

## 【4-1303】

# 農薬による水田生物多様性影響の総合的 評価手法の開発 (H25～27)

### 【研究体制】

課題代表者(兼サブテーマ4): 林岳彦(国立環境研究所)

サブテーマ1: 五箇公一(国立環境研究所)

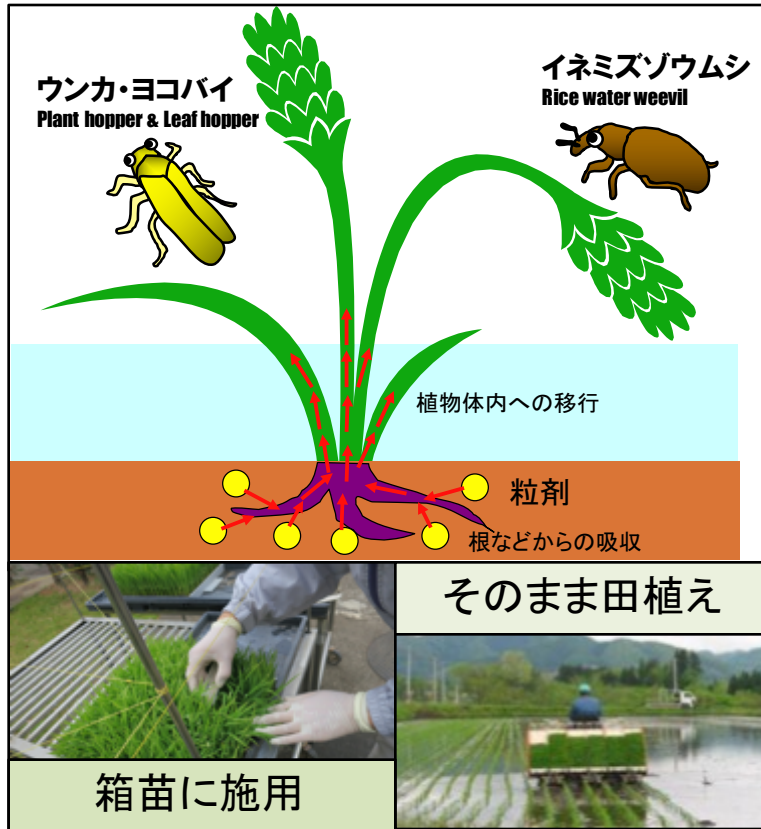
サブテーマ2: 渡邊裕純(東京農工大学)

サブテーマ3: 日鷹一雅(愛媛大学)

【累積予算額】93,486千円

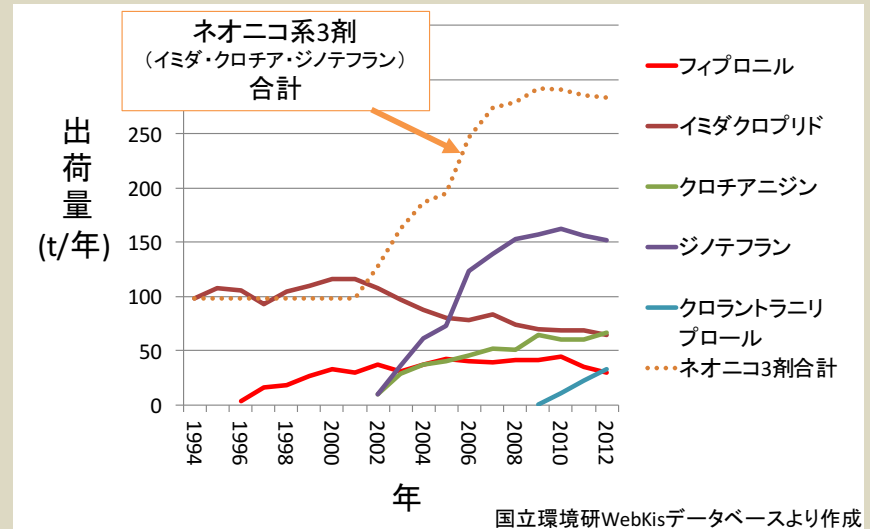
# 背景：現在、ネオニコチノイド系等の浸透移行性殺虫剤の箱苗施用が広く普及している

