

平成28年度農薬の 環境影響調査（概要）

平成29年7月12日
環境省 農薬環境管理室

1 毒性調査

1. 1 毒性調査の概要

- アキアカネ（28年度）及びアオモンイトトンボ（27年度）のヤゴを使用
 - 孵化後一定時間（48h:アキアカネ、24h:アオモンイトトンボ）以内のヤゴを使用
 - アオモンイトトンボは累代飼育個体、アキアカネは野外で採取した個体から産まれたヤゴを使用
- 遊泳阻害試験
 - 尾への刺激（10回）を受けても脚の関節を動かさない状態を遊泳阻害とした
- 各濃度区の遊泳阻害率から半数影響濃度（EC50）を算出

アキアカネによる農薬の毒性調査結果

農薬		コントロール非影響個体率 (%)		48時間EC50 ($\mu\text{g/L}$)	
農薬系統	農薬名	飼育水のみ	アセトン0.1%	EC50	標準誤差
ネオニコチノイド	イミダクロプリド	97 (n=30)	100 (n=30)	1,054	105.7
	アセタミプリド	100 (n=30)	97 (n=30)	147.2	24.99
	ニテンピラム	100 (n=30)	100 (n=30)	3,337	359.4
	チアクロプリド	100 (n=30)	97 (n=30)	620.5	142.8
	チアメトキサム	97 (n=30)	100 (n=30)	78.52	10.81
	クロチアニジン	100 (n=30)	97 (n=30)	109.6	17.50
	ジノテフラン	100 (n=30)	100 (n=30)	1,263	198.9
フェニルピラゾール	フィプロニル	100 (n=15)	93 (n=15)	8.143	0.9557
有機リン	フェニトロチオン	97 (n=30)	100 (n=30)	3.613	0.6080
カーバメート	BPMC	100 (n=30)	97 (n=30)	136.0	13.71
	ベンフラカルブ	100 (n=30)	97 (n=30)	6.338	0.3529
ピレスロイド	エトフェンプロックス	100 (n=30)	97 (n=30)	8.006	1.129
	シラフルオフエン	100 (n=30)	97 (n=30)	16.32	2.538
ネライストキシン	カルタップ	100 (n=29)	100 (n=25)	85.59	15.71
ジアミド	クロラントラニリプ ロール	100 (n=30)	97 (n=30)	2,221* (>2,000)	133.4
* 外挿値					

アオモンイトトンボによる農薬の毒性調査結果

農薬		コントロール非影響個体率 (%)		48時間EC50 ($\mu\text{g/L}$)	
農薬系統	農薬名	飼育水のみ	アセトン0.1%	EC50	標準誤差
ネオニコチノイド	イミダクロプリド	96 (n=25)	96 (n=25)	112	11.5
	アセタミプリド	92 (n=25)	96 (n=25)	336	46.1
	ニテンピラム	92 (n=25)	93 (n=15) *	550	71.7
	チアクロプリド	96 (n=25)	100 (n=25)	128	16.0
	チアメトキサム	96 (n=25)	96 (n=25)	1,372	201
	クロチアニジン	92 (n=25)	93 (n=15) *	121	15.0
	ジノテフラン	92 (n=25)	93 (n=15) *	523	91.8
フェニルピラゾール	フィプロニル	96 (n=25)	100 (n=25)	1.84	0.21
有機リン	フェニトロチオン	95 (n=60)	98 (n=50)	7.87	0.24
カーバメート	BPMC	96 (n=25)	96 (n=25)	43.6	4.81
	ベンフラカルブ	93 (n=30)	100 (n=30)	28.3	2.03
ピレスロイド	エトフェンプロックス	100 (n=30)	100 (n=20)	0.647	0.05
	シラフルオフエン	100 (n=30)	100 (n=30)	8.19	1.84
ネライストキシン	カルタップ	97 (n=30)	- **	1,053	168
ジアミド	クロラントラニリプ ロール	100 (n=26)	100 (n=30)	910	170

