

ネオニコチノイド系農薬の生態リスク評価及び実態調査



国立環境研究所
五箇公一



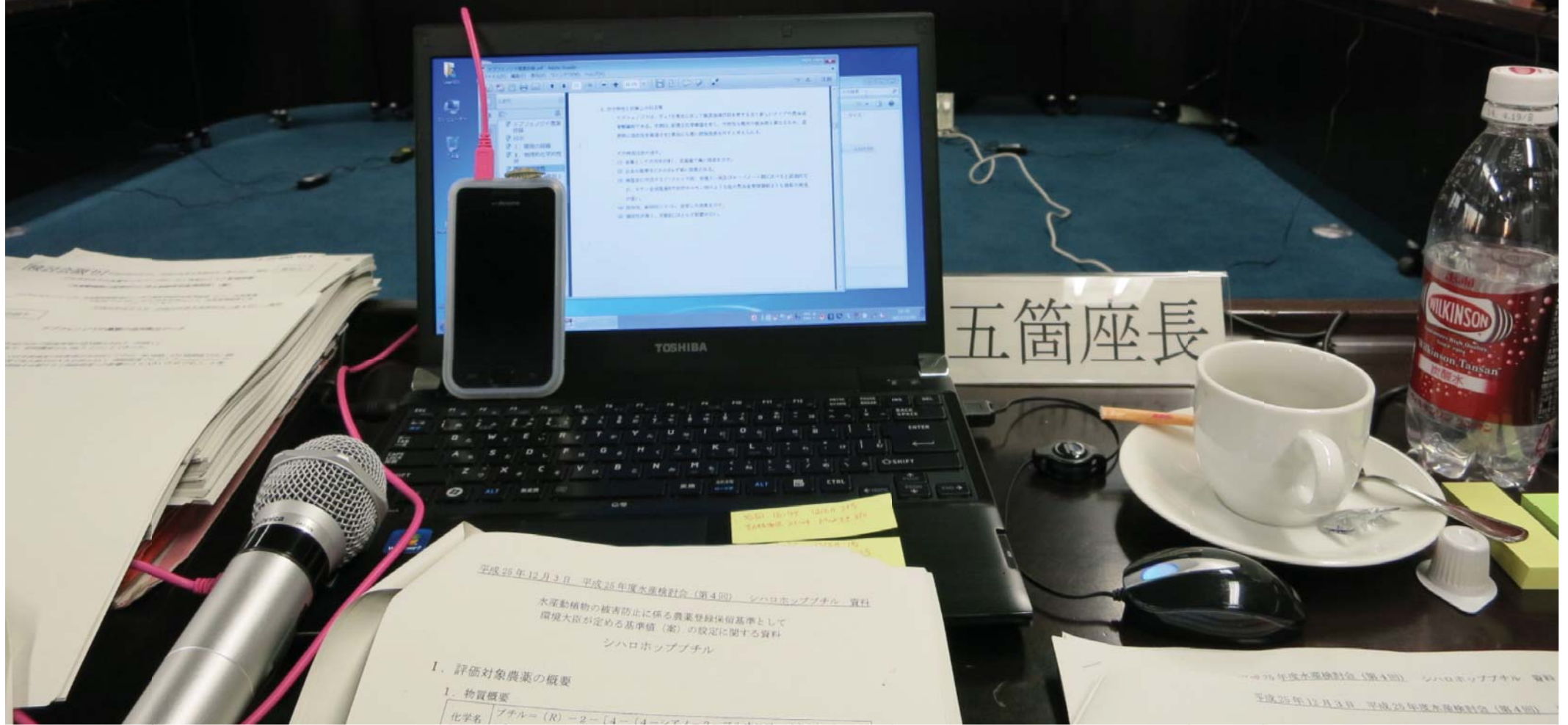
宇部興産株式会社・農薬研究部に7年間勤務

国立環境研究所に移籍

外来種問題・農薬問題など生物多様性保全のための研究に従事

農薬を作る側から、農薬を審査する側に……

環境省・水産動植物登録保留基準設定検討会・座長
環境省・土壌農薬部会農薬小委員会・副委員長



我が国における農薬の生態影響評価システム

農薬取締法

水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準

OECDテストガイドラインに基づく水生生物に対する影響(毒性)試験

OECD

化学物質の流通に関して国際レベルの統一基準をつくり
非関税障壁を解消する



化学物質の生態リスク評価の一元化



Test Guideline



加盟国は3種水生生物急性毒性試験によって生態影響を評価

藻類



ミジンコ

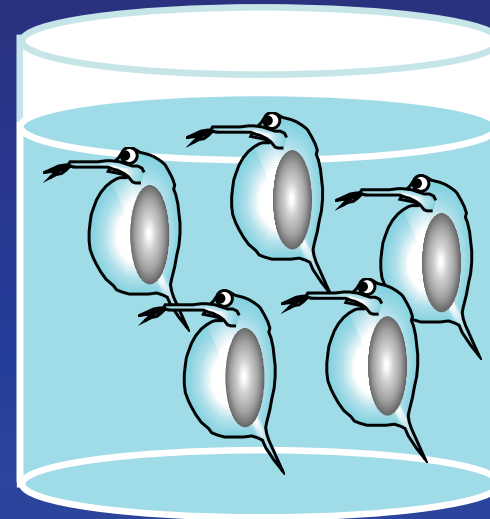
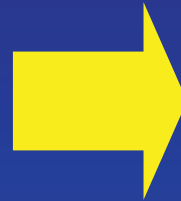
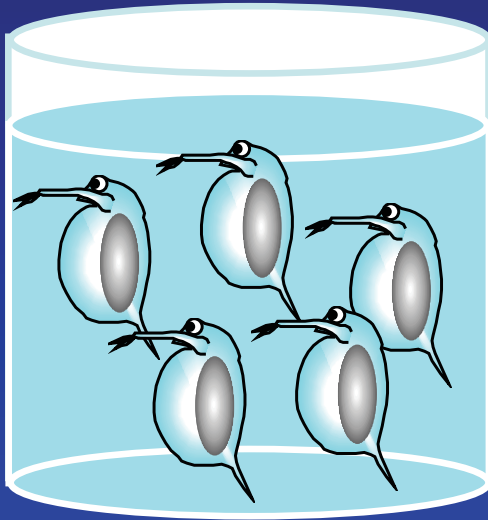


魚類



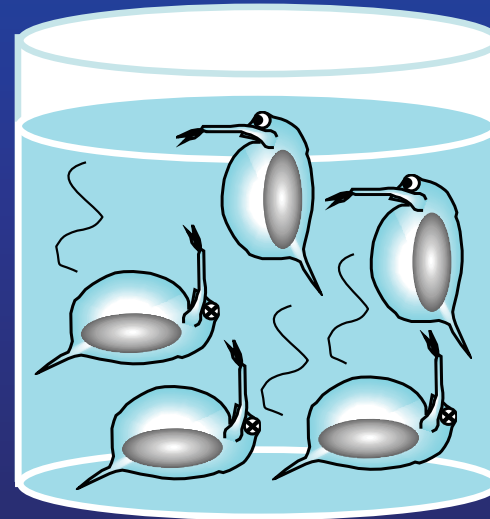
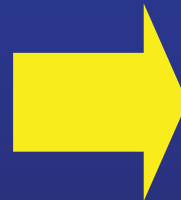
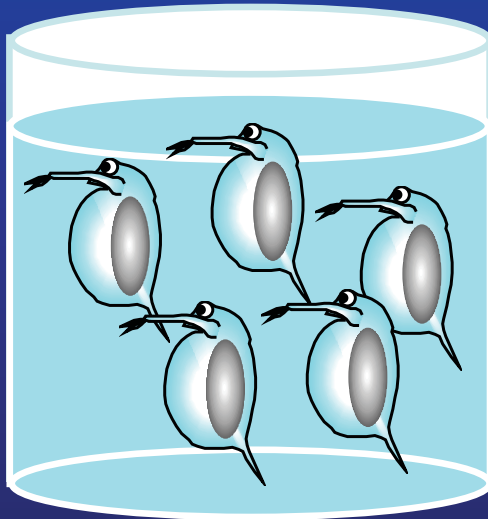
ミジンコ急性遊泳阻害試験

無処理区
(無農薬)

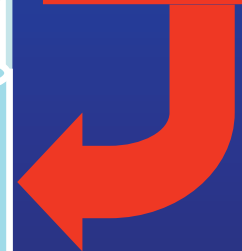


48時間飼育

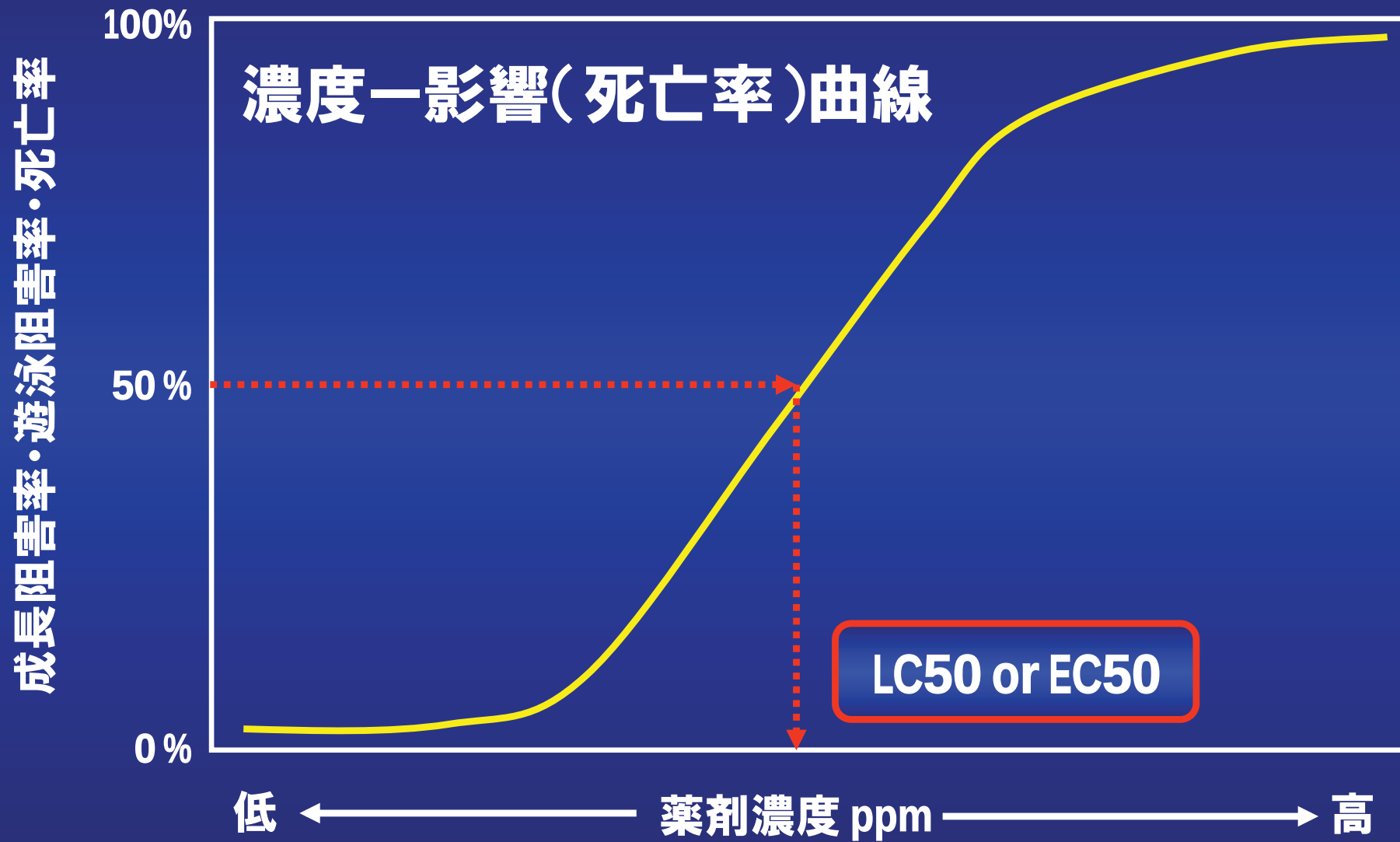
農薬処理区



異常個体数の
比較



毒性エンドポイント：半数影響濃度EC50・半数致死濃度LC50



登録保留規準



魚類

コイ 又は メダカ

96h-LC50

甲殻類

オオミジンコ

48h-LC50

藻類

藻類

72h-EC50

×1

×1/10

不確実係数

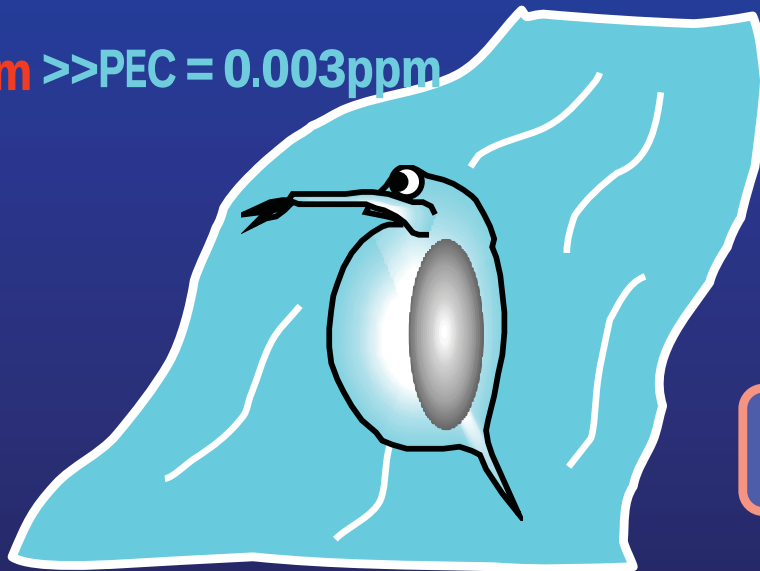
最小値

急性影響濃(AEC)
(環境中限界濃度)