## 浸透移行性殺虫剤の特徴



メリット：省力的、低被曝

## 代表的な浸透移行性殺虫剤であるネオニコチノイド系等農薬の出荷量



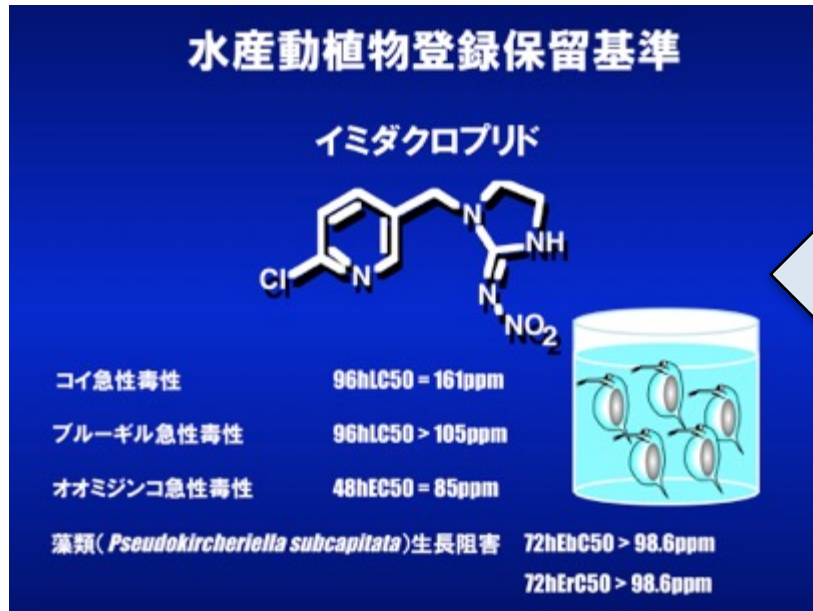
ここ20年のあいだ出荷量は伸び続けている

その一方、EUにおいてネオニコ3剤とフィプロニルの時限的使用制限が施行されるなど、野生生物への毒性には根強い懸念の声がある

主要な施用先である水田の生態系への悪影響が強く懸念されている

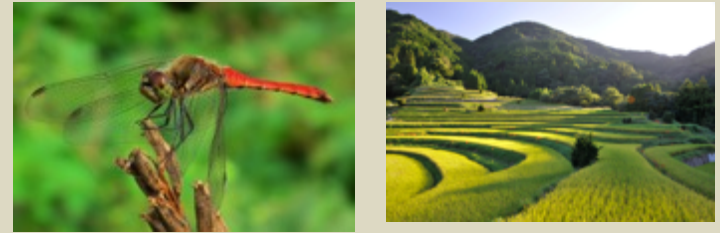
# 背景：「野外の水田生態系への悪影響」と 現行の農薬の生態リスク評価方法

現行の農薬登録時の生態リスク評価は  
標準試験生物3種の急性毒性試験結果  
に基づく単純なものに留まっている

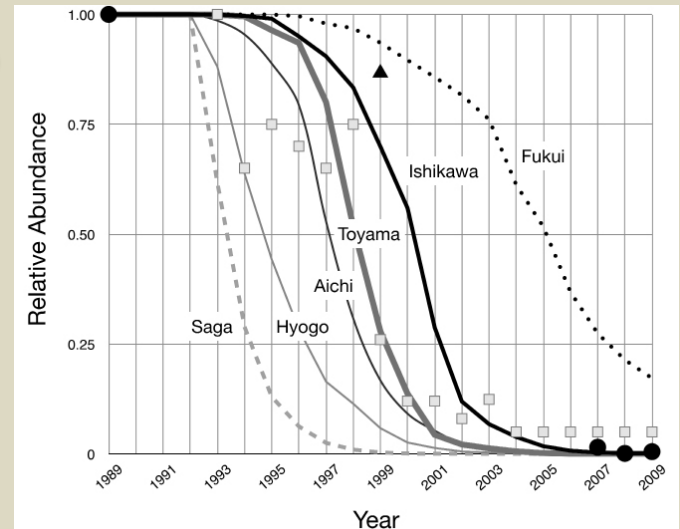


守るべき生態系との大きなギャップ

野外水田における生物異変？



アキアカネの個体群推移の推計値



上田・神宮寺 (2013) TOMBO 55:1-12

水田生態系への農薬の影響を正面から論じるためには  
生態学的な側面も考慮した総合的な影響評価手法が必要である

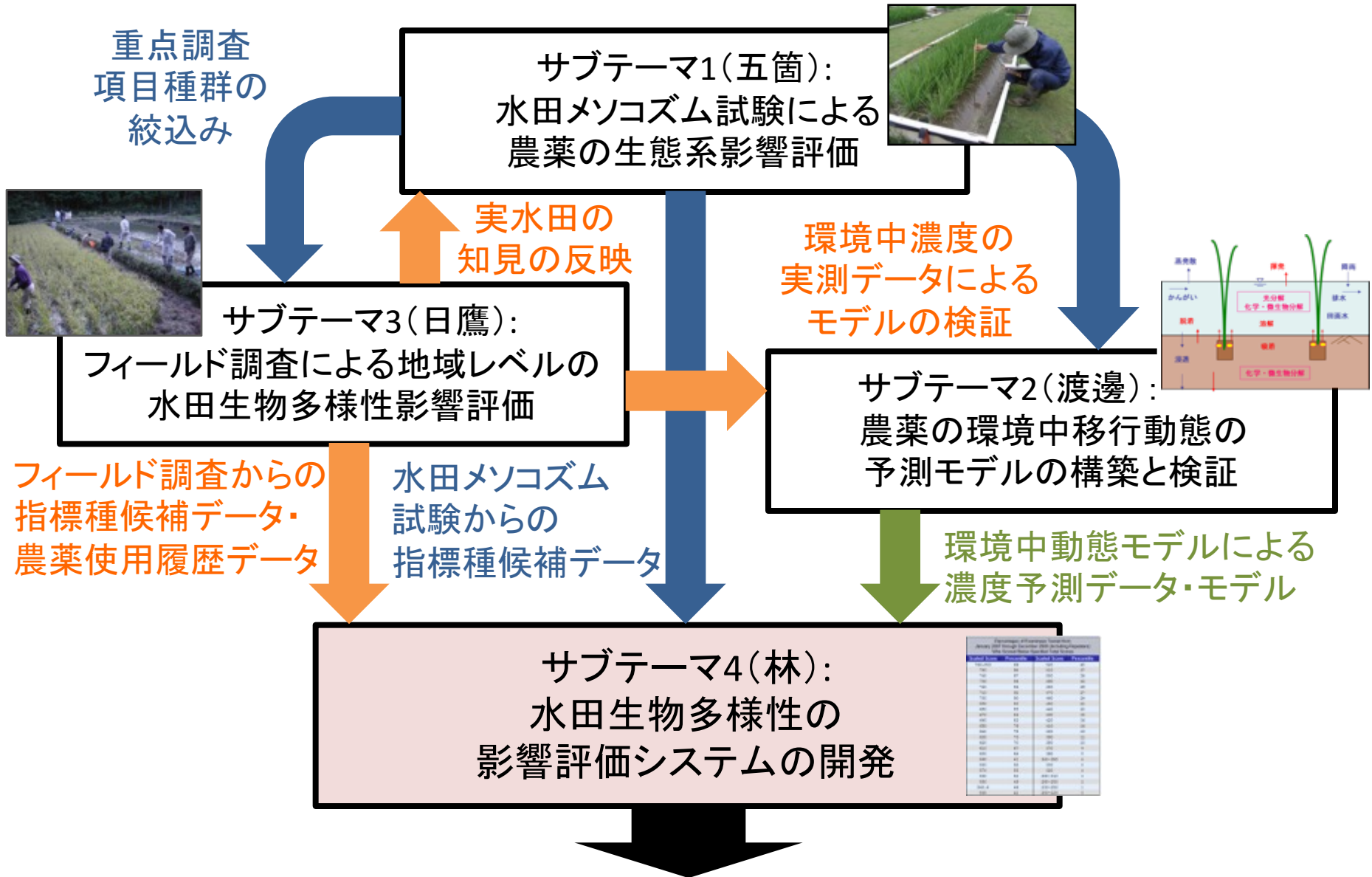
# 本研究課題の目的

- (1) 水田生物多様性影響の総合的評価手法を開発する
- (2) 現在の主要箱苗施用殺虫剤4剤の影響を評価する

## 評価対象とした4つの殺虫剤

薬剤名 (登録年)	薬剤の系統	特徴など	過去の出荷量の 最大値	2013年の 出荷量
クロチアニジン (2001年)	ネオニコチノイド系 (神経系に作用)	ネオニコ系の比較的 新しい剤	70t (2013年)	70t
イミダクロプリド (1992年)	ネオニコチノイド系 (神経系に作用)	ネオニコ系の代表的 な剤	115t (2000年)	60t
フィプロニル (1996年)	フェニルピラゾール 系(神経系に作用)	非ネオニコ系の代表的 な剤	44t (2010年)	27t
クロラントラニリ プロール (2009年)	ジアミド系(筋繊維に 作用)	ここ数年で急速に普 及している剤	37t (2013年)	37t

