

研究成果情報

平成19年度

第24集

平成20年3月

独立行政法人
農業環境技術研究所

本誌から転載・複製する場合は
当所の許可を得てください。

はじめに

ここに研究成果情報平成 19 年度版を皆さんのお手元にお届けいたします。

私たちの研究所は、平成 18 年度を開始年とする第 II 期中期目標期間における研究計画において、農業生産環境の安全性を確保するための基礎的な調査および研究に重点を置き、3つの柱となる課題、すなわち、1) 農業環境のリスクの評価及び管理技術の開発、2) 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、3) 農業生態系の機能の解明を支える基盤的研究を掲げ、その目標の達成に向けて邁進しています。

農業は、周知のように、生態系（エコシステム）を制御しつつ活用して食料、飼料、代替エネルギーなどを生産する産業です。そこで行われる生態系制御では、人間の利益のために、種の選別、病虫害の防除、除草などのように、たくさんの動植物種を制御（生物制御）するとともに、耕耘、加温、被覆、灌漑などのように、生態系の物的要素を改変（物理制御）します。農業の本質であるこの生態系制御に伴う環境負荷の構造を明らかにするとともに、生態系を健全に活用する持続的農業の実現のために、その負荷の低減を図る知識を獲得することが必要不可欠です。

第 II 期中期目標期間における研究計画が重点を置く「農業生産環境の安全性の確保」においては、ここに述べた農業の本質に関わる根源的な問題認識と併せて、私たちをめぐる 21 世紀の大状況としてある地球環境変動との関係をもその枠組みに取り入れています。

本書の目次を一瞥してお気づきのように、平成 19 年度に実施した研究の成果の中から主要なものを選定し掲載している本成果情報は、もとより、農業生産環境のリスク評価、リスク管理に関わる成果が多く取り上げられています。ここには、「主要研究成果」と「普及に移しうる成果」に分けて掲載していますが、「普及に移しうる成果」は「主要研究成果」の中から、次に述べる位置づけに合致するものとして選定した成果です。すなわち、国、県あるいは市町村行政部局、検査機関、民間、他独法や大学など試験研究機関、さらには農業現場などで活用されることが期待され、研究所としても積極的に広報活動および普及活動を行なうべき重要な成果であると位置づけたものです。これらの中には新聞などマスコミに大きく取り上げられたものもあります。本書に採録されている成果が、「知識の創造」に寄与することはもとより数々の局面において役に立つものと確信しています。

本書が、皆様にとって有意義な情報になることを願うとともに、皆様からの忌憚のないご意見を得て、私たちの研究が更に深化する契機となることを期待しています。

平成 20 年 3 月
独立行政法人 農業環境技術研究所
理事長 佐藤 洋平

目 次

普及に移しうる成果*	1
1. コガタシマトビケラ 1 齢幼虫を用いた農薬の急性毒性試験法マニュアル	2
2. 環境への負荷がより小さい低濃度エタノールを用いた低コストの新規土壌消毒法	4
3. ゼロエミッションを目指したもみ殻ガス化残渣の有効利用	6
4. スズメノナスビを台木としてナス果実中カドミウム濃度を低減	8
5. 土壌 DNA による土壌生物相解析マニュアル	10
6. 葉の表面に棲む生分解性プラスチック分解酵母	12
7. 水稻の温暖化影響評価のための「モデル結合型作物気象データベース」	14
8. 温室効果ガス 3 成分自動同時分析計の開発	16
9. 広域的な栽培暦情報を集積し、共用するための Web データベース	18
主要研究成果	21
1. 渥美半島地域を対象とした農耕地土壌分類第 3 次改訂版に基づくデジタル農耕地土壌図の作成	22
2. 水田周辺ではどのような外来植物に注意すべきか	24
3. 輸入穀物に種子が混入しやすい外来植物の特徴	26
4. 要注意外来植物ハリエンジュにもシアナミドが含まれる	28
5. 外来植物アカギに含まれる植物生育阻害物質は L-酒石酸	30
6. 簡易型雑草リスク評価法の提案とこれによるリスク評価	32
7. 作物可食部のウラン濃度が低いことをほ場試験で確認	34
8. 有機性廃棄物の施用に伴うカドミウムの農地負荷量と作物中カドミウム濃度への影響	36
9. カドミウム非汚染水田における年間カドミウム収支	38
10. 窒素追肥によりイネがアンモニアを放出する	40
11. 1 km メッシュ単位で推定した農業統計のデータベース化	42
12. 日本で使用された農薬のゆくえを明らかにできる地球規模の挙動予測モデル	44
13. 土壌中で生育している微生物の遺伝子の発現を検出した	46
14. 水田からのメタン発生量を推定する数値モデル・DNDC Rice の開発	48
15. 日本に生息するサトウキビ白すじ病菌の遺伝子型	50
16. 温室栽培トマトと露地栽培トマトの葉面生息細菌相は著しく異なる	52
17. 水田地帯では周辺環境によって生息する鳥類が異なる	54
18. 黒ボク土畑下層における不均一な水移動の定量化	56
19. 台地に隣接した水田下の浅層地下水中における脱窒の定量化	58
20. 土壌特性・土層構成に基づく硝酸性窒素の地下水到達時間の面的予測	60
21. 土壌線虫の簡易同定に役立つ画像付形質一覧表の公開	62
22. 未来の水田生態系を予測する周年開放系温暖化実験システム	64
23. 天水田地帯の水稻収量を推定する簡易モデル	66
24. 黄砂とともに飛来する放射性セシウム (^{137}Cs)	68
25. 群落光吸収率・光利用効率の遠隔評価のための新反射スペクトル指数	70
26. 空間情報技術による山岳アジア焼畑生態系の土地利用履歴と炭素ストックの広域評価	72

*「普及に移しうる成果」とは、行政部局、検査機関、民間、他の試験研究機関（他独法、大学等）および農業現場等で活用されることが期待され、研究所として積極的に広報活動および普及活動を行うべき重要な成果を選定したものです。

普及に移しうる成果

コガタシマトビケラ 1 齢幼虫を用いた農薬の 急性毒性試験法マニュアル

〔要約〕

コガタシマトビケラ 1 齢幼虫を用いた農薬の急性毒性試験法を開発し、マニュアルを作成しました。河川生態系の一次消費者である水生昆虫を対象として、農薬の生態影響の評価に利用できます。

〔背景と目的〕

日本の農薬登録制度では、農薬の生態系への影響を評価する際に、湖沼生態系の一次消費者を代表するミジンコ類を試験生物種として用いて急性毒性試験を行いますが、水稻用農薬による汚染が懸念される河川生態系の一次消費者に対する影響を適切に評価できる試験生物種と試験法は確立されていません。そこで日本の河川において重要な一次消費者である水生昆虫のコガタシマトビケラに着目して、感受性の高い 1 齢幼虫を用いた農薬の急性毒性試験法を開発し、マニュアルを作成しました。

〔成果の内容〕

マニュアルでは、コガタシマトビケラ 1 齢幼虫の性質にあわせて開発した急性毒性試験法について平易に解説しています。また試験事例として代表的な殺虫剤の 1 齢幼虫に対する毒性データを紹介しています。マニュアルの主な構成と特徴は以下の通りです。

1. III 章では、コガタシマトビケラの生態、1 齢幼虫の特徴・性質について概説しています。
2. IV 章では、試験生物の取り扱いを含めた急性毒性試験法を解説しています。試験する農薬の性質によって試験法・試験条件を適宜、選択することができます（図 1）。また急性毒性の判定は、水流刺激に対する 1 齢幼虫の伸身開脚反応の有無で判定しますが、その方法及び基準について詳細に解説を行っています（図 2）。
3. V 章では、開発した急性毒性試験法を用いた試験事例を紹介しています。30 種類の殺虫剤の 1 齢幼虫に対する急性毒性を調べると、既存の試験生物種であるミジンコ類と比べ、1 齢幼虫に対する急性毒性は、殺虫剤によっては 1,000～100,000 倍も高いことが判明しました（図 3）。この結果から河川生態系に対する農薬の影響を評価する際に、本種は有用な試験生物であるといえます。

農業環境技術研究所のウェブサイトより、本マニュアルおよび累代飼育法を解説した「コガタシマトビケラの飼育法マニュアル」の電子ファイル（PDF）をダウンロードして入手できます。また希望者には印刷物を配布します。

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」による成果です。

問い合わせ先：〒305-8604 つくば市観音台 3-1-3 （独）農業環境技術研究所
有機化学物質研究領域長：電話・FAX：029-838-8301
広報情報室（広報グループ）：電話・FAX：029-838-8191

リサーチプロジェクト名：有機化学物質リスク評価リサーチプロジェクト
研究担当者：有機化学物質研究領域 横山淳史、大津和久、堀尾剛

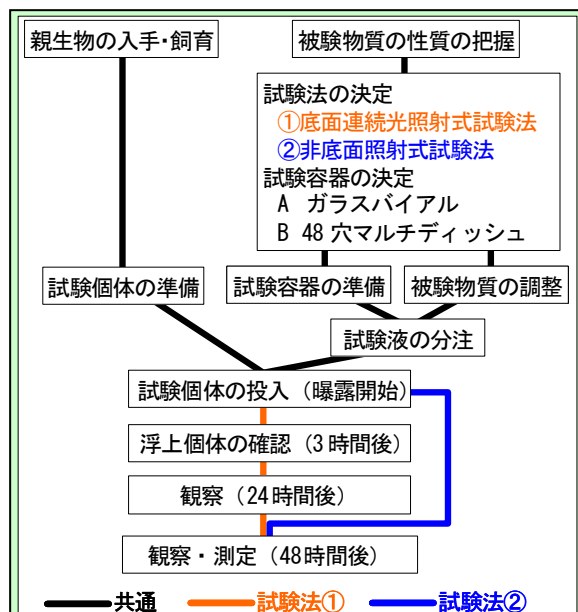


図 1 コガタシマトビケラ 1 齢幼虫を用いた急性毒性試験の流れ

被験物質（農薬）の性質（水中光分解性や水-オクタノール分配係数）によって、試験法を選択します。

光分解しやすい農薬は、非底面照射式試験法、それ以外は底面連続光照射式試験法を適用します。後者は幼虫の正の走光性を利用して、個体が液面に浮上するのを防止します。

試験の観察は、図 2 のフローチャートを参照してください。

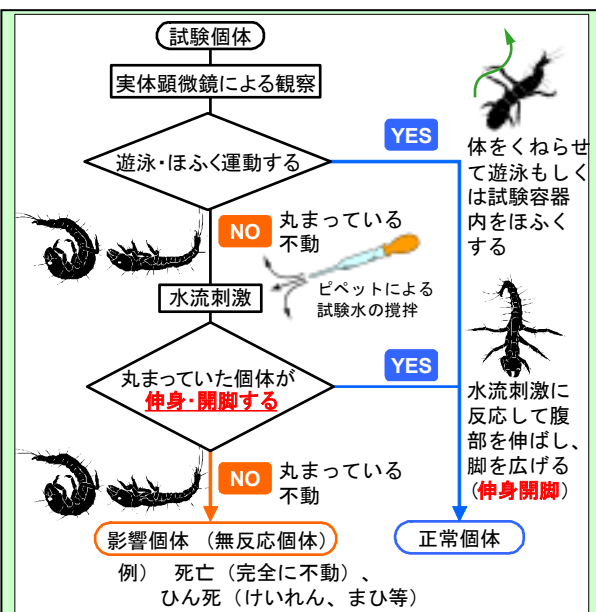


図 2 試験個体に対する農薬の急性毒性の判定フローチャート

試験液をピペットで攪拌して水流刺激を与えて判断します。

- 正常（農薬の影響なし）：伸身・開脚反応を示す。また、遊泳やほふくしている個体も正常です。
- 異常（農薬の影響あり）：死亡（全く動かない）、ひん死（けいれん、まひ症状）

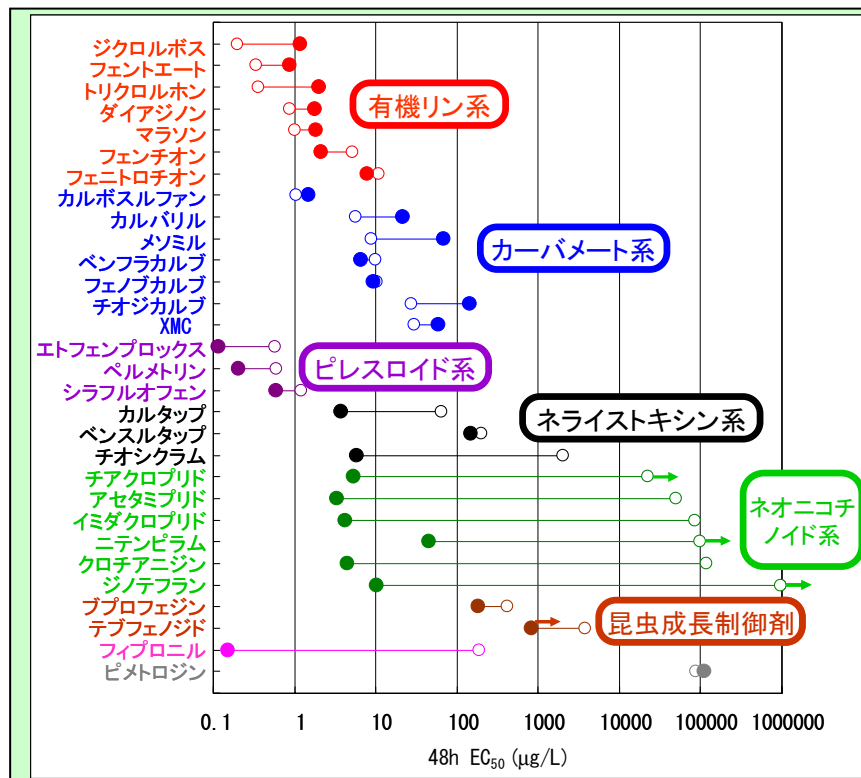


図 3 殺虫剤のコガタシマトビケラ 1 齢幼虫に対する急性毒性

48h EC₅₀ , 48 時間で半数の試験個体に影響を与える濃度

- , コガタシマトビケラ
- , ミジンコ類（文献値）
- , 48h EC₅₀ 値がそれ以上

●と○の間隔が大きいほどコガタシマトビケラとミジンコ類との感受性差が大きいことを示します。殺虫剤によっては、コガタシマトビケラの感受性は既存の試験生物種であるミジンコ類と大きく異なります。

環境への負荷がより小さい低濃度エタノールを用いた 低コストの新規土壌消毒法

〔要約〕

本土壌消毒技術は、エタノールを水で2%程度に薄めて畑土壌が湛水状態になるまでかん水処理した後、農業用ポリエチレンフィルムで土壌表面を覆い、1週間以上放置するという簡便な技術であり、臭化メチルの代替技術として実用化が期待されます。

〔背景と目的〕

わが国では、農耕地における連作に伴って発生する土壌病害虫を防除するため、臭化メチルによる土壌くん蒸消毒が広く行われてきました。しかし、臭化メチルはオゾン層破壊物質であるため、モントリオール議定書締約国会議において、代替不可能な用途を除いて2005年に使用が禁止されました。このため、臭化メチルに替わり得る防除効果を有し、経済的にも実行可能な新規代替技術の開発が早急に求められています。

〔成果の内容〕

本土壌消毒法は、アルコール（エタノール）を水で2%程度に薄めて、畑土壌が湛水状態になるまでかん水処理した後、農業用ポリエチレンフィルムで土壌表面を覆い、1週間以上放置する(図1)という簡便な技術です。本土壌消毒方法で用いる2%程度の低濃度エタノール水溶液では、エタノールによる殺菌・殺虫などの直接的な防除効果は期待できませんが、これまでに、細菌、糸状菌、線虫、土壌害虫など広い範囲の土壌病害虫や雑草に対し、防除効果が確認されています(図2、表1)。本技術が土壌病害虫などの防除に有効な理由については、今後解析が必要ですが、本技術により、土壌中の環境が酸化（好氣的）状態から還元（嫌氣的）状態に変化すること、有機酸濃度が増加することなどが観察されており、これらが要因として考えられます。

原料アルコールは、年間約36万キロリットルが輸入され、価格は50～60円／リットルです。原料アルコールの蒸留精製過程で、高濃度エタノールを含有した副生アルコールが1%程度生じています。この副産物を原料アルコールの代わりに利用することで、低コスト化が期待されます。

エタノールは、土壌中では数日で分解消失しますので、環境への負荷が小さく、安全性の高い技術であると考えられます。フスマや糖蜜を用いた土壌還元消毒法が実施されていますが、至適温度条件、臭気などの問題点があり、適用が制約されることがありました。本技術では、これらの問題点が改善されます。

本技術は、関係機関と相談しながら、実用化に取り組んでいるところです。

リサーチプロジェクト名：有機化学物質リスク評価リサーチプロジェクト

研究担当者：有機化学物質研究領域 小原裕三、

植松清次・田中千華（千葉県農総研セ 暖地園芸研究所）、

佐藤理恵子・*佐藤充克（日本アルコール産業株式会社）

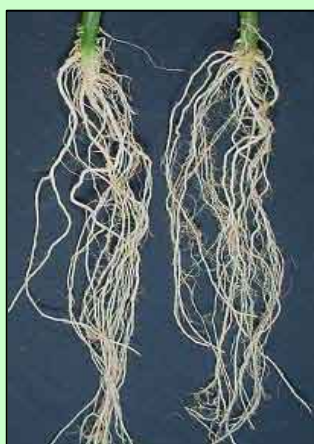
*現 山梨大工学部附属ワイン科学研究センター

特許：小原ら、国際出願 PCT/JP2007/000472（2007）



図1 低濃度エタノールを用いた新規土壌消毒法の概要

エタノール水溶液を湛水状態になるまでかん水処理した後、土壌表面を農業用ポリエチレンフィルム等で被覆し放置する簡便な方法です。



処理区（エタノール1%溶液）



無処理区

図2 効果の一例：キュウリ根のネコブセンチュウへの防除効果

エタノール1%溶液で処理した畑で栽培したキュウリの根には、ネコブセンチュウの被害が全く見られません。

表1 土壌消毒技術の病虫害防除効果と資材費用の比較

細菌、糸状菌、線虫、土壌害虫に至る広い範囲の土壌病虫害や雑草などに対し、防除効果が得られ、経済的にも十分実行可能です。

防除方法	毒劇物の分類	ウイルス	細菌	糸状菌	線虫	土壌害虫	雑草	資材費用/10a
太陽熱消毒		×	○	○	○	○	△	-
熱水・蒸気消毒		△～×	○	○	○	○	○～△	80,000円(灯油)
抵抗性品種(台木)*1		○	○	○	○	×	×	-
抵抗植物		×	×	×	△	×	×	-
ダゾメット剤	劇物	×	○	○	○	○	○	30,000円
カーバムNa剤	普通物	×	○	○	○	○	○	21,000～35,000円
D-D剤	普通物	×	×	×	○	○	×	10,000円
クロルピクリン剤	劇物	×	○	○	○	○	△	30,000円
臭化メチル	劇物	○	○	○	○	○	○	65,000円
低濃度エタノール	普通物	-	○	○	○	○	○	60,000円*2

○：効果がある、△：やや効果がある、×：効果なし

*1 一部作物（品種）に限られる。また、全てに有効でない。

*2 資材費用は、原料アルコールの輸入価格（平成18年通関統計実績）で計算した。

副生アルコールの利用によって、さらに資材費用の削減が可能である。

—：未評価

ゼロエミッションを目指したもみ殻ガス化残渣の有効利用

〔要約〕

水田農業におけるゼロエミッション(廃棄・排出物ゼロ)を目指して、もみ殻ガス化残渣を有効利用するために水稻用農薬の系外流出防止技術を開発しました。この技術を組み込むことで、CO₂削減などに寄与する米生産システムが開発できます。

〔背景と目的〕

地球温暖化や化石燃料の高騰を背景に、バイオマスエネルギーの開発が活発になり、もみ殻を燃料として利用するガス化発電技術が実用化段階にあります。しかし、この技術では、エネルギー回収後に残渣として大量の炭化物(もみ殻ガス化残渣)が排出されるため、その処理が大きな課題となっています。一方、水稻用農薬は、河川に流出して生態系への悪影響が懸念されており、炭化物の田面処理が流出を抑制することが明らかになっています(農業環境研究成果情報:第19集)。そこで、両者の組み合わせによる稲作を機軸としたバイオマス資源を有効利用するシステムの構築を目指して、もみ殻ガス化残渣について、物性及び農薬の吸着特性を解明するとともに、それを利用した水稻用農薬の系外流出防止技術の開発を目的としました。

〔成果の内容〕

1. 従来廃棄していたもみ殻ガス化残渣を、水田に施用(リサイクル)することにより、バイオマスエネルギーの利用に農薬の系外流出防止技術が組み合わさるだけでなく、ケイ酸肥料としての水稻の登熟歩合や食味の向上、さらに、二酸化炭素を固定炭素として水田に還元するため地球温暖化防止への寄与も期待されます。(図1)。
2. もみ殻ガス化残渣は、炭素分 20~25%、ケイ酸 70~75%を含有した炭化物であり、比表面積が 170~240m²/g で細孔直径 40Å 付近の細孔容量が大きい。
3. もみ殻ガス化残渣の粒子を 1.2~2.5mm に調整し、施用量を 30g/m² にして、水田に施用すると、除草剤の処理量を半減しても、除草効果はほとんど低下しませんでした(表1)。
4. この条件で、田面水中の除草剤濃度を大幅に低下(慣行区の 70%減)させることができるとともに、除草剤に続いて施用された茎葉処理型殺菌剤も吸着し、田面水に落下した殺菌剤の濃度を大幅に低下(約 40%減)させました(図2)。このことにより、農薬の水田系外流出を防止することができます。

リサーチプロジェクト名：有機化学物質リスク評価リサーチプロジェクト

研究担当者：有機化学物質研究領域 高木和広、勝部英一(北川鉄工所)、高梨誠三郎(欣膳)

発表論文等：1) 高木ら、特願 2007-189817 号(2007)

2) 高木、高梨、特許第 4014988 号(2007)

3) 高木、高梨、特願 2004-357706 号(2004)

4) 高木、植調、Vol.38、No.7: 9-15(2004)

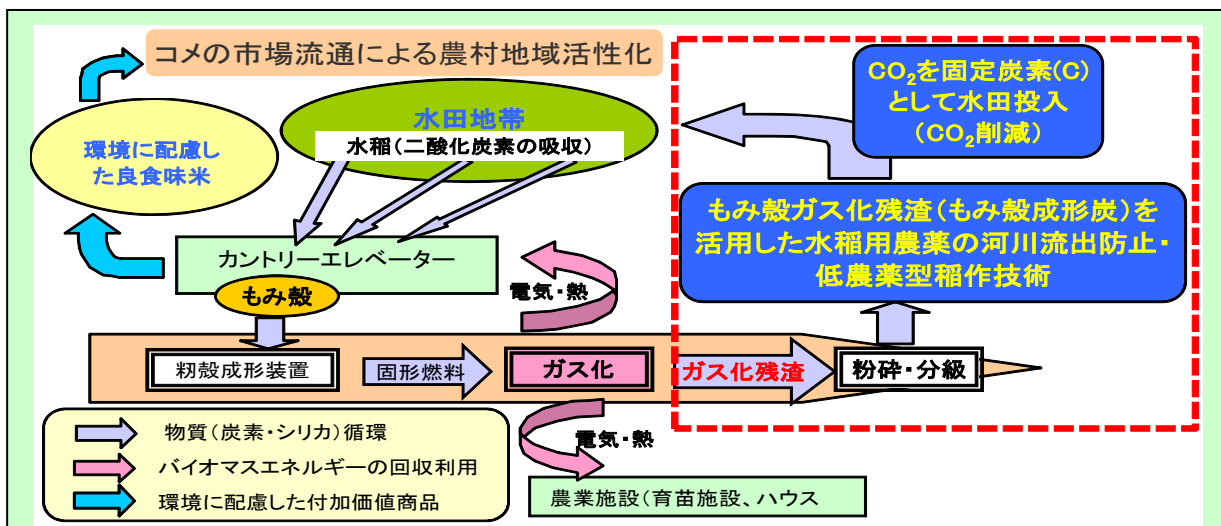


図1 バイオマスエネルギーの活用と環境保全型高付加価値米の生産システム
既存のもみ殻ガス化技術に、開発した技術(右側赤点線内)を組み込むことで、環境負荷が極めて小さく、CO₂削減に寄与する循環型水田農業システムを構築出来ます。

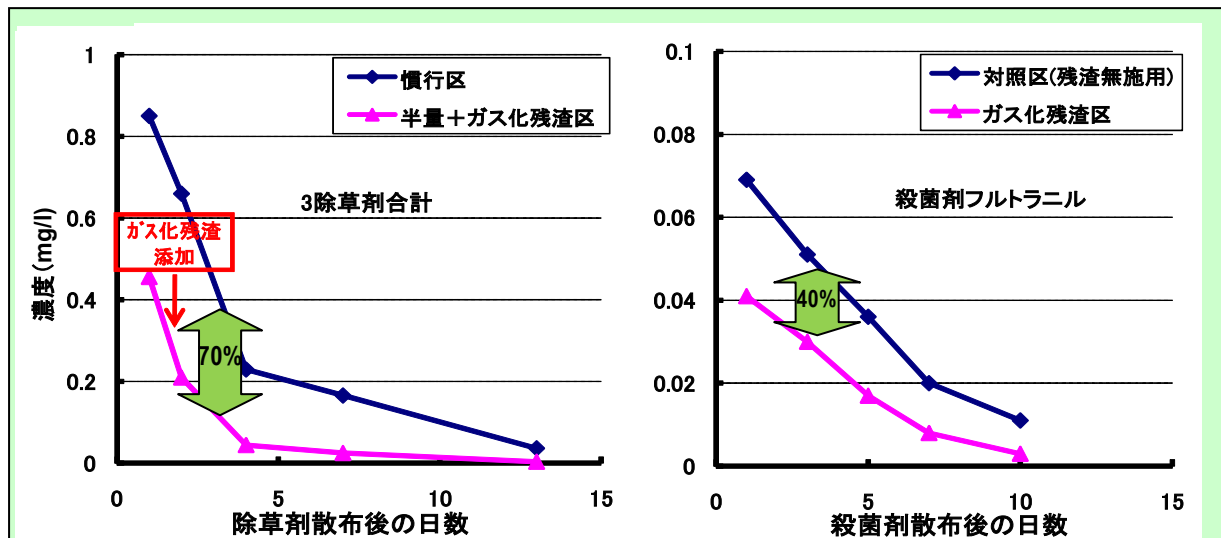


図2 もみ殻ガス化残渣施用による田面水中の除草剤(左)及び殺菌剤(右)濃度の低下
もみ殻ガス化残渣を水田に施用すると田面水中の農薬の濃度を大幅に低下させることがわかりました。これにより、水稻用農薬の系外流出量を大幅に削減することが出来ます。

表1 水田にもみ殻ガス化残渣を施用した場合の除草剤殺草効果の変動と薬害の程度(除草剤処理後35日目)

試験区	資材散布量(g/m ²)		ノビエ	タマガヤツリ	コナギ	アゼナ類	キカシグサ	イヌホタルイ	ウリカワ	水稻への影響 (終時的に観察)
	除草剤	ガス化残渣								
慣行区	1	0	100	100	100	100	100	100	97	微
半量+ガス化残渣区	0.5	30	100	100	100	100	100	100	93	無

注1) 除草剤としてシェリフ 1kg 粒剤(プレチラクロール、シロホップブチル、イマズスルフロ、ジメタトリンの混合剤)を使用した。

注2) ガス化残渣(比表面積:235m²/g、粒径:1.2~2.5mm)は除草剤散布1日後に散布した。

注3) 除草効果および薬害の程度は、調査時の地上部生育量より101点法(0:無処理区同等~100:完全枯死)で表示した。

もみ殻ガス化残渣の施用は除草効果や水稻生育に悪影響を与えないことがわかりました。

スズメノナスビを台木としてナス果実中カドミウム濃度を低減

〔要約〕

ナスの接木栽培において、スズメノナスビ（トルバム・ビガー、トナシム、トレロ）を台木に用いることで、土壌、穂木品種や作型によらず、果実中カドミウム濃度を $1/2 \sim 1/4$ に低減することができます。

〔背景と目的〕

近年、食品中のカドミウム濃度の国際基準値(果菜類 0.05 mg kg^{-1})が合意されました。農林水産省が行った国内実態調査の結果によるとナスはカドミウム濃度が比較的高いため、カドミウム吸収抑制技術を確立することが必要です。ナスは接木栽培されることが多いので、台木の違いによる果実カドミウム濃度の差を検討しました。

〔成果の内容〕

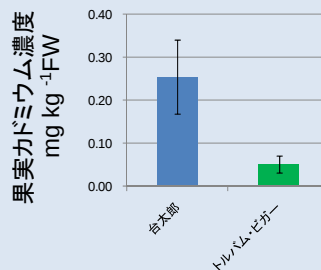
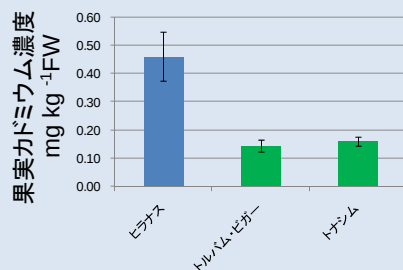
1. スズメノナスビの台木に接ぎ木した場合、土壌の種類（沖積土壌：褐色低地土および灰色低地土、火山灰土壌：黒ボク土）、作型（6 月定植 7～9 月収穫、9 月定植 10～5 月収穫）、穂木の種類（千両二号他 3 種類）によらず、自根栽培およびその他の台木（ヒラナス、台太郎、カレヘン、耐病 VF、ミート、アシスト）に接木した場合に比較して果実中カドミウム濃度を約 $1/2 \sim 1/4$ のレベルに低減できました(図 1、2 にはその結果の一部を示します)。スズメノナスビの市販台木品種はトルバム・ビガー、トナシム、トレロがあり、いずれも同様のカドミウム濃度低減効果を示します。
2. スズメノナスビ台木に接木したナス果実や穂木茎葉ではカドミウム以外の金属濃度には台太郎を台木とした場合と比べて大きな違いはありません。また、カドミウムを添加した水耕栽培において、地上部（穂木の茎葉、台木の茎）のカドミウム濃度はスズメノナスビ台木で低くなりますが、根の濃度には差がありませんでした(図 3)。これらのことから、スズメノナスビには根から地上部へのカドミウムの移行を特異的に抑制する何らかの機能が備わっていると考えられます。
3. 国内のナス用台木調査（野菜茶業試験場研究資料第 9 号）ではトルバム・ビガーは寒地・暖地によらず広く使用されており、トルバム・ビガーの割合の少ない県でもトナシム、トレロが使用されていました。これらのことから、スズメノナスビを台木とした接木栽培でナスのカドミウム濃度を低減することは全国的に普及可能と考えられます。

本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」の成果です。

リサーチプロジェクト名：重金属リスク管理リサーチプロジェクト

研究担当者：土壌環境研究領域 荒尾知人、竹田宏行・佐藤淳（新潟県農総研）、西原英治（新潟県農総研、現：鳥取大）、大崎佳徳・飯田佳代（高知県農技セ）

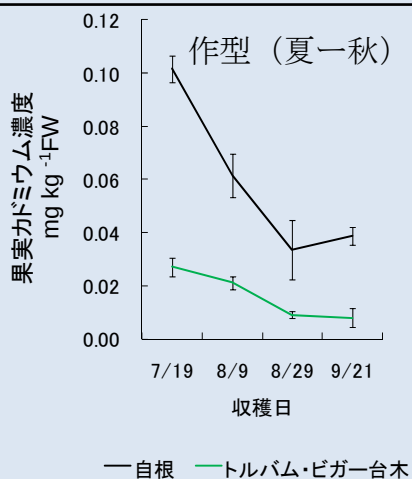
発表論文：竹田ら、日本土壌肥料学雑誌、78(6): 581-586 (2007)



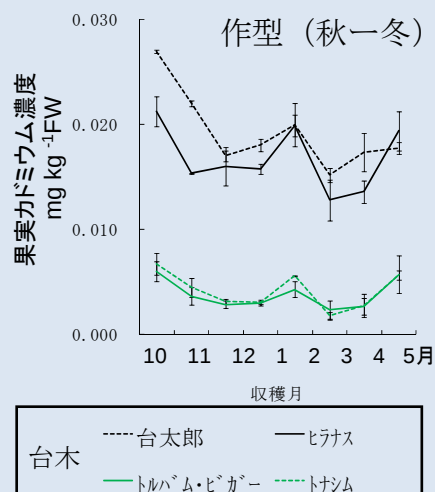
灰色低地土 (1/2000a ポット)
0.1N塩酸抽出カドミウム濃度 1.9ppm
穂木: 千両二号

黒ボク土(1/2000a ポット)
0.1N塩酸抽出カドミウム濃度 3.6ppm
穂木: 千両二号

図1 ナスの果実カドミウム濃度に及ぼす台木の効果(ポット試験)
カドミウム汚染土壌を用いた夏作ポット試験では、土壌の違いによらず、果実カドミウム濃度が1/3以下に低減しました。



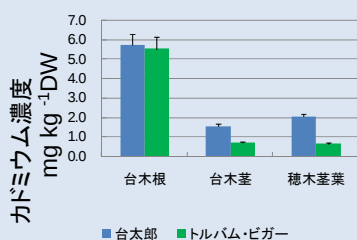
褐色低地土
0.1N塩酸抽出カドミウム濃度 0.21ppm
穂木: 千両二号



灰色低地土
0.1N塩酸抽出カドミウム濃度 0.14ppm
穂木: 竜馬

図2 ナスの果実カドミウム濃度に及ぼす台木の効果(圃場試験)

夏一秋及び、秋一冬作圃場試験でも果実カドミウム濃度が1/2以下に低減しました。



地上部(穂木の茎葉、台木の茎)のカドミウム濃度はスズメノナスビ台木で低くなりますが、根の濃度には差がありませんでした。

図3 台木の異なる接ぎ木苗のカドミウム濃度(水耕試験)

水耕液カドミウム濃度 0.09 μmol L⁻¹

土壌 DNA による土壌生物相解析マニュアル

〔要約〕

農耕地土壌の生物相（細菌・糸状菌・線虫）を、DNA 分析 (PCR-DGGE) によって解析するための手順を、対象生物群ごとに最適化し、マニュアルを作成しました。これにより、共通手法に基づくデータの蓄積が進み、農業生産活動に伴う様々な現象と土壌生物の関連がより明らかになっていくことが期待されます。

