調査結果を解析した。地形・地質などをともに調査地の景観タイプを沙地(ホルチン沙地・ホンシャンダク沙地・ムウス沙地・クブチ砂漠)と沙地以外の草原(内蒙古高原・黄土高原)の2つに大きく分けた上で、この2つの景観タイプ内において、砂漠化程度の違いにより沙地を2段階、沙地以外の草原を3段階に分類した。そして、それぞれの砂漠化程度の違いによって特徴的な群落を構成する標徴種が認められ、それらが砂漠化程度を示す指標として有効であることが明らかとなった。このほか、土壤の粒径組成・有機炭素・全窒素・pH・電気伝導率・可給態リン酸と植生の群落高・被度・地上部乾重を比較した結果、土壤では粒径組成と有機炭素含量が、植生では種組成・群落高・被度・地上部乾重が、各砂漠化程度に応じて有意に変化しており、これらが砂漠化程度を表す指標として有効であると考えられた。

フラックス変動評価チームでは、「農耕地や自然生態系におけるフラックス変動の評価」に関する研究を実施している。

湛水期間をもつ水田および自然湿地を対象として、単位時間内に単位面積を通過して大気との間で輸送されるCO₂、メタンおよび熱の量であるフラックスを継続観測し、解析している。今年度は、2000-2002年に釧路湿原で実施したフラックス観測の結果を、水田と対比しながら解析することにより、ヨシが優占する湛水した低層湿原、地表面にミズゴケ層が発達する高層湿原、稲単作水田の各生態系の温室効果ガス収支と熱収支の特徴を明らかにした。温室効果ガス収支については、植物の生育開始時期の違いを反映して、高層湿原よりも低層湿原の方がCO₂放出から吸収に移行する時期が遅れ、低層湿原で

は春季に大きなCO₂放出が観測された。生育期間中のCO₂吸収量は、低層・高層湿原とも水田より小さく、高層湿原は水の消費量の割に炭素固定量が小さな生態系であることがわかった。さらに、高層湿原では冬季もメタンの放出が継続するため、温室効果ガス係数から見た年間収支ではCO₂吸収とメタン放出がほぼ均衡していた。熱収支については、低層・高層湿原とも顕熱フラックスの占める割合が水田に比べて大きく、湛水の有無による差は小さかった。(今川俊明)

2. 生物環境安全部

生物環境安全部は、植生、昆虫、微生物・小動物の3研究グループおよび組換え体チームから構成される。当部では、生態系機能を活用した農業生態系の安定化と生物環境の安全性を確保するため、遺伝子組換え生物や侵入・導入生物の環境影響評価、生物間相互作用の解明、生物多様性の評価と保全等について、遺伝子レベルから農業生態系レベルまでの広範な視点から研究を推進している。

組換え体チームが取り組む遺伝子組換え作物の環境影響評価については、平成16年2月に施行された「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律(通称、カルタヘナ法)」および同時期に農林水産省が定めた「第1種使用規程承認組換え作物栽培実験指針」に沿って、組換え作物の花粉飛散に関わる遺伝子流動やモニタリング等に関わる研究を実施した。また、平成17年3月には、アジア太平洋地域食糧肥料技術センター(FFTC)と共同して、国際ワークショップ「アジア太平洋地域における侵入生物に対するデータベース構築」を台湾で開催し、情報の共有化に向けた今後のデータベース構築と連携・協力体制について参加8カ国間で協議した。(岡 三徳)

植生研究グループでは、大括りにいうと、「農業生産活動が農業生態系の生物群集の構造と多様性に及ぼす影響の評価」(中期計画・中課題名)について研究を実施している。一方、その中身を具体的にみると、「スルホニルウレア系水田除草剤施用が水田周辺の植物群落の種多様性に及ぼす影響」、「農地管理形態の変化に伴う農地及び周辺植生の変動予測」、「カテコール関連化合物を放出する植物の導入が周辺の植物や土壤環境に及ぼす影響の解明」(中期計画・小課題名)等を中心に、幅広い内容になっている。

スルホニルウレア系水田除草剤(SU剤)は、我が国を

はじめ韓国などでも広く使用され、水田生態系を生息地とする水生植物群集の生存に、大きなインパクトを与えている。16年度は、絶滅危惧水生種子植物であるスプタを用いて、ベンスルフロンメチルに対する暴露試験を行ったところ、本剤はスプタの種子発芽を阻害しなかった。また、スプタの幼根伸長を指標とした本剤の無影響濃度と半数影響濃度は、それぞれ1.0 mg/Lと4.0 mg/Lであると推定した。これらの濃度は、昨年度評価した水生シダ植物（サンショウモ、オオアカウキクサ）の実験結果より著しく高かった。一方、わが国の代表的なSU剤3種に対するサンショウモの感受性を比較したところ、ベンスルフロンメチルとイマゾスルフロンに対してはほぼ同等の高い感受性であった。また、ピラゾスルフロンエチルに対しては、それらよりやや高い感受性であった。

農地及び周辺植生の変動予測では、休耕・耕作放棄に伴う管理粗放化が水田生態系における周辺植生の空間分布と水生生物に及ぼす影響の解明、農業生態系における植生及び植物分布の変動を把握するための調査・解析システムの開発を行っている。15年度までに、桜川・小貝川水系の「下流域低地水田景観」と「下流域台地谷津田景観」に属する休耕地及び放棄水田は9つの群落タイプに区分され、これらは自然立地単位との間に一定の対応関係があることを明らかにした。しかし、「谷底平野（低地域）- 灰色低地土域」および「谷底平野（台地域）- 多湿黒ボク土域」の2自然立地単位では、自然立地特性よりむしろ管理形態の差異を反映すると考えられた。そこで、16年度は、この2つの自然立地単位を中心に、地権者を対象とした当該水田の管理履歴等に関するヒアリングを実施し、土地利用・管理履歴を把握した。統計的解析の結果、9つの群落タイプのうち7タイプは、耕起の頻度、引水、客土の有無と土壌水分条件との関係によって成立すると推定された。これらのことから、休耕および耕作放棄地における植生変化を定性的に予測することが可能となった。一方、植生分布及びその変化を推定するための調査・解析システムを構築するために、利根川流域の植生・土地被覆モニタリング地区において、秋期の畦畔の植生調査を継続し、秋期の種組成、種ごとの高さ及び被度等をデータベースとして蓄積した。また、昨年度までに作成した土地被覆データベースを利用し、チョウ類の分布と関係が深い「水田（または放棄水田）- 草地 - 樹林地」の組み合わせからなる景観に着目して、これらの接する境界長の最近25年間における変化を解析した結果、谷津田型の景観において、樹林 - 水田の境界長の減少が顕著であることを示した。

生物群集の遺伝的な多様性については、タンポポ属植物を対象として、DNAの塩基配列などを指標に870個体の雑種判定を行い、セイヨウタンポポや雑種個体の全国分布図を作成した。また、関東地方でみられるタンポポの4割が4倍体雑種の単一クローンであり、その分布域が関東全域に及ぶことを明らかにした。これらの成果は、外来植物の生態系影響を評価するための有用情報となるので、所の主要成果として公表した。