*一部、実施していない試験日がある。 **カルタップは試験にアセトンを用いなかった。

トンボの毒性値と水産基準値等との比較

農薬		トンボの48時間EC50 ($\mu\text{g/L}$)		ユスリカの48時間EC50*	水産動植物登録保留基準値		実態調査の水質実測値の最大値 ($\mu\text{g/L}$)	
農薬系統	農薬名	アモンイトトンボ	アキアカネ	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	生物種	H27	H28
ネオニコチノイド	イミダクロプリド	112	1,054	(19.7)	8,500	オオミジンコ	0.019	0.010
	アセタミプリド	336	147.2	-	5.7	ヌカエビ	0.001	0.044
	ニテンピラム	550	3,337	(110)	9,900	ヒメダカ オオミジンコ	<0.001	0.0035
	チアクロプリド	128	620.5	(10.8)	840	ヨコエビ	<0.001	<0.001
	チアメトキサム	1,372	78.52	35	3.5	ユスリカ	0.163	0.047
	クロチアニジン	121	109.6	28	2.8	ユスリカ	0.053	0.055
	ジノテフラン	523	1,263	(36)	24,000	コイ ブルーギル ニジマス	4.26	6.03
フェニルピラゾール	フィプロニル	1.84	8.143	(0.24)	19	オオミジンコ	0.005	0.048
有機リン	フェニトロチオン	7.87	3.613	-	-	-	<0.01	<0.01
カーバメート	BPMC	43.6	136.0	-	1.9	オオミジンコ	0.009	0.038
	ベンフラカルブ	28.3	6.338	-	0.99	オオミジンコ	<0.01	<0.01
ピレスロイド	エトフェンプロックス	0.647	8.006	-	0.67	ニジマス	0.02	0.021
	シラフルオフェン	8.19	16.32	-	0.067	オオミジンコ	<0.01	<0.01
ネライストキシン	カルタップ	1,053	85.59	-	-	-	<0.5	<0.5
ジアミド	クロラントラニリプロール	910	2,221	-	2.9	オオミジンコ	0.091	0.24

*出典：農薬小委員会資料。括弧内の数値は、農薬小委員会で評価中のもの。

1. 2 毒性調査の結果及び考察

- トンボのヤゴを対象とした標準的な試験法は未確立であるものの、アキアカネ、アオモンイトトンボともに、コントロール群での非影響個体率は、93～100%のため、本調査で実施した試験方法は妥当と考えられる。
- アキアカネ及びアオモンイトトンボのヤゴの半数影響濃度を算出した結果、ネオニコチノイド系に比べ、ピレスロイド系、フェニルピラゾール系、有機リン系で高い感受性を示した。
- 水生昆虫であるアキアカネ及びアオモンイトトンボのヤゴとユスリカ幼虫で農薬による急性影響を比べた場合、ネオニコチノイド系等の農薬について、ユスリカ幼虫の方の感受性が高い傾向にあり、試験方法も確立していることから、水生昆虫への急性影響を評価するには、ユスリカ幼虫がより適していると考えられる。
- 今回の実態調査の対象農薬について、半数影響濃度は、本調査の実態調査から得られた水中濃度の実測値の最大値と比べると概ね100倍以上高かった。このため、今回の実態調査地点におけるアキアカネ及びアオモンイトトンボに対する水を介した急性影響を生じる可能性は低いと考えられる。

2 実態調査

実態調査の概要

- 全国 13 地点の水田周辺の、ため池及び水路
- 水中及び底質中のネオニコチノイド系農薬等（※）の濃度を測定
 - ※ ネオニコチノイド系殺虫剤7剤（アセタミプリド、イミダクロプリド、クロチアニジン、ジノテフラン、チアクロプリド、チアメトキサム及びニテンピラム）並びにフィプロニル（分解物含む）、フェニトロチオン（MEP）、BPMC、ベンフラカルブ、エトフェンプロックス、シラフルオフェン、カルタップ及びクロラントラニリプロール
- トンボ、ヤゴの生息種数・個体数を調査
- 周辺環境の調査・数値化
- トンボ個体数等を農薬濃度の関数として表し、農薬濃度の増減がトンボ個体数等に与える影響が、統計的に有意かどうかを判定（解析には、GLMM（一般化線形混合モデル）を用いた。）