〔背景と目的〕

従来の培養技術のみに依存した手法では、土壌生物のごく一部しか捉えられないことが知られています。一方、土壌中の DNA を分析対象とする PCR-DGGE 法は、培養を介さずに生物相を解析する手法として普及していますが、その解析条件は研究者によって異なるため、相互に比較できるデータの蓄積が進んでいません。そこで、手法の標準化を目的に、農耕地土壌の細菌、糸状菌、線虫それぞれについて解析条件を最適化し、土壌生物相解析法のマニュアルを作成しました。

〔成果の内容〕

PCR-DGGE 法による生物相分析は、用いるプライマーセット、PCR 条件、DGGE 条件等、様々な因子によって大きく影響を受けます。私たちは、細菌相、糸状菌相、さらに、これまで事例の少ない線虫相を対象とした PCR-DGGE に伴う諸条件の最適化を目指し、既存の複数のプライマーセットと、複数の農耕地土壌試料を用いて検討を行いました。その結果、慣行畑などに生息するそれぞれの生物群について、幅広く適用し得る解析条件を設定することができました。土壌試料の調整法から PCR-DGGE に至る各手順をまとめたマニュアルは、web にて公開する予定です。また、DGGE パターンの相互比較を容易にするために、それぞれの解析条件に最適化した DGGE マーカーを作成しました。

今後、本マニュアルに基づいて得られた、相互に比較可能な土壌生物相情報が蓄積されることによって、農業生産活動に伴う様々な現象（作物の生育、病害の発生や抑止、温室効果ガス発生等）と土壌生物の関連がより明らかになっていくことが期待されます。現在、当研究所では、このマニュアルによって得られた土壌生物相情報をデータベース化する作業を進めています。

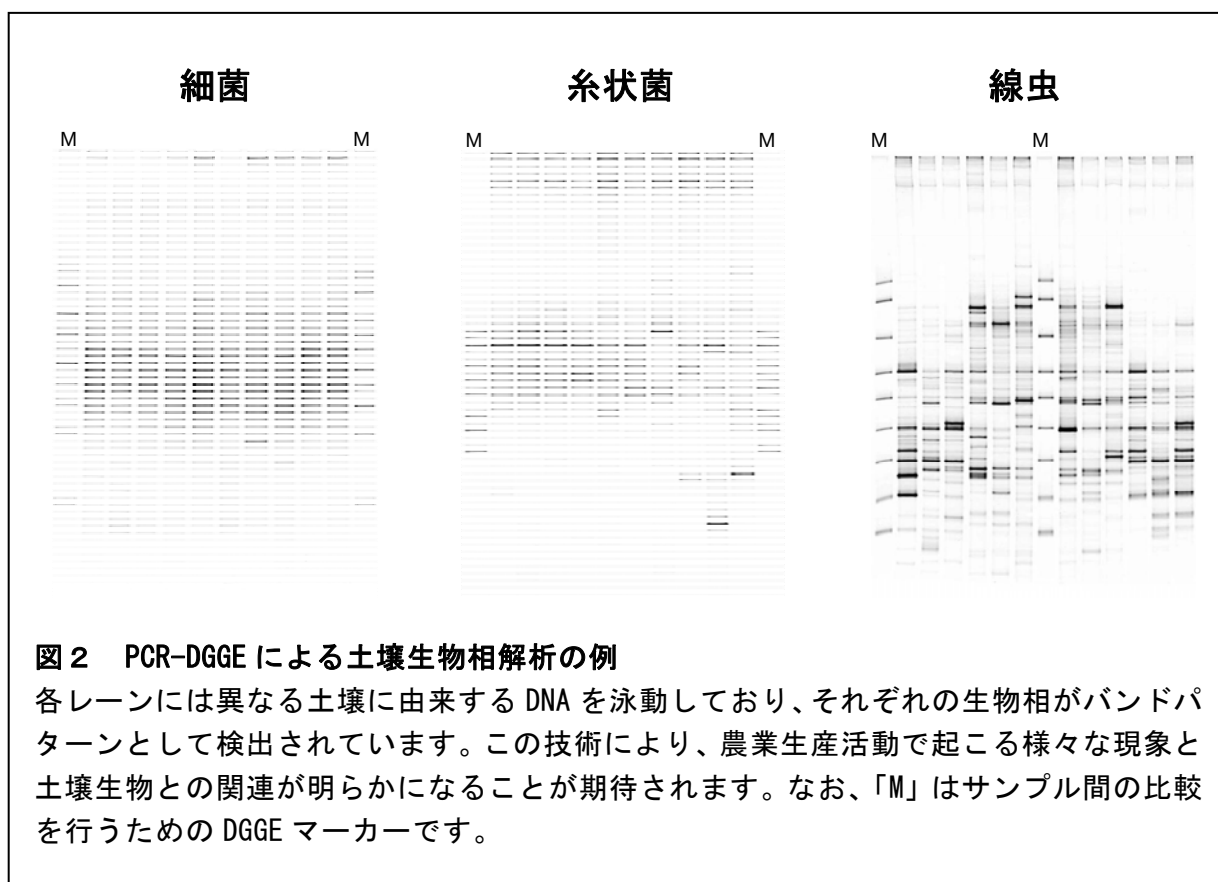
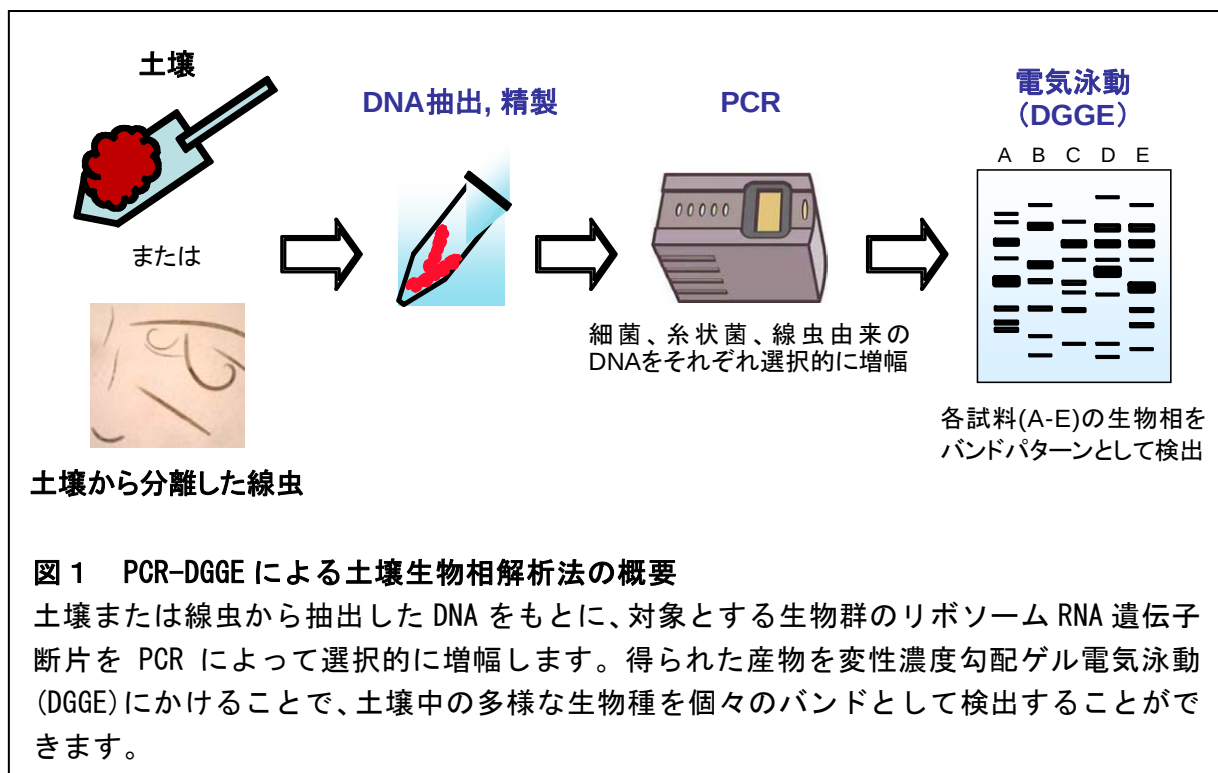
本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「土壌微生物相の解明による土壌生物性の解析技術の開発」による成果です。

リサーチプロジェクト名：畑土壌生物多様性リサーチプロジェクト

研究担当者：生物生態機能研究領域 森本晶、星野（高田）裕子、岡田浩明

発表論文等：1) 森本、星野、土と微生物、62(1): 63-68 (2008)

2) 大場、岡田、土と微生物、62(1): 69-73 (2008)



葉の表面に棲む生分解性プラスチック分解酵母

〔要約〕

各種の葉の表面には、生分解性プラスチック（生プラ）を効率よく分解する酵母が多数生息していることがわかりました。今回分離した *Pseudozyma* 属酵母の生プラ分解酵素は、各種生プラと、植物由来のポリ乳酸を分解します。

〔背景と目的〕

農業用プラスチックフィルムの廃棄量と農作業軽減のために、生プラの導入が勧められています。冬は生プラ分解が起きにくいので、強力な分解菌を利用した分解促進技術が必要です。しかし、土壌から効率よく分解菌を分離する方法は開発されていません。そこで、葉の表面構造が生プラと似ていることに着目した結果、葉から効率よく分解菌（酵母：*Pseudozyma antarctica*）を分離することができました。

〔成果の内容〕

1. 葉の表面から抽出した微生物の中から、生プラを分解する酵母を効率よく分離することができます。分離方法は、はじめに生プラエマルジョンと油を含む培地の上に葉の抽出液を塗りつけ、エマルジョンを溶かす株を選びます。次に分離した菌を同じ培地の表面に塗布し、その上に生プラ製マルチフィルムを付着させて、継時的にフィルムの残存量を観察することで、分解力を判定します。
2. イネの葉や籾から分解菌(*Pseudozyma antarctica*)が効率よく分離されました。
3. 分解菌 *P. antarctica* の培養液には分解酵素が分泌され、その酵素は、生プラ [(ポリブチレンサクシネート(PBS), ポリブチレンサクシネート／アジペート(PBSA), ポリカプロラクトン(PCL)] だけでなく、常温では生分解が難しい植物由来のプラスチックであるポリ乳酸(PLA)も、常温で分解します。

本研究は、運営費交付金、および科学技術振興機構(JST)地域イノベーション創出総合支援事業「シーズ発掘試験」による成果です。

リサーチプロジェクト名：情報化学物質生態機能リサーチプロジェクト

研究担当者：生物生態機能研究領域 北本宏子、小板橋基夫、對馬誠也、藤井毅

発表論文等：北本ら、特願 2008-023030 号（2008）

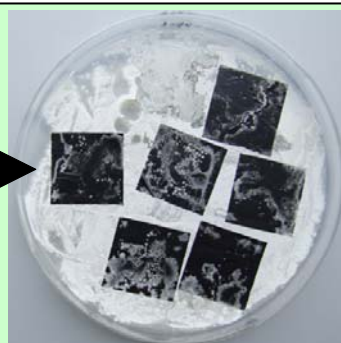


図1 葉面から生プラを分解する酵母菌を分離することができます
この技術は特許出願中です。

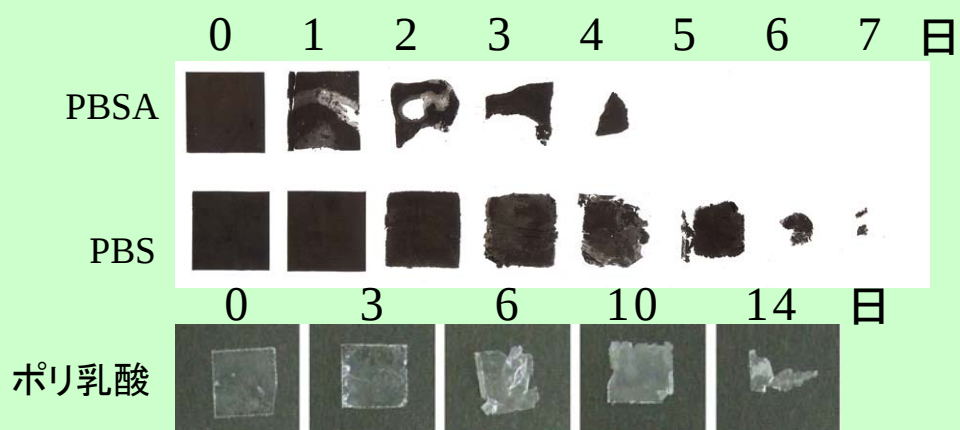
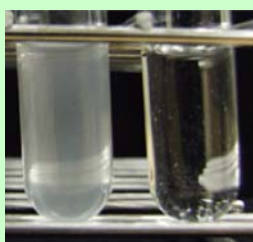


図2 イネから分離した酵母 *P. antarctica* は各種のプラスチック膜を分解します。

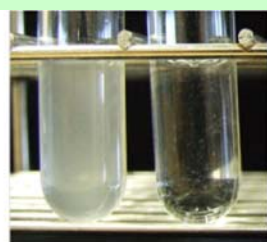
酵素添加

— +

— +



PBSA
反応1時間後



ポリ乳酸
反応24時間後

図3 イネから分離した菌 *P. antarctica* 培養液から抽出した生プラ分解酵素もプラスチックエマルジョンを分解します。

水稻の温暖化影響評価のための 「モデル結合型作物気象データベース」

〔要約〕

1980 年以降の日本全国の気象データに、水稻穂温や水田水温を推定するモデルを加えたモデル結合型データベースを開発しました。これにより、水稻の生育や収量に直接的な影響を与える気象要素が推定でき、温暖化影響の実態把握や解析に役立ちます。

〔背景と目的〕

温暖化や異常気象による作物の生産変動を正確に予測し、将来の収量低下のリスクを評価するためには、近年の気候変動が実際の作物生産に及ぼしている影響や要因を総合的に解析する必要があります。本研究では、日本各地の水稻生産の変動要因を調べる目的で、アメダス地点における気象データに水田物理環境・生育モデルを組み合わせた「モデル結合型作物気象データベース」を開発しました。

〔成果の内容〕

データベースには全国のアメダス地点（約 850 地点）における 1980 年以降の日別気象データを収納しました。気温、風速、降水量などの基本要素に加えて、日射量、湿度、蒸散要求量などの作物生産において重要な要素（モデルによる算定値）を収納したことが、本データベースの大きな特徴です。各地点における気象データには、地力保全基本調査による土壌データ（日本土壌協会）を付加しました（図 1）。

データベース上のメニュー画面もしくは Google Earth の地図上から、任意のアメダス地点を選ぶことによって、気象データを容易に取り出すことができます（図 2）。

データベース本体に「物理環境モデル」と「生育モデル」が組み込まれていて（図 1）、水稻の稔実や登熟に影響を及ぼす水田水温（日別値）や出穂・開花期における穂温（特別値）、主要品種の生育ステージや LAI（葉面積指数）などを推定することができます（図 3）。これらのモデルは、すでに実測データに基づく詳細な検証がなされています。なお、本データベースは Excel 上で動作するようになっています。

本データベースを既存の作物データベースや栽培試験データと組み合わせることによって、近年の温暖化傾向や気象変動が水稻生産に及ぼしている影響を解析・解明するためのデータセットが容易に得られます。これらの解析を通して、水稻生産の将来予測や収量低下のリスク評価、適応技術の開発などに大きく貢献します。本データベースは希望者に提供しますので、大気環境研究領域の桑形（Tel 029-838-8202）までご連絡ください。

リサーチプロジェクト名：作物生産変動要因リサーチプロジェクト

研究担当者：大気環境研究領域 桑形恒男、吉本真由美、石郷岡康史、長谷川利拡

発表論文等：Yoshimoto et al., J. Agric. Meteorol., 60: 597-600 (2005)

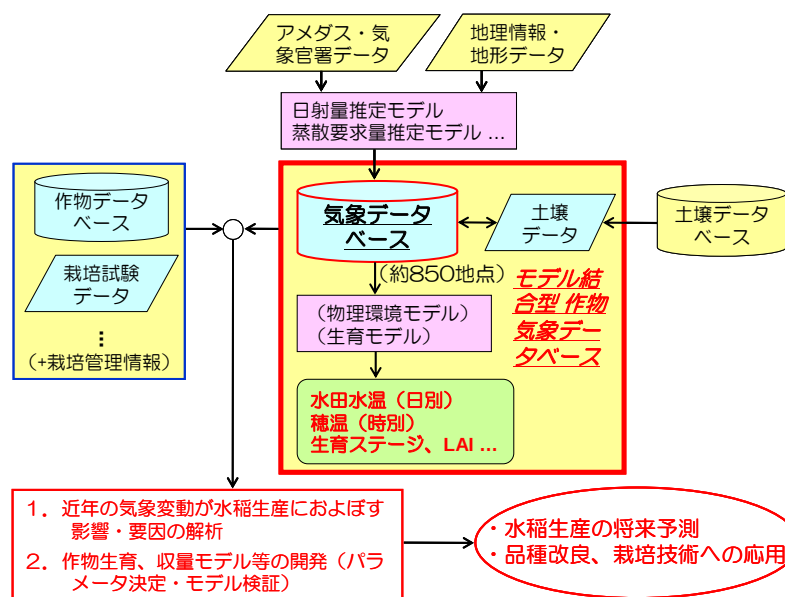


図1 「モデル結合型作物気象データベース」の基本構造

赤枠で囲んだ中央部分(黄色)がデータベース本体に該当します。アメダス地点における日射量と湿度は、気象官署(全国に約150地点)のデータや地理情報・地形データを活用して高精度に推定しています。

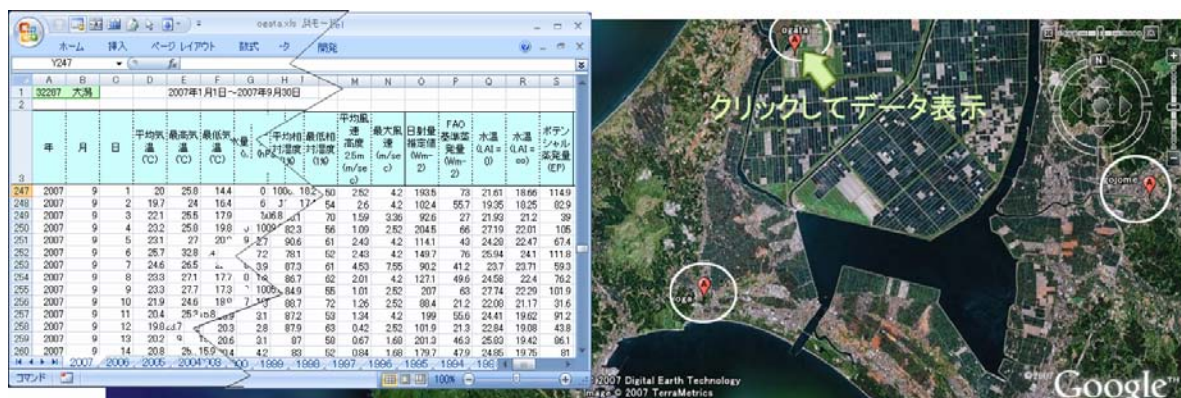


図2 気象データの表示例 (Google Earthの地図上からの選択)

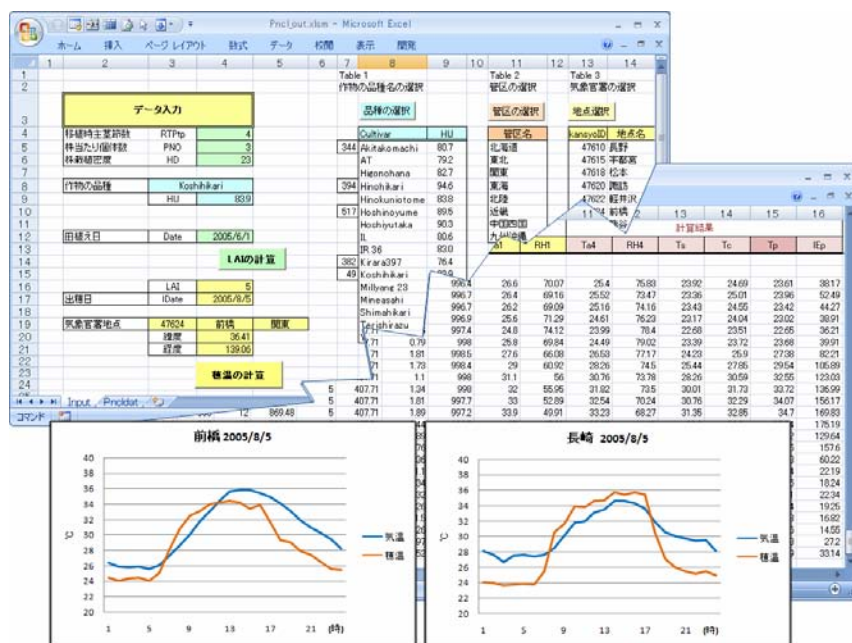


図3 データベース上での計算例

任意の観測地点を選択し、特定品種に対する出穂日とLAIを生育モデルによって予測することができます(左上)。出穂日における穂温、葉温などの日変化は、物理環境モデルによって推定することができます(右下、グラフは穂温の計算例)。

温室効果ガス 3 成分自動同時分析計の開発

〔要約〕

試料ガスを 1 回自動注入することによって、温室効果ガス 3 成分 (CO_2 、 CH_4 、 N_2O) を同時に計測できる新たな分析計を開発しました。同時計測は、 CH_4 、 CO_2 と N_2O を完全に分離するための新たな充填剤の導入とそれぞれのガスを検出するためのキャリアーガスを共通化することで実現しました。

〔背景と目的〕

2008 年から始まった京都議定書第一約束期間に、農地、林地をはじめとする陸上生態系から発生する温室効果ガスの排出量を削減する必要に迫られています。この削減対策のためには、高感度かつ高頻度のガス測定法が必要ですが、これまで温室効果ガス 3 成分 (CO_2 、 CH_4 、 N_2O) を同時に計測できる方法はなく、また、ガス試料の注入も手動でした。本研究の目的は、これら温室効果ガス 3 成分を自動で同時に測定できる分析計を開発することです。

〔成果の内容〕

温室効果ガス 3 成分 (CO_2 、 CH_4 、 N_2O) を同時に計測するガス分析計を開発しました。

同時分析については、装置流路図 (図 1) 中央に示すとおり、まず 3 段階のガス分離の第 2 段に分離能の高い充填剤 (Unibeads C、GL サイエンス社製) を採用することで、これまで困難とされた CH_4 、 CO_2 と N_2O の完全分離を実現しました。次に、 CO_2 の高感度検出のために、従来はヘリウムを、 N_2O の検出のためにはアルゴン (5%メタン混合) をキャリアーガスとして用いていました。しかしながら、本研究では、ECD セル内でヘリウムに窒素とメタンの混合ガスをメークアップガスとして添加することで、従来法と同等の N_2O の検出感度を得るとともに、 N_2O と CO_2 の同時分析を可能にしました。1 回の試料注入で 3 成分を同時に計測できるので、3 成分を別々に測定する場合に比べて注入量による誤差が生じないこともメリットの 1 つです。3 成分の繰り返し分析精度も従来法と同等です。

試料注入については、既存のヘッドスペースサンプラー (HSS-2B、島津製作所) を改造し、高精度ガスタイトシリンジ (容量 2ml、Valco 社) を装着した自動注入器を開発しました。シリンジの針を高気密性のブチルゴム栓に貫通させるために、円錐形のガイドラインを新たに製作しました。この自動注入器により、最大 40 試料を、1 試料あたり 10 分で自動分析できます。

本分析計 (図 2) には、特定メーカーの検出器およびガスクロマトグラフを使用していますが、他社の製品を利用して製作することも可能です。本分析計の普及により、温室効果ガス計測の頻度と精度が大幅に向上することが期待されます。

リサーチプロジェクト名：温室効果ガスリサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 須藤重人

発表論文等：1) 須藤、特願 2005-96918 号 (2005)

2) 須藤、日刊工業新聞 (平成 19 年 2 月 1 日掲載記事)

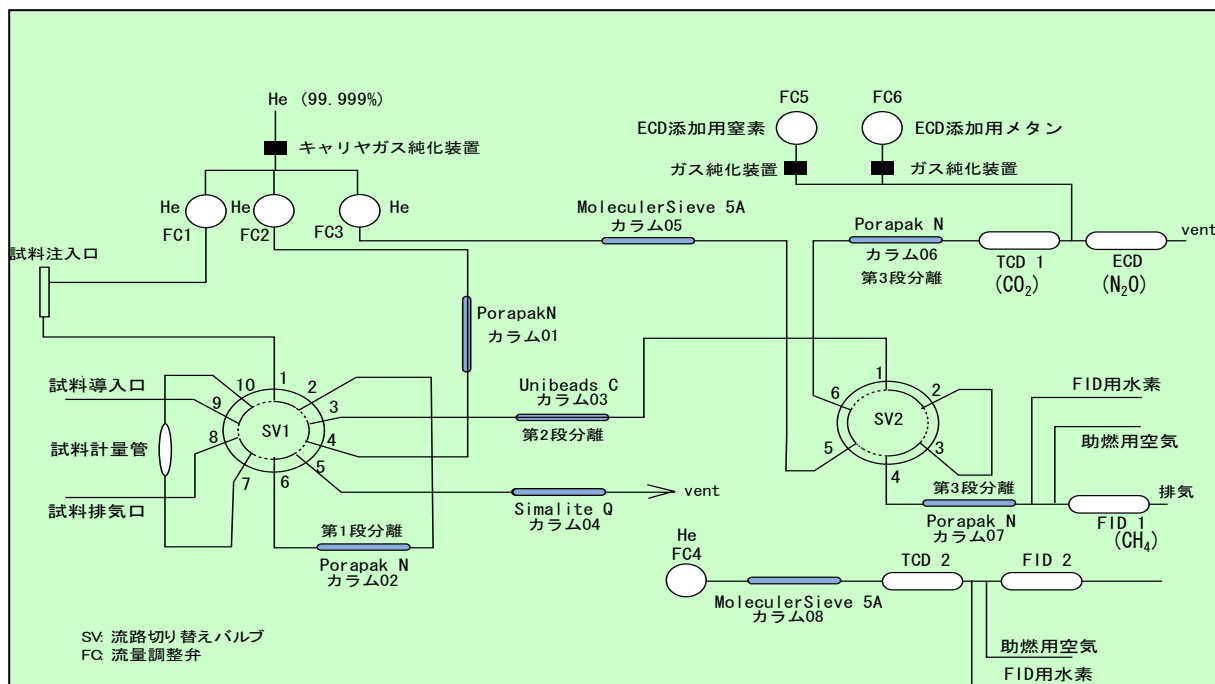


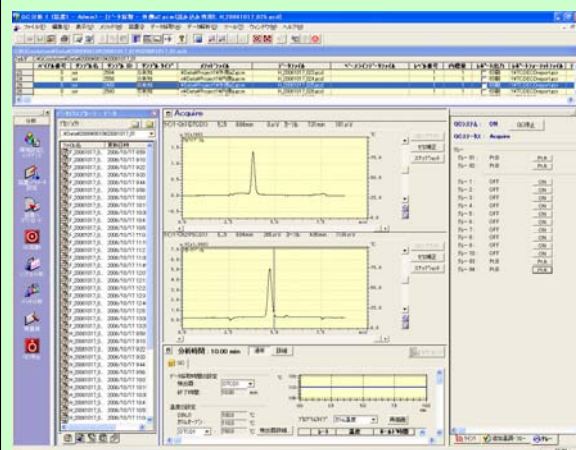
図1 温室効果ガス3成分同時分析計の流路図

第2段分離に Unibeads C を採用することで、3成分の完全分離を実現しました（図のほぼ中央）。また、ECD セル内でヘリウムに窒素、メタンの混合ガスを添加することで、従来法と同等の N_2O の検出感度が得られました（図の右上）。



図2 温室効果ガス3成分同時分析計の外観

試料テーブルの上部が新たに開発した自動注入器です（分析計の左上）。



広域的な栽培暦情報を集積し、共有するための Web データベース

〔要約〕

栽培暦を保存するデータベースをインターネット上に構築しました。これを利用すると、世界各地の栽培暦を取得することができ、様々な研究に利用することができます。また、自らが調査した栽培暦を登録し、公開することができます。

〔背景と目的〕

育種や普及、地域研究などを通して記録・作成される栽培暦は、地域における作物の成長や管理の実態を時間を追って記録したものであるため、現在や過去の農業活動の貴重な時空間ファクトデータです（図 1）。しかし、表記方法が多様なうえ、共通の保存場所も存在しなかったために、これまで有効に活用されてきませんでした。そこで、インターネット技術を利用して、栽培暦を広く収集・保存し、利用しやすい形で提供するデータベースを構築しました。

〔成果の内容〕

このデータベースは、インターネット上のホームページに構築されています。利用者は、作物名や国名、栽培年次、緯度経度範囲などから、登録されている栽培暦を検索することができます。検索を実行すると、条件に合致した栽培暦の内容とその適用範囲の図が表示されます（図 2）。検索結果(栽培暦と適用範囲の地理情報)は、ファイルの形でダウンロードすることもできます。

このデータベースでは、栽培暦を、「概要」、「数値化規約（記載事項に対応付ける数値や対応方法などの定義）」、および「数値化された暦」とに分割して保存します。栽培暦の情報をこのように分割することにより、様々な書式の栽培暦を記録することが可能となりました。その結果、比較する栽培暦の情報が単純な数値の表となるので、多数の栽培暦の統計的处理や書式が異なる栽培暦の比較も容易となります（図 3）。

また、このデータベースには、インターネット上から栽培暦を登録する機能がありますので、公開できるものであれば、研究者や研究機関は自らが所有する貴重な栽培暦をこのデータベースを利用することにより、散逸することなく保持できるとともに、広く一般に公開することができます。さらに、特定の栽培暦を利用者を限定して公開する機能も持っていますので、将来的に公開する予定のものであっても、当分の間は公開範囲を特定の研究グループ内にのみ限定し、研究終了後に一般に公開することもできます（図 4）。

リサーチプロジェクト名：農業空間情報リサーチプロジェクト

研究担当者：生態系計測研究領域 大野宏之、坂本利弘、石塚直樹、大気環境研究領域 鳥谷均

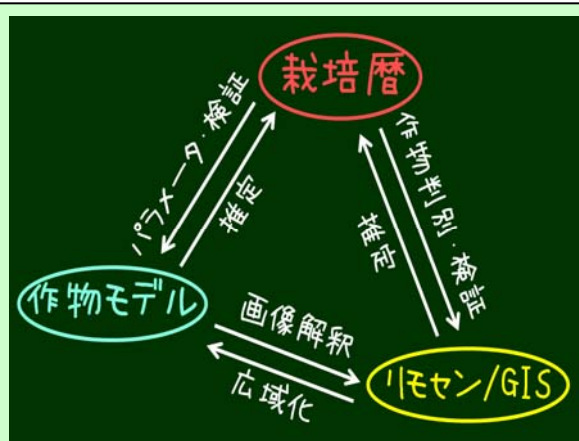
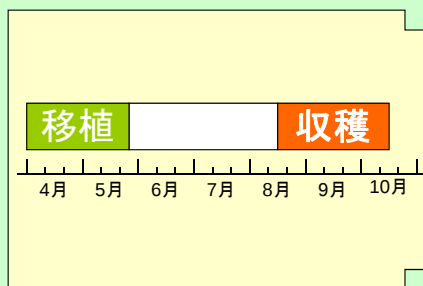


図 1 栽培暦は、本来の作成目的だけでなく、他の研究分野にも利用できる貴重な検証データです。



図 2 栽培暦のデータベースを、インターネット上に構築しました。一般公開されている暦を、誰でも閲覧・ダウンロードすることができます。



「概要」

暦ID	規約ID	時刻の単位 (年の分割数)	作物	地域	年次	...
236	1	36	水稻	香川	2003	...

