

II . 研究実施の概要

農業環境技術研究所では、農業生産環境の安全性を確保するための基礎的な調査及び研究への特化・重点化を図りつつ、新たな中期計画期間（2006～2010年）において、3つの研究領域において次の研究課題を重点的に実施する。

- A 農業環境のリスクの評価及び管理に向けた研究開発
- B 自然循環機能の発揮に向けた農業生態系の構造・機能の解明と管理技術の開発
- C 農業生態系の機能の解明を支える基盤的研究

以下に、5年間の中期計画期間中の実施計画と平成18年度の研究実施の概要を紹介する。

A 農業環境のリスクの評価及び管理技術の開発

1) 農業生態系における有害化学物質のリスク管理技術の開発

(1) 農業環境中における有害化学物質のリスク評価手法及びリスク管理技術の開発

中期計画：農業環境におけるカドミウム、ヒ素、放射性物質、ドリ系を含む残留性有機汚染物質（POPs）等の化学物質による汚染リスクを低減するため、それらの動態を解明するとともに、リスク低減技術を開発する。農薬等の有機化学物質については、環境中挙動予測モデルを開発するとともに、水生節足動物等への暴露試験等により、環境リスク評価手法を開発する。また、有害化学物質で汚染された土壌を化学洗浄、バイオレメディエーション等の手法で修復する技術や、これらの物質に対する低吸収性品種の利用技術等を開発する。

研究の概要：農薬等の有機化学物質については、水田用農薬について親化合物のみならず代謝分解物も対象とした水田中濃度予測モデルを開発した。土壌中での有機塩素系農薬の消失速度は、物質の疎水性を示す特性値 K_{ow} と土壌中炭素含量に依存することを明らかにするとともに、これら農薬のわが国の農耕地における時系列での分布の解析・予測を行った。コガタシマトビケラを指標生物として各種殺虫剤に対する感受性の傾向を把握し、薬剤によってはOECD指標生物であるミジンコ類と大きく感受性が異なることを明らかにした。ヘキサクロロベンゼン（HCB）を好氣的に無機化できる細菌（*Nocardioides* sp. PD653）の単離・同

定に世界で初めて成功した。高吸収植物（ズッキーニ）による、デルドリン汚染土壌の修復効果をポットレベルで調べた結果、ズッキーニ栽培跡地土壌ではキュウリ幼植物のデルドリン吸収量が大きく低下することを示した（I. 主な研究成果「デルドリンを吸収しにくいカボチャ台木を用いてキュウリ果実中の残留濃度を低減」参照）。またカドミウム汚染土壌については、化学洗浄法を田面水の水深を深くして行うことでカドミウム除去率が向上することを現地で確認した。カドミウム低吸収性品種の検索を進め、ナスについて、トルバム種台木が他の台木に比べ3割程度にナス果実カドミウム濃度を抑制することを明らかにした。

2) 農業生態系における外来生物及び遺伝子組換え生物のリスク管理技術の開発

(1) 外来生物及び遺伝子組換え生物の生態系影響評価とリスク管理技術の開発

中期計画：外来生物（侵入・導入生物）による農業生態系の攪乱と被害を防止するため、外来生物の生育・繁殖特性、他感作用等を明らかにするとともに、外来生物による被害の実態把握並びにその定着・拡散及び被害予測を行う。また、外来生物の原産地域の特定及び侵入確率の推定を行う。さらに、外来天敵昆虫等の外来生物の近縁在来種に及ぼす影響を競争・交雑性等の面から解析し、外来生物が農業生態系に及ぼすリスクを評価するとともに、種同定が困難な外来生物を分子マーカー等により早期検出・監視するための技術を開発する。遺伝子組換え生物が生態系に与える影響を適正に評価するため、DNAマーカー等により組換えダイズとツルマメ等、組換え作物と近縁種との交雑を検出する技術を開発し、交雑による生態系影響を解明する。また、組換え作物と非組換え作物との共存に向けて、交雑率予測モデルや隔離距離の確保等の耕種法による交雑抑制技術を開発する。

