

I . 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、中期目標期間（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技術の開発

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年間の中期目標期間中の中期計画と平成20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、ドリリン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：

ア 農薬等の環境リスク評価手法及びリスク低減技術の開発

有機化学物質のリスク評価手法の開発

平成19年度開発した有機化学物質の地球規模での汚染拡散を評価できるマルチメディアモデル（NIAES-MMM）の空間解像度を向上（緯度15°×経度30°/グリッド 緯度5°×経度15°/グリッド）させ、モデルの精緻化を進めた。

また、各種水稲用除草剤及びその代謝分解物の河川中での濃度を経時的に測定したところ、一部の除草剤で代謝分解物の濃度が親化合物の濃度を上回る

薬剤があり、生態系への影響評価には代謝分解物についても考慮することが必要と考えられた。そのため、河川水中農薬濃度予測モデル（PADDY-Large）を改良して、代謝分解物の挙動をも予測可能とし、桜川中流域でのモニタリングデータとの照合によりその妥当性を確認した。

有機化学物質のリスク低減技術の開発

（普及に移しうる成果：キュウリのデイルドリン残留濃度を予測できる土壌抽出法、カボチャのヘブタクロール汚染対策技術）

近年、キュウリから残留基準値を上回る濃度でデイルドリンが検出され、産地では生産の自粛等の対応を余儀なくされている。このため、栽培前にキュウリのデイルドリン残留濃度を予測する手法を検討し、50%メタノール・水（v/v）抽出により得られた土壌中デイルドリン濃度が、土性が異なってもキュウリ植物体中デイルドリン濃度の差異を反映することを明らかにした（表、図1）。この成果は、キュウリ栽培の適否を判定する方法として活用が期待され、現在、地域の農業研究機関と共同で実証試験を実施している。

また、近年、カボチャから残留基準値を上回るヘブタクロール類が検出されている。ヘブタクロールは土壌中での消失速度が遅く、農薬（殺虫剤）の失効（1975年）から30年以上経過した現在でも農地に残留している。このため、キュウリのデイルドリン対策として効果が認められた低吸収作物への転換、低吸収品種の選択、吸収資材による吸収抑制技術について、カボチャのヘブタクロール対策としての適用性を検討し、これらが適用可能であることを明らかにした（図2、3、4）。

イ 重金属汚染リスク評価手法及び汚染土壌修復技術の開発

重金属リスク評価手法の開発

安定同位体カドミウム（¹¹¹Cd）を添加した土壌のカドミウム同位体比から、土壌中の可溶性カドミウム総量を推定できる手法を開発した。本成果は、土壌中カドミウムの作物への吸収リスクを評価することに活用できる。

重金属リスク低減技術の開発

麦や野菜など畑作物のカドミウム汚染対策として、水田土壌で確立したカドミウム化学洗浄法の転換畑における効果を検証するため、平成18年度に化学洗浄を実施した水田ほ場において、小麦の現地栽培試験を行うとともに、同ほ場の土壌を用いたポット試験（オクラを栽培）を実施した。その結果、洗浄ほ場において土壌 Cd 浄化効果はほぼ維持され、無洗区に対する洗浄区の玄麦 Cd 含量低減率は約50%、ポット試験のオクラでは約54%と土壌 Cd 除去率に近い値となり、化学洗浄法による Cd 吸収リスク低減効果が確認された。

カドミウム汚染畑地土壌のファイトレメディエーション技術の開発のため、イネ（品種：IR8、長香穀）とソルガム（品種：Gソルゴー、Hソルゴー）を畑条件で栽培し、地上部カドミウム吸収量の品種間比較を行った。地上部カドミウム吸収量が最も高かった畑栽培イネの長香穀が、畑ほ場の修復作物として有望な品種であると考えられた。

重金属低吸収品種利用技術の開発のため、農研機構・東北農研センターと共同で玄米カドミウム濃度が低く、かつ栽培特性が向上した羽系5系統を選抜

した。これら5系統の玄米 Cd 濃度は一般品種の半分程度であり、カドミウム低吸収品種としての活用が期待される。

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かく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

キュウリのディルドリン残留濃度を予測できる土壌抽出法

表 各種溶媒抽出における土壌中ディルドリン濃度とキュウリ茎葉部中ディルドリン残留濃度との関係

溶媒	割合(%)	傾き	切片	r^2	P値
メタノール	0	13	0.050	0.123	0.355
メタノール	10	7.7	0.470	0.166	0.277
メタノール	25	3.0	0.038	0.321	0.112
メタノール	50	0.62	0.015	0.918	0.0001
メタノール	100	0.31	0.020	0.719	0.004
アセトン	100	0.21	0.024	0.735	0.003

50%メタノール・水混液による抽出で得られる土壌中ディルドリン濃度がキュウリ中ディルドリン濃度の差異を最も良く表現しています。これを応用して、栽培前に土壌中濃度を知ることにより、栽培の適否が判定できます。この技術は特許出願中です。