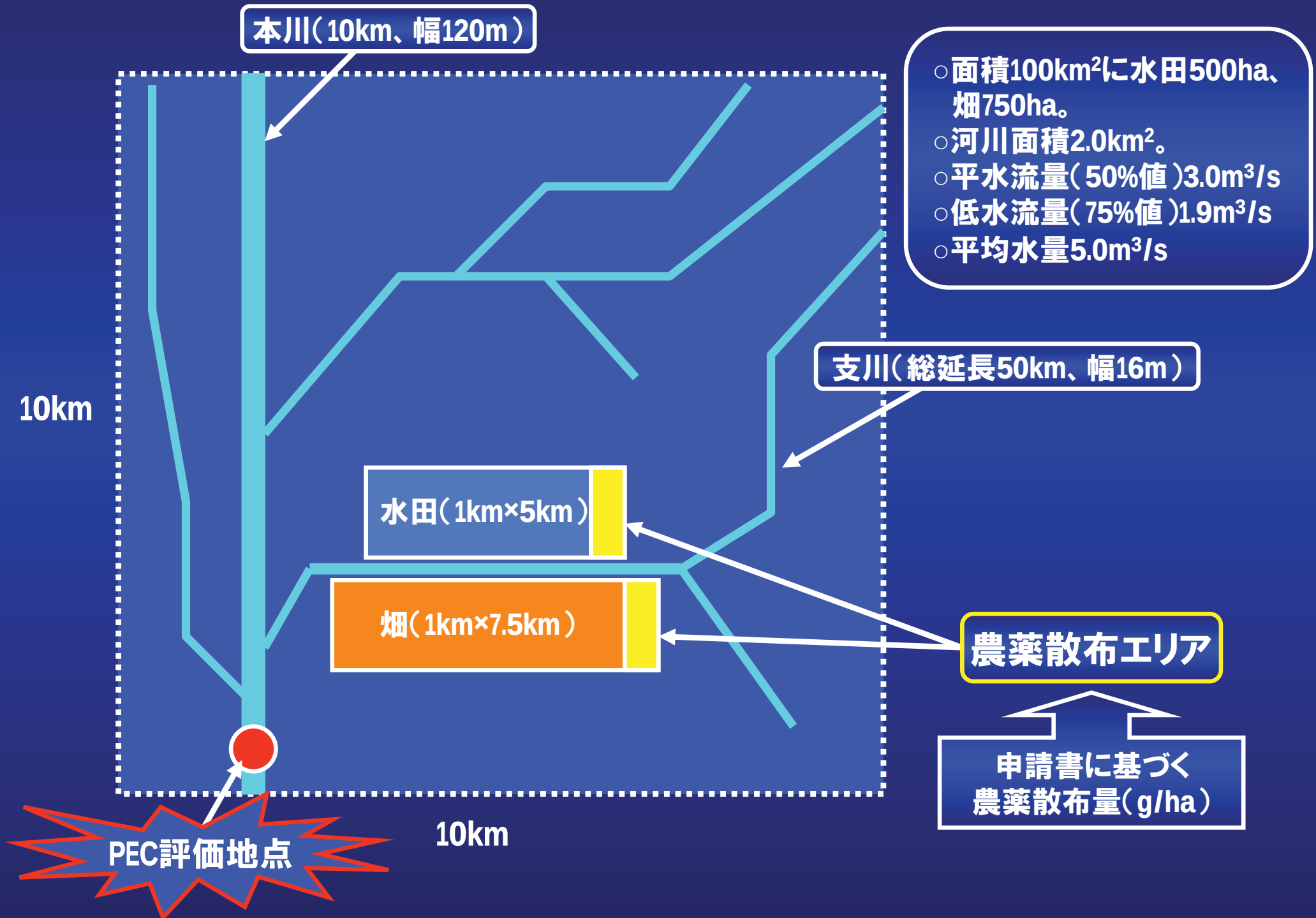
環境中予測濃度(PEC)
より大きい場合

登録保留

LC50 = 3ppm → AEC = 0.3ppm >> PEC = 0.003ppm



環境中予測濃度PEC算定に用いる環境モデル



PEC算定方法(水田の場合)

河川予測濃度PEC = (最大地表流出量 + 河川ドリフト量 + 排水路ドリフト量)
÷ (3 × 毒性試験期間)

$$PEC = (M_{runoff} + M_{Dr} + M_{Dd}) / (3 \times 86400 \times T_e)$$

$$M_{runoff} = I \times R_p / 100 \times A_p \times f_p$$

$$M_{Dr} = I \times D_{river} / 100 \times Z_{river} \times N_{drift}$$

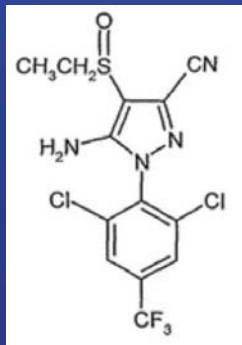
$$M_{Dd} = I \times D_{ditch} / 100 \times Z_{ditch} \times N_{drift}$$

- I* : 申請書に基づく単回の農薬散布量 g/ha → 唯一の変数 !
R_p : 水田からの農薬流出率 % → 15.6 ~ 29.1
A_p : 農薬散布面積 ha → 50
Driver : 河川ドリフト率 % → 0.3
Z_{river} : 1日あたり河川ドリフト面積 ha/day → 0.16
D_{ditch} : 排水路ドリフト率 % → 4
Z_{ditch} : 1日あたりの排水路ドリフト面積 ha/day → 0.07
N_{drift} : ドリフト寄与日数 day → 1 ~ 2
F_p : 水田における施用法による農薬流出補正係数 - → 1 ~ 0.2

浸透移行型殺虫剤ネオニコチノイドの流行

- 浸透移行性
- 幅広い殺虫スペクトル
- 高い殺虫効果

フェニルピラゾール系



エチプロール

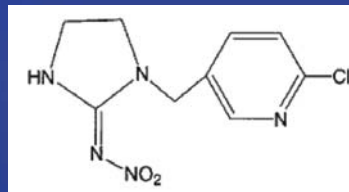
ミツバチLC50
0.01ug/頭



フィプロニル

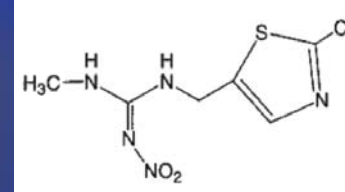
ミツバチLC50
?

クロロニコチニル系



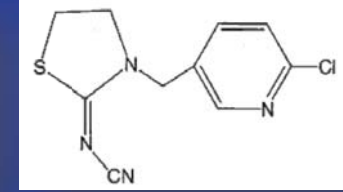
イミダクロプリド

マルハナLC50
0.04ug/頭



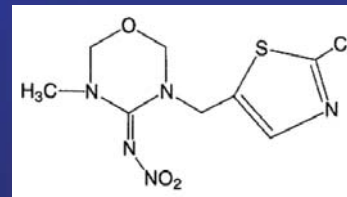
クロチアニジン

ミツバチLC50
0.004ug/頭



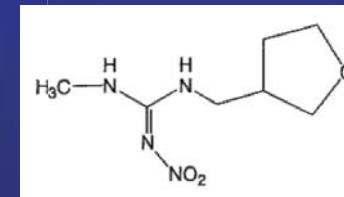
チアクロプリド

ミツバチLC50
17.3ug/頭



チアメトキサム

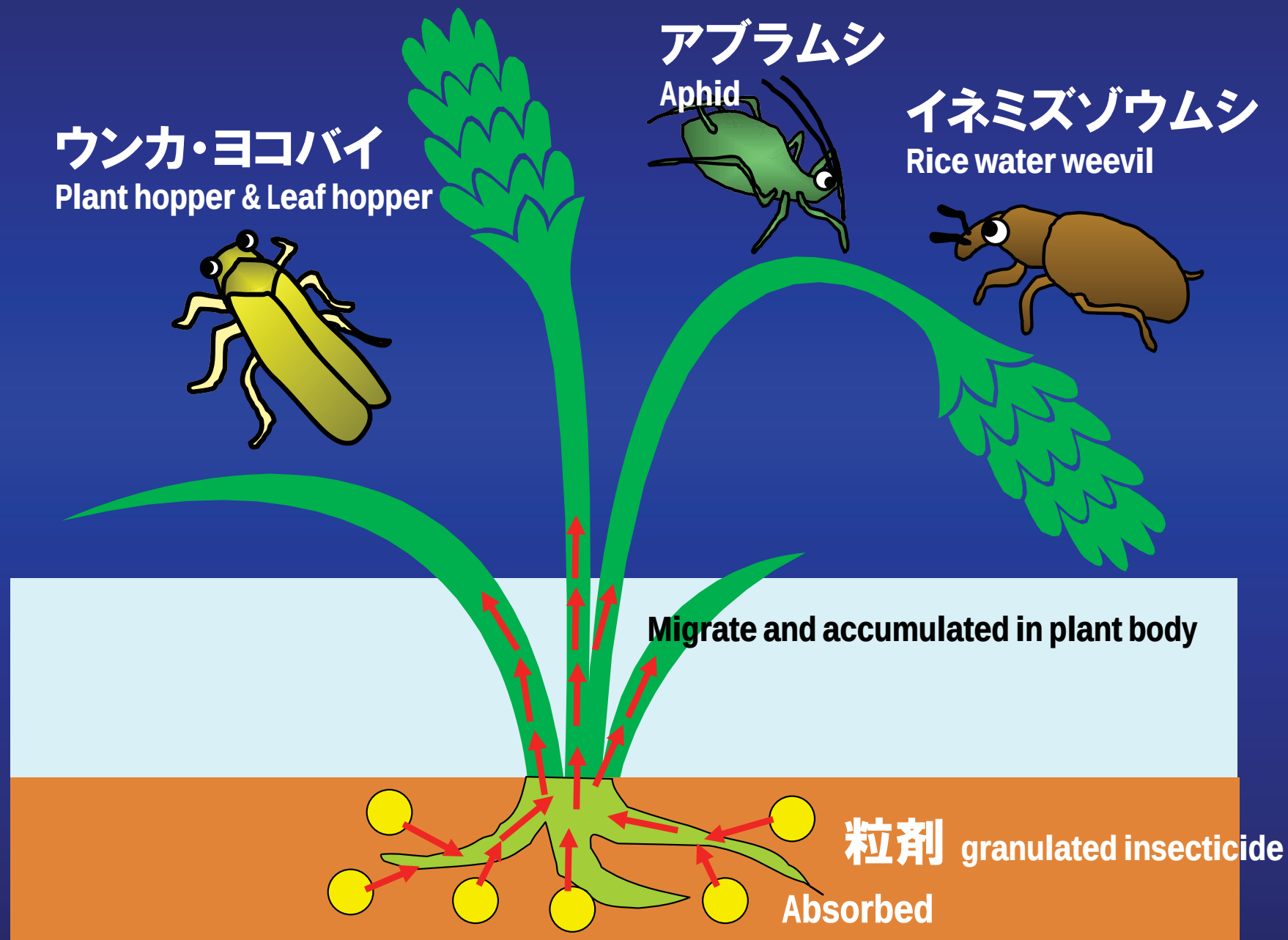
ミツバチLC50
0.02ug/頭



ジノテフラン

ミツバチLC50
0.01ug/頭

Systemic property of neonicotinoides





箱苗処理

Riced seedling box application

育苗期の土壌に混入して
根から薬剤を吸わせる。

浸透移行性

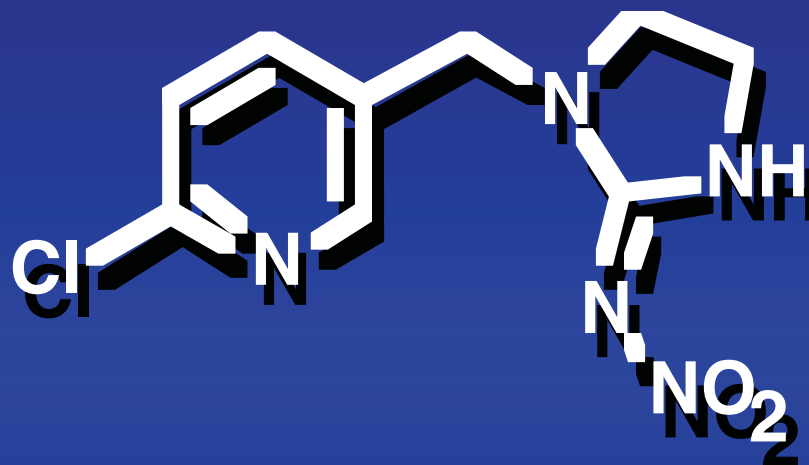
植物体内を移行・蓄積して
吸汁性害虫に効果を発揮

省力化！
Save labor！



水産動植物登録保留基準

イミダクロプリド



コイ急性毒性

96hLC50 = 161ppm

ブルーギル急性毒性

96hLC50 > 105ppm

オオミジンコ急性毒性

48hEC50 = 85ppm

古い有機リン剤や
ピレスロイド剤だと...

