

機関番号：82107

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20310022

研究課題名 (和文) 多地点モニタリング調査に基づく農薬の順応的管理法の開発

研究課題名 (英文) Adaptive management of pesticides based on multi-point monitoring data

研究代表者

池田 浩明 (IKEDA HIROAKI)

独立行政法人農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・上席研究員

研究者番号：50343827

研究成果の概要 (和文)：農薬の生態リスク管理は、不確実性を伴うリスク評価の結果に基づいて実施されており、農薬に対しても順応的管理を適用することで、その信頼性を向上させる必要がある。そこで、農業水路において水生植物と除草剤の多地点モニタリング調査を実施し、モニタリングデータに基づいて農薬の生態影響が特定される可能性と限界を提示するとともに、農薬の順応的管理を実現する上で、野外モニタリング調査と農薬動態の流域モデルを組み合わせることの有効性を明らかにした。

研究成果の概要 (英文)：Ecological risk management of pesticides in Japan is conducted based on the results of risk assessment, but the uncertainty of this prediction has been pointed out. To improve the assessment reliability, adaptive management should be applied to pesticide management. Therefore, this study conducted multi-point monitoring of aquatic plants and rice herbicides in agricultural drainages around paddy fields, and demonstrated the possibility to identify the ecological impact of an herbicide using the field monitoring data. Moreover, we showed the combination of large-scale modeling of pesticide dynamics and monitoring survey was useful to achieve adaptive management of pesticides.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2010年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：環境影響評価, 生態リスク

科研費の分科・細目：環境学, 環境影響評価・環境政策

キーワード：生態系影響評価, 生態系管理, 農薬, 順応的管理, モニタリング

1. 研究開始当初の背景

(1) わが国における農薬のリスク管理は、農薬の登録を申請する際に水域生態系に対するリスク評価を行い、その結果に基づいて農薬の登録保留を審査することで実施されている。これに対し、登録された農薬が実際に野外で使用された時の生態影響調査は義務づけられていない。しかし、農薬の登録時に必要とされる生態リスク評価は単純な個体

レベルの室内毒性試験に基づくため、生態影響の予測結果は不確実であることが指摘されている。

(2) 生態系管理の分野では、予測の不確実性に配慮し、実際の生態系におけるモニタリング調査の結果を管理方法にフィードバックさせる順応的管理の有効性が知られている。もし、野外モニタリングデータから農薬の生

生態影響を特定できれば、農薬に対しても順応的管理を適用することが可能になり、信頼性の高い農薬管理が実現する。しかし、現在のところ野外データから農薬の生態影響を特定する方法論は確立されていない。

2. 研究の目的

(1) 野外において植物と除草剤の多地点モニタリング調査を実施し、モニタリングデータに基づいて農薬の生態影響を検出する。さらに、指標植物を用いた除草剤の曝露試験を行い、野外の現象を検証することで生態影響を特定する。

(2) 農薬動態の流域モデルを構築して野外の農薬濃度を推定し、水田における管理の工夫が農薬の流出濃度に及ぼす効果を評価することで、農薬の順応的管理における流域モデルの有効性を検証する。

3. 研究の方法

(1) 茨城県つくば市周辺域の農業水路に調査区を設置し、2008年から2010年にかけて、隔月で出現種（藻類を除く）別の被度と水質（水位、流速、EC、pH、水温）の調査を行った。また、同地点において4月から8月まで毎月1回（5、6月は毎週1回）表層水を採取し、主要な水稲用除草剤であるスルホニルウレア系除草剤（SU剤）5有効成分の濃度をHPLC-MS/MSを用いて分析した。水生植物の被度変化に影響する要因の抽出には冗長性分析（RDA）を、高リスク除草剤の推定にはモンテカルロ並べ替え検定をそれぞれ行った。