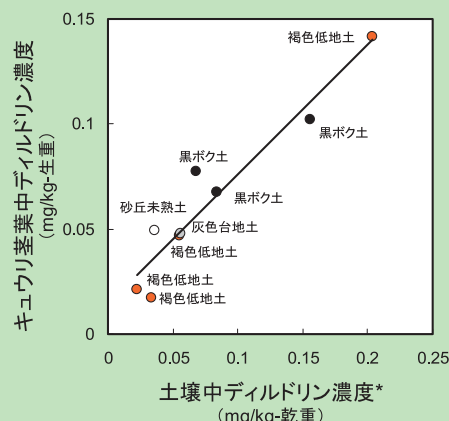


図1 50%メタノール・水により抽出した土壌とキュウリ中ディルドリン残留濃度との関係

土壌の種類が異なっても本法の適用が可能です。なお、キュウリ台木品種が異なるとディルドリンの残留濃度が異なるため、濃度予測する場合は台木品種ごとに回帰式を作成する必要があります。

カボチャのヘプタクロル汚染対策技術

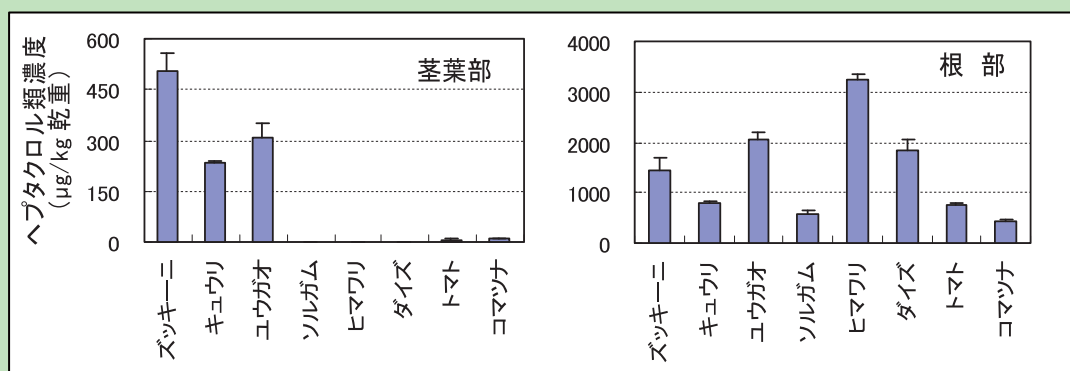


図2 残留土壌で生育させた各種作物幼植物の茎葉部・根部ヘプタクロル類濃度
I : 標準誤差 (n = 3)

ウリ科ではヘプタクロル類が茎葉部から顕著に検出されましたが、ウリ科以外は極めて低濃度でした。これはディルドリンの植物吸収と同様の現象であり、ヘプタクロル類においてもウリ科作物の吸収特性が明らかとなりました。

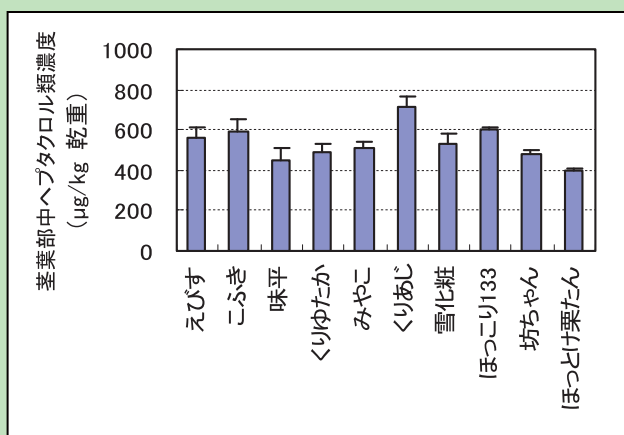


図3 残留土壌で生育させたカボチャ幼植物茎葉部ヘプタクロル類濃度の品種間差 I : 標準誤差 (n = 3)

カボチャのヘプタクロル類吸収には品種間差があり、低吸収性品種の利用によって汚染低減がある程度期待できます。

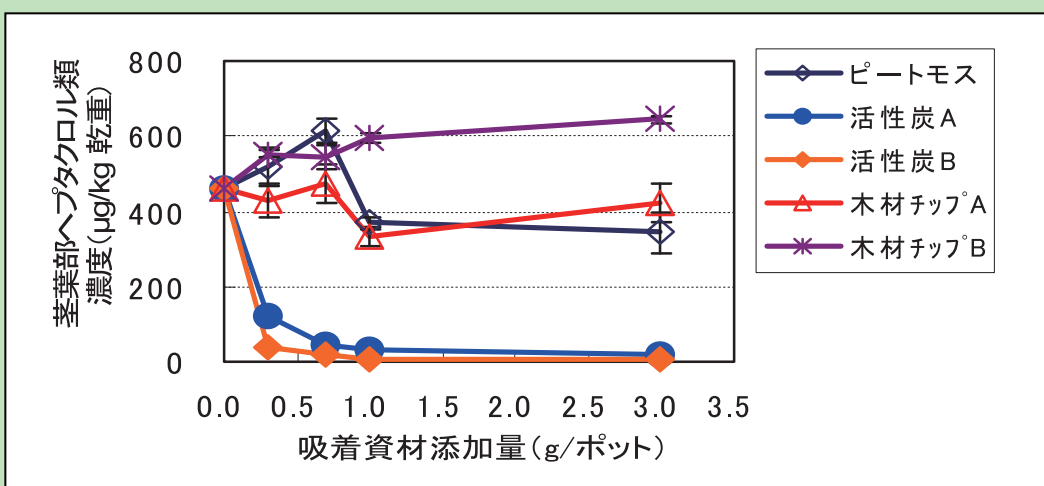


図4 吸着資材の土壌混和によるカボチャのヘプタクロル類吸収抑制効果
I : 標準誤差 (n = 3)

