

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H04137

研究課題名(和文)ネオニコチノイド系農薬により引き起こされる生態系影響および毒性の実態に迫る

研究課題名(英文)Ecological effects and toxicity caused by neonicotinoid pesticides

研究代表者

関島 恒夫 (Sekijima, Tsuneo)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：10300964

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,900,000円

研究成果の概要(和文)：ST1～5の各サブテーマの研究成果の概要を以下に記す。
ST1；水田メソコスムを用いて、水田生物群集および水田生物の生活史に対するネオニコチノイド系農薬の影響を明らかにした。ST2；湛水土壤におけるネオニコチノイド系農薬の微生物群集への影響とクロチアニジンの微生物分解を評価した。ST3；クロチアニジンを対象に水田内および排水路における動態をし、観測、実験、数値モデルによって明らかにした。ST4；当該農薬におけるヒトへの第2次的暴露、母乳から乳児への第3次的暴露の存在をとらえた。ST5；胎仔期に農薬暴露を受けたマウスが、成熟後に記憶障害や、脳内での遺伝子発現変化を示すことを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ST1～5の各サブテーマの学術的および社会的意義を以下に記す。

ST1；ネオニコチノイド系農薬の暴露は無散布処理に比べ生物群集組成の有意な変化を引き起こすことを示した。ST2；湛水土壤条件でのクロチアニジンの主要代謝物として、TZMUに加えTZUが生成されることが初めて確認された。ST3；観測と実験によって殺虫剤成分の動態が明らかになり、数値モデルによるシミュレーションが可能になった。ST4；食品あるいは飲水を通じたネオニコチノイド系農薬のヒトへの暴露実態が示され、健康への懸念が現実化した。ST5；ネオニコチノイド系農薬の新たな毒性として、胎仔期暴露が成熟後の高次脳機能を障害する可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：A summary of research results for each of the ST1-5 subthemes is provided below.

ST1；The effects of neonicotinoid pesticides on rice paddy communities and the life histories of rice paddy organisms were investigated using paddy mesocosms. ST2；The effects of neonicotinoid pesticides on soil microbial communities and microbial degradation of clothianidin under submerged condition were examined. ST3；The dynamics of Clothianidin in paddy fields and drainage channels were investigated by observation, experiment, and numerical modeling. ST4；It was detected the existence of secondary human exposure and tertiary exposure from breast milk to infants. ST5；We found that fetal exposure of mice to a neonicotinoid pesticide, clothianidin, caused impaired memory formation and altered gene expression in the brain after growing.

研究分野：動物生態学、保全生物学、生理生態学

キーワード：代謝物験 神経発生 行動解析 妊婦尿 母乳 乳児尿 ライシメータ試験 変化要因の寄与率

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

わが国は世界有数の農薬使用国であることは良く知られるところであるが、ネオニコチノイド系殺虫剤については使用規制が進む海外での動向に逆行し、本剤の使用量はむしろ増えている状況にある。多量の農薬が毎年農地に散布され、特に水田では排水路を通じて、河川から沿岸に至る流域を広く汚染している可能性は否めない。しかもその汚染は、流域に生息するさまざまな野生生物に対してだけでなく、そこに住むヒトにも食物や飲料水を介して少なからず影響を与えている可能性が疑われる。農地、特に広域汚染に繋がる可能性のある水田に投入された農薬は、散布後どのような挙動を取り、下流域をどこまで汚染しているのか？さらに、流域で栽培された作物や、飲料用として河川水を利用することにより、われわれヒトは農薬の被曝リスクをどの程度受けており、それは催奇形性を引き起こさないまでも、生体にどのような作用が引き起こされる可能性があるのか？本研究では、これらの問いに対し、環境科学分野から生命科学分野を跨ぐ学際的な体制を組むことにより、ネオニコチノイド系殺虫剤が持つ新たな一面を顕在化させることを目指す。