# 本研究課題の全体デザイン



リスク評価および複数の管理施策オプションの提案

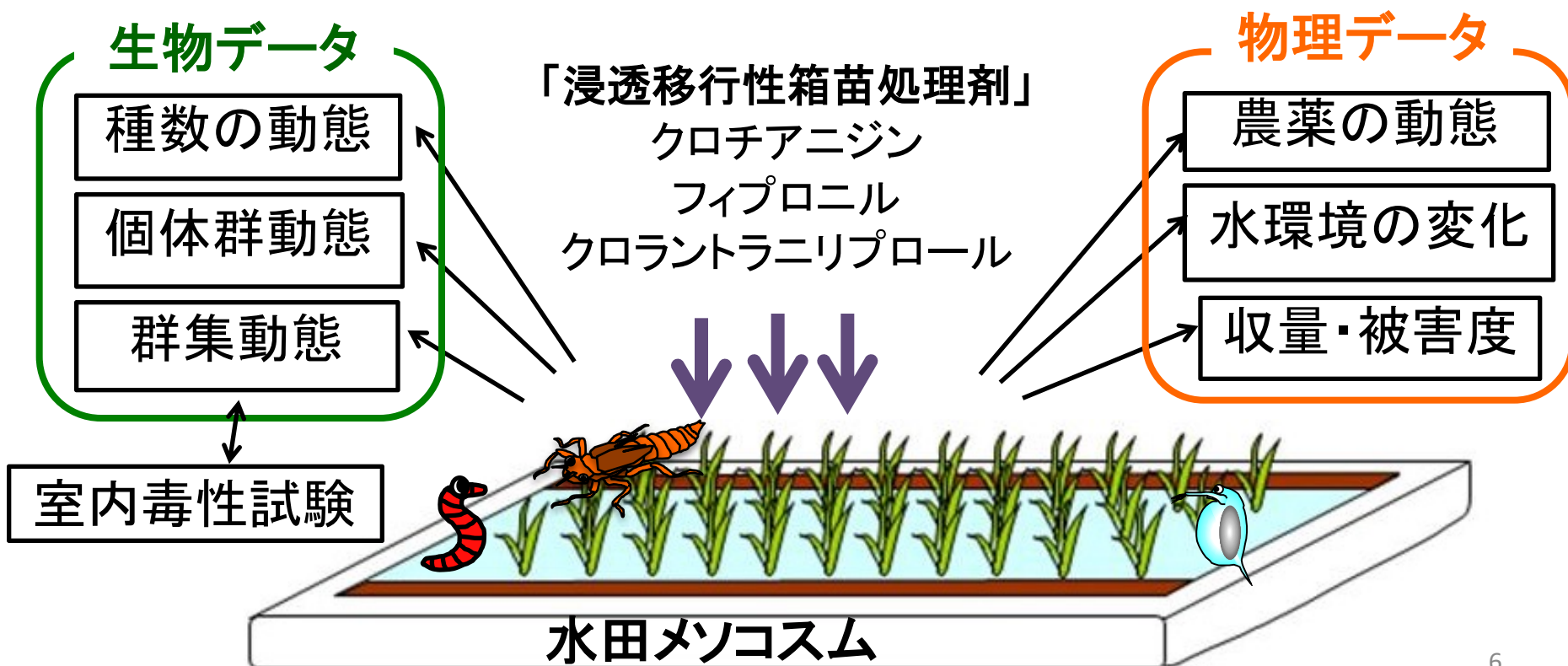
# サブ1：水田メソコズム試験による農薬の生態系影響評価

目的：実環境に近い水田メソコズム試験系を用いて

(1) どの農薬がどう生物群集へ影響しているのか？

(2) 農薬はいつ・どこに・どのくらい移動・残留するのか？

を実験的に明らかにする



# サブ1 成果：（本課題で開発された）水田メソコズム試験を中心とした生態影響評価手法

## 実験水田の構築

（連数：3剤/2連  
+コントロール/2連）

### 箱苗処理



### 苗の移植



### 収穫期まで栽培



## 生物相モニタリング

### 水生・底生生物調査



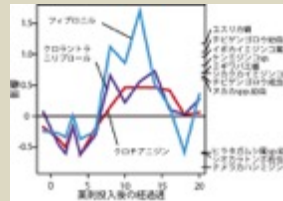
### プランクトン調査



### 同定・カウント作業



### 主成分反応曲線法等による統計解析



## 農薬濃度・水質モニタリング

### 水質・農薬濃度調査

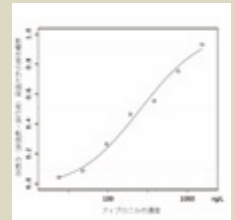
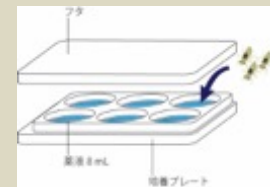