研究の概要：外来生物の生育・繁殖特性の解明、及び被害の実態把握を進め、外来植物の出現頻度と植物群落タイプの関係を解析した結果、人為的攪乱の高い植物群落に外来種が侵入しやすいことを明らかにした。またアレチウリは在来種を、オオフサモとコカナダモは絶滅危惧種を抑圧し、生物多様性への影響が大きいこ

とを明らかにした。一部の外来植物は他感作用を示す物質の産生性が高く、ギンネムからミモシン、アオキから酒石酸、コンフリーからロスマリン酸等を同定した。外来生物が在来種に及ぼす影響の解明のため、外来天敵昆虫（チュウゴクオナゴバチ、ヒメクサカゲロウ）と在来種、及び、侵略的外来植物寄生菌 *Phytophthora cinnamomi* と在来類縁種を識別する DNA マーカーの開発を進めた。利水施設の運用や在来生態系に悪影響を及ぼすため特定外来生物に指定されたカワヒバリガイの霞ヶ浦における分布を調査したところ、湖岸の約 1/2 に分布を広げていること、その侵入が 2004 年まで遡れることを明らかにした（Ⅰ・主な研究成果「特定外来生物カワヒバリガイは霞ヶ浦湖岸の約半分まで分布を広げている」参照）。遺伝子組換え作物の生態系影響評価として、組換えダイズに開花期をそろえたツルマメを巻きつかせて栽培し、遺伝子組換え作物と非組換え植物の交雑を検出した。その結果、ツルマメ種子 32,502 個から 1 個の自然交雑個体が見いだされた（Ⅰ・主な研究成果「ほ場で遺伝子組換えダイズとツルマメが交雑する可能性は低い」参照）。自動花粉計測機によって測定した花粉飛散量は、標準的な花粉計測法による計測値と高い相関を示した。交雑抑制技術として、トウモロコシに隣接してカーテン状の散水あるいはソルガム防風植生を設置することにより、花粉親から 10m における交雑率を低下させることができた。

B 自然循環機能の発揮に向けた農業生態系の構造・機能の解明と管理技術の開発

1) 農業生態系の構造・機能の解明と評価

(1) 農業生態系を構成する生物群集の動態と生物多様性の解明

中期計画：農業が育む生物相とその多様性を保全するため、農地とその周辺域に生息する植物、鳥類、昆虫類、線虫類、微生物等の動態を調査し、農地における耕起や化学資材の使用及び転作・休耕、周辺植生やため池の管理方法の変化並びに水田とその周辺域の景観構造の変動がそれらの種構成や多様性に及ぼす影響を解明する。また、得られた成果から、土地利用等の農業活動の変化に伴う指標昆虫等の生物個体群の動態予測モデルを構築することにより、個体群の安定化要因を解明する。

研究の概要：ため池の管理が生物多様性に及ぼす影響を解明するために、ため池に生息するトンボ類の種構成

に基づいてため池を類型化し、各ため池グループのトンボ指標種群を選定した。また、すべてのため池を序列化した結果と環境要因との相関からトンボの種構成に影響する主な環境要因を明らかにした（Ⅰ・主な研究成果「トンボの生息環境を守るためのため池のあり方」参照）。景観構造や水田周辺植生の管理方法の変化が生物多様性に及ぼす影響を明らかにするために、当所で開発した農村景観データベース「調査・情報システム（RuLIS）」のモニタリング地区において鳥類調査を行い、特定の鳥類タイプの生息と関連性が強い土地被覆特性を明らかにし、景観構造から鳥類の個体数を推定するモデルを構築するとともに、RuLIS が様々な生物種群の生息ポテンシャルの評価に有効であることを確認した。また谷津田林縁部における植生調査の結果、谷津田周辺の草刈りが植物群落の多様性を保全する上で重要であることを明らかにした。農地の管理方法が土壌生物の動態に及ぼす影響を培養法によらず調査するために、土壌から直接 DNA を抽出し、PCR-DGGE 法（PCR で増幅後、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法（DGGE）で解析）によって土壌生物相を効率的に検出する最適な解析条件（PCR、プライマー、電気泳動等）を細菌及び糸状菌について検討し、その結果を標準手法としてマニュアル化した。