活性炭資材は、キュウリにおけるディルドリンの場合と同様に、カボチャのヘプタクロル類吸収においても抑制効果を発揮します。

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：

ア 外来生物の生態系影響評価とリスク管理技術の開発

特定外来生物の定着実態

現地調査により、千葉県印旛沼周辺の水田で、特定外来生物ナガエツルノゲイトウが畦畔、田面、小水路に蔓延し農業被害を与えていること、またこれら水系から離れた谷津田部分にも分布していることを明らかにした。この分布拡大には、各ほ場での農法の影響が大きいことが推定された。ナガエツルノゲイトウは中国で蔓延が大きな問題となっており、注意が必要である。

利根川の河口から群馬県烏川の合流点までの特定外来生物カワヒバリガイの分布状況を明らかにした。利根川では河口から116kmの調査点まで生息が確認され、利根川本川のみならず、周辺河川・湖沼・水路・導水施設などにも広く生息していることが明らかになり、茨城県・千葉県・群馬県では利水施設の運用での被害が確認された。

外来植物の分布と土壌化学性との関係

北関東の農地周辺の草本群落を対象に調査を行い、表層土壌のpHが高い場所や有効態リン酸の高い土壌で外来植物の侵入が頻発していることを明らかにした。

外来植物のリスク評価手法

導入前植物のリスク評価法（新たに我が国へ導入される植物を対象に、我が国で雑草化する植物とそうでない植物を判別する手法）として国際的に定評があるオーストラリア式雑草リスク評価法が我が国へ適用できることを明らかにした。また、雑草判別基準について、従来の雑草判別率に基づいて決定する方法に加え、経済的利益等の外部要因と評価法の精度も考慮して決定する方法を提案した。これらの成果については、外来生物法の担当省庁である環境省など行政機関での活用が期待される。

イ 遺伝子組換え生物の生態影響評価とリスク管理技術の開発

生物多様性影響評価研究（野生化、交雑性研究）

鹿島港を始めた国内の幾つかの港で、輸入されたセイヨウナタネのこぼれ落ち種子に由来する遺伝子組換えナタネの生育が報告されているため、セイヨウナタネが他種を駆逐して分布を拡大してゆく

かどうかを確認する目的で、ほ場でセイヨウナタネの播種時期と刈り取り条件を変えて他の雑草との競合実験を行った。その結果、播種時期と刈り取りの有無は、セイヨウナタネの発生に大きな影響を及ぼしたが、いずれの試験区においても他雑草の繁茂によりセイヨウナタネの発生は抑制され、少数の個体の発生と消滅を繰り返した。こうしたことから、セイヨウナタネが他の雑草種を駆逐する可能性は低いと考えられた。

遺伝子組換えダイズが栽培された場合、我が国に自生している近縁野生種であるツルマメとの交雑の可能性が指摘されている中、農環研ほ場で開花期を出来るだけ重複するように調整し、両者が絡み合うほどの距離で栽培した場合でもその交雑率は極めて低いことが明らかになっている。交雑の頻度は両者の開花期重複の程度に影響を受けるため、開花期の重複に基づく交雑可能性予測モデルを作成する目的で、ツルマメの開花特性の地理的変異について検討した。その結果、北海道、秋田、茨城、佐賀、宮崎の5系統のツルマメの開花開始日は、宮崎系統を除けば、日長時間より有効積算温度によって決定され、南の系統ほど要求有効積算温度が高いこと、開花最盛日、開花終了日は、南の系統ほど、より短い日長に反応し、それらが、日長時間によって決定されていることを明らかにした。

共存研究（交雑抑制研究）

大規模ほ場におけるイネ花粉の長距離飛散と交雑の実態を明らかにする目的で交雑予測モデルを用いて、種子親ほ場における交雑率予測図を作成して大量の試料を効率的に採取し、花粉親からの距離と交雑率との関係を明らかにした。

トウモロコシ等風媒性作物の花粉飛散を制御し、交雑抑制技術を開発するため、防風植生や散水による交雑抑制効果試験を行った。3年間の交雑率の結果を比較すると、花粉親から10m以上離れると交雑抑制効果はほとんどなくなり、交雑抑制効果は防風ネットと同様に限定的であることが分かった。

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、農地における耕耘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：

調査情報システムの開発と景観構造と生物多様性の関係解明

調査情報システム RuLIS について、農業生態系区分を改善するとともに、農業生態系区分データ(全国を60クラスに分類)を公開するため、Web-GIS を利用したシステムを構築した。また、全国統一基準で複数年度整備されている国土数値情報1/10細分土地利用メッシュデータ(1辺約100m)から3次メッシュ(1辺約1km)内の土地利用の混在度を算出し、それを水田・森林境界域など重要な景観構造の指標として活用できることを明らかにした。