1 ppm以下が殆ど

藻類(*Pseudokircheriella subcapitata*)生長阻害

72hEbC50 > 98.6ppm

72hErC50 > 98.6ppm

国立環境研究所水田メソコズム試験



Sanchez-bayo & Goka (2006)





15 cm

5.2 x 1.6 m

15 cm

4 cm

イミダクロプリドは水田の水質を変化させる！？

Imidacloprid
イミダクロプリド

Control
無処理区

Sanchez-bayo & Goka (2006)

Sampling of organisms - weekly 生物調査(週1回)

調査用筒
10cm径
5個/水田



水を回収して
水中生物調査
Planktons & nectons



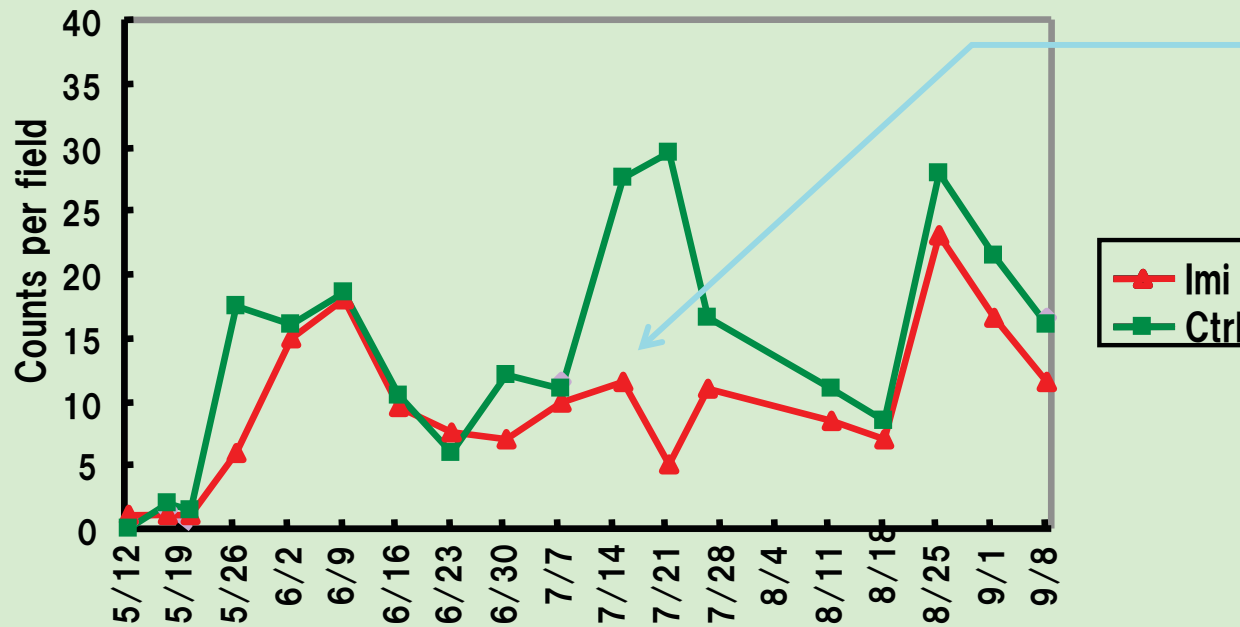
土を回収して
ベントス調査
Benthos



作物上・水面の
昆虫類調査
Neustons



Crop abundance



作物上生物

Arthropods on plant

Fewer 影響あり!
Echinocnemus squameus
Camponotus japonicus



イネゾウムシ



クロオオアリ

水表生物 Neuston

影響あり!
 Absence of aphids
 Few *Pseudovelia* sp.
Tetragnathidae spiders

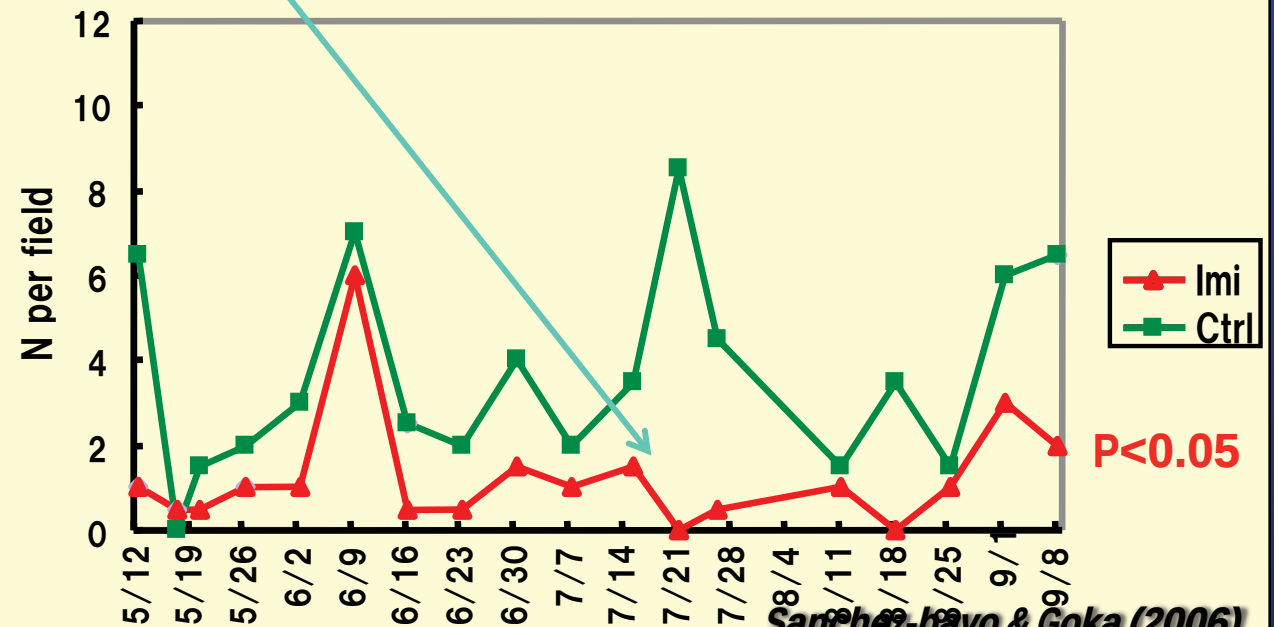


アメボの1種

ジョロウグモ

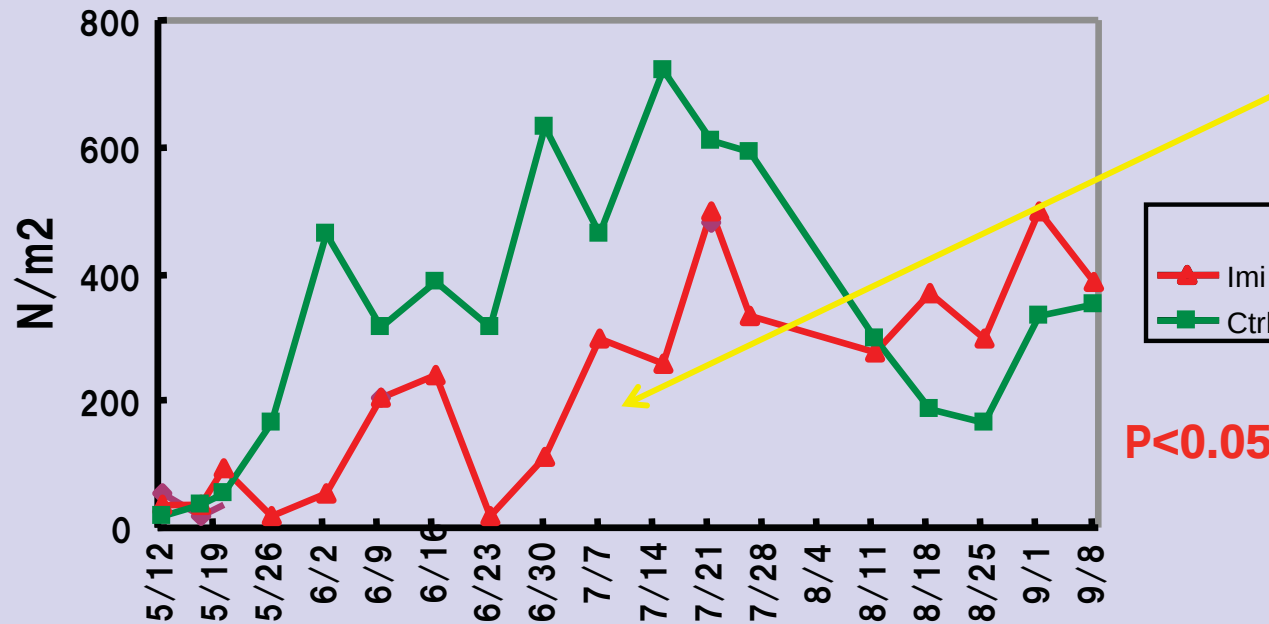


Neuston abundance



Sanchez-bayo & Goka (2006)

Necton abundance



水中生物 影響あり！

Large impact on nectons !

Few *Baetidae* sp.
(pollution bioindicator)

カゲロウ類



底生生物 影響大！

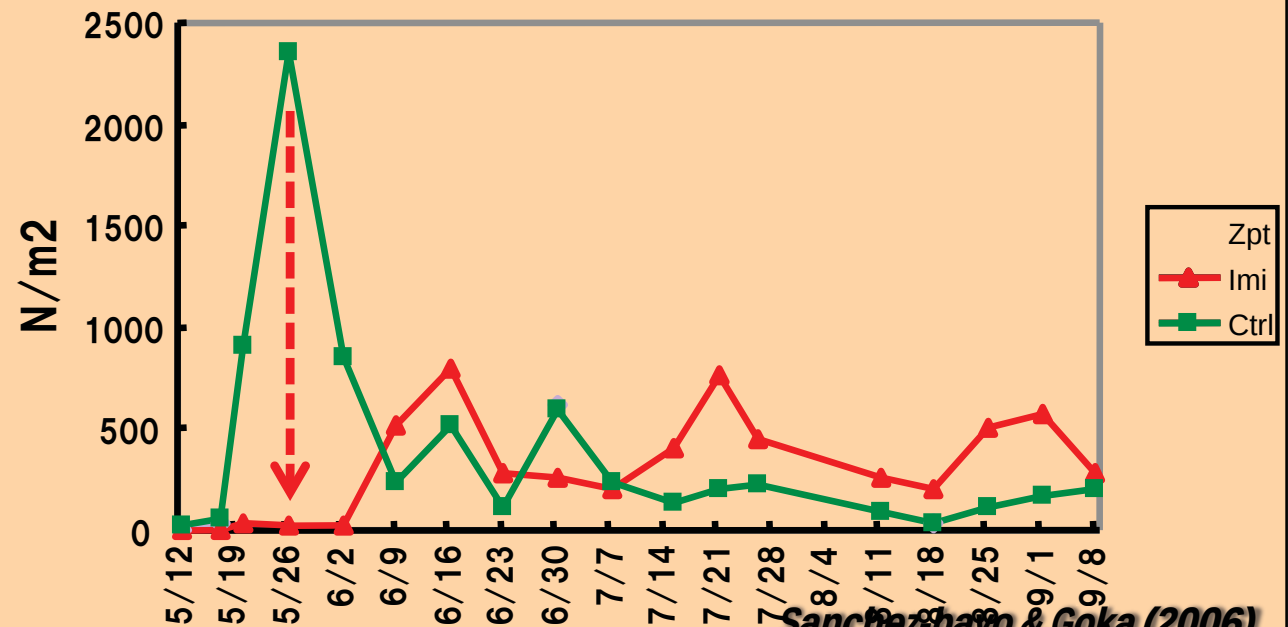
Large impacts on benthos !

Absence of
Chironomus yoshimatsui



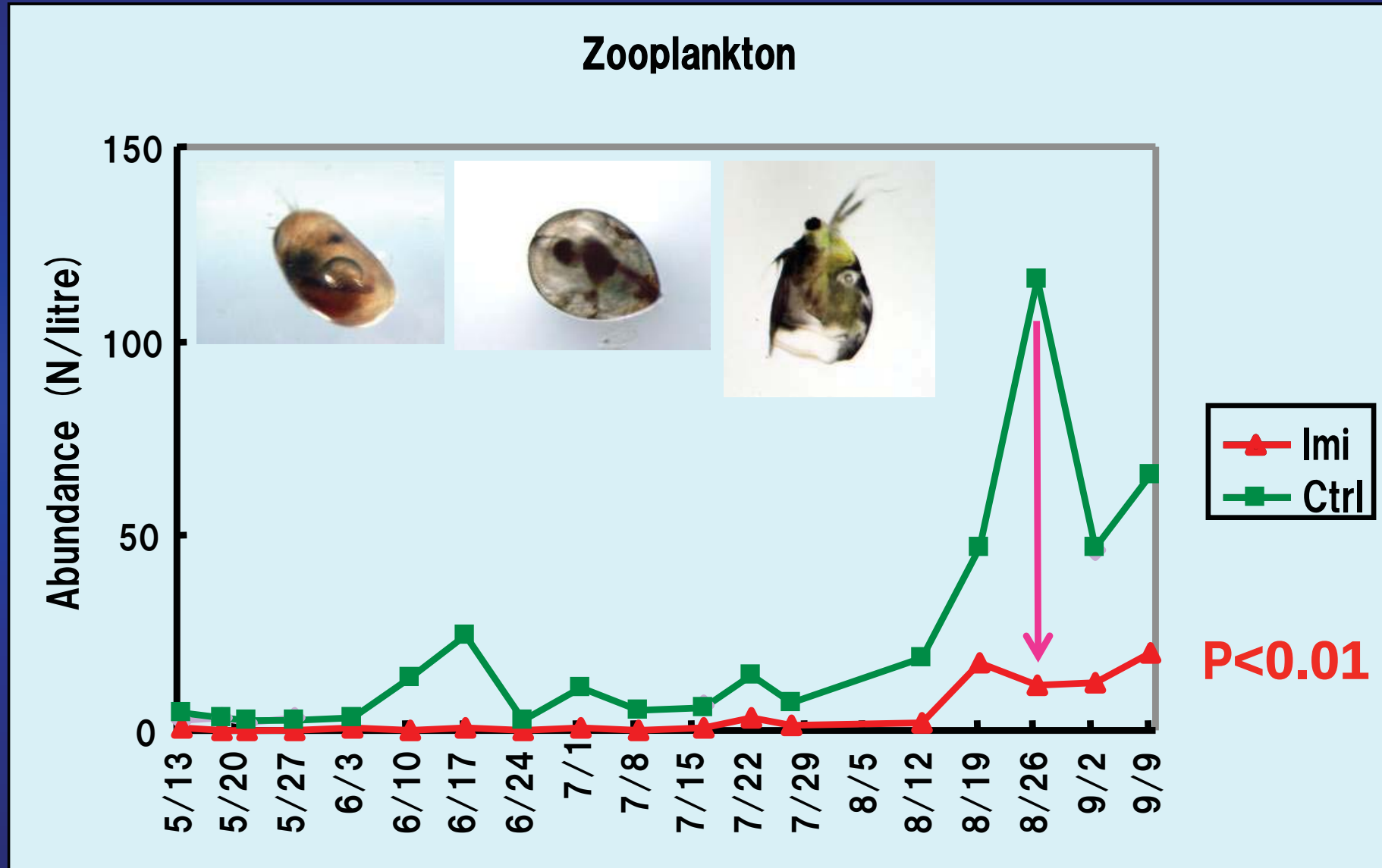
セスジユスリカ

Benthos abundance



Sanchez-bayo & Goka (2006)