2. 研究の目的

生態系からヒトにいたるまでの幅広いネオニコチノイド系殺虫剤暴露の影響を明らかにするために5つのサブテーマを設け、下記に示す研究目的を設定した。

サブテーマ1では、水田メソコスムを用いて、水田生物群集の組成および水田生物の生活史に対する殺虫剤暴露の影響を明らかにする。サブテーマ2では、水田土壌における各剤の微生物群集への影響と分解・代謝経路の解明を試みる。サブテーマ3では、クロチアニジンを対象に水田内および流出先の排水路における動態を観測、実験、モデルによって明らかにする。サブテーマ4では、ネオニコチノイド系殺虫剤の次世代への重大な影響が懸念される妊娠期と乳児期を対象として、水・食物を介したヒトへの二次的および三次的暴露状態を捉えることを目的とする。サブテーマ5では、実験動物を用いて、胎児期における殺虫剤暴露が成熟後の脳に与える影響を明らかにする。

3. 研究の方法

サブテーマ1；メソコスムを用いた水田生物群集に対する殺虫剤暴露の影響

水田メソコスム(縦2m×横4m×深さ70cm)が新潟大学農学部圃場内に6基設置され、2基ずつクロチアニジン処理区、クロラントラニプロール処理区、および対照区として割り当てられた。各殺虫剤は慣行農法に従い、育苗箱に規定量散布後、5月上旬の田植えと同時に施用された。調査は2019～2021年の4月～12月に、農繁期は2週間ごと、農閑期は4週間ごとの頻度で行われ、各処理区の既定の区画から水生生物、植物、水、土壌、および有機物が採取された。採取された水生生物は、生物種の同定および個体数のカウントが行われた。水生生物、植物、水、および土壌は、LC/MS/MSを用いて試料中に含まれる各殺虫剤濃度が測定された。殺虫剤が群集組成に与える経時的な影響の検証には、主要反応曲線(以下、PRC)解析を適用し、解析は生物群集を動物プランクトン群集、ベントス群集、大型水生生物群集の3つに区分した後、それぞれに対して行われた。

水田生物の生活史に対する殺虫剤暴露の影響を調べるため、個体数の多いシオカラトンボを対象にした。シオカラトンボ幼虫の体長組成に対する殺虫剤影響を明らかにするため、調査で採取されたシオカラトンボの体長を測定した。餌生物の不足に伴う成長遅延発生の可能性を検証するために、はじめに、パス解析を用いて殺虫剤がシオカラトンボの体長に及ぼす直接効果と、餌生物の減少を介して体長に及ぼす間接効果を検出した。次に、安定同位体比分析を用いた餌資源寄与率の算出を行うことで、シオカラトンボ幼虫の殺虫剤処理による食性変化を明らかにした。トンボの羽化に対する殺虫剤影響の評価のため、2019～2021年の5月～9月にかけてトンボの羽化殻を採取、種同定、カウントを行い、両殺虫剤処理、終齢幼虫数、および経過時間が羽化数に及ぼす影響を、一般化加法モデルを用いて解析した。

サブテーマ2；水田土壌および水田微生物群集に対する薬剤暴露の影響

2-1. ネオニコチノイド系農薬が水田土壌微生物群集に与える影響

ネオニコチノイド系農薬施用が水田環境の土壌微生物、特に捕食-被食の関係にある原生生物と細菌に与える影響を明らかにすることを目的に、室内モデル実験を行った。50 mL遠沈管にグライ低地土30gとイミダクロプリド(IMI)・クロチアニジン(CLO)・ジノテフラン(DIN)を水田での標準施用量とその5倍量添加し、湛水状態にして30℃・暗所で最長16週間静置培養を行った。最確値法による原生生物数の計数とアンプリコンシーケンスによる細菌群集組成解析を行い、微生物群集の推移を調べた。また、土壌中の農薬濃度を測定し、各農薬の土壌中半減期を算出した。

2-2. 湛水土壌条件下でのクロチアニジンの分解および分解物の同定

土壌理化学性が異なる2種類の土壌(グライ低地土および砂丘未熟土)の滅菌土と未滅菌土壌を使用して、湛水土壌におけるCLOの経時的な濃度変化を調べた。50 mL遠沈管に土壌5gと100 mg/LのCLO溶液を10 mL添加(実施用量の150～200倍)し、湛水状態とした。これを30℃・

