

## I . 主な研究トピック

### 1 . 2006年版 IPCC ガイドラインに採用された水田から発生するメタンの新しい算定方法

今年（2007年）2月、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、その第4次報告書の中で「現在の温暖化はすでに起こっており、その原因は人間活動による温室効果ガスの増加である」とほぼ断定しました。今後、人類はこれまで経験したことのない温暖化した時代に突入すると予測され、その対応策が求められています。そのために、1992年の地球サミットにおいて採択された国連気候変動枠組み条約を基礎に、1997年に議決された京都議定書による先進諸国の温室効果ガス排出量削減や、今年の主要国首脳会議（ハイリゲンダム・サミット）での「ポスト京都議定書」の枠組みに関する議論など、世界的な取組みが進められています。

国連気候変動枠組み条約では、各国が温室効果ガスの排出・吸収量目録（インベントリー）を推計し、条約事務局に報告することを義務づけられています。そして、その推計手法はIPCCによりガイドラインとして準備されています。これまでは、1996年に公表されたガイドラインが各国での推計に用いられていましたが、2006年にこれが改訂され、この改訂版が、今後、温室効果ガス発生量を把握するための標準算定法として用いられることになりました。今回の改訂にあたって、水田から発生するメタンの算定法について、私たち当研究所が中心となるチームで開発した手法が採用されました。

農業分野において、水田は主要な温室効果ガスであるメタン（CH<sub>4</sub>）の重要な人為的発生源です。1996年版 IPCC ガイドラインでは、数少ない実測データから排出係数<sup>\*1</sup>を求めるなど、その算定方法に大きな不確実性が残されていました。そこで、私たちは、水田から発生するメタンの実測値を集めたデータベースを構築・解析し、より精度の高い算定方法を提案することを目的として研究を行いました。

本研究では、既往文献からアジア諸国における水田からのメタン発生実測データを収集し、8カ国、103地点、868栽培期間データからなるデータベースを構築しました。これらのデータについて、栽培期間の平均メタンフ

ラックスと各発生制御要因の関係を解析し、水田から発生するメタンの算定方法の改訂案を提案し、今回の IPCC ガイドラインへ採用していただくことができました。

算定法の基本は、これまでの IPCC ガイドラインの方法に従い、世界の全水田を対象に、灌漑水田、天水田などのカテゴリー別に、排出量の原単位となる排出係数（EF<sub>i</sub>）に水稻栽培面積（A）と水稻栽培日数（t）を乗ずることとしました（式1）。そして、カテゴリー別の排出係数（EF<sub>i</sub>）は、ベースライン排出係数（EF<sub>c</sub>）に水管理、有機物管理等、発生に影響を及ぼす要因の寄与を考慮した補正係数<sup>\*2</sup>を乗ずることにより求められます（式2）。

$$\text{メタン発生量 (Gg/yr)} = \sum_{ijk} (\text{EF}_{ijk} \cdot t_{ijk} \cdot A_{ijk} \cdot 10^{-6}) \quad \text{式 1)}$$

$$\text{EF}_i = \text{EF}_c \cdot \text{SF}_w \cdot \text{SF}_p \cdot \text{SF}_o \cdot \text{SF}_{s,r} \quad \text{式 2)}$$

ここで：

EF<sub>ijk</sub> = 各カテゴリーの水田からの排出係数（kg CH<sub>4</sub>/ha/日）

t<sub>ijk</sub> = 各カテゴリーの水田における水稻栽培日数（日）

A<sub>ijk</sub> = 各カテゴリーの水田における収穫面積（ha/年）

EF<sub>c</sub> = ベースライン排出係数（kg CH<sub>4</sub>/ha/日）

SF<sub>w</sub> = 水田タイプと栽培期間中の水管理にともなう補正係数

SF<sub>p</sub> = 栽培期間前の水管理にともなう補正係数

SF<sub>o</sub> = 有機物施用にともなう補正係数

SF<sub>s,r</sub> = 土壌タイプと水稻品種にともなう補正係数（適用可能な場合のみ）

ここで、算定の基準となるベースライン排出係数は、栽培前には180日以内の落水期間があり、栽培期間の水管理は常時湛水、さらに有機物無施用の水田を対象とすることとし、データベースに基づく解析によって1.30 kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>（不確実性範囲<sup>\*3</sup>：0.80-2.20）の値が求められました。これまで用いられていた1996年版 IPCC ガイドラインでは、ベースライン排出係数が一律に一作あたり200 kg ha<sup>-1</sup>と定められ、品種や気候にともなう水稻栽培期間の長さを区別していませんでした。これに対して、今回の改訂によって、より実態に即したメタン発生量を算定できるようになりました。さらに、メタン発生量に大きな影響を与えることが明らかになった栽培期間前の水管理、有機物施用にともなうメタン発生の増加についての関係（図1、表1）も補正することができるようになりました（式3）。

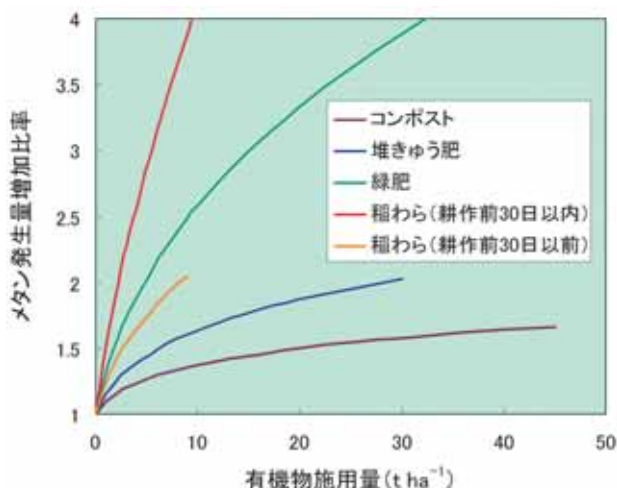


図1 各種有機物の施用量とメタン発生の関係（有機物無施用の場合に対する比）

表1 各種有機物の変換係数

有機物施用		変換係数 (CFOA)	誤差範囲
稲わら	耕作前30日以内	1	0.97 - 1.04
	耕作前30日以前	0.29	0.20 - 0.40
コンポスト		0.05	0.01 - 0.08
堆きゅう肥		0.14	0.07 - 0.20
緑肥		0.50	0.30 - 0.60

$$SF_o = (1 + \sum_i ROA_i \cdot CFOA_i)^{59} \quad \text{式(3)}$$

ここで：

SF<sub>o</sub> = 有機物施用にともなう補正係数

ROA<sub>i</sub> = 生重有機物施用量 (t/ha)

CFOA<sub>i</sub> = 表2に示す変換係数

ここに概説した算定方法の詳細については、2006年版 IPCC ガイドライン<sup>\*4</sup>を参照して下さい。

このガイドラインは世界各国での温室効果ガスインベントリー構築に用いられることから、国連気候変動枠組み条約に基づく、世界の温室効果ガス排出量算定の精緻化に大きく貢献するものです。

(物質循環研究領域 八木一行・秋山博子)

注：

\* 1) 排出係数：算定に用いる単位面積あたりの排出量の原単位

\* 2) 補正係数：水田タイプ、水管理、有機物管理等がメタン発生に及ぼす寄与を表す係数（ガイドラインではスケーリングファクター（拡大係数）と呼ばれています）

\* 3) 不確実性範囲：IPCC ガイドラインでは、排出係数等は不確実性範囲も付記して示されています。この場合、係数を定める基礎となるデータが十分あるので、その95%信頼区間を不確実性範囲と定めています。

\* 4) 2006年版 IPCC ガイドライン：

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>  
(vol.4, p5.44-5.53)

## 2. 「水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル改訂版」の発行

### はじめに

農業活動が水環境へ及ぼす影響の重要性が広く認識されるようになり、水環境保全のために環境保全的な農業技術の導入など種々の対策が各地で進められています。こうした対策を的確に行うためには、まず現地の実態を把握し、それに基づきもっとも効果的な対策を実施していくことが必要となります。現地における実態を把握するためには、農地から河川・地下水へ流出する窒素・リンあるいは農薬などのモニタリングを行う必要があります。また、対象となる流域において農業由来の窒素などの負荷量を統計データから推定することも必要になるでしょう。こうした対策の実効性について、モニタリングに基づく再評価を行い、必要があれば、さらに対策を改善していくことも求められます。

農業環境技術研究所では、平成11年、こうした農業をめぐる水環境モニタリングを進めるための総合的かつ実用的な調査マニュアルとして「水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル」を発行し、関係機関において利用していただいていたところでした。

その後、当研究所が実施した研究プロジェクトにおいて水環境モニタリングに関連する新たな研究成果が多く得られました。また、関連する研究分野の進歩も著しいことから、これら最新の成果を取り入れ、このたびモニタリングマニュアルの改訂版を発行しました。

### モニタリングマニュアル改訂の内容

最近の成果に基づいて、農業環境のモニタリング手法を平易に解説しています。改訂版の主な特徴と構成は、以下の通りです（表1）。

I章では、各種の水質基準および測定方法を最新のものに改訂しました。II章では、市販のGISソフトを用いて、土地利用現況図を作成する手順（図1）や、リモー

表 1 改訂版の構成

I	農業環境モニタリングの基本事項		IV・4	地温探査法による地下水の水みちの位置・規模の調査法	117
I・1	農業環境モニタリングの目的と調査手法	1	IV・5	地形分析による浅層地下水流動の予察手法	123
I・2	各種の水質基準と測定方法	5	V	負荷物質の動態調査法	
I・3	汚濁負荷の推定法と地下水の水質解析法	21	V・1	流域水質解析法：エンドメンバーズ法による負荷源別寄与率推定	129
II	流域環境調査法		V・2	窒素および酸素安定同位体自然存在比を用いた窒素動態解析法	135
II・1	土壤環境調査法	34	V・3	埋設型ライシメータ法およびモノリスライシメータ法	141
II・2	土壤断面調査法	41	V・4	土壤浸透水による溶脱窒素・リンのモニタリング法	149
II・3	土壤機能評価図の作成法	47	V・5	暗渠流出する懸濁物質およびリンの測定法	153
II・4	土地利用現況調査法	53	V・6	環境における農薬調査法	157
II・5	土地利用現況調査法(リモートセンシング利用)	59	V・7	脱窒速度測定法	169
II・6	表流水流線および集水域調査法	69	VI	流域水質評価法	
II・7	流域水収支及び水田水利用の概況調査法	71	VI・1	面源由来窒素負荷の地形連鎖系指標を用いた河川水質への影響評価法	177
III	流域負荷源調査法		VI・2	地形連鎖窒素フローモデル(田淵モデル)	185
III・1	農業活動状況と農業資材投入調査	79	VII	生物相による水環境評価	
III・2	養分収支調査法	88	VII・1	水辺植物による水環境評価法	195
III・3	流域における地目別養分収支の推定例	95	VII・2	トビケラ成虫を指標とした水環境評価法	201
IV	水移流調査法		VII・3	トンボを指標とした地域環境評価法	209
IV・1	土壤浸透水調査法(水収支法)	101	VIII	水環境保全のための各種情報	215
IV・2	浅層地下水流量調査法	105			
IV・3	表流水の流量測定とサンプリング法	111			