(2) 指標植物に選定されたヒルムシロ科の沈水植物エビモ (*Potamogeton crispus* L.) の殖芽を野外で採取し、5℃の暗条件下で保存し、出芽したものを順次、明期10℃(8h)・暗期10℃(16h)、光量子束密度 $20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で、米国材料試験協会規格（ASTM）においてアリノトウグサ科の沈水植物を試験植物とする標準試験法（E1913-04）で指定されている培養液の500倍希釈液を用いて低成長状態で育成した。その後、根茎を切除した個体を用いて、農薬曝露実験を行う条件である明期15℃(12h)・暗期15℃(12h)、光量子束密度 $46 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、上記培養液の100倍希釈液にて1週間馴化させた。供試した農薬は、調査水路で検出されたSU剤であるベンスルフロンメチル（BSM）、ピラゾスルフロンエチル（PSE）、イマゾスルフロン（IMS）で、それぞれ標準施用量を使用した場合の田面水濃度の0倍（無処理区）、1/2倍、1倍の濃度に2週間曝露した。さらに、農薬を含まない培養液に交換して2週間回復処理を行った（ $n = 10$ ）。成長量は生重を測定して、相対成長率（RGR）を算出した。

(3) 指標植物のエビモが優占する調査地点を対象として、水田面積および農業水路の特性（水路幅、水深、底質、流量）を流域モデルPADDY-Largeに反映させることにより、農業水路における除草剤濃度を計算した。計算した除草剤は、同地点で検出されたSU剤のBSM、PSE、IMSで、PADDY-Largeによる濃度の計算値と実測値を比較した。さらに、除草剤BSMを対象とし、水田管理を工夫した条件（除草剤使用の半減、止水期間の延長）での水路の濃度もPADDY-Largeにより予測した。

4. 研究成果

(1) 水稲用除草剤は、どの調査水路でも、SU剤の有効成分であるBSM、PSE、IMSのいずれかが検出された。それらの濃度は、5月にピークを示し、6月下旬にはピーク時のほぼ5%以下まで低下するという急激な季節変化を示した（図1）。この急激な季節変化は、他の水質項目では見られなかった。

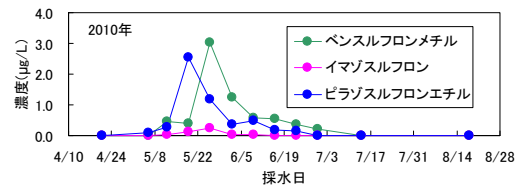


図1 沈水植物エビモが優占した調査水路におけるSU剤濃度の季節変化（2010年）。

各調査水路には、沈水植物のエビモ、オオカナダモ、コカナダモ、ササバモ、セキショウモ、抽水植物のガマ、マコモ、ヨシ、半抽水植物のオオフサモ、コウホネ、ヤナギゴケがそれぞれ優占していた。水生植物のうち、SU剤濃度のピーク期に顕著な影響が見られたのは沈水植物であり、とくにエビモはSU剤濃度の季節変化と合致して被度が著しく減少した（図2）。

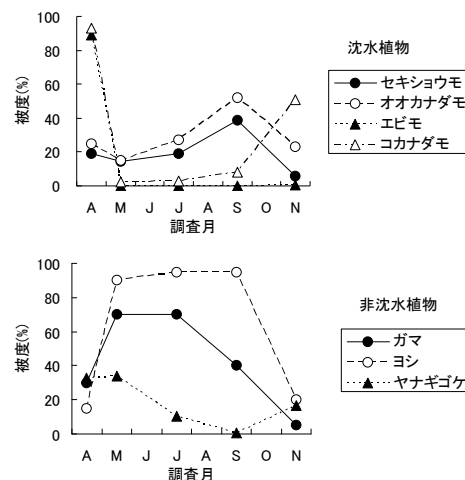


図2 農業水路における水生植物の季節変化（2008年）。

このエビモは、SU 剤濃度が低下した 7 月以降に、根茎からの出芽により再生した。一方、抽水植物の被度は、ほとんど影響が見られなかった。

RDA による解析の結果、調査水路における水生植物の季節変化に最も影響を与えた環境要因は SU 剤と刈取り除草であり、SU 剤は沈水植物に、刈取り除草は抽水植物に悪影響を与えたことが明らかになった(図 3)。また、沈水植物の中で、エビモがもっとも強く SU 剤の影響を受けることが示されたため、この植物を指標植物として選定した。