カテコール化合物等の生理活性物質は、自然界や農業生態系に生存する多くの植物種から放出され、アレロパシー活性を有するものが多い。16年度は、新たに約800種の導入植物等について、サンドイッチ法で他感作用の検定を行い、クラウンベッチ、ツノアイアシ、オオサンショウモ等の他感作用が強いことを見いだした。また、他感物質として、ニセアカシアから(・)カテキン、ユキヤナギからシス・ケイ皮酸グルコシド、リュウノヒゲからサリチル酸を同定した。さらに、他感作用が強い植物の活用に関する圃場試験を行い、リュウノヒゲとコンフリー等が雑草抑制用の被覆植物として有効であることを明らかにした。一方、ムクナから放出される他感物質L・ドーパの土壌中における挙動を調査・解析し、L・ドーパは土壌による吸着反応および腐植様物質への変換反応によって急速に消失し、これらの消失反応にはL・ドーパのカテコール構造が深く関わっていることを明らかにした。以上の内、ユキヤナギ、リュウノヒゲ、ニセアカシア等に関する情報は、農業に使用する化学農薬を削減して環境を保全するために有用な情報になるので、これらを所の主要成果として公表した。（小川恭男）

昆虫研究グループでは、3つの小課題の下で7つの実行課題を実施したほか、農林水産ジーンバンク事業の下で1つの実行課題を実施した。さらに、地球環境部食料予測チーム、植生研究グループ、組換え体チームの小課題の下で、実行課題を分担実施した。以下、そのうちの主な課題について述べる。

小課題「ハモグリバエ等に対する導入寄生蜂等が非標的昆虫に及ぼす影響の評価」では、海外から導入した天敵が土着天敵等の非標的昆虫に及ぼす影響を評価するための試験を実施した。ハモグリバエの土着寄生蜂ササカワハモグリコマユバチと導入寄生蜂ハモグリコマユバチの寄主範囲、性比、産卵数を比較したところ、両種の生態的特徴には大きな差はなく、導入種が土着種に対して優位となる生態的要因は得られなかった。さらに、導入内部寄生蜂の寄主範囲は土着内部寄生蜂と同様に狭いことから、希少種を加害する可能性は少なく、生態影響は

低いと考えられる。また、クリタマバチの土着・導入寄生蜂間の交雑性を核およびミトコンドリアDNA マーカーを用いて詳しく調査したところ、種間雑種の後代と思われる個体が5%程度検出された。

また、侵入・導入生物に関して、「アジア・太平洋外来生物データベースシステム」を構築し、わが国に侵入・導入した外来種を中心に、アジア諸国の外来種を含めデータ入力を行い、インターネット公開した。さらに、生物拡散を一層的確に予測するために、従来のブラウン運動モデルの問題点を改善した。すなわち、ブラウン運動モデルにおいてはランダムウォークの際の1歩の長さが一定と仮定されていたが、この1歩が一般化ガンマ分布をする確率分布に従って変動すると仮定した新たな拡散予測式を開発した。この予測モデルを用いて、トウモロコシの花粉の拡散・交雑を予測したところ、従来の式よりも現実的で的確な予測を行うことができた。

小課題「寄主植物の空間分布がハムシ等の個体群動態に与える影響の解析」では、室内実験でブタクサハムシの産卵期の雌成虫の食害が大ききことを明らかにし、また、成虫の飛翔離脱に及ぼす餌条件を明らかにした。これまでに得られた成果を基に、生息地の空間配置を考慮した本種個体群のシミュレーションモデルを構築した。シミュレーションの結果、発生量、発生時期とも実際のデータとよく一致した。

小課題「カメムシ、ハマキガ等の放出物が周辺昆虫に及ぼす影響の解析」の下で、昆虫個体群の動態に関する化学的基盤を解明するために、化学交信物質の構造と機能について取り組んだ。チャノコカクモンハマキの交信攪乱剤に対する感受性、抵抗性両系統の雄成虫の触角に対して低濃度の(Z)-11-tetradecenyl acetateを連続的に流した状態で、0.1 μ gの4成分から成る合成性フェロモンを両系統の雄成虫の触角に吹き付けたところ、抵抗性系統は感受性系統に比べて、合成性フェロモンに対するEAG応答が有意に大きく、反応性が高いことが明らかとなった。さらに、オオトゲシラホシカメムシ雄成虫の放出物を捕集し、各種の機器を用いて分析したところ、分子量が220でC₁₅H₂₄Oの元素組成のアルコールであることが明らかとなった。

中課題「昆虫・微生物の収集・特性評価とジーンバンク登録」の下で、「昆虫ジーンバンク」を実施し、天敵バンカー用昆虫ムギクビレアブラムシおよび天敵餌用昆虫エンドウヒゲナガアブラムシを新規導入し、検定用昆虫トビイロウンカ・バイオタイプ *bph-4* をアクティブコレクションに移行・登録した。また、新規導入種の特性

評価項目を作成するとともに、既に導入した種・系統の42項目の特性について評価した。(松井正春)

微生物・小動物研究グループでは、農業生態系に生息する微生物・小動物を対象に、農業生態系の維持増進に関わる生物間相互作用の解明、個体群動態を規定している環境要因の解明、農業生産活動が農業生態系の微生物・小動物の生物多様性に及ぼす影響の解明等に関する調査研究を行い、農業環境の安全性確保に資する制御技術の開発並びに有用機能の利用技術の開発を目的としている。この研究目的のため、「環境要因が微生物の増殖、個体群変動に及ぼす影響の解明(中課題)」の下で、「土壤微生物相等の環境要因が菌核性糸状菌等の動態に及ぼす影響の解析」、「微生物及び植物の二次代謝物等が微生物の増殖に及ぼす影響の解析」の2つの小課題を、「畑地及びその周辺に生息する線虫の動態解明(中課題)」の下で、小課題として「畑地及びその周辺に棲息する線虫の属・種構成の解明並びに昆虫病原性線虫等の特性解明」を、また、「昆虫・微生物の収集・特性評価とジーンバンク登録(中課題)」等の研究を実施している。以下に、当研究グループが実施する小課題毎に、平成16年度に得られた成果を整理して示す。

土壤消毒等の人為的なく乱が土壤微生物相に及ぼす影響を評価・解明することを目的とした「土壤微生物相等の環境要因が菌核性糸状菌等の動態に及ぼす影響の解析」の課題では、次の成果を得た。紋羽病菌菌系には、しばしば *Trichoderma* が随伴しているが、*Trichoderma* にはさらに *Gliocladium catenulatum* が二次的に随伴している。*G. catenulatum* は *T. atroviride* の白紋羽病菌に対する拮抗作用を抑止するが、その効果を顕微鏡的な変化としてはとらえることはできなかった。また、*G. catenulatum* はPDA上では白紋羽病菌に対し、拮抗性を示さなかった。紫紋羽病発生リンゴ園土壤の糸状菌数や細菌数はクローリピクリン処理後、直ちに処理前の数に回復したが、残留性の強い殺菌剤フロンスайдは糸状菌数を低下させたままであった。しかし、土壤被覆培養法により、両剤はともに土壤微生物相の紫紋羽病菌に対する生育抑制効果を低下させることが明らかになった。また、土壤から抽出したDNAを用いたPCR-DGGE解析法により、くん蒸処理した圃場における土壤微生物群集構造の変化をモニターすることができた。これらの方法は、土壤微生物相に対する人為的なく乱の影響を評価するのに利用できる。白絹病菌菌核表面に付随する *Pantoea* 属細菌に特異的な蛍光プローブを作成した。これを用いた蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション(FISH)法により、白絹病

菌糸の周囲の *Pantoea* 属細菌の集塊を蛍光顕微鏡観察することが可能になった。

微生物や植物の産生する二次代謝物が共存する微生物の増殖・抑制等の生物間相互作用に及ぼす影響を明らかにするため「微生物及び植物の二次代謝物等が微生物の増殖に及ぼす影響の解析」の課題を実施している。1種類以上の抗菌物質を産生する *Pseudomonas* 属細菌株を単独または混合処理した場合、コムギ立枯病の発病抑制に及ぼす効果は、必ずしも後者で大きいとは限らず、根圏定着能や物質産生量との関係が示唆された。ゲル化種子による拮抗細菌の固定は、種子への細菌懸濁液の直接処理に比べて、発病抑制効果が向上し、根圏への定着に有効であることが示された。また、拮抗性 *Pseudomonas* 属細菌に GFP (緑色蛍光たんぱく質) 遺伝子マーカーを挿入した変異株を作製し、無菌コムギ種子に接種して、発芽後の細菌の動態を観察した結果、根部伸長に伴って根面を移行することが確認された。これらの成果は、根圏における導入微生物をモニタリングする手法の確立に寄与する。