(2) 農業生態系機能の発現に関する情報化学物質の解明

中期計画：農業生態系機能の維持・向上に資するため、バラ科植物等が産生する生理活性物質、ノメイガ類等昆虫の増殖に関わる情報化学物質等の生物間の相互作用に関与している物質や、*Burkholderia* 属等の細菌グループにおける難分解性芳香族塩素化合物等の分解遺伝子の発現を制御している物質等を明らかにし、その機能を解明する。

研究の概要：生物間相互作用に関する情報化学物質の解明を進め、53 種類のバラ科薬用植物（乾燥葉）、65 種類のバラ科植物（生葉）等の葉や根から出る植物生育阻害物質の全活性を定量的に評価し、パクチノキ等が強い活性を示すことを明らかにした。フキノメイガの性フェロモン成分比を解析・評価し、成分比に大きな個体群内変異があり、遺伝的に強く支配されていることを解明した。難分解性芳香族化合物分解土壌細菌 *Burkholderia* sp. NK8 株の分解に関連する遺伝子群の 2 種類のプロモーターの発現は、プロモーターごとに異なる芳香族化合物によって誘導されることを明らかにした。さらに、生分解性プラスチック分解菌に関し

て、リグニン等を食べる昆虫から、主要な生分解性プラスチックである PBS と PBSA を同時に分解する真菌を初めて分離した。

2) 農業生態系の変動メカニズムの解明と対策技術の開発

(1) 地球環境変動が農業生態系に及ぼす影響予測と生産に対するリスク評価

中期計画：温暖化や異常気象に対する稲収量の変動をほ場スケールで評価するため、水、土壌、稲品種及び栽培管理条件を含む包括的な水田生態系応答モデルを開発する。また、地域スケールの簡易収量モデルを開発して、収量と水資源からみた今世紀半ば頃の日本及びアジアを中心とした稲収量の変動を予測し、稲収量の低下のリスクを地域スケールで広域に評価する手法を開発する。さらに、それら結果を基に気候変動が食料生産に及ぼす影響予測シナリオを構築する。

研究の概要：水田生態系応答モデルとして、土壌の炭素・窒素の動態、イネの成長、群落水熱収支の3要素からなる水田生態系応答モデルのシステム構成を設計した。土壌の炭素・窒素動態を表す DNDC モデルと窒素栄養を考慮した成長モデルを組み合わせることで、生育・収量に及ぼす有機物連用や窒素施肥の影響を再現できた。成長モデルが作況変動に及ぼす気象要因、栽培技術要因の解析に有効であることを全国8箇所における検証から示した。イネ収量の変動予測を目的に、温暖化・高CO₂環境に対する作物応答を圃場条件で解明するために、零石と中国江蘇省で実施されたイネ開放系大気CO₂増加(FACE)実験の生育・収量・気象要素のデータベースを構築した。

(2) 農業活動等が物質循環に及ぼす影響の解明

中期計画：農業活動由来の温室効果ガス、窒素等に関する地域・地球規模での環境問題の解決に貢献するため、農業活動が物質循環に及ぼす影響を解明し、負荷軽減策を確立する。温室効果ガスについては、栽培・土壌管理技術による温室効果ガス発生抑制効果を定量的に評価することによって、効率的な負荷軽減技術体系を提示する。同時に、土壌関連データベースを活用し、土壌炭素の動態を記述するモデルを検証・改良して、日本の農耕地土壌における気候変化、人為的管理変化に伴う土壌炭素蓄積量の変化を予測する。また、食料生産・輸出入等に伴う窒素のフロー・ストックを、酸性化物質動態モデルや統計データ等に基づいて推定し、東アジアの流域又は国のスケールで窒素の広域循環及び環境への負荷を解明し、将来予測を行う。