ため池・水田と周辺の環境が指標昆虫の生息に及ぼす影響の解明

トンボ類にとってのため池の配置の重要性を、池内の環境、池周辺の土地利用の影響と比較して評価した。その結果、飛翔力のあまり強くない種では、ため池の配置が最も重要であること、トンボ類全体では、ため池の配置は、池内の環境、池周辺の土地利用の影響と同程度に重要であることが明らかになった。この成果は、灌漑施設や栽培技術が変化する中で、指標昆虫(環境の指標となる昆虫)の一つとなっている農村地域に生息する多様なトンボ類の保全を図るための取組を効果的に進める上で重要な知見である。

化学資材使用等の農法の変化が水田周辺の水生植物群集に及ぼす影響の解明

除草剤利用等の農法が水田周辺の水生植物群落に及ぼす影響を解明するため、水田周辺水路で除草剤濃度と水生植物群落の同時モニタリングを行った。除草剤が最も散布される時期(5月)に沈水植物(エビモ等)で顕著な影響が見られ、抽水植物のガマとヨシはほとんど影響を受けないことを明らかにした。また、農業水路におけるエビモ個体群は、消滅と再生というサイクルを繰り返している可能性が示

唆された。

(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：

バラ科植物等が産生する生理活性物質の機能解明

ユキヤナギに含まれるシス-ケイ皮酸グルコシドが示す植物生育阻害活性は、沖積土壌の存在下ではほとんど変動しなかった。火山灰土壌及び石灰質土壌の存在下では1/2~1/10程度まで低下するが、その場合でも、生態系において機能を発揮する高い活性レベルにあることを明らかにした。今後、さらに研究を進め、新しい雑草抑制技術の開発や生態系の生物多様性の理解の深化につながる知見を得ることを目指している。

ノメイガ類等昆虫の増殖に関わる情報化学物質の機能解明

(普及に移しうる成果)

ツワブキノメイガのメスから性フェロモンを抽出し、フェロモン有効成分の候補についてオスの反応性を調査し、オスの誘引活性に必須な3成分を明らかにした。また、ナシマダラメイガの雌成虫から性フェロモンを抽出し、誘引成分を解明するとともに、野外試験で活性成分、比率、担持量、持続期間の検討を行い、発生予察用誘引剤を開発した(写真1、2)。

生分解性プラスチック分解微生物の機能解明

(普及に移しうる成果)

イネ科作物の葉の表面などに生息する1,500株以上の候補菌株から、特に高い生分解性プラスチック(以下、「生プラ」と略)分解活性を持つ不完全菌類に属するカビ(菌株名47-9)を選抜すると共に、その酵素活性が最も高くなる条件を明らかにした(図5、6)。このカビは、培養液中に高純度で生プラ分解酵素のみを生産する優れた特性があり、この菌の酵素液を市販の培養土の上に敷いた生プラフィルム(PBSA:ポリブチレンサクシネートノアジペート)に散布処理すると、処理後6日間で全体の

性フェロモンを利用したナシマダラメイガの発生予察用誘引剤



写真1 性フェロモントラップ

性フェロモン成分をゴムに浸み込ませたものを誘引源としてこのトラップの内側に設置します。誘引された虫は内側下面に敷いた粘着板に捕獲されます。



写真2 性フェロモントラップに捕獲されたナシマダラメイガ雄

トラップに捕獲された虫の数を調べることで、成虫の発生の有無や時期がわかります。このような情報をもとに、殺虫剤散布等の防除を効果的に行うことができます。

植物の葉から生分解性プラスチックを強力に分解するカビを発見

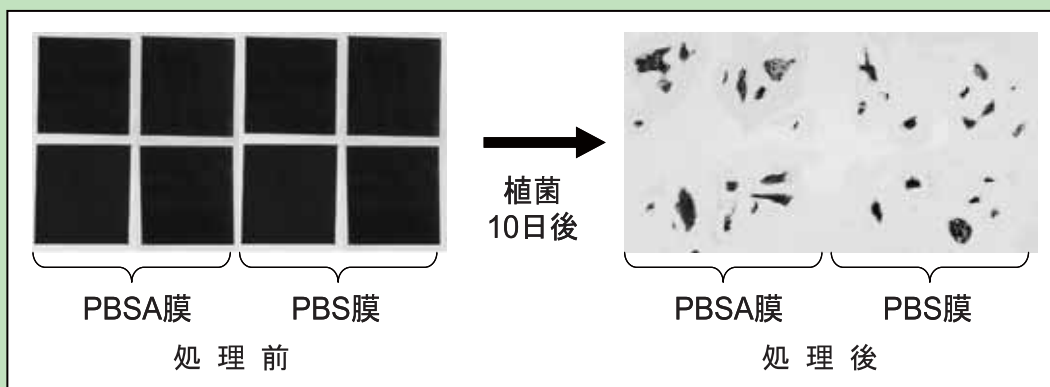


図5 培地に処理した47・9菌株によるPBSA膜及びPBS(ポリブチレンサクシネート)膜の分解
生ブラフィルムはこの菌によって分解され、ほとんど残っていません。



図6 培養土への酵素処理による生ブラフィルム(PBSA)の分解
(左: 無処理10日後 中: 処理6日後 右: 処理10日後)

