

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12345

研究課題名（和文）作用機構により精緻化した農薬生態毒性影響評価係数の開発と作物保護戦略への適用

研究課題名（英文）Development of pesticide ecotoxicological characterization factors consistent with toxic action modes and their application to crop protection decisions

研究代表者

湯 龍龍（Tang, Longlong）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境研究部門・主任研究員

研究者番号：30737359

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：ライフサイクルアセスメント（LCA）による農業生産システムの比較評価において、農薬使用に由来する生態毒性影響評価は成分間の違いを精緻に捉える必要がある。そのため、まず、水田農薬109成分を対象に、農薬成分の毒性（HC50）と作用機構（生物種の感受性分布（SSD）の傾きが異なる）を考慮する非線形の生態毒性影響評価係数を算定した。既存の線形係数（毒性のみ考慮）に比べて、SSDの傾斜が影響評価係数に大きく影響することが明らかとなった。次に、慣行から低投入に切替える防除戦略を取る8水田農場を対象にした事例評価を行った結果、非線形の影響評価係数がより適切な圃場レベルの評価結果が得られることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

持続可能な農業の実現に向けて、農薬使用に伴う生態系への影響を適切に評価されることが重要である。そのため、農薬成分の減量あるいは成分変更による影響削減効果を正確に評価し、農業のLCAに組み込まれていくことが求められる。本研究は、農薬成分の毒性だけでなく、成分の作用機構も考慮する非線形の生態毒性影響評価係数の算定方法を開発した。これにより、既存の線形係数（毒性のみ考慮）と比べて、農薬成分のSSDの傾斜が影響評価係数に大きく影響することが明らかとなった。作用機構の考慮が成分間の違いをより精緻に捉えるため、非線形の影響評価係数がより適切な圃場レベルの評価結果が得られることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：For comparative assessment of agricultural production systems based on LCA, it is essential to better consider the differences between components in the assessment of ecotoxic impact derived from pesticide use. Therefore, non-linear ecotoxicity characterization factors were first estimated for 109 active ingredients, which consider both the toxicity (HC50) and toxic mode-of-action (showing different species sensitivity distribution (SSD) slope) of the pesticide components. It was found that the slope of the SSD of the pesticide component significantly contributes to the difference among characterization factors of each component. Secondly, a case study estimating freshwater ecotoxicity impact of eight rice farms with a pest management strategy of switching from conventional to low inputs showed that non-linear ecotoxicity characterization factors yielded more appropriate field-level assessment results.

研究分野：ライフサイクル影響評価

キーワード：生態毒性 農薬 ライフサイクルアセスメント 作用機構 種の感受性分布

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ライフサイクルアセスメント(LCA)による農業生産システムの比較評価において、農薬使用に由来する生態毒性影響評価は成分間の違いを精緻に捉えることが求められる。これまでの影響評価係数の計算方法は、HC50(半数の淡水生物種が影響を受ける際の農薬濃度)のみを考慮する線形的な評価方法である。一方、成分間の違いをより精緻に捉えるため、複数の変数を考慮した非線形の方法も開発されているが、これら変数に関するデータ整備が遅れていることから、これまでの影響評価係数の算定に採用されてこなかった。

2. 研究の目的

本研究は農薬成分間の違いをより正確に捉えるように、農薬の生態毒性影響評価手法を精緻化したうえで、農薬影響の低減を目指す防除戦略の評価を通じて、開発された新しい生態毒性影響評価係数の適用可能性を明らかにする。そのため、第1に、農薬成分の毒性(HC50)と作用機構(生物種の感受性分布(SSD)の傾きが異なる)の双方を考慮した非線形の生態毒性影響評価係数を算定する。第2に、慣行栽培から農薬の成分数を削減する特別栽培に切替える防除戦略を対象に、双方の農薬散布履歴を収集して上記の影響評価係数を適用することにより、農薬使用に由来する生態毒性影響の変化を明らかにする。

3. 研究の方法

(1)非線形の生態毒性影響評価係数は、農薬濃度の単位量増加によるその農薬が属する作用機構の水生生物の種影響割合(PAF)の増分に、その作用機構のPAF値と全作用機構の合計PAF値の関係を乗じる算定方法を取った。その方法を基に、水田農薬109成分を対象に、毒性と作用機構を考慮した生態毒性影響評価係数を算定し、計算に必要なデータについて、農薬成分ごとの生物種の感受性分布データ(SSD)と農薬の環境予測濃度データ(PEC)は農研機構が公表するデータと論文から得た。また、農薬ごとの作用機構は抵抗性管理委員会(Resistance Action Committee)の分類に従った。