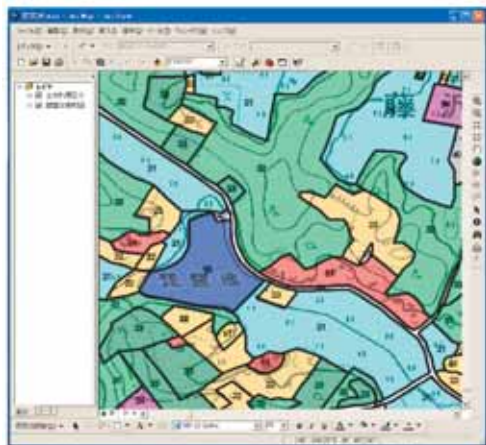
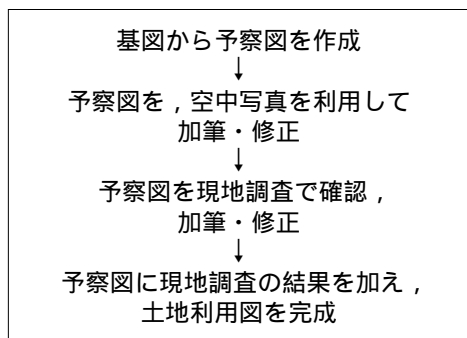


図 1 土地利用現況図を作成する手順(II・5)

ト・センシングデータを利用する手順について解説しました。

III章では、統計情報に基づき、作物生産量、化学肥料の施用量、家畜ふん尿の発生量などを都道府県・市町村単位で算出するデータベースシステムについて解説しました。IV章では、圃場の地下水流動を測定・解析する手法や、中規模河川における簡便・迅速・高精度の水質モニタリング手法(図2)を解説しました。

V章では、新たに「暗渠からのNP(窒素・リン)モ



図 2 自動採水装置を用いた水質モニタリング(IV・3)

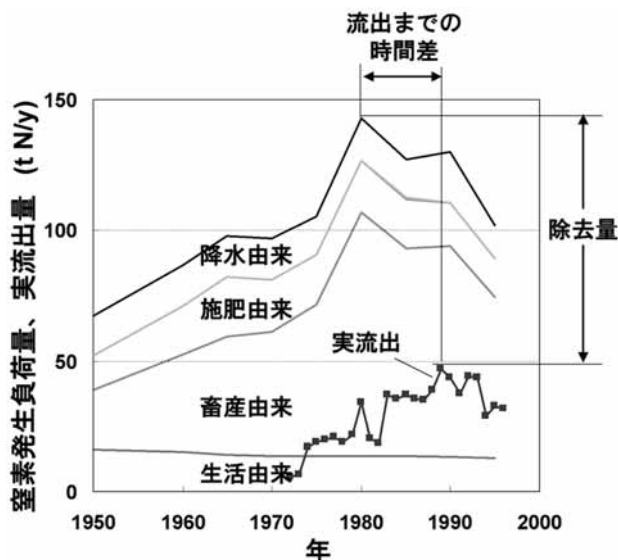


図 3 流域スケールで負荷源別の窒素負荷量を推定する手法(VI・1)

ニタリング」の項を加えるとともに、農薬や安定同位体などの最新の分析法を踏まえて全面的に改訂しました。VI章では、集水域スケールで負荷源別の窒素負荷量を推定する手法(図3)について解説しました。

VII章の生物相による水環境評価においては、トンボの生育環境調査に基づく環境評価法を加えました。巻末のVIII章では、種々の水質情報に関するウェブサイトをまとめて紹介しました。

### マニュアルの公開及び印刷物配布

当研究所ホームページから、研究情報 / 技術資料・研究テキストのコーナーから、改訂版の電子ファイル (PDF) をダウンロードしてご利用いただけます。

( <http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/monitoring/index.html> )

印刷物については、希望者に配布いたしますので下記にお問い合わせください。

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

物質循環研究領域長：電話・Fax：029-838-8322

広報情報室(広報グループ)：電話・Fax：029-838-8191

(物質循環研究領域 坂西研二・菅原和夫)

## 3. イムノクロマトアッセイを用いた玄米等のカドミウム濃度簡易測定

### はじめに

食品中カドミウム (Cd) 濃度については、2005年7月のコーデックス委員会総会で、小麦 (0.2ppm)、除皮ばれいしょ (0.1ppm)、野菜類 (0.2~0.05ppm) の国際基準値が採択され、また精米については2006年7月に

0.4ppm が新たに採択されており、今後、国内農産物に対する基準の強化が想定されています。そこで、収穫前に Cd 濃度をモニタリングし流通防止を図るなど、生産現場におけるリスク管理が求められていますが、そのためには、サンプリングから1~2日で結果を出せ、かつ現場の農業技術者等が利用できる迅速・簡易分析法の開発が必要です。現状では、酸分解・有機溶媒抽出等煩雑な操作、並びに ICP 発光や原子吸光等の高価な精密分析機械が必要で、時間と費用がかかります。

最近、関西電力グループは、免疫測定法の一つであるイムノクロマトアッセイ法による米用の Cd 検出キットを開発しています。このキットは、Cd-EDTA 錯体とこれに特異的に反応する抗 Cd-EDTA 抗体による抗原抗体反応を利用し、発色程度から  $0.01\text{mg L}^{-1}$  以上の濃度の Cd を検出できる試験紙タイプです。イムノクロマトアッセイ法は、主に目的物質が一定レベル以上あるか無いかを判別する定性分析法として用いられ、身近なものでは妊娠検査薬などがあげられます。抗原抗体反応自体は定量的に生じているので、発色を機器で読みとり、標準液と比較して濃度を推定することはある程度可能と考えられます。本研究では、このキットを用いた玄米中 Cd 濃度の推定法を検討し、精密分析機器等を持たない農業関係普及機関等を想定した、汚染米の簡易・迅速判定への利用の可能性を探りました。

### イムノクロマトキットによる玄米中 Cd 濃度測定

玄米用イムノクロマトキット (関西電力製) は、玄米からの Cd 抽出・精製工程と、イムノクロマトアッセイ

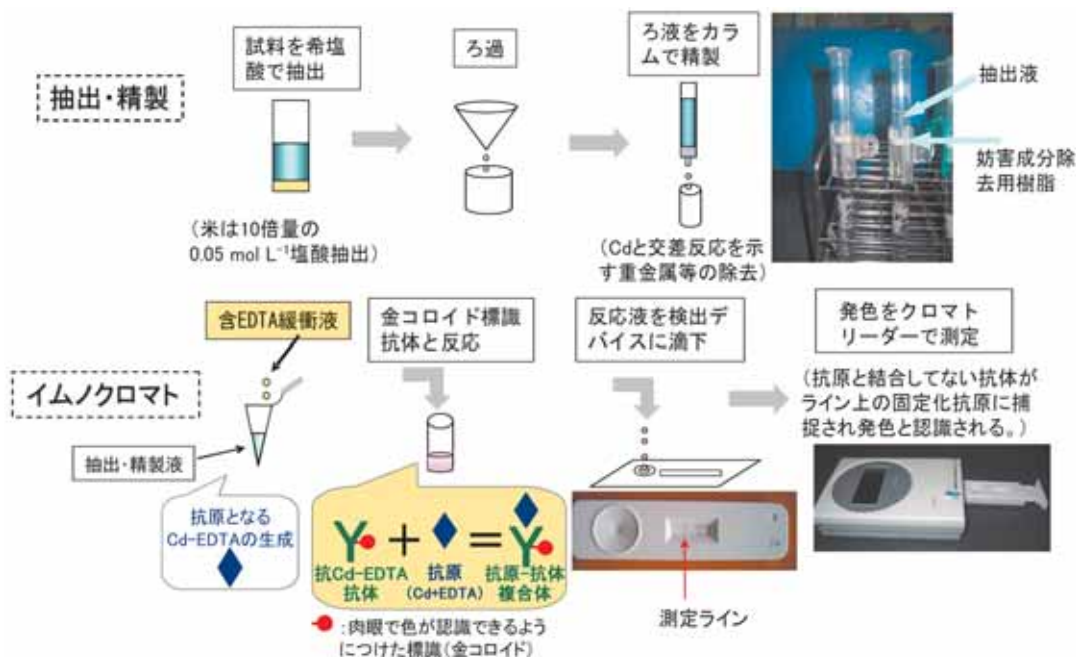
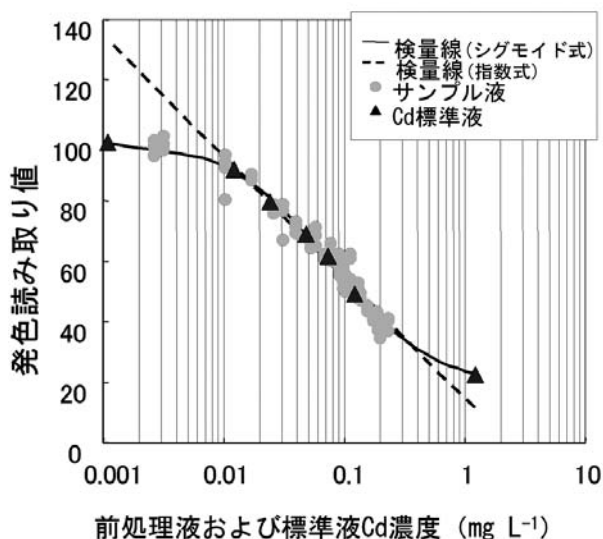