実態調査の様子



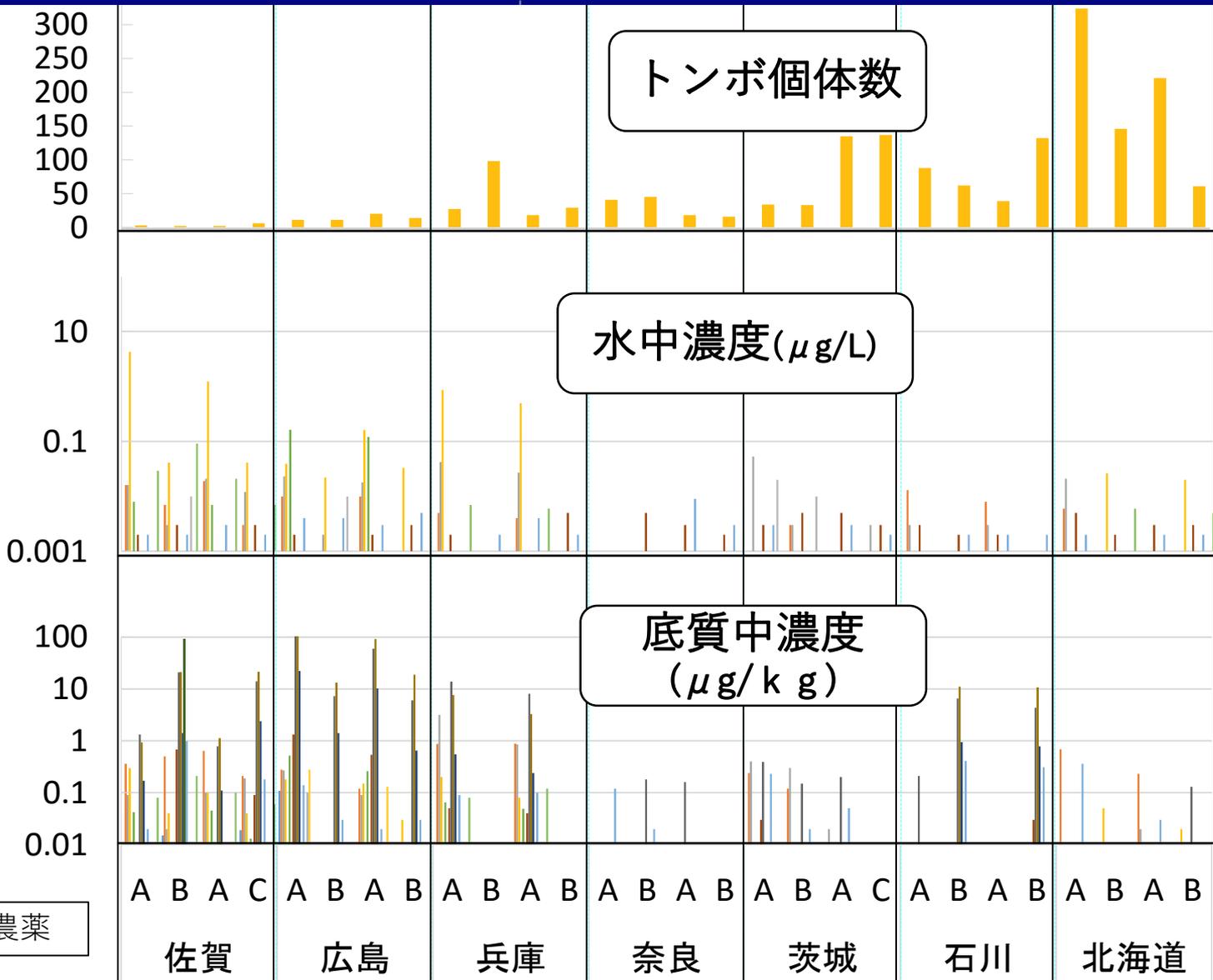
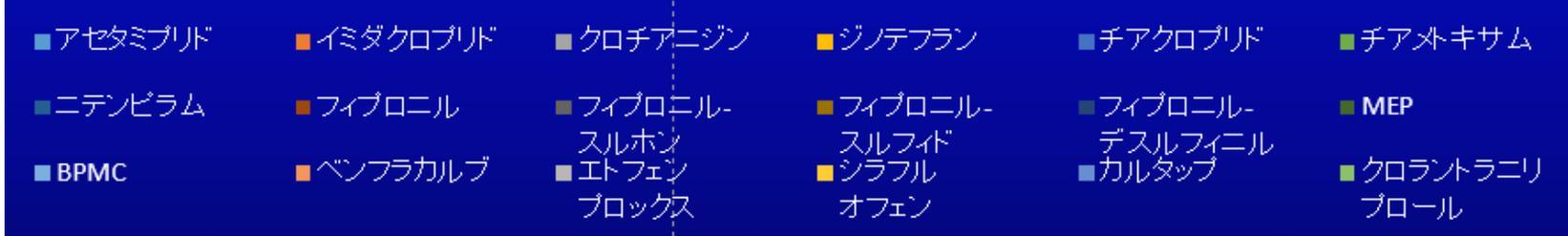
(参考)平成27年度調査地点 (7地点)