培養土上の生ブラフィルムが分解され、下の培養土が見えるようになります。

91.2% (重量換算) が分解された。

この成果は、使用済み生ブラ製品の分解を促進する新しい技術開発につながることで期待される重要な知見である。

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：

ほ場スケールでの影響評価（水田生態系応答モデルの開発）

FACE（開放系大気CO₂増加実験）・温暖化実験では、CO₂増加（+200ppm）と水温上昇（+2℃）処理の影響は、2か年を通してほぼ一貫した結果が得られた。すなわち、加温・高CO₂処理は乾物重を増加させるが、その程度は生育ステージの経過とともに低下した。また、これに関連する光合成及び最大カルボキシル化速度の応答低下は、主として光合成関連タンパクの減少を介したものであることがわかった。これらは、作物モデルの基本構造の妥当性を開放系条件で示した実証的データである。

環境制御チャンバー（クライマトロン）で、開花期頃の夜温がイネの受精過程に及ぼす影響を調査した。過去のチャンバー実験から、開花時の温度が35℃を超えると不稔が発生することが知られているが、本研究では昼の温度が32℃程度でも、高夜温に遭遇すると、葯が裂開しにくくなって不稔が多発すること、その発生閾値が夜温で28～30℃にあること、高夜温条件での不稔率に顕著な品種間差異があることを明らかにした。

地域スケールでの影響評価

日本全国での影響評価に関しては、近年の気候変化傾向が、日本各地の水稻生育に及ぼした影響について、8地点の水稻品種の長期ほ場試験結果を解析した。その結果、移植～出穂日までの日数は、ほぼ

全国的に顕著に短縮（平均すると25年間で約7日）していることが明らかとなった。一方、有意な収量低下傾向は認められなかった。また、これまでに開発したほ場スケールモデルが、以上の長期変動を妥当に再現したことから、実態の再解析及び将来予測に有効であると考えられる。

東・東南アジアを対象とした影響評価に関しては、平成19年度開発した地域レベルの収量モデルを東アジア広域（中国の省収量）に適用したところ、気象、窒素投入、品種の違いから、地域収量の時空間変動の再現・予測にも利用できる可能性が示された。また、東北タイの天水田地域を対象としたモデルでは、降水量に基づく作付面積の推定値が、農業統計資料による作付面積の変動を定性的に良く説明することが明らかとなった。作付面積予測モデルと生育収量予測サブモデルを結合することにより、水資源の変動からグリッド毎の作付面積、収量、生産量の変動を算定することが可能となった。

(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：

ア 農耕地における温室効果ガス発生抑制技術の定量的評価

温室効果ガス発生抑制技術の定量的評価
（普及に移しうる成果）

中干し期間の前倒しや期間延長などの水田水管理によるCH₄発生抑制技術の実証試験を全国9地点で

温室効果ガスの可搬型自動サンプリング装置の開発



写真3 手動のサンプリング風景

これまで主流だった手動のサンプリング法では、チャンバーの設置やガスのサンプリングなど一連の作業をすべて人力で行うため、多大な労力がかかっていました。



写真4 可搬型自動サンプリング装置

設定時刻に自動的にサンプリングを行う装置の開発により、大幅に効率化しました。手動サンプリングと比較した必要時間は1/10以下になります。装置は自動開閉チャンバーと組み合わせて使用します。

実施した。多くの地点において、中干しの延長等の改良水管理により、 CH_4 発生量を効果的に削減できたが、中干し期間の多量の降雨（愛知）や CH_4 発生が栽培期間後期に集中する場合（徳島及び鹿児島）、 CH_4 削減につながらなかった。また、水管理にともなう N_2O 発生増加が少ないことを明らかにし、水稲収量と品質等への影響に関するデータも集積した。

農耕地から発生する温室効果ガスの可搬型自動サンプリング装置を開発した（写真3、4）。これは、各地域での高頻度・通年の温室効果ガス測定を可能とし、農耕地からの温室効果ガスフラックスのより正確な推定を可能とするものである。

温室効果ガス総合収支データベースの構築と広域予測モデルの開発

1985～2005年までの5年ごとの、農業生産に伴う都道府県別窒素フローデータベースを完成し、 N_2O 発生量をIPCCガイドラインTier2手法に従って求めた。1990年と2005年に関して比較すると、地域により N_2O 発生量が減少した場合と増加した場合が見られたが、多くの場合、地域において農地への窒

素施肥量が減っても発生する家畜ふん尿窒素が増えていれば、 N_2O 発生量は増加していることが明らかとなった。日本全体で見た場合、畜産セクタから発生する N_2O 量は耕種セクタより多く、家畜ふん尿の処理に伴う N_2O 発生が地域の発生量をより強く制御していると考えられた。

また、DNDC-Riceモデルによる CH_4 発生量の広域推定のため、土地利用基盤整備基本調査（1993年度）のGISデータに基づいて各土壌群の排水性（地表水排除速度と地下水位）の内訳を計算しデータベースを構築した。さらに、土性と地下水位から土壌水のフラックスを計算するようにDNDC-Riceモデルを修正し、地下水位による CH_4 発生量の変化を推定できることを確かめた。