流域レベルでは、浅層地下水を含む土壌圏における硝酸性窒素・リン等の栄養塩類の流出動態を解明し、水質汚染に対する脆弱性を評価するための手法を開発する。

研究の概要：温室効果ガスに関して、中国における温室効果ガス発生抑制技術のほ場試験から、水稲・小麦作付け体系における有機物管理と畑栽培における硝化抑制剤の使用の有効性がコスト面も含めて示された。また、わが国の農耕地 N₂O 発生データベースを整備・解析し、各排出カテゴリーの排出係数改訂値を提案し、わが国温室効果ガスインベントリ報告書に盛り込まれた(表1)。さらに、昨年度までの成果である、世界の水田から発生するメタンの新しい算定法とデフォルト値が2006年 IPCC 改訂ガイドラインに採用された。炭素・窒素広域収支モデルと有機物動態統合モデルから構成される炭素・窒素フローモデルの基本設計を行った。土壌有機物動態に関して、土壌データに基づくモデル検証を行い、稲わら持ち出しと有機物施用のシナリオを用いて全国の水田炭素蓄積量の変化を試算し、有機物施用が炭素蓄積に有効であることを示した(図1)。また有機物分解の温度応答性を明らかにするため、ほ場において土壌加温試験を行う手法を開発した。さらに中国の省・地区別統計、土壌炭素データ等を収集整備した。流域における窒素の流出について、茶園・水田土地利用連鎖系内の脱窒活性が高い土層は洪積・沖積土壌の境界付近に局所的に分布することを明らかにした。下層土を通じたリンの流出について、粘土質転換畑から暗渠流出する流出リンの大部分は作土・耕盤層境界に停滞した懸濁態リンが亀裂を通じて運ばれたものであるが、黄色土茶園では流出リンのほとんどが溶存態であることを明らかにした。

表1 わが国の農耕地土壌からのN₂O排出係数

排出源区分*	作物種	排出係数 (kgN ₂ O-N/kgN)	不確実性 (kgN ₂ O-N/kgN)	出典・根拠
合成肥料および有機肥料	水稲	0.31%	±0.31%	文献1、2
	茶	2.90%	±1.8%	
	その他作物	0.62%	±0.48%	
作物残渣		1.25%	±0.25-6%	IPCC デフォルト値
間接発生(大気沈降) [†]		1.00%	±0.5%	IPCC デフォルト値
間接発生(溶脱・流出) [‡]		1.24%	±0.6-2.5%	文献1、3

* 有機質土壌の耕起については、IPCC デフォルト値(排出係数: 8 kgN₂O-N/ha/yr; 不確実性: 1-80kgN₂O-N/ha/yr)の使用を提案した。
[†] 間接発生(大気沈降)とは、施肥した窒素が大気中に揮散したあとふたたび地上に沈着して発生するN₂Oを示す。
[‡] 間接発生(溶脱・流出)とは、地下水を経由して河川から海洋へ輸送される過程で発生するN₂Oを示す。
 1) Akiyama et al., Soil Science and Plant Nutrition, 52, 774-787 (2006)
 2) Akiyama et al., Global Biogeochem. Cycles, 18, GB2012 (2005)
 3) Sawamoto et al., Geophys. Res. Lett., 32, L03403 (2005)