動物プランクトン集団がもっとも長期的に影響を受けた



群集構造(生態系の種構成)時系列変化

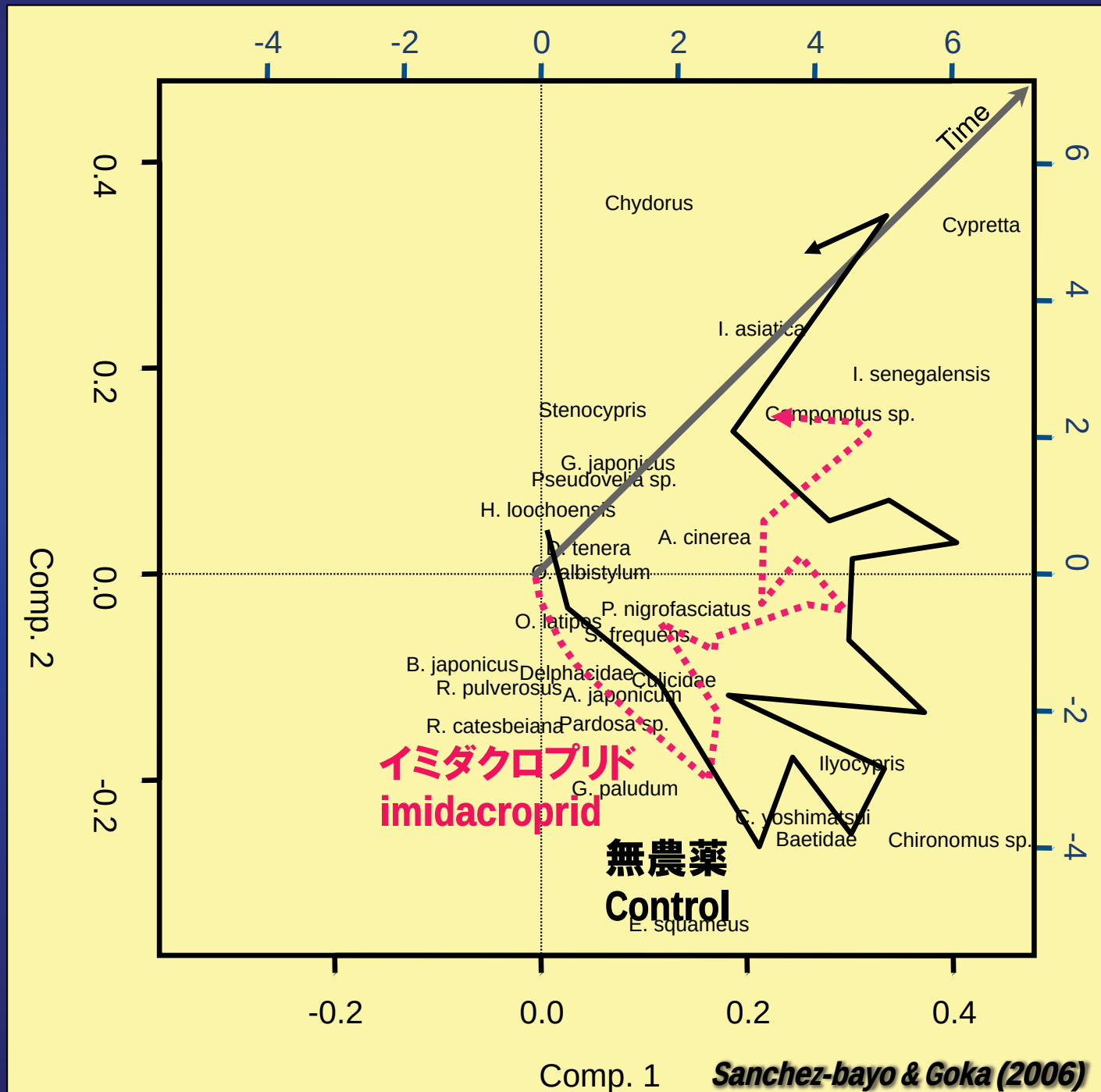
Principal Component Analysis (PCA) 主成分分析*



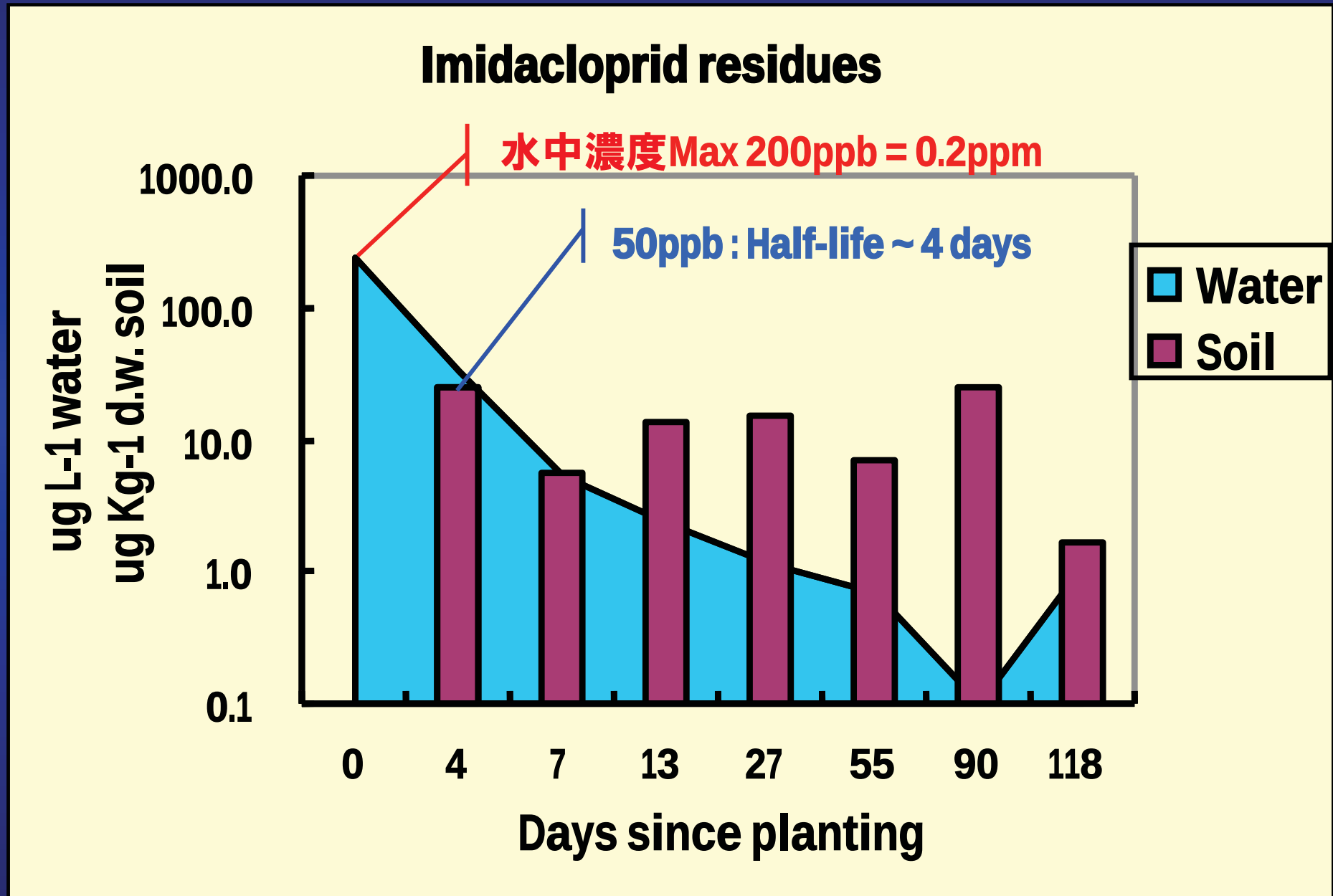
群集構造遷移に
影響している

Imidacroprid affected
community dynamics

*外的な基準のない
標本データからその
データの特徴を説明
する主成分を抽出
すること



水田水中および土壌中の薬剤濃度



Toxicity 毒性データ

Daphnia magna LC₅₀ = 85 ppm
オオミジンコ



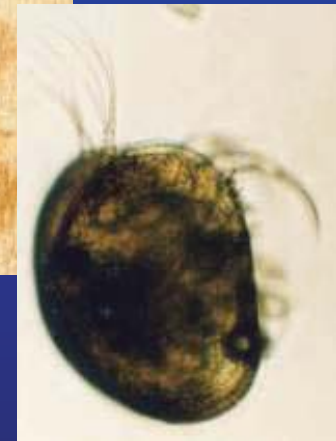
急性影響濃度 AEC = 8.5 ppm

水田中濃度 Actual Concentration ≤ 0.2 ppm

Safe?

Amphipod LC₅₀ = 0.05 ppm
(ヨコエビ)

Ostracoda LC₅₀ = 0.1 ppm
(カイミジンコ)



I am from USA!
アメリカ原産です!

**OECD推奨の試験生物(オオミジンコ)では
イミダクロプリドの生態影響を評価しきれない!**

OECD



化学物質の生態リスク評価の一元化

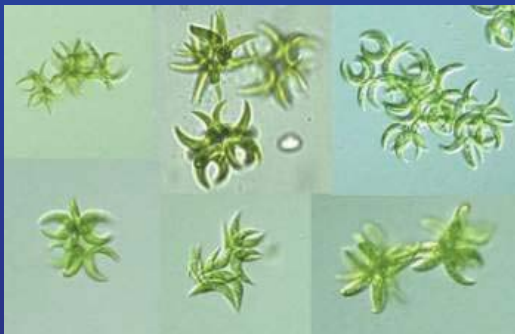


Test Guideline



試験生物種の統一

藻類



*Pseudokirchneriella
subcapitata*

ミジンコ



オオミジンコ

魚類



メダカ

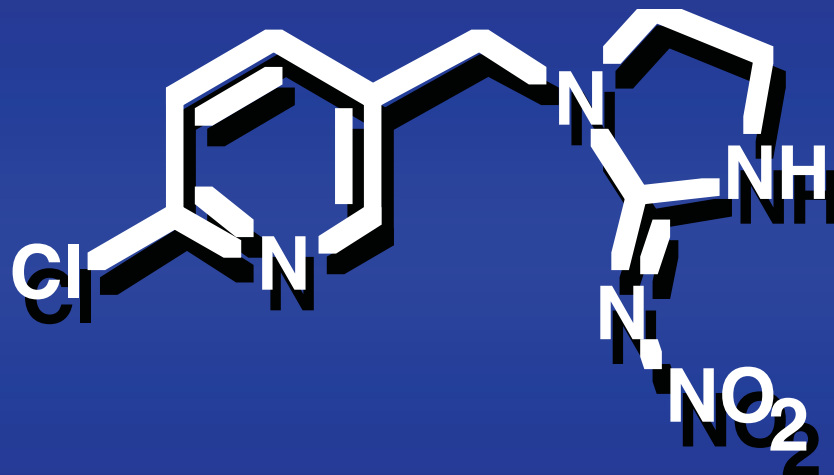
異なる浸透移行性殺虫剤の生態影響の比較

引き続きイミダクロプリドおよびフィプロニルの生態影響比較実験を行う



どちらの方が生態影響が大きい？

Which impact will be larger ?