セバシア菌群 (*Burkholderia cepacia* complex) は日和見感染菌としても知られ、臨床由来株は16SrDNA 遺伝子および *recA* 遺伝子の RFLP パターンに基づき、これまで10以上の遺伝子型に類別されている。しかし、農業環境に由来するセバシア菌群についての情報は少ないため、臨床由来株と比較した。農業環境由来のセバシア菌群は、16SrDNA 及び *recA* 遺伝子の RFLP 解析により遺伝子型 I と III - B 型に類別された。また、ピロールニトリン生合成関連遺伝子と伝染系統マ - カ - の両遺伝子を持つ菌株も存在した。 *Agrobacterium* / *Rhizobium* 群細菌の系統関係を明らかにすることを目的に、分子系統解析に必要な指標を選抜することを試みた。その結果、染色体上に共通して1コピーのみ存在しており、基本的生命活動に関連した機能を有している遺伝子である *recA*、*atpD*、*dnaK* および *rpoD* を解析のための指標の候補として選ぶことができた。さらに、各遺伝子ごとに予備的に系統樹を作成したところ、科レベルの菌種のまとまりについてはいずれの系統樹でも類似したパターンが確認できた。

種々の環境に生息する線虫の多様性を解明するための基準作成やその活用のため、また、主要な線虫の特性を解明して生態の解明やその利用に資するため、「畑地及びその周辺に棲息する線虫の属・種構成の解明並びに昆虫病原性線虫等の特性解明」の課題を実施している。細菌食性線虫では *Deontolaimus* 属および *Oigolaimella* 属を

同定し、このグループの属レベルの同定を完了した。Tylenchida 目糸状菌食性線虫では、Anguinidae 科から食道の形態や受精嚢の中の精子の大きさなどによって *Ditylenchus* 属 と *Safianema* 属 を、Tylenchidae 科 から *Filenchus* 属 を同定した。未同定だった *Aphelenchoides* 属の1種は、尾端の形状が特異で未記載種と考えられた。*Wilsonema* 属などの細菌食性線虫について、大腸菌などでの増殖を調査したが、増殖は見られず、分離系統を得ることはできなかった。また、*Tylencholaimus parvus* の増殖率を、9種糸状菌を用いて *Aphelenchus avenae* と比較したところ、増殖は認められることが多かったが、増殖率は *A. avenae* より有意に低かった。土壌線虫の多様度や機能を評価するのに適した各種多様度指数などの得失について検討を加えた。これらの生態学的な知見は、土壌線虫が農業生態系において果たしている役割の解明や指標生物としての利用の基礎となる。

微生物ジーンバンク事業にサブバンクとして参画し、農業環境研究から得られる微生物および環境と食料の安全性研究に役立つ微生物を主な対象として収集・保存し、それらの特性を評価している。今年度は農作物の病原微生物、生物防除資材関連微生物及びイネ科植物常在菌を主な対象として計121株を収集した。ワサビの新害虫頭とび病(仮称)起因線虫 *Aphelenchoides fragariae* をジーンバンクに初めて登録した。特性評価は形態等の分類学的形質、遺伝子、病原性、窒素固定能、酵素生産能、抗糸状菌性等の193特性について671株を調査し、計3,257特性を解明した。また、糸状菌111株、細菌200株、放線菌10株をセンターバンクへ移管した。(塩見敏樹)

組換え体チームの担当する課題は、「遺伝子組換え作物の栽培が農業生態系における生物相に及ぼす影響評価並びに導入遺伝子の拡散に関する遺伝学的解析手法の開発と遺伝子拡散の実態解明」(中期計画・小課題名)である。この小課題には、生物環境安全部内外の関連研究グループやユニットが連携して合計14の実行課題が含まれている。これらの実行課題は、その研究目的と対象生物によって大きく、次の4つの分野に区分される。1) 遺伝子拡散の実態・メカニズムの解析、2) 作物相への影響の実態と評価手法の開発、3) 組換え微生物の実用化に向けた基礎的研究、4) 情報の整理と保管である。

1) 組換え作物の花粉飛散と交雑との関係を、トウモロコシ及びイネなどの作物を対象に圃場における交雑率の変動や年次間の差異を解析し、交雑に関与する主要な要因を抽出することを目的に研究が行われた。トウモロコシの種子親圃場において高さ別に花粉飛散数と群落の葉

層の分布調査を行った結果、葉面積指数の高い箇所では花粉の流れは悪くなるものの群落内部においても水平方向の風に乗って花粉が拡散していることを明らかにした。胚乳の色に発現するキセニアを用いた交雑率の解析からは、花粉親からの距離が増すほどに低下し、過去3年間の交雑率の比較から、ほぼ同様の傾向で交雑が生じていたことを明らかにした。また、開花前の雌穂に袋掛け処理を行い、雌穂の花粉曝露期間と交雑率との関係を調査した。

イネの花粉飛散については、胚乳のウルチ性とモチ性（キセニア）を活用した結果を用いて、花粉親からの距離と交雑率との変化について解析した。その結果、開花の推移と気象要因との変動をデータとして組み込んだ数理モデルによる予想値と実測値が比較的良好に一致することが明らかとなり、開花と受粉のメカニズムをよりよく反映するモデルへと発展させる手がかりを得た。

2)平成13年度より行われている組換えダイズとナタネの長期栽培による生物相への影響調査では、組換え体栽培区と非組換え体栽培区間で、いずれの生物相でもこの5年間に於いて共通した差異は認められなかった。また、今年度より新たに開始された訪花昆虫相のモニタリング研究では、昆虫の体に付着した花粉量で訪花昆虫のランク付けを行った。その結果、ナタネではハナアブ科、コハナバチ科、ミツバチ科の昆虫が主な花粉媒介昆虫であることが明らかとなった。

環境修復を目的とした組換え植物のアレロパシー作用検出手法の開発に関しては、これまでに開発した3つのアレロパシーの作用経路ごとに生物検定法を確立し、チトクロームP450遺伝子を導入したイネのアレロパシー活性をこれらの手法で検定した。その結果、プラントボックス法、サンドイッチ法では、元のイネよりも阻害活性がやや低くなる傾向がみられたが、根圏土壌法では有意差がないことが判明した。

組換え根粒菌の土壌中での動態把握することを目的にダイズおよびレンゲの組換え根粒菌に特異的なプライマーおよびTaqManプローブを設計し、定量PCRにおいて高い特異性と定量性が得られることを確認した。

遺伝子組換え作物栽培による土壌微生物の多様性をDGGEパターンで比較した結果、播種前の非組換えダイズ区において、細菌16S rDNA DGGEパターンに関する同一サンプリング地点におけるサンプル間差はほとんど見られなかった。また、各地点より1サンプルずつを用いてDGGEパターンを組換え体栽培区と非組換え体栽培区で比較したところ、播種時には両者で明瞭な違い

がみられた。しかし、この違いは開花後期、収穫期と時間を経るにつれ消失した。

3)組換え植物や組換え微生物を感染させた植物体が産生する可能性のある新たな二次代謝物質が、植物根圏等に共存する微生物の動態に及ぼす影響を生物学および分子生物学的手法等により評価、解析する目的で、薬剤耐性マーカーを導入したレンゲソウ根粒菌の組換え体をモデルとして実験を行った。まず、根粒菌の動態をモニタリングするための選択培地の作製を行うとともに、同組換え根粒菌を接種したレンゲソウからの増殖抑制物質の産生性について検討した。その結果、組換え根粒菌[*MTL4*およびゲンタマイシン(*Gm*)耐性遺伝子(*aacC1*)を保有]を土壌から分離するためには、*Gm*を添加したTY培地が有効であることが明らかになった。