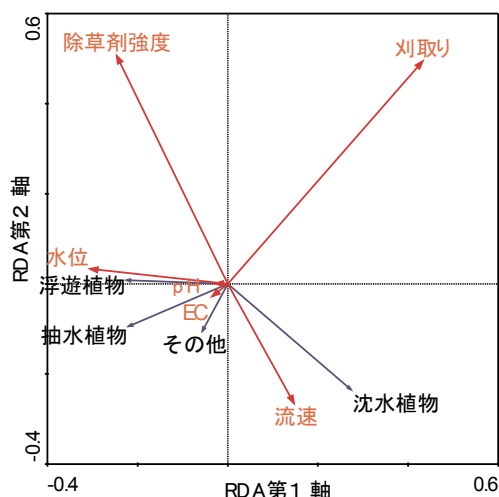


図 3 冗長性分析 (RDA) による水生植物 (黒色) と環境要因 (赤色) の関係 (2009 年). 矢印の長さは影響の強さを、黒と赤の矢印の向きが逆であるほど赤字の環境要因が黒字の植物に悪影響を及ぼすことを示す。

モンテカルロ並べ替え検定の結果、ベンスルフロメチルだけが有意な効果を示し、SU 剤の中では、この成分が最もリスクの高い除草剤であると推定された (表 1)。

表 1 SU 剤が種別被度の季節変化に及ぼす影響の有意性 (2010 年)

説明変数	RDA 第1軸の説明力 (%)	調査区間の並べ替えによる P 値
時期 × BSM 強度	11.3	0.046
時期 × IMS 強度	7.9	0.142
時期 × PSE 強度	6.8	0.156

これらの結果から、環境中の除草剤濃度は他の水質項目と比較して特異的な季節変化を示すため、生物についても季節変化をモニタリング調査すれば、多変量解析により農薬の影響を特定できることが明らかとなった。

(2) 指標植物に選定したエビモを試験植物

として、検出された SU 剤有効成分の曝露試験を行った結果、3 成分とも同様に高い感受性を示し、SU 剤の全てが高リスクであると評価された (図 4)。

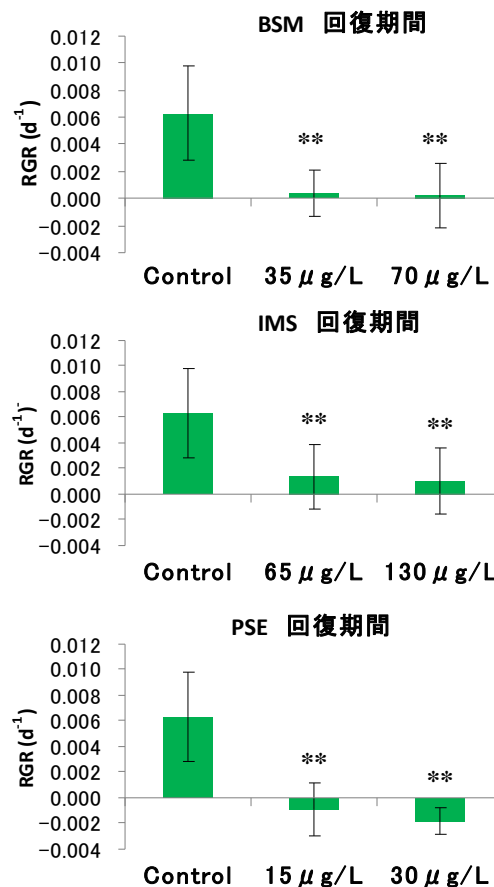


図 4 エビモの回復処理期の成長 (RGR) に及ぼす SU 剤 3 成分 (上: ベンスルフロメチル、中: イマズスルフロロン、下: ピラズスルフロロンエチル) の影響 (**: ダネット検定で $P < 0.01$) .