イミダクロプリド

商品名 アドマイヤー



フィプロニル

商品名 プリンス

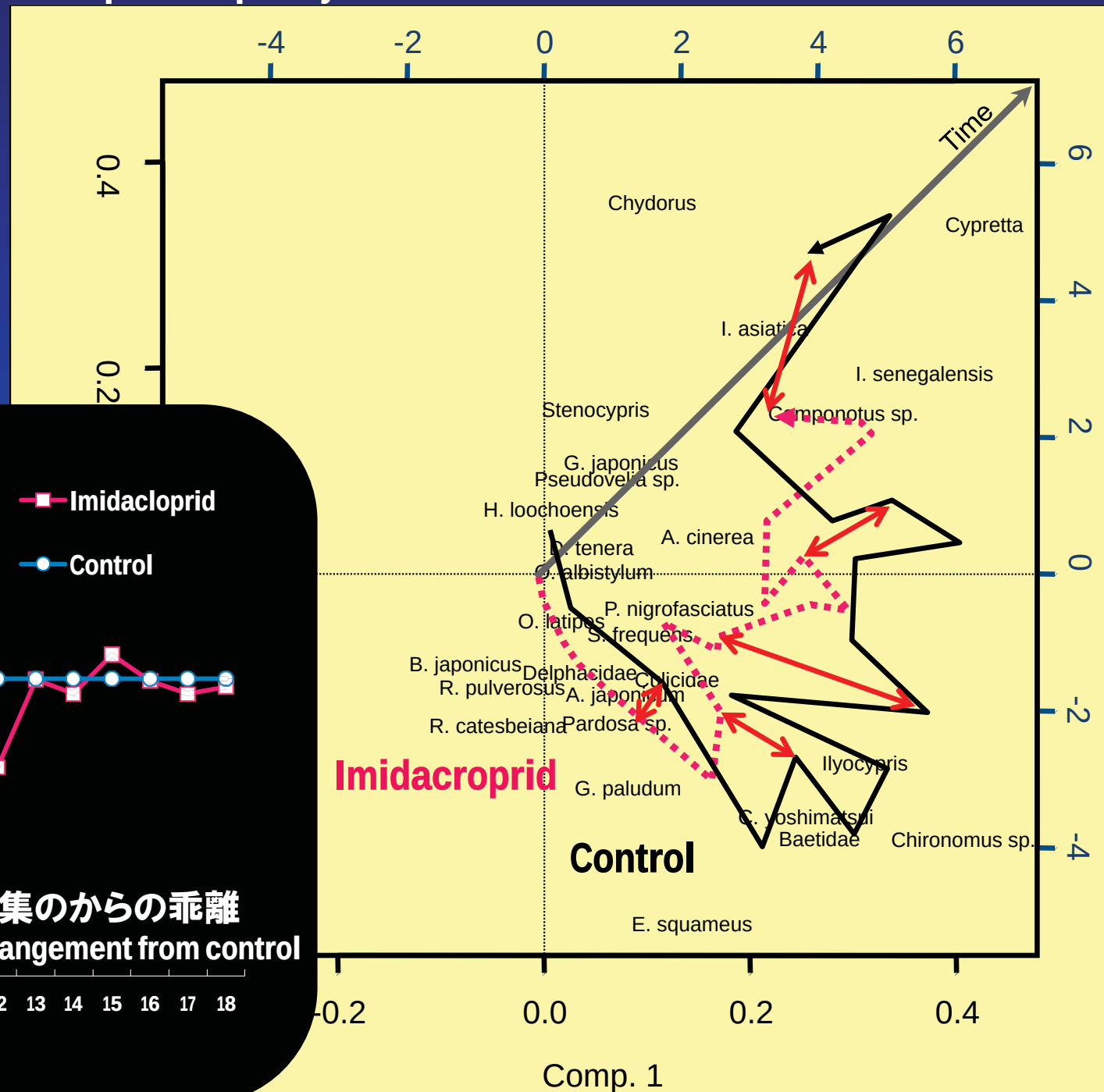
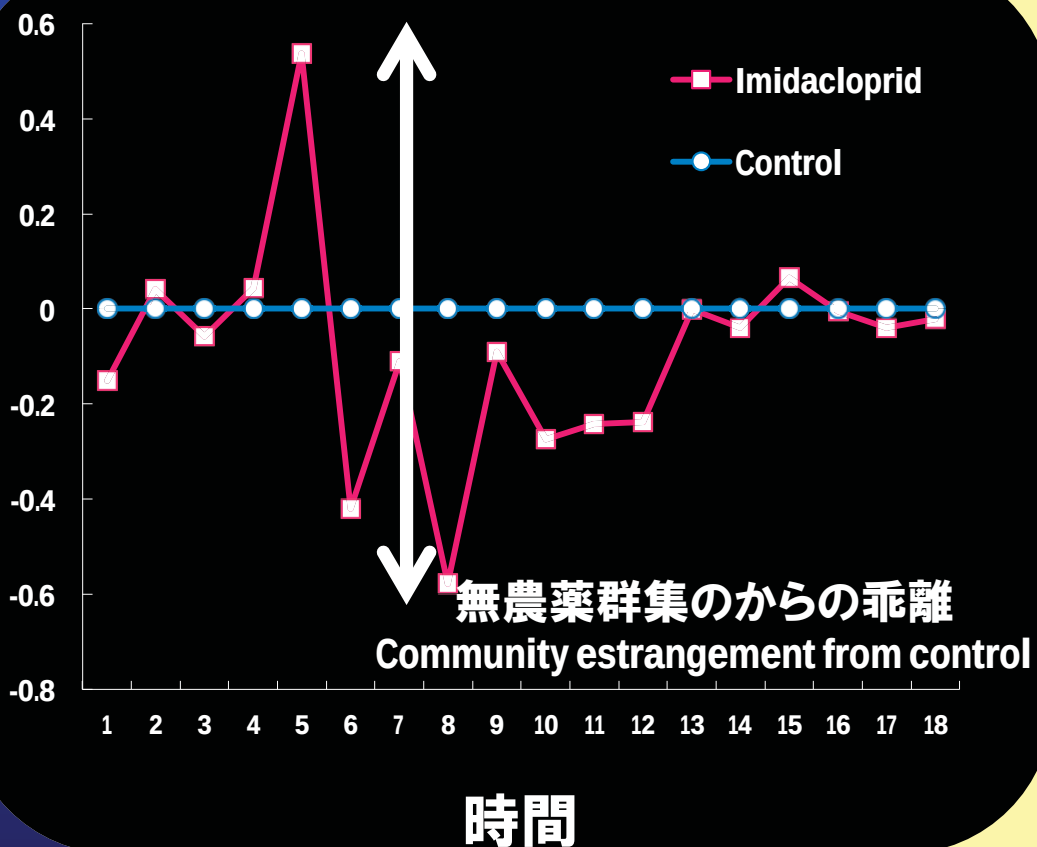
群集構造(生態系の種構成)時系列変化

Dynamics of community of arthropods in paddy field mesocosm

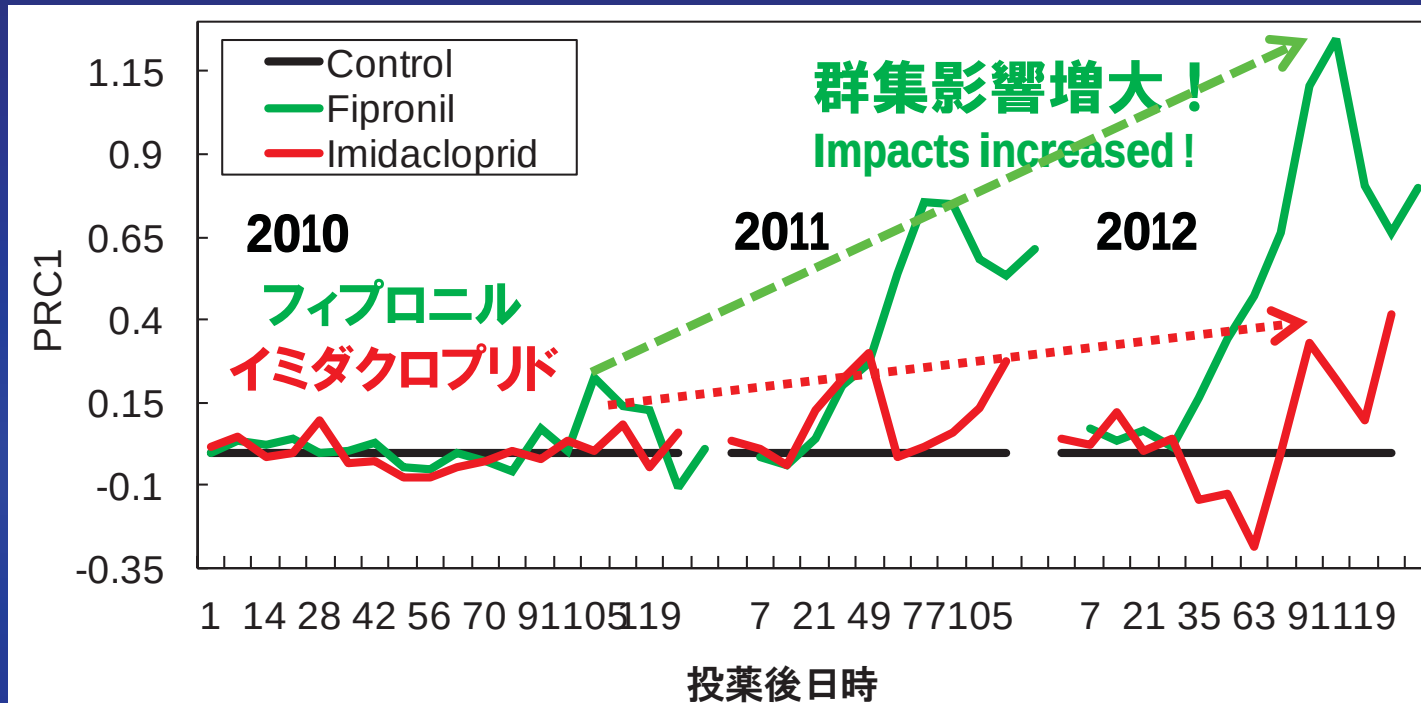
Principal
Component
Analysis (PCA)



PRC解析



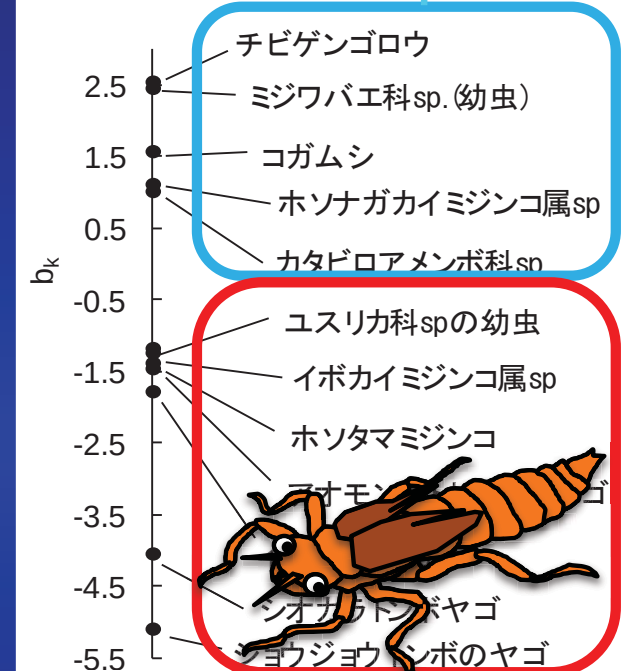
フィプロニル・イミダクロプリド連続投与による 水田生物群集の影響肥大化



※1 モンテカルロtest ($P > 0.05$)

※2 個体数は $\ln(10x+1)$ で補正

処理後増える種 Increased species



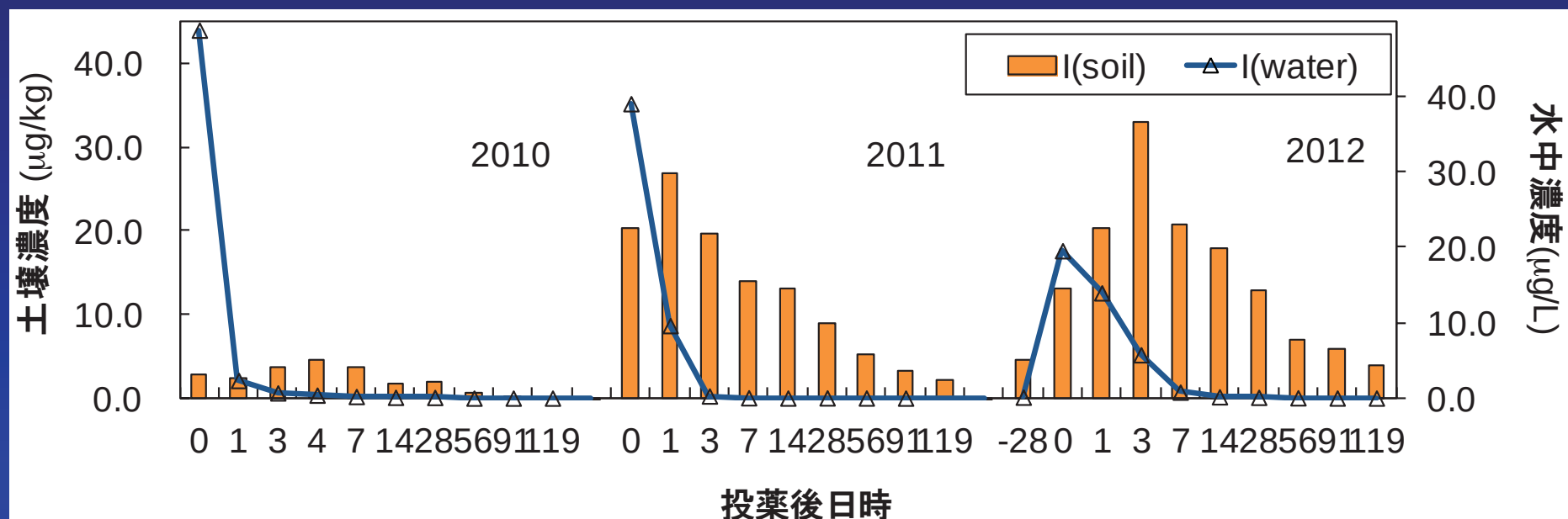
処理後減る種 Decreasing species

- 群集構造は年々変化。特にフィプロニル区の影響は甚大
- イミダクロプリドの群集への影響は相対的に小さい
- トンボのヤゴや底生生物は特に影響を受けやすい

イミダクロプリド残留濃度

Imidaceoprid residue

※ 青字の数値は水中初期濃度



水中濃度

- ・初期濃度： 年度間で大きな差異無し
- ・半減期(DT₅₀)： 概ね1-2週間
- ・検出限界(LOD)： 2-3カ月程度

土壌中濃度

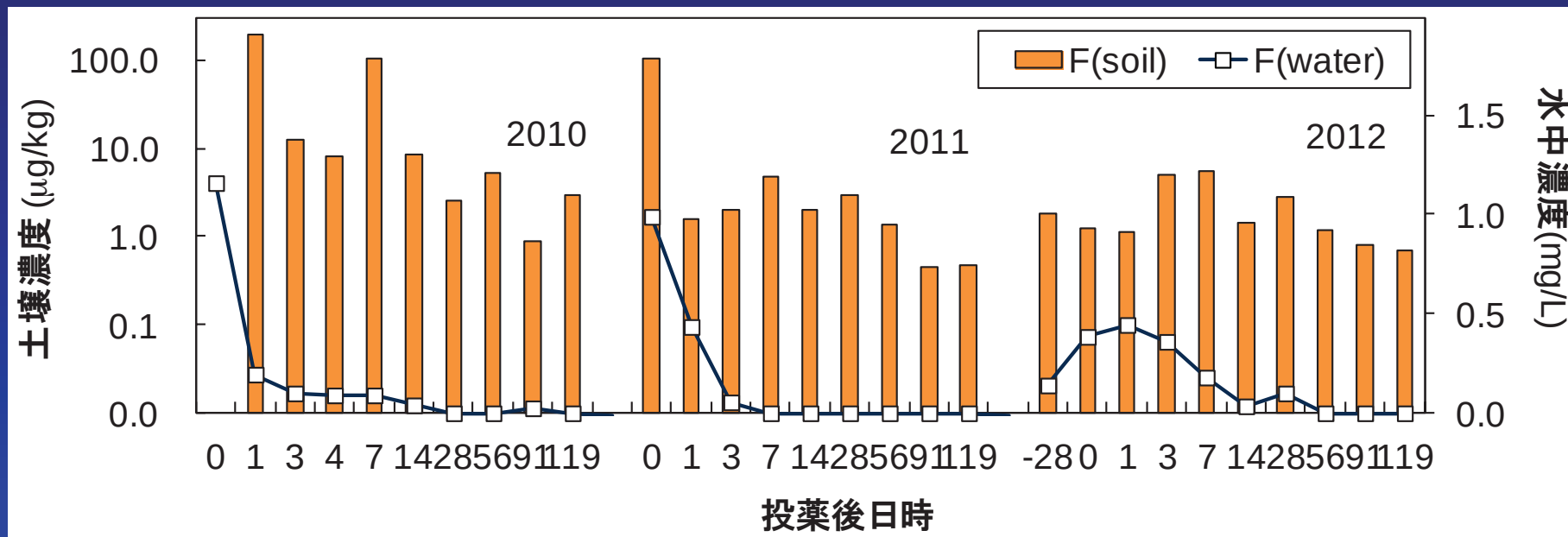
- ・残留： 前年度試験終了時の濃度のまま
- ・半減期(DT₅₀)： 概ね2週間～1.5ヶ月