(2)事例評価については、まず、慣行栽培から特別栽培等に切替える防除戦略を対象とした。次に、農薬散布データの調査方針を次のように整理した。農薬散布の違いのみに由来する影響を調べるために、慣行栽培と特別栽培について農薬散布履歴のペア(つまり、同じ農場で行われる慣行と特裁の農薬散布履歴)を調査して作成する。次に、筆者らが開発した水田農薬の排出量推計モデルを用いて、農薬散布量から環境中(大気、淡水、地下1m)への排出量を算定した。これにより、環境中への農薬排出量に生態毒性影響評価係数を乗じることによって、両防除戦略の生態毒性影響の評価とその比較が可能となった。

4. 研究成果

(1)水田農薬109成分を対象に、毒性と作用機構を考慮した生態毒性影響評価係数を算定し、線形的な計算方法に基づく既存の影響評価係数と比較した(図1)。SSD曲線の傾きを考慮しない線形の影響係数(EF: Effect Factor)では、非線形のEFに比べて、SSD曲線の傾きが急な成分ほど過大評価され、逆に傾きが穏やかな成分ほど過小評価された。例えば、シメトリン(除草剤)は、HC50は比較的小さいものの、SSDの傾きが急であり、かつ、環境中の予測濃度が一般的に小さいため、生態毒性影響が大きくないはずだが、HC50のみを考慮する線形の評価方法では、その影響係数が約100倍過大評価される。よって、農薬成分の作用機構はその成分のSSDの傾斜に大きく影響するため、作用機構の考慮がより精緻な生態毒性影響評価係数の算定に貢献することが示唆された。

(2)慣行と低投入栽培の双方が実施されている8圃場(長野県6圃場、新潟県1圃場、福島県1圃場)の農薬散布量データに、算定された生態毒性影響評価係数を適用して生態毒性を算定した結果、8圃場中3圃場では低投入の方は逆に影響が増加した(図2左)。減らした成分の影響減と追加した変更成分の影響増のバランスが結果に大きく影響したことが示唆された。なお、評価対象圃場全体では成分減少率が大きいほど、生態毒性の減少率も増加する傾向であった(図2右)。その成分減少率と影響減少率の関係において、非線形の生態毒性影響評価係数に比べて、線形係数を用いた場合は、生態毒性影響が極端に高い、あるいは極端に低いことが見られた。これは、生態毒性を過大あるいは過小評価する影響評価係数が、圃場レベルの評価結果にも影響したことが示唆される。よって、非線形の影響評価係数がより適切な圃場レベルの評価結果が得られると判断できる。

