

水田流域におけるクロチアニジンの動態予測手法の開発

Development of a method for forecasting the dynamics of clothianidin in paddy field catchment basin

○古村龍志^{1,4}・吉川夏樹²・青柳一翼¹

原田直樹²・鈴木一輝³・三浦雅矢¹・熊谷美嬉¹・宮津進²・関島恒夫²

Ryuji KOMURA, Natsuki YOSHIKAWA, Kazusa AOYAGI

Naoki HARADA, Kazuki SUZUKI, Masaya MIURA, Miki KUMAGAI, Susumu MIYAZU, Tsuneo SEKIJIMA

1. はじめに

クロチアニジンはネオニコチノイド系殺虫剤の有効成分の一つである。本殺虫剤は蜂軍崩壊症候群を引き起こす可能性が指摘されており、(Yamada et al, 2012) 欧米諸国はクロチアニジンのほか、2種類のネオニコチノイド系殺虫剤の使用禁止措置を講じた。我が国でもミツバチの大量死やウナギやワカサギの減少が報告されている(Yamamuro et al, 2019)が、科学的根拠の不十分を理由に規制緩和が行われている(厚生労働省, 2015)。我が国では主に水稻栽培に用いられ、環境中への拡散が確認されている(大山ら 2019)が、流域負荷量の評価や、水田内における薬剤成分の動態は明らかになっていない。また、コンピュータ上で環境中の農薬濃度を予測する数理モデルの開発が進められているが、水田流域におけるクロチアニジンの動態を高精度に再現するモデルはまだ開発されていない。そこで本研究は、クロチアニジンの水田流域における動態を、水田内の濃度変化要因とともに、現地調査およびライシメータ実験によって検証する。さらに得られたデータを用いて、クロチアニジンの水田内動態および排水路内動態を再現するモデルを開発した。

2. 研究方法

2.1 現地調査方法

水田流域におけるクロチアニジンの動態を把握するため、新潟県村上市神林地区の笛吹川流域で最も集水面積が大きい幹線排水路を調査対象とし、田植え期間に7地点で環境水のサン

プリングと水位観測を実施した。また、水田3区画を対象に田面水、土壌、イネのサンプリングを行った。また、本地域を管轄するJAかみはやしと荒川沿岸土地改良区への聞き取り調査によって、本流域の各圃場におけるクロチアニジンの施用状況を確認した。

2.2 ライシメータ実験方法

クロチアニジンの水田内動態に影響を及ぼすと考えられる田面水、浸透、土壌、イネ、光分解により施用量に対して、クロチアニジンが残存・分解された量の割合(寄与率)を明らかにするため、(A)イネ栽植+明条件、(B)イネ不栽植+明条件、(C)イネ不栽植+暗条件を設定条件に設け、ライシメータ実験を行なった。田面水、浸透、土壌の寄与率は実条件と同じA条件の物質質量から算出した。光分解の寄与率はC条件の田面水中物質質量からB条件の田面水中物質質量を差し引いて求めた。イネの寄与率はイネ体中の物質質量から算出した。

2.3 水田内動態予測モデルの開発

モデルの開発にあたり、除草剤の一つであるメフェナセットを対象にして開発されたモデル(Watanabe, 2006)とイミダクロプリドとフイプロニルを対象にして開発されたモデル(Boulanger et al, 2016)を参考にした。本研究のモデルは、(1)水田内の水収支を計算する「水収支式」、(2)田面水中のクロチアニジン濃度を計算する「田面水中濃度計算式」、(3)根圏土壌中のクロチアニジン濃度を計算する「根圏土壌中濃度計算式」、(4)株間土壌中のクロチアニ

¹ 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate school of science and technology, Niigata University

² 新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University

³ 新潟大学超域学術院 Center for Transdisciplinary Research, Niigata University

⁴ 株式会社三祐コンサルタンツ Sanyu Consultants Co. Ltd.