(参考) 平成27年度実態調査結果

トンボ成虫・ヤゴの個体数と農薬濃度の関係

全対象農薬



A, B, 及びCは調査地点を表す。

平成28年度調査地点(13地点)

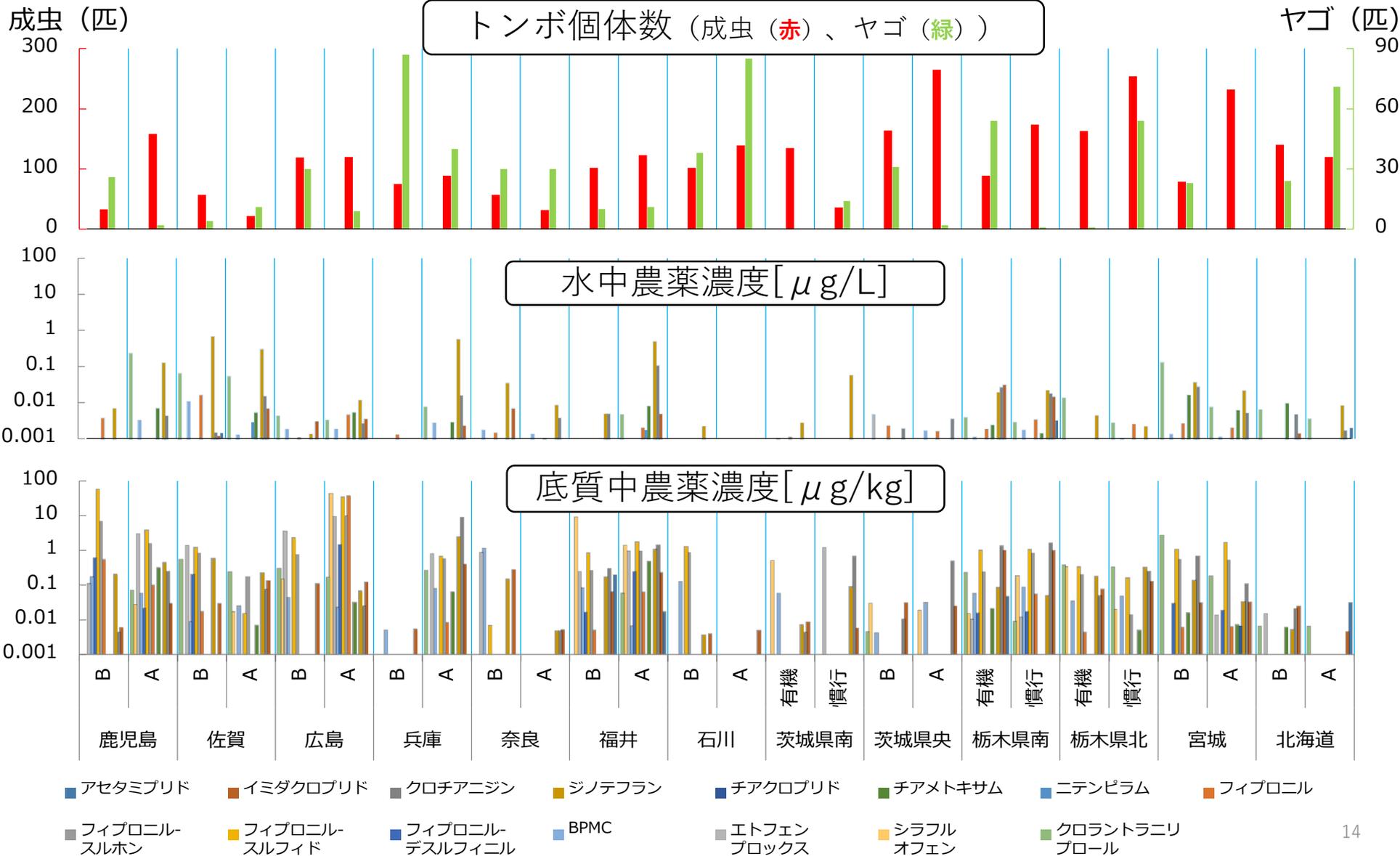
白:平成27年度より継続