図1 イムノクロマトによる玄米中のCd検出手順



検量線の式

シグモイド近似  
 $y = (A-D) / (1 + (x/C)^B) + D$   
 A: 100 B: 1.04 C: 0.0766 D: 18.6

0.01~0.1 mg L<sup>-1</sup>で指数(対数)近似  
 $y = -17.39 \ln(x) + 14.68$

図2 シグモイド式と指数式近似の検量線  
 (発色読み取り値は0.001mg L<sup>-1</sup>を100とする減衰率で表示。)

部分からなります。図1に示す手順で検出を行います。

【前処理 (Cd 抽出・精製)】乾燥微粉碎した玄米サンプル 2 g に、20mL の 0.05mol L<sup>-1</sup>塩酸溶液を加えて、1 時間振とうした後濾過します。Cd と交差反応を示し抗原抗体反応を妨害する重金属類 (Mn、Zn、Cu など) を除去するため、この濾液 5 mL を妨害物質除去カラムに流下して Cd をカラムに吸着させます。このカラムに 0.1 mol L<sup>-1</sup>塩酸溶液を 5 mL 加え妨害物質を洗浄した後、0.05mol L<sup>-1</sup>硝酸溶液 5 mL を加えて Cd を溶出します。妨害物質除去カラムは、Cd を特異的に吸着するキレート剤をシリカゲルに吸着させたものです。

【イムノクロマトによる検出】：前処理液20μL を EDTA 緩衝液380μL と混合後、100μL を金コロイド標識抗体と反応させます。このうち75μL をイムノクロマト検出デバイスに滴下し、発色の安定する40~50分後に発色程度をクロマトリーダーで測定します。

種々の Cd 濃度の玄米の前処理液と Cd 標準液についてイムノクロマトを行い、発色程度を測定した結果を、図2に示しました。Cd 濃度に対する発色の読み取り値は抗原抗体反応に一般的であるシグモイド曲線となり、また、Cd 濃度 0.01~0.1mg L<sup>-1</sup>の範囲では、Cd 濃度の対数値と読みとり値間に良好な直線関係が認められました。従って、0.01~0.1mg L<sup>-1</sup>の Cd 標準液を用いて検

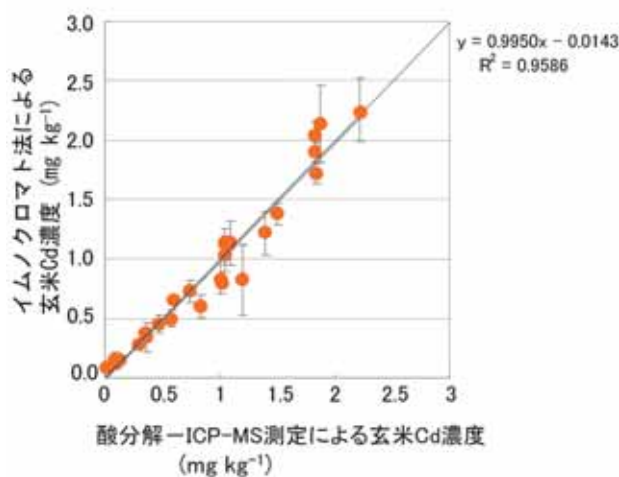


図3 イムノクロマト法(前処理+イムノクロマト)と酸分解-ICP-MS法による玄米 Cd 濃度比較 (イムノクロマトは3連の平均値)

表1 玄米試料(標準試料及び基準値濃度に近い試料)のイムノクロマト法による Cd 濃度測定値の分布

	保証値又は ICP-MS 測定値	イムノクロマト法 平均値 ± 標準偏差
NIES CRM No.10-a	0.023 ± 0.003*	0.065 ± 0.017
NIES CRM No.10-b	0.32 ± 0.02*	0.31 ± 0.05
試料 I	0.47	0.47 ± 0.05
試料 II	1.05	0.98 ± 0.22

量線(指数式)を作成し、発色読み取り値から、抽出・精製液の Cd 濃度を算出することができると判りました。

図3に、精密分析(酸分解-ICP-MS分析)により定量した玄米中の Cd 濃度と、イムノクロマト法により算出した玄米中の Cd 濃度の関係を示しました。傾き概ね 1 の良好な相関が認められました。

表1には、国際基準値(0.4mg kg<sup>-1</sup>)及び国内基準値(1.0mg kg<sup>-1</sup>)付近の試料と標準試料(NIES CRM No. 10-a,b)をイムノクロマト測定した際の Cd 濃度測定値のばらつきを示しました。極低濃度の No.10-a は保証値より全体に高い値となりましたが、国際基準値(0.4mg kg<sup>-1</sup>)前後の No.10-b 及び試料 I は、概ね既知濃度の 80~120% の範囲に分布しました。以上より、ある程度の反復をとれば、現地での大まかな玄米 Cd 濃度の把握に用いることはできると考えられます。

イムノクロマトキットによる Cd 濃度測定についての留意点

本法は Cd 濃度の近似値を簡易・迅速に知る手段として利用できますが、玄米 Cd 濃度測定における変動係数は平均 14% (2~41%) あり、基準値付近の試料が基準を満たすかどうか等の判定には精密分析による精査が必

要です。

また、このイムノクロマトキットが、土壌のCd濃度測定にも適用できるかを調べているところです。農用地汚染対策法では、土壌のCd濃度は、土壌から0.1M塩酸で抽出してもとめるので、Cuなどの妨害元素が問題になりますが、玄米の場合と同様にカラムによる精製によって、比較的精度良く測定できそうです。

(土壌環境研究領域 阿部 薫)

#### 4. デルドリンを吸収しにくいカボチャ 台木を用いてキュウリ果実中の残留濃度を低減

はじめに

デルドリン(図1)は、「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs条約)」(2001年採択、2004年発効)の規制対象12物質のうちの1つで

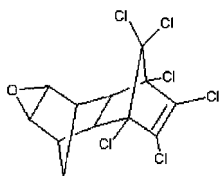


図1 デルドリンの構造式

あり、過去に殺虫剤として日本の農地において広範に使用(1954年登録、1975年失効)されました。デルドリンは環境中で極めて安定な物質であり、土壌中での半減期が5年~25年との報告もあるように、ひとたび土壌に投入されると容易には分解しないため、国内で使われなくなってから30年以上経過した現在でも農地に残留しています。昨今、いくつかの地域で生産されたキュウリ果実から残留基準値を上回るデルドリンが検出され、「食の安全」を揺るがす問題として社会的な関心を集めるとともに、産地では出荷の自粛や作物および土壌残留検査などの緊急対応を余儀なくされています。

そこで、カボチャを台木とした接木キュウリにおける

土壌からのデルドリン吸収について品種間比較を行い、低吸収性品種の利用によるキュウリ果実中のデルドリン残留濃度の低減効果を検討しました。

#### 接木キュウリのデルドリン吸収における品種間差

わが国のキュウリ生産はカボチャを台木とした接木栽培が主流です。したがって、デルドリンを吸収しにくい品種を検索する場合、台木用カボチャと穂木用キュウリの両方について検討する必要があります。そこで、接木試験に先立ち、デルドリン残留土壌を用いて、キュウリ栽培で一般的に用いられている台木用カボチャ10品種、および穂木用キュウリ23品種の幼植物を栽培し、茎葉部のデルドリン濃度を比較しました(図2)。その結果、台木として用いるカボチャ、および穂木として用いるキュウリのいずれにおいても、土壌からのデルドリン吸収性にそれぞれ約2~3倍の品種間差があることが明らかとなりました。このことから、汚染低減のために吸収能力の品種間差を利用することが有望と思われる。

#### デルドリンの吸収は台木と穂木のどちらがコントロールしているか?

カボチャを台木としたキュウリの接木栽培において、「低吸収性品種」を提示するためには、接木植物のデルドリンの吸収性が台木カボチャと穂木キュウリのいずれによって支配されているのか、を明らかにする必要があります。そこで、図2の供試品種の中からデルドリンの吸収性が異なる台木用カボチャ3品種(新土佐1号>ひかりパワーゴールド>ゆうゆう一輝黒タイプ)および穂木用キュウリ2品種(シャープ1>夏ばやし)を選んで6通りの穂木/台木の組み合わせの接木植物を作成し、2種類のデルドリン残留土壌でポット栽培を行っ

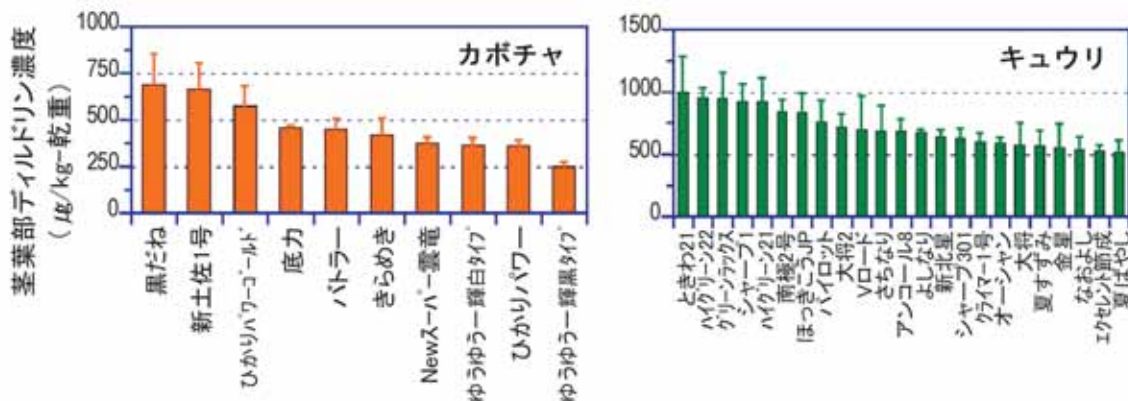


図2 台木用カボチャ及び穂木用キュウリの茎葉部デルドリン濃度の品種間差  
I: 標準誤差 (n=3)