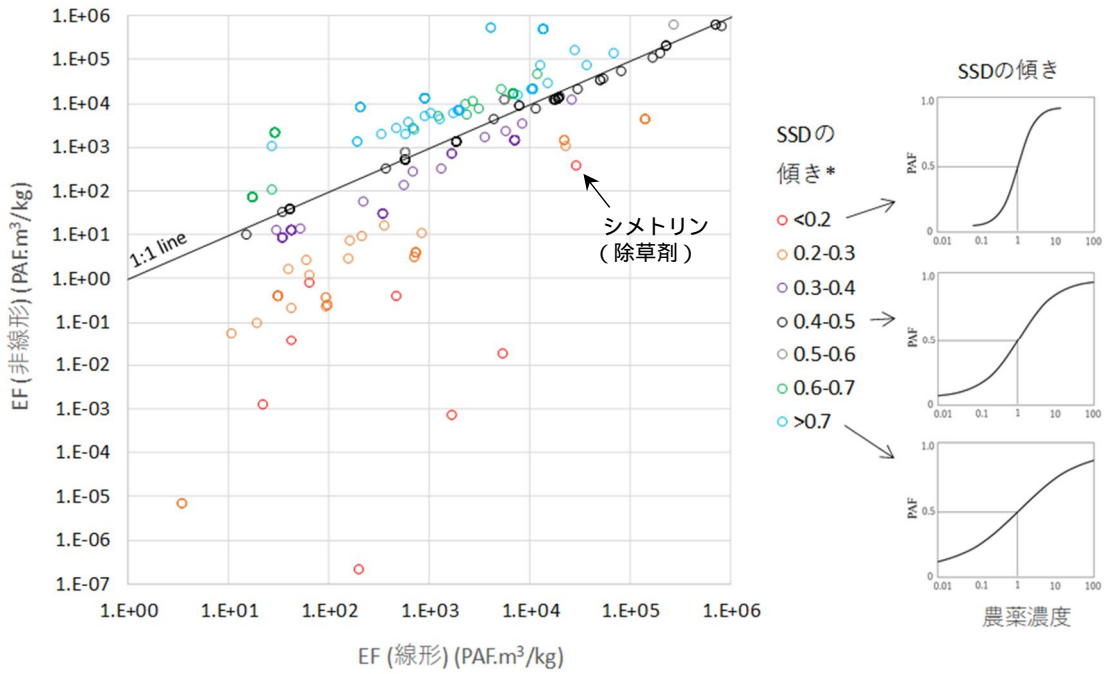


図1 線形方法と非線形方法で算定される影響係数 (EF) の比較
 (*SSDの傾き: logHC50の標準偏差に基づき、色で区分)
 SSDの傾きを考慮する非線形方法では、影響係数間の差が大きく広がり、農薬成分の違いをより捉えることができるようになる。

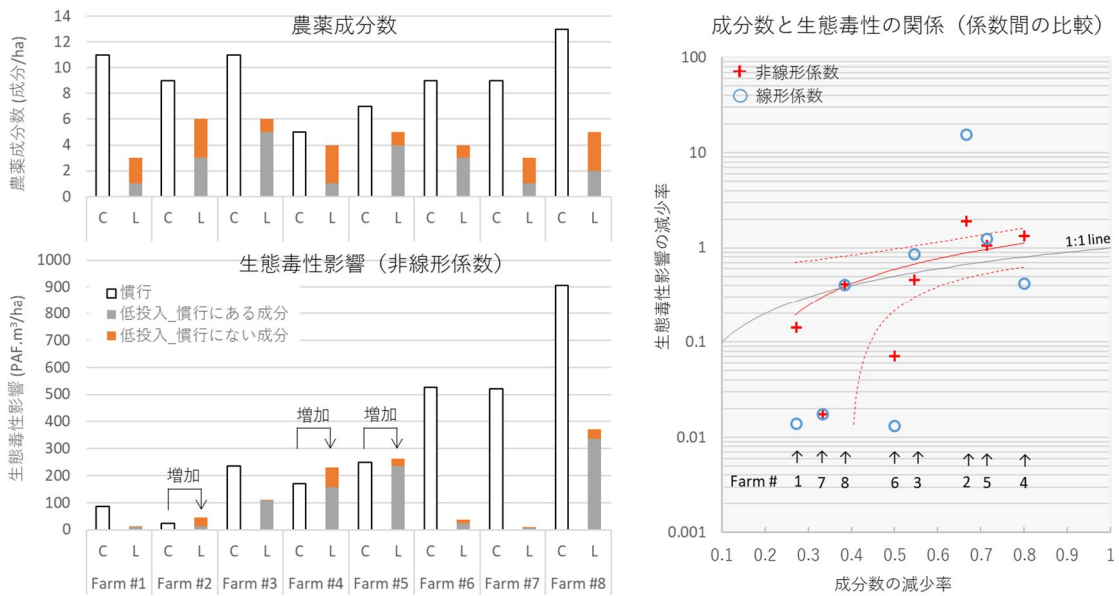


図2 圃場レベルの生態毒性影響評価結果
 (右側の赤い破線は、成分数と生態毒性の関係の推計値の95%信頼区間を示す)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tang Longlong, Hayashi Kiyotada, Nagai Takashi, Inao Keiya	4. 巻 887
2. 論文標題 Preciseness, rather than simplicity, is required to assess pesticide reduction strategies: Findings from rice production in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 163636 ~ 163636
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.scitotenv.2023.163636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Longlong Tang, Kiyotada Hayashi
2. 発表標題 Life cycle GHG mitigation potential of ICT-based precise water management for paddy rice production systems
3. 学会等名 LCA Food 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 村本麻里花, 湯龍龍, 伊坪徳宏
2. 発表標題 農薬の環境排出量推定モデルの開発
3. 学会等名 第18回日本LCA学会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Longlong Tang, Kiyotada Hayashi
2. 発表標題 Mechanism-specific characterization factors for designing pest management strategies: development and possibilities
3. 学会等名 American Center for Life Cycle Assessment (ACLCA)2021 Conference（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Longlong Tang, Kiyotada Hayashi
2. 発表標題 A proposal for consistent linking between emission fraction estimation and toxicity characterization in life cycle assessment of pesticides
3. 学会等名 International Conference on EcoBalance (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 志村もと子, 林清忠, 湯龍龍
2. 発表標題 天敵製剤と代替餌を使用したナス施設栽培のLCA
3. 学会等名 第17回日本LCA学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 農業食料工学会生物資源部会	4. 発行年 2023年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 326
3. 書名 農業・食料生産分野における バイオマス利用工学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	林 清忠 (Hayashi Kiyotada) (40355475)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境研究部門・主席研究員 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------