「数値化規約」

規約ID	事項名	事項ID
1	播種の開始	1
1	播種の終了	2
1	収穫の開始	3
1	収穫の終了	4

「数値化された暦」

暦ID	事項ID	時刻
236	1	12
236	2	17
236	3	23
236	4	29

図 3 栽培暦の記録方式の模式図

栽培暦は、「概要」、「数値化規約」、「数値化された暦」の 3 つのテーブルに分割して記録されます。このようにすると、様々な書式の栽培暦を保存することができます。

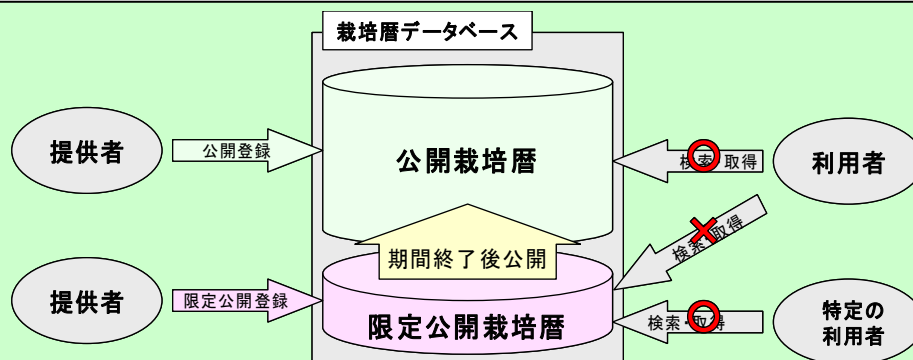


図 4 栽培暦データベース運用の概念図

栽培暦の提供者は、栽培暦を一般公開可能として登録するほか、限定公開として登録することもできます。これには、特定の者のみがアクセスできます。ただし、限定公開登録は、限定期間終了後に一般公開をすることを前提とします。

主要研究成果

渥美半島地域を対象とした農耕地土壌分類第3次改訂版に基づくデジタル農耕地土壌図の作成

〔要約〕

地力保全基本調査による土壌情報データベースのうちで、多くの地点の土壌調査データが収録されている渥美半島地域を対象として、農耕地土壌分類第3次改訂版に基づいたデジタル農耕地土壌図を作成しました。

〔背景と目的〕

わが国の農耕地土壌は、農耕地土壌分類第2次案改訂版（2次案、1983年）により1/5万土壌図が作成され、調査データは「地力保全基本調査による土壌情報データベース（地力保全データベース）」に収録されています。

1994年に農業環境技術研究所は、農耕地土壌分類第3次改訂版（3次案）を発表しました。3次案は、2次案に比べて分類基準に定量的な土壌の性質を用いており、土壌機能を定量的に示せる点で有用です。そのため、既往の1/5万土壌図を3次案に基づいて改訂することが求められています。

そこで、多くの地点の土壌調査データが上記データベースに収録されている愛知県の渥美半島地域を対象に、GISソフトを用いて従来の土壌分類を3次案に読み替えることにより、当該地域のデジタル土壌図を作成しました。

〔成果の内容〕

1. 土壌図を作成するための地力保全データベースの中で、愛知県については調査地点を特定できる土壌調査データが十分な密度で提供されています（図1）。
2. GISソフトを用いて調査地点を土地分類基本調査（1/5万伊良湖岬、1987）の図に重ねることによって各調査地点の土地利用・地形・地質を確認しました。また、調査地点の土壌断面記載、分析データを地力保全データベースから得ることにより、3次案による土壌分類を地点別に判定しました。このようにして従来の1/5万土壌図の表示単位である県土壌区を3次案の土壌統群に対応させる読み替え表（表1）を作成しました。
3. GISソフトを用いて、既往の土壌図の表示単位を読み替え表に従い3次案の土壌統群に変換し、3次案を用いた土壌図を作成しました（図2）。

以上のように、十分な調査地点密度で土壌調査データが得られる地域については、GISソフトを用い3次案に基づく土壌図を作成できることを実証しました。

なお、作成された3次案に基づく土壌図には、土壌断面記載や分析データがリンクしており、農業環境評価の基礎データとなる土壌情報データベースとしても活用できます。

リサーチプロジェクト名：環境資源分類・情報リサーチプロジェクト
研究担当者：農業環境インベントリーセンター井上恒久、中井信

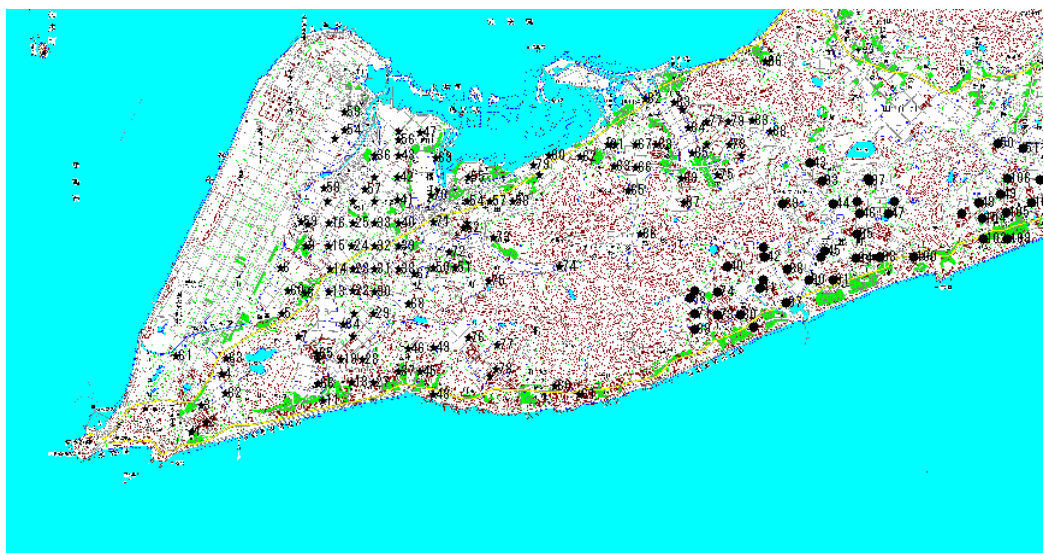


図1 地力保全基本調査による土壌調査地点図（1/5万 伊良湖岬）

表1 土壌調査地点の主な土壌分類：県土壌区、2次案 3次案の対比

県土壌区	2次案		3次案		
	土壌群	土壌統群	土壌亜群	土壌統群	番号
タキ-1	泥炭土		黒泥	典型	303
イゴ-2	砂丘未熟土		普通砂丘未熟土		530
オオハル-1	灰色低地土	細粒、灰色系	灰色化低地水田土	細粒	1252
ワシヅカ-3	グライ土	細粒	表層灰色グライ低地土	細粒	1342
テラヅ-1	強グライ土	中粗粒	還元型グライ低地土	中粒	1353
ニシカイ-3	灰色低地土	礫質、灰色系	普通灰色低地土	礫質	1461
ノター-1	黒ボク土	厚層腐植	腐植質褐色低地土	細粒	1622
トカサキ-3	灰色台地土	細粒	普通灰色台地土	細粒	1822
ニシオ-3	黄色土	細粒	普通赤色土	細粒	2222
ニシオ-1	黄色土	細粒	台地黄色土	細粒	2372
ナカハター-1	黄色土	細粒、斑紋アリ	湿性黄色土	細粒	2312
ニシインダー-1	褐色森林土	礫質	山地褐色森林土	礫質	2451

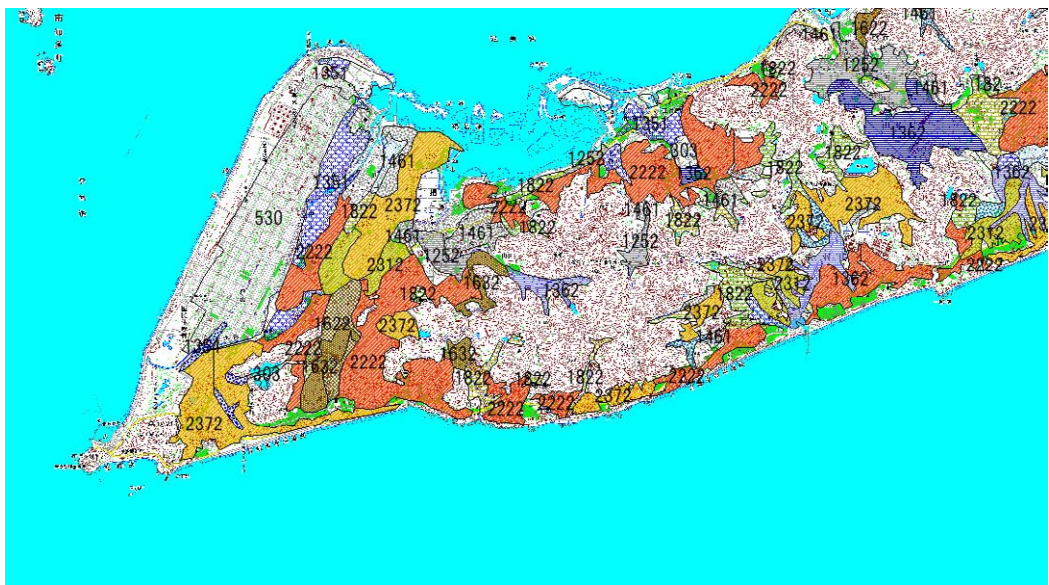


図2 土壌分類3次案による土壌図（1/5万 伊良湖岬図幅、数字：土壌統群番号）

水田周辺ではどのような外来植物に注意すべきか

〔要約〕

利根川流域の水田周辺において、農業生産や生態系に影響が大きい外来種の蔓延状況には、A) 高被度で優占する、B) 広範囲に生育する、C) 特定の立地と結びつきが強い、の3パターンがあることを明らかにしました。これらに3つのパターンに該当するコカナダモ、ナガエツルノゲイトウなど15種の外来植物には特に注意が必要です。

〔背景と目的〕

農業生産や生態系に深刻な影響を及ぼしている外来植物の被害を防止するには、適正なリスク評価に基づいた対策を講ずる必要があります。現在わが国に定着している外来植物の多くについては、その蔓延状況や被害実態が必ずしも明らかにされていません。そこで、利根川流域の水田地帯における植生調査により外来植物の蔓延状況を把握して、多くの外来植物の中からどのような種に対して優先的な対策が必要かを明らかにしました。

〔成果の内容〕

1. 利根川流域の水田周辺（農業環境技術研究所のモニタリング 32 地区内の水田、放棄水田等の6立地、2007年調査）、農業水路周辺（群馬県渡良瀬地区及び千葉県印旛沼地区の水面、のり面等の5立地、2006年調査）の調査資料から外来植物種の蔓延状況を、平均及び最大被度、立地別の出現率と特化度（立地との結びつきを表す指数）により解析した結果、外来植物の蔓延状況にはA) 高い被度で優占する、B) 生育立地によらず広範囲に分布する、C) 特定の立地との結びつきが強い、の3つのパターンがあることがわかりました（表1、表2）。
2. 平均及び最大被度、立地別出現率、特化度に閾値を設定し、この3つのパターンに該当する種を抽出したところ、セイタカアワダチソウ(A、B)、ナガエツルノゲイトウ(A、B)、コカナダモ(A、C)、ホテイアオイ(A)、コセンダングサ(B、C)、ヒメムカシヨモギ(B、C)、アメリカアゼナ(B)、アメリカセンダングサ(B)、アメリカタカサブロウ(B)、コバナキジムシロ(B)、アメリカミズキンバイ(C)、オオイヌノフグリ(C)、シロツメクサ(C)、ハルジオン(C)、ヒメジョオン(C)の15種が優先的な対策が必要な種であることがわかりました。
3. これらの外来種は農業生産や生態系への影響が大きいため優先的に対策を検討することが必要です。なかでもナガエツルノゲイトウは水路を中心に全ての立地に生育可能で、かつ出現した場合に著しく優占するため、特に注意が必要です。

本研究の一部は、農林水産省委託事業「平成18年度外来生物対策指針策定調査」および文部科学省科学技術振興調整費「外来植物のリスク評価と蔓延防止策」による成果です。

リサーチプロジェクト名：外来生物生態影響リサーチプロジェクト

研究担当者：生物多様性研究領域 楠本良延、山本勝利、徳岡良則、井手任（農林水産省）、大黒俊哉（東京大院）

表1 利根川流域の水田周辺における主要外来植物の出現状況

注意を要する外来植物として判断されたのは次の7種です。

A)高被度で優占:セイタカアワダチソウ

B)広範囲に生育:ヒメムカシヨモギ、コセンダングサ

C)特定立地に結びつき生育:ヒメムカシヨモギ、シロツメクサ、ヒメジョオン、ハルジオン、オオイヌノフグリ

外来植物種名	出現地点(N=707)		被度		立地への結びつき(特化度 ¹⁾)							
	地点数 (n)	出現率 (%)	最大 被度 (%)	平均 被度 (%)	全立地に 占める割 割合 ²⁾ (%)	特定立地 との 結びつき ³⁾	各立地における特化度					
							水田 N=109	放棄田 N=384	畦畔 N=140	法面 N=24	造成地 N=27	樹林 N=23
セイタカアワダチソウ(#)	164	23.2	100	31.3	66.7			1.49	0.43	1.08	1.76	
アメリカセンダングサ(#)	93	13.2	100	11.7	50.0		0.84	1.48	0.11	0.32	0.56	
ヒメムカシヨモギ(#)	26	3.7	85	9.5	83.3	◎		1.13	0.58	1.13	5.04	1.18
シロツメクサ	37	5.2	50	7.5	50.0	○		0.40	3.55		2.12	
コセンダングサ(#)	30	4.2	30	5.1	83.3		0.43	1.17	0.84	2.95	0.87	
ハキダメギク	43	6.1	35	4.5	50.0		0.30	0.94	1.29	0.69		
アメリカカタカサブロウ	121	17.1	30	3.4	50.0		1.34	0.84	1.54			
ヒメジョオン(#)	30	4.2	30	3.0	33.3	○		0.74	3.03			
ハルジオン(#)	65	9.2	35	2.9	66.7	○	0.10	0.48	3.11	2.72	0.40	
オオイヌノフグリ	26	3.7	35	2.0	50.0	○	0.75	0.14	3.30	1.13		
アメリカアゼナ	93	13.2	40	1.9	50.0		2.79	0.53	1.25			

※全調査地点の2.5%以上出現し、かつ最大被度が25%以上の種のみを掲載した(※は要注意外来生物)

※ 1)「特化度」は、各種の各立地との結びつきを表す指数([立地内の出現率]÷[全調査地点中の出現率])

2)「立地への結びつき」の「全立地に占める割合」は、特化度>=1/3の立地の割合

3)「立地への結びつき」の「特定立地との結びつき」は、各立地ごとの特化度から判定。◎>4.0、○>3.0

表2 渡良瀬地区・印旛沼地区の水路周辺における主要外来植物の出現状況

注意を要する外来植物として判断されたのは次の12種です。

A)高被度で優占:コカナダモ、ホテイアオイ、ナガエツルノゲイトウ、セイタカアワダチソウ

B)広範囲に生育:ナガエツルノゲイトウ、セイタカアワダチソウ、コセンダングサ、アメリカセンダングサ、アメリカアゼナ、アメリカカタカサブロウ

C)特定立地に結びつき生育:コカナダモ、アメリカミズキンバイ、コセンダングサ、コバナキジムシロ、ヒメジョオン、ハルジオン

外来植物種名	出現地点(N=707)		被度		立地への結びつき(特化度 ¹⁾)						
	地点数 (n)	出現率 (%)	最大 被度 (%)	平均 被度 (%)	全立地に 占める割 割合 ²⁾ (%)	特定立地 との 結びつき ³⁾	各立地における特化度				
							水路 N=98	水際 N=98	法面 N=88	放棄田 N=81	畦畔 N=96
コカナダモ(#)	19	4.12	100	56.3	20.0	◎	4.70				
ホテイアオイ(#)	14	3.04	100	55.0	40.0		2.35	2.35			
ナガエツルノゲイトウ(##)	29	6.29	100	39.3	100.0		1.46	0.81	0.90	0.59	1.16
セイタカアワダチソウ(#)	87	18.87	100	29.3	80.0		0.16	0.76	1.99	1.57	0.72
アメリカミズキンバイ	19	4.12	80	21.6	60.0	○			0.55	1.50	3.03
コセンダングサ(#)	14	3.04	70	13.4	100.0	○	0.34	0.34	3.37	0.81	0.34
コバナキジムシロ	22	4.77	60	9.6	20.0	◎		0.21	0.24	0.26	4.15
ヒメジョオン(#)	22	4.77	80	9.6	60.0	○		0.64	0.95		3.27
アメリカセンダングサ(#)	20	4.34	30	9.2	80.0		0.24	2.12	1.05	1.14	0.48
ハルジオン(#)	53	11.50	50	8.4	40.0	○		0.27	1.28	0.21	3.17
コニシキソウ	22	4.77	75	6.7	60.0			1.28	0.95		2.62
オオイヌノフグリ	60	13.02	50	6.6	60.0			0.94	1.57	0.09	2.32
アメリカアゼナ	74	16.05	30	3.9	80.0		0.06	0.44	0.35	1.77	2.47
アメリカカタカサブロウ	122	26.46	40	3.6	80.0		0.04	0.46	0.56	1.26	2.72

※全調査地点の2.5%以上出現し、かつ最大被度が25%以上の種のみを掲載した(※は要注意外来生物)

※ 1)「特化度」は、各種の各立地との結びつきを表す指数([立地内の出現率]÷[全調査地点中の出現率])

2)「立地への結びつき」の「全立地に占める割合」は、特化度>=1/3の立地の割合

3)「立地への結びつき」の「特定立地との結びつき」は、各立地ごとの特化度から判定。◎>4.0、○>3.0

輸入穀物に種子が混入しやすい外来植物の特徴

〔要約〕

カナダからの輸入コムギに混入していた植物種子の特徴を分析しました。その結果、「生産地の畑での発生量が多い」、「背が高い」、「種子に冠毛が無い」、「作物種である」、ことが混入率を高める要因であることが推定されました。

〔背景と目的〕

日本は年間約 2700 万トンという膨大な量の穀物を輸入しています。これらの輸入穀物には、割合は少ないながらも、様々な植物の種子が混入しています。現在、国内の河川敷、飼料畑あるいは穀物畑で問題となっている雑草の一部は、それら輸入穀物の混入種子が起源であると考えられています。今後侵入してくる雑草に備えるためにも、どのような特徴をもった植物が輸入穀物に混入しやすいかを明らかにする必要があります。

〔成果の内容〕

2006 年にカナダより輸入されたコムギ（20kg、20kg、10kg の 3 検体、計 50kg）に混入していた植物種子を選別・同定し計数しました。その結果、13 科 42 種類の種子が混入しており、10kg あたり平均 1700 個、重量比 0.23%（輸入コムギにおける異物混入率輸入基準 0.5%）の種子が見つかりました。中でも特に多かったものは、オオムギ、カラスムギ等のイネ科とアブラナ科の種子でした(図 1 右)。

この結果と、カナダのコムギ畑における既存の発生量調査（Lesson et al. 2005）の結果（図 1 左）を参考に、以下の 6 要因について混入率との関係を解析しました。

- (1) 収穫時期におけるコムギ畑での発生量、(2) 一年草か多年草か、(3) 植物の背丈、(4) 植物種子の大きさ、(5) 種子の冠毛の有無、(6) 雑草種か作物種か

分析の結果、上記の(1)、(3)、(5)、(6)の要因が混入率と相関が高いことがわかりました(図 2)。すなわち、「生産地の畑での発生量が多い」、「背が高くコムギとともに収穫されやすい」、「冠毛が無くコムギから異物を取り除く過程で残りやすい」、「穀物輸出時の設備が各種の作物で共有されているために収穫後の過程で混入しやすい」、といった要因が輸入コムギへの混入率を高めているものと考えられます。

今後、このような性質を持つ外来植物に特に注意をはらい、その出現を監視してゆく必要があるでしょう。

本研究は、文部科学省科学技術振興調整費「外来植物のリスク評価と蔓延防止策」による成果です。

リサーチプロジェクト名：外来生物生態影響リサーチプロジェクト

研究担当者：生物多様性研究領域 小沼明弘、下野嘉子

発表論文等：Shimono and Konuma, Weed Research, 48: 10-18 (2008)

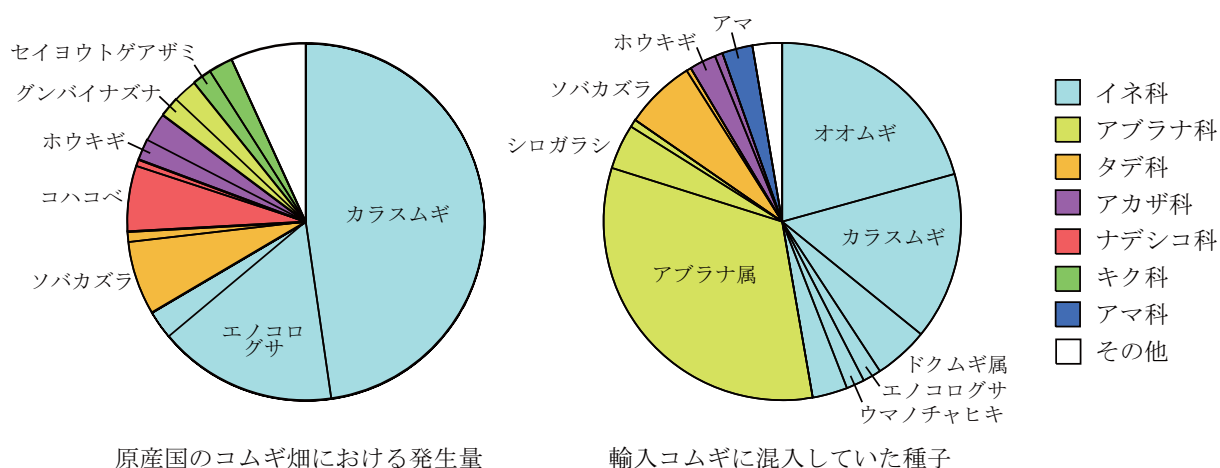


図1 収穫時期のコムギ畑における雑草の発生量と輸入コムギ中に混入していた種子の組成との比較

輸入されるコムギの中には畑での発生量が多く背の高いイネ科、背の高いアブラナ科が多く、種子が冠毛を持つキク科がほとんど無いことがわかります。また、オオムギおよびアブラナ属の一部は作物です。

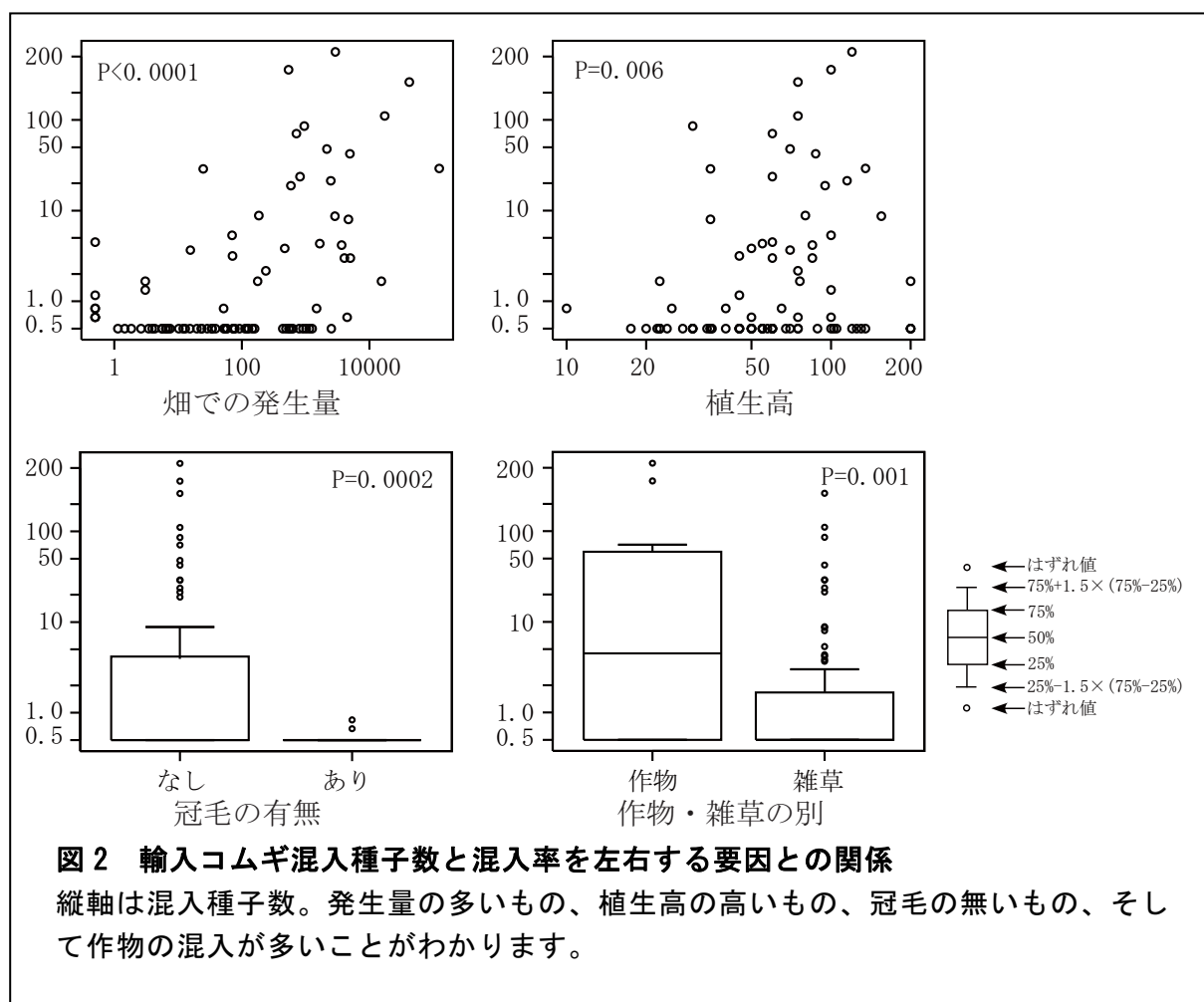


図2 輸入コムギ混入種子数と混入率を左右する要因との関係

縦軸は混入種子数。発生量の多いもの、植生高の高いもの、冠毛の無いもの、そして作物の混入が多いことがわかります。

要注意外来植物ハリエンジュにもシアナミドが含まれる

〔要約〕

553 種植物についてシアナミド含有量を調べた結果、既報告のヘアリーベッチ以外にはハリエンジュとクサフジにのみ含まれていました。ハリエンジュでは植物全体に含まれていました。ハリエンジュの植物生育阻害作用はシアナミドによるものでした。

〔背景と目的〕

外来植物のリスクを評価する上で、含まれる有害成分の研究や生態系への評価が必要です。植物・昆虫・微生物の生育阻害活性があり、石灰窒素の成分として知られるシアナミドがヘアリーベッチで生成されることを明らかにしましたが、その植物界における分布は不明でした。そこで、131 科 340 属 452 種の維管束植物と 101 種のシダ植物における分布を明らかにしました。

〔成果の内容〕

1. つくば実験植物園において、131 科 340 属 452 種の維管束植物と 101 種のシダ植物、計 553 種の葉を、それぞれの生育最盛期に採取し、農環研で開発したシアナミドを特異的に定量する「同位体希釈法」（農業環境研究成果情報第 22 集：平舘ら、2005）により分析した結果、マメ科ソラマメ属のヘアリーベッチ(*Vicia villosa*) と、クサフジ(*Vicia cracca*)に含まれていました。しかし、ナンテンハギ、ツルフジバナカ、ソラマメ、カラスノエンドウなど、ヘアリーベッチとクサフジ以外のソラマメ属(*Vicia*)には含まれていませんでした（表 1）。
2. 環境省の要注意外来生物に選ばれているマメ科ハリエンジュ属のハリエンジュ（ニセアカシア）(*Robinia pseudo-acacia*) にもシアナミドが含まれていました（表 1）。これまでにハリエンジュに含まれることを報告したロビネチンや(+)-カテキンよりもシアナミド方が、植物生育阻害活性への寄与が高いことが判明しました。なお、ハリエンジュと同属の *Robinia luxurians* にはシアナミドは含まれていませんでした。
3. シアナミドの含有量は季節変動し、開花期に高くなりました（図 1）。日本在来種であるクサフジが最も多く、500～3500mg/kg 生葉であり、外来植物であるヘアリーベッチとハリエンジュが 200～600 mg/kg でした。

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費「外来植物のリスク評価と蔓延防止策」による成果です。

リサーチプロジェクト名：外来生物生態影響リサーチプロジェクト

研究担当者：生物多様性研究領域 藤井義晴、平舘俊太郎、山谷紘子、加茂綱嗣（信州大）

発表論文等：1) Kamo et al., *Phytochemistry*, 69: 1166-1172 (2008)

2) Hiradate et al., *Journal of Chromatography A*, 1098: 138-143 (2005)

学名	和名	(mg/kg生葉)
<i>Vicia amoena</i>	ツルフジバカマ	<1
<i>Vicia angustifolia</i>	カラスノエンドウ	<1
<i>Vicia cracca</i>	クサフジ	3526
<i>Vicia hirsute</i>	スズメノエンドウ	<1
<i>Vicia unijuga</i>	ナンテンハギ	<1
<i>Vicia villosa</i>	ヘアリーベッチ	449
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	ハリエンジュ	430
その他 546 種		<1

表1 553種の植物に含まれるシアナミドの含有量

131科 340属 452種の維管束植物と101種のシダ植物を調べた結果、わずか3種の植物にシアナミドが含まれていただけでした。

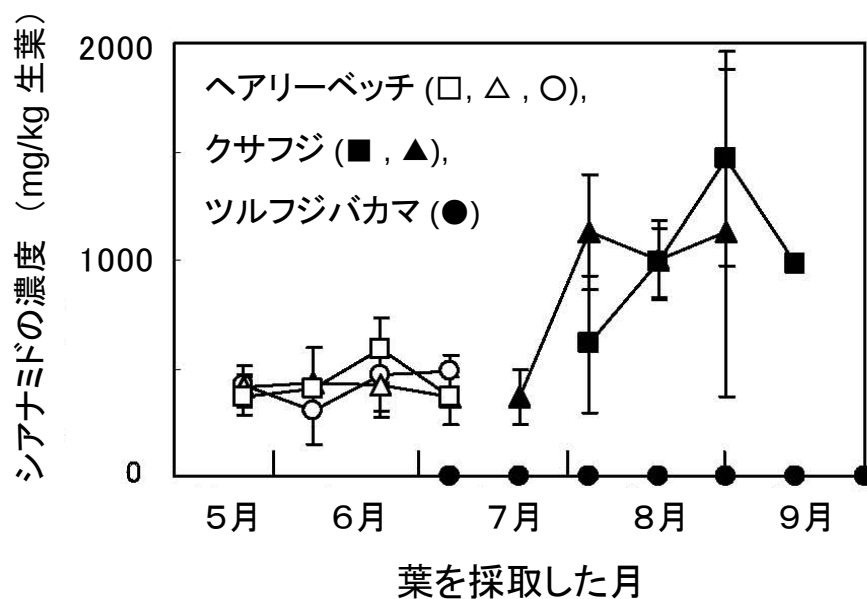


図1 葉に含まれるシアナミド濃度の季節変動

野外に生育する生葉に含まれるシアナミドを測定したところ、クサフジが開花期に最も多く含んでいました。ヘアリーベッチとハリエンジュでも開花期に濃度が高まりましたが、その含有量はクサフジの約1/8でした。

外来植物アカギに含まれる植物生育阻害物質はL-酒石酸

〔要約〕

小笠原で繁茂して問題となっている外来植物アカギに含まれる植物生育阻害物質を、活性を指標に分離し、L-酒石酸を同定しました。植物体中に含まれる濃度と阻害活性を考慮した全活性により比較した結果、この成分がアカギの阻害物質の主成分でした。

〔背景と目的〕

外来植物のリスクを評価する上で、それに含まれる有害成分の研究や生態系への影響調査が必要です。アカギは有用樹として導入されましたが、小笠原で繁茂して在来樹を排除し純群落を形成しています。その競争力として、切り倒しても根から萌芽する強い再生力が考えられますが、明るい樹下でも植生がまばらであることからアレロパシーの関与が示唆されていました。そこで、アカギに含まれる植物生育阻害物質を探索し、単離・同定しました。

〔成果の内容〕

1. 小笠原父島で採取したアカギの葉の抽出液の水面分に強い植物生育阻害活性がありました。この画分から、阻害活性成分として有機酸を分離し、 ^{13}C -NMR で酒石酸であると同定しました。旋光度は 16.9 であり、光学活性の L-(+)-体とわかりました (図 1)。
2. L-(+)-酒石酸はアカギ葉の新鮮重当たり 8 mg / g (0.8%) の高濃度で含まれていました。また、粗抽出液が示した生育阻害活性と、粗抽出液中の含量に換算した酒石酸標準品の活性がほぼ一致したことから、L-(+)-酒石酸がアカギの植物生育阻害成分の本体であると結論しました (図 2)。全活性 (濃度/ EC_{50}) は 140 と高活性です。
3. アカギの根圏土壌を採取し、根圏土壌法で検定しましたが、強い阻害活性は見られませんでした。石灰質土壌、火山灰土壌、沖積土壌に L-(+)-酒石酸を混合したときには、植物生育阻害活性が顕著に減少したことから、現地におけるアレロパシーの発現は生葉あるいは落葉から溶脱される L-(+)-酒石酸による作用であると推定しました。

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費「外来植物のリスク評価と蔓延防止策」による成果です。

リサーチプロジェクト名：外来生物生態影響リサーチプロジェクト
研究担当者：生物多様性研究領域 山谷紘子、平舘俊太郎、藤井義晴

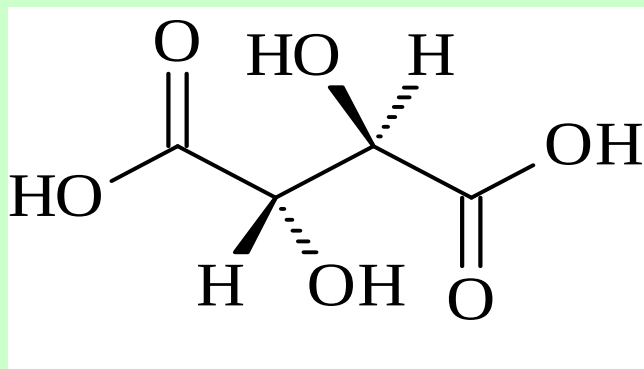


図1 L-(+)-酒石酸の構造式

L-(+)-酒石酸は、ブドウ酒などにも含まれる既知の天然物ですが、アカギの植物生育阻害物質であることを初めて明らかにしました。

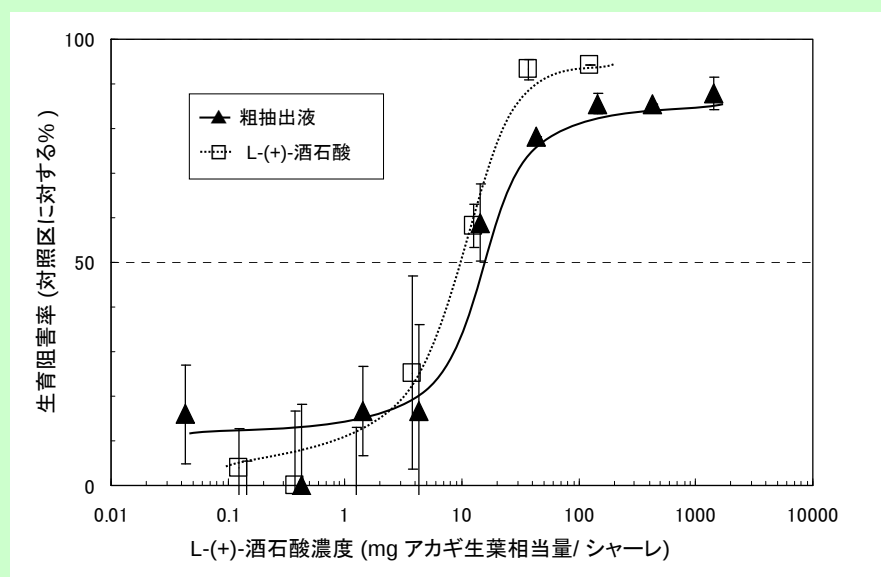


図2 アカギ粗抽出液中含量に換算したL-(+)-酒石酸の活性

アカギ粗抽出液に含まれるL-酒石酸濃度を算出したところ、粗抽出液の植物生育阻害活性は、含まれるL-酒石酸の活性でほぼ説明できました。

簡易型雑草リスク評価法の提案とこれによるリスク評価

〔要約〕

新たに導入が予想される外来植物やワイルドフラワー約 600 種の雑草性リスクを、FAO 雑草リスク評価式を改良し、寄与の低い寄生性など 3 項目を除外し、寄与の高い他感作用を加えた 10 因子で計算した結果、ツノアイアシ等の危険雑草を検出しました。