キーワード 水環境・水質、環境影響評価、水環境

ジン濃度を計算する「株間土壌中濃度計算式」の4つの基礎式で構成し、田面水中、根圏土壌中の1時間ごとのクロチアニジン濃度を予測するものである。モデルの妥当性検証のために実水田調査およびライシメータ実験の結果を用いた。ここでは実水田圃場を対象にした再現結果のみを示す。

2.4 排水路内動態予測手法の開発

流域内の全水田で同じタイミングに営農作業・肥培管理・水管理をすると仮定し、排水路内の濃度および負荷量を再現した。各観測点の集水域における水田面積とクロチアニジン施用水田面積、施用量は前述の現地調査で記した方法で把握した。妥当性検証のために、2019年と2020年に実施した現地調査の結果を用いた。ここでは2020年の調査を対象にした再現結果のみを示す。

3. 結果

3.1 現地調査

田植え期間における最大濃度は1.5 µg/Lであり、最大負荷量（濃度×流量）は65 µg/sであった。田植え期間において集水域内の水田に施用された量に対する流出率2.2-6.0%であり、水田に施用されたクロチアニジンのうち94.0%以上は水田内に留まることが示唆された。

3.2 ライシメータ実験の結果

施用されたクロチアニジンのうち、土壌中の存在割合が最も高く、イネ吸収と浸透水の寄与率は小さいことが明らかになった。また、B条件の田面水中物質質量に対し、C条件の物質質量に有意差がみられたことから、主に光によって分解されることが明らかになった。殺虫剤施用後30日目には施用量のうち58%の行方が捉えられなくなった。その要因として、土壌中のクロチアニジンが微生物によって代謝され、クロチアニジンの形態が変化し、クロチアニジン原体を対象とした分析では検出できなかったことが示唆された。

3.3 水田内動態予測モデルの開発

モデルの再現性を評価する Nash-Sutcliffe 係数は、田面水と根圏土壌でそれぞれ0.92と0.85であった。Nash-Sutcliffe 係数は、0.7以上でモデルの再現性があるとされていることから、本モデルは実水田における田面水中および根圏土壌中の濃度を良好に再現できたと言える。

3.4 排水路内動態予測手法の開発

ピーク濃度を再現することができた。また、中流域で過小評価であるが、下流域では流出量の実測値を概ね再現できた（表1）。

4. まとめ

現地調査から、排水路への流出率は小さく、水田系外の環境負荷は水田内よりも小さいことが示された。ライシメータ実験から、土壌の寄与率が最も大きく、浸透水およびイネの寄与率は小さいことが明らかになった。その一方で代謝物の寄与率が大きく、クロチアニジンは水田内で迅速に代謝物へ変化することが示唆された。開発した動態予測モデルはクロチアニジンの水田内動態および排水路内動態を良好に再現することができた。ただし、物質濃度は営農形態や気象条件などにより変動するため、今後は異なる流域における検証が必要である。

参考文献

- Boulangé, J, DQ Thuyet, P Jaikaew, and H Watanabe. (2016) : Simulating the fate and transport of nursery-box-applied pesticide in rice paddy fields, *Pest Management Science*, **72**(6), 1178–1186.
- 厚生労働省 (2015) : 食品衛生法施行規則の一部を改定する省令及び食品、添加物等の企画基準の一部を変更する件について、食安発 0519.
- 大山浩司, 矢吹芳教, 伴野有彩 (2019) : 大阪府内の河川水中におけるネオニコチノイド系農薬濃度の季節変動の把握及び生態リスク評価, *水環境学会誌*, **42**(6), 277-284.
- Toshiro Yamada, Kazuko Yamada, Naoki Wada (2012). Influence of dinotefuran and clothianidins on a bee colony, 日本臨床環境医学会学術集会特集, **21**, 10-23.
- Watanabe, H, K Takagi, and HV Son (2006) : Simulation of mefenacet concentrations in paddy fields by an improved PCPF-1 model, *Pest Management Science*, **62**(1), 20–29.
- Yamamuro, M, T Komuro, H Kamiya, T Kato, H Hasegawa, and Y Kameda (2019) : Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields, *Science*, **366**(6465), 620–623.

表1 排水路内濃度・負荷量と再現値
Concentration and loadings and reproduced values

地点	採水日	実測最大濃度 (µg/L)	再現濃度 (µg/L)	流出量 (g)	再現流出量 (g)
中流域	5/26	0.137	0.153	41.0	16.0
下流域	5/18	0.207	0.224	63.8	65.8