	DT ₅₀ —W	DT ₅₀ —S
2010	6.7 day	18.2day
2011	14.4 day	34.6day
2012	12.8day	46.2day

フィプロニル残留濃度

Fipronil residue

※ 青字の数値は初期水中濃度



水濃度

- 初期濃度: 年度間差異無し
- DT_{50} : 10日程度
- LOD: 1-2カ月以内

土壌濃度

- 採取ごとのばらつき大(1~200ppb)
- 残留: 前年度試験終了時の濃度のまま
- 半減期(DT_{50}): 1~2ヶ月

	DT ₅₀ _w	DT ₅₀ _s
2010	4.2 day	25.6day
2011	0.7 day	28.8day
2012	11.1day	63.0day

イミダクロプリド処理区

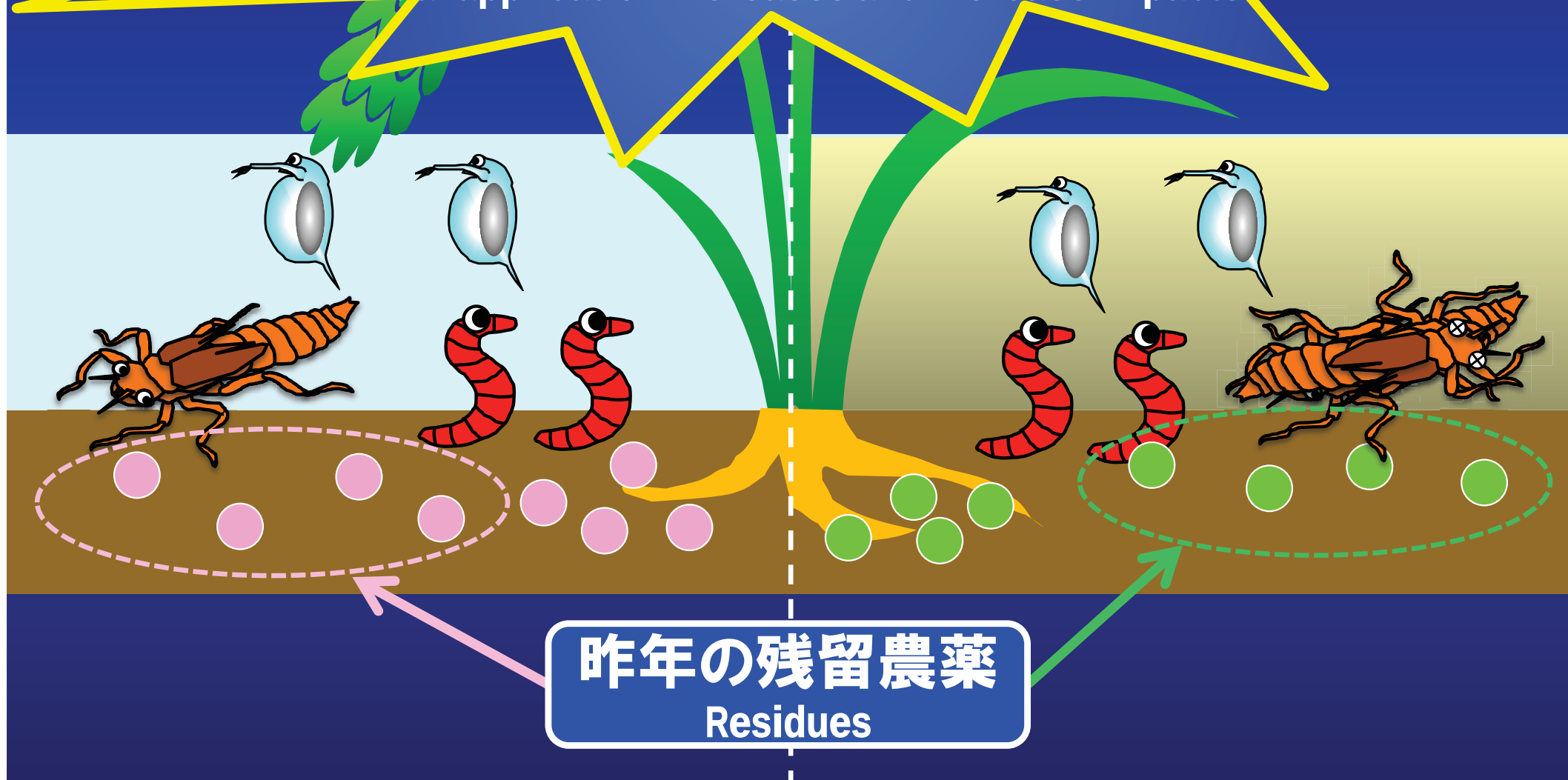
Imidacloprid applied block

フィプロニル処理区

Fipronil applied block

使用を続ければ、
年々暴露影響が肥大化する

Annual application increases and increase impacts



水田におけるネオニコチノイド系農薬の生態影響

●トンボ類に対する影響は大きいと示唆される

- トンボ類が劇的に減っているのは、トンボ自体の水田依存性が強く、その水田環境が大きく変わっていることに起因
- その要因として農薬の影響もあるであろう
- ただし、すべてがネオニコの影響と断定することはできない
- 有機リン剤やピレスロイド剤、殺菌剤、除草剤のほうが圧倒的に使用履歴長く使用量も多い
- これらの剤の生態影響評価もあわせて行う必要がある
- そもそも分母となる過去から現在に至るトンボ類の個体群動態に関するデータが不足
- 二橋父子は偉い！

メソコズム試験のアウトカム

農薬のリスク低減に活用

低影響薬剤の選択

施用法の改良

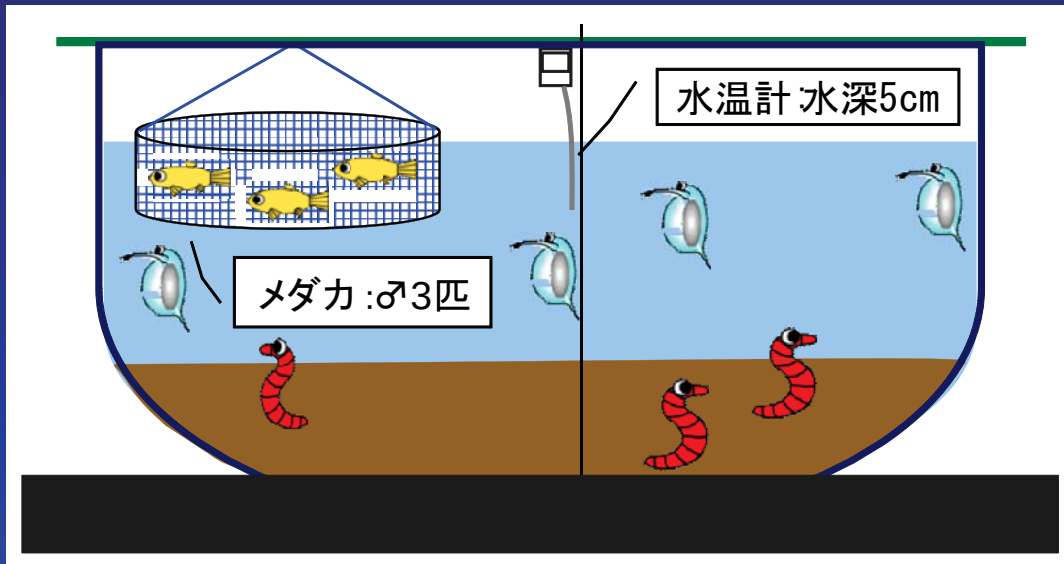


地域レベルのメソコズム試験

生物の地域固有性の反映

農薬リスク管理の地域戦略

環境省メソコズム試験法開発事業 2010年度～



タンク規格	W1.01m*H0.45m (ポリエチレン製 丸型 300L)
土壌	荒木田 75L (農薬非汚染)
水	地下水 100L(10cm) (非循環式)



ハウス規格	W5m*L20m*H2.3m
防虫ネット	W5m*L20m*H1.5m (メッシュサイズ5mm)
ビニル	アキレス(株)「ヌクマール」 (厚0.1mm、光透過率80-90%)