〔背景と目的〕

牧草やワイルドフラワーとして新たに導入が予想される植物のリスクを簡便に評価する必要があります。オーストラリア等では精密なリスク評価法を確立していますが、国際連合食糧農業機構(FAO)は 2005 年に 13 因子で評価する方法を発表し、合計が 6 点以上を危険としています。新たに導入される植物のリスクはまず簡便に評価して警告する必要があると考えられますので、この FAO 方式を元に、評価法を改良し、新たに導入する 600 種の植物について評価しました。

〔成果の内容〕

1. FAO 評価法に他感作用の因子を加え、環境省の提案する「要注意外来生物」にあてはめ、各因子の寄与率を相関係数で解析した結果(表 1)、寄生性等の 3 因子は寄与が低くアレロパシーは寄与が大であることが分かりました。そこで、寄与の低い 3 因子を省き、有害物質として 2 回評価されている「草食動物に有毒」と「人に有害か皮膚炎・花粉症」を合併して 10 因子にした簡易型雑草リスク評価法(SWRA)を提案しました。
2. 簡易型雑草リスク評価法で、既に環境省により指定されている「特定外来生物」、「要注意外来植物」にあげられている植物を再評価した結果、蔓延の激しい特定外来生物のボタンウキクサ、ミズヒマワリ、ブラジルチドメグサで高い点数が得られましたが、ほとんど広がっていないナルトサワギクは低い点数でした。要注意外来生物では、オオサンショウモ、ホテイアオイ、ギンネム、キシウスズメノヒエ、ハリエンジュ、オオカナダモ、コカナダモのリスクが高いという結果が出ました(表 2)。これらの植物は既に各地で急速に蔓延しつつあり、注意が必要です。
3. 新たに導入される可能性のある外来植物 500 種と外来のワイルドフラワー 100 種の雑草化リスクを、簡易型雑草リスク評価法で評価した結果(表 2)、未侵入のツノアイアシ、ナンバンアカアズキ、ヒゲナガスズメノチャヒキ等も高リスクであり、今後これらが侵入しないように十分注意が必要です。

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費「外来植物のリスク評価と蔓延防止策」による成果です。

リサーチプロジェクト名：外来生物生態影響リサーチプロジェクト

研究担当者：生物多様性研究領域 藤井義晴、平舘俊太郎

発表論文等：藤井義晴、外来生物のリスク管理と有効利用、養賢堂、19-59 (2008)

	(1)水生	(2)雑草	(3)人間	(4)刺・針	(5)寄生	(6)他感	(7)有害	(8)病虫	(9)有毒	(10)蔓性	(11)種子	(12)寿命	(13)繁殖	(14)切断
(1)水生植物である	1.000													
(2)同種に雑草がある	0.021	1.000												
(3)人間活動で広がる	0.210	0.083	1.000											
(4)刺や針を持つ	-0.114	0.089	-0.020	1.000										
(5)寄生植物である	-0.055	0.043	0.075	-0.040	1.000									
(6)アレロパシー(他感作用)あり	-0.143	0.108	0.152	0.213	-0.101	1.000								
(7)草食動物に有毒か忌避される	-0.222	0.173	0.029	0.260	-0.079	0.232	1.000							
(8)病害虫の宿主になる	-0.218	0.165	-0.080	0.150	-0.137	0.094	0.213	1.000						
(9)人に有毒か皮膚炎・花粉症	-0.129	0.100	0.095	0.028	-0.046	0.037	0.351	0.137	1.000					
(10)蔓性が被覆力が強い	0.054	-0.049	0.110	0.068	0.127	0.374	0.056	-0.018	-0.144	1.000				
(11)生殖能のある種子をつける	-0.387	0.103	-0.120	0.104	0.051	0.110	0.203	0.174	0.118	0.078	1.000			
(12)種子寿命が1年以上ある	-0.216	0.208	0.107	0.171	0.083	0.134	0.282	0.274	0.119	0.084	0.473	1.000		
(13)栄養繁殖する	0.297	0.126	0.246	-0.109	0.062	0.126	-0.022	0.034	-0.070	0.167	-0.291	-0.046	1.000	
(14)切断・耕耘・火入りに耐性	0.210	0.004	0.192	0.122	-0.051	0.291	-0.133	0.007	-0.118	0.247	-0.341	-0.198	0.291	1.000
改良FAO方式 I の点数	0.345	0.446	0.574	0.253	0.037	0.497	0.360	0.284	0.206	0.382	0.075	0.386	0.455	0.341
**p<0.01、* p<0.05、NS:相関なし	**	**	**	**	NS	**	**	**	*	**	NS	**	**	**

表1 FAO方式にアレロパシー因子を加えた雑草性リスク評価結果の相関
総合点数に寄与していないものは、「寄生植物」と「生殖能のある種子をつける」の因子でした。寄与の大きいものは、「人間活動 0.574」、「アレロパシー 0.497」、「栄養繁殖する 0.451」、「同種が雑草 0.446」です。

和名	学名	水生植物である	同種に雑草がある	人間活動で広がる	刺や針を持つ	人や動物に有毒・有害	アレロパシー活性	蔓性が被覆力が強い	種子寿命が1年以上	栄養繁殖する	切断・耕耘・火入りに耐性	改良FAO方式点数	元のFAO方式点数	用途
ホトウキクサ	<i>Pistia stratiotes</i> L. var. <i>cuneata</i> Engler	3	2	2	0	0	1	1	0	1	1	11	11	アクアリウム
特定外来生物 (現在指定され	ミスヒマワリ <i>Gymnocoronis spilanthoides</i> DC.	3	2	2	0	0	1	1	0	1	1	11	10	
ている12種)	フラジルスミレ <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	3	2	2	0	0	1	1	0	1	1	11	10	アクアリウム
	ナガエツルノゲイトウ <i>Alternanthera philoxeroides</i> Griseb.	3	2	0	0	0	1	1	1	1	1	10	11	
	アレチウリ <i>Sicyos angulatus</i> L.	0	2	2	1	0	1	1	1	0	1	9	10	
	(アゾラ・クリスタータ) <i>Azolla cristata</i> Kaulf.	3	2	2	0	0	1	0	0	1	0	9	8	
	オオアサマ <i>Myriophyllum brasiliense</i> Cambess.	3	2	2	0	0	0	0	0	1	0	8	8	アクアリウム
	オオカサザ <i>Veronica angallis-aquatica</i> L.	3	2	0	0	1	1	0	0	0	0	7	7	
	(スバルテア・アングリカ) <i>Spartina anglica</i> C.E. Hubbard	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	6	7	
	オオハコソウ <i>Rudbeckia laciniata</i> L. var. <i>laciniata</i>	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0	5	6	
	オオキンケイギク <i>Coreopsis lanceolata</i> L.	0	0	2	0	0	0	1	1	0	1	5	5	緑化植物
	ナルトサワギク <i>Senecio madagascariensis</i> Poir.	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	4	5	
オオサンショウモ	<i>Salvinia molesta</i> Mitch.	3	2	2	0	0	1	1	1	1	0	11	11	アクアリウム
ホテイアオイ	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms-Laub	3	2	2	0	0	0	1	1	1	0	10	12	アクアリウム
要注	ギンネム <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	0	2	2	1	1	1	1	0	1	0	10	11	緑化植物
意外	キショウスズメヒエ <i>Paspalum distichum</i> L. var. <i>distichum</i>	3	2	2	0	0	0	1	1	0	1	10	12	緑化植物
来生	ハリエンジュ <i>Robinia pseudacacia</i> L.	0	2	2	1	0	1	1	1	1	1	10	10	蜜源植物
物	オオカナダモ <i>Egeria densa</i> (Planch.) St. John	3	2	2	0	0	1	0	0	1	1	10	9	アクアリウム
(トツ	コナダモ <i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) H. St. John	3	2	2	0	0	1	0	0	1	1	10	9	アクアリウム
ブ10)	セイタカアワダチソウ <i>Solidago altissima</i> L.	0	2	2	0	1	1	1	1	1	0	9	10	園芸植物
	ショウヨクガヤツリ <i>Cyperus esculentus</i> L.	0	2	2	0	1	1	0	1	1	1	9	9	非意図的
	キショウブ <i>Iris pseudoacorus</i> L.	3	2	2	0	0	0	0	1	1	0	9	10	園芸植物
今後導入の可能性のある植物 (トツブ10)	ツノアイアン <i>Rottboellia exaltata</i> (L.) L.f.	0	2	0	1	1	1	1	1	1	1	9	11	
	ナンバンアカアズキ <i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urban	0	2	2	0	0	1	1	1	0	0	7	8	緑肥作物
	ヒゲナガスズメノチャヒキ <i>Bromus rigidus</i> Roth.	0	2	0	1	0	1	1	1	0	1	7	9	
	アメリカカタサブロウ <i>Eclipta alba</i> (L.) Hasskari	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	6	8	
	シマシキソウ <i>Euphorbia hirta</i> L.	0	2	0	0	0	1	1	1	0	0	6	7	
	ニセカササゲ <i>Fumaria capreolata</i> L.	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	6	7	
	クロハナモウズイカ <i>Verbascum nigrum</i> L.	0	2	2	0	0	0	1	1	0	0	6	7	園芸植物
	アメリカキンコジョカ <i>Sida spinosa</i> L.	0	2	0	0	1	0	0	1	1	1	6	8	
	マルバツユクサ <i>Commelina bengalensis</i> L.	0	2	0	0	0	0	1	1	1	1	6	7	
	ハリナシビ <i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.	0	2	0	1	1	0	1	1	0	0	6	8	

表2 特定外来生物、要注意外来生物に指定された植物、および今度導入される可能性のある植物の簡易型雑草リスク評価法による評価結果
特定外来生物に指定された植物は高い点数を示します。要注意外来生物ではオオサンショウモ、ホテイアオイ、ギンネムなどが特定外来生物上位に匹敵する高い点数です。未侵入植物では、刺毛のある有毒雑草ツノアイアンやナンバンアカアズキ、ヒゲナガスズメノチャヒキに注意が必要です。

作物可食部のウラン濃度が低いことをほ場試験で確認

〔要約〕

ほ場で各種作物を栽培し、可食部中のウラン濃度を測定したところ、いずれも低濃度で、土壌から作物への移行は少ないことが確認でき、作物に含まれるウランの放射能面からの安全性を示すことができました。

〔背景と目的〕

天然物に含まれる放射性物質の危険性の再評価が国際的に行われてきています。肥料原料には不純物としてウランが含まれており、食の安全の観点からの調査が求められています。そこで、作物、特に可食部のウラン濃度と、そこへウランが土壌から移行する割合（移行係数）を主要な農作物について明らかにすることを目的に研究を行いました。

〔成果の内容〕

植物中のウラン分析法を確立して、日本各地から集めた主要穀類の可食部中ウラン濃度を測定したところ、 $0.1 \mu\text{g kgDW}^{-1}$ 以下と極めて低い値でした（表1）。移行係数は放射線分野で環境中の対象核種の移動性を評価するのに広く用いられている指標です。表1では作物可食部中のウラン濃度／土壌作土中のウラン濃度を移行係数として表しており、土壌の濃度に比べて作物可食部の濃度が1/20,000以下と低いことを示しています。

約30年間畑として用いている農業環境技術研究所内にある黒ぼく土ほ場の表層10cmのウラン濃度は、隣接する未耕地よりも明らかに高くなっていますが、容易に植物に吸収されると考えられる酸可溶態のウランは全ウランの1.6%しかありませんでした（表2）。

上記畑ほ場で栽培した34作目の可食部ウラン濃度およびウラン移行係数を明らかにしました。全体的に見ると、可食部ウラン濃度が $10 \mu\text{g kgDW}^{-1}$ を超えるものはなく、低濃度であることを確認しました。また移行係数が0.005を超えるものはなく、ウランは可食部に移行しにくい元素であることがわかりました（表3）。

上記データから作物のウラン摂取による内部被ばく線量を概算しました。日本人の平均的作物摂取量（国民栄養調査報告）を乗じたところ、植物性食品（果物、キノコ、海藻類を除く）から摂取されるウランの放射エネルギーは、年間0.25 Bqでした。核種による人体への影響度を加味したウランの実効線量は、年間 $0.01 \mu\text{Sv}$ であり（表4）、作物に含まれるウランの放射能面からの安全性が示されました※。

※ 1人の人間が自然界から受ける内部および外部被ばく全体の実効線量の世界平均は年間2.4 mSvであり、この他に医療被ばく（胸部X線撮影では、1回0.05mSv）も受ける場合があります（アイソトープ手帳10版、p.151）。

本研究は、農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の「人への健康影響が懸念される肥料由来の有害要因に関する研究」の成果です。

リサーチプロジェクト名：重金属リスク管理リサーチプロジェクト

研究担当者：土壌環境研究領域 木方展治、山口紀子、川崎晃、荒尾知人

発表論文等：Yamaguchi et al., Environmental Radiochemical Analysis III, RSCpublishing: 52-59(2007)

表 1 日本各地から採取された穀類のウラン濃度

作物名	n	可食部のウラン濃度 (mg kgDW ⁻¹)	移行係数
白米	14	0.019 ± 0.016	$8.3 \times 10^{-6} \pm 7.5 \times 10^{-6}$
玄米	14	0.081 ± 0.077	$38 \times 10^{-6} \pm 47 \times 10^{-6}$
玄麦	7	0.11 ± 0.071	$55 \times 10^{-6} \pm 24 \times 10^{-6}$

表 2 黒ぼく土畑ほ場におけるウラン濃度 (mg kgDW⁻¹)

処理	全ウラン HNO ₃ -HClO ₄ ⁻ HF分解	交換態ウラン 1mol L ⁻¹ CH ₃ COONH ₄ 抽出	酸可溶態ウラン 0.44mol L ⁻¹ CH ₃ COOH抽出	全ウランに対 する割合 %
栽培土壌	2.1 ± 0.06	< 0.0001	0.035 ± 0.001	1.6
隣接未耕地	1.1 ± 0.10	< 0.0001	0.0093 ± 0.0005	0.84

表 3 黒ぼく畑ほ場で栽培した作物可食部のウラン濃度および土壌から可食部への移行係数

作物名	n	可食部の ウラン濃度 mg kgDW ⁻¹	移行係数	作物名	n	可食部の ウラン濃度 mg kgDW ⁻¹	移行係数	作物名	n	可食部の ウラン濃度 mg kgDW ⁻¹	移行係数
ソラマメ	1	0.08	0.00004	オクラ	1	0.46	0.00022	ピーマン	1	1.8	0.00087
ダイズ(エダマメ)	1	0.10	0.00005	ナス	1	0.48	0.00023	チンゲンサイ	1	2.2	0.00107
カボチャ	1	0.12	0.00006	ブロッコリー	1	0.48	0.00023	レタス	1	2.3	0.00111
ジャガイモ	2	0.13	0.00006	ネギ	1	0.52	0.00025	ニンジン	1	2.5	0.00121
トマト	1	0.19	0.00009	サトイモ	1	0.70	0.00033	ホウレンソウ	13	2.8±2.4	0.00131±0.00114
リクトウ	1	0.22	0.00010	ダイコン	1	0.72	0.00034	コマツナ	1	5.4	0.00259
サツマイモ	1	0.25	0.00012	ハクサイ	1	0.73	0.00035	シュンギク	1	5.5	0.00264
コムギ	1	0.25	0.00012	インゲン	1	0.84	0.00040	フダンソウ	1	6.8	0.00324
ラッキョ	1	0.33	0.00016	キュウリ	1	0.98	0.00047	モロヘイヤ	1	9.5	0.00452
キヌサヤエンドウ	1	0.34	0.00016	トウモロコシ	1	1.1	0.00055	ショウガ	1	9.6	0.00456
アズキ	1	0.35	0.00017	ソバ	1	1.2	0.00059				
カリフラワー	1	0.39	0.00018	キャベツ	2	1.3	0.00062				

濃度の低い順に掲載、赤字:葉菜類、黄色背景;緑黄色野菜、赤字+黄色背景;葉菜類で緑黄色野菜。

表 4 植物性食品(果物・キノコ・海藻除く)におけるウランからの放射エネルギー

食品群	食品摂取量 ^{a)} (gFW day ⁻¹)	ウランからの放射能 (Bq year ⁻¹)
穀類	260	0.09
芋類	63	0.01
豆類	67	0.01
野菜類	261	0.13
放射能強度合計(Bq year ⁻¹)	650	0.25
実効線量係数(μSv Bq ⁻¹) ^{c)}		²³⁸ U; 4.5×10^{-2} ²³⁵ U; 4.7×10^{-2}
実効線量(μSv year ⁻¹)		0.011

a)五訂食品分析表(2004)から2001年の国民栄養調査の値を引用、ただし穀類および豆類については2000年の値を引用、その他として一括されているものは、分配比率を推測した。

b)国民栄養調査(2004)

c)ICRP Publ. 72(1996)

有機性廃棄物の施用に伴うカドミウムの農地負荷量と 作物中カドミウム濃度への影響

〔要約〕

有機性廃棄物の施用により畑地に持ち込まれるカドミウム量(北海道では平均 2.7 g/ha)は、収穫等で畑地から持ち出されるカドミウム量より多いが、有機性廃棄物を 5 年間連用した農地でも作物中のカドミウム濃度は増加しませんでした。

〔背景と目的〕

家畜排泄物等の有機性廃棄物を肥料として利用することは、有機農業の促進、循環型社会の形成に寄与します。しかし、有機性廃棄物を利用するには、それらに含まれている有害物質、特にカドミウムの農地土壌への蓄積、さらには作物中のカドミウム濃度への影響を調べておく必要があります。そこで、有機性廃棄物中のカドミウム濃度と農地還元量から推定されるカドミウムの負荷量、施用土壌における作物中のカドミウム濃度について調べました。

〔成果の内容〕

水産系廃棄物のうち、ホタテ中腸腺やイカ肝臓を原料とする堆肥のカドミウム濃度は、下水汚泥堆肥や家畜ふん堆肥より高い場合があります(図 1)。

北海道において、有機性廃棄物の施用に伴うカドミウムの農地負荷量は年間 3200 kg 程度であり、道内の農地に均等に負荷されたとすると年間 2.7 g/ha と推定されました(図 2)。畜産の盛んな熊本県において、家畜ふん堆肥の施用によるカドミウムの農地負荷量は県内平均で年間 1 g/ha と推定されました。農地負荷量から推定される土壌 Cd 濃度の変化量は、作土 15 cm (仮比重 1、1 ha あたり 1500 t) とすると 0.7~1.8 µg/kg であり、土壌の Cd 濃度より顕著に小さいことがわかりました。

有機性廃棄物由来の堆肥を畑地に 5 年間連用したとき、堆肥からのカドミウム負荷量は収穫によるカドミウムの持ち出し量を上回りました(図 3)。しかし、作物中のカドミウム濃度は、堆肥無施用の対照区と同程度でした(図 4)。その理由として、堆肥施用による土壌 pH の上昇および土壌中の有機物量の増加によるカドミウムの不溶化が考えられました。

このように、通常の堆肥施用に伴うカドミウム負荷量であれば、畑作物中のカドミウム濃度に影響しないことがわかりました。しかしながら、カドミウムは土壌に蓄積しやすいので、カドミウム濃度の高い水産系堆肥の連用については注意が必要です。

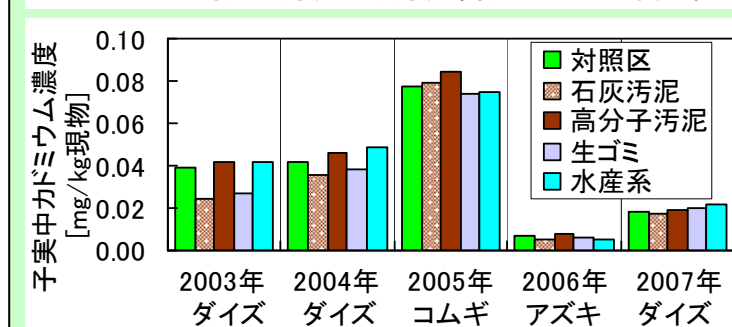
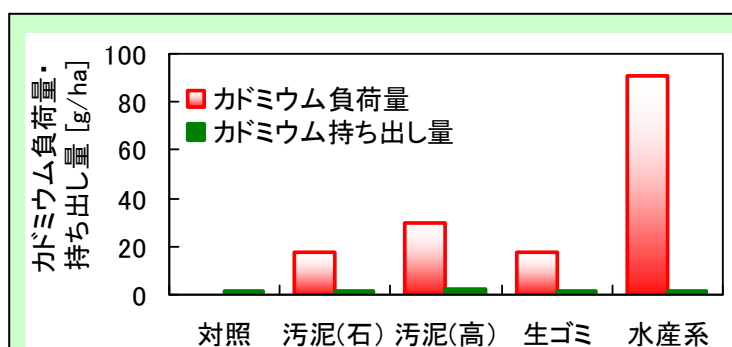
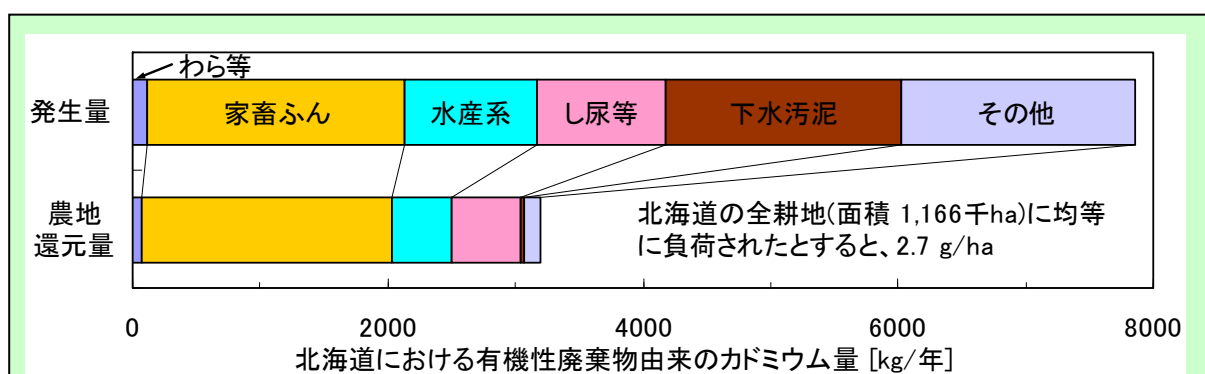
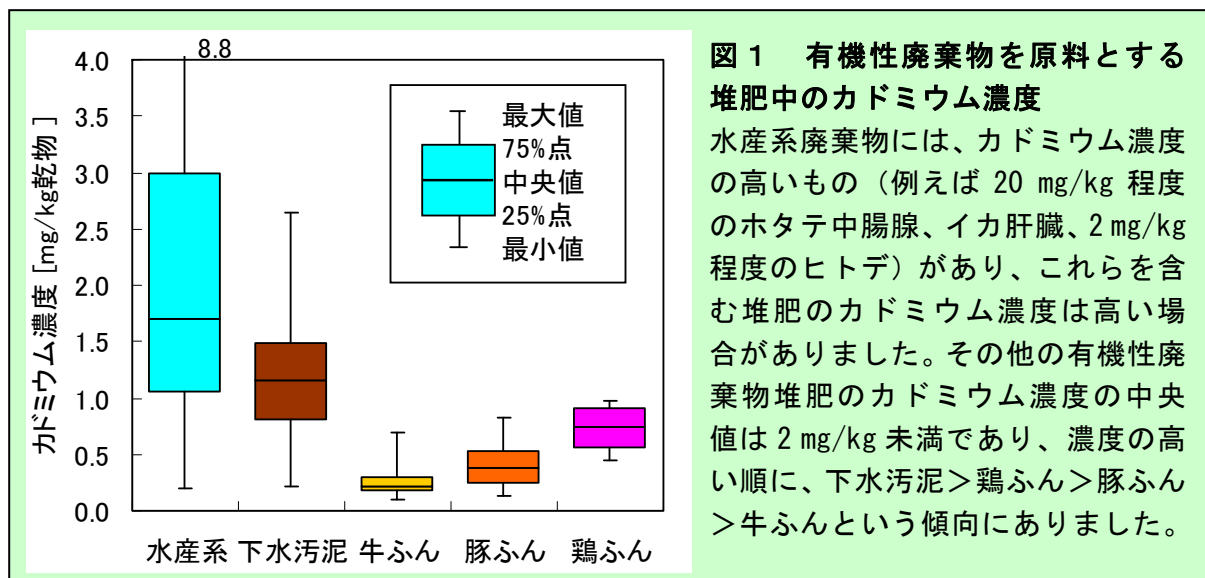
本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」による成果です。

リサーチプロジェクト名：重金属リスク管理リサーチプロジェクト

研究担当者：土壌環境研究領域 川崎晃、箭田(燕木)佐衣子、物質循環研究領域 三島慎一郎、駒田充生(現：(独)農業・食品産業技術総合研究機構)、細淵幸雄(北海道立道南農試)、中本洋・乙部裕一・松本武彦(北海道立中央農試)、古館明洋(北海道立上川農試天北支場)、柿内俊輔(熊本県農研セ)

発表論文等：1) 三島ら、日本土壌肥科学雑誌、77: 83-86 (2006)

2) 川崎、箭田、分析化学、56: 1081-1087 (2007)



カドミウム非汚染水田における年間カドミウム収支

〔要約〕

つくば市水田を調査対象としたカドミウム収支計算の結果、肥料・降水・灌漑水による $3.2 \text{ g ha}^{-1} \text{ 年}^{-1}$ の供給、排水・玄米の収穫による $0.8 \text{ g ha}^{-1} \text{ 年}^{-1}$ の持ち出しとなりました。土壌カドミウム濃度の上昇は $1.6 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1} \text{ 年}^{-1}$ と推定され、土壌総カドミウム濃度 (0.35 mg kg^{-1}) と比較すると非常に小さいことがわかりました。

〔背景と目的〕

コーデックス委員会において精米中のカドミウム (Cd) の国際基準値 (0.4 mg kg^{-1}) が合意されました。農林水産省による Cd 非汚染地域のコメの全国実態調査で玄米 Cd 含有量は平均して 0.06 mg kg^{-1} ですが、非汚染水田における年間 Cd 収支の評価はされておらず、コメの Cd 含有量に与える影響は不明です。ここでは、水稻を栽培する非汚染水田における土壌 Cd 濃度の年間変化を推定することを目的としました。

〔成果の内容〕

つくば市の水田 ($100\text{m} \times 54\text{m}$ 、土壌総 Cd 濃度 0.35 mg kg^{-1}) を調査対象としました。灌漑水および排水の量は、三角堰を設置して水位の変動をモニタリングし、水位—流量の回帰式により水量を求めました。灌漑水および排水の採水を水稻栽培期間中の降水の無い日を選び、1 回／週の以上の頻度で合計 24 回行い、試料中の溶存態及び懸濁態 Cd 濃度を分析しました。降水中 Cd 量は 2003.5-2005.11 のつくば市の降水中 Cd 濃度を測定し計算しました。Cd の下方浸透量は、2002 年の土壌溶液試料中（水田の周囲 5 地点で合計 8 回採水）の Cd 濃度と浸透水量から計算しました。肥料中の Cd 濃度は日本の水田で用いられるリン酸肥料の平均的な値である $20 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ を用いて計算しました。

1 年間の Cd 収支は、肥料、降水、灌漑水により 3192 mg ha^{-1} の Cd が供給され、排水、玄米の収穫、下方浸透により 792 mg ha^{-1} の Cd が持ち出され、土壌への Cd 負荷量は 2400 mg ha^{-1} でした（図1）。Cd の供給源としては肥料の寄与 (2000 mg ha^{-1}) が最も大きく、作土量を 1500 t （厚さ 15cm 、 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 、仮比重 1）とすると、水稻栽培 1 回あたりの土壌中 Cd 濃度の上昇分は $1.6 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ と推定され、土壌総 Cd 濃度と比較すると非常に小さいことがわかりました。

リサーチプロジェクト名：重金属リスク管理リサーチプロジェクト

研究担当者：土壌環境研究領域 荒尾知人、箭田（蕪木）佐衣子、川崎晃、連携推進室 齋藤貴之、
大気環境研究領域 間野正美、永井秀幸（現：（独）農業・食品産業技術総合研究機構）、
濱田洋平（筑波大）

表1 灌漑水・排水のカドミウム濃度(平均値)

単位: $\mu\text{g L}^{-1}$

	灌漑水		排水	
	溶存態	懸濁態	溶存態	懸濁態
灌漑開始 (4/23~4/27)	0.02	0.04	0.32	0.01
代かき (4/28~5/1)	0.01	0.06	0.29	0.20
田植え (5/2)	0.01	0.09	0.16	0.39
中干し前 (5/3~6/13)	0.01	0.01	0.03	0.03
中干し後 (7/17~8/28)	0.01	0.01	0.01	0.02

初期のカドミウム濃度 灌漑水 < 排水

表2 栽培期間中の灌漑水量、降水量、排水量

	灌漑水量	降水量	流入 合計	排水量
灌漑開始 (4/23~4/27)	226	81	307	127
代かき (4/28~5/1)	214	0	214	205
田植え (5/2)	3	123	126	152
中干し前 (5/3~6/13)	706	519	1225	712
中干し中 (6/14~7/16)	93	773	866	712
中干し後 (7/17~8/28)	2665	1528	4193	4375
合計(m^3)	3906	3025	6931	6283

表3 栽培期間中の水田へのカドミウム流入・流出量

単位: mg ha^{-1}

	流入			排出	収支
	灌漑水	降水	合計	排水	
灌漑開始 (4/23~4/27)	13.1	27.8	40.9	75.9	-35.0
代かき (4/28~5/1)	31.1	0.0	31.1	138.8	-107.8
田植え (5/2)	0.6	13.0	13.5	154.9	-141.5
中干し前 (5/3~6/13)	28.5	61.1	108.1	60.6	47.6
中干し中 (6/14~7/16)	4.8	79.6	84.4	28.1	56.3
中干し後 (7/17~8/28)	75.9	357.4	433.3	115.1	318.1
合計(mg)	172	539	711	573	138

栽培初期は水田から流域へ
のカドミウム流出が認められ
ました。

田植え期以降にはカドミウム
が蓄積する傾向に転じ、その
起源としては灌漑水よりも降
水の寄与が大きい値でした。

表4 水稻の収量とカドミウム吸収量

収穫時期	収量(乾物 kg ha^{-1})				Cd濃度(mg kg^{-1})				Cd吸収量(mg ha^{-1})			
	茎葉	枝梗	籾がら	玄米	茎葉	枝梗	籾がら	玄米	茎葉	枝梗	籾がら	玄米
2005/9/9	6998	258	1621	5856	0.1	0.1	0.02	0.02	938	35	35	128

持ち出される玄米よりも水田に戻される稲わらのカドミウム吸収量が大きい値でした。



図1 1年間のカドミウム収支試算

カドミウム供給量 3192mg

カドミウム持ち出し量 792mg (稲わらは全量水田に戻されます。)

土壌カドミウム濃度の上昇 $2400\text{mg} \div (1.5 \times 10^6)\text{kg 土壌} = 1.6 \mu\text{g kg}^{-1}$

窒素追肥によりイネがアンモニアを放出する

〔要約〕

水田に 30 kg N（窒素換算） ha^{-1} の尿素を追肥するとアンモニアの顕著な揮散が起きました。追肥により窒素がイネにとって一時的に過剰な状態になると、田面だけでなくイネもアンモニアの発生源となることを初めて明らかにしました。

〔背景と目的〕

農耕地に窒素肥料を施肥するとアンモニアが揮散する可能性があります。アンモニアの揮散は、肥料が無駄になるばかりでなく、揮散したアンモニアが大気中を運ばれて他の地域に負荷されることにより、陸域や水域の富栄養化や硝酸性窒素による水域の汚染など、様々な環境問題に関与します。そこで、水田への尿素の基肥および追肥に伴うアンモニアの揮散量、そして、アンモニアの発生に影響する要因を解明しました。

〔成果の内容〕

水田への尿素の施肥に伴うアンモニアの揮散を調べました。田面とイネ（品種：日本晴）を覆う風洞を用いて大気－水田間のアンモニア交換フラックスを測定しました（図 1）。

代掻き時に基肥として 50 kg N ha^{-1} を全層施肥（田面に肥料を散布したのち作土全層に混合する施肥法）した場合のアンモニアの揮散率は 2.1%と低い値でした（表 1）。これは、全層施肥により尿素を土に混ぜ込むとアンモニアの揮散を抑える効果があるためと考えられます。

しかし、一度に多くの尿素を表面施肥（田面に肥料を散布したまま放置する施肥法）すると、水田のアンモニア性窒素が一時的に過剰となり揮散しやすくなります。追肥 1 回目（中干し前に窒素換算で 30 kg N ha^{-1} を表面施肥）に伴うアンモニアの揮散率が 21%に達した一方、追肥 2 回目（出穂前に窒素換算で 10 kg N ha^{-1} を表面施肥）に伴うアンモニアの揮散率は 0.5%ときわめて低い値でした（表 1）。

イネは通常大気中のアンモニアを吸収するはたらきを示すものの、追肥の直後でアンモニアが過剰な条件では大気へとアンモニアを放出することがわかりました（図 2）。

これらの結果は、大気－水田間の窒素交換および窒素循環の広域評価に重要な知見を提供するとともに、追肥を少なくすることにより水田からのアンモニアの揮散を抑制できることを示しています。

リサーチプロジェクト名：炭素・窒素収支広域評価リサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 林健太郎、西村誠一、八木一行

発表論文等：1) Hayashi et al., Soil Sci. Plant Nutr., 52(4): 545-555 (2006)

2) Hayashi et al., Sci. Tot. Environ., 390(2-3): 486-495 (2008)