### 農薬の化学分析



## 室内毒性試験

感受性の高い種を用いた毒性試験



感受性の高い種の特定

## 各薬剤の生物群集への影響評価

フィールド調査(サブ3)での重要種群の絞込み

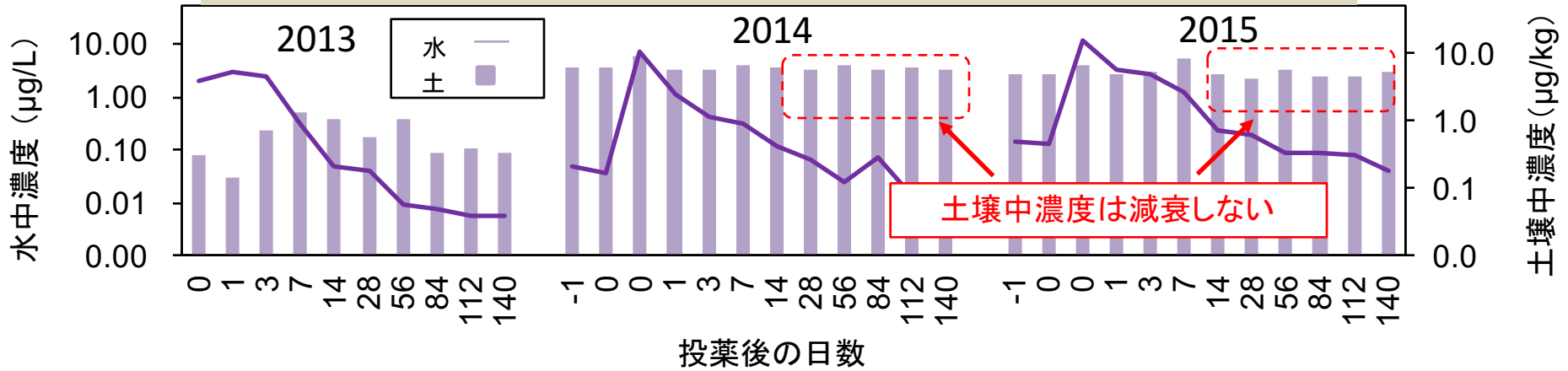
## 各薬剤の環境中曝露評価

フィールド調査(サブ3)での要調査農薬の特定

環境中動態予測モデル(サブ2)の構築と検証へのデータ提供

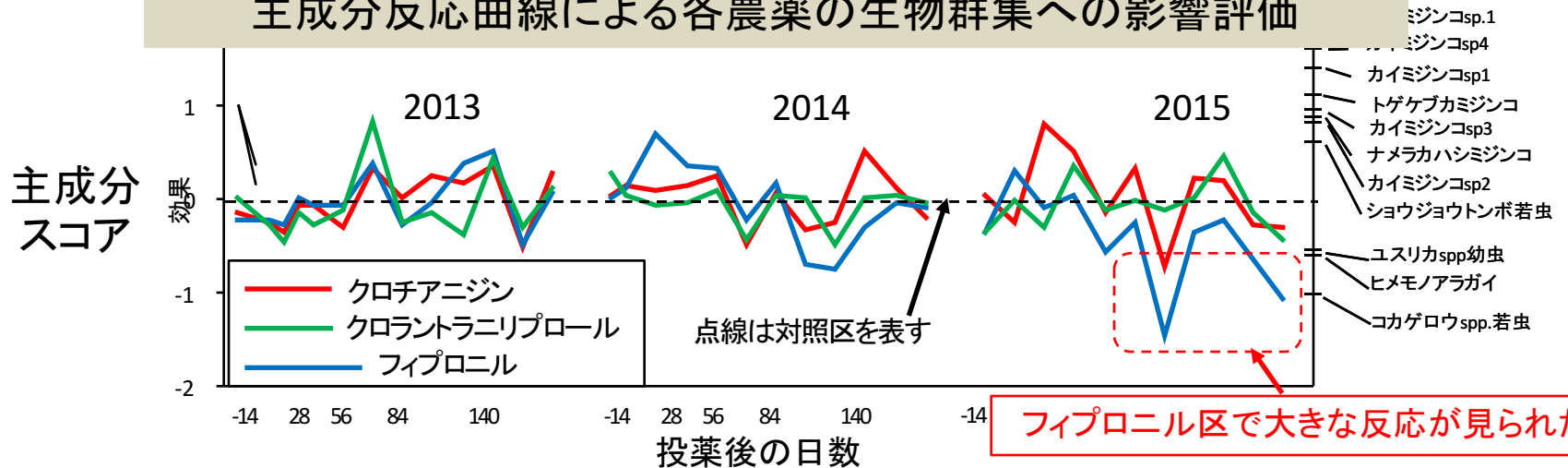
# サブ1 成果：各薬剤の濃度動態と群集影響が示された

実験水田におけるクロラントラニプロール濃度の経時的変化



薬剤が土壤中に比較的高濃度で残り続けることが示された

主成分反応曲線による各農薬の生物群集への影響評価



フィプロニルの群集レベル影響が大きいことが示唆された

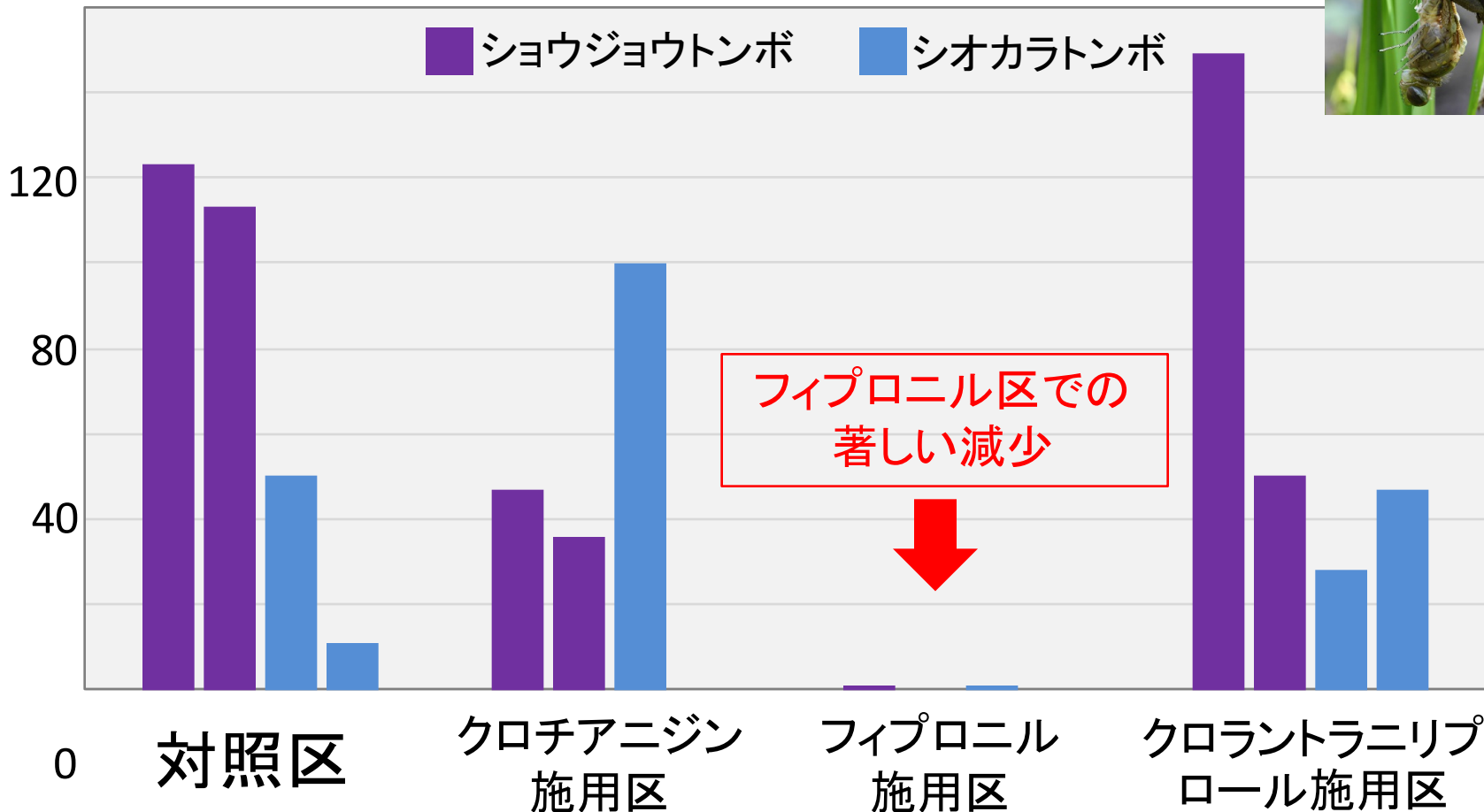


# サブ1 成果：トンボ類への特に顕著な影響が示された

## H27年トンボ羽化数調査の結果



羽化殻数



フィプロニル区での著しい減少



フィプロニルのトンボ類に対する大きな影響が示された

H25の同様の結果を含む論文がScientific Reports誌で受理済(3/16掲載予定)

# サブ3：フィールド調査による地域レベルの水田生物多様性評価

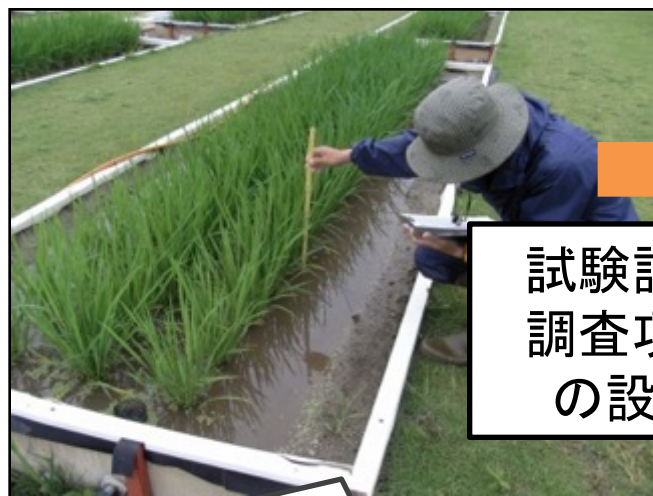
目的：実際の水田環境において：

- (1) 農薬は生物多様性に影響しているのか？
  - (2) どのような農薬が使われてきていて、実際の圃場中にどのくらい存在・残留しているのか？
- を野外実験を中心に明らかにする

水田メソコズム試験

“各農薬に脆弱な種群”  
の絞り込み

フィールド実験調査



試験設計  
調査項目  