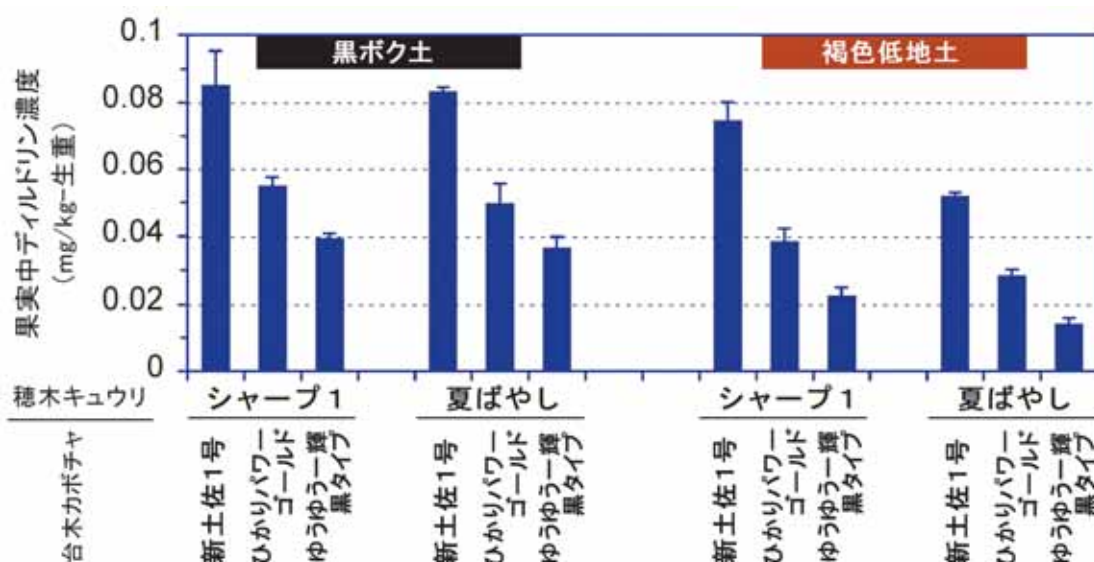


図3 台木品種の違いが接木キュウリ果実中デイルドリン濃度に及ぼす影響  
I: 標準誤差 (n = 3)

て、果実中のデイルドリン濃度を比較しました(図3)。

その結果、接木植物のキュウリ果実中デイルドリン濃度は、穂木キュウリ品種が「シャープ1」または「夏ばやし」のいずれの場合でも台木カボチャ品種に応じて増減し、「新土佐1号」台>「ひかりパワーゴールド」台>「ゆうゆう輝黒タイプ」台、となりました。これは、図2に示した台木品種自体のデイルドリン吸収能力の順序と一致しています。すなわち、接木植物のデイルドリンの吸収性において、穂木品種の違いによる影響は小さく、台木品種の影響を強く受けていることが明らかになりました。したがって、接木栽培キュウリの果実中デイルドリン濃度を低減させるためには、低吸収性台木品種の選定が重要となります。

#### 低吸収性台木品種によるキュウリ果実中デイルドリン濃度の低減

ここに示した試験結果はポット栽培によるものですが、「ゆうゆう輝黒タイプ」のような低吸収性の台木を用いると、いずれの穂木品種においても、高吸収性の台木を用いた場合に比べ、キュウリ果実中デイルドリン濃度は30~50%程度低下しました(図3)。現在、地域の農業研究機関が、低吸収性台木品種によるキュウリ果実中デイルドリン濃度の低減効果についての現地実証試験を実施中です。低吸収性台木品種の利用は、余分なコストや労力をかけることなくキュウリ果実のデイルドリン汚染を低減することが可能な技術として有望であり、都道府県の対策マニュアル等への反映が期待されます。

本研究は、農林水産省農林水産技術会議事務局の委託

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。

(有機化学物質研究領域 大谷 卓・清家伸康)

## 5. 特定外来生物カワヒバリガイは霞ヶ浦湖岸の約半分まで分布を広げている

### “特定外来生物”カワヒバリガイ

外来生物とは、もともとその地域にいなかった生物が、人間の活動によって他の地域から侵入してきたものを指します。外来生物による生態系や人の生活への悪影響を防止することを目的とする法律「外来生物法」は、特に海外からやってきた外来生物のうち侵入先の生態系や人の生活への悪影響が著しいもの(または、そのおそれのあるもの)を「特定外来生物」として指定し、その輸入や飼育、運搬などの行為を規制しています。

特定外来生物に指定されている二枚貝の一種カワヒバリガイは中国原産の淡水性二枚貝で、侵入した先で元々住んでいる生物の生息地を覆い尽くしてしまったり、ダムや発電所などの利水施設の運用を妨げたりするなど自然環境と人間生活におおきな被害をもたらすことが知られています(図1)。

### カワヒバリガイ霞ヶ浦に侵入!

カワヒバリガイは日本では1990年代に西日本の木曾川水系と琵琶湖・淀川水系に侵入が確認され、上水道施設などの運用に被害が報告されるようになりました。1980



図1 岩に付着しているカワヒバリガイ

年代後半から、中国から生きたまま輸入されていたシジミにカワヒバリガイが混入していることが報告されており、国内への侵入はそれら水産物を經由して来たと考えられています。その後、2000年以降は愛知県や群馬県、静岡県など西日本以外の新たな地域での生息が確認されるようになり、2005年11月、茨城県の霞ヶ浦で網生け簀にたくさんのカワヒバリガイが付着しているのが発見されました。

霞ヶ浦は琵琶湖に次いで日本で二番目に面積の広い湖で、その水は生活用水や農業用水などとして関東一円の広い地域で利用されています。カワヒバリガイは、これら霞ヶ浦と関連する利水施設におおきな影響を及ぼす可能性があります。しかし、発見間もないこともあり、これまで霞ヶ浦におけるカワヒバリガイの生息状況はほとんどわかっていませんでした。そこで、農業環境技術研究所では、霞ヶ浦におけるカワヒバリガイの分布を調査するとともに、その侵入時期の推定を試みました。

### 既に霞ヶ浦湖岸の半分まで分布を拡大

2006年6月から9月まで、霞ヶ浦湖岸の水深1 mより浅い場所90地点でカワヒバリガイの生息調査を転石などの目視と水面下の護岸に対する手探りの探索で行ったところ、西部湖岸を中心とする41地点で生息が確認されました(図2)。カワヒバリガイはコンクリート護岸や転石の下部に多く確認され(図3)、最も密度が高かったのは西部にある稲敷郡阿見町廻戸の調査地でした。ここでは調査員1人で10分間探索を行った結果、152個体のカワヒバリガイを採集できました。霞ヶ浦全域での分布と密度のデータから、おそらく霞ヶ浦西部付近の水域から生息範囲が拡大しつつあるものと考えられます。過去に調べられたカワヒバリガイの成長速度のデータを参考



図2 霞ヶ浦におけるカワヒバリガイの分布。調査は地点ごとに調査員1人が10分間湖岸を探索することで行った。図中の丸が調査点を示し、採集個体数が多いほど塗りが多くなっている。最も多く採集された地点。

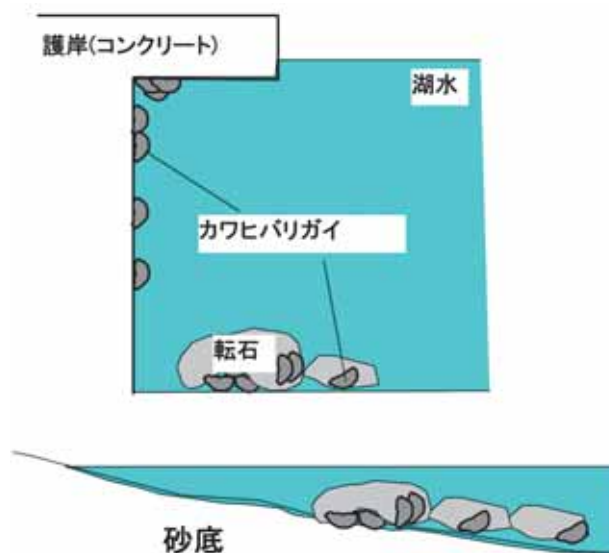


図3 コンクリート護岸(上)と砂浜(下)におけるカワヒバリガイの生息状況(模式図)

にすると、現在霞ヶ浦に生息しているカワヒバリガイはその大きさから、2004年からそれ以前に霞ヶ浦に侵入したものと考えられます。

今回の調査は霞ヶ浦湖岸の水深1 mより浅い場所だけでしか行っていませんが、霞ヶ浦の水深は平均4 m、最大水深は7 mです。過去の研究でカワヒバリガイが最も高密度で定着するのは水深6 mであるという報告があり、実際にカワヒバリガイが生息している分布範囲は、図2で示されたものよりも広い範囲に及ぶ可能性があります。

既に霞ヶ浦水系に属する一部地域ではかんがい用水施設に侵入したカワヒバリガイが配水管を詰まらせるなどの被害をもたらしていることがわかっています。今後これらの生息地域における漁具の移動や農業用水施設の運



用などには注意が必要になるでしょう。特に、本種が高密度に生息している地域の周辺では、漁具や水産物の移動を制限するなど、本種の生息域の拡大を防止するなんらかの方策が必要となると考えられます。

(生物多様性研究領域 伊藤健二)

## 6. ほ場で遺伝子組換えダイズとツルマメが交雑する可能性は低い

### はじめに

除草剤に耐性をもつ遺伝子組換えダイズは、除草管理の容易さや労力、コスト削減などの理由から、世界各国でその栽培面積を拡げています。現在、日本では遺伝子組換えダイズは商業栽培されていませんが、日本を含め中国や韓国など東アジアの河原や空き地などには、ダイズの近縁野生種であるツルマメが生えており(図1)、遺伝子組換えダイズが栽培された場合、周囲に生えているツルマメへの交雑を危惧する声があります。しかし、ダイズやツルマメは同一花の中で受精する性質(自殖性)が強く、花粉が他の花へ移行して受精(他殖)する可能性は極めて低いことが知られています。また、開花時期も異なるため、遺伝子組換えダイズとツルマメとの自然交雑は起こりにくいと考えられます。



図1 セイタカアワダチソウにからみつくツルマメ(茨城県つくば市)

### 交雑しやすくする2つの条件

本実験では、野外の研究ほ場において、遺伝子組換えダイズとツルマメが交雑しやすい条件を設定しました。

1. 遺伝子組換えダイズとツルマメを隣接して栽培したため、夏季にはつる性のツルマメは組換えダイズに巻きついた状態となりました(図2)。2. 開花期をより重複させるため組換えダイズを3回に分けて、播種しました。その結果、25~32日間開花が重複しました。その中でも遺伝子組換えダイズを7月20日に播種した組合せで両種の開花最盛期は、最も近くなりました(図3)。



図2 遺伝子組換えダイズに巻きついたツルマメ(撮影日 2005年8月31日)

### 交雑種子の色と大きさ

収穫したツルマメの種子について合計32,502粒を検定したところ、1粒の種子が組換えダイズと交雑していました。この交雑種子は、開花最盛期が最も近かった組合せのツルマメ種子11,860個の中から見つかりました(表1)。この交雑種子を栽培し、得られた莢と種子の大きさは中間的で、種子の色は大部分が茶褐色でこれも中間的でした。(図4)