緑:平成28年度に追加



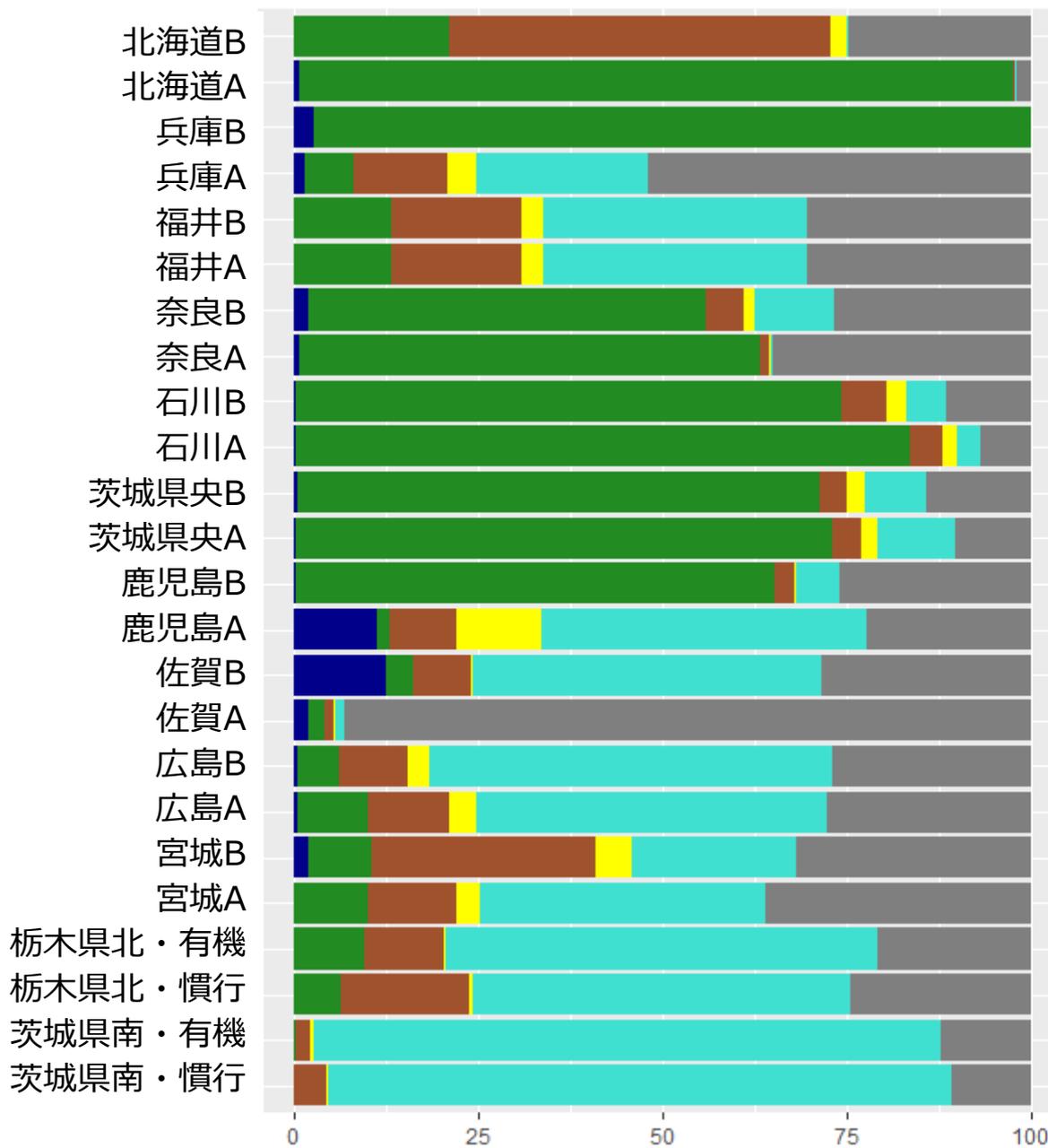
平成28年度実態調査結果 (1/4)

観測データ①
(トンボ生息状況、残留農薬濃度)



平成28年度実態調査結果 (2/4)

観測データ② (周辺の土地利用状況)