暗所で最長 12 週間静置培養を行った。逐次土壌を回収し、HPLC による CLO の定量と LC-MS による分解物の同定を行った。

2-3. 湛水土壌条件下でのクロチアニジン分解に対する有機物添加の影響

湛水土壌中の微生物分解における有機物の影響を検証するため、2 種類の有機物資材を用いた添加実験をマイクロコズム実験にて実施した。50 mL 遠沈管に滅菌もしくは未滅菌の砂丘未熟土 5 g を入れ、滅菌済もしくは未滅菌の有機物（稲わら・牛ふん堆肥）を 0.4 g 添加し、50 mg/L の CLO 溶液 10 mL を加えて、湛水状態とした。これを 30°C・暗所で最長 12 週間静置培養を行い、CLO 濃度の経時変化を調べた。

サブテーマ 3；流域内環境における農薬の挙動予測

本サブテーマは、ネオニコチノイド系殺虫剤の有効成分の一つであるクロチアニジンを対象に、水田内および流出先の排水路における動態を観測、実験、モデルによって明らかにすることを目的とした。研究は、(1) 現地排水路における環境負荷を観測、(2) ライシメータ実験による水田内のクロチアニジンの動態解明、(3) 水田内動態および排水路の環境負荷を再現する数値計算モデルの開発で構成した。

現地調査は新潟県村上市神林地区の幹線排水路を対象に、定期的な環境水のサンプリングを実施するとともに、本地域を管轄する JA かみはやしと荒川沿岸土地改良区から提供されたデータに基づき、GIS を用いて本流域の各圃場における対象殺虫剤の施用状況を確認した。水田内動態へ影響を及ぼす要因（光分解、イネ吸収、土壌吸着、浸透）については、水田内環境を模したライシメータを利用した実験によって、各要因の寄与率を定量評価した。実験条件として (A) イネ栽植 + 明条件、(B) イネ不栽植 + 明条件、(C) イネ不栽植 + 暗条件を設定し、段階的に田面水、土壌、イネ、浸透水のサンプリングを行った。田面水、浸透水、土壌の寄与率は実際の営農状況と同じ環境である A 条件の物質質量から算出し、光分解の寄与率は C 条件の田面水中物質質量から B 条件の物質質量を差し引いて求め、イネの寄与率はイネ体中の物質質量から算出した。

上記の観測および実験で得られた結果に基づき、除草剤を対象に開発されたモデルと、ネオニコチノイド系殺虫剤一つであるイミダクロプリドとフィプロニルを対象に開発されたモデルを参考にして、水田内動態を高精度で再現する数値計算モデルを開発した。また、このモデルを排水路に適用し、水中の殺虫剤成分の濃度を予測し、流域各地点における環境への負荷を予測する手法を構築した。

サブテーマ 4；母乳および乳幼児の尿資料の収集および農薬残留性評価

調査は、妊娠期女性と授乳期にある女性とその子ども（1 歳未満）を対象者として設定し、生体サンプルの収集と妊娠期（①）～子育て期（②）に特徴的な児に配慮した食行動等の背景情報を調査票にてデータを収集した。

①妊娠期調査では、19 名の妊婦から、生体サンプルとして尿、背景情報の調査票を収集した。

②乳児期調査では、119 名の出産後女性の母乳とその子どもの尿を生体サンプルとして収集した。母乳は女性自身で採取してもらった。乳児尿は、オムツ内に無農薬栽培されたガーゼにくるんだコットンを当て、便が付着しないように留意して排尿を確認後にガーゼ毎採取した。調査場所は、対象者の自宅あるいは希望する場所において研究者が訪問してサンプリングをする、もしくは対象女性に収集してもらった。サンプルは冷温保存で管理し、遠心分離をして尿サンプルとした。乳児期調査の対象となった 65 組（女性と乳児）の生体サンプルについて、主要なネオニコチノイド系農薬であるジノテフラン、クロチアニジン、クロラントラニリプロール、イミダクロプリド、エチプロールの 5 種を、LC/MS/MS により測定した。なお、本研究を進めるにあたり、新潟大学人を対象とした研究等倫理委員会を受審し、承認を得て実施した（承認番号 2019-0124）。