### おわりに

これまで遺伝子組換えでないダイズとツルマメの自然交雑についての報告はありますが、遺伝子組換えダイズ

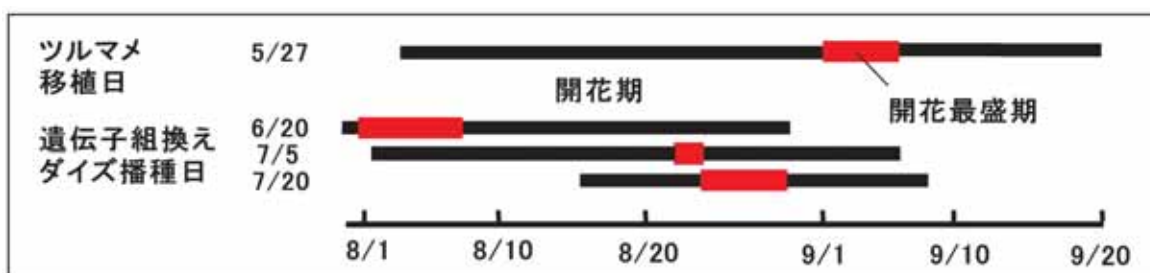


図3 遺伝子組換えダイズとツルマメの開花期間の比較

表1 異なる日に播種した遺伝子組換えダイズと隣接栽培したツルマメ種子の検定数および自然交雑数

遺伝子組換えダイズ播種日	6/20	7/5	7/20	計
交雑検定数	7,814	12,828	11,860	32,502
自然交雑数	0	0	1	1



図4 遺伝子組換えダイズとツルマメの自然交雑個体（左）およびその莢と種子

を用いた例は世界で初めてです。この結果は、日本で組換えダイズが栽培された場合、周辺に自生するツルマメと自然交雑する可能性を示すものです。しかし、この実験のように人為的に両種の開花期を重複させた上、極めて近接して栽培しても、交雑種子は1個であることから、ツルマメと遺伝子組換えダイズが自然に交雑する可能性は極めて低いことが明らかとなりました。

（生物多様性研究領域 吉村泰幸・松尾和人・水口亜樹）

## 7. トンボの生息環境を守るためのため池のあり方

### はじめに

水田生態系は代替湿地として、水生生物の重要な生息地となっています。その中で、ため池には多くの水生生物が生息しており、たとえば水生植物やトンボでは、わが国に生息する種の半数ほどがため池に依存しています。ため池は、農業用水供給のために江戸時代などに多く造られ、1950年代には全国に約30万個ありました。しかし、農業用水の供給方法の変化や都市化のために急激に数が減り、また、環境も悪化しており、ため池に生息する生物には絶滅の恐れのあるものが少なくありません。ため池の生物を保全するためには、その生息に適した環境を知る必要があります。そこでため池に多くいるトンボを対象として、ため池の環境とトンボの種類との関係について研究を行いました。調査地は茨城県筑波山南東麓の地域にある70か所あまりのため池であり（図1）、そこに生息するトンボの種類・個体数とため池の

環境（池内の環境およびGISで解析した周辺の土地利用）について調査を行い、調査結果を多変量解析という統計手法を使って解析しました。

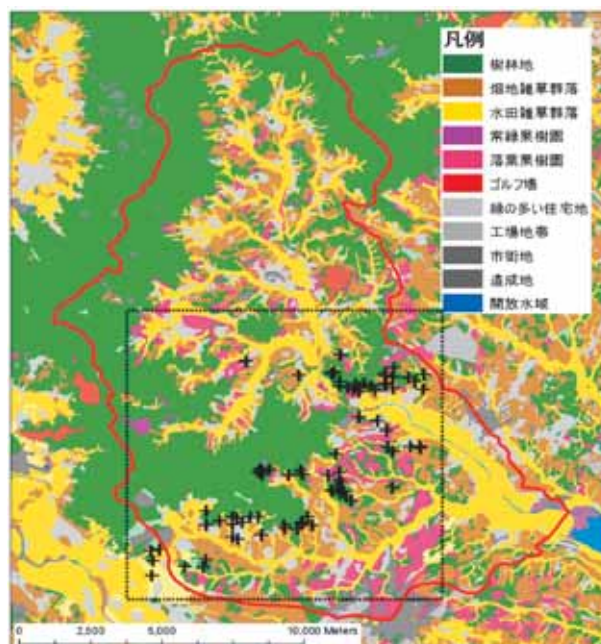


図1 恋瀬川流域（赤線）の土地利用と調査地の位置（黒の破線、+はため池の位置）  
土地利用図は環境省現存植生図により作成した。

### トンボの種構成によるため池のグループ分け

調査地全体で、合計41種のトンボが確認されました。各池で見られるトンボの種類や種の数、池によって異なります。そこで、各池のトンボの種類と個体数のデータを用いて、多変量解析手法の一つであるクラスター分析によって、ため池のグループ分けをしました。これは、トンボの種構成が類似した池どうしを同じグループに分ける方法です。その結果、6つのグループに分けられました（表1）。さらに、指標種分析という統計手法を使って、各グループの池でよく見られる種（指標種）を選ぶことができ、グループ1、2、4を指標するトンボ数種が選ばれました（表1）。各グループの池で確認されたトンボの平均種数をみると、グループ1、2、4で多く、3、5、6では少ないことが分かります。

### ため池グループの特徴

各グループのため池がどのような特徴を持っているか調べるため、別の統計手法（NMDS法）を用いて、池の序列化を行いました（図2）。序列化というのは、環境要因を表す座標軸に沿って、特徴が似た池が近くにくるように配置する方法です。6つのグループは、それぞれ比較的まとまって配置しています。これは、各グルー

表1 ため池のグループ分けとグループを指標するトンボ(指標種)

グループ	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4	グループ5	グループ6
平均種数	12.2	11.0	7.3	15.8	6.9	6.0
指標種	ノシメトンボ コヤマトンボ シオカラトンボ コシアキトンボ	モノサシトンボ オオシオカラトンボ アサヒナカワトンボ クロスジギンヤンマ	なし	クロイトトンボ オオイトトンボ アオモンイトトンボ アジアイトトンボ コフキトンボ ショウジョウトンボ ウチワヤンマ ギンヤンマ オオヤマトンボ	なし	なし

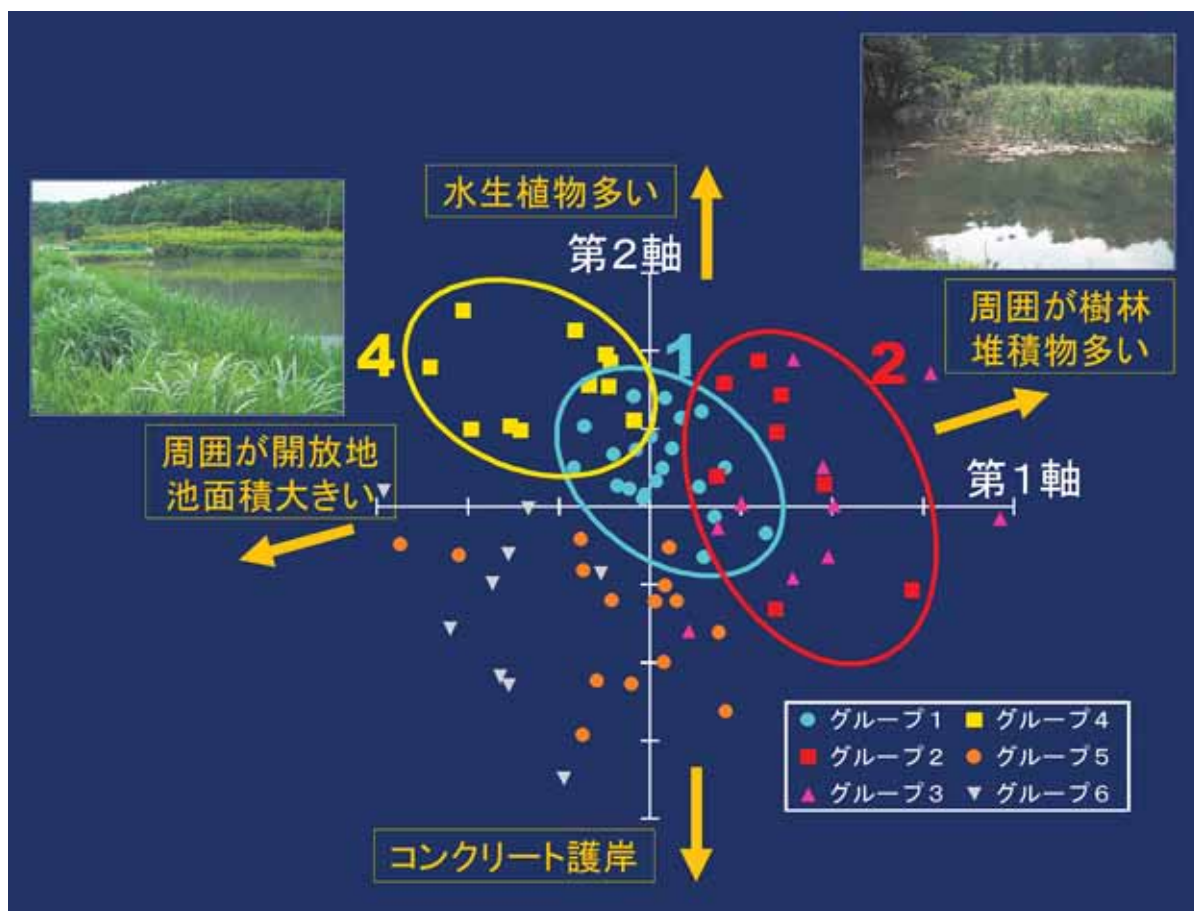


図2 トンボの生息環境からみたため池のグループ

表1で指標種に選ばれたグループは円で囲んである。  
 橙色の矢印と枠内の説明は、環境の傾向を表す。  
 グループ2と4の典型的な池を写真で示している。

プが環境要因について個別の傾向をもつことを意味します。そこで、2つの座標軸と環境要因の相関を調べ、各グループの配置に当てはめた結果、次のようなことが明らかになりました。グループ2の池の特徴は樹林に囲まれ落葉などの水底堆積物が多いこと、グループ4の特徴は周囲が畑や荒地など開けた環境であり池面積が大きいことでした。これらの特徴は、それぞれ指標種の生態的特性と合うものでした。また、グループ1は座標軸の中心付近に位置しており、これは特別の特徴をもっていないことを示しています。グループ1を指標するトンボ(表