キチナーゼ遺伝子導入根圏細菌の土壌中での生残性、根圏微生物相への影響調査等、組換え根圏微生物の環境リスク評価を行う一連の研究の中で、今年度に検討したキチナーゼ遺伝子のうち *Alteromonas* sp.由来のキチナーゼ遺伝子 *chi9*を組み込んだ組換え *Pseudomonas putida* 株で高いキチナーゼ生産が認められ、作物病原菌 *Rhizoctonia solanii* の菌糸成長阻害能が高まることが明らかになった。

マーカー遺伝子を利用した組換え病原性欠損フザリウム菌のモニタリング法を確立し、組換え病原性欠損フザリウム菌の土壌及び作物根圏における動態を明らかにすることを目的に、GFP-REMI10を接種したキャベツ根圏へUV照射して調べたところ、本菌はキャベツ根圏で生育し、菌糸を伸長して、キャベツ根への定着能を維持していると推測された。また、GFP-REMI10を接種したキャベツ根の断面を蛍光顕微鏡で観察したところ、本菌は根の内皮までにはしか侵入がなく、根より上部には進展できないことが明らかになった。

自然界で組換え微生物に侵入し得るプラスミドの特性を解明することを目的に、農環研構内枠圃場のジクロロ安息香酸汚染土壌および非汚染土壌から採集した3CB分解菌を解析した結果、ジクロロ安息香酸汚染土壌由来の3CB分解菌群のおよそ半数がIncPプラスミドを保有することが示唆された。

4)組換え作物について懸念されている環境および生態系へのリスクについて、科学的知見に基づき、これらのリスクが実際に起こりうる程度を明らかにする目的で、文献情報によるリスク・ベネフィット分析と課題点の整理を行った。まず、我が国における輸入から始まりナタネ油の生産・消費、併産されるナタネかすの消費に至る

までの物質フローを作成し、国内の流通消費構造を分析した。

また、生態リスクを評価するための事例研究として農業資材など（ナタネ油材料、濃厚飼料）の水揚げ港である鹿島港周辺においてこぼれ落ち種子由来のセイヨウナタネ個体群の分布と生育状況調査を行った。その結果、鹿島港周辺において、低頻度ながら開花個体がほぼ一年を通じて生育することを明らかにした。また、生育しているナタネ個体の除草剤耐性も合わせて調べた結果、グリホサート耐性、グルホシネート耐性および両除草剤に耐性を有する個体が生育することを確認した。

（松尾和人）

3. 化学環境部

化学環境部は有機化学物質、重金属、栄養塩類の3研究グループとダイオキシンチームから構成され、食料の安全性確保と農業生態系の維持を目標に“リスク評価”、“リスク軽減”、“環境修復”をキーワードに、農業環境中における環境負荷物質の動態解明と制御技術の開発に関わる研究を行っている。

有機化学物質研究グループでは、農薬等化学物質のリスク評価、リスク軽減および環境修復を目的に研究を実施している。

小課題「水田用除草剤の水系における拡散経路の解明と藻類等水生生物に対する影響評価法の開発」においては、トリアジン系除草剤に対して感受性の異なる珪藻 *Nitzschia palea* 2株の混合比率を変えた生長阻害試験の結果から河川における珪藻の低感受性株の比率を算出する方法を提案した。さらに下流地点の珪藻の半数生長阻害濃度は上流地点より高く推移し、低感受性株の出現率は3~7%と推定された。下流地点で検出されるトリアジン系除草剤の濃度が低感受性個体を出現させる濃度レベルよりも低いことから、下流地点に生息する低感受性の珪藻は、水田から流出して河川において定着した可能性が高いと考えられた。

コガタシマトビケラの累代飼育法の開発では、餌や酸素供給等を工夫することにより、生存率が向上し、F3世代までの累代飼育と1齢幼虫を用いた急性毒性試験法（48時間）が可能となった。このトビケラの終齢幼虫に対する有機リン系殺虫剤（フェントロチオン）の急性毒性試験の結果は、流域に農耕地が少ない天竜川本流で採集した個体群の感受性が最も高かった。

残留性有機汚染物質（POPs）のマルチメディアモデ

ルの開発では、既存モデルを用いた感度分析の結果、オクタノール-水分配係数、各媒体中の半減期、および大気と淡水・海洋水の滞留時間が、各物質の環境残留性や分配割合に重要であることが明らかとなった。さらに北極域の環境試料から検出事例のある有機化学物質のうち102物質について、モル体積・密度の推定およびデータセットの整備を行うとともに、原子団の寄与による推算方法により評価した。また農薬類（25）および多環芳香族化合物（54）の環境動態予測計算に必要な物性値のデータベースを作成した。

小課題「新規資材による生体防御機能等の活性化機構の解明」においては、アシベンゾラルSメチル（ASM）のナシ黒星病に対する全身抵抗性誘導の初期過程に活性酸素種の生成・消去に関わる各種酵素、シグナル伝達に関わるタンパク質リン酸化酵素等の遺伝子発現が増大することを明らかにした。罹病性品種のASM処理による抵抗性の誘導・発現機構には、抵抗性品種が本来具備する抵抗性機構と多くの共通点があることを裏付けた。さらにASMにより全身抵抗性を誘導したキュウリでは、炭疽病菌の接種後にスーパーオキシドディスムターゼやカロース合成酵素の遺伝子発現が速やかに増大することを示すと同時に、同処理により通常の薬剤散布に比べて2分の1程度散布回数を削減することが可能と判断した。またキュウリの場合、ASMの種子浸漬処理、播種時散布、土壌混和、あるいは幼苗移植時の根部浸漬は、発病抑制効果と葉害回避の点で、植物体への直接散布の代替方法として有望と考えられた。

赤かび病菌を特異的に識別するプライマーを用いたPCRや、種特異的プローブによるPCR・Luminex法で、本菌の種を迅速に同定する技術を開発し、青森県産のチオファネートメチル耐性菌を *Fusarium culmorum* と同定した。また各地から採集したキュウリうどんこ病菌株は全てアゾキシストロピン耐性であり、全国に広く分布することを示唆するとともに、菌株によっては耐性菌に特異的な遺伝子変異が見られない野生型配列のものがあることを示した。

一方、アブラムシの生殖型転換に関わる遺伝子探索では、短日処理によって発現が減少した完全生活環型系統の遺伝子18TL1についてcDNAの全塩基配列を決定した。またこの遺伝子は完全生活環型では連続暗期処理期間が長くなるほど発現量が減少するが、不完全生活環型ではほとんど変化が見られず、本遺伝子が有性生殖発現に何らかの関わりを持つ可能性を示唆した。

小課題「クロロ安息香酸分解菌等の分解能解析技術の

開発」においては、PCR-DGGE法を用いて3-クロロ安息香酸(3CB)添加土壌で優勢化する安息香酸ジオキシゲナーゼ(*benA*)遺伝子および16SrDNAを検出し遺伝子配列を明らかにした。また、3CBを反復添加した土壌の優占DGGEバンドに相当する細菌を14株分離し、このうち6株が3CB分解能を持つことを確認した。さらに分解遺伝子の転写調節因子CbnRのアミノ酸配列に変異を導入しその効果を解析することにより、プロモーター領域への結合に関与する4つのアミノ酸残基と、転写活性化機能の発現に重要な2つのアミノ酸残基を明らかにした。一方で、2,4-D分解遺伝子を有するプラスミドの複製開始領域を解析するための形質転換体を複数作出した。