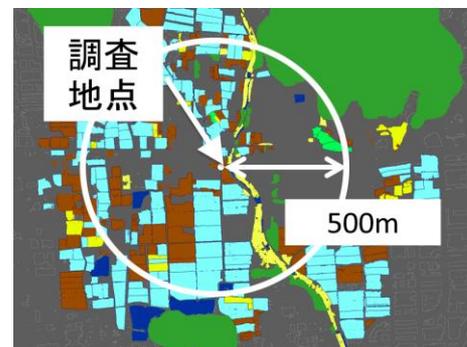
・全調査地点について、半径500mの範囲の土地利用状況を記録し面積割合として数値化した。

・土地利用状況の分類に当たっては、水面の有無、農薬使用の可能性の有無に応じて分類した。

<凡例>

- 住宅地等
- 水域・農薬有 (水田)
- 陸域・農薬無 (水無し休耕地、草地)
- 陸域・農薬有 (畑地、果樹園、公園)
- 森林
- 水域・農薬無 (河川、湿地等)

<兵庫 A の例>



平成28年度実態調査結果 (3/4)

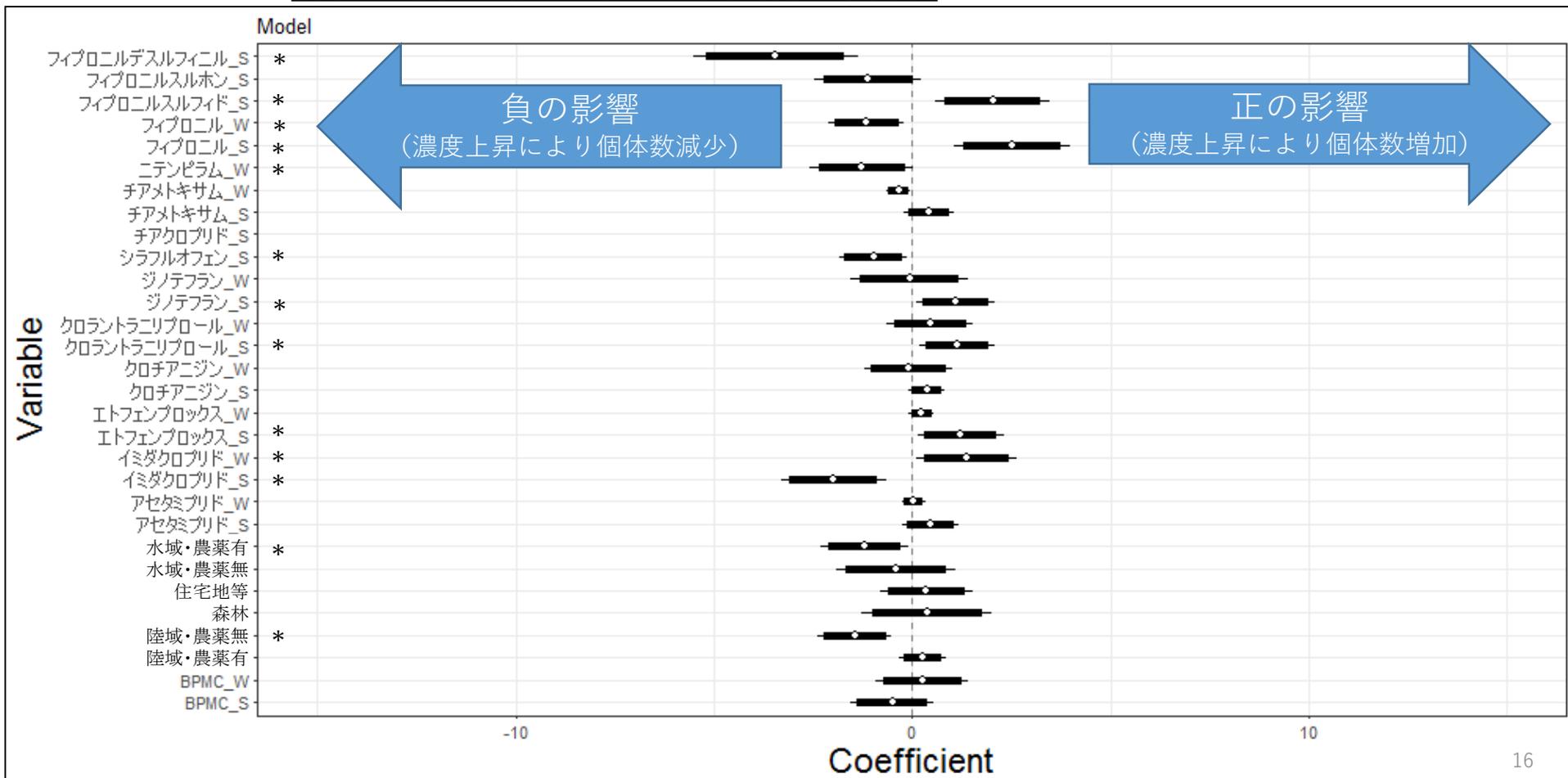
データ解析①
(+周辺の土地利用状況を考慮)