野外モニタリング調査の結果と室内曝露試験の結果の不一致は、エビモが分布する調査水路において BSM が良く使用されていたため (図 1)、野外データの解析では農薬使用の地域性が反映されるものの、室内試験には地域性が生じないことが主要因であると説明された。このように、野外モニタリング調査に基づく農薬の生態影響の特定には、現場における農薬使用の地域性が強く反映されることに注意が必要であり、理想的には現場で減少した植物種を用いた曝露試験で検証することが望ましいと言える。

(3) 農薬動態の流域モデルによる SU 剤 3 成分の濃度推移の計算値は、実測値と良い一致が見られた。さらに、農薬使用量を半減した場合も、使用量はそのまま除草剤散布後の

止水期間を4日から10日に延長した場合も同様にBSMの最高濃度が半減することが示された(図5)。

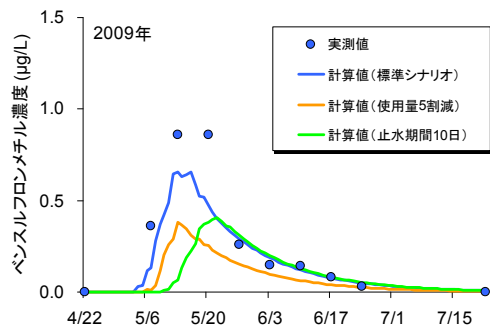


図5 水田管理の工夫が農業水路における除草剤ベンスルフロンメチルの濃度に及ぼす影響。当該地域における除草剤の使用割合(普及率40%)は2008年茨城県内出荷量により推定。標準シナリオでの止水期間は4日。

以上のように、多地点モニタリング調査の結果に農業動態の流域モデルを組み合わせることで、具体的な管理シナリオの有効性を評価することが可能であり、農薬の順応的管理を実施する上でも、このような流域モデルの活用が極めて有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① Takehiko Yamanaka, Mayumi Teshiba, Midori Tuda and Takafumi Tsutsumi、Possible use of synthetic aggregation pheromones to control stinkbug *Plautia stali* in kaki persimmon orchards、Agricultural and Forest Entomology、査読有、13巻、2011、印刷中

② 水口亜樹・永井孝志・浅井元朗・池田浩明、農業に由来する生態リスクの統合的評価に向けて：農薬・遺伝子組換え作物・雑草防除の生態リスク評価から全体のつながりを意識する、日本生態学会誌、査読有、61巻、2号、2011、印刷中

[学会発表] (計12件)

① 池田浩明、農業水路モニタリングデータを用いた水生植物に対する高リスク除草剤の推定、日本生態学会第58回大会、2011年3月9日、札幌コンベンションセンター

② 池田浩明、農薬曝露実験のためのエビモ(*Potamogeton crispus* L.)のバイオアッセイ系、日本生態学会第58回大会、2011年3月9日、札幌コンベンションセンター

③ 池田浩明、農業水路に分布する水生植物を用いた除草剤影響の検出、日本生態学会第57回大会、2010年3月17日、東京大学駒場キャンパス

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 浩明 (IKEDA HIROAKI)

独立行政法人農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・上席研究員

研究者番号：50343827

(2) 研究分担者

石坂 真澄 (ISHIZAKA MASUMI)

独立行政法人農業環境技術研究所・有機化学物質研究領域・主任研究員

研究者番号：60354007

稲生 圭哉 (INAO KEIYA)

独立行政法人農業環境技術研究所・農業環境インベントリーセンター・主任研究員

研究者番号：60354007

山中 武彦 (YAMANAKA TAKEHIKO)

独立行政法人農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・主任研究員

研究者番号：50354121

(3) 連携研究者

山本 勝利 (YAMAMOTO SHORI)

独立行政法人農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・主任研究員 (RP リーダー)

研究者番号：30442726