高 CO_2 濃度・温暖化環境が水田からの CH_4 発生に及ぼす影響

高 CO_2 濃度・温暖化環境が水田からの CH_4 発生に及ぼす影響をほ場条件で明らかにするために、前年度に引き続き、岩手県雫石町でFACE（外気+200ppm）及び水温上昇（+2）実験を行った。 CH_4 フラックスに及ぼす処理の影響は両年とも同様であ

り、大きな加温効果（+29～+59%）と、有意ではないものの過去の試験と同程度のFACE効果（+6～+39%）が観測された。

イ 農業活動等に伴う炭素・窒素収支の広域評価手法の開発

土壌有機物動態モデルの広域検証と土壌炭素蓄積量変化の全国推定

土壌有機物動態モデル（改良 RothC）の信頼性の広域的評価とモデルパラメータの改良手法の開発のため、土壌環境基礎調査（定点調査）の畑地2,844地点（非黒ボク土壌1,251地点、黒ボク土壌1,592地点）、水田5,285地点のデータを用いて、モデルによる土壌炭素蓄積量の推定値と実測値とを比較した。モデルの推計値は、概ね妥当であった。

土壌有機物動態モデル（改良 RothC）を全国の農耕地に適用し、堆肥や緑肥の投入による土壌炭素蓄積効果を見積もった。1990年時点での炭素蓄積量を初期値とし、1)堆肥として全ての水田に1.0 t C/ha/年、水田以外の農地に1.5 t C/ha/年を投入した場合（堆肥シナリオ）、2)全ての水田で裏作に麦を作付し、麦の残渣0.7 t C/ha/年を緑肥として投入した場合（水田二毛作シナリオ）及びその併用について、炭素蓄積量の変化を25年間計算し、投入しない場合（有機物未投入シナリオ）との差から投入による土壌炭素蓄積効果を評価した。25年間に堆肥シナリオでは3,200万 t、水田二毛作シナリオでは1,100万 tの炭素が有機物未投入シナリオに比べて増加した。

窒素の広域循環及び環境への負荷の解明

食料に加えて、バイオ燃料のための作物生産による窒素の広域収支及び水環境への影響の推定を行うため、穀物の単収増加により生産余力の見込まれる東南アジア5か国（インドネシア、ミャンマー、フィリピン、タイ、ベトナム）を対象とし、穀物の単収変化や食料需要に関するシナリオの下に余剰農地を算定し、3種の作物（サトウキビ、キャッサバ、アブラヤシ）によるバイオ燃料生産可能量、窒素負荷量を見積もった。その結果、2030年には現在の穀物作付面積の20%程度において、3～4千万 k Lのバイオ燃料の生産が可能と見積もられたが、窒素負荷量は800万 t N程度に増大することが明らかになった。また、2005年の負荷量は340万 t N、食料のみ生産する場合の2030年の推定負荷量は約610万 t Nであり、余剰農地を生み出すための穀物単収増加

とエネルギー作物生産のために、更に1.3～1.5倍の窒素負荷となると予測された。

ウ 土壌圏から水域への栄養塩類の流出動態の解明に基づく流域水質汚染リスク評価手法の開発

浅層地下水流動過程における脱窒による硝酸性窒素除去量の評価

平成19年度確立した硝酸イオン（NO₃⁻）の窒素及び酸素の安定同位体比を用いた分析法を活用して、台地上の畑地・樹園地と低地水田からなる地形連鎖系（茨城県石岡市集水域）において、集水域内各地点における脱窒によるNO₃⁻の除去率を推定した。また、得られた除去率と浅層地下水中のNO₃⁻濃度から初期（脱窒前）NO₃⁻濃度を求め、集水域内における年間脱窒量を推定した。その結果、集水域内のNO₃⁻のほとんどは化学肥料由来NH₄⁺の硝化により生成したと推定された。また、NO₃⁻除去率は約10～70%の範囲にあり、NO₃⁻の地下水流入濃度は0.6～95 mg·NL⁻¹と推定された。これらの結果をもとに、集水域内の調査地域（調査井戸のある5.0 ha）では、85.1 kg·N ha⁻¹ y⁻¹のNO₃⁻が地下水に負荷され、うち22.8 kg·N ha⁻¹ y⁻¹が地下水で脱窒により除去されると推定された。

表面流出及び下層土を通じた流出によるリンの水域への流出量の推定

傾斜枠を用いて表面流出水中のリン濃度及び流出量の土壌による違いを観測した。黒ボク土からの流出率（=流出水量/降雨量）は平均で0.3%と小さく、流出リン濃度、リン負荷量とも黄色土の約1/10以下となった。黄色土では堆肥施用により流出水量は低下したが、流出リン濃度は高まる傾向があった。

カラムを用いた降雨浸入実験により、カラム流出水中の溶存態リン濃度はたかだか0.01 mg·PL⁻¹で、下方流出リンの90%以上は懸濁態であることを明らかにした。また、土壌の透水性改善と分散性低下のために、堆肥施用は必ずしもリンの表面流出を増加させなかった。