【方法】 周辺土地利用状況を解析に加えることで、モデルの予測力の改善を図った。

- ・ 目的変数：ヤゴ個体数
- ・ 説明変数：底質中(S)・水中(W)残留農薬濃度、周辺土地利用状況

【結果】 4 剤及び 2 変数（陸域・農薬無及び水域・農薬有）で有意な負の影響を検出したが、有意に正の影響をする農薬が多数、底質濃度と水質濃度でヤゴ個体数への影響の正負が逆転する農薬も存在。

⇒ **結果に一貫した傾向が見られず、解釈も困難。**



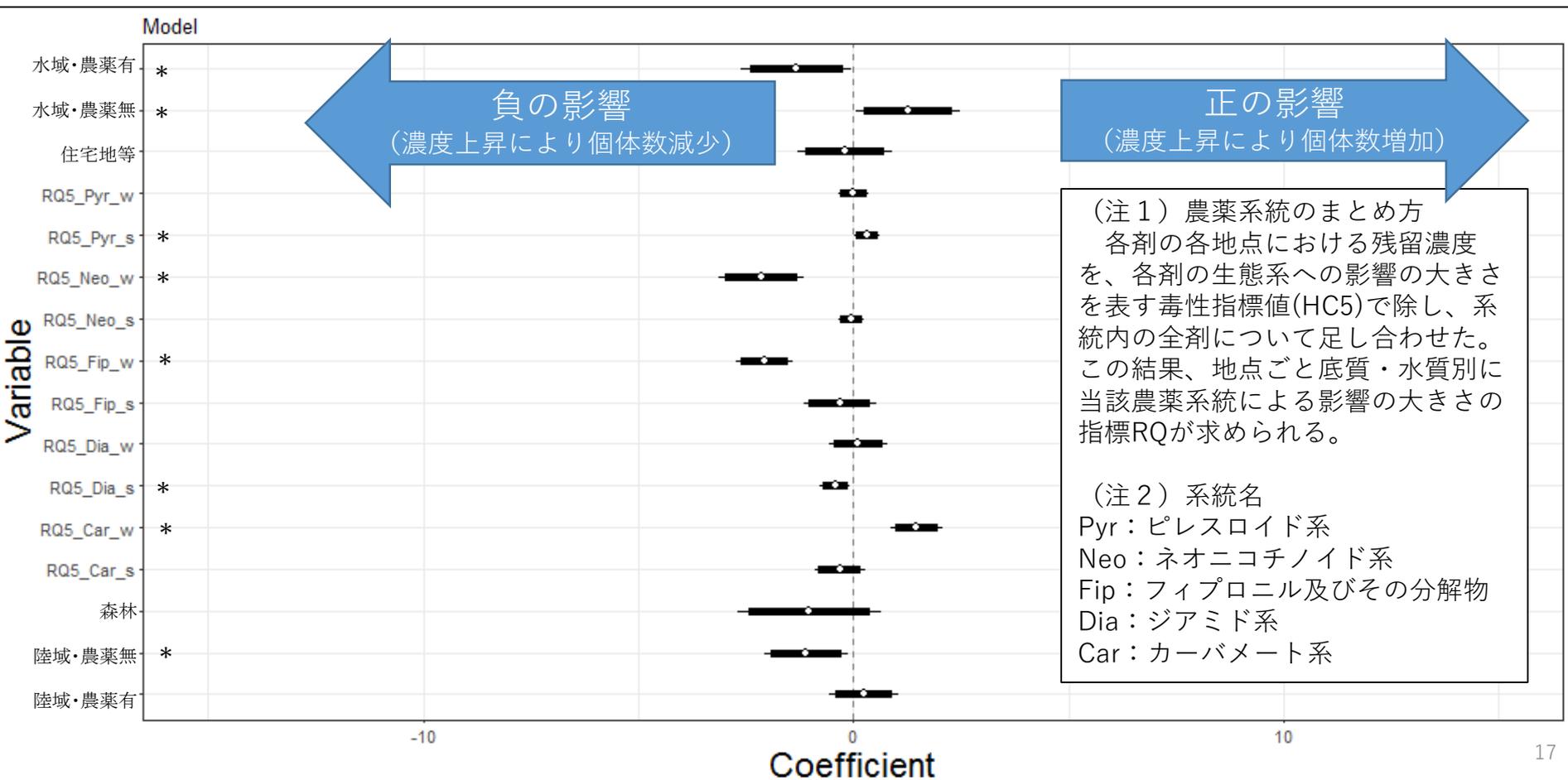
平成28年度実態調査結果 (4/4)