の設定

重点  
調査種群の  
設定



実水田からの知見

「農薬による影響」だけに着目できる

実際の水田での影響を観察できる

# サブ3成果：（本課題で開発された）フィールド調査による水田生物多様性評価手法

## 拠点フィールドでの 野外実験区の設定



親交ある農家に依頼し隣接圃場に異なる農薬を施用することによる野外実験

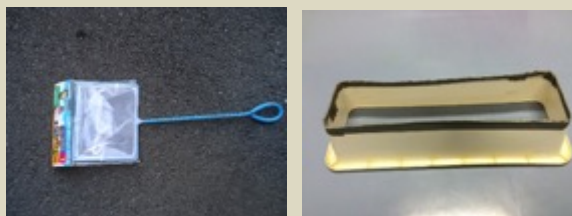
## 地域フィールドでの 野外実験 & 調査



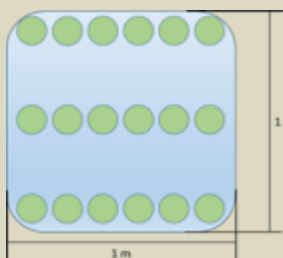
異なる苗箱剤の処理  
地域性による違いを調査

## 生物相の実地調査

枠掬い取り法によるサンプリング



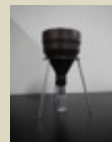
夜間見取り法



トンボ成虫  
カウント



プランクトン  
採集



## 土壌・水サンプルの分析

土壌・水サンプル採取 農薬の化学分析



## 実験水田の構築(サブ1)



実験水田の設計への  
フィードバック

## 各薬剤の実水田での 生物影響評価

フィールド調査における地域ごとの指標種の提案  
高感受性種の詳細・広域な調査の提案

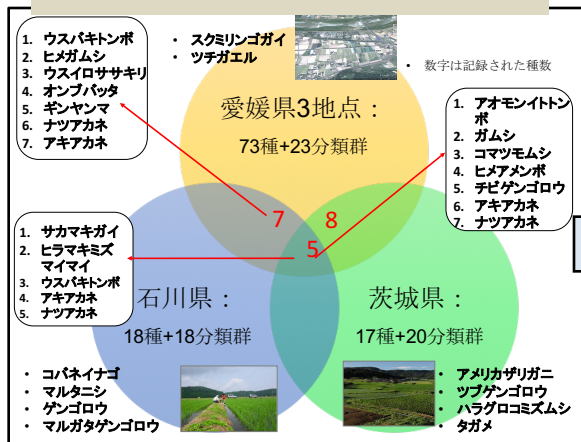
地域における農薬の生態リスク管理施策への情報提供

## 各薬剤の実水田に おける曝露評価

実験水田(サブ1)での  
要調査農薬の特定  
環境中動態予測モデル(サブ2)  
の構築と検証へのデータ提供

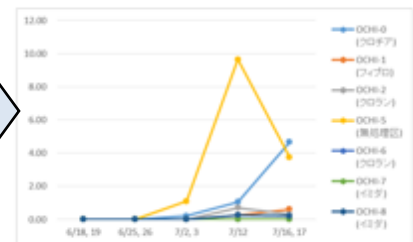
# サブ3成果：水田生物種群への影響

100種以上の水田生物を記録



農薬処理区で大きな影響を受けるいくつかの種を特定

ウスバキトンボ幼虫 見取り(短期)