流域レベルでの栄養塩類による地下水・表面水汚染リスクの評価

営農情報に基づいた流域負荷窒素推定値と地下水硝酸性窒素濃度の関係を解析した。熊本・栃木両県についての解析結果では、1 kmまたは5 km メッシュ単位で算出した窒素ポテンシャル濃度（NPC）は、当該地区の地下水硝酸性窒素濃度観測値とよい対応を示さなかった。地下水中硝酸性窒素濃度は対

数正規分布を示し、NPCが増すにつれて任意の基準値 (10 mg L^{-1}) を超過する確率が増加した。地下水硝酸性窒素濃度が 10 mg L^{-1} を超える確率と NPC との関係は両県で異なり、地域的要因の関与が示唆された。水辺域での浅層地下水中硝酸性窒素濃度の低下に影響する要因として土壌類型を取り上げ、水辺域を含む集水域 (桜川上流) の浅層地下水中硝酸性窒素濃度の面的推定を試みた。

これらの手法は、今後さらに改良を重ねたうえで、硝酸性窒素による水質汚染に対する環境脆弱性評価図及び水質汚染リスク評価図の作成を目指す。

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 地球温暖化に関する物理環境・ガスフラックスの変動の検知とモニタリング技術の高度化

温室効果ガスフラックスのモニタリング

気象条件や作付け体系が異なる4か所の水田サイト(つくば市真瀬：イネ単作、岡山：イネ・オオムギ二毛作、中国江蘇省江都：イネ・コムギ二毛作、バングラデシュ・マイメンシン：イネ二期作)で、ガスフラックスの観測を継続した。これまでに収集したデータから、イネ単作田(真瀬)では、耕作期間の純生態系生産量(NEP)の半分以上に相当する CO_2 が、年間の2/3を占める非耕作期間に生態系呼吸量(RE、非生育期間は土壌呼吸量に等しい)として放出されていること、イネ・ムギ二毛作田(岡山、江都)では非耕作期間が短いため、ほぼ年間を通じて CO_2 が吸収されていること等各サイト(作付け体系)の特徴が明らかになった。また、世界の様々な生態系のNEPと各サイトのNEPを比較すると、真瀬は、様々な生態系の中央値付近に位置するのに対し、その他の3つの水田サイトは上位10%以内に分布した。すなわち、イネ・ムギ二毛作田やイネ二

期作田は、世界的にみてもNEPが大きな生態系といえる。

国内牧草地4サイト(中標津、静内、那須塩原、小林)において4年目の温室効果ガスフラックス観測データを蓄積した。各サイトの堆肥非施用区の2005年~2007年のNEPは、年次間変動は大きい($150 \sim 360 \text{ gC m}^{-2} \text{ year}^{-1}$)が、3年間の平均値はイネ単作田とイネ・ムギ二毛作田の中間に分布し、概ね牧草の生育期間の長さとともにNEPが増加する傾向を示した。

物理環境のモニタリング

観測データが僅少であったチベット高原植生限界付近で、詳細な気象データを蓄積するとともに、降水量データの解析を行った。その結果、降水はモンスーン期(6月~9月)に集中しており、降水量のピークは中腹の5,100m付近に現れることを明らかにした。山岳では、日中、斜面に沿う気流の断熱膨張で水滴が形成されるため、降水量の極大値が中腹に現れることが知られているが、同様の現象が標高4,000mを越えるチベット高原でも観測された。

イ 作物・土壌における放射性物質等の長期モニタリングと微量化学物質の簡易・高精度測定手法の開発

農業環境中の放射性物質の長期モニタリング

平成19年産の全国各地の基準ほ場における米・小麦及びその栽培土壌の放射性ストロンチウム(^{90}Sr)、放射性セシウム(^{137}Cs)を分析したところ、平成18年産と同レベルであり、顕著な濃度変化は認められなかった。また、本研究所内の環境放射能調査ほ場におけるハウレンソウ、ニラ及び茶について放射性物質を分析したところ、ウラン系列核種の ^{214}Bi が 0.1 Bqkg^{-1} 以下、 ^{210}Pb が茶葉では 3 Bqkg^{-1} 程度、他は 1 Bqkg^{-1} 以下で検出された。 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs は検出されず、継続して測定しているハウレンソウは平成18年産と同レベルであり、顕著な濃度変化は認められなかった。

畜産物の放射能分析体制の再構築の準備のため、牛乳試料の ^{90}Sr について、畜産草地研究所(畜草研)とのクロスチェック分析を開始した。

農業環境における微量化学物質の簡易・高精度分析法の開発

有機ヒ素化合物は農業環境中に様々な形態で存在し、それぞれ異なる毒性や特性を持つため、形態別分析法の高度化を進めた。ICP-MSの前処理として液体クロマトグラフィーを用いる分析法について検

討し、還元が進んだ土壌において存在した未知有機ヒ素化合物をジメチルフェニルアルシンスルフィド及びメチルジフェニルアルシンスルフィドと同定した。

残留性有機汚染物質(POPs)の多成分分析法の開発については、国際共同研究(日本、韓国、ドイツ、米国の4か国)の成果として水系におけるPOPs分析法のマニュアルを作成した。この分析法は標準業務手順書に沿って開発が行われ、多成分(22種)のPOPs分析のための具体的な方法を示すものである。