1)は、多くの池で普通に見られる種類であり、特別の特徴がないという結果と矛盾していません。グループ5、6は護岸された特徴をもち、生息する種数が少なく指標種も選ばれなかった(表1)ことから、トンボの生息に不適であることが示されました。以上の結果から、グループ1、2、4は生息する種数が多く、トンボの生息にとって好適だと言えます。特に2と4とは異なる環境の特徴をもっていることから、多くの種類のトンボが生息できるようにするためには、異なるタイプの池の環境を維持することが重要であると考えられます。

## おわりに

この研究によって、トンボの生息にとって重要なため池の環境が明らかになりました。しかし、生物(個体群)の存続にとって、個々の生息地の環境だけでなく、生息地のネットワークも重要です。ため池では、底ざらいのために落水したり、旱ばつによって干上がるなど、水生生物が生息できない状態になることがあります。このような場合でも、池の環境が回復したときに、他の池から生物が移動できれば、再び回復した池で生息できるでしょう。このような池の配置の影響を解析する手法を、現在開発中です。これらによって、水生生物の保全にとって、どのような環境の池をどのように配置すれば良いか提示したいと考えています。

(生物多様性研究領域 田中幸一・山中武彦  
生態系計測研究領域 岩崎巨典・David S. Sprague  
農業環境インベントリーセンター 中谷至伸)

## 8. 交信攪乱剤(性フェロモン剤)に抵抗を示すチャノココクモンハマキ

### はじめに

環境にやさしい農薬として、昆虫の交尾行動を誘起する性フェロモンと呼ばれる化学物質を利用した交信攪乱剤が使用されています。この防除剤は直接虫を殺す活性はありませんが、空気中に性フェロモン物質がただよふことにより、雄成虫は雌成虫が配偶行動のために出している性フェロモンを認識しづらくなり、同じ種の雌成虫を発見することを妨害します。これにより、雌成虫の交尾の機会が減り、子孫の数を減らす効果があります。この効果は性フェロモンがそれぞれの昆虫で異なるため対象とした虫だけを防除する事ができるので、とても環境にやさしい害虫防除を可能にします。また、性フェロモンを利用した交信攪乱剤は種の認識の過程を妨害するので、抵抗性が生じるには種の認識のやり方を変えなくてはならず、そのような変化が起きる可能性は小さいと考えられてきました。

茶の害虫であるチャノココクモンハマキ(図1)に対して(Z)-11-テトラデセニルアセタート(Z11-14:Ac)を有効成分とする交信攪乱剤が利用されてきました。ところが近年著しく効果が低下し、世界で最初の交信攪乱剤に対する抵抗性現象として1996年に報告されました。抵抗性を引き起こさない交信攪乱剤を開発するために、抵抗性発現要因の解明を目指して研究を進めてい



図1 チャノココクモンハマキ 左 雄成虫、右 雌成虫

ます。

交信攪乱剤は図2で2つ折りにになっているチューブ状の物です。これを1.5~2mおきに茶園全体に設置します。性フェロモン成分はポリエチレンチューブなどに封入され、数ヶ月間にわたってゆっくりと放出されるようになっています。



図2 茶園に設置された性フェロモンを使った交信攪乱剤

### 交信攪乱剤に対する抵抗性系統の虫の選抜

抵抗性が報告された静岡県茶園からチャノココクモンハマキの幼虫を採集しました。高濃度の攪乱剤(Z11-14:Ac)が存在する容器中に雄成虫と雌成虫を入れて交尾を行わせて卵を採集しました。この卵から生まれた虫は高濃度の性フェロモン成分があっても交尾できる虫の子孫ということになります。虫は人工飼料を使って飼育を行い、約1月後に成虫となります。このような飼育を繰り返し、より高濃度の攪乱剤がある条件でも交尾できる虫の選抜を行いました。検定方法として、交信攪乱剤(Z11-14:Ac)を入れた1Lのガラス容器にチャノココクモンハマキ雄成虫・雌成虫10頭ずつを放し、どのくらいの割合で交尾できるか調べました。同じ処理

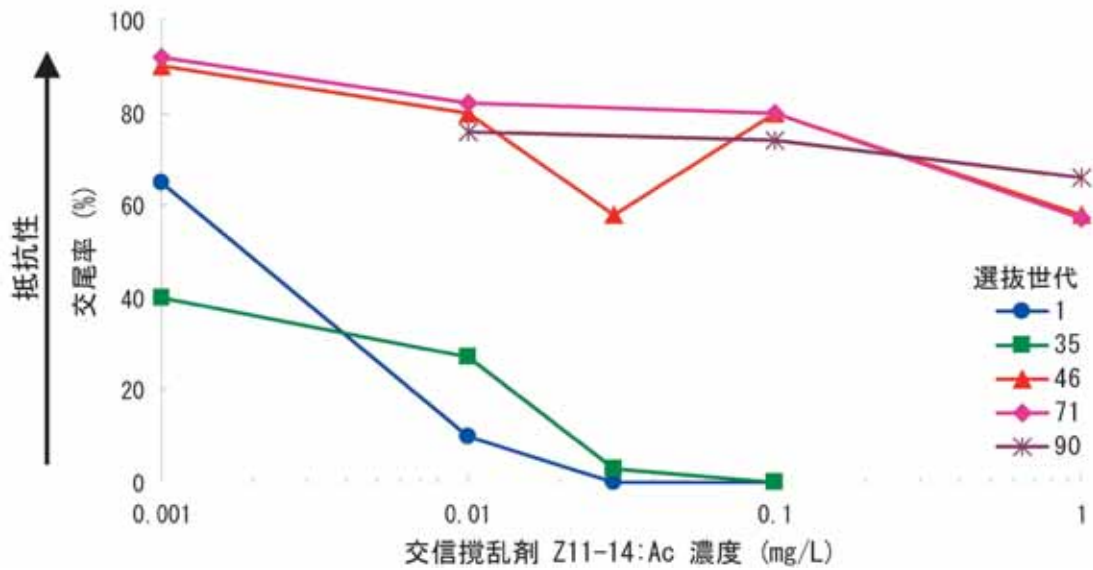


図3 交信攪乱剤に対する強力な抵抗性の獲得

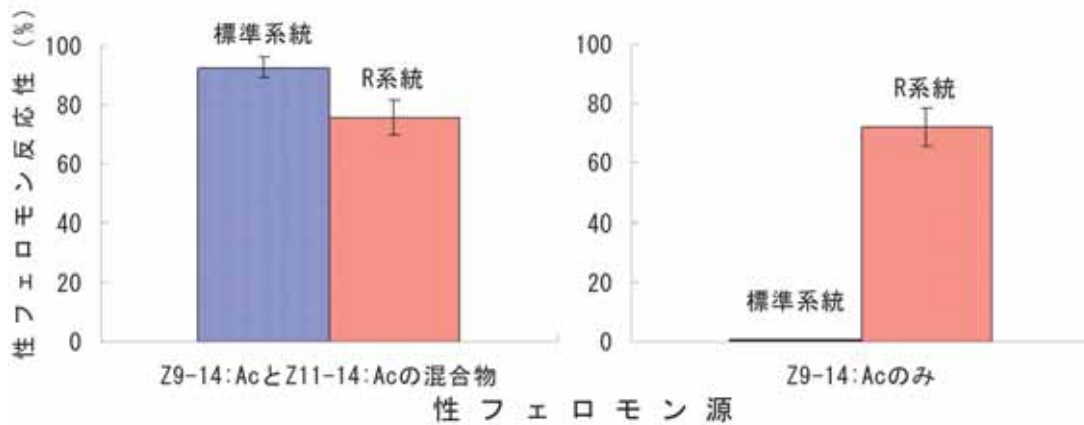


図4 性フェロモン成分に対する雄成虫の反応性

濃度で交尾率が高いほど抵抗性が強いことになります。約4年経った40世代以降、この系統は強い抵抗性を安定して示すようになりました。現在まで8年近く選抜を続けることで、抵抗性系統(R系統)を確立できました(図3)。野外採集の直後は、0.001mg/Lの処理濃度では60%程度が交尾できましたが、0.1mg/Lになると完全に阻害されました。同じような状況が選抜後35世代まで続きました。46世代になると、0.001mg/Lの処理濃度では90%程度が交尾でき、処理濃度が上がっても交尾率はあまり下がらず、1mg/Lになっても60%以上のハマキガが交尾しました。これ以降、この抵抗性の強さは変わらず、交信攪乱剤に対し抵抗性を獲得したことは明らかです。

**室内風洞内での交信攪乱剤に抵抗性系統の虫の誘引**

チャノココクモンハマキでは(Z)-9-テトラデセニルアセタート(Z9-14:Ac)とZ11-14:Acが誘

引に必要な性フェロモン成分(混合比7:3)で、どちらかの成分でもないと誘引力がありません。抵抗性をもたない標準系統と抵抗性系統(R系統)の雄成虫の性フェロモン反応性を室内風洞(直径30cm×長さ2m)で調査しました。標準系統の雄成虫(青色)はZ9-14:AcとZ11-14:Acの2成分混合物に良く反応しましたが(図4、左)、Z11-14:Acを含まないZ9-14:Acだけの誘引源には反応しませんでした(図4、右)。ところが、R系統の雄成虫(赤色)は誘引に必要なはずのZ11-14:Acを含まない性フェロモン源にも強く反応しました(図4、右)。R系統の雄成虫は予想外の性質を獲得していたことになります。

**交信攪乱剤に抵抗性となった要因**

交信攪乱剤(Z11-14:Ac)の大気中での濃度が高くなると、雌成虫が放出する性フェロモン信号は干渉さ

れるため、雄成虫が雌成虫を発見するのが難しくなります。しかし、R系統の雄成虫は、性フェロモン信号としてZ11-14:Acがなくてもかまわないので、交信攪乱剤の影響を受けにくくなっています。これが攪乱剤に対する抵抗性発現の一要因であると考えられます。

### おわりに

野外に生息しているチャノコカクモンハマキの雄成虫のなかにZ11-14:Acがなくても雌成虫を発見できる虫がごく少数いたのだと考えられます。Z11-14:Acを交信攪乱剤として使用を続けたことにより、しだいにこのような特性をもつ雄成虫の割合が増えたことで、交信攪乱剤に対する抵抗性が現れたと考えられます。今後、性フェロモンを交信攪乱による防除に使うには、定期的に抵抗性についての検討を行い、抵抗性へ注意を払う必要があります。