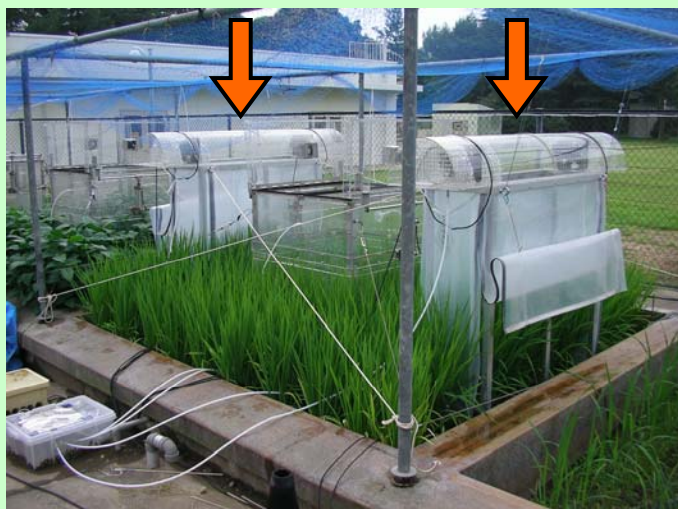


図1 大気－水田間のアンモニア交換フラックスの測定に用いた風洞システム（矢印）

田面とイネからのアンモニアの放出量あるいはこれらのアンモニアの吸収量を測定します。風洞上部の両端にあるファンで空気を水平方向に流しつつ、風洞の出入口から空気をサンプリングする仕組みです。未使用時は側面のシートを開き換気します。

表1 尿素の施肥に伴うアンモニア積算揮散量および揮散率

30 kg N ha⁻¹ の尿素を表面施肥した追肥1回目では揮散率が21%に達した一方、10 kg N ha⁻¹ の尿素を表面施肥した追肥2回目では揮散率は0.5%ときわめて低い値でした。

施肥内容		尿素施肥量 (kg N ha ⁻¹)		アンモニア積算揮散量 (kg N ha ⁻¹)	アンモニア揮散率 (%)
基肥	(5月12日)	50	全層施肥	1.1	2.1
追肥1回目	(7月20日)	30	表面施肥	6.3	21
追肥2回目	(8月11日)	10	表面施肥	0.05	0.5
合計		90		7.4	8.2

全層施肥： 田面に肥料を散布したのち作土全層に混合する施肥法

表面施肥： 田面に肥料を散布したまま放置する施肥法

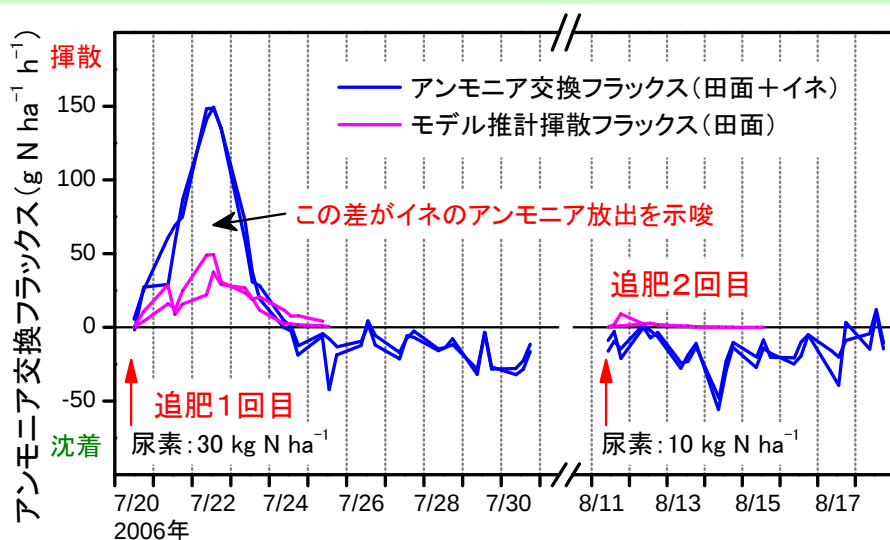


図2 追肥に伴うアンモニア交換フラックスの推移（2つの処理区の結果）

追肥1回目に伴い顕著な揮散が生じました（青線）。数値モデルにより推計した田面からの揮散（赤線）と比べると約70%がイネからの放出と推定されました。追肥1回目の後半および追肥2回目ではアンモニア交換フラックスは0より小さく、追肥の影響のない他の期間を含めて、水田は通常アンモニアの吸収源であることを示唆します。

1km メッシュ単位で推定した農業統計のデータベース化

〔要約〕

農業集落単位で集計された耕地面積や家畜飼養頭数といった農業統計データを農業環境研究で利用しやすい1km メッシュ単位のデータに変換し、データフォーマットがCSV形式のファイルを作成しました。

〔背景と目的〕

農林業センサスなどの農業統計データは市町村などの行政区画単位で集計されていますが、集水域などの自然の区画は行政区画とは異なった形状であることがほとんどです。そのため、農業環境研究において、農業統計データを自然環境のデータと組み合わせて解析することが困難でした。そこで、自然の区画に合わせて集計しやすい1km メッシュ単位の農業統計データに変換し、いろいろな目的に利用できるようにデータベース化を行いました。

〔成果の内容〕

農業集落単位で集計された作目別の耕地面積や家畜飼養頭数といった農業統計データを1km メッシュ（国土数値情報の3次メッシュ）単位に変換し、これを全国及び都道府県単位にまとめて汎用性の高いCSV形式のデータファイルを作成しました（注1）。変換には農業集落地図と100m メッシュ土地利用データ（国土地理院が作成）を組み合わせ、1km メッシュごとの耕地面積を推定する方法を用いました（注2）。

作成したデータファイルは3次メッシュコード、年次、経営耕地面積など表1に示した21項目から構成されています。乳用牛～鶏までの家畜飼養に関する項目は各農業集落の飼養頭羽数を耕地面積の割合に応じて1km メッシュに按分した値です。1970年から1995年までの5年ごとのデータがあり、耕地面積の経年的な変化を見ることができます（図1）。

これらのデータは農業環境研究のための基礎的データの一つとして国土数値情報やメッシュ気候値など既存の1km メッシュデータと組み合わせて利用することができます。データはインターネットを経由してダウンロードすることで入手できます。

注1 東京都および大阪府のデータについては未整備です

注2 神山ら、日本土壌肥料学雑誌、74：415-424（2003）

本研究の一部は財団法人畜産環境整備機構「家畜排せつ物利活用方策評価検討システム構築事業」による成果です。また、農林水産研究情報・計算センターの農林水産基礎数値データベースからダウンロードした農業統計データ（農水省統計部が作成）を利用しました。

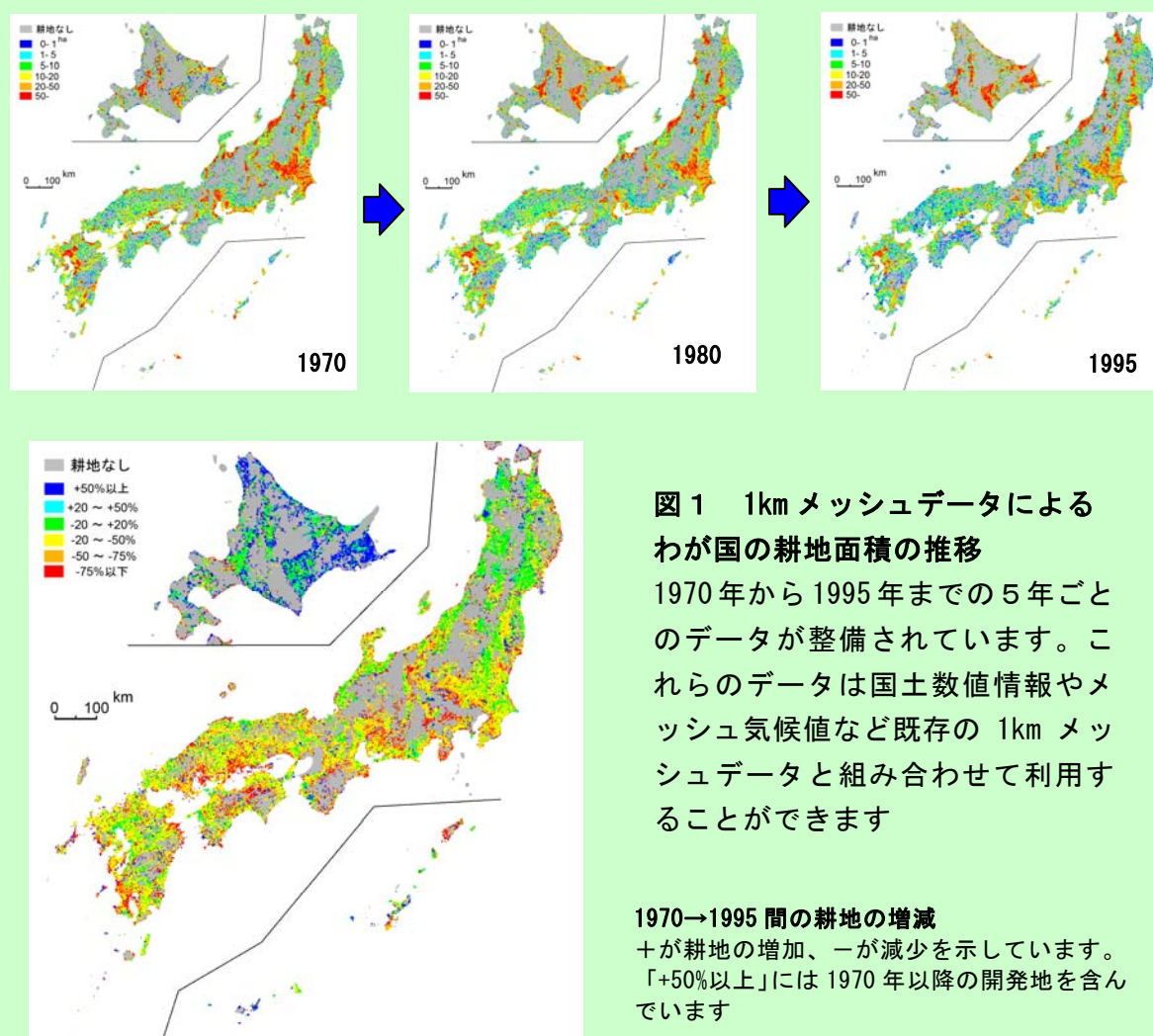
リサーチプロジェクト名：農業環境リスク指標リサーチプロジェクト、環境資源分類・情報リサーチプロジェクト

研究担当者：農業環境インベントリーセンター 神山和則、上田義治

表1 データファイルの項目

以下の 21 項目のデータが 1km メッシュごとに記録されています。

データ項目 (単位)	データ項目 (単位)	データ項目 (単位)
メッシュコード (3 次メッシュ)	作目別面積 (続き)	家畜飼養頭羽数
年次 (西暦)	工芸農作物 (a)	乳用牛 (頭)
経営耕地面積 (a)	野菜類 (a)	肉用牛 (頭)
田 (a)	花き類 (a)	ブタ (頭)
畑 (a)	種苗 (a)	鶏 (100 羽)
作目別面積	飼料用作物 (a)	
麦類 (a)	果樹・桑 (a)	
雑穀 (a)	茶 (a)	
いも類 (a)	その他 (a)	
豆類 (a)		



日本で使用された農薬のゆくえを明らかにできる 地球規模の挙動予測モデル

〔要約〕

農薬を含む残留性有機汚染物質の、地球規模での動きを明らかにするモデルを開発しました。このモデルを使って、日本の水田で過去に使われた農薬の動きを追跡した結果、その一部は北極にまで達していることがわかりました。

〔背景と目的〕

POPs と呼ばれる残留性有機汚染物質が北極域で検出されるなど、地球規模の環境汚染が問題となっています。欧米では地球規模のモデルを使ってその挙動を明らかにしようとしていますが、これら欧米のモデルは、日本やアジアでさかんな水田農業とそこで使われている農薬に対応していません。そこで私たちは、水田のことを考慮に入れた地球規模モデルを新しく開発し、日本で過去に使用された農薬のゆくえを追跡しました。

〔成果の内容〕

開発した多媒体（メディア）モデル（マルチメディアモデル）は、グリッド内でメディア間の移動を表現し、さらにグリッド間の時間的移動を表現することにより、農薬や POPs の地球（全球）規模の挙動を予測します。一つのグリッド（計算の単位）では、上層・下層の大気層、畑地・水田・森林・他の土地利用、に分けられた陸面、および河川湖沼とその下の底質、さらに海洋を加えた 9 つのメディアがあります。緯度 15°経度 30°を一つのグリッドとすると、地球は東西および南北方向にそれぞれ 12、つまり 144 のグリッドで構成されることになります（図 1）。

まず日本で過去に使われた数種の POPs 農薬について、実際の使用量を用いて土壌中の残留量をモデル計算しましたが、このモデルで得られた水田土壌中濃度の時間変化（図 2）は、全国各地の水田土壌中の農薬濃度を経年的に実測した値をほぼ再現していました。このうちヘキサクロシクロヘキサン類（HCHs）、中でもリンデン（ γ -HCH）についてはさらに、このモデルを用いて地球上の他の地域での詳しい濃度と残留量の分布を見ました。その結果、リンデンを日本で使っていた 1970 年前半までは、日本付近の大気海洋に多く残留していましたが、日本での使用停止後、日本付近での残留量は急速に低下しているのに対して、北の海域に行くほどその低下量は小さく、最近でもかなりの量が北極海域に残留していることがわかりました（図 3）。

このように、過去に日本で使った農薬の一部は北極域に達しているようです。日本では現在、HCHs の使用は禁止されていますが、他の国ではまだ使われているために、今でも北極を汚染していることが予想されます。このモデルを用いることにより、日本をはじめ世界で現在使用中または開発中の農薬の広域な動態を推測し予測することが可能となり、有害化学物質の地球規模での汚染防止に大きく貢献します。

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」による成果です。

リサーチプロジェクト名：有機化学物質リスク評価リサーチプロジェクト

研究担当者：大気環境研究領域 西森基貴、有機化学物質研究領域 小原裕三、
魏永芬・秋山侃（岐阜大 流域圏科学研究センター）

発表論文等：1) Nishimori et al., Organohalogen Compounds, 69: 1461-1464 (2007)
2) Nishimori et al., Organohalogen Compounds, 68: 1151-1154 (2006)

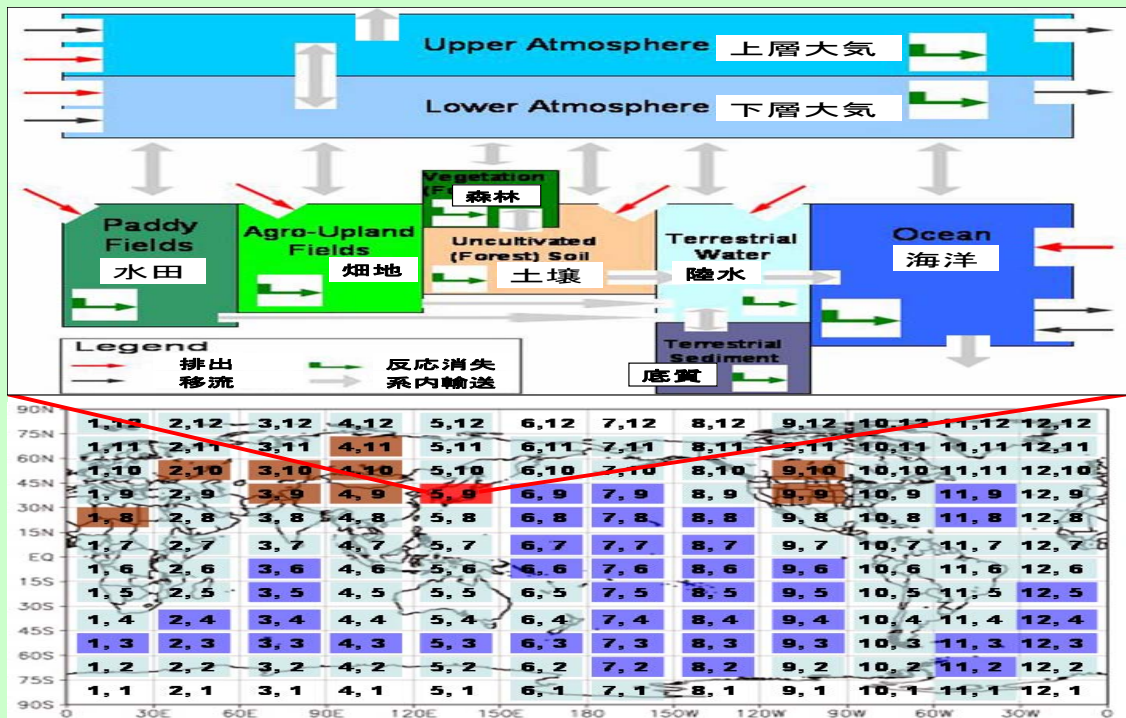


図1 農業環境技術研究所マルチメディア動態予測モデルの模式図

図の下段には全地球を空間分解した様子を示し、上段には各グリッドにおいてモデル中で考えている媒体(メディア)とその関係を示しています。地球は東西および南北それぞれ12分割した計144のグリッドに分割されます。

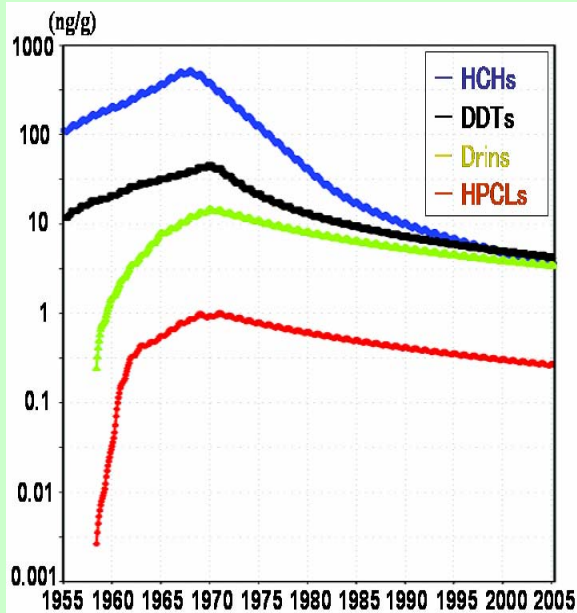


図2 本モデルを用いた計算での、日本で過去に使われた農薬の日本の水田土壌中濃度の経年変化

実測値と比べると、このモデルは、日本の水田土壌における農薬の消失をよく再現していることがわかりました。

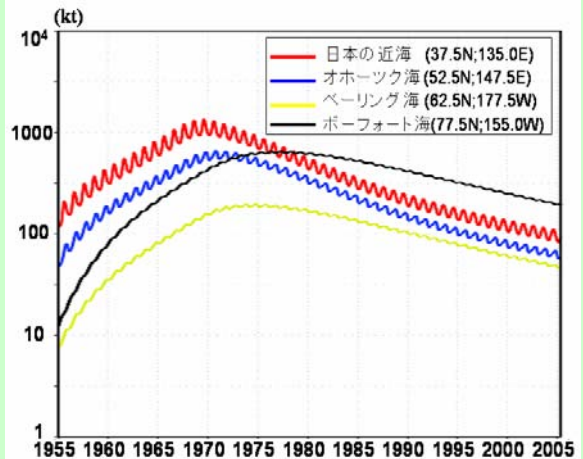


図3 日本で使われたリンデン(γ-HCH)の大気海洋中残留量の時間変化 日本で農薬としてリンデンを使っていた1970年前半頃までは、日本周辺海域に多く残留していましたが、その後、その海域での残留量は低下しています。一方、北極海での残留量は1970年代後半以降に日本周辺の値を上回り、近年でも高いままです。つまり日本で使われたHCH類が北極まで達していることを示しています。

土壤中では生育している微生物の遺伝子の発現を検出した

〔要約〕

土壤から高純度の RNA を抽出する手法を開発し、この手法を用いて PCB 分解に関わる微生物の PCB 分解遺伝子の発現が誘導物質を添加した土壤で誘導されることを確認しました。この様に土壤中では生育している微生物の遺伝子発現を直接検出することにより、自然環境下で土壤微生物の機能を解析することが可能となりました。

〔背景と目的〕

微生物は、様々な物質の分解者として自然界の物質循環を担い、肥料の溶脱や有害物質の浄化、大地からの温室効果ガスの放出など、様々な現象に重要な働きをしています。しかし、自然環境下で生息する微生物は培養が難しく、これまで土に生息する微生物の機能を直接解析することはできませんでした。そこで、我々は土壤から直接微生物の RNA を抽出し、土の中での微生物の有用遺伝子の発現の検出を試みました。

〔成果の内容〕

土壤から RNA を抽出しようとする場合、余すことなく様々な微生物から効率よく RNA を抽出できることが重要となります。我々は、土壤粒子と混在している微生物を効率よく破壊するために、硬質ビーズを土壤懸濁液に投入し、大型の強力な破砕機で高速微細振動をかけて破砕することとしました。得られた土壤懸濁液には、腐植酸などの様々な物質が含まれており、通常の方法でこの土壤懸濁液から RNA を抽出すると、多量の不純物が混入し、その後の解析が困難となってしまいます。我々は、様々な核酸精製法を組み合わせ、土壤から抽出した RNA に含まれる不純物を限りなく少なくすることに成功しました（図 1）。開発した抽出法を用いて、ポリ塩化ビフェニル（PCB）分解菌として知られている *Rhodococcus* sp. RHA1 株を滅菌土壤に接種し生育させたモデル土壤から RNA を抽出し、PCB の分解に必要な遺伝子の発現を、定量 PCR 法で検出しました。その結果、この遺伝子の発現を誘導する PCB 類縁物質、ビフェニルを土壤に添加した場合に、PCB 分解遺伝子の発現が誘導されることを確認することができました（図 2）。

この様に、土壤から抽出した RNA を用いて、実際に土壤中では生育している細菌の遺伝子の発現を直接検出した例は極めて少なく、この研究成果は、今後、肥料の溶脱や有害物質の浄化、大地からの温室効果ガスの放出などに関与する土壤微生物の遺伝子発現を自然環境下で解析するための大きな突破口を開くものです。

この研究成果は、農林水産省委託プロジェクト研究「土壤微生物相の解明による土壤生物性の解析技術の開発」による成果です。

リサーチプロジェクト名：情報化学物質生態機能リサーチプロジェクト

研究担当者：生物生態機能研究領域 王勇、森本晶、藤井毅、小川直人（現：静岡大）、
福田雅夫（長岡技術大）

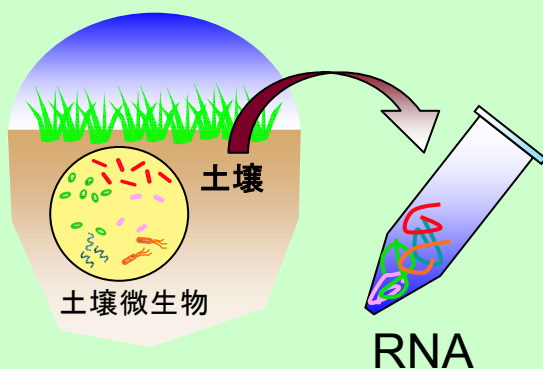


図1 市販キットと開発した方法で抽出した土壌抽出 RNA 試料の比較
開発した方法で抽出した場合、DNA（矢印）及び腐植物質の夾雑が少ない高純度の RNA が得られました。

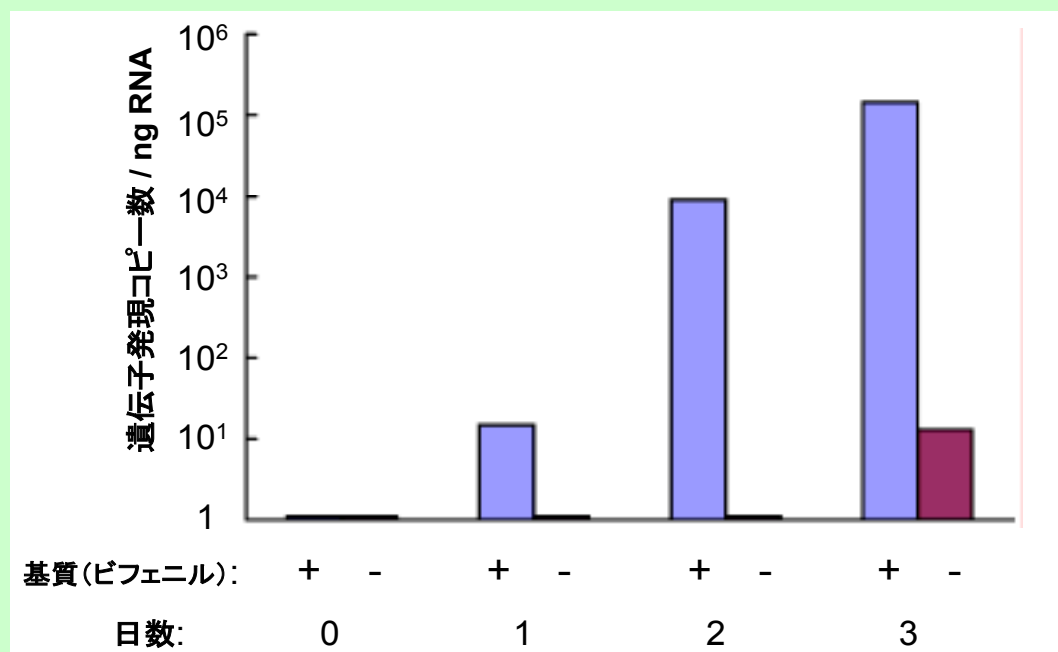
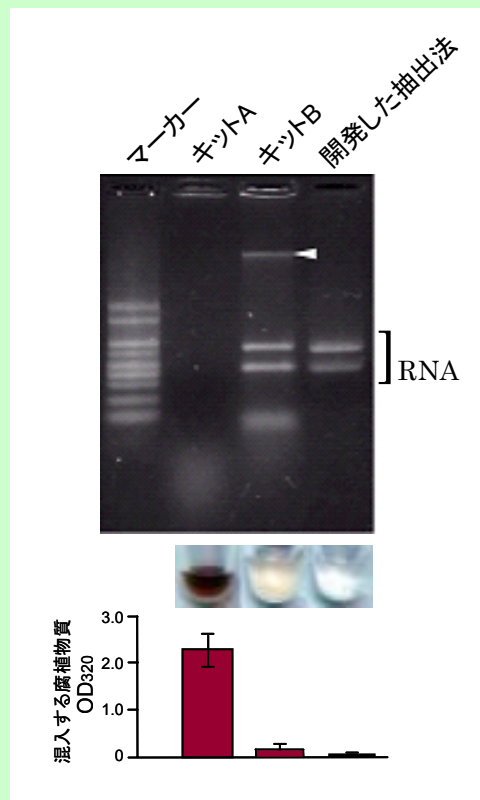


図2 土壌中で生育している PCR 分解菌の PCB 分解遺伝子の発現

PCB 分解菌として知られている *Rhodococcus* sp. RHA1 株を接種した滅菌土壌から我々が開発した方法で RNA を抽出し、PCB 分解遺伝子 (*bphAa*) の発現量を評価しました。その結果、この遺伝子の発現を誘導する物質を添加した場合（青い棒）に PCB 分解遺伝子の発現が誘導されることが明らかとなりました。

水田からのメタン発生量を推定する数理モデル・DNDC Rice の開発

〔要約〕

水田の稲わら処理方法や肥料の種類によるメタン発生量の変化をコンピュータで推定できる数理モデル（DNDC Rice）を開発しました。このモデルを活用することにより、水田からのメタン発生量とその削減ポテンシャルを広域評価することが可能になります。

〔背景と目的〕

メタンは二酸化炭素の 20 倍以上の温室効果を持つガスですが、全世界のメタン発生量の約 1 割が水田に由来すると考えられています。水田から発生するメタンを減らすためには「どうすれば、メタンがどれだけ減るのか」を精度良く推定することが重要です。そこで、DNDC という数理モデルを改良して新たなモデル（DNDC Rice）を開発し、稲わらの処理方法や肥料の種類によるメタン発生量の変化について検証しました。

〔成果の内容〕

水田の土壌に棲むメタン生成菌によってメタンが作られますが、その発生量は土壌の性質やイネの栽培方法などによって変わります。水田に稲わらをすき込むと分解されてメタン生成菌のエネルギー源を供給するため、メタンの発生量が増加します。一方、土壌中の鉄酸化物や肥料の硫酸に含まれる硫酸塩にはメタンの発生を抑制する作用があります。この研究では DNDC という数理モデルを改良し、これらの作用を定量的に計算して、メタン発生量を推定できるモデル（DNDC Rice）を開発しました（図 1）。

日本と中国の 3 地点（つくば市、北海道比布町、南京市）の水田で行われたほ場実験で得られた観測値を用いて、DNDC Rice がメタン発生量を正しく推定できるかどうか確かめました。ほ場実験では、稲わらすき込みの有無や時期、肥料の種類によって、イネ栽培期間のメタン発生量が $2\sim 17\text{ g m}^{-2}$ の範囲で変化することが観測されました。これらの観測値について DNDC Rice でシミュレーションを行ったところ、従来の DNDC モデルでは不十分だった稲わらの処理方法や肥料の種類の影響の推定精度が改善され、メタン発生量の観測値に対する平均誤差は 4 g m^{-2} 以下でした（図 2、3）。

このように、DNDC Rice は水田の稲わら処理方法や肥料の種類によるメタン発生量の変化を精度良く推定できます。したがって、DNDC Rice を用いることで水田からのメタン発生量とその削減ポテンシャルを広域評価することが可能になり、農耕地からの温室効果ガス発生量を削減するための効果的なメタン削減計画立案に貢献できます。今後、さらに水管理によるメタン発生量の変化を推定できるように、モデルの検証と改良を行う計画です。

本研究は、環境省地球環境研究総合推進費 S2-3a「農業生態系における CH_4 、 N_2O ソース抑制技術の開発と評価」および環境省地球環境保全試験研究費「温暖化と大気 CO_2 増加が農業生態系に及ぼす影響のプロセスモデリング」による成果です。

リサーチプロジェクト名：温室効果ガスリサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 麓多門、八木一行、大気環境研究領域 長谷川利拡

発表論文等：Fumoto et al., Global Change Biology, 14: 382-402 (2008)

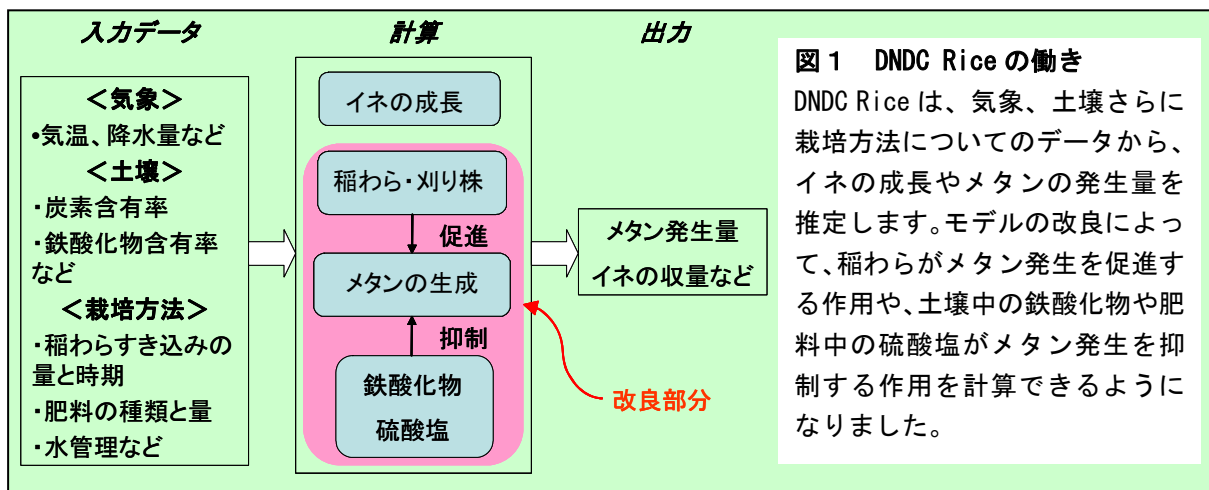


図1 DNDC Riceの働き

DNDC Riceは、気象、土壌さらに栽培方法についてのデータから、イネの成長やメタンの発生量を推定します。モデルの改良によって、稲わらがメタン発生を促進する作用や、土壌中の鉄酸化物や肥料中の硫酸塩がメタン発生を抑制する作用を計算できるようになりました。

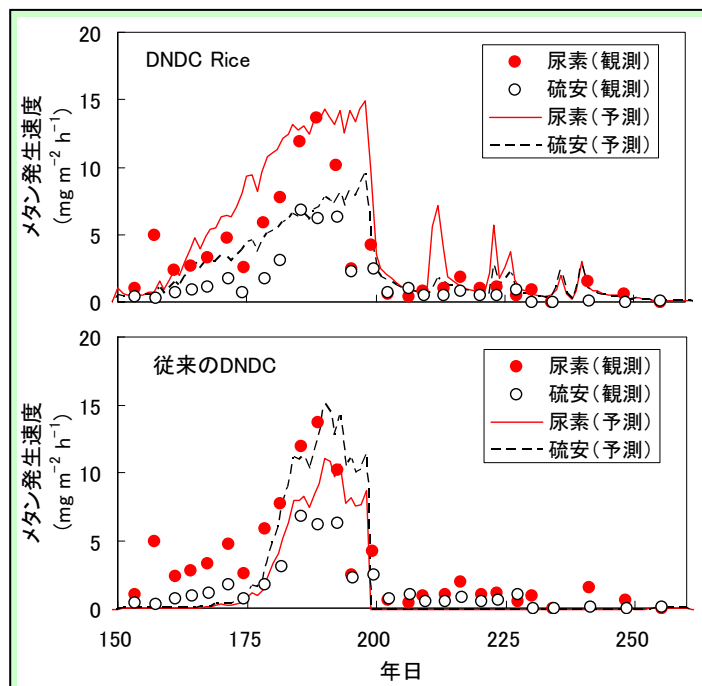


図2 新旧のモデルによるメタン発生速度の推定結果の比較

南京で行われた実験では、肥料として尿素的の代わりに硫安を使うとメタンの発生速度が減ることが観測されました。DNDC Riceは硫安の使用でメタンの発生速度が減ることを推定できました(上の図)。それに対して、従来のDNDCモデルでは、そのような実験結果を推定できませんでした(下の図)。