また、放線菌の分泌酵素生産を制御する蛋白質に結合するGbs蛋白質遺伝子のアンチセンスRNAを高発現させた株でキチナーゼの分泌量が低下したことから、Gbsが放線菌の分泌酵素の誘導に関与することが示唆された。

小課題「木質炭化素材を用いたトリアジン系除草剤汚染環境への分解菌接種技術の開発」においては、シマジン分解菌群とペentakクロロニトロベンゼン分解菌群を高密度で集積した木質炭化素材を利用することにより、シマジン、アトラジン、ペentakクロロフェノールが土壌中で極めて速やかに分解除去されることを示した。またPCR-DGGE法により、これら分解菌群の木質炭化素材における動態追跡が可能であることを明らかにした。さらにチオメチル基を持つトリアジン系農薬のみを選択的に分解(共役代謝)する分解菌を、液体培養法を利用して土壌から単離・同定し、この菌をシマジン分解細菌群と組み合わせることで同剤を無機化できることを示唆した。

また全国4箇所のドリリン汚染土壌を用いた土壌/木炭環流法によるディルドリン分解菌集積試験を行ったところ、環流土壌中でのディルドリン分解がアセトンを中心とした共役代謝による脱塩素分解の可能性を示した。

(與語靖洋)

重金属研究グループでは、中期目標である「農耕地土壌におけるカドミウム等微量重金属の集積実態の解明及びイネ、ダイズによる微量元素の吸収・移行の解明」の達成に向けて、三つの小課題を実施している。

小課題「カドミウム等の土壌中における存在形態と吸収抑制機構の解明」においては、土壌の可給態カドミウムを0.05~0.1Mの塩酸で抽出した場合、抽出される量は土壌乾燥の影響をほとんど受けないが、それ以下の濃度の塩酸で抽出した場合には、土壌の乾燥によって、湿潤原土に比べ、抽出されるカドミウムの量が増加するこ

とを明らかにした。この知見は、土壌中でのカドミウムの存在形態の解明を進め、よりの確かな可給態カドミウム評価法を確立するために利用できる。また、全国実態調査から提供された試料を基に構築したデータベースの多変量解析に基づいて、大豆の子実カドミウム含量と土壌特性との関係式を導き、カドミウムの汚染リスク予測図を作成した。さらに、土壌洗浄法では前年の塩化カルシウムに比べて塩化第二鉄の洗浄効率が高いことを明らかにし、洗浄を行った現地水田で玄米のカドミウム濃度が大幅に低下することを検証した。

小課題「農耕地におけるカドミウム等の負荷量の評価とイネ・ダイズ等による吸収過程の解明」においては、おがくず等の副資材を含む下水汚泥肥料は、リン酸あたりのカドミウム濃度はやや高いが、いずれも肥料取締法の許容基準(5mg kg⁻¹)未満であることを明らかにした。また、つくば市の降雨水中の溶存態カドミウム濃度のモニタリングを2年間にわたって行い、降雨水のカドミウム濃度の平均は0.074 μg L⁻¹で、年間の降雨由来の降水量は0.70g ha⁻¹程度であること、またこの量は、一般の水田において河川水から灌漑水として流入する量(0.18g ha⁻¹)より多いことを明らかにした。これらの成果は、構築中の重金属フローモデルのデータベースとして活用された。さらに土壌中に負荷されたカドミウムの子実への移行蓄積性が最も高い時期は、水稻では開花から乳熟期、ダイズでは着莢盛期から粒肥大盛期であることを明らかにした。なお、水田転換畑の初年目にはダイズのカドミウム濃度が高くなる傾向があるが、この原因としてダイズが前作イネの刈株にあるカドミウムを吸収している可能性が示唆された。

小課題「カドミウム吸収能の低いイネ・ダイズ品種の検索」においては、土壌のカドミウム汚染レベルにかかわらず、ダイズ子実のカドミウム濃度は根から子実への転流率の品種特性が大きな要因であり、また子実のカドミウム濃度は幼植物時のカドミウム濃度を用いて推定可能であることを示した。水稻品種「LAC23」の玄米カドミウム濃度は栽培条件にかかわらず極めて低く、その一因は茎葉から玄米へのカドミウム移行性が低いためであることを明らかにした。さらに「カサラス」と「コシヒカリ」間の染色体置換系統の玄米カドミウム濃度等を調査し、系統間差異と遺伝子型の比較から、玄米カドミウム濃度に係わる遺伝子座は、第3、6、8染色体上にあることを明らかにした。カドミウム高吸収イネ品種を使ったファイトレメディエーション後の土壌のカドミウム濃度は、土壌のほぼ全ての画分で有意に減少し、またこ

これらの土壌で栽培したダイズ子実中のカドミウム濃度は、ファイトレメディエーションによって有意に低下することを明らかにした。

一方、本研究グループでは上記三つの小課題以外に、「土壌粒子によるダイオキシン類吸着特性の解明と懸濁物質凝集促進剤の検索・評価」、「有機態窒素の作物による直接吸収」の実行課題をそれぞれ担当した。「土壌粒子によるダイオキシン類吸着特性の解明と懸濁物質凝集促進剤の検索・評価」では、代掻き時に凝集剤として塩化カルシウムまたは塩化カリウムを施用することで、田面水の懸濁物質(SS)を速やかに沈降させ、SSに吸着しているダイオキシン類の水田系外への流出を大幅に軽減できることを二種類の土壌で検証した。また「有機態窒素の作物による直接吸収」では、アブラナ科作物およびアカザ科作物において、根から分泌する有機酸が土壌の有機態窒素を溶出し、土壌窒素の無機化を促進していることを明らかにした。(小野信一)

栄養塩類研究グループでは、農業排水系における水質特性の変動、なかでも硝酸性窒素の動態解明、負荷軽減技術の開発、流域を対象としたモニタリング手法の開発および流域水質解析・評価システムの開発に関する研究を行っている。

小課題「硝酸性窒素の土層内における動態解明」では、矢作川下流沿岸の台地上の茶園及び隣接する階段状水田群を対象に、深さ4~7mまでの砂礫質及び粘土質土層の分布を調べると共に、深さ1~3.5mまでの深さ別圧力水頭を経時的に測定し、圧力損失の大きい深さ2~4m付近の粘土質土層が難透水層となっていること、水田耕盤層と難透水層の間に被圧地下水帯が形成されていることを明らかにした。次に、調査地域内における浅層地下水の移動を、地表面と難透水層の標高を考慮し、定常状態を仮定した地下水流式で表し、全水頭の面的な分布を求めた。それにより、水田群下層にある硝酸性窒素を含む浅層地下水の水平移動による平均置換時間は221日、平均置換面積は59 m²/日と見積もられた。これらの結果は、地形連鎖系内を台地から水田地帯へ移動する浅層地下水の形成に及ぼす土層層序の影響、並びに硝酸性窒素の移動速度を明らかにしたものであり、脱窒による硝酸性窒素の除去過程の解明に役立てることができる。

小課題「各種資材等の評価による負荷軽減技術の開発」においては、アブラナ科作物およびアカザ科作物が、1)クエン酸・シュウ酸を根から多量に分泌し、土壌の有機態窒素を遊離させ無機化を促進すること、2)有機

酸を分泌しないトウモロコシと混作するとトウモロコシの窒素吸収量を増加させることを明らかにした。これらの作物は家畜ふん堆肥等に含まれる有機態窒素の利用率が高く、有機質資材の施用条件下でこれらの作物を栽培すれば、化学肥料の施用量を削減できる可能性が高い。また、地表面養分収支データベースを用いて、日本の水田における窒素、リン酸、カリの養分収支を算出するとともに、養分収支に基づき流域における養分負荷に関わるライフサイクルアセスメントを実施した。こうした手法は地域レベルでの養分負荷軽減に活用できる。