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：

ア リモートセンシング・地理情報システムを用いた農業環境資源の情報化と活用

リモートセンシング解析技術による広域的な農業的土地利用状況把握手法の開発

高時間分解能衛星センサ(MODIS)データから、インドシナ半島域、黒竜江省域、日本及び朝鮮半島域を対象に汎用的な基本データセット(2004-2007年；解像度500mと250m)を作成し、地表面状態を評価するための各種指数の時系列データセット(6日間隔)を構築した。また、インドシナ半島を対象として、画素ごとの時系列変化パターンを用いた分類法により、水田域に着目した農業的土地利用区分図を作成し、現地調査による土地利用区分図やメコンデルタでの詳細な分類結果と照合し妥当性を確認した。これらは土地利用や作付に関する広域的な情

報を面的に把握する上で有用であり、データセットはすでに日韓国際共同研究や農研機構における生産性広域評価等に活用されつつある。

最新の衛星画像の解析から、ラオス焼畑地帯の土地利用変化と生態系炭素量の最新実態を明らかにした。焼畑面積は依然として減少していないことが示された。詳細な土地利用・作付シナリオ間比較を通して、生態系炭素蓄積と収益性からみて有望な土地利用・作付システムを明らかにした。本成果についてはドイツ技術協力公社(GTZ)等国際的開発・環境機関の関心が高い。

GIS解析技術による農業的土地利用状況把握手法の開発

(普及に移しうる成果：歴史的農業環境閲覧システム(HABS)の開発)

過去に遡って土地利用を解析するため進めていた明治初期に測量された地図(迅速測図)のGISデータ化を完成し、Web上で公開した(図7)。この成果は、水田生物多様性研究における生物調査のベースマップとして活用されるなど、大学、研究機関等での利用が進んでいるとともに、里地里山の保全活動の基礎資料などとしても活用が期待される。

環境省現存植生図と農業統計データによる分析から、谷津田を構成する狭小水田(幅約100m以内)が、面積は小さいながらも関東地方に広く分布し、周長距離が長く樹林地に隣接する傾向が高いため、谷津田景観の維持に非常に重要な役割を果たすことを明らかにした。また、「耕作放棄地(田)」面積と狭小水田面積の比率を指標として、関東地方において谷津田景観が集落から消失する危険性の分布図を作成した。

イ 総合的なインベントリーの構築と利用法の開発

個別インベントリーの拡充と総合的農業環境インベントリーの構築

GISを共通基盤として、土壌、昆虫などの各種個別農業環境資源データベースを地図上に統一して標示する農業環境インベントリーシステムについて、操作性と画面の改良を行い、所内への公開を行った。セキュリティの改良とシステムの運用管理のためのマニュアルの整備を行い、一般への公開を目指している。その他、土壌、微生物、昆虫関係のインベントリーについても新たなデータの追加等の拡充を実施した。

包括的土壌分類試案の策定

歴史的農業環境閲覧システム（HABS）の開発



図7 歴史的農業環境閲覧システム(HABS)の初期画面

(<http://habs.dc.affrc.go.jp>)

Web ブラウザー上で迅速地図の閲覧や現在の土地利用との比較ができます。表示される地図についての情報は、「歴史的農業環境閲覧システムFAQ」に記述されています。

包括的土壌分類試案策定のため、土壌代表断面設定調査を、全国6点で実施し、断面の形態記載、一般理化学性分析、粘土鉱物分析を行った。また、1/5万土壌図2図幅について、林地を含めた土壌調査を行い、農耕地土壌分類第3次改定版(3次案)及び日本ペドロギー学会統一土壌分類体系第二次案の比較を行い、対応関係や相違点を明らかにした上で、林地を含む土壌図を作成した。さらに、分類試案作成のための共有データとして、1992年版全国農耕地土壌図を作成し、畑土壌統設定基準データと水田土壌統設定基準データを整備し、その一部を公開した。

土壌侵食、農薬等農業環境リスク指標の策定

土壌侵食ポテンシャル量と過去に行われた9地点の実測データの比較を行ったところ、両者には有意な相関が認められた($r^2 = 0.63$, $P < 0.05$)。一方、集水域ごとに集計した平均土壌侵食ポテンシャル量と対応する集水域の水質観測地点における5年間の平均SS(懸濁物質)濃度には明確な関係は認められなかった。

水田以外(畑地や果樹園等)で使用されている農薬を対象に、環境リスク指標に重要と考えられる要因(暴露及び毒性)を明らかにするとともに、河川水中濃度を算出するための評価環境(面積100km²のモデル流域内に750haの畑地と河川を配置)を設

定した。

基盤的な統計手法の開発

前年度までに開発した系統学的多様度を計算するソフトウェアを改良し、新尺度である「グロモフ距離」を計算するとともに従来系統学的尺度を並行して計算できるようにした。DNA塩基配列データに対して、このソフトウェアを用いて、実際に特定の単系統群の系統学的多様度を計算した。

ジーンバンク事業

平成20年度事業計画に従って、微生物については、トマトすすかび病菌やナツツバキ炭そ病菌等の新規MAFF菌株を15株登録し、微生物の特性を217点について調査した。昆虫については、事業計画に加えて新規1系統(トビイロウンカ抵抗性品種に加害性なし、殺虫剤感受性)を導入し、2種10項目の特性評価を実施した。