ハナバチに対する生態影響



セイヨウミツバチをめぐる生態リスク

蜂群崩壊症候群

Colony Collapse Disorder

CCD

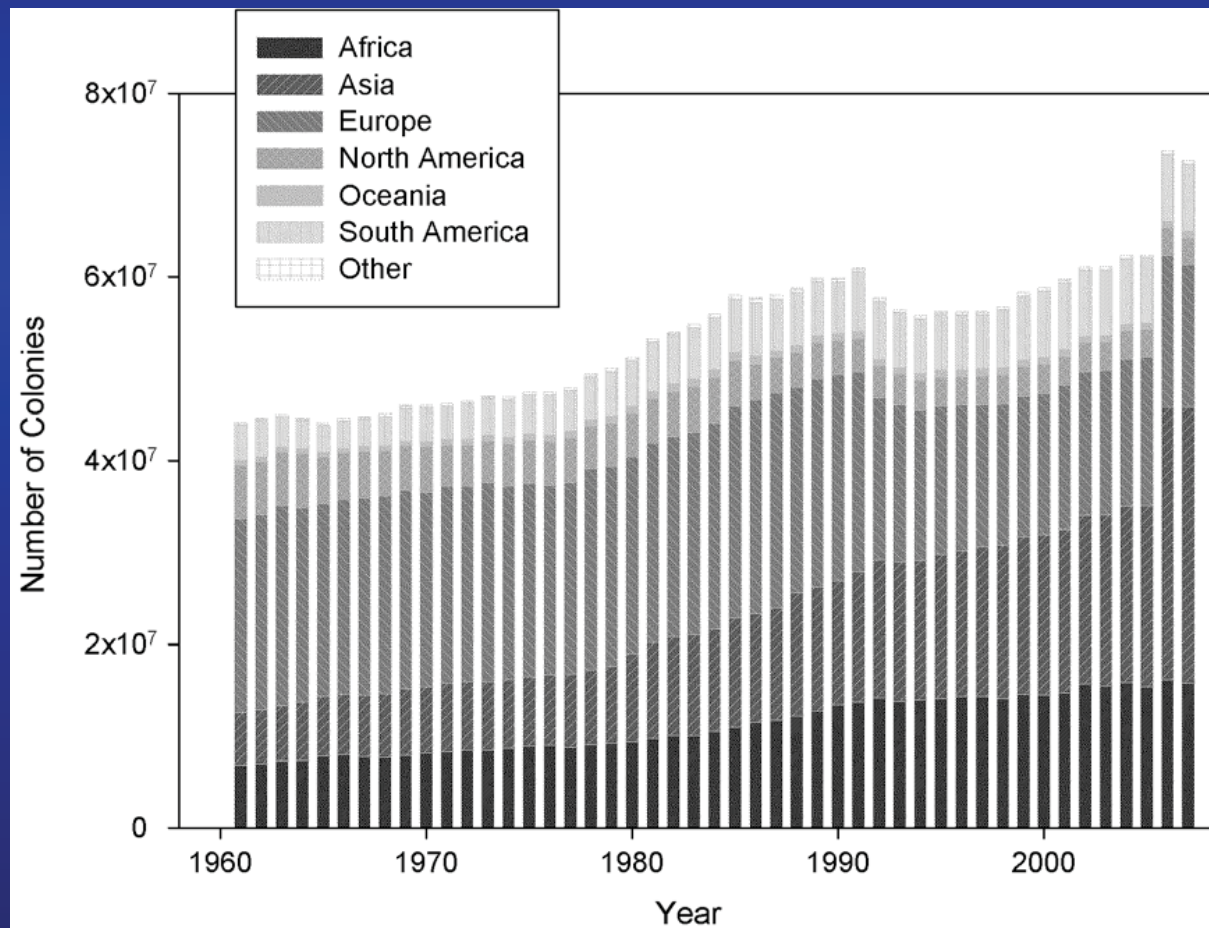
働き蜂が、幼虫や蛹、女王を取り残して、突然コロニーから姿を消す怪奇？現象

2006年から米国各地で報告

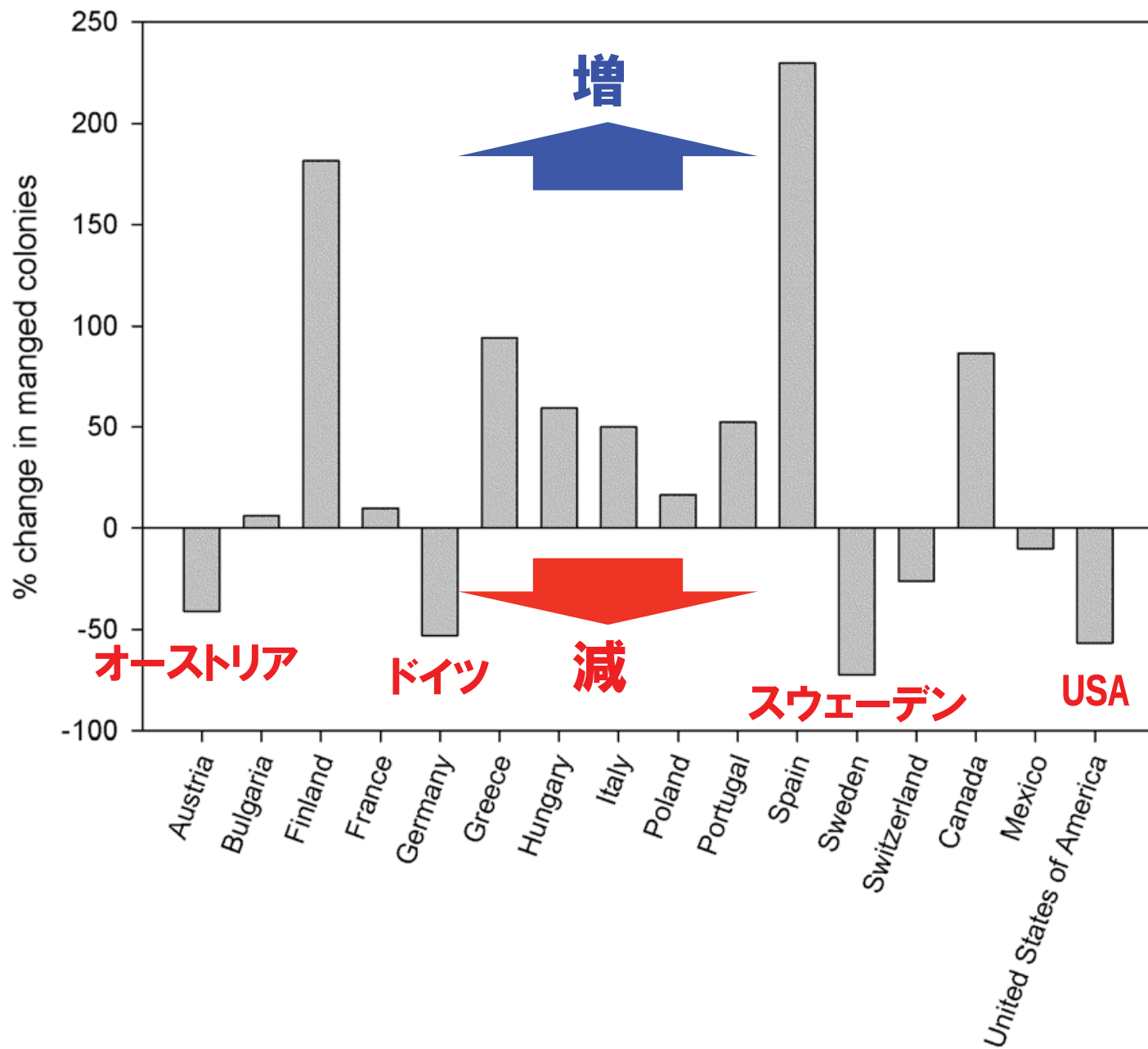


A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them

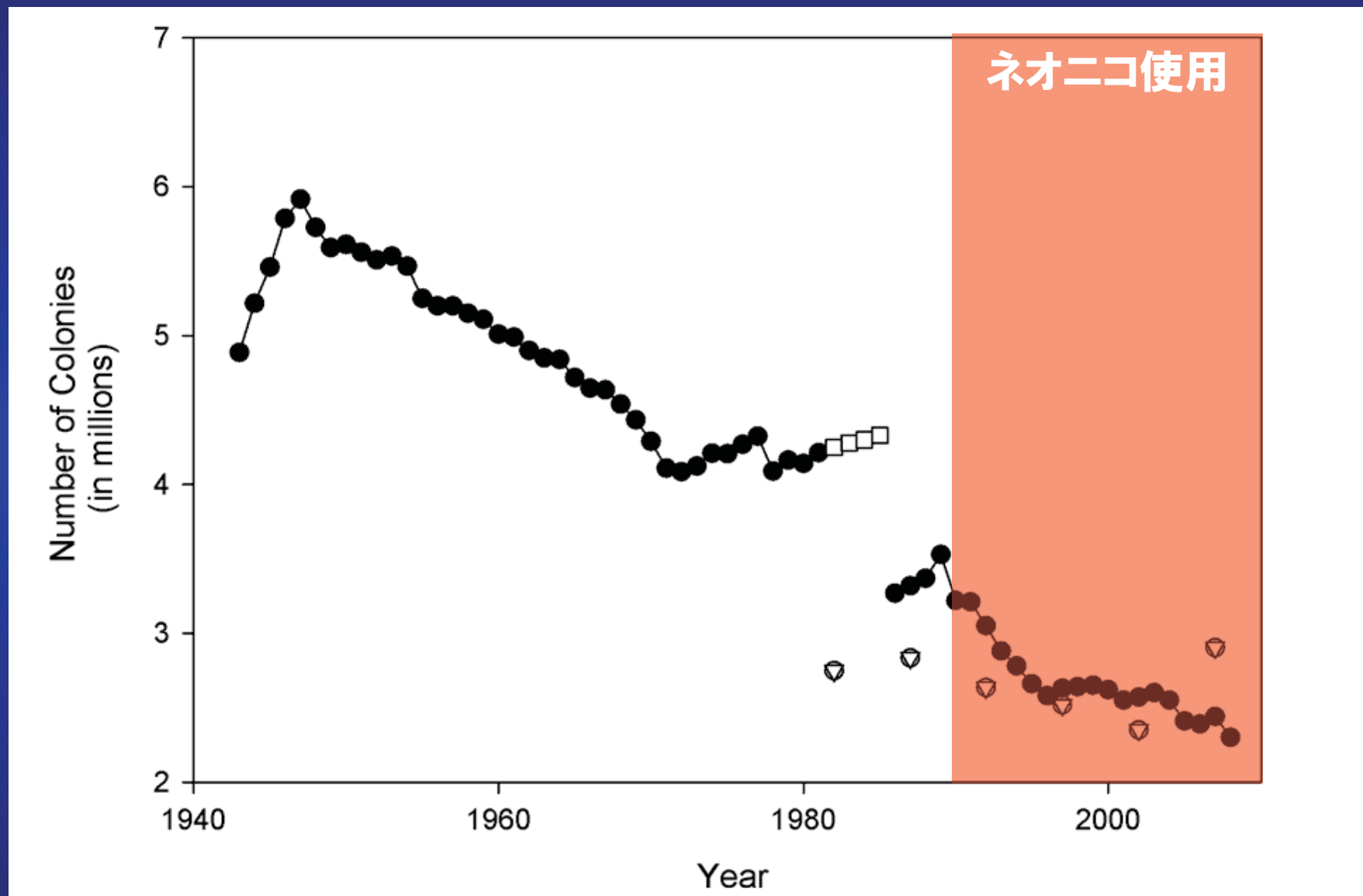
Dennis vanEngelsdorp^{a,*}, Marina Doris Meixner^b



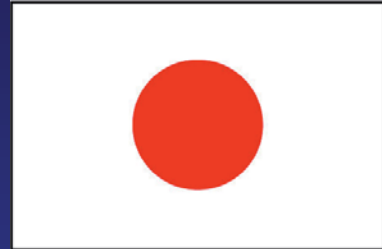
1961年～2007年の世界のセイウミツバチ養蜂群数推移



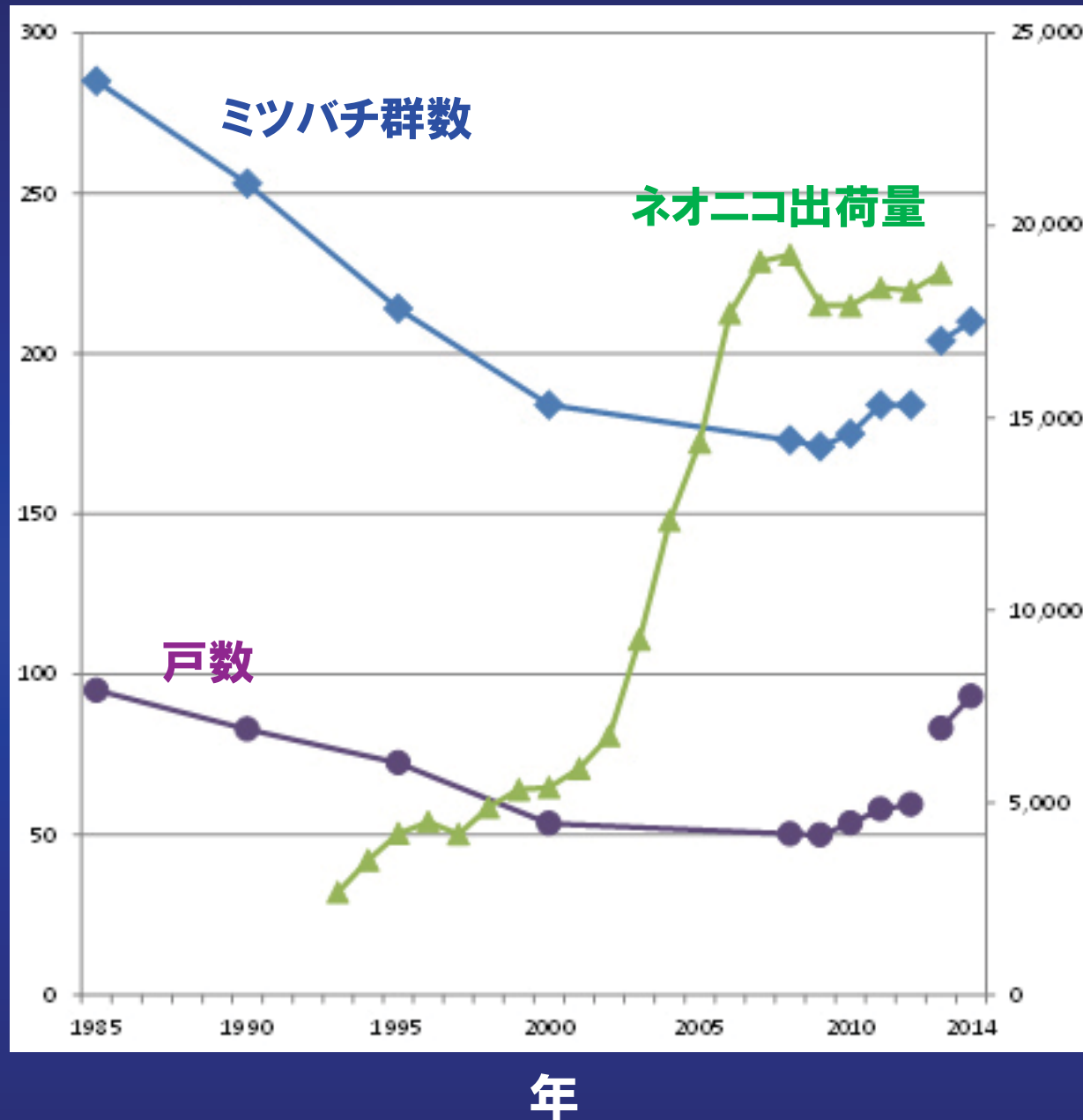
1961年～2007年の欧米におけるセイウミツバチ養蜂群数変動率



1944年～2008年の米国におけるセイヨウミツバチ養蜂群数推移



飼育戸数(×100戸) ミツバチ群数(×1,000群)



ネオニコチノイド農薬出荷量(t)

農林水産省生産局畜産部(2014年9月)「養蜂をめぐる情勢」



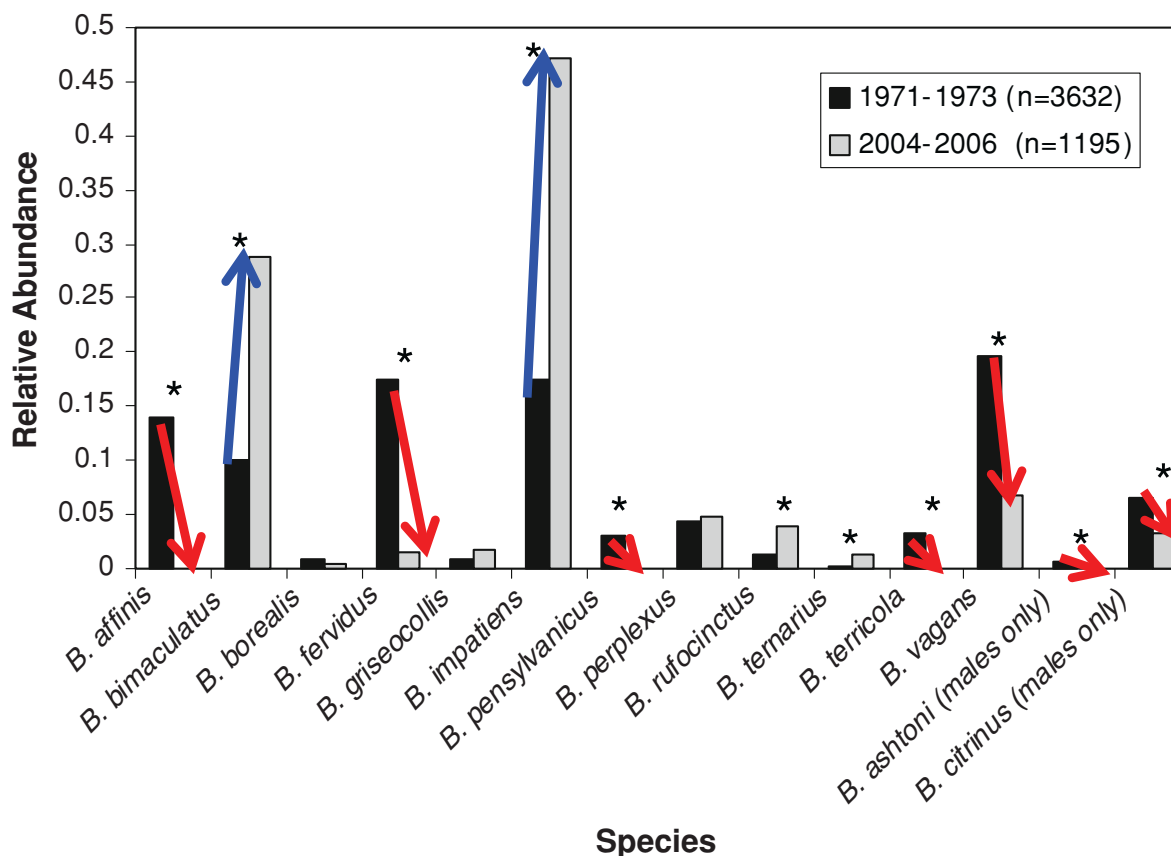
マルハナバチをめぐる生態リスク

Ecological impacts on bumblebee

ミツバチと並ぶ重要なpollinator

1990年代～北米における多様性の減少

Decline of bumblebee diversity in USA since 1990s



1970年代と比較して
多くの種が2000年代に
著しく減少している

一方で一部の種は
増えている...