小課題「硝酸性窒素の中規模流域におけるモニタリング手法の開発」では、昨年来調査してきた茨城県桜川に加えて、愛知県豊橋市近郊の梅田川支流も対象として、モニタリング手法の高度化・自動化を進めた。桜川では降雨後の濁水発生時に、河川断面の水深・流速の分割測定と分割採水を行い、河川中心部と両岸の懸濁濃度差が測定サイトの状況により異なることを示した。さらに、1)各種計測機器の最適な設置場所を選定したこと、2)台風時の現場において極大の流量データを取得できたことにより、水位と流量の関係式が改善され、モニタリングの高度化・自動化が大きく進展した。また、台地谷津田集水域に設置した試験用井戸を用いて浅層地下水の水質成分のモニタリングを継続し、台地中部の井戸において溶存の亜酸化窒素(N₂O)濃度が高いこと、水質中の無機成分と窒素・酸素安定同位体比の変動が地下水位の変動と関係していることを見出した。さらに、 $\delta^{15}\text{N}$ $\delta^{18}\text{O}$ マッピングによって、降雨による表層畑土壌から地下浸透した肥料成分由来の「軽い(安定同位体比の低い)」N₂Oと、近傍の養豚農家の素堀りから水平移動した家畜ふん尿由来の「重い(安定同位体比の高い)」N₂Oが混合していることを明らかにした。

小課題「硝酸性窒素の負荷流出予測モデルの中規模流域への適用」においては、土壌窒素ターンオーバーモデルを基本に、気象、土壌統、肥培管理等の指定により、畑ほ場の窒素動態・収支を算出するシステムを改良し、精度向上を図った。土壌環境基礎調査の多変量解析結果から、土壌の可給態窒素発現は、1)土壌の全窒素含量にほぼ比例すること、2)土壌の炭素/窒素(C/N)比が約20まではC/N比が1.35倍増で約1/2に低下するが、C/N比が低いほど低下率は大きいこと、3)リン酸吸収係数が大きいほど低下することが分かった。また、我が国の主要な畑土壌である黒ボク土では、有機物の分解が遅延することが知られているので、リン酸吸収係数が10倍増で約1/3に低下するように分解速度係数を補

正し、システムを最適化した。本システムを使用し、矢作川流域の畑地における窒素の動態・収支を長期変動の観点から解析した。本システムは、公立試験研究機関において耕種基準を作成する際、作物生産に必要な窒素と環境へ負荷流出する窒素を定量的に評価し、負荷軽減技術を選択するために活用できる。

他に、当グループは、運営費交付金プロジェクト研究として、水系を一括りとして管理指針等を策定する「森林・農地・水域を通ずる自然循環機能の高度な利用技術の開発」(前期平成12~14年度、後期15~17年度)並びに日韓両国における農業生態系の水質保全と農業活動に伴う水質影響を解明する「農業生態系における水質保全とその環境影響評価に関する国際共同研究」(平成15~19年度)の推進を担っている。(菅原和夫)

ダイオキシンチームでは、農業環境におけるダイオキシン類の起源推定、汚染程度の将来予測、および系外への拡散防止を目的として、作物および農耕地土壌中のダイオキシン類の消長解析、および水田からの流出抑制技術の開発を行っている。

小課題「イネ等におけるダイオキシン類の吸収、移行特性の解明」において、昨年度までに作物体のダイオキシン類濃度の増減は、栽培地点における大気中ガス態の濃度変動の影響が大きいことを見出し、トウモロコシの観測結果から、この現象が大気ガス態の濃度・組成と各異性体の物性値(K_{OA})によると推定してきた。今年度は、ダイズ、コマツナおよびチャにおいても、作物および大気ガス態のダイオキシン類異性体毎の濃度比と、各異性体のオクタノール-大気分配係数(K_{OA})との相関が成立することを確認し、各異性体の K_{OA} をパラメータとして大気ガス態のダイオキシン類組成から作物体のダイオキシン類組成を推定することが可能となった。

また、これまで農業環境技術研究所内試験水田における実測値と各種文献値を基に、上記水田におけるダイオキシン類の年間収支を試算し、今後の水田土壌中ダイオキシン類の汚染動向を推定した。それによると、 1 m^2 あたりの水田土壌へのダイオキシン類の年間負荷量は $5.3\text{ ng}\cdot\text{TEQ}$ 、同消失量は $686\text{ ng}\cdot\text{TEQ}$ と見積もられ、現在の残留量 $24,600\text{ ng}\cdot\text{TEQ}$ と比較すると、その増減割合はごくわずかであり、今後大幅なダイオキシン類濃度の変動はなく、きわめて緩慢に減少していくものと予想された。

水田土壌中のダイオキシン類の消長を、異性体毎の物理化学的性質との関係から解析するため、ダイオキシン類の全異性体の定量を進め、2地点の水田土壌(1960年

から1999年)中のダイオキシン類全異性体(1~8塩素化物)を分析し、濃度が減少傾向にある異性体は4~8塩素化物であることが分かった。水田土壌におけるダイオキシン類(4~8塩素化物)の減少速度は大きく2段階に分けられ、基準年(異性体毎に最高濃度が検出された年)~1984年ではその半減期が10年以下と比較的速いが、その後(1984年~1999年)の減少は極めて緩慢ないしほとんど減少していないという傾向が認められた。

代かき時の土壌流亡に伴う系外へのダイオキシン類の流出を抑制するため、土壌粒子が分散しやすい細粒黄色土水田において、凝集剤によるダイオキシン類流出抑制技術の現地実証試験を行った。

黄色土および灰色低地土の水田において、代掻き時に塩化カルシウムまたは塩化カリウム資材を施用することにより、田面水中の懸濁物質、ダイオキシン類、およびDDT代謝物(DDE)やヘキサクロロシクロヘキサンの濃度が大きく低下することを確認し、凝集剤による水田系外への汚染拡散防止効果を実証した。

また、ダイオキシン類の吸着除去を目標に、各種の資材の物理化学的特性とそれに影響を及ぼす要因について検討した。その結果、資材の比表面積、反応pHおよび土壌粒子の分散状態がダイオキシン類の吸着に関与することを明らかにし、顆粒状活性炭が吸着資材として有望であることを示した。(齋藤雅典)

4. 農業環境インベントリーセンター

農業環境インベントリーセンターは、インベントリー研究官(16年10月新設)、土壌分類研究室、昆虫分類研究室、および微生物分類研究室の3研究室から構成され、土壌・昆虫・微生物の各標本館をも活用して、中課題「農業環境資源の分類・同定及び機能の解明に基づくインベントリーフレームの構築」ならびに「昆虫・微生物の収集・特性評価とジーンバンク登録」に関する研究に取り組んでいる。これらの課題は、中期計画の「試験及び研究ならびに調査」の柱「生態学・環境科学研究に係る基礎的・基盤的研究」の大課題「農業環境資源情報の集積」に位置づけられている。

小課題C-3-1-1「機能に基づく土壌の分類及びインベントリーのためのフレームの構築」では、中期計画の最終目標として、土壌資源に関する情報の迅速な利用、土壌を介する環境負荷のモニタリングや実態の迅速な解明等に寄与することを掲げている。具体的には、水質浄化などの機能を持ち、一方、土壌粒子の流出によって環