データ解析②
 (周辺の土地利用状況を考慮
 + 農薬系統をまとめて評価)

【方法】説明変数を減少させることにより、有意でない変数を誤って有意と推定することを回避するとともに、農薬系統ごとの傾向を検出することを試みた。

- ・目的変数：ヤゴ個体数
- ・説明変数：農薬系統ごとの底質中(S)・水中(W)残留農薬濃度、周辺土地利用状況

【結果】全農薬系統及び2変数（陸域・農薬無及び水域・農薬有）で有意な影響を検出したが、有意に正の影響をする農薬系統も存在、農薬系統によってはトンボ総個体数・成虫数の場合とヤゴ個体数の場合で影響の向きが逆転。 ⇒ **結果に一貫した傾向が見られず、解釈も困難。**



3. 結論

- 実態調査においては、調査地点数の増加、環境変数をモデルに組み入れることにより、モデルの予測力を向上させ、農薬濃度がトンボの生息状況に与える影響の検出を試みたが、環境中農薬濃度とトンボ生息状況の間に、一貫した傾向は見られず (※)、トンボの生息状況に特に大きな影響を及ぼす薬剤の系統は明確ではないという結果になった。

※ 水中濃度と底質濃度で影響の正負が異なる。

トンボ成虫とヤゴで個体数への影響の正負が異なる。 など

- また、毒性試験の結果から得られたトンボのヤゴの半数影響濃度と比較して実態調査により検出された農薬濃度の最大値は概ね100倍以上低いため、従来の暴露評価に基づけば、ネオニコチノイド系農薬等の使用がトンボの生息に深刻な影響を及ぼしていることは確認されなかった。ただし、ヤゴの期間が長く、長期の暴露によって羽化率等に影響が出る可能性は否定できない。

- ネオニコチノイド系・フィプロニル等標準的な試験生物と比べて昆虫類への影響が比較的大きいことが既存の知見から判明している系統の剤については、引き続き水産登録保留基準の設定の際に、ユスリカ幼虫を用いた評価を行うことにより、結果的にトンボも含めた水域生態系へのリスクを低くすることができると期待される。

(参考) GLMM (一般化線形混合モデル) によるデータ解析手順

1. 地点Aのヤゴ個体数を、A地点の農薬濃度で表す。

$$\begin{aligned} \text{ヤゴ個体数}_A &= \exp(\beta_0 + \beta_{1W} \times \text{農薬1の水中濃度}_A + \beta_{1S} \times \text{農薬1の底質中濃度}_A \cdots \\ &\quad + \gamma_1 \times \text{環境変数1の値}_A + \gamma_2 \times \text{環境変数2の値}_A \cdots \\ &\quad + \text{ランダム変数}_A) \end{aligned}$$

(注)

- 各地点のヤゴ個体数は、各地点における単位時間当たりの出現確率を反映している (Poisson分布に従う) と仮定。
- () 内が負になってもヤゴ個体数が正の値になるよう、 $\exp(\cdot)$ を使用。
- β_1 : 農薬1の影響を表す。(符号がマイナスならば農薬1濃度が大きい地点ほどヤゴ個体数が少ないことになる。)
- ランダム変数 $_A$: 地点、調査時期による差を表す変数。

2. 地点の数だけ方程式を作る。

3. 観測データを最も「よく」再現する $\beta_{1W}, \beta_{1S}, \beta_{2W} \cdots \gamma_1, \gamma_2 \cdots$ の組を推定する (最尤法)。

β_{1W} の符号が負ならば、農薬1の水中濃度が大きいとヤゴ個体数が減る傾向。

符号が正ならば、農薬濃度が上昇するとトンボ数が増える傾向。