農薬だけで多様性
低下は説明できな
い

南オンタリオにおけるマルハナバチの種別捕獲割合の年代別推移

Call & Packer (2008)

Science

AAAS

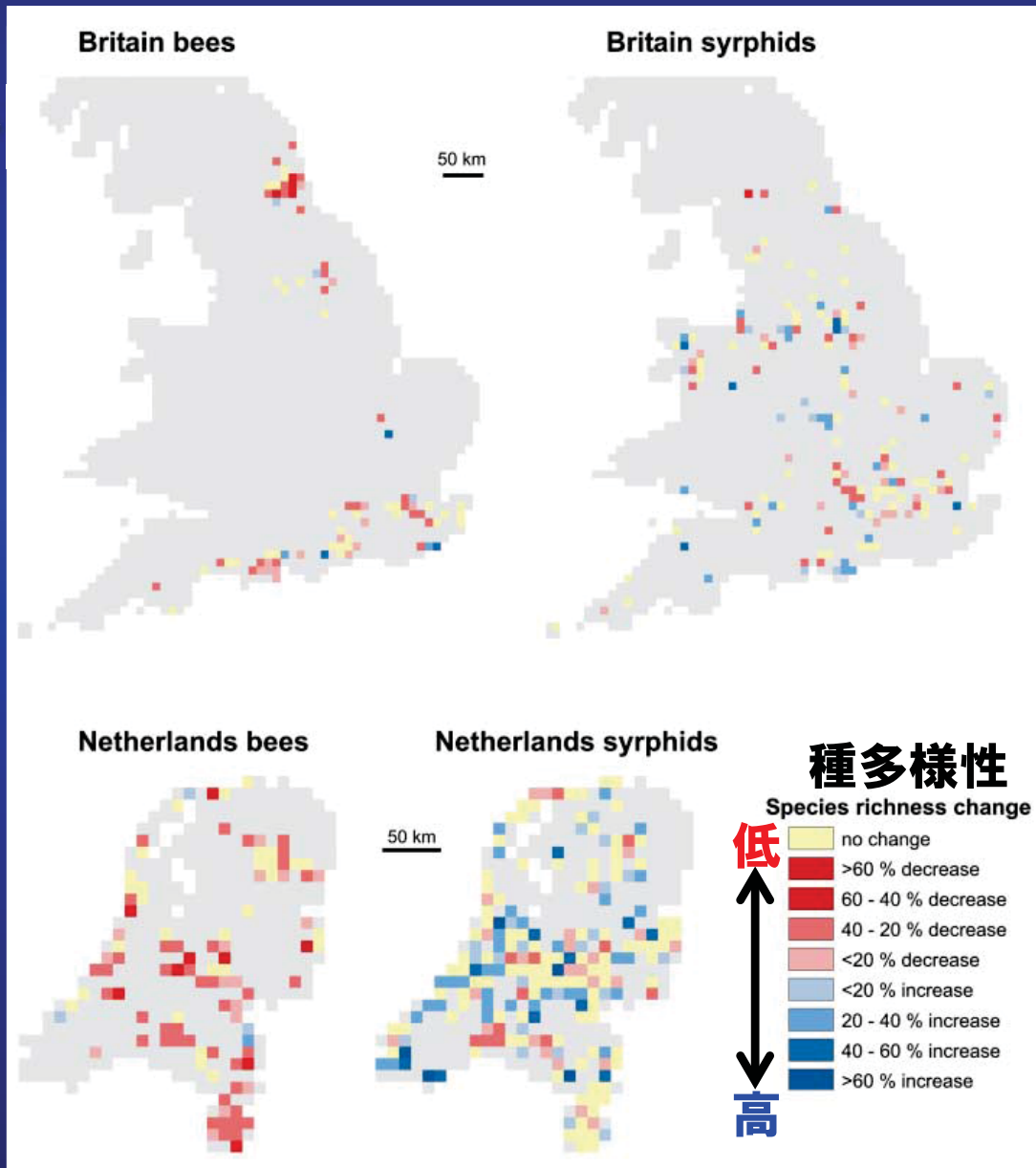
Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands

J. C. Biesmeijer, *et al.*

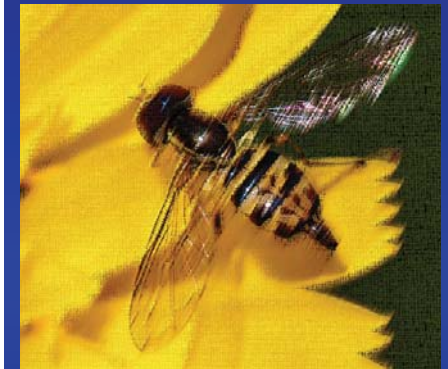
Science **313**, 351 (2006);

DOI: 10.1126/science.1127863

ハナバチ類多様性減少 Bumblebee diversity decline



ハナアブ類多様性増加 Syrphid diversity increase



貿易自由化による
輸入農産物増大

外資系企業の
農薬市場参入

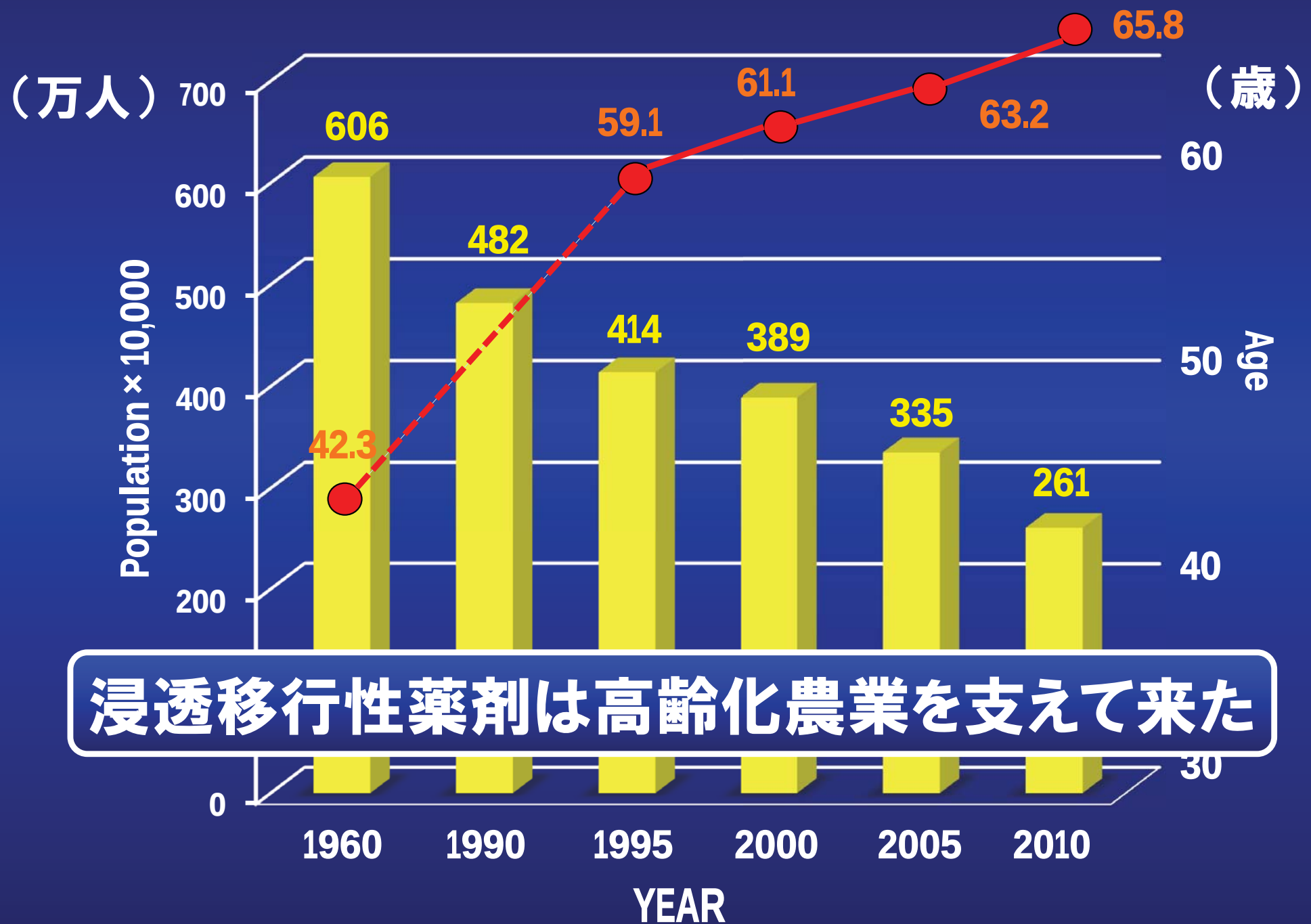
農業従事者の
減少・高齢化

農薬取締制度の
強化

箱苗施用薬剤への
集中的依存



農業従事者人口および平均年齢推移



Trans Pacific Partnership: TPP

環太平洋戦略的経済連携協定



第3の開国!?

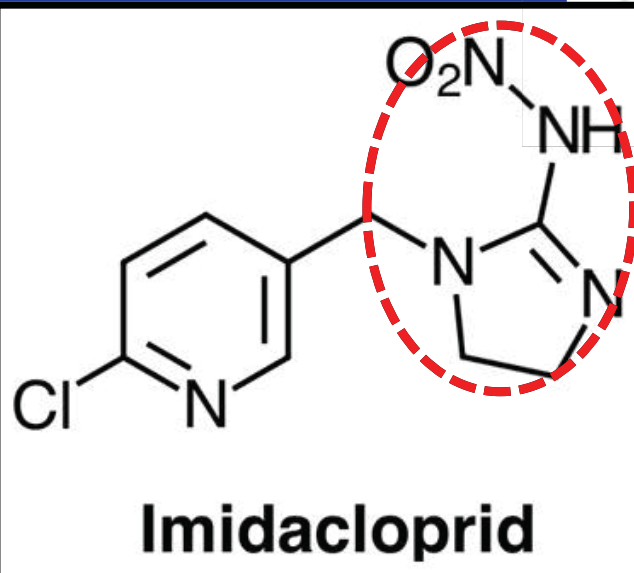
日本は里山生活を捨て、水田を捨て、資源消費大国へと変貌した



進化し続ける農薬・・・Neoネオニコチノイドの登場！

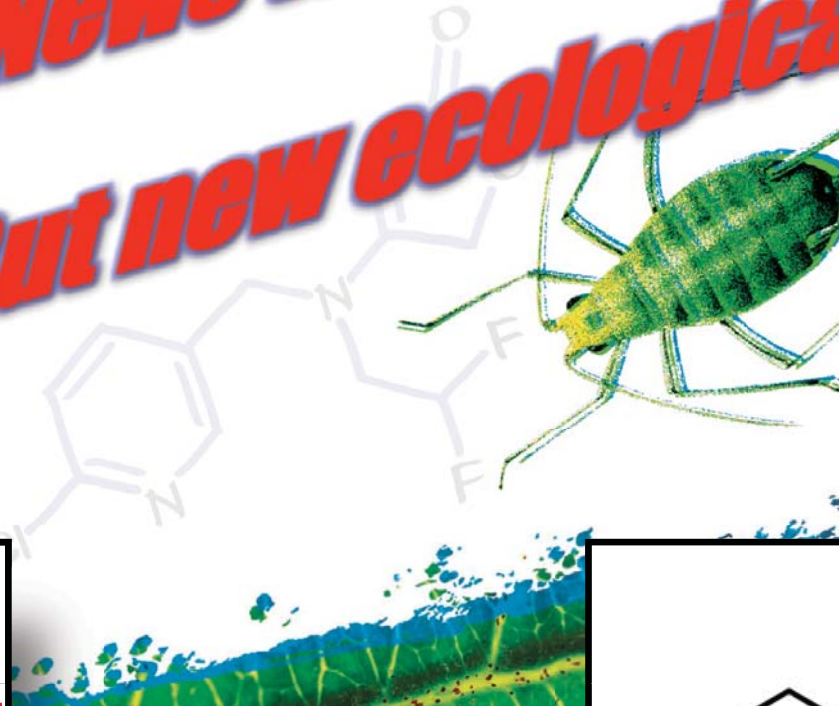
ミツバチ急性経口毒性
LD50 = 0.0037 ug/bee

ミツバチ急性経皮毒性
LD50 = 0.081 ug/bee



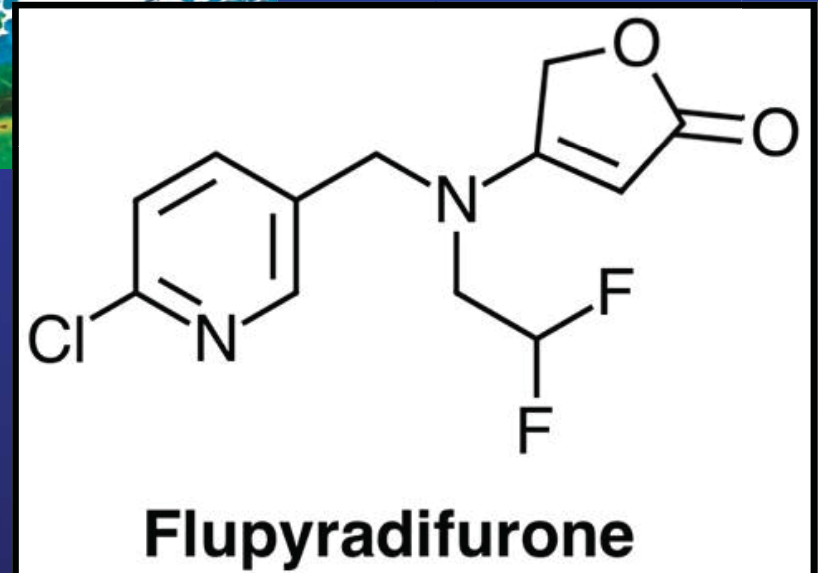
Flupyradifurone

*Good News to Bee Lovers !!
But new ecological risks ?*



ミツバチ急性経口毒性
LD50 = 1.2 ug/bee

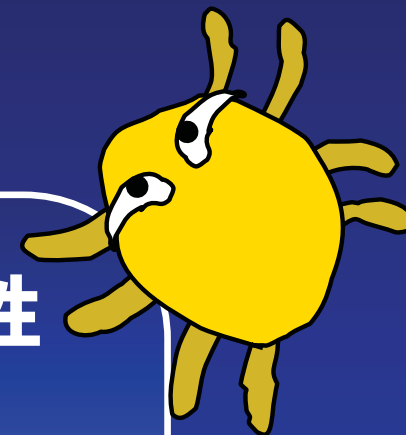
ミツバチ急性経皮毒性
LD50 = 122.8 ug/bee



Evolve !!

お知らせ

単行本発売中！



クワガタムシが語る生物多様性



五箇公一 著

集英社

1,360円(税込)

Amazon.co.jpにてご注文下さい