境負荷物質の二次的汚染源にもなっている農耕地土壌を、深層を含めた機能に基づいて評価・分類するため、土壌資源の標本・試料・情報資料を収集・データベース(DB)化し、これらを Web 上で総合的に利用できるシステム、すなわち、土壌インベントリーフレームを構築しようとしている。16年度には、思川集水域の地形連鎖に沿って採取した深層土壌における硝酸イオン含量の垂直分布を解析した結果、硝酸イオン流出の機能に基づく分類のために、粘土含量に代表される土性、比表面積や吸着能を左右する粘土鉱物組成などの要因の追加が必要と判断した。また、各種調査事業による調査データのデジタル化と DB テーブルの設計を行い、全国の土壌中の4種の微量重金属含量を DB 化して基本統計量を求めた。さらに、土壌資源情報利用システムの原型を開発し、土壌インベントリーフレームの基本構造を、各種 DB ならびに土壌図情報および地理情報を軸とする面的・時系列的解析システムとすることを決定した。

小課題 C-3-1-2「所蔵タイプ標本等のデータベース化及びインベントリーのためのフレームの構築」では、中期計画の最終目標として、農業環境昆虫情報の迅速な利用、侵入等昆虫の速やかな同定、昆虫多様性変動の迅速な解明などに寄与することを掲げている。具体的には、農業環境における昆虫に関する情報を農業環境昆虫インベントリーとして Web 上で整備するため、昆虫の標本・情報資料を収集・整理し、標本の画像情報を含めて DB 化し、これらを総合的に利用できるシステム、すなわち、昆虫インベントリーフレームを構築しようとしている。16年度は、カメムシ目などのタイプ標本135種について公開用の画像を決定し、既公開の279種とともに、わが国でレコード件数最多のタイプ標本画像データベース(DB)として Web 公開し、件数の多いオサムシ科タイプ標本 DB に検索機能を追加した。また、ヤガ科キヨトウ属44種のうち、43種の雌成虫について、交尾器の形態などにより識別形質を初めて抽出し、小蛾類30科の成虫について、頭部(23項目)、胸部(26項目)および腹部(3項目)の形質一覧表を初めて作成した。さらに、昆虫インベントリーフレームの構造を決定し、標本や文献の DB から、多項目の組み合わせで情報を検索する機能とこれらの DB を管理する機能を設計した。

小課題 C-3-1-3「主要イネ科植物に常在する微生物相の分類・同定と機能の解析及びインベントリーのためのフレームの構築」では、中期計画の最終目標として、農業環境微生物の標本や試料および情報の迅速な利用、イネ科植物に生息する微生物の速やかな同定、機能の活

用および多様性変動の迅速な解明等に寄与することを掲げている。具体的には、健全に生育している主要なイネ科植物に常在する細菌や糸状菌を収集・同定するとともに、群集構造・生態・機能を解明して DB 化し、Web 上で総合的に利用できるシステム、すなわち、農業環境微生物インベントリーフレームを構築しようとしている。16年度には、健全なイネなどから約3000株の細菌と糸状菌を継続して分離し、植物種ごとに優占微生物群や密度が安定し、特徴的なことを確認した。また、環境ホルモンのノニルフェノールを減少させる細菌を見出すとともに、マーカー遺伝子導入の微生物を作出し、葉面における詳細な定着部位を解明した。所蔵している微生物寄生の植物標本約2000点のラベル記載情報などを DB 化した。さらに、Web 上で公開した微生物情報を効率的に利用するため、情報の検索や系統解析など多機能なソフトを開発し、CD-ROM 版を作成し、全国の関係機関に配布した。微生物標本インベントリーの内容が充実し、これを基盤として、民間や大学などとの共同研究が進展し、国際的な共同研究が計画されている。

中課題「昆虫・微生物の収集・特性評価とジーンバンク登録」は、中期計画の最終目標として、ジーンバンク事業連絡協議会が策定する「農業生物資源ジーンバンク事業計画、動物部門、微生物部門」の年次計画に従って、天敵等有用昆虫を飼育し、特性を評価し、ジーンバンクに登録し、また、栽培ならびに野生植物体上の常在ならびに病原微生物を分離・同定し、特性を評価して、ジーンバンクに登録することを掲げている。昆虫分類ならびに微生物分類の研究室が、この事業に参画している。内容については、生物環境安全部の昆虫研究ならびに微生物・小動物研究の両グループの紹介を参照願いたい。

以上のほかに、小課題 A-1-2-1で「土壌中における微量重金属の移動分布の解明」と「土壌環境基礎調査データを基に玄米中のカドミウム濃度と土壌理科学性の関係解明」、B-2-3-4で「パキスタンにおける砂漠化プロセスの解明と指標化に関する研究」、A-2-1-1で「組換え体のサイズならびにナタネ区と非組換え体区における昆虫相・訪花昆虫相のモニタリング」、A-3-3-1で「ため池を中心とする水辺環境に特徴的な指標昆虫の選定」を分担している。(上沢正志)

5. 環境化学分析センター

環境化学分析センターは環境化学物質分析研究室と放射性同位体分析研究室から成り、ダイオキシン類、農薬、

重金属および放射性同位元素等の分析法の開発と環境中におけるこれら物質の動態に関する調査研究を行っている。

小課題 C-1-1-1 「塩素化ダイオキシン類等有機化学物質の超微量分析法の開発」では微量のダイオキシンを迅速で、かつ精度良く分析するため、多層シリカゲルカラムに Carboxen ミニカラムを連結した自家製カラムを作成、さらに送液ポンプを用いて、ダイオキシンの精製法の半自動化を可能にした。さらに野菜試料についてはダイオキシン精製過程において珪藻土カラムを通すことによって水洗浄過程でエマルジョンが生成せず迅速な精製が可能となった。

また、POPs は難分解性で生物濃縮性高く、長距離移動性も高いため、地球規模での環境汚染が懸念されている。POPs には多くの化合物が含まれており、質量検出器付きガスクロマトグラフ (GC・MS) でうまく分離して測定するにはこれまで1点に約1時間を要していた。そこで、POPs を迅速に分析するためガスクロマトグラフの各種カラムについて検討したところ、ENV・8 MS (30m) を用いることにより23分以内で POPs を十分分離できることが分かった。さらに、Mirex 及び生物濃縮性に高い3種の Toxaphen について GC・MS による分析条件を検討し、両剤とも ppt レベルでの測定が可能と思われた。

農薬取締法の改正により、農薬の使用についての規制が厳しくなり、マイナー作物に対する農薬登録問題がクローズアップされて来ている。マイナー作物は生産量が3万トン以下とされており、全国レベルで見れば生産量が少なく、農薬製造業者、輸入業者はそれらの農作物に対する農薬登録に積極的でない場合が多い。しかし、地域的に見た場合にはその生産量や、生産金額が無視できず、地域経済における重要な作物になっている場合も多い。このためこれら作物に対する農薬登録を容易にするため、農作物の類型化を図ることが考えられている。そこでウリ科作物の類型化の可能性を検討するため、キュウリ、ニガウリ、ズッキーニを取り上げこれらの果菜類における農薬の消失速度、付着濃度等を検討した。平成16年度は浸透移行性が比較的低いと考えられるイプロジオン、クロルフェナピル、トリフミゾール、及びペルメトリンを取り上げた。イプロジオン、クロルフェナピル、トリフミゾールはこれらウリ科における農薬の消失速度、付着濃度に大きな違いはなく、農薬残留に関しては類似の農作物として類型化できる可能性が高いと考えられた。