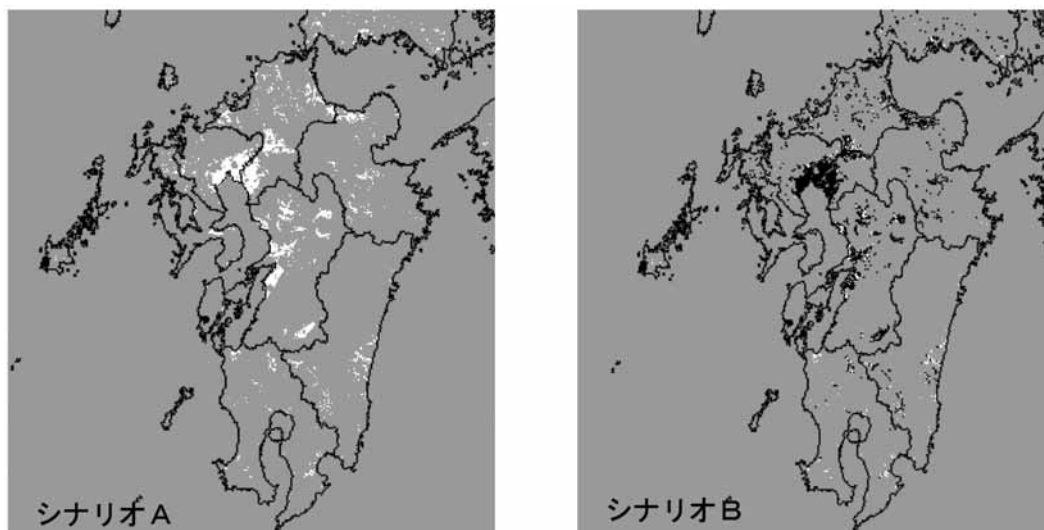


図1 九州地域における水田土壌炭素量の増減分布（20年間のシミュレーションの結果）

シナリオ：環境保全型農業（稲作）推進農家の経営分析調査報告（2004）より抽出

A：稲ワラ持ち出し 切り株、根（67kgC/10a）のみ投入

B：有機物施用 稲ワラ、切り株、根（174kgC/10a）、堆肥（32kgC/10a）

C 農業生態系の機能の解明を支える基盤的研究

1) 農業に関わる環境の長期モニタリング

(1) 農業環境の長期モニタリングと簡易・高精度測定手法の開発

中期計画：農業環境資源の変動を早期に検知するため、農業生態系におけるベースラインとなる物理環境や二酸化炭素・メタン等温室効果ガスフラックス及び作物・土壌中の ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 等についての長期モニタリングを行う。また、作物を含む環境中の有機ヒ素等微量化学物質の分析法及びモニタリングのための簡易・高精度測定手法の開発を行う。

研究の概要：アジアフラックスネットワークの中で農環研が担当しているモンスーンアジアの農耕地・草地生態系の5地点で取得した二酸化炭素フラックス等のモニタリングデータを統一的手法で解析し、各生態系及び地点間の二酸化炭素収支の特徴を明らかにした。これらのフラックス観測点に加えて、バングラデシュ等の新規観測点においても観測を開始し、観測体制を強化した。放射性物質モニタリングでは全国の放射能基準ほ場における平成17年度産の米・麦とその栽培土壌の ^{90}Sr 及び ^{137}Cs 濃度は平成16年度と同レベルであった。北朝鮮の核実験に伴う緊急調査を行ったが、葉菜類から人工放射性核種は検出されなかった。畑作土からの放射性ストロンチウム減少速度は土壌の陽イオン交換能で決まることが長期モニタリングデータより明らかとなった。有機ヒ素で汚染された土壌及びそ

の土壌を用いて栽培された稲わら、玄米中の有機ヒ素化合物の定量法を確立した（図2）。

2) 環境資源の収集・保存・情報化と活用

(1) 農業環境資源インベントリーの構築と活用手法の開発

中期計画：農業環境を総合的に評価するため、マイクロ波計測や高時間分解能衛星センサ MODIS 等のリモートセンシングデータの解析技術を開発するとともに、地理情報システム（GIS）等を活用して農業的土地利用状況の新たな把握手法や生物生息域に関する指標を開発する。また、GISを共通のプラットフォームに個別データベースを連携する手法や新たな情報の登録・収集システムを開発し、農業環境指標の策定に資する。また、環境資源の個別データベースを拡充するとともに、深層土壌の機能評価を含む土壌分類試案を公開し、耕地・非耕地の包括的土壌データベースを構築する。さらに、インベントリーデータ等を効率的に活用するため、基盤的な統計手法及びその結果の視覚化手法等を開発する。独立行政法人農業生物資源研究所が行うジーンバンク事業について、サブバンクとして協力を行う。