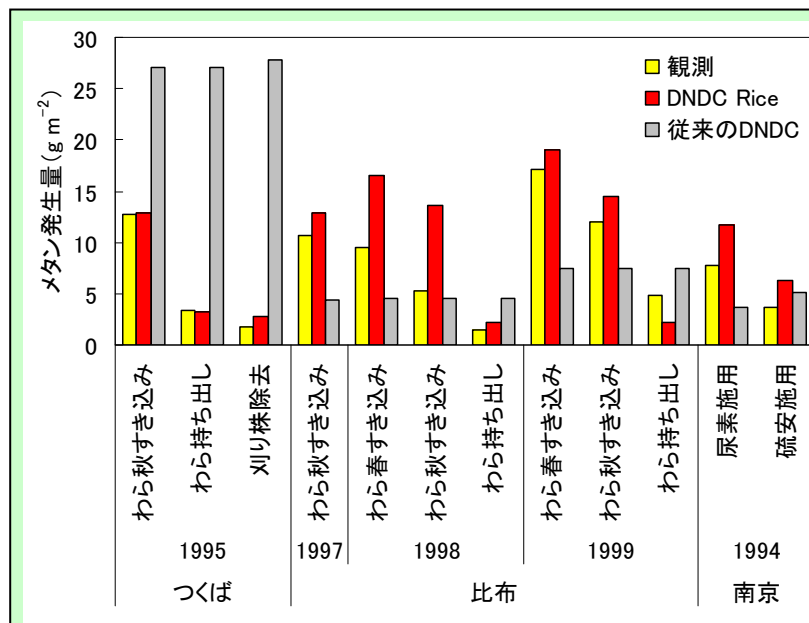


図3 新旧のモデルによるイネ栽培期間のメタン発生量の推定結果の比較

DNDC Riceは、1998年の比布のメタン発生量の推定誤差が大きいものの、わらの処理方法や肥料の種類によるメタン発生量の変化を概ね推定できました。それに対し、従来のDNDCでは、わらの処理方法や肥料の種類による影響を推定できませんでした。

日本に生息するサトウキビ白すじ病菌の遺伝子型

〔要約〕

サトウキビの重要病害であるサトウキビ白すじ病菌は、3 つの遺伝子の塩基配列の違いから、5 つのタイプ（A～E）が存在し、国内（沖縄県）にはそのうち B タイプのみが存在することがわかりました

〔背景と目的〕

サトウキビ白すじ病（図 1）は、サトウキビの葉身、葉鞘を白化させて収量を低下させることから、サトウキビ生産地帯で大きな問題になっています。わが国では沖縄県において近年発生が多くなり、種苗を管理する上で、本病原細菌の早期診断技術や、伝搬経路の解明が求められています。しかし、そのためには、沖縄県や世界各地に生息する本病原細菌の遺伝的特徴を解明する必要があります。そこで、世界各地で分離された菌株を入手し、3 つの遺伝子の塩基配列を基に本病原細菌の遺伝的特徴を解析しました。

〔成果の内容〕

1. サトウキビ白すじ病菌 *Xanthomonas albilineans*（図 1）の分離菌 32 菌株（国内 22 菌株、国外 10 菌株）について、16S リボゾーム RNA 遺伝子（以下、16S rDNA）、DNA ジャイレースの β -サブユニット遺伝子（同、*gyrB*）、および σ^{70} ファクター遺伝子（同、*rpoD*）の各 DNA 領域の塩基配列を解析・比較しました。その結果、16S rDNA は 2 グループ、*gyrB* は 5 グループ、*rpoD* は 4 グループに分かれました（表 1）。
2. これら 3 つの遺伝子それぞれのグループの組み合わせにより、供試された 32 菌株は全体として 5 つのタイプ（A～E）に分れました。このうち、国内（沖縄県）で分離された 22 菌株の全てとスリランカと南米で分離された 4 菌株は B タイプでしたが、南アフリカとフィジーで分離された 6 菌株は B 以外のものでした（図 2）。
3. このことから、サトウキビ白すじ病菌は遺伝的に少なくとも 5 タイプが存在し、国内にはそのうちひとつのタイプ（B タイプ）が存在することが明らかになりました。
4. 今後、サトウキビ白すじ病菌の国内への新たな侵入が検出された際には、上記 3 遺伝子の塩基配列を調べることで、いち早くタイプを判定することができるとともに、国外に分布する菌のタイプの情報をさらに蓄積することにより、侵入経路の推定も可能となります。

本研究は、運営費交付金、農林水産省ジーンバンク事業費による成果です。

研究担当者：生物生態機能研究領域 對馬誠也、篠原弘亮（現：東京農業大）、中里工（現：（独）種苗管理センター）、安藤杉尋（現：（独）農業生物資源研究所）、杉澤武（現：（独）種苗管理センター）、田部井豊（現：（独）農業生物資源研究所）

発表論文等：Tsushima et al., J. Phytopathology, 154: 683-687 (2006)

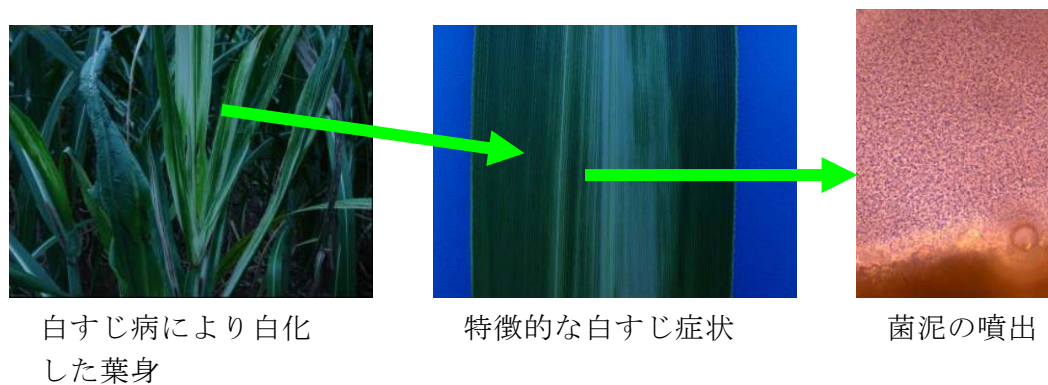


図1 沖縄で発生しているサトウキビ白すじ病と病斑部からの病原菌の噴出
本病にかかると葉身や葉鞘が白化して、収量が低下します。

菌株番号	採取場所	遺伝子毎のグループ(I-V)			3遺伝子に基づくタイプ
		16S rDNA	<i>gyrB</i>	<i>rpoD</i>	
LMG479	モーリシャス	I	I	I	A
LMG481	セントルシア	II	II	II	B
LMG487	ギアナ	II	II	II	B
LMG488	スリランカ	II	II	II	B
LMG491	バレーバドス	II	II	II	B
T161(他22菌株)	日本	II	II	II	B
LMG482	モーリシャス	II	III	III	C
LMG483	マダガスカル	II	III	III	C
LMG489	ジンバブエ	II	IV	III	D
LMG490	マラウイ	II	IV	III	D
LMG494 ^f	フィジー	II	V	IV	E

表1 3つの遺伝子に基づくサトウキビ白すじ病菌のタイプ分け
遺伝子のグループの組合せから、サトウキビ白すじ病菌には、少なくとも5つのタイプ（A～E）があることがわかりました。

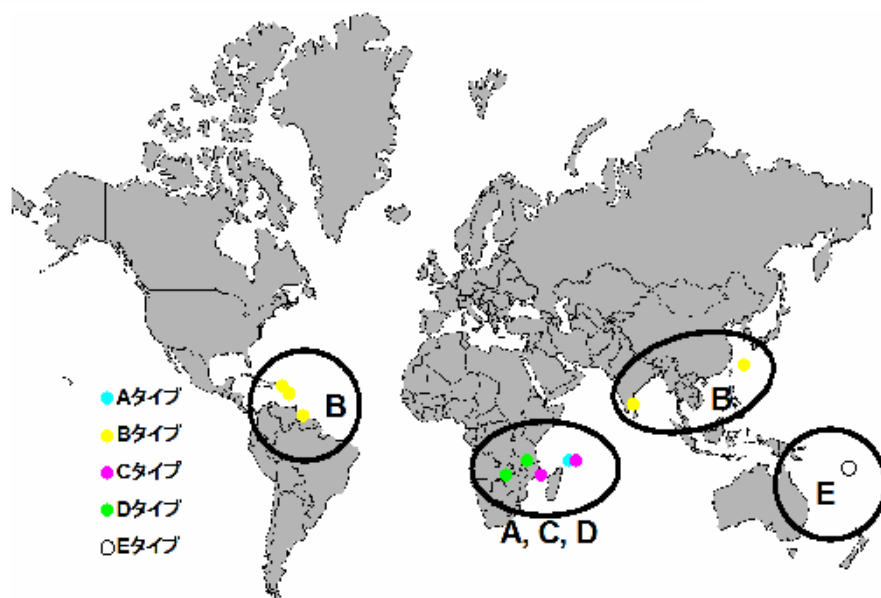


図2 世界におけるさとうきび白すじ病菌のタイプの分布

日本（沖縄県）分離菌と同じBタイプは、南米とスリランカの菌株にみられ、南アフリカやフィジーではBタイプと異なるタイプが存在していることがわかりました。

温室栽培トマトと露地栽培トマトの 葉面生息細菌相は著しく異なる

〔要約〕

トマトの葉に生息する培養可能な細菌の構成や菌量は栽培条件で異なり、露地栽培トマトの菌量は温室栽培トマトの約 100 倍で、優占細菌群も異なりました。これら常在菌は、トマトの毒素 α -トマチンに対する耐性、分解能が、既知の病原菌と異なりました。

〔背景と目的〕

地球の植物体上には約 10^{26} 個の細菌が生息し、農業生態系で大きな役割を果たしていると考えられていますが、その役割はまだ不明です。植物上の細菌は、降雨・乾燥、強い紫外線の照射などの激変する環境条件と、植物側からの抵抗（毒素生産など）に適応するために特殊な能力を獲得してきたと考えられ、これらの機能の解明は、農業生態系の維持や微生物の有効利用に役立ちます。そこで、我々は各種作物の生息細菌の種類や機能解析を行い、今回トマト葉の細菌数、種類および毒素分解能を解析しました。

〔成果の内容〕

1. 生育期間中の露地栽培トマトの全細菌数は約 10^8 個/g（生重）で、温室栽培トマトの全細菌数（最大で約 10^6 個/g）の約 100 倍でした（図 1）。温室栽培と露地栽培トマトの葉（6 葉位）の分離細菌 959 菌株について、16S リボゾーム RNA 遺伝子の塩基配列から種類（属レベル）を推定しました。その結果、栽培環境で多様性程度には差はないが（表 1）、優占菌の構成は温室栽培と露地栽培で異なり、前者ではグラム陽性の *Bacillus* 属が、後者ではグラム陰性の *Pseudomonas* 属細菌が優占していました（表 2）。このように、栽培条件で葉面の細菌数、優占菌の種類が異なることがわかりました。
2. トマトは、毒素 α -トマチンを生産していることが古くから知られています。そこで、各属から選抜した 219 菌株の α -トマチン耐性能を調べました。その結果、トマト由来の分離細菌の多くは、 α -トマチン（250、500、1,000ppm）に耐性であることがわかりました。その一方で、これら供試菌は α -トマチンを分解する能力はありませんでしたが、トマトかいよう病菌 (*Curtobacterium michiganensis* subsp. *michiganensis*) だけは分解できることがわかりました。
3. 以上の成果は、トマトの葉上に生息する病原菌を含む微生物の管理技術の開発や、病原菌と常在細菌との進化機構の違いの解明に役立ちます。

研究担当者：生物生態機能研究領域 對馬誠也、小板橋基夫、塩谷純一郎（元：東京農業大）、篠原弘亮（現：東京農業大）、吉田重信（現：農林水産省）、月星隆雄（現：（独）農業・食品産業技術総合研究機構）、根岸寛光（現：東京農業大）、陶山一雄（現：東京農業大）

発表論文等：1) Enya et al., Microbial Eco., 53: 524-536 (2007)
2) Enya et al., J. Phytopathology, 155: 446-453 (2007)

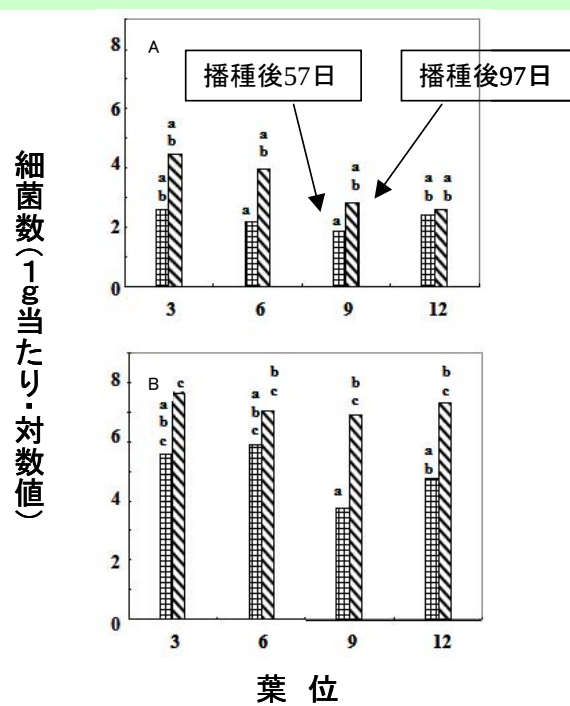


図 1 トマト葉の細菌数

A: 温室栽培

B: 露地栽培

露地栽培トマト葉の培養可能な細菌数は、温室栽培トマト葉の約 100 倍でした。

表 1 温室、露地栽培

トマトに生息する細菌の多様性

温室栽培、露地栽培の間に、多様性に有意な差は見られませんでした。

栽培条件	播種後日数	Richness(属数)*	多様性指数*	
			Shannon指数	Simpson指数
温室栽培トマト	57	5.33 a	1.23a	0.62a
	97	8.33 a	1.58 a	0.73 a
露地栽培トマト	57	10.00 a	1.47 a	0.59 a
	97	10.67 a	1.82 a	0.76 a

* 各項目毎に、同一文字間に有意な差がない (P=0.05: HSD test)

属	温室栽培トマト		露地栽培トマト	
	数	%	数	%
<i>Bacillus</i>	66	35.9	4	1.3
<i>Sphingomonas</i>	22	12.0	18	6.0
<i>Curtobacterium</i>	19	10.3	23	7.7
<i>Arthrobacter</i>	5	2.7	0	0.0
<i>Pseudomonas</i>	24	13.0	79	26.3
<i>Pantoea</i>	9	4.9	29	9.7
<i>Microbacterium</i>	10	5.4	6	2.0
<i>Methylobacterium</i>	2	1.1	4	1.3
<i>Paenibacillus</i>	6	3.3	5	1.7
<i>Zoogloea</i>	1	0.5	0	0.0
<i>Acidovorax</i>	5	2.7	21	7.0
<i>Frigoribacterium</i>	2	1.1	6	2.0
<i>Stenotrophomonas</i>	0	0.0	33	11.0
<i>Xanthomonas</i>	0	0.0	14	4.7
<i>Oxalobacter</i>	0	0.0	12	4.0
<i>Arthrobacter</i>	0	0.0	10	3.3
<i>Massilia</i>	0	0.0	5	1.7
others ^f	9	4.9	18	6.0
unidentified ^g	4	2.2	13	4.3
Total no.	184	100	300	100

表 2 トマト葉の優占細菌

温室栽培と露地栽培ではトマト葉ではそれぞれ、*Bacillus* 属、*Pseudomonas* 属の細菌が優占するなど、細菌相が栽培条件で大きく異なることが明らかになりました。

水田地帯では周辺環境によって生息する鳥類が異なる

〔要約〕

利根川流域の水田地帯で、湿地性、草地性、樹林性の鳥類の生息種数を調査し、周辺土地利用との関係を解析したところ、周囲 1km² の土地利用によって、出現する鳥類種群が大きく異なることがわかりました。水田地帯で農業の変化が鳥類に及ぼす影響を検討する際には、水田周辺の環境に応じて鳥類相が異なることを考慮することが重要です。

〔背景と目的〕

水田とその周辺環境を含む水田地帯には、鳥類をはじめとする様々な生物が生息しています。しかし近年、土地利用や農業活動の変化がそこに生息する生物に対してマイナスの影響を及ぼすことが危がされています。ところが、水田が主体となる農村地域にどのような鳥類が生息するかについて、周辺環境を含め広域的に明らかにする調査は行われていませんでした。そこで水田地帯の環境と生息する鳥類との関係について調査・解析を行いました。

〔成果の内容〕

1. 利根川流域の水田地帯から 32 の調査地区（1 地区は約 1km×1km の方形）を選び、夏季（6 月）と冬季（12 月）に鳥類調査を行ったところ、全体で夏季に 51 種、冬季には 73 種の鳥類が確認されました。それらは生息地タイプ別に 8 グループに分けることができました。
2. 8 グループのうち、特に水田地帯において主要なグループである湿地性（夏季：ゴイサギなど 11 種、冬季：コチドリなど 13 種）、草地性（夏季：オオヨシキリなど 3 種、冬季：ホオジロなど 6 種）、樹林性（夏季：コゲラなど 8 種、冬季：エナガなど 9 種）の鳥類に注目して、各調査地区で出現した種数と環境との関係を回帰分析しました。夏季には、周囲 1km² に水田が多い地区では湿地性鳥類が、林地が多い地区では樹林性鳥類が、土地利用の多様度が高い（水田、放棄田、樹林地等が偏りなく存在する）地区では草地性鳥類が、それぞれ多く確認されました（図 1A）。一方、冬季には、周囲 1km² に水域が多い地区で湿地性鳥類が、林地が多い地区で樹林性鳥類が、放棄田が多い地区で草地性鳥類が、それぞれ多く確認されました（図 1B）。
3. 以上の結果から、水田地帯では周辺土地利用の賦存状態により出現する鳥類種群が大きく異なることが分かりました。したがって、土地利用や農業活動の変化が水田地帯に生息する鳥類に及ぼす影響を検討する際には、同じ水田地帯でも周辺環境によって異なる鳥類種群を対象とする必要があります。

本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「自然共生」、および、農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の「水田地域における生物生息ポテンシャル算定モデルの開発」による成果です。

リサーチプロジェクト名：水田生物多様性リサーチプロジェクト

研究担当者：生物多様性研究領域 天野達也、楠本良延、徳岡良則、山田晋（現：東京大院）、山本勝利

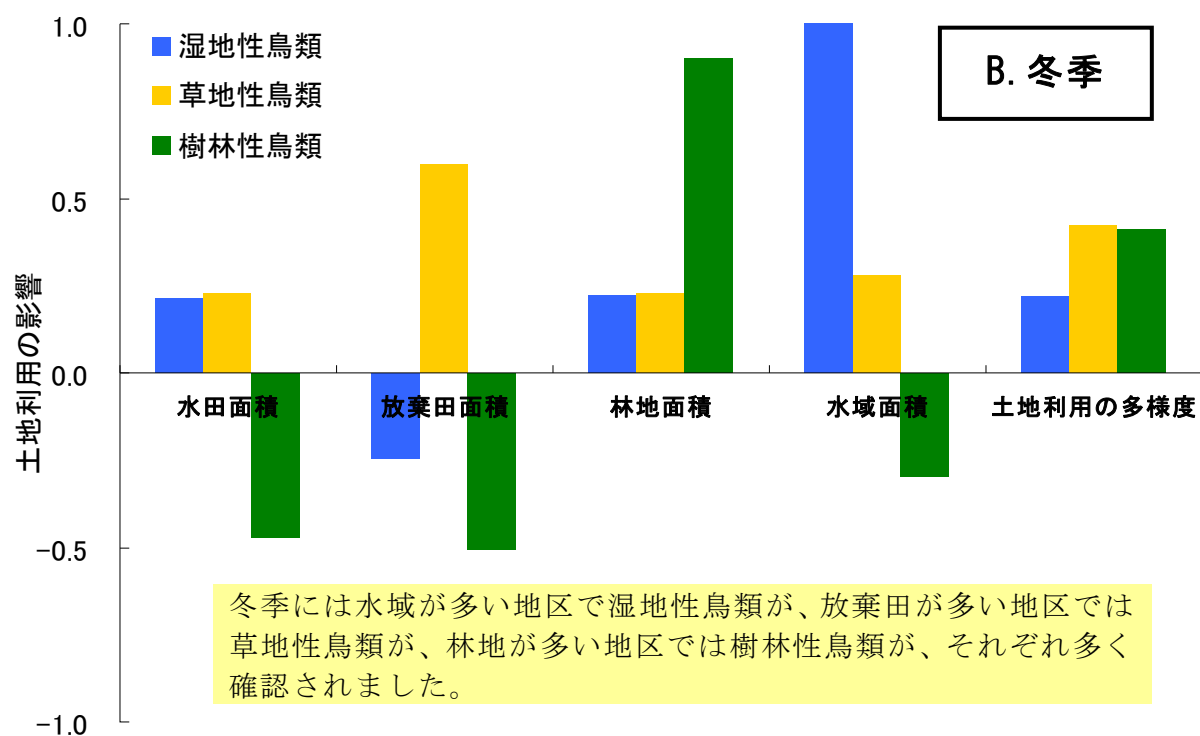
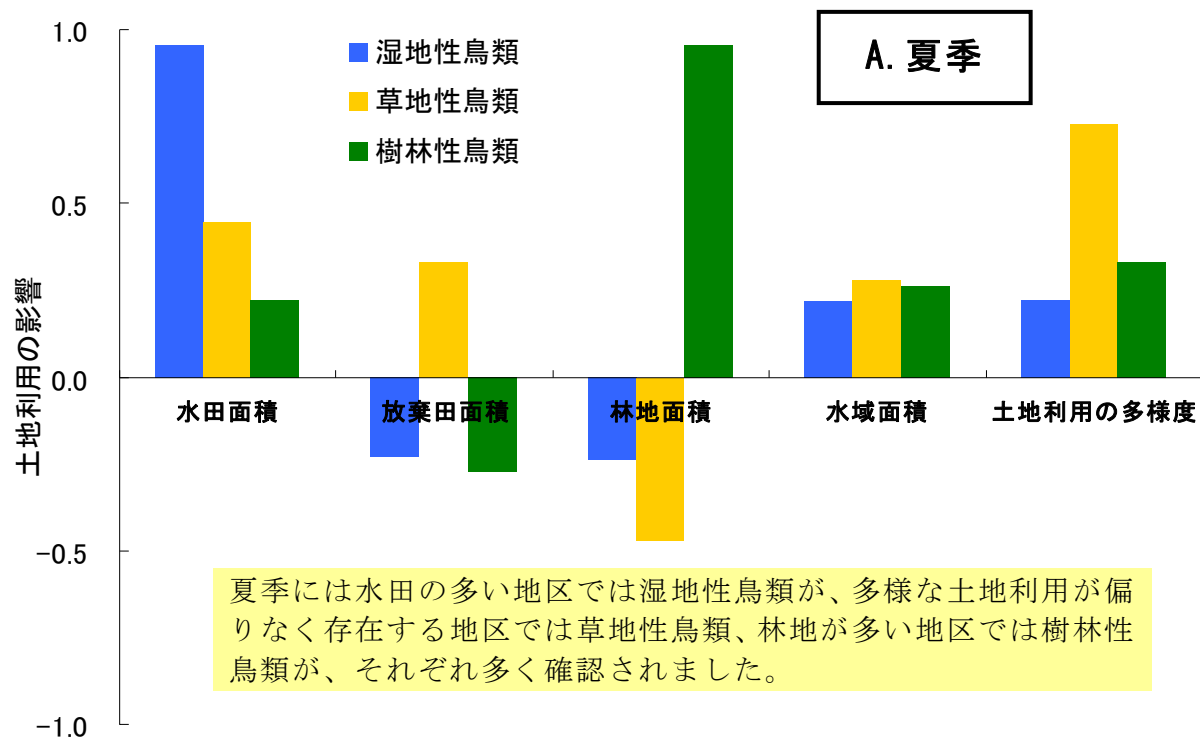


図1 利根川流域の水田地帯で鳥類の出現種数に周辺環境が及ぼす影響

各土地利用の影響は-1 から+1 の値で示され、値が+1 に近いほど強い正の影響、-1 に近いほど強い負の影響を示している。「土地利用の多様度」は、水田、放棄田、樹林地等の土地利用が偏りなく存在する程度を示す指数。

黒ボク土畑下層における不均一な水移動の定量化

〔要約〕

ほ場条件下の土壌中における不均一な水移動を、ダルシー式に従い巨視的に見て水平方向に均一とみなせる流れ（マトリックス流）と部分的に速い流れ（選択流）に区別して定量化する手法を開発しました。農環研内の黒ボク土畑下層の深さ 1 m では、選択流が年 2~7 回発生し、その量は年浸透水量の 16~27%に相当することを明らかにしました。

〔背景と目的〕

土壌中では、粗孔隙の存在や土壌マトリックスの不均一な水理学的性質等により、土壌中の一部分を水が選択的に流れる現象（選択流）が生じます。選択流中の溶質濃度は、しばしば、土壌マトリックス内を比較的ゆっくりと流れるマトリックス流中のそれとは大きく異なる値を示すことが知られています。したがって、地下水汚染物質等の輸送過程を説明・予測するためには、マトリックス流と選択流を区別して定量する必要があります。しかし、これまで、これらの流量をほ場条件下で区別して定量する方法がありませんでした。そこで、土壌水分状態をほぼ自然のまま測定できる TDR プローブとテンシオメータによる観測値を用いて土壌中の不均一な水移動を定量化する手法を開発すると共に、ほ場条件下での選択流量の年次変化を明らかにする研究を行いました。

〔成果の内容〕

農環研内の黒ボク土畑ほ場において、深さ 1 m の体積含水率、深さ 90 および 110 cm の圧力水頭を測定し、深さ 1 m を横切るマトリックス流（ダルシー式に従い巨視的に見て水平方向に均一とみなせる流れ）を算出しました（図 1）。さらに、深さ 1 m までの平均体積含水率の実測値から保水量を求め、降雨開始から終了直後までの期間の土層内水収支より、選択流（土壌中の一部分を急速に流下する流れ）量を推定しました（図 1）。

図 1 の降雨イベントでは、深さ 1 m から鉛直下方へのマトリックス流量が合計 24.1 mm であったのに対して、選択流は合計 48.7 mm 発生しました。このことから、選択流が大雨時の急速な下層排水に大きく貢献したことが分かります。農環研内の黒ボク土畑ほ場における 7 年間（1997~2003 年）の観測結果より、深さ 1 m から鉛直下方への選択流は年 2~7 回しか発生しないこと、それにも関わらず、その量は年浸透水量の 16~27%に達することが分かりました（図 2）。

このように、黒ボク土畑における大雨時の排水性や地下水涵養に対して、選択流は重要な役割を果たしています。これらの知見は、黒ボク土畑からの硝酸性窒素等の地下水汚染物質の溶脱過程の実態解明および予測モデル開発等に貢献します。

リサーチプロジェクト名：栄養塩類リスク評価リサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 江口定夫、長谷川周一（現：北海道大院）

発表論文等：1) Hasegawa and Sakayori, Soil Sci. Plant Nutr., 46: 661-671 (2000)

2) Hasegawa and Eguchi, Soil Sci. Plant Nutr., 48: 227-236 (2002)

3) Eguchi and Hasegawa, Soil Sci. Soc. Am. J., 72: 320-330 (2008)

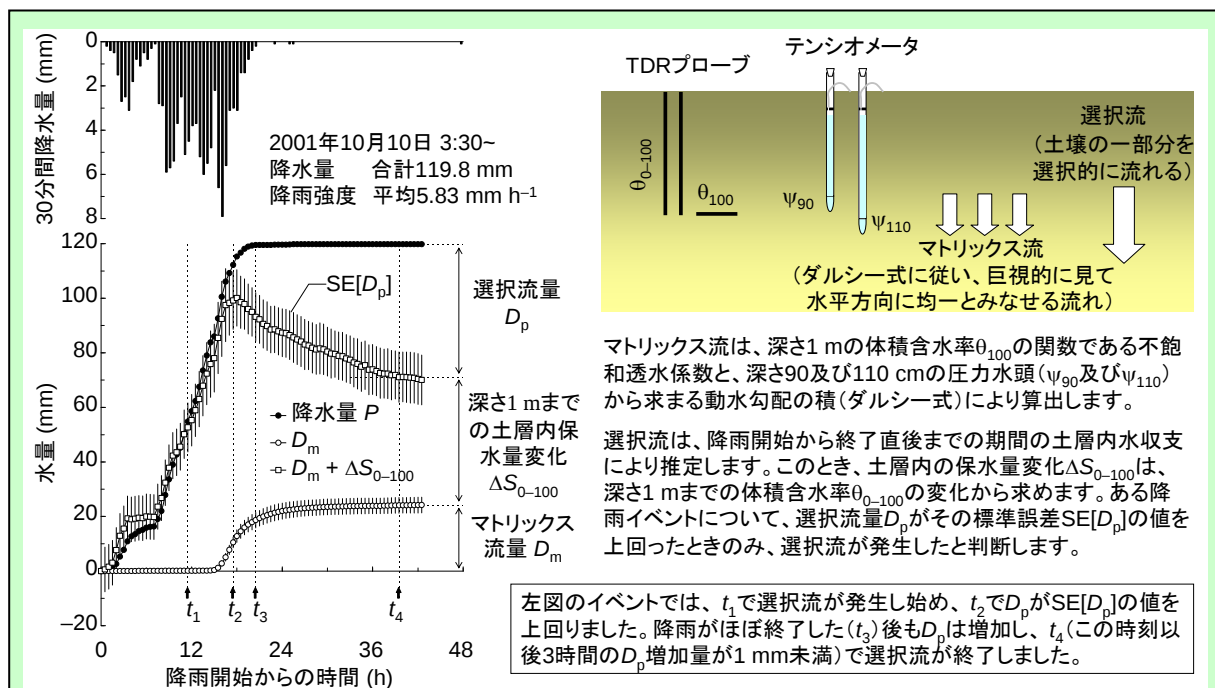


図1 土壌中の不均一な水移動を定量化する方法

この手法では、TDRプローブとテンシオメータによって測定した体積含水率と圧力水頭の実測データを用いて、土壌中の不均一な水移動を、ダルシー式に従い巨視的に見て水平方向に均一とみなせる流れ(マトリックス流)と、土壌中の一部分を急速に流下する流れ(選択流)に区別して定量することができます。

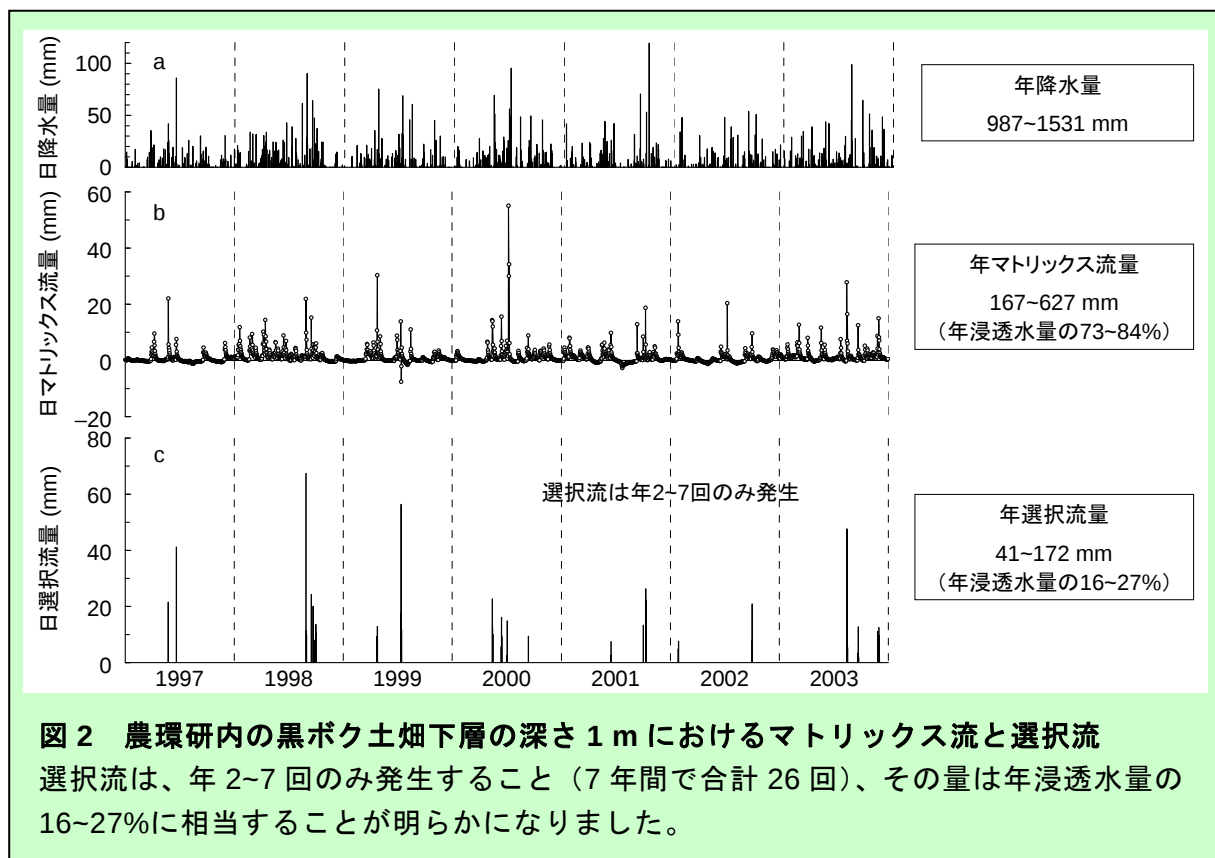


図2 農環研内の黒ボク土畑下層の深さ1 mにおけるマトリックス流と選択流
選択流は、年2~7回のみ発生すること(7年間で合計26回)、その量は年浸透水量の16~27%に相当することが明らかになりました。

台地に隣接した水田下の浅層地下水における脱窒の定量化

〔要約〕

茶栽培の盛んな洪積台地に隣接した水田下の浅層地下水では、脱窒活性が局所的に高い場所が存在し、その脱窒速度は $32.6 \text{ mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ と大きいことが明らかになりました。これより、水田下の浅層地下水における脱窒が農業集水域からの硝酸性窒素除去に大きく寄与していることが初めて定量的に示されました。