コマツモムシ 夜間見取り(普通期)



調査指標種を抽出

1. ウスバキトンボ
2. アキアカネ
3. カトリヤンマ
4. コマツモムシ
5. ミズカマキリ
6. ハイロゲンゴロウ
7. チビゲンゴロウ
8. ヒメガムシ

いくつかの高感受性種群を特定し調査指標種を抽出

H27 ヤゴ・ユスリカ幼虫等個体数調査結果(枠掬い取り法)

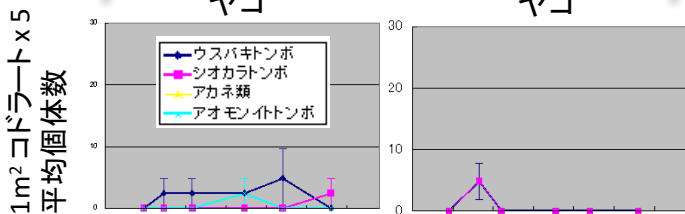
無施用区

フィプロニル区

ヤゴ

ヤゴ

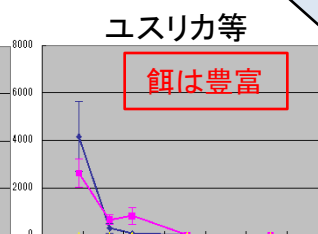
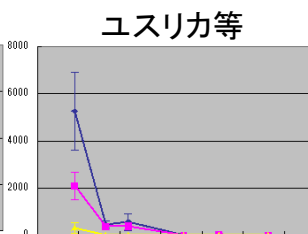
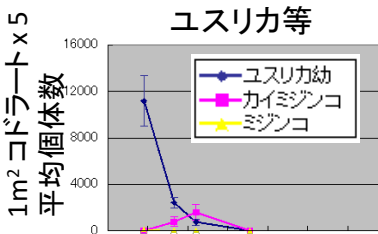
ヤゴ



ユスリカ等

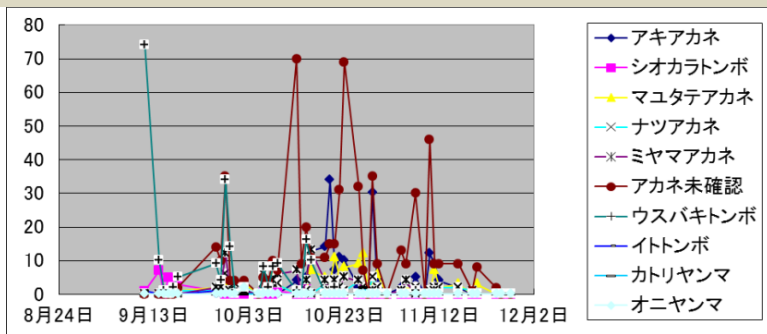
ユスリカ等

ユスリカ等



調査日(7~10月)

収穫期以降のトンボ類成虫の個体数推移



アカネ属を含めて産卵行動は多く見られた

フィプロニルの箱苗施用がヤゴの発生に大きな影響を与えていることが示唆された

# サブ2：農薬の環境中移行動態の予測モデルの開発と検証

サブテーマ2の目的：

- (1) 農薬の物理化学的性質にもとづき、各農薬がいつ・どこで・どのくらい存在するかを予測できるモデルを構築する

農薬の物理化学的性質

水溶解性

土壌吸着性

分解性

どの場所へ  
移行する？



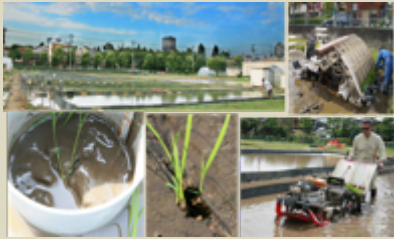
どの程度  
残留する？

どの種が曝露する？



# サブ2成果：（本課題で開発された）農薬の環境中移行動態予測モデルによる曝露評価法

## モデルのインプットデータの取得



水田圃場・実験水田・ライシメーターなどからの情報

Input data collection	
Field data	Lab data
Weather data	Soil data
Plant data	Water data
...	...

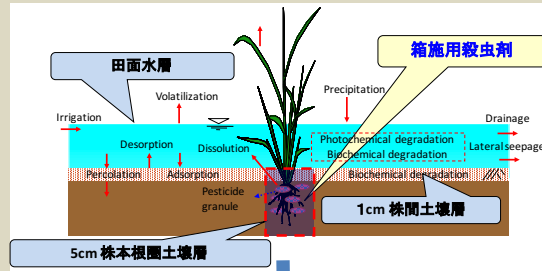
インプットデータとして集約

気象データベース・既存文献などからの情報

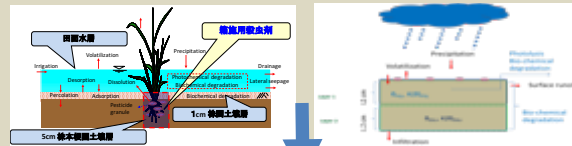
Weather and literature data	
Temperature	Humidity
Rainfall	Wind speed
...	...

## シミュレーションモデルの構築

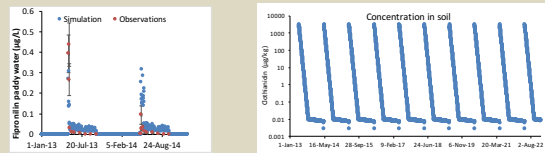
PCPF-1モデルを基にした、田面水、株間土壌、株本根圏土壌の3コンパートメントモデルを構築