(生物多様性研究領域 杉江 元・田端 純)

## 9. 大気CO<sub>2</sub>増加による水稻の群落光合成の促進は葉室素濃度に依存する

### はじめに

現在380ppmである大気CO<sub>2</sub>濃度は上昇を続けており、今世紀末には540~970ppmに達すると予測されています。大気CO<sub>2</sub>濃度の上昇は作物生産に大きな影響を及ぼすと考えられます。とりわけ世界の人口の約半数の主食であるコメ生産に及ぼす影響は、食料の安定供給の視点から重要です。そのため、将来のコメ生産量の予測を正確に行うことが求められています。

一般に、CO<sub>2</sub>濃度が上昇すると、水稻の個葉光合成は促進されますが、その程度は生育の進行に伴いしだいに低下することが分かっています。しかし、様々な個葉で構成される水稻群落の光合成の促進が、生育に伴って低下するかは明らかではありません。群落光合成への影響は、水稻の生長量に直結するため、そのことが将来の水稻生産予測における不確実さの一因になっています。

そこで、高CO<sub>2</sub>濃度による群落光合成の促進が個葉と同様に低下するか、低下するならばその要因は何かを明らかにするために本研究を実施しました。

### 高CO<sub>2</sub>濃度に対する群落光合成の応答

農業環境技術研究所内の自然光型人工気象室(図1)6室を用いて、水稻(品種「日本晴」)を現在の大気CO<sub>2</sub>濃度(380ppm)と高CO<sub>2</sub>濃度(680ppm)の2条件で3年間栽培しました。そして、それぞれの人工気象室におけるCO<sub>2</sub>の収支を連続的に測定することにより、水稻群落の日中の光合成量と夜間の呼吸量を算出しました。



図1 農業環境技術研究所の人工気象室

自然の日射条件下で、人工気象室内の気温、湿度およびCO<sub>2</sub>濃度を变化させて、植物の応答や群落の光合成・呼吸速度などを調査することができます。

この実験の結果、CO<sub>2</sub>濃度の上昇による群落光合成の促進率は生育初期に最も高く、生育につれてしだいに低下してゆくことが群落レベルで初めて明らかになりました(図2)。一方、呼吸は高CO<sub>2</sub>濃度によって生育期間をとおして促進されていました。水稻の生長量は、水稻群落の光合成と呼吸の差し引きで決まることから、高CO<sub>2</sub>濃度による生長量の増加率は生育に伴い大きく低下していくことになります。

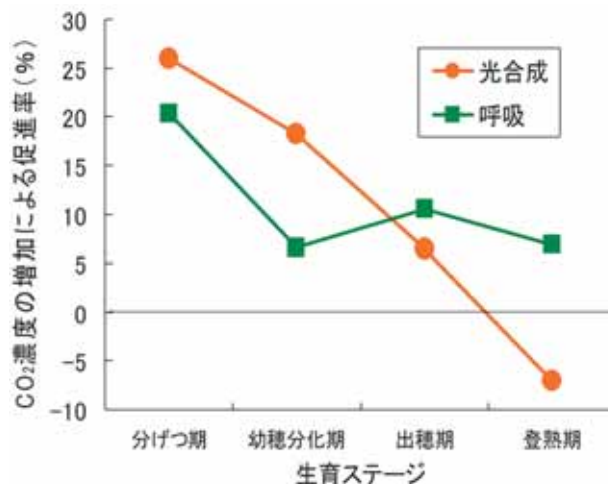


図2 CO<sub>2</sub>濃度上昇による群落光合成、呼吸の促進率の変化  
水稻の生育に伴い、CO<sub>2</sub>濃度の増加による光合成の促進率はしだいに低下したのに対し、呼吸の促進率は低下しませんでした。

### 群落光合成の促進率が低下する要因

個葉の光合成能力は葉室素濃度と深く関わっていることが知られています。そこで、群落の光合成能力（受光量あたりの光合成量）と葉室素濃度の関係を調査した結果、両者の間には曲線的な関係があることが分かりました（図3）。また、その関係はCO<sub>2</sub>濃度で異なることも明らかとなりました。図3より、葉室素濃度が高い場合には群落光合成の促進率が高く、葉室素濃度が低下するにつれて促進率が小さくなっていくことが分かります。いずれのCO<sub>2</sub>濃度条件でも生育に伴い葉室素濃度が低下していくために、群落光合成の促進率は低下していきます。さらに、高CO<sub>2</sub>濃度条件では外気CO<sub>2</sub>濃度条件よりも葉室素濃度が低く推移するということが分かっており、このことも群落光合成の促進率を低下させる要因となっていました。つまり、生育の進行や高CO<sub>2</sub>濃度条件による葉室素濃度の変化によって、水稻群落の光合成促進率の変動が説明されることが分かりました。

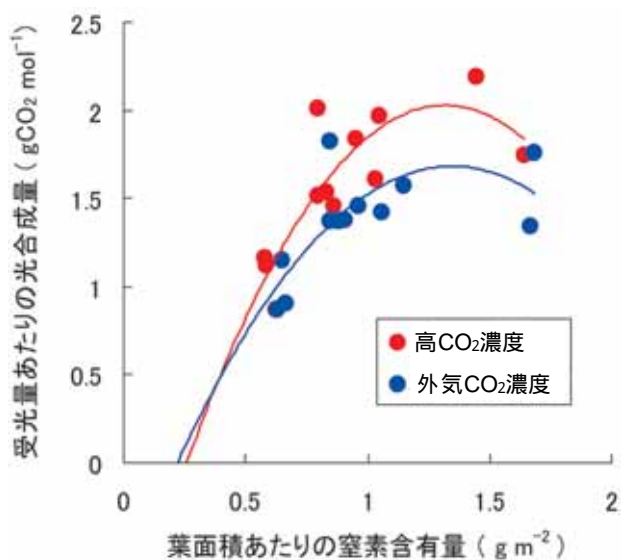


図3 3年間の実験から得られた水稻の群落光合成と葉室素濃度の関係。葉面積あたりの窒素含有量（葉室素濃度）の低下に伴って、両CO<sub>2</sub>濃度区の違いが小さくなっていきます。すなわち、CO<sub>2</sub>濃度の増加による群落光合成の促進率は窒素濃度の低下に伴い低下します。

### おわりに

これらの結果は、CO<sub>2</sub>濃度上昇時のコメ生産を正確に予測するためには、CO<sub>2</sub>濃度上昇下での稲体（特に葉）の窒素濃度を的確に予測する必要があることを示しています。そして、CO<sub>2</sub>濃度の上昇による水稻生長への“施肥”効果を最大限に活用した適応栽培技術を開発する上では、窒素管理が重要であると考えられます。

（大気環境研究領域 酒井英光）

## 10. 衛星データを活用してメコンデルタの洪水と稲作の変化をみる

### はじめに

現在、気候変動や発電・灌漑等の水資源開発に伴う河川水量の変動が、下流域の農業生産に与える影響が注目されています。将来のアジアの食料生産を予測する前提として、現在の水環境と農業的土地利用変化を広域に把握し、その動的な相互関係を理解することが重要です。これまで、水域や農業的土地利用の変動を広域モニタリングする上で、様々な衛星データが活用されていますが、洪水の拡大過程や水稻生育過程を連続的に捉えるには、データの観測頻度や解像度が障害となっていました。そこで、解像度が既存衛星センサーよりも高く、ほぼ毎日の観測データが利用可能なMODIS/Terraという衛星の時系列データの活用を試みました。その結果、地表面の水分と植物の被覆状態を表す水指数と植生指数から湛水域の時間変化や水稻生育ステージを動的に把握する解析手法を確立しました。この方法で、メコンデルタを対象に洪水や水稻作付パターンを多年時にわたってモニタリングした結果を紹介します。

### ベトナム・メコンデルタ

ベトナムは、市場経済原理の導入以後、急速に農業生産効率を高めており、米生産量は、1985年（1,586万t）から2004年（約3,615万t）の20年間で2.3倍に急増しました。ここで紹介するメコンデルタは、インドシナ半島の南端部に位置しており、ベトナムの米生産量の約半分を産出しています。また、国際連合食糧農業機関（FAO）の農業統計データによると、ベトナムは、タイに次ぐ世界第二位の米輸出国（2003年時点で380万t、世界の輸出シェアの約13%）でもあります。そして、ベトナムの輸出米の9割近くがメコンデルタから供出され、フィリピン、インドネシアを初めとする国々に輸出されています。このように、メコンデルタは、アジアの食料生産予測をする上で重要な地域といえます。

### メコン川洪水の年次変化を動的に捉える

図1は、2000～2004年のメコンデルタにおける湛水開始日、湛水終了日、湛水期間を示したものです。洪水規模が大きかった2000～2002年は、その規模が平年並もしくは小さかった2003～2004年に比べて、湛水期間が長く、洪水の終息する時期が遅かったことが分かります。この