〔背景と目的〕

農業集水域からの硝酸性窒素除去に対して、水田土壌の表層または田面水中における脱窒が役立つことは、多くの研究により明らかにされています。一方、水田下の浅層地下水における脱窒については、定性的な知見は得られているものの、脱窒反応が水質浄化にどれだけ寄与しているかを判断するための定量的な知見は得られていません。本研究では、愛知県内の茶栽培の盛んな洪積台地に隣接した水田群を対象として、浅層地下水における脱窒反応を定量的に評価しました。

〔成果の内容〕

茶栽培の盛んな洪積台地と沖積水田群の境界に位置する地点 P4 (図 1) の深さ 2.5~2.8 m 付近の砂質の洪積帯水層中では、茶園の施肥に由来する硝酸イオン (NO_3^-) を高濃度で含む被圧地下水 (静水圧より圧力が高い) が流れています (図 2 と 3 a)。この被圧地下水は鉛直上向きへも流れ、沖積帯水層中へ流入します (図 2)。地下水の水素及び酸素の安定同位体比 ($\delta\text{D-H}_2\text{O}$ 及び $\delta^{18}\text{O-H}_2\text{O}$) の鉛直分布 (図 2 b と 2 c) から、深さ 2 m の地下水は、深さ 2.5 m の被圧地下水と深さ 1.5 m の不圧地下水 (圧力が静水圧にほぼ等しい) が約 2:1 で混合したものとみなすことができます。

深さ 2 m 付近における NO_3^- 除去 (図 3 a) 速度は、 NO_3^- 濃度分布と地下水流速から、物質収支に基づき $32.6 \text{ mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ($119 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) と推定しました。一般に、脱窒過程では動的同位体分別効果により NO_3^- の窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$) の値が上昇しますが、この深さでも同様の結果が得られました (図 3 b)。また、この深さの重炭酸イオン濃度上昇 (図 3 c) は、従属栄養型脱窒反応の二酸化炭素生成に由来する (図 3 の式) と考えることにより、見かけ上、ほぼ定量的に説明することが出来ました。

以上の結果より、茶栽培の盛んな洪積台地に隣接した沖積水田下の浅層地下水を対象として、水田下の浅層地下水における脱窒が農業集水域からの硝酸性窒素除去に大きく寄与していることが初めて定量的に示されました。

本研究の一部は、科学技術振興機構の戦略的国際科学技術協力推進事業による成果です。

リサーチプロジェクト名：栄養塩類リスク評価リサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 江口定夫、中島泰弘、藪崎志穂 (筑波大、現：立正大)、糟谷真宏・柴山浩子・恒川歩・今井克彦 (愛知県農総試)

発表論文等：1) 恒川ら、日本土壌肥科学雑誌、77(2): 207-211 (2006)

2) 江口、日本土壌肥科学雑誌、79(2): 213-227 (2008)

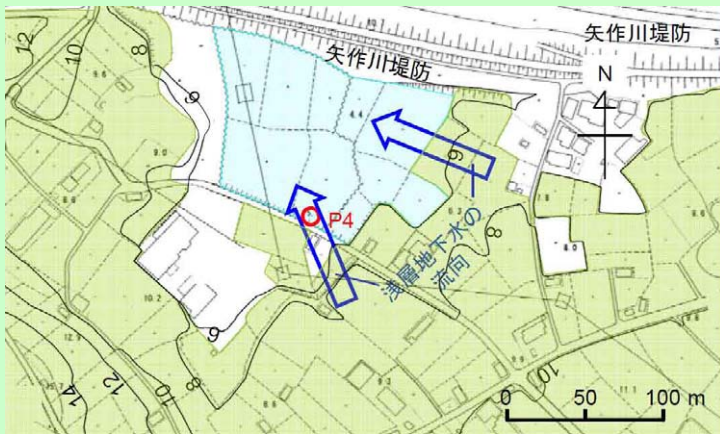


図1 茶栽培の盛んな台地に隣接した水田群

水田群（水色部分）内に設置したピエゾメータにより、深さ別の地下水の圧力水頭と水質を測定しました。これまでの研究により、地点 P4 付近において、台地由来の地下水中の硝酸イオン濃度が大きく低下することが分かっています。

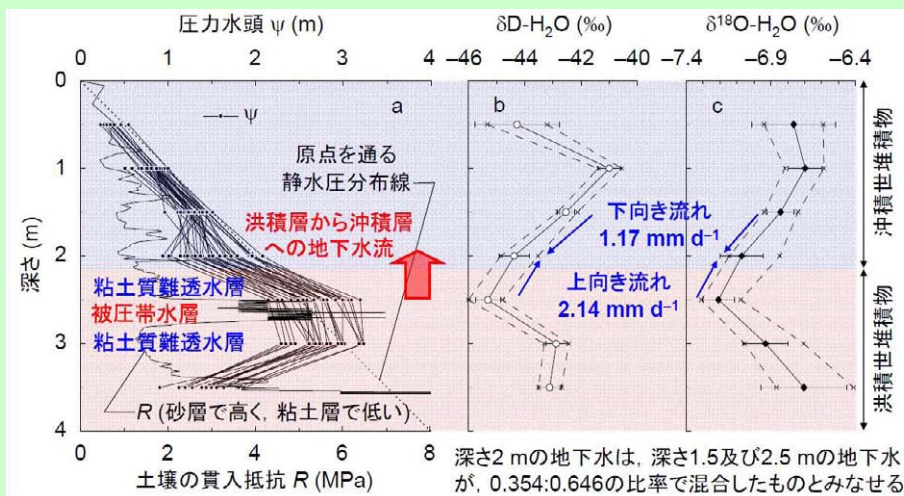


図2 地点 P4 における鉛直方向の地下水混合

台地由来の被圧地下水は鉛直上向きへも流れ、冲積帯水層の不圧地下水と混合します。深さ別の透水係数と圧力水頭から、流速が推定できます。

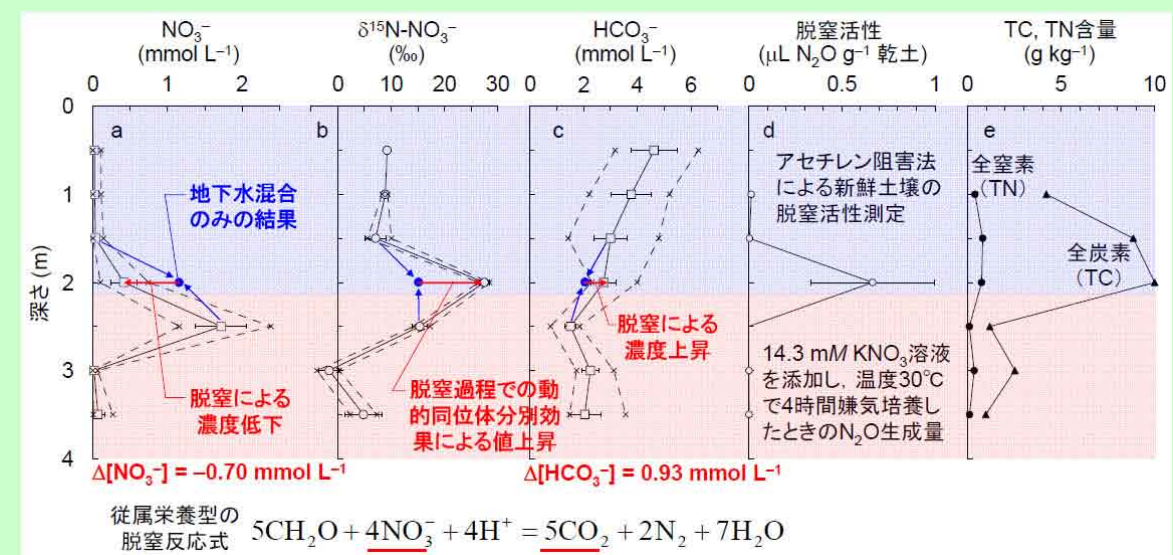


図3 洪積層と冲積層の境界付近（地点 P4 の深さ 2 m）における脱窒の定量的評価
有機物含量が高く、土壌培養による脱窒活性が高い洪積層と冲積層の境界付近における硝酸イオン除去速度は、物質収支より $32.6 \text{ mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ と推定されました。また、その反応は、見かけ上、従属栄養型の脱窒反応式によりほぼ説明できました。

土壌特性・土層構成に基づく硝酸性窒素の 地下水到達時間の面的予測

〔要約〕

利根川流域内の農耕地を対象として、土壌特性・土層構成などのデータをもとに、硝酸性窒素の地下水到達時間を面的に予測しました。地下水面の深さや浸透水量の違いにより、地下水到達時間には約 0.4～31 年と大きな違いが見られました。

〔背景と目的〕

農耕地から溶脱した硝酸性窒素による地下水汚染が懸念されています。しかし、硝酸性窒素が地下水に到達するにはある程度の時間を要するため、施肥管理が変わっても、その影響がただちに地下水水質の変化となって現れるわけではありません。本研究では、土壌特性・土層構成、地下水位と気象観測値をもとに、利根川流域内の農耕地(水田を除く)を対象として、硝酸性窒素の地下水到達時間の面的な予測を行いました。

〔成果の内容〕

利根川流域内の農耕地には、土壌特性と土層構成が異なる多くの土壌が分布しています。ここでは、流域内に分布する土層を 14 種類に類型化し、水分保持・透水特性と陰イオン吸着に関わるパラメータの値を求めました。また、流域内の浅層地下水位と年間の正味浸入水量(降水量と蒸発散量の差)を、国土交通省水基本調査データと利根川水系内の気象観測値から内挿補間により求めました。これらをもとに、土層構成が既知の農耕地(水田を除く)213 地点について、水分移動予測ソフトウェア(HYDRUS-1D)を使って体積含水率(土壌の体積のうち水が占める割合)の土層内分布を推定し、その結果と年間の正味浸入水量から、土壌表面に存在した水が浅層地下水面に到達するのに要する時間を求めました。さらに、遅延係数(陰イオン吸着による硝酸性窒素の水に対する移動の遅れ)の土層内分布から、硝酸性窒素の地下水到達時間を推定しました。得られた地下水到達時間は内挿補間し、流域内での面的分布を求めました。

土層内での硝酸性窒素の下方移動速度には、年間の正味浸入水量に加えて土壌特性や土層構成が影響し、体積含水率や陰イオン吸着による遅延係数が大きい土層が厚く分布している地点では、硝酸性窒素の下方移動が遅いことが分かりました(図 1)。

降水量や土壌特性・土層構成、地下水面の深さなどの違いのために、予測した地下水到達時間には約 0.4～31 年と大きな差が見られました。また、難透水性の粘土層が分布する地域では、降雨時に浸透水の水平方向への流出がみられ、地下水到達時間も短いことが分かりました(図 2)。このように、硝酸性窒素の地下水到達時間には地点による違いが大きいたことが明らかになりました。環境保全的な農法の地下水水質に対する効果を評価するには、これらの点を考慮することが必要です。

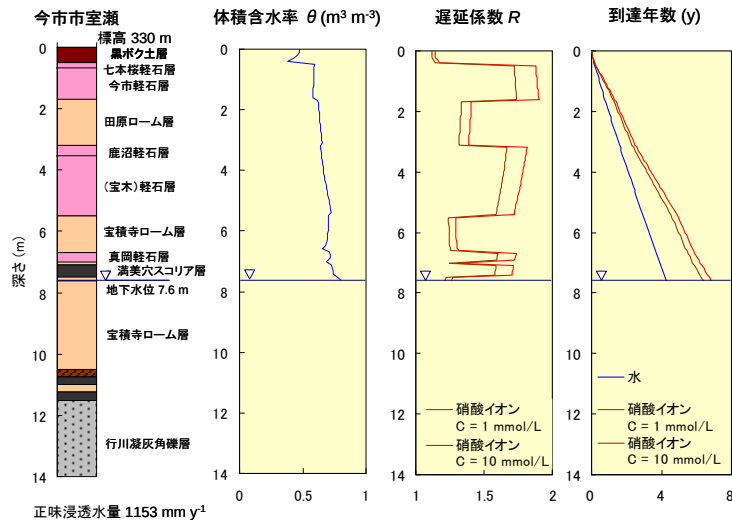
本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「自然共生」による成果です。

リサーチプロジェクト名：栄養塩類リスク評価リサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 加藤英孝、坂口敦、家田浩之、

中野恵子(現：(独)農業・食品産業技術総合研究機構)

地点113 今市扇状地



地点297 下総台地

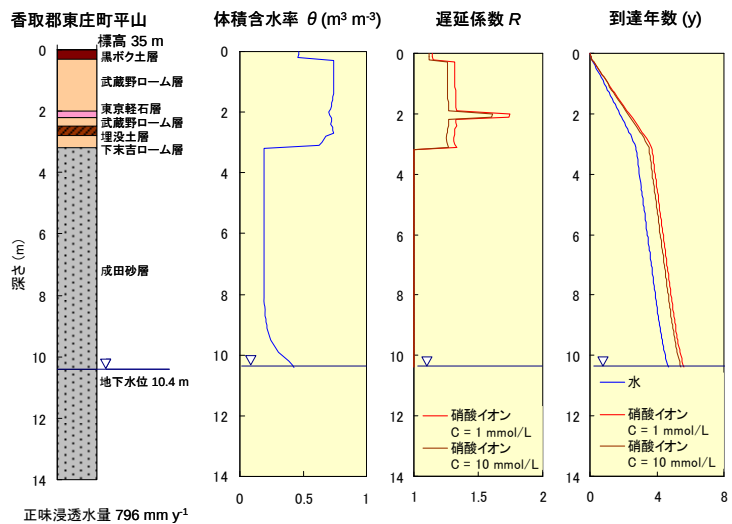


図1 土層構成が異なる地点での硝酸性窒素の深さ別到達時間

土壌の体積含水率や陰イオン吸着による遅延係数が大きい土層では、硝酸性窒素の下方移動に時間がかかることが分かります。

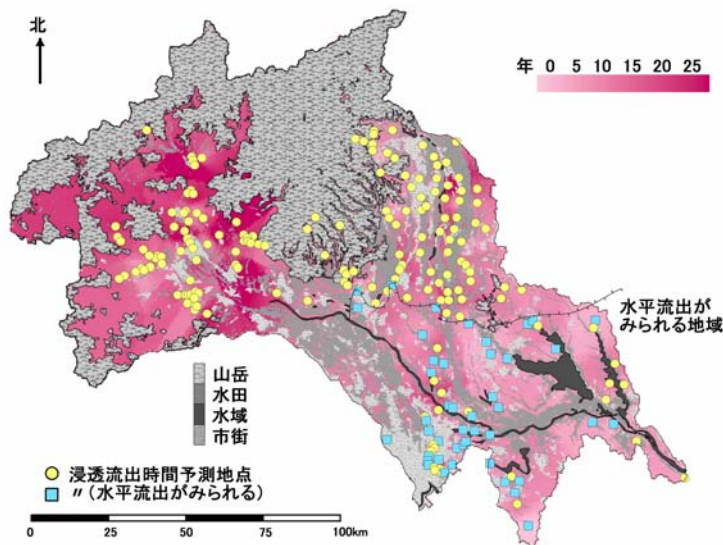


図2 利根川流域内の農耕地（水田を除く）における硝酸性窒素の地下水到達時間の面的分布

降水量や土壌特性・土層構成、地下水面の深さなどの違いのために、予測した地下水到達時間には約0.4～31年と大きな差が見られました。

土壌線虫の簡易同定に役立つ画像付形質一覧表の公開

〔要約〕

関東北部の畑の代表的な土壌線虫（62 属）の分類・同定に有用な形質項目を一覧表に取りまとめ、公開しました。そのうち、29 属の線虫については、特徴を捉えた鮮明な画像を見ることができます。

〔背景と目的〕

わが国の農耕地の土壌線虫相は植物寄生性線虫を除いてほとんど明らかにされておらず、同定に利用できる資料もあまりありません。そこで、茨城県の畑圃場から見出されるほぼすべての土壌線虫をリストアップし、それらの形態的特徴を属（一部科）レベルの同定に利用できるような形質一覧表にしました。

〔成果の内容〕

土壌線虫の形質一覧表は農業環境技術研究所（農環研）の Web サイトからアクセスできます（URL：<http://www.niaes.affrc.go.jp/inventory/nemapics/>）。この形質一覧表には、研究所構内の不耕起堆肥連用ほ場の 12 年にわたる調査で見出された 58 属のほか、茨城県で見出される植物寄生性線虫 4 属を加えた 62 属（一部科レベル）の線虫を取り上げました（図 1）。また、同定に役立つ特徴を捉えた鮮明な顕微鏡写真（29 属）を表にリンクさせ、表示できるようにしました（図 2）。

本形質一覧表は、体の大きさなどの記述では主として成虫を対象としています。同じ属でも成虫と幼虫で形態が著しく異なるシストセンチュウやネコブセンチュウ、あるいは形態の異なる耐久態幼虫を生じる *Pristionchus* 属線虫などは成虫や耐久態幼虫を区別して扱いました（図 1）。

また、分類学で重要視される、線虫の頭部、口腔の形態、飾り、食道や尾部など、40～100 倍程度の低倍率でも観察できる体の概形や大きさ、プロポーションを示しています。したがって、低倍率での観察することが多い土壌線虫の群集構造の解明の際などに有効です。

今後、水田、畑、草地などの主要線虫を追加するとともに、未掲載の線虫画像も拡充して行きます。

リサーチプロジェクト名：環境資源分類・情報リサーチプロジェクト

研究担当者：生物生態機能研究領域 荒城雅昭

図1 公開した形質一覧表のトップページ（部分）

線虫属名をクリックすると画像が表示されます。

土壌線虫画像データベース：属レベル簡易同定のための形質一覧表

この画像データベース、形質一覧表は、農業環境技術研究所不耕起地肥運用圃場に分布する線虫を対象に作成していますが、関東地方の畑、水田、雑木林、草地などの主要線虫を順次追加していく予定です。
 線虫属名をクリックすると画像（写真）が表示されます。画像データベース（形質一覧表）へはブラウザの「戻る」で戻ってください。
 画像（写真）が用意できなかった線虫属があります。これらの画像は今後追加していきます。
 各線虫属の形質的特徴、一覧表に集約した、省スペースキーワードの表を掲載しています。形質的特徴のキーワードの表の裏面の説明は、こちらをご覧ください。
 各キーワードの上にマウスカーソルを置くとその説明が図とともに表示されるようにする予定です。

所属目名	線虫属	体の形状			頭部					食道の特徴	尾部		
		大きさ、プロポーション	形状	曲り具合	楕円形	唇・頭部骨格・Cephalic Sensilla	口唇部のくびれ	口腔の特徴	口針／歯針の特徴		楕円形雄成虫除く	曲り具合	尾端の形状
Tylenchida目	<i>Filenchus</i>	細長	糸状	直	細丸	なし	—	口針	細短、節球	（中部食道球）	糸状	直	糸直
Tylenchida目	<i>Helicotylenchus</i> :ラセンセンチュウ	中庸～小型	棒状	らせん	丸	骨格発達	オフセット	口針	明瞭、節球	中部食道球	半円	—	丸尾
Tylenchida目	<i>Pratylenchus</i> :ネグサレセンチュウ	中庸～小型	棒状	やや屈曲	平丸～角	骨格発達	オフセット	口針	明瞭、節球	中部食道球	三角～台形	腹側(微)	切断～鈍尾～丸尾
Tylenchida目	<i>Heterodera</i> 幼虫シストセンチュウ幼虫	中庸	涙滴	直～(屈曲)	丸	骨格発達	オフセット	口針	明瞭、節球	中部食道球	細三	直	三直
Tylenchida目	<i>Heterodera</i> 成虫シストセンチュウ成虫	大型	棒状	屈曲	丸	骨格発達	オフセット	口針	明瞭、節球	中部食道球	半円	—	丸尾
Tylenchida目	<i>Meloidogyne</i> 幼虫ネコブセンチュウ幼虫	中庸	涙滴	直～(屈曲)	丸	なし	ややオフセット	口針	や明瞭、節球	中部食道球	細三	直	三直
Tylenchida目	<i>Meloidogyne</i> 雄成虫ネコブセンチュウ雄成虫	大型	棒状	屈曲	丸	なし	オフセット	口針	明瞭、節球	中部食道球	半円	—	丸尾
Tylenchida目	<i>Cricanema</i> :ワセンチュウ	太短	棒状	(型)	平丸	なし	—	口針	長大、節球	合体食道球	長円	—	丸尾
Tylenchida目	<i>Paratylenchus</i> :ビセンチュウ	小型	涙滴	(型)～し字	細丸	なし	—	口針	明瞭、節球	合体食道球	細三	直	三直
Tylenchida目	<i>Paratylenchus</i> 雄成虫	中庸	紡垂	直～(型)	細丸	なし	—	不明瞭	不明瞭	不明瞭	三角	直	三直
Tylenchida目	<i>Ditylenchus</i>	細長	涙滴	直	細丸	なし	—	口針	細短、節球	（中部食道球）	糸三	直	糸直
Tylenchida目	<i>Safranema</i>	細長	涙滴～棒状	直～(型)	細丸	なし	—	口針	細短、(節球)	（中部食道球）	細三	腹側(微)	<i>Safranema</i> 型
Tylenchida目	<i>Aphelenchus</i>	大型～小型	棒状	直～(屈曲)	丸	なし	—	口針	細短	食道球発達	長円	—	丸尾
Tylenchida目	<i>Aphelenchoides</i>	中庸～細長	涙滴～棒状	(型)～し字	細丸	なし	—	口針	や明瞭、節球	食道球発達	細三	腹側	突起
Rhabditida目	<i>Rhabditidae</i>	中庸～小型	紡垂	直	細角	なし	<<びれ>	筒状	—	後部、螺旋型	糸三～細三	直	糸直～三直
Rhabditida目	<i>Rhabditidae</i> 耐久型幼虫	中庸	涙滴(DL)	直	細丸	(トゲ)	—	不明瞭	—	(後部、螺旋型)	糸三～細三	直	糸直～三直
Rhabditida目	<i>Diploscarter</i>	中庸～小型	紡垂	直	細	フック	<<びれ>	筒状	—	後部、螺旋型	糸三～細三	直	糸直～三直
Rhabditida目	<i>Buonema</i>	小型	紡垂	(型)	細	楔面	<びれ>	筒状	—	後部、螺旋型	三角	直	三直
Rhabditida目	<i>Cephalobus</i>	小型	棒状	(型)	細角	なし	—	小腔	—	後部、螺旋型	長円	腹側(微)	丸尾
Rhabditida目	<i>Eucephalobus</i>	中庸～小型	紡垂	直～(型)	細角	なし	—	小腔	—	後部、螺旋型	三角	直	三直
Rhabditida目	<i>Paratylenchoides</i>	中庸～大型	涙滴	直～(型)	細角	なし	—	小腔	—	後部、螺旋型	糸三	直	糸直
Rhabditida目	<i>Acarabolia, Colabaria</i>	中庸	紡垂	直～(型)	細	ブラシ	—	小腔	—	後部、螺旋型	三角	腹側(微)	三直

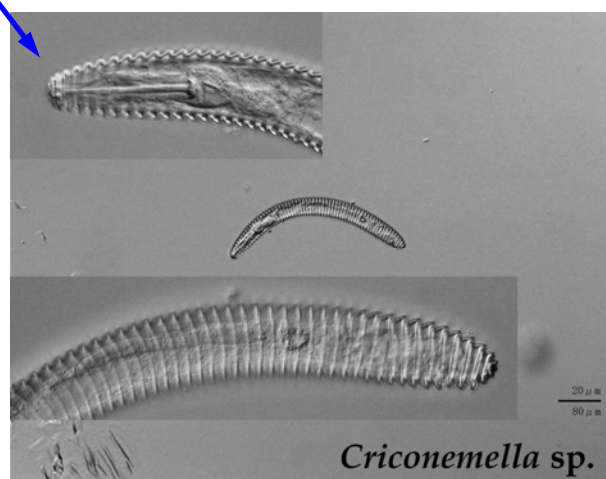
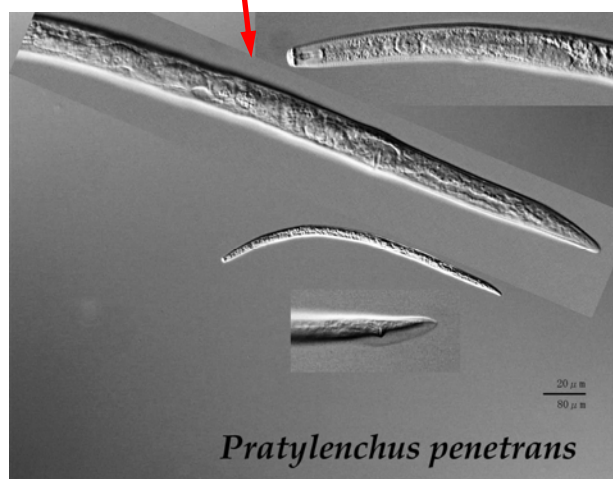


図2 リンクさせた線虫画像（例）

左： *Pratylenchus* 属キタネグサレセンチュウ，右：ワセンチュウの一種

未来の水田生態系を予測する周年開放系温暖化実験システム

〔要約〕

日本の代表的な農耕地生態系である水田での水稻の生育・収量や炭素・窒素収支が、地球温暖化によってどう変化するかを実験的に明らかにするために、水田生態系における周年開放系温暖化実験システムを開発しました。

〔背景と目的〕

地球温暖化は、夏季の水田生態系において、水稻の生育や収量だけでなく水田からの二酸化炭素やメタンの発生にも影響すると懸念されています。また、冬季の非作付期間の温度上昇は、土壌水分や土壌微生物活性の変化を通じて年間の炭素・窒素収支を変え、長期的に夏季の水稻生育環境や温室効果ガス動態に影響を及ぼす可能性があります。これらの長期的な応答を明らかにするためには周年で温暖化実験を行う必要があります。そこで、夏季の水稻生育期間と冬季の非作付期間にわたり、屋外の水田生態系を温暖化できる周年開放系温暖化実験システムを、世界で初めて開発しました。

〔成果の内容〕

農業環境技術研究所内の水田に、4反復の温暖化区と対照区を設けました(各4×5m)。夏季の水稻生育期間は、電気温床線を畝間の水中に設置し、温暖化区の水温が対照区より2℃高くなるように、温度調節計を用いて自動的に制御しました(図1: PROSPECT)。水温について設定通りの制御ができ、水稻の根圏の地温も加温できていました。

冬季の畑状態の非作付期間は、電気温床線による制御が困難なため、赤外放射反射シートを用いて夜間の放射冷却を抑制することにより夜間の地温を上昇させる装置を開発しました(図2: PROPHET)。シートの展張と巻き取りはモーター付巻取機をデータロガーで操作することにより自動的に行いました。この温暖化処理により、夜間の地表面温度は対照区より1~4℃高く維持できました。特に深さ10cmでは夜間のシート被覆による保温効果が昼間まで残っており、土壌が安定的に温暖化されていることがわかりました。

開発された周年温暖化実験水田で水稻の出穂日を調べたところ、温暖化に対する出穂時期の反応に品種間で違いがあることなど(表1)、水稻の生育への温暖化影響について興味深い結果が得られつつあります。このように、周年開放系温暖化実験システムを用いて、地球温暖化が水田生態系の生産性や物質循環に及ぼす影響についての実験データが得られるようになりました。

(PROSPECTはPaddy Rice On-Season Powered Elevation of Cultivation Temperature、PROPHETはPaddy Rice Overnight Passive Heating Experiment in Tsukubaの略で、共に未来の水田生態系を正しく予言・予報する者との意味を含めて命名しました。)

本研究は、運営費交付金および農林水産省委託プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響の評価と高度対策技術の開発」による成果です。

リサーチプロジェクト名：作物生産変動要因リサーチプロジェクト
研究担当者：大気環境研究領域 吉本真由美、福岡峰彦、長谷川利拡

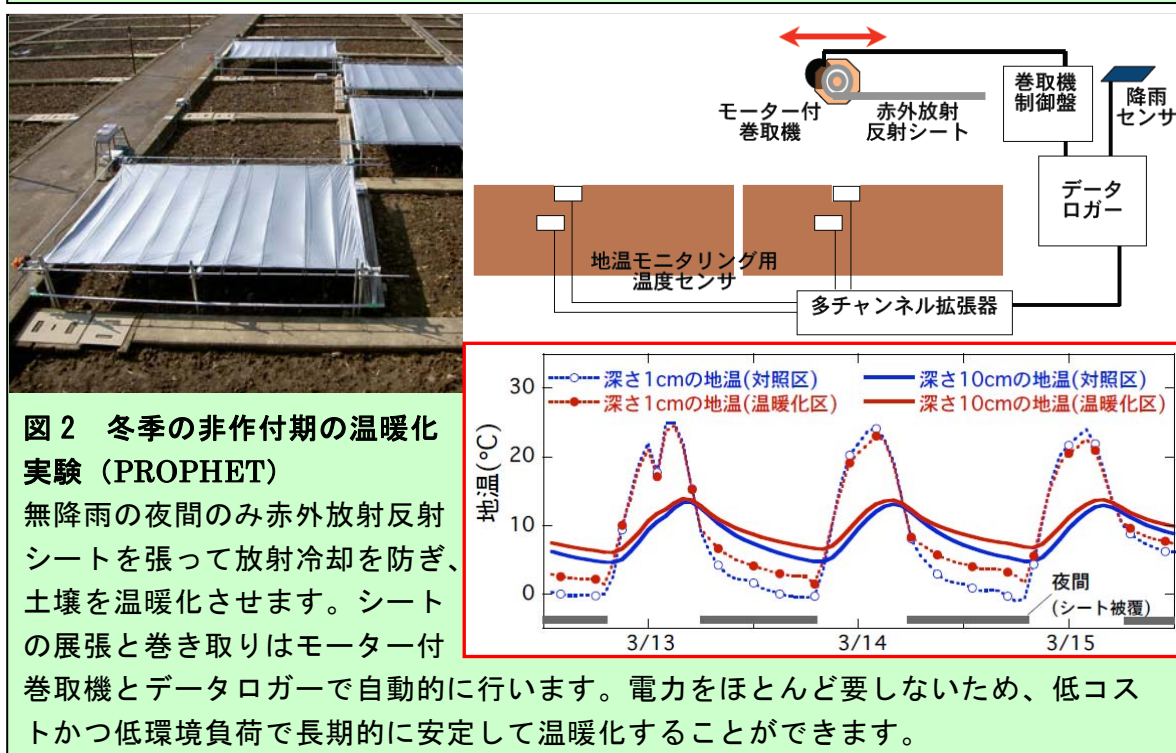
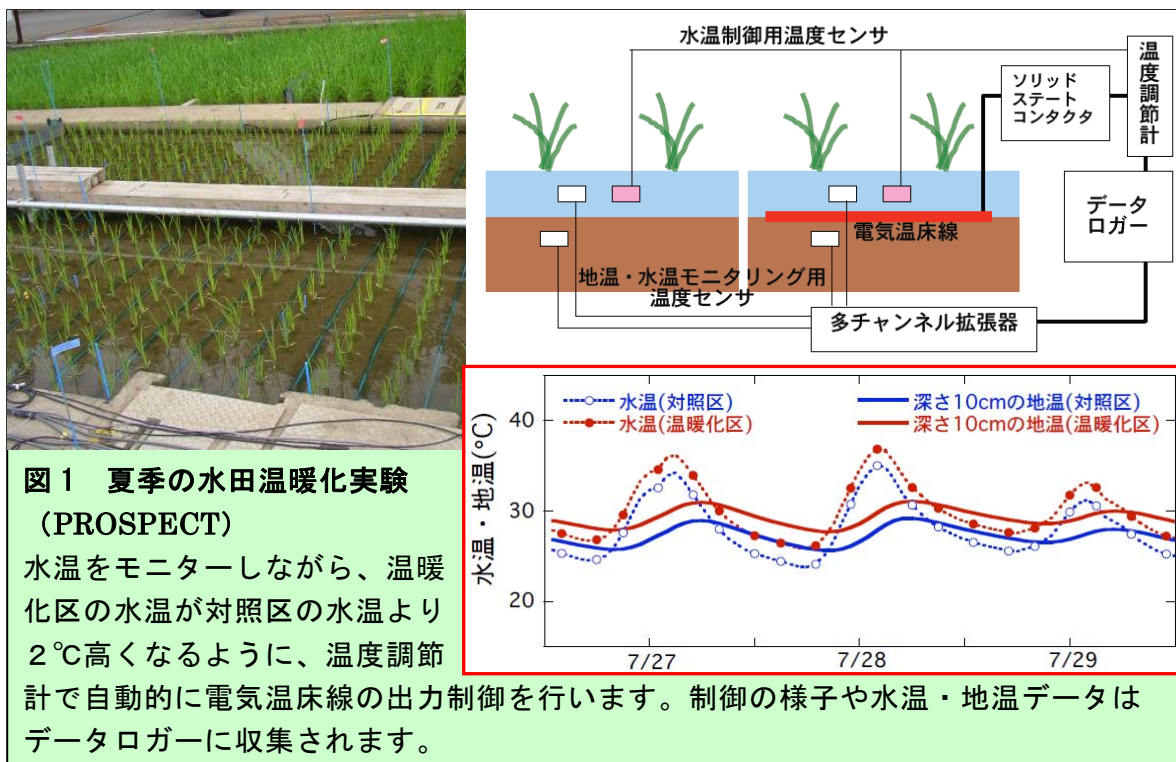


表1 開放系温暖化処理に対する水稻の出穂日

温暖化により出穂が早まる品種もあれば影響を受けない品種もありました。気象制御室のような閉鎖系実験でなく、実際の栽培環境に非常に近いほ場を対象とした開放系温暖化実験データが得られるようになりました。

品種	温暖化区	対照区
あきたこまち	8/11	8/13
初星	8/13	8/15
コシヒカリ	8/16	8/16
タカナリ	8/23	8/25
ヒノヒカリ	8/28	8/29
武香梗14号	9/4	9/4
処理平均	8/21	8/22

天水田地帯の水稻収量を推定する簡易モデル

〔要約〕

地球規模の気候変化とそれに伴う水循環変動が農業生産へ与える影響を評価する枠組みの一環として、降水量などの気象要素、作物の水と窒素利用から、天水田地帯における水稻地域収量の趨勢と変動を合理的に説明・予測するモデルを構築しました。