改良型SPECモデルの追加による湛水-非湛水統合農薬動態モデルへの拡張



1シーズンを超えた長期動態の予測が可能



2シーズンのシミュレーション 10シーズンの長期シミュレーション

## フィールド水田・実験水田の実測濃度データによる検証



## 仮想シナリオでの濃度シミュレーション

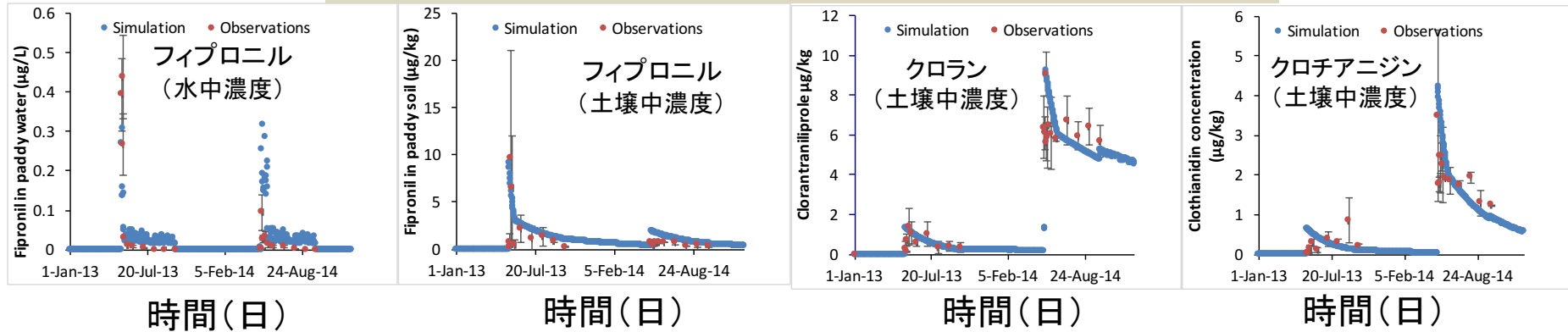
曝露濃度低減のための施策の探索と検討

## 各薬剤の予見的な曝露評価

- 地域における農薬の生態リスク管理施策への情報提供
- 実験水田(サブ1)での要調査農薬の特定
- フィールド水田(サブ3)での要詳細調査農薬の特定

# サブ2成果：環境中移行動態モデルからの予測の結果

## 水田中濃度の時系列動態(計算値と実測値)



各薬剤の複数年にわたる長期的濃度動態の予測を行なった

## 予測シミュレーションに基づく各殺虫剤の評価

薬剤名	土壌吸着性	移動性	土壌中残留性	モデルの検証
クロチアニジン	中程度	高い (水溶解度高・土壌吸着中のため、リーチングの懸念あり)	低い (水田での生化学的分解は比較的早い、移動性が高い)	○農工大水田データで検証済
イミダクロプリド	中程度	高い (水溶解度高・土壌吸着中のため、リーチングの懸念あり)	低い (光分解・生化学的分解は比較的早い、移動性が高い)	○農工大水田データで検証済
フィプロニル	高い	低い (水溶解度が低く、土壌吸着が高い)	低い (水田土壌中半減期は12-26日、長期残留特性は低い)	○農工大水田データで検証済
クロラントラニプロール	中-低程度	中程度 (水溶解度は低いが土壌吸着は中～低)	中 (分解半減期は228日、移動性は中程度だが長期残留の可能性あり)	△実験水田で検証済