研究の概要：MODISを主とする時系列衛星画像と栽培暦・現地調査データ等の収集・処理を進めるとともに、土地利用タイプが単純な広域水田地域であるメコンデルタを解析域に設定して、高頻度観測データによる湛水域・水稲作付様式・土地利用の広域的な変動の

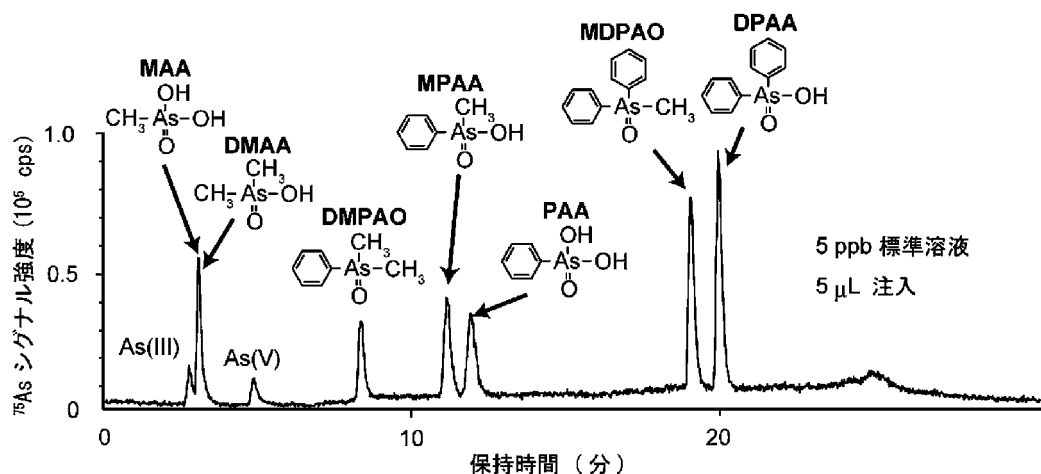


図2 各種ヒ素化合物の同時定量

MAA と DMAA を除くヒ素化合物に関して溶液濃度0.1~1.0 μ g/L の検出限界で定量可能

抽出アルゴリズムを開発した（I. 主な研究成果「衛星データを活用してメコンデルタの洪水と稲作の変化をみる」参照）。農業環境指標の策定に資するため、農耕地の生態的役割や環境負荷評価の基礎となる空間情報を一元的に集積・管理し、評価と予測を行う汎用的空間情報プラットフォームを完成した。さらに、生物生息域変動に関する指標開発のため日本ザルに関するデータの収集・GIS化を進めた。インベントリーデータ等を効率的に活用することによって、既往の研究成果等を参考に土壌侵食リスク指標を策定し、この指標による1kmメッシュのリスクマップを作成した。土壌や昆虫等の個別データベースを連携して主題図作成を行うシステムを開発するとともに、地名から緯経度を割り出した昆虫等のGISデータを農業環境

インベントリーに追加登録した。また環境資源の個別データの拡充として、土壌統設定調査1,300点をデータベース化し、土壌調査関係資料をWeb公開、微生物については、難分解性物質分解菌（133菌株）、2,4-D分解菌（30菌株）、*Burkholderia cepacia* 近縁菌（30菌株）など、昆虫については、チョウ類標本（1,800点）、オサムシ標本（1,600点）などに関するデータをインベントリーに追加登録した。ジーンバンク事業において、微生物については67株の来歴・取扱に関するデータシートと244株に関するのべ1,243特性のデータシートを作成し、細菌100株を増殖してセンターバンクに移管するとともに、昆虫については5種13項目の特性評価調査と8系統13項目の維持特性調査を実施した。