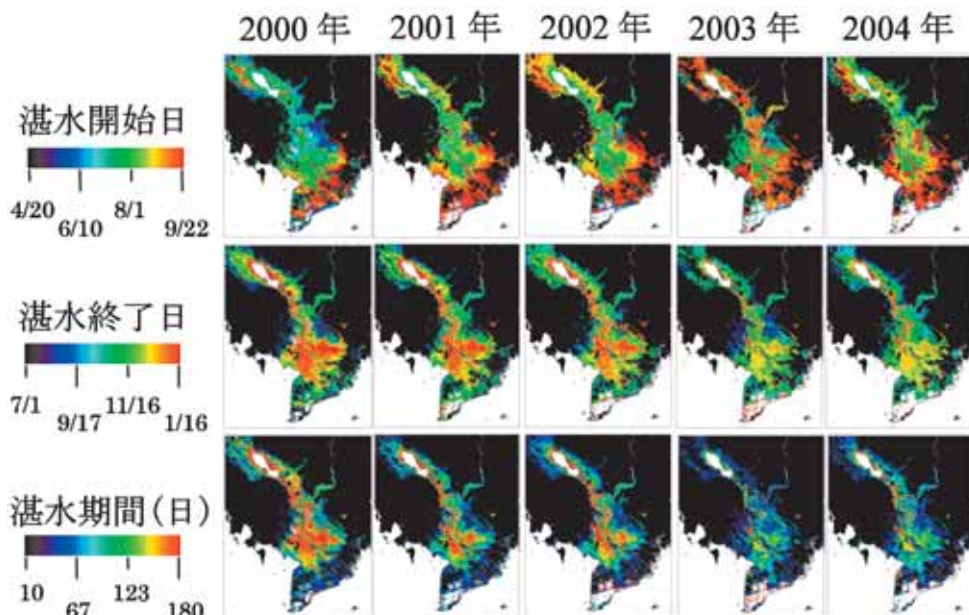


図1 2000～2004年における湛水開始日、終了日、期間の推定結果

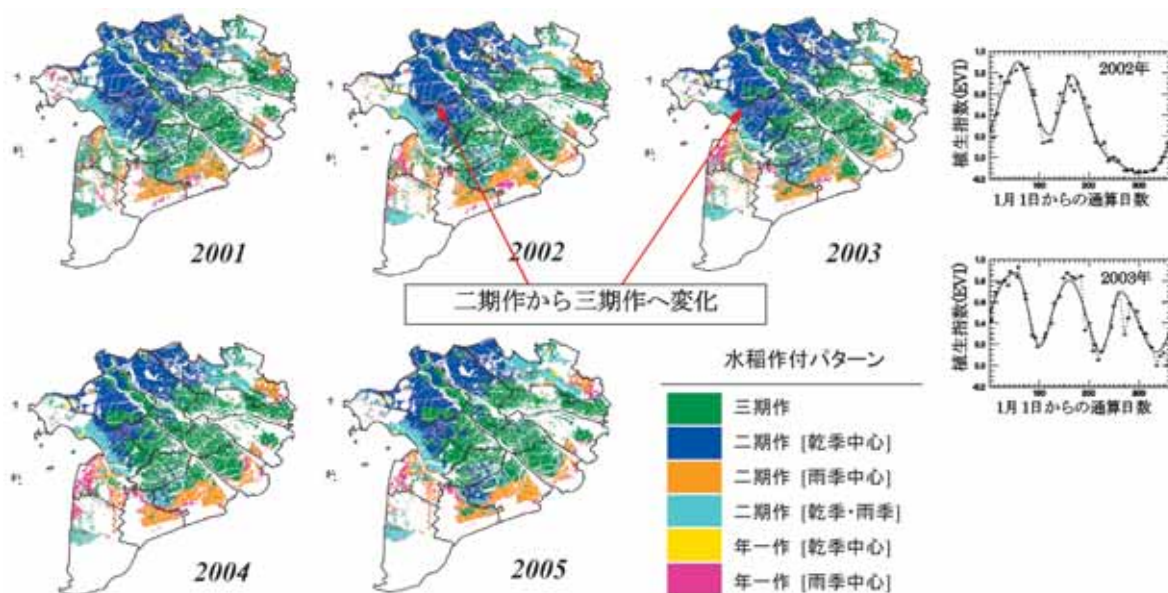


図2 ベトナム・メコンデルタの推定水稲作付パターン  
\* 右側のグラフは、図中矢印の地域の植生指数の変化を示しています。

ように、新たな衛星データ解析手法によって、雨季後半から乾季にかけて水稲の作付を制限する洪水の分布が、年次によって時間的・空間的に偏在していることが分かりました。

**水稲作付パターンの年次変化**

植生指数の季節変化曲線のピークとその出現時期から、水稲作付パターン(三期作、二期作[乾季中心]等)を分類しました(図2右)

上流部の青色部分では、図1に示す雨季の洪水時期を避けた二期作[乾季中心]を行っています。沿岸部の橙

色部分では、乾季の河川流量の低下によって、塩水が運河網を通して海から遡上するため、乾季の水稲栽培が困難であり、雨季を中心とした二期作を行っています。そして、洪水と塩水遡上の影響がそれほど深刻でない中流部では、三期作地域(緑色)が広く分布しています。このように、メコンデルタにおける水稲作付パターンは、アジアモンスーンの影響によって量的・質的に変化する水資源量と密接な関係があることが分かりました。また、2001年～2005年の水稲作付パターンの年次変化から、メコンデルタ中上流部にかけて、作付回数が年2回(二期作[乾季型])から年3回(三期作)へと顕著に増加し



ていることが分かります。現地調査を行った図2矢印に示す地域では、新たに堤防が建設され、これまで困難であった洪水期の水稻栽培が可能になっていることを確認しました。

### おわりに

メコンデルタでは、市場経済原理の導入、土地利用に関する規制緩和、インフラ整備による洪水の克服によって、年々集約的な農業生産システムが拡大しています。さらに、沿岸部における水田からエビ養殖地への急激な土地利用変化（図1白色部分）も新たな問題となっています。メコンデルタ以外のアジア地域においても、経済発展による土地利用変化や地球温暖化・水資源開発に伴う水環境の変動が農業生産や周辺環境に与える影響が懸念されています。これらの問題に的確に対処していくためには、衛星データを用いた継続的なモニタリングによって土地利用の実態を正確に把握することが必要です。（生態計測研究領域 坂本利弘・石塚直樹・大野宏之  
大気環境研究領域 横沢正幸）

## 11. 日本産ヒョウタンカスミカメ族（カメムシ目）の Web での図説検索表

### はじめに

ヒョウタンカスミカメ族の多くはダニ類や小昆虫を捕食するとされ、自然環境ではこれらの天敵としての役割を果たしていると考えられます。本族中、最も普通にみられるヒョウタンカスミカメ (*Pilophorus setulosus*) は、里山を中心とした農業生態系に多く生息し、種々の落葉広葉樹上で生活しています。本族、特に最大の属であるヒョウタンカスミカメ属 (*Pilophorus* Hahn) は体色・体形などが互いに類似した種が多く（図1）生物相の調査などで頻繁に発見されるものの、図鑑など同定に利用できる資料が乏しく、これまで分類の専門家でなければ同定は困難でした。そこで、種の同定に用いる形質をわかりやすく図示した図説検索表を作成・公開することで、同定を容易にする手段を提供しました。

### ヒョウタンカスミカメ族

ヒョウタンカスミカメ族はカスミカメムシ科チピカスミカメ亜科に含まれ、全世界でおおよそ150種ほどが知られる比較的小規模なグループで、わが国ではこれまでに17種が確認されています。体長約2～4mmほどの微小

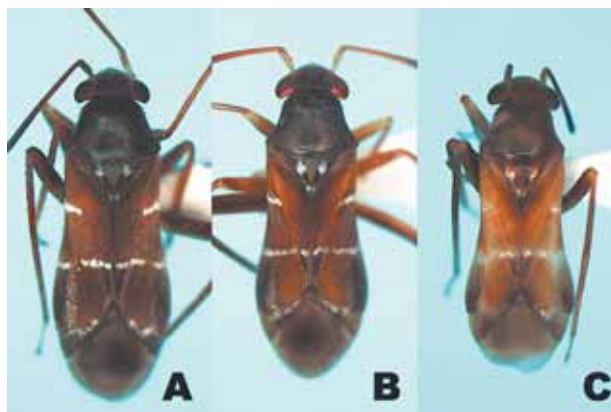


図1 ヒョウタンカスミカメ属3種；A：ヒョウタンカスミカメ、B：ホソヒョウタンカスミカメ、C：ヨモギヒョウタンカスミカメ

なカメムシで、このうちヒョウタンカスミカメ属は細長い体形で、外見がアリに似ていることで知られています。これらの種では背面に特徴的な銀白色の鱗毛列を形成し、あたかもアリの腹部がくびれているかのように見えます（図2）。本族の種はほとんどが捕食性だといわれていますが、詳しい生態に関しては解明されていないので、また正確な同定すら難しい状況にありました。

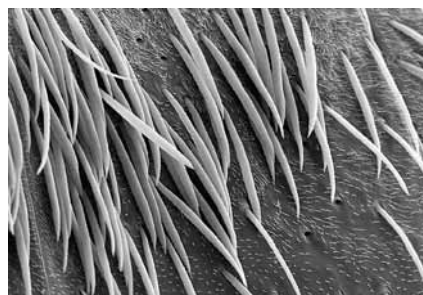


図2 上：クロヒョウタンカスミカメ *Pilophorus typicus* 成虫（矢印は銀白色鱗毛列）。下：鱗毛列の拡大図。

### Web で公開した図説検索表

日本産ヒョウタンカスミカメ族17種について種の検索表を作成し、鱗毛の形態など識別点となる形質をすべて図示しました。これらを組み合わせてヒョウタンカスミカメ族の図説検索表を作成、Web公開しました（図3）。農業環境技術研究所の研究・技術情報のページ（<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/index.html>）からアクセスで

きます。

画面の左に体の全形図を表示し、右側で拡大している部位がどこかわかるように矢印で示しました。利用者は指示された形質を観察し、2つの選択肢から合致する方を順次選ぶことで該当する種に到達できます。なお、当ページには英語版も用意してあります。現在のところ検索表だけですが、個々の種について解説および画像を充実させる予定です。

(農業環境インベントリーセンター 中谷至伸)

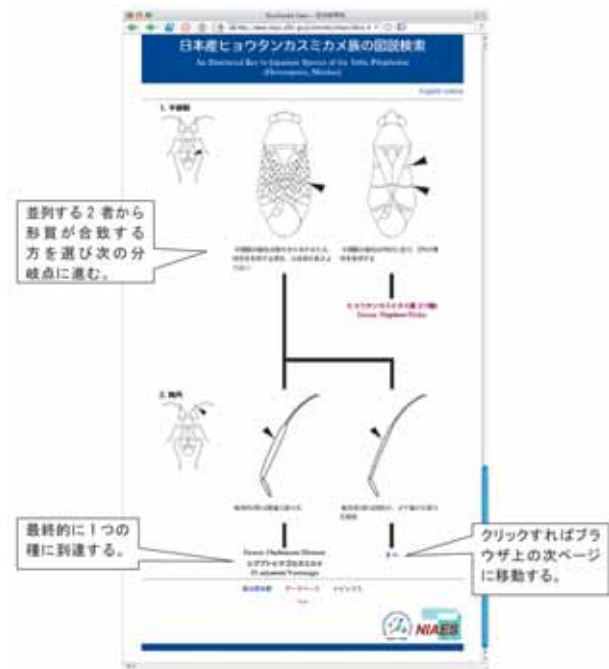


図3 ヒョウタンカスミカメ族の図説検索表画面  
並列する2者から形質が合致する方を選び次の分岐点に進みます。これを繰り返すことで、最終的に1つの種に到達できます。