物理化学的性質からの予見的な曝露評価が実施可能となった

# サブ4：水田生物多様性の影響評価システムの開発

目的：各サブテーマから得られた知見を統合し：

- (1) 水田生物多様性への影響の総合的評価手法を開発する
- (2) 現在の主要箱苗施用殺虫剤4剤の影響を評価する

農薬がもたらす生物多様性影響の  
メカニズム・プロセス・パターンに関する科学的知見

サブテーマ1:  
水田メソコズム

サブテーマ3:  
フィールド調査

サブテーマ2:  
曝露予測モデル

サブテーマ4:  
影響評価システム

“科学的知見”と  
施策の橋渡し

総合的影響評価システムの構築

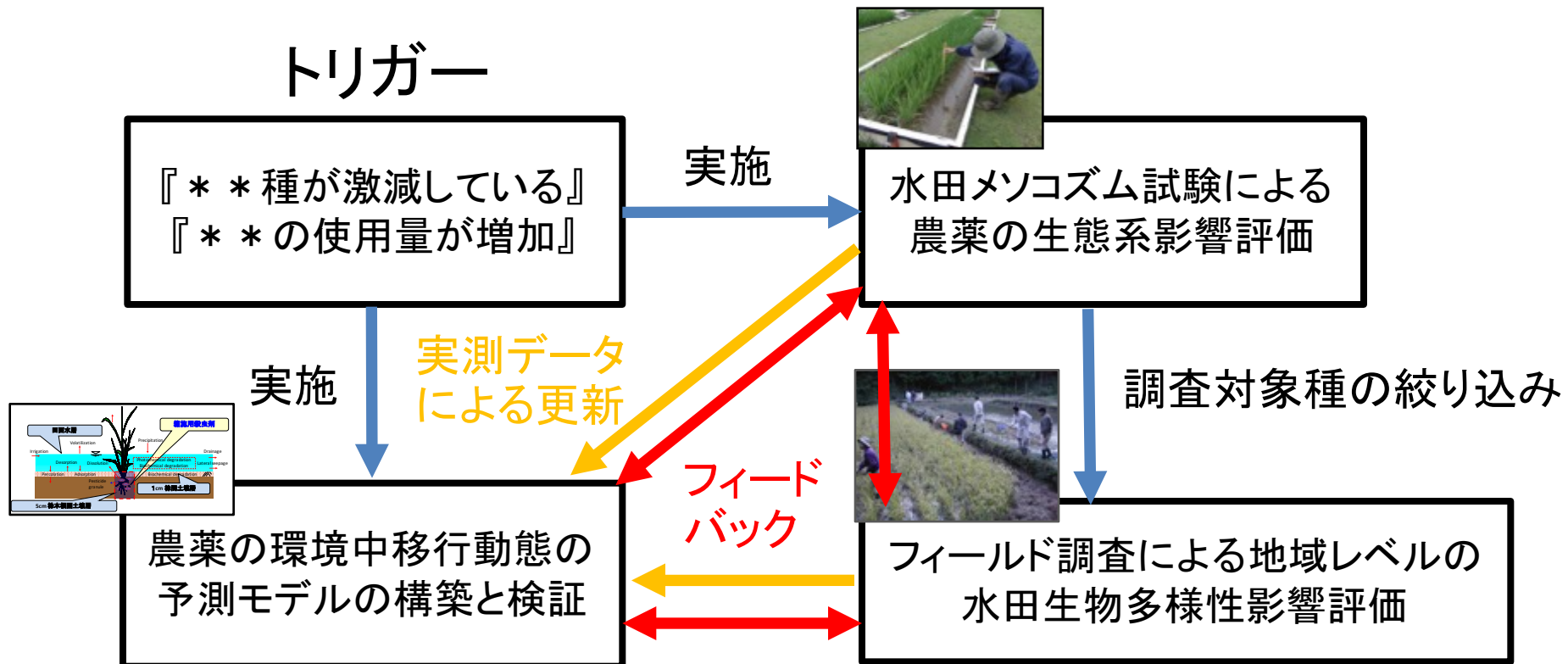


# サブ4成果：（本課題で開発された）水田生物多様性の総合的影響評価システム

(影響評価) 対象の農薬が水田生物群集内でどのような生物種にどの程度の影響を与えるか？

(曝露評価) 対象の農薬がどんな曝露濃度と動態を取りうるか？

(提言) どのような対策や調査が有効と考えられるか？



# サブ4成果：水田生物多様性の総合的影響評価システムによる評価例（フィプロニル）

(影響評価) 対象の農薬が水田生物群集内でどのような生物種にどの程度の影響を与えるか？

➡ トンボ類に顕著な減少をもたらす（ただし、種にもよる）

(曝露評価) 対象の農薬がどんな曝露濃度と動態を取りうるか？

➡ 水中濃度は低い。ただし、低い場合でも顕著な影響が見られており、水中濃度の低さはリスクの低さを意味しない（今後、土壌を介した曝露や代謝・分解物の調査が必要）

(提言) どのような対策や調査が有効と考えられるか？

➡ トンボ類の保全にはクロラントラニリプロールへの代替が一案。長期残留により代替後もフィプロニル濃度が低下しない可能性も。継続的な調査が必要

本研究課題での総合的影響評価手法の開発により、水田圃場環境下での曝露・影響を総合的に評価した提言が初めて可能になった

# 全体の主要成果まとめ

- 農薬による水田生物多様性影響の総合的な評価システムを構築した
- 主要4農薬についての総合的影響評価を行った
- フィプロニルのトンボ類への著しい影響を明らかにした
- 農薬の土壌中での長期残留状況の一端を示した

## 行政への貢献

今後、ある特定の生物が減っているという情報が報告された、あるいは、ある農薬の使用量があるトリガーを超えた、という場合に今回示された影響評価システムを適用することにより、早い段階でそれらの農薬による水田生態系の劣化への対策を講じることが可能となった

# 4-1303 「農薬による水田生物多様性影響の総合的評価手法の開発」の全容まとめ

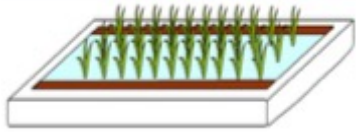
## 背景

- 箱苗施用の殺虫剤が水田の生物多様性に与える影響が懸念されている
- 現状の農薬登録時の生態リスク評価では水田生物への影響は捉えきれない

本研究課題は、水田の生物多様性への農薬の影響を評価するために生態系・薬剤・地域の多様性を考慮した総合的な影響評価手法の開発を行なった

## 実施内容

サブテーマ1(国立環境研)  
水田メソコズム試験



農薬の生物群集への影響を解明

サブテーマ3(愛媛大)  
フィールド調査



野外水田の影響・曝露実態を解明

サブテーマ2(農工大)  
環境中動態モデル



水田内の農薬の移行・残留を予測

サブテーマ4(国立環境研) 水田生物多様性影響の総合的評価システムの開発

## 主要な成果

- 農薬による水田生物多様性影響の総合的な評価システムを構築した
- 主要4農薬の総合的影響評価を行った
- フィプロニルのトンボ類への著しい影響を明らかにした
- 土壌中での農薬の長期残留状況の一端を示した

市民の間での  
ネオニコチノイド系農薬  
等の影響への懸念

応答

本研究課題での総合的評価手法の開発により、水田圃場環境下での曝露・影響を総合的に評価した提言が初めて可能になった

貢献

CBD-COP10愛知ターゲット  
新生物多様性国家戦略  
“化学物質の汚染から  
生物多様性を守る”

# 補足資料

# サブ4成果：水田生物多様性の総合的影響評価システムによる評価例（クロラントラニリプロール）

(影響評価) 対象の農薬が水田生物群集内でどのような生物種にどの程度の影響を与えるか？

➡ トンボ類には一般に影響が小さい(が、ミミズ・鞘翅目・半翅目等には要注意)

(暴露評価) 対象の農薬がどんな曝露濃度と動態を取りうるか？

➡ 土壌中に長期残留する強い傾向が示唆されており、継続的な実測により長期的な土壌中濃度の変化を把握する必要があると考えられる

(提言) どのような対策や調査が有効と考えられるか？

➡ 現時点では水田生態系への顕著な影響は必ずしも予想されない。しかし、長期残留性および、トンボ以外への種への影響には留意が必要であり、継続的な調査が有効である

# サブ4成果：水田生物多様性の総合的影響評価システムによる評価例（クロチアニジン）

(影響評価) 対象の農薬が水田生物群集内でどのような生物種にどの程度の影響を与えるか？

➡ トンボへ類への影響は中程度。全体的に広い生物種に対して中程度の影響を持つ傾向がみられる

(暴露評価) 対象の農薬がどんな曝露濃度と動態を取りうるか？

➡ 土壌中に長期残留する傾向が示唆されている。継続的な実測により長期的な土壌中濃度の変化を把握することが望ましい

(提言) どのような対策や調査が有効と考えられるか？

➡ 施用量の多い圃場では生態系に影響を与えている可能性があり、施用量の多い地域における曝露濃度および生態系の継続的な調査が有効である

# サブ4成果：水田生物多様性の総合的影響評価システムによる評価例（イミダクロプリド）

(影響評価) 対象の農薬が水田生物群集内でどのような生物種にどの程度の影響を与えるか？

➡ トンボへ類への影響は中程度。全体的に広い生物種に対して中程度の影響を持つ傾向がみられる

(暴露評価) 対象の農薬がどんな曝露濃度と動態を取りうるか？

➡ 長年の連用が行われてきた水田土壌において残留由来と思われる高濃度の薬剤が見つかっており、特に長期連用の圃場における高濃度の曝露が懸念される

(提言) どのような対策や調査が有効と考えられるか？

➡ 長年の間主力農薬として用いられてきた薬剤であり、まずこれまでの使用からの残留分が現状の濃度にどれほど影響しているかを明らかにすることが急務である