また、最近、食品の安全・安心に対する関心が高まり、農産物の出荷前に残留農薬をチェックしようという気運も生まれて来ている。残留農薬の分析は、現在は主として機器分析によっている。機器分析は分析精度は高いが、精度良く分析するためには抽出・精製を必要とするため多くの時間と熟練、さらに高額な分析機器を要する。このため、さほど熟練を要せず、高額な機器も必要としない、簡易で迅速な分析法の開発が求められている。抗原抗体反応を利用した免疫化学的な農薬の分析法はそのニーズに合った手法であり、平成16年度は殺虫剤のフェントロチオン用およびクロルフェナピル用キット自身の農薬検出能の特性を類似化合物を用いて検討したところ、フェントロチオン用キットは EPN に対し42%、パラチオン及びパラチオンメチルに対して12%の交差性を示した。したがって当該のフェントロチオン用キットを使用して農薬を測定した場合には前述の有機リン剤を同時に測り込んでいる可能性があることを考慮しておく必要がある。クロルフェナピル用キットは他の類似薬剤にも交差性はほとんど示さず、特異性の高い試薬キットであることが明らかとなった。これらのキットを農産物のリンゴ、モモ等に適用し、その有効性を明らかにした。また、これらの農作物における測定結果は GC・MS による測定結果とほぼ一致しており、この ELISA キットによる測定は簡便でかつ精度も高いことが分かり、出荷前農産物における農薬残留チェックに十分利用できると考えられた。

最近、茨城県神栖町の一部で地下水に有機ヒ素化合物が検出され、その地下水を灌漑に利用した圃場で生産された米の汚染が懸念されている。このため小課題 C-1-1-2 「農業環境中のカドミウム等の微量分析法の開発」では主としてこの有機ヒ素化合物の分析法について検討した。HPLC・ICP・MS を用いることによりヒ酸、亜ヒ酸、メチルアルソン酸、ジメチルアルシン酸、フェニルアルソン酸、ジフェニルアルシン酸を同時に分析できる条件を見いだした。この分析法の検出限界は0.1ppb で、1検体を10分と短時間で分析できるようになった。今後は、土壌からイネ体への移行等について詳細に検討していく予定である。

また、玄米、大豆、玄麦中のカドミウムを簡易に分析するため、レーザーアブレーション・ICP・MS を用いた分析法を検討した。穀類を粉碎して試料とする時、粉砕が十分でない試料の場合はディスクが壊れやすく、取り扱いが困難な上、測定値の変動が大きいことが明らかとなった。玄米、大豆の場合は酸分解により溶液化後の ICP・MS による測定値と酸分解を経ないレーザーアブレーション

ション・ICP・MSによる測定値の間に高い相関が見られたが、玄麦では両者の間で高い相関は認められなかった。この原因については17年度以降検討する予定である。

小課題 C1-2-1「リスク評価のための¹³⁷Cs等放射性同位元素の平常時モニタリング」では大気圏内核爆発実験や原子炉事故等により大気中に放出された放射性同位元素の環境汚染レベルを把握し、放射能によるリスク評価をするため、国内各地の農業研究機関との連携のもとに農耕地土壌や農作物を収集、それらに含まれる放射能汚染レベルを測定した。平成15年度に全国15カ所の定点から採取した米、小麦における¹³⁷Csの濃度はそれぞれ2~69(全国平均12)、1~84(全国平均31)mBq/kgで地域差が若干認められた。畑土壌、水田土壌における¹³⁷Csの濃度はそれぞれ3.5~16.1(全国平均は7.6)1.2~13.8(全国平均は6.5)Bq/kgであった。これらの穀類、土壌における放射性同位元素濃度は、平均的には日本海側の地域の方が太平洋側の地域より若干高い傾向を示した。この他、農業環境技術研究所内で栽培したハウレンソウ、ニラなどを採取、野菜における放射能調査も行ったが、¹³⁷Cs濃度は検出限界以下であった。

また、水田圃場における⁹⁰Sr、¹³⁷Csの垂直分布を調べた結果、鳥取県農業試験場の圃場では⁹⁰Srの15%、¹³⁷Csの53%が作土層に存在したが、粘土含量率が高い宮城県農業センターの圃場では⁹⁰Srの21%、¹³⁷Csの34%が作土層に存在した。一般にCsは土壌の粘土鉱物に強く保持されると考えられており、宮城土壌では微細な粘土粒子に保持された¹³⁷Csが亀裂等を介して移動した可能性が考えられた。

核燃料再処理施設から環境中への漏洩が懸念される放射性同位元素のうち¹²⁹Iは1600万年の半減期を持っているため、長年の蓄積による環境汚染が懸念される。このため、環境中における微量な¹²⁹Iを検出するための手法を検討した。多量の土壌、植物を測定試料として取り扱えるヨウ素燃焼抽出装置試作し、それと液体シンチレーションカウンターを組み合わせることにより低濃度の¹²⁹Iの測定が可能になった。また、水田土壌におけるヨウ素の形態変化過程を解明するため、大型放射光施設スプリング8を利用しX線吸収スペクトル微細構造の解析を試みた。その結果、X線吸収端近傍構造によりIO₃⁻、I₂、I⁻のヨウ素を区別できることが分かった。各種形態のヨウ素を湛水土壌に添加し、経時的に測定、解析を行ったところ土壌中のIO₃⁻は還元進行に伴い、I⁻に変化することが明らかとなった。

フッ素は歯状斑の原因になるなど人の健康に係わると

して水質の環境基準項目(800μg/L)に指定された。フッ素はリン酸肥料に含まれており、農業環境中での動態把握が求められている。そこで簡易ライシメータを作成し、ハスと水稻を栽培した。当初田面水のフッ素濃度上昇はハス栽培区より水稻栽培区の方が顕著であったが、水稻の中干し後は同レベルとなった。土壌中のフッ素は土壌の酸化還元電位の影響を比較的敏感に受けて、一部が田面水へ溶出することが示唆された。しかし、生育期間を通じ水質基準の800μg/Lを超えなかった。また野外調査として、北海道地域の表流水中フッ素濃度を調査した。水田地帯を流れる石狩川のフッ素濃度は平均55μg/Lと畑地帯を流れる十勝川のフッ素濃度34μg/Lよりも高い値を示した。しかし、フッ素濃度を高める要因として地質や海水の影響も考えられた。

「中性子放射化分析の新利用法と高度化技法の開発」では臭素同位体の放射化分析法を検討し、⁸¹Brを対象にした場合には0.01ngの差を検出できる測定系を確立した。また、同測定法を利用し臭素同位体を用いて土壌浸透水の動きを追跡する手法の有効性について圃場レベルで検討した。その結果、水田でも臭素同位体のピークは認められ、臭素同位体を水のトレーサーとして圃場レベルでも利用できることを明らかにした。ただ、陰イオン置換容量の大きい土壌では、移動速度の低下を係数等により補正することが必要になると考えられた。

土壌フルボ酸を重金属の安定同位体で標識化する方法を開発した。同法により作製した金属標識フルボ酸は高い安定性を示すことを明らかにした。金属元素の安定同位体を用いて有機金属を作製すれば、有機金属の土壌中での動態解明にトレーサーとして使用できること考えられた。そこで、作製したフルボ酸カドミウムを水耕液に添加し、イネによる吸収を調べた。その結果、イネ体内のカドミウム濃度は茎>根>葉の順となり、無機のカドミウムを添加した場合の根>茎>葉の順とは異なり、フルボ酸カドミウムは茎に移行し易いと考えられた。

釧路湿原では近年、ハンノキを主体とする林地の拡大が進んでおり、湿原は減少傾向にある。湿原減少要因やその年代を明らかにするため「釧路湿原における土壌環境変化と植生変化の関係解明」では久著呂川近傍とチルワツナイ川近傍の土壌を深度別に採取し、それぞれの深度における土壌中¹³⁷Cs等の濃度を測定、解析を行った。その結果、久著呂川流域では1960年以降に土砂の流入の増加があったと考えられたが、チルワツナイ川流域ではいずれの時期にも土砂の流入はほとんどなかったと考えられた。(遠藤正造)