〔背景と目的〕

天水田は世界のコメ生産面積の約 1/3 を占める重要な生産環境です。天水田の稲作は、植え付け時期や栽培期間が降雨に強く依存するため、今後予想される気候変化や水循環変動による影響が懸念されています。これまでに圃場スケールの収量を予測するモデルは構築されていますが、地域スケールでの収量変動を定量的に評価する手法がなく、そのことが気候変化の影響予測の不確実性要因となっています。そこで、天水田が多く分布する東北タイを対象に、主要な変動要因を取り入れた簡易収量予測モデルの構築を目的としました。

〔成果の内容〕

開発したモデルは、降水パターンなどに依存する稲作暦を推定する部分と水稻の成長・収量を予測する部分からなります。稲作暦については、東北タイにおける農家聞き取り調査を基に、3 ヶ月に及ぶ移植日の地域内分布（移植水田割合）を降水パターンからモデル化しました（図 1）。また、移植日ごとの生育日数は日長と気温の関数で再現することができました（図 2）。水稻の収量予測については、作物の水利用に比例した乾物生産と収穫指数の積からなる一般的な簡易収量モデルに、投入窒素の影響を取り入れたモデルを新たに開発しました。なお投入窒素量は、FAO 統計から容易に入手できるものを使用しています。地域収量は、移植日ごとに計算した収量を日々の移植水田割合で重み付けすることで求めます。このように地域内の移植日の分布を考慮することで、東北タイの県別収量の地理的、時間的変動をよく説明することができました（図 3、4）。また、投入窒素の影響を導入することにより、過去 25 年間の県別収量の増加趨勢を再現できるようになったことも、本モデルの重要な特徴です（図 4）。気候シナリオと組み合わせることによって、将来の収量変動の予測に利用できます。また、このモデルは天水田用に開発しましたが、基本的なモデル構造は灌漑地域においても適用可能です。プログラムやフローチャートを含むモデルの詳細はマニュアル（発表論文等 3）を参照ください。

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「水循環変動」、交付金プロジェクト「コメ生産」による成果です。

リサーチプロジェクト名：作物生産変動要因リサーチプロジェクト

研究担当者：大気環境研究領域 長谷川利弘、澤野真治、桑形恒男、石郷岡康史、早野美智子、後藤慎吉、鳥谷均

発表論文等：1) Hasegawa et al, Paddy and Water Environment, 6: 73-82 (2008)

2) Sawano et al, Paddy and Water Environment, 6: 83-90 (2008)

3) 農林水産省委託プロジェクト「水循環」モデル連絡会編「AFFRC 水—食料モデルの統合化ハンドブック」2008 年 3 月（発行者：プロジェクト事務局、農村工学研究所 農地・水資源部水文水資源研究室 Tel 029-838-7538）

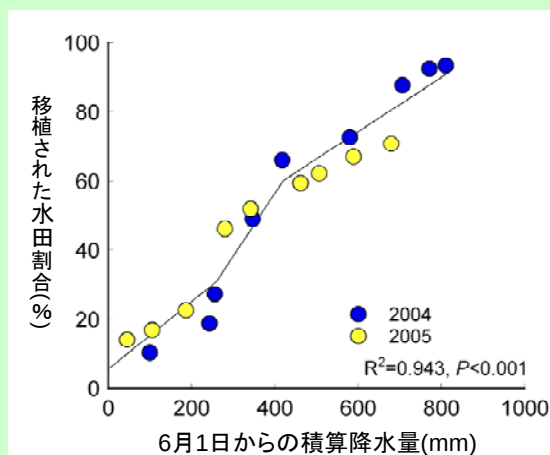


図1 東北タイにおける移植水田割合と6月1日からの積算降水量との関係。データは2004年と2005年に実施した農家聴取調査から。

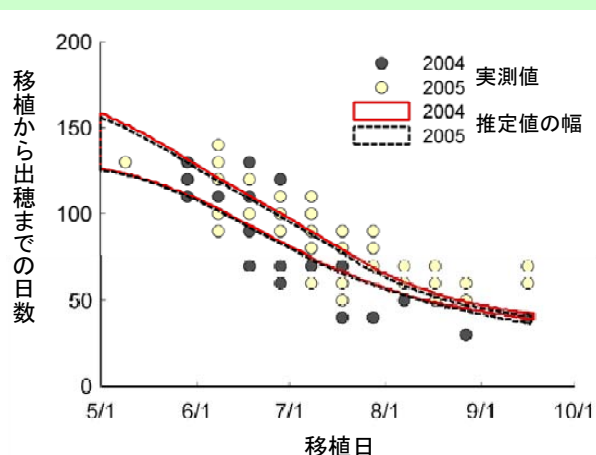


図2 東北タイ天水田における移植日と出穂までの日数との関係。実測は聴取調査、推定値の幅は11気象観測地点のデータと温度・日長の発育関数を用いて算出。

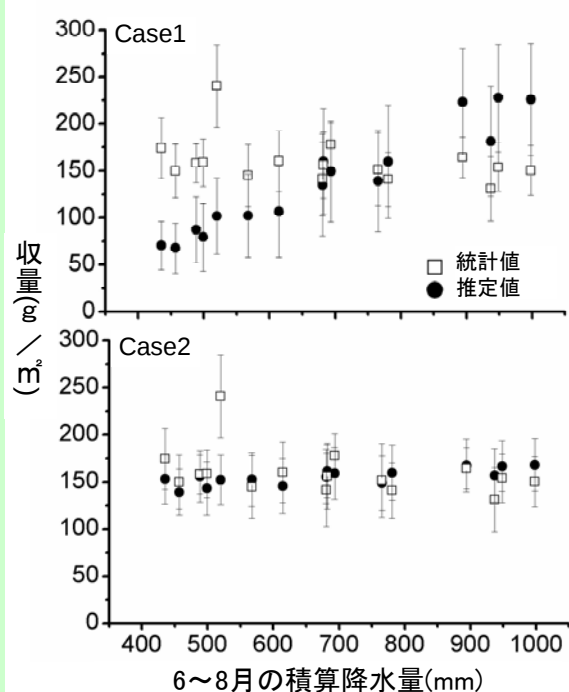


図3 東北タイの県別収量と6~8月の積算降水量の関係。25年平均と標準偏差。

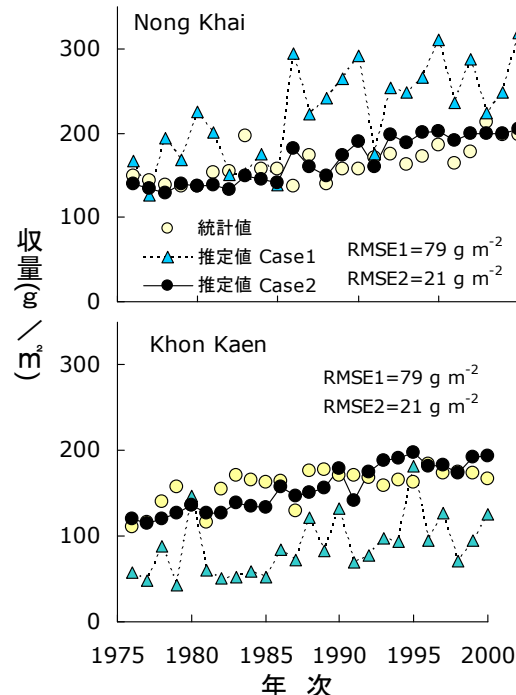


図4 東北タイの過去25年の収量の経年変化(2県を例示)。RMSEは標準推定誤差。

Case 1 は、移植日の幅を考慮せず、積算降水量が一定値に達したときに移植されたと仮定した場合の推定収量。Case2 は、移植日の分布を考慮した場合(本モデル)の推定収量。移植日の分布を考慮することで、実測県別収量の地理的、時間的変動をよく再現できました。

黄砂とともに飛来する放射性セシウム (^{137}Cs)

[要約]

日本における ^{137}Cs 大気降下量の変動に、黄砂現象が強く関与しています。顕著な降下が認められた事例について調査したところ、 ^{137}Cs を含む砂塵の主要な起源は大陸の草原域であるとわかりました。

[背景と目的]

^{137}Cs は半減期が約 30 年と長寿命の人工放射性核種で、公衆被曝の原因になっています。近年その大気降下量は低い水準で推移していますが、春季にピークが現れるという特徴が認められ、このことから黄砂現象の関与が考えられています。そこで ^{137}Cs を含む砂塵の起源および輸送過程の解明を目的としました。

[成果の内容]

2002 年 3 月には、青森や新潟など北日本や日本海側の複数地点で、チェルノブイリ原発事故以来最大となる ^{137}Cs 大気降下量が記録されました(図 1)。この時に浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度の上昇も観測されており、砂塵の飛来が降下量増大の原因であったと推定されます。この事例では、同時期に大陸の草原域において砂塵の発生が顕著でした(図 2)。

そこで中国北部の草原(図 3)を対象に現地調査を実施したところ、深さ 2 cm までの表土から比較的高濃度の ^{137}Cs が検出されました(表)。こうした土壌中の分布は、降水量が少ないため ^{137}Cs の下方への浸透が遅いこと、草原では植生被覆により表土の侵食が抑制され ^{137}Cs の減損も小さいことから説明できます。また土壌中 ^{137}Cs 蓄積量と年間降水量の間に正の相関が認められたことから、この ^{137}Cs は特定の核実験場や施設からの放出物ではなく、1980 年代以前のグローバルフォールアウト(地球規模の放射性降下物)に由来することが判明しました。

大陸の草原では最近、気候変動や人為による砂漠化が進行しています。2001 年から 2002 年にかけて中国北部は深刻な干ばつ条件下にありました。このため植生被覆が脆弱化し、2002 年の春季には ^{137}Cs を含む砂塵の発生が顕著になったと考えられます。

以上の成果は大気中 ^{137}Cs の主要な起源を特定したもので、農業環境への負荷となる ^{137}Cs 降下の、将来の水準を予測する上で役立ちます。

本研究は文部科学省科研費「黄砂に含まれる放射性セシウムの起源推定」による成果です。

リサーチプロジェクト名：化学分析・モニタリングリサーチプロジェクト

研究担当者：土壌環境研究領域 藤原英司

発表論文等：Fujiwara et al., Sci. Tot. Environ., 384: 306-315 (2007)

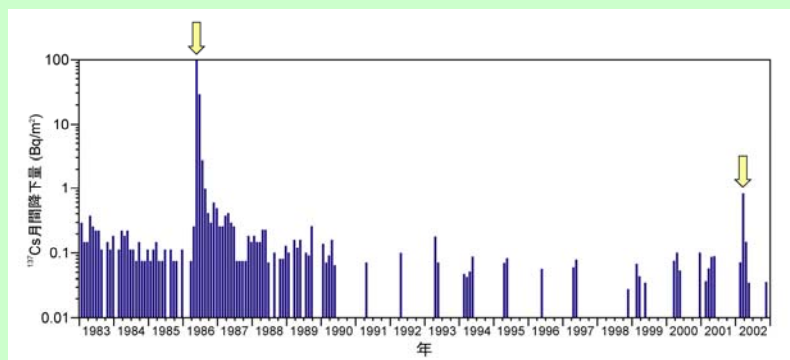


図1 青森における ^{137}Cs 月間降下量の推移(文科省「環境放射線データベース」より)
大気圏内核実験は1980年に停止されましたが、その後も影響が残りました。また1986年にはチェルノブイリ原発事故による最大 99.9 Bq/m^2 の降下がありました。90年代以後は特徴的な春季の降下が認められ、2002年3月には近年で最大となる 0.82 Bq/m^2 の降下がありました。

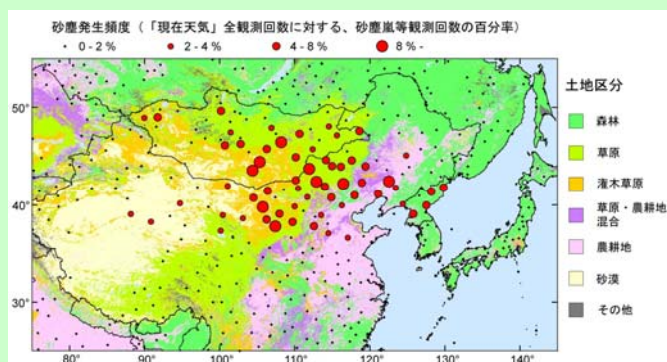


図2 2002年3月における砂塵発生頻度分布

地上実況通報式により報じられた気象資料(SYNOP報)の解析から、2002年3月には中国北部からモンゴルにかけての草原域で砂塵の発生が顕著であったことが明らかになりました。

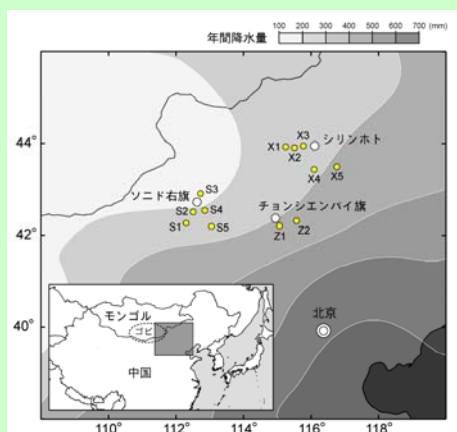


図3 現地調査の対象地

表 土壤中 ^{137}Cs の濃度および蓄積量

地域	地点	^{137}Cs	
		濃度 (Bq/kg)	蓄積量 (Bq/m^2)
ソニド右旗 (降水量180~250mm)	S1	5.5	176.0
	S2	8.1	308.7
	S3	6.7	832.5
	S4	21	1210
	S5	17	1156
シリント (降水量250~310mm)	X1	26	3199
	X2	39	3657
	X3	46	1777
	X4	57	1539
	X5	79	3556
チョンシエンバイ旗 (降水量310~330mm)	Z1	86	3707
	Z2	53	2907

中国内モンゴル自治区中央部の草原で調査を実施し、地表から深さ2cmまでの表土を試料として採取しました。それらの放射能を測定したところ ^{137}Cs が検出され、濃度は $5.5 \sim 86 \text{ Bq/kg}$ で、一部の地点では日本における畑地表土の平均値(約 6 Bq/kg)の10倍を超える値となりました。また ^{137}Cs 蓄積量と年間降水量の間には正の相関($r^2=0.50$)が認められました。

群落光吸収率・光利用効率の遠隔評価 のための新反射スペクトル指数

〔要約〕

反射スペクトルデータから群落光合成パラメータを精度よく安定的に評価するための新規指数を策定しました。リモートセンシングによって作物群落や陸域生態系のバイオマス生産量・CO₂フラックスを広域的に評価するための基礎として多方面に活用されます。

〔背景と目的〕

地球規模の炭素循環における陸域植生の機能や作物生産力の広域評価のため、衛星データとプロセスモデルを用いた研究が広く進められており、光吸収率などの重要な群落光合成パラメータをリモートセンシングで計測する方法が強く期待されています。そこで、最適な新規評価指数を開拓するため、植被特性・分光特性に関する精密計測が可能な水田生態系のデータに基づいて、群落光合成パラメータの評価指数を探索しました。

〔成果の内容〕

均一な水稻群落（つくば市真瀬；農家圃場）を対象に、渦相関法による CO₂フラックス、微気象因子、葉面積指数等の群落形質、および高波長解像度反射率データ（波長範囲 400～2400nm, 解像度 1nm）を3 ヶ年にわたって取得し、群落総光合成量、光吸収率、光利用効率、量子収率等の群落光合成パラメータを算出しました。晴天日中の光利用効率瞬時値は日平均値や週平均値とも密接な関係にあります（図1）。これらパラメータのうち理論・応用面で特に重要な光合成有効放射吸収率 fAPAR および吸収光を物質に変換する際の光利用効率 ϵ_G について、推定力・安定性に優れた正規化分光反射指数 NDSI[Ri,Rj]を探索しました（図2）。この正規化処理は簡易ながら大気補正効果を持つことが知られています。

$$\text{NDSI}[R_i, R_j] = (R_j - R_i) / (R_i + R_j) \quad R_i \text{ と } R_j \text{ は波長 } i \text{ nm と } j \text{ nm の分光反射率}$$

光吸収率 fAPAR を精度よく推定する指数として、NDSI[420,720]と NDSI[410,550]を見出しました（それぞれ $r^2=0.90$, $r^2=0.84$ ）。従来多用されてきた NDVI（NDSI[660, 830]に相当）（ $r^2=0.69$ ）などの指数は栄養生長期しか適用できなかったのに対して、これら新規指数では全生育期間を通じて一貫性が高く、高精度で安定した推定が可能になりました（図3左）。

光利用効率 ϵ_G については、推定力が高い指数として NDSI[710,410]（ $r^2=0.68$ ）、NDSI[710,530]（ $r^2=0.69$ ）、NDSI[550,530]（ $r^2=0.64$ ）を策定しました（図3右）。また、現在世界的に研究されている PRI=NDSI[570,531]は群落スケールでは弱い推定力しかなく（ $r^2=0.01$ ）、既存指数の中では NPQI=NDSI[435,415]が比較的高い推定力（ $r^2=0.65$ ）をもつことを明らかにしました。

これらは、衛星による地球規模での炭素循環把握のための CO₂フラックスやバイオマス生産力の評価研究において多用されている NDVI や PRI 等の既存指数に比べ、さらに有望な指数として、作物生産、陸域生態系、地球科学等関連研究分野での活用が期待されます。

リサーチプロジェクト名：農業空間情報リサーチプロジェクト

研究担当者：生態系計測研究領域 井上吉雄、大気環境研究領域 宮田明、間野正美

発表論文等：Inoue et al., Remote Sensing of Environment, 112: 156-172 (2008)

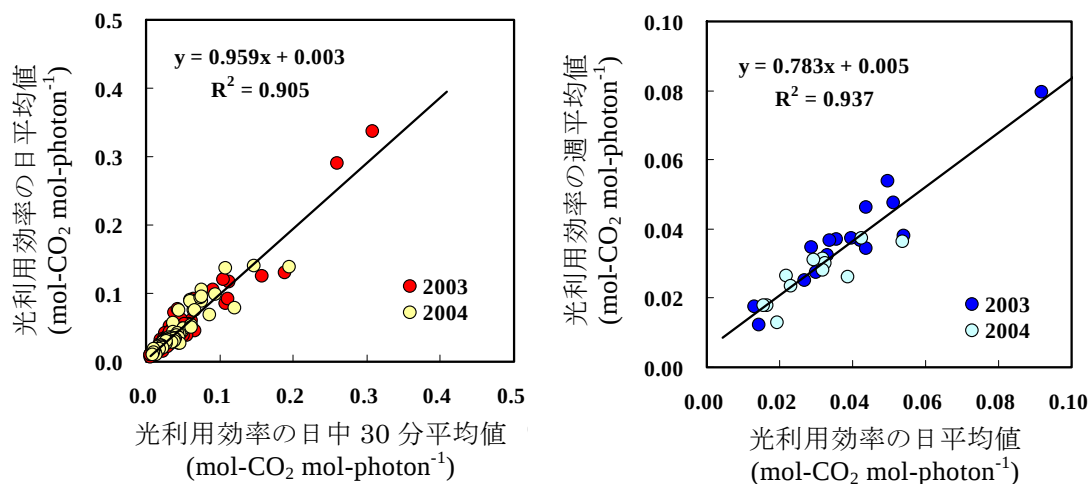


図1 群落光利用効率の日中計測値と日平均値、週平均値の関係
リモートセンシングによる瞬時計測値が重要な情報を与えることがわかる。

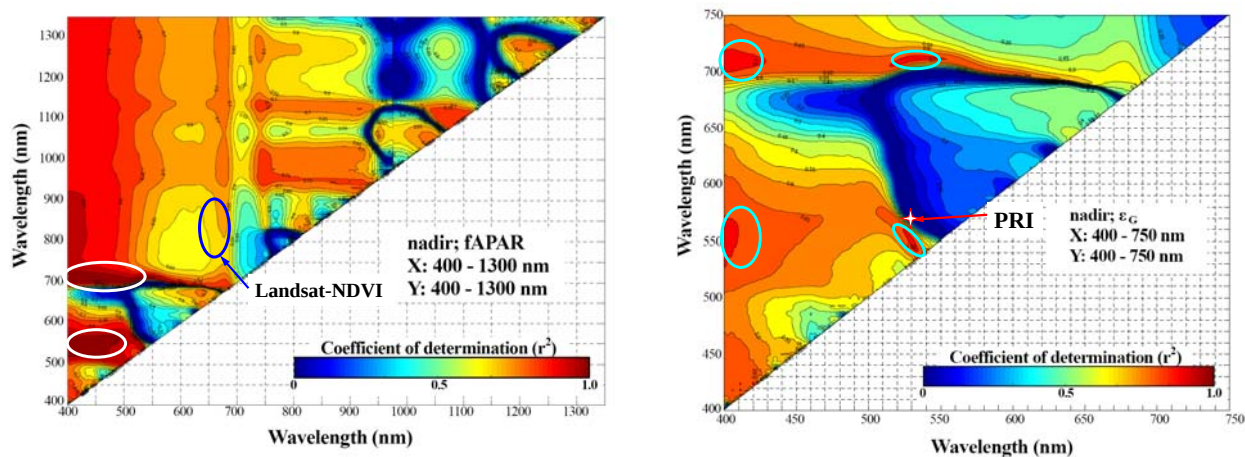


図2 全波長組合せによる NDSI の推定力比較 左: 群落光吸収率 右: 群落光利用効率

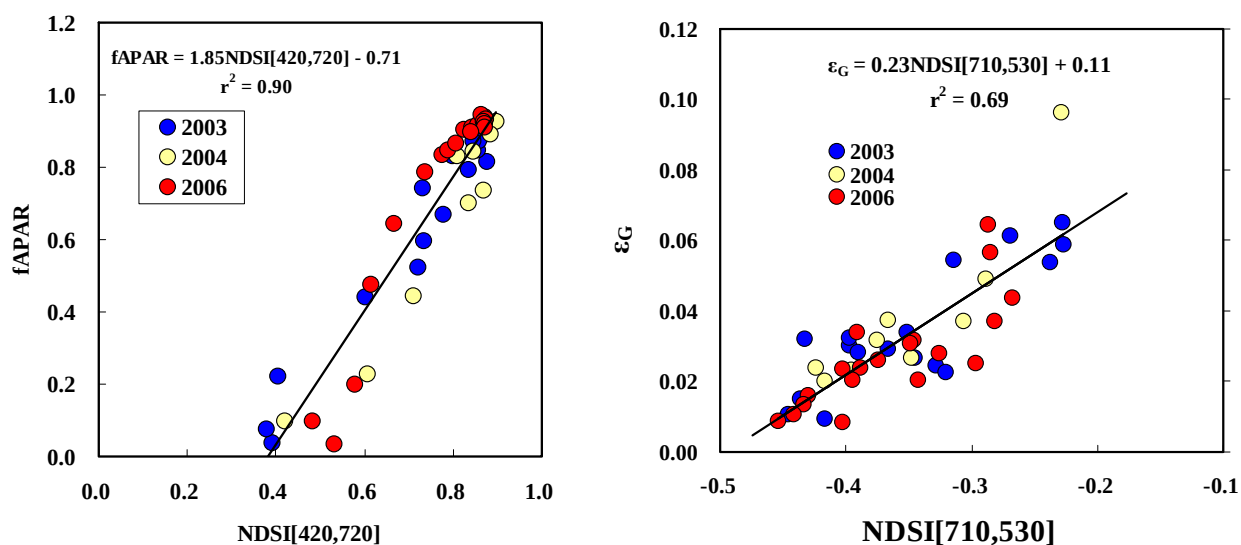


図3 群落光吸収率(左)と群落光利用効率(右)の推定に有力な新規反射スペクトル指数

空間情報技術による山岳アジア焼畑生態系の 土地利用履歴と炭素ストックの広域評価

〔要約〕

食糧生産と植生資源、生態系における炭素ストック（炭素保有量）が不可分の関係にある東南アジア山岳地帯の焼畑生態系における問題解決のために、現地検証と時系列衛星画像により土地利用履歴を同定し、焼畑面積と連続期間、休閑群落齢等を定量化し、生態系炭素ストックの実態とその改変シナリオ間の比較を可能にしました。

〔背景と目的〕

焼畑はアジア山岳地帯の広範な地域で重要な食糧生産システムです。しかし、面積の拡大と休閑期間の短縮が急速に進み、土地生産性・労働生産性の低下だけでなく、森林資源の劣化と CO₂ の放出、土壌浸食、生物多様性の損耗等が懸念されています。食糧生産、地域植生資源の涵養と生態系炭素ストックの増強を総合的に考慮した新しい生態系管理指針を導くため、空間情報技術に基づいた広域的な土地利用・生態系炭素ストックの定量的解明が不可欠となっています。

〔成果の内容〕

焼畑が主な食糧生産システムであるラオス北部山岳地帯（約 150km×150km；図 1）を対象に衛星画像・地形図・気象資源等の最も完備した空間情報データセットを構築しました。

30 年以上の期間にわたる Landsat 衛星および最新の高解像度衛星（QuickBird/IKONOS）の多波長データを用いて領域区分化とポリゴン生成処理を行い、焼畑パッチを高精度で検出し（図 2）、経年的に重ねあわせることで、詳細な年々変動を把握しました。これにより、焼畑面積、連続利用期間、休閑期間、樹林地の樹齢分布を空間的に明らかにしました。

焼畑面積率は多くの地域で約 8～13%でした。過去 10 年の年増加率は 3～5 %で、いまだ減少する傾向は認められていません（図 3）。焼畑利用地の約 77%が 1 年利用後放棄され、約 94%程度が 2 年以下の利用で放棄されています。また、短期休閑地が顕著に増加し、休閑 10 年以内が約 60%を占めることがわかりました。

さらに、群落齢の面積分布から焼畑・休閑利用パターンごとの面積比率（図 5）を求め、現地調査に基づいた土壌炭素・休閑群落炭素の評価モデル（図 4）と統合して、生態系炭素ストックのシナリオ間比較を可能にしました。現状の短期休閑主体の生態系管理を続行するシナリオの場合、生態系炭素ストックは作付開始直前レベルに対して 5.9 tCha⁻¹程度と低く（図 6）、2 年作付+10 年休閑のシナリオに移行することで、生態系炭素ストックは約 1.67 tCha⁻¹yr⁻¹（20 年間平均値）増加すると算定されました。これを実現するためのシナリオのひとつとして多収稲品種やカジノキを組合せた作付システムについて検討し、食糧生産性、労働生産性および森林資源涵養効果を向上させ、地域内総収益も増強できる可能性を示しました。

類似焼畑生態系で進行しつつある資源劣化問題に対する現地対策、および国際的な炭素固定対応策等を支援するための基礎情報として役立ちます。

リサーチプロジェクト名：農業空間情報リサーチプロジェクト

研究担当者：生態系計測研究領域 井上吉雄

発表論文等：Inoue et al., International Journal of Remote Sensing, 28: 5641-5647 (2007)

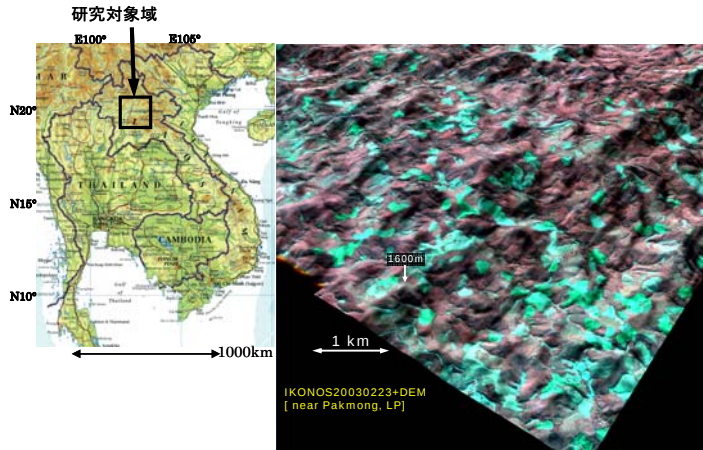


図1 研究領域(左)と典型的な焼畑地域の衛星画像(右)
(注) 青味色の部分が焼畑利用されたパッチ。

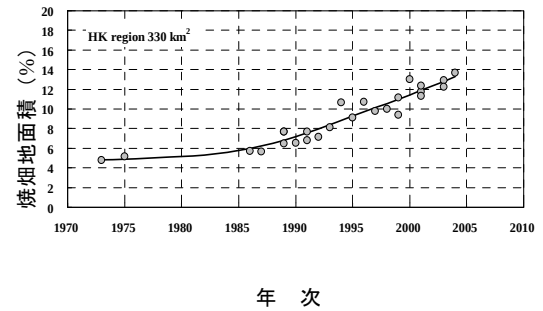


図3 焼畑利用面積の推移

図2 連続する4ヵ年の衛星分光反射指数の推移 (注) [S/B]は焼畑年, [fallow]は休閑年。

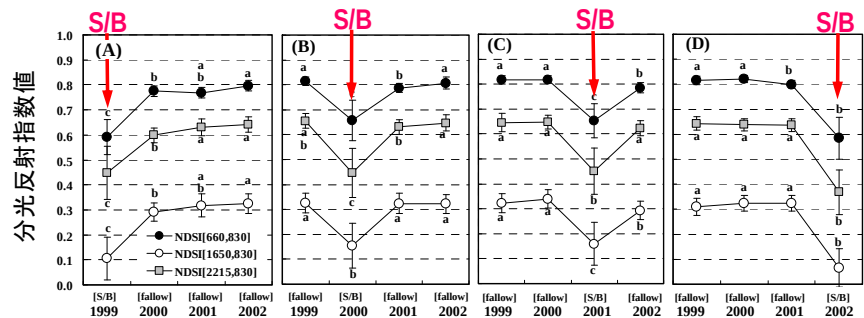


図4 焼畑-休閑サイクルの違いによる生態系炭素ストックの長期変化
(注) c および f の数値はそれぞれ作付年数と休閑年数を示す。ここで生態系炭素ストックは土壌深 0.3m 以上の土壌およびバイオマス、リターに含まれる全炭素量を指す。

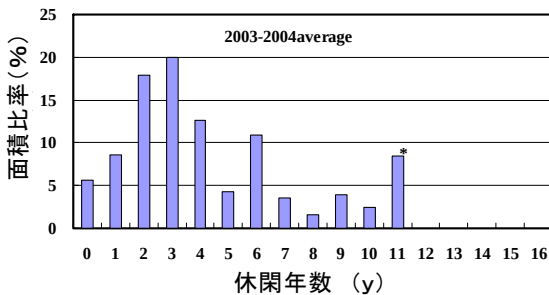
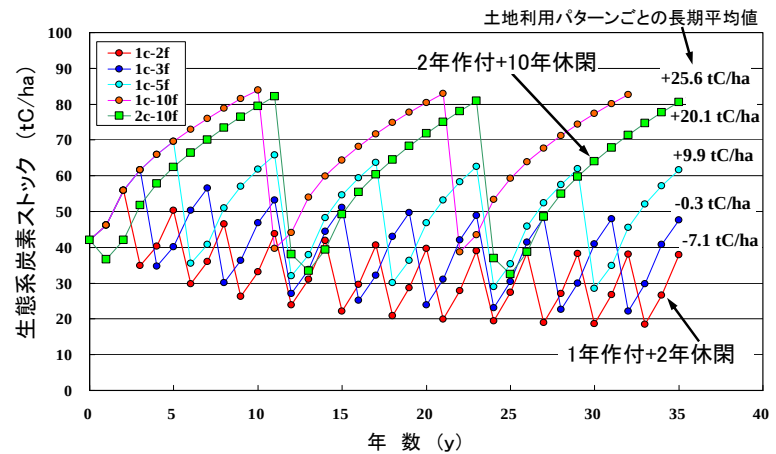


図5 衛星画像から求めた休閑年数別の面積比率

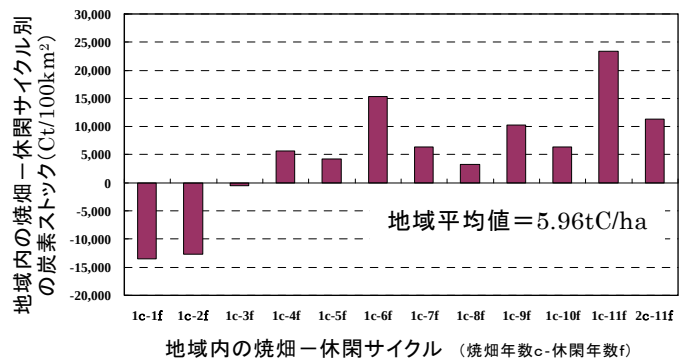


図6 現在の焼畑サイクルの面積比率を長期間継続した場合の地域内の炭素ストック推定値
(注) 作付前の焼畑地土壌炭素量を起点とした35年平均値の比較。

平成 19 年度 研究成果情報（第 24 集）

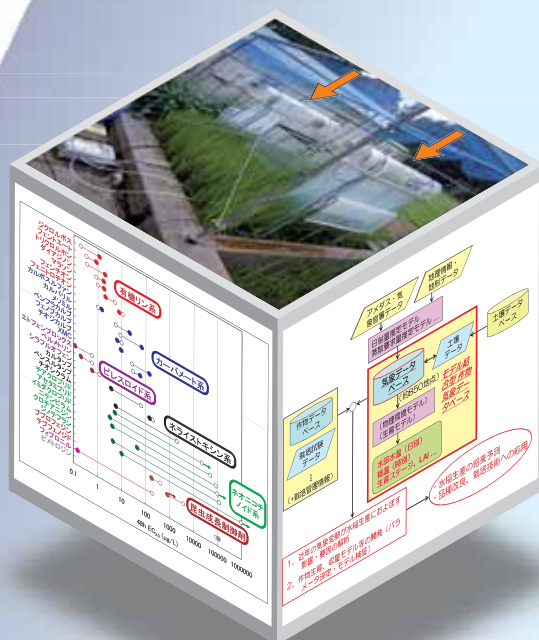
平成20年3月31日 印刷 発行
独立行政法人農業環境技術研究所
編集・発行:企画戦略室
お問い合わせ先：広報情報室
305-8604 茨城県つくば市観音台3-1-3
Tel 029-838-8191

kouhou@niaes.affrc.go.jp

NIAES

Research Executive Summary

for 2008



風にきく 土にふれる そして はるかな時をおもい 環境をまもる

National Institute for Agro-Environmental Sciences