サブテーマ 5；マウスを用いた毒性評価

胎仔期の農薬暴露が成熟後の脳へ与える影響を評価するために、妊娠中のマウスに飲水経路でネオニコチノイド系殺虫剤を与え、濃度や投与期間を変えて投与群と対照群を設定し、正常に分娩できる条件を設定した。得られた条件のもと妊娠マウス（C57BL6/N）に殺虫剤を与えた。分娩後の仔マウスは速やかに母マウスと離し、農薬暴露のない里親（ICR）に預けて育仔させた。成熟後の高次脳機能への影響を検討するために、これらのマウスで、9 つの行動テスト (1) ホームケージアクティビティ（自発的活動、概日リズム）、(2) オープンフィールドテスト（新奇環境下の自発的活動性、情動性）、(3) ローターロッドテスト（協調運動能、運動学習能）、(4) 明暗箱テスト（情動性、活動量）、(5) Y 字型迷路テスト（空間認知記憶、自発交換行動）、(6) 聴覚性驚愕反応／プレパルス抑制テスト（驚愕反射反応、感覚ゲーティング）、(7) 恐怖条件付けテスト（文脈記憶、手がかり記憶）、(8) 社会性行動テスト（社会的新規嗜好性）、(9) 社会的優位性テスト（社会的優位性）を行った。行動解析後、マウスから脳組織を採取し、遺伝子発現解析と組織化学的解析を行った。行動解析の結果をもとに、特に脳の海馬領域に焦点を絞った解析を進めた。遺伝子発現解析は、次世代シーケンサを用いた RNA-seq により行なった。海馬から調製した total RNA をもとにライブラリを作製し、NovaSeq6000（イルミナ社）を用いて pair-end

read 解析を行ない、農薬処理群と対照群で発現量が異なる遺伝子を抽出した（農薬処理群 n=3, 対照群 n=3）。組織化学解析は、パラフォルムアルデヒドで灌流固定した脳の凍結切片を作製し、神経細胞、アストロサイト、ミクログリアや、シナプス構造のマーカータンパク質に特異的抗体で免疫組織染色を行い、胎仔期農薬暴露が成熟後の脳構造に与える影響を検討した。

4. 研究成果

サブテーマ 1；メソコスムを用いた水田生物群集に対する殺虫剤暴露の影響

殺虫剤濃度について、環境および生物中における殺虫剤原体の蓄積量を年度間で比較すると、減少傾向にあるか、顕著な変化はなかった。PRC 解析では、調査対象としたいずれの生物群集の組成においても、対照区と 2 つの殺虫剤処理区の間有意差が認められた（図 1）。さらに、年度間で比較すると、両剤処理区の動物プランクトン群集および大型水生生物群集において、対照区との組成の差が経年的に増大する傾向が認められた。以上から群集組成に対する殺虫剤の累積的影響は殺虫剤原体濃度だけでは説明できず、環境中や生物体内で分解された分解産物も関連することが示唆された。

シオカラトンボ幼虫の体長組成は、クロチアニジン処理区で体長 16mm 以上の大型幼虫の減少がみられた。パス解析の結果、クロチアニジン処理区ではシオカラトンボの体長に及ぼす負の直接効果がみられたが、餌候補生物の個体数減少を介して体長に及ぼす間接効果はみられなかった。また、シオカラトンボの餌資源寄与率について、クロチアニジン処理区では対照区と比較して、個体数が著しく減少していたイトミミズの寄与率が低下し、減少数の少ない動物プランクトンの寄与率が上昇した。以上の結果から、シオカラトンボは餌生物の個体数に合わせて餌種をスイッチングしているものの、クロチアニジンの神経攪乱作用によって十分な餌の絶対量を確保できずに成長が遅延したことが示唆された。一般化加法モデルの結果、終齢幼虫数と経過時間は羽化数に有意な正の影響を、両殺虫剤処理は羽化数に有意な負の影響を与えていた。羽化数に対する両殺虫剤処理の影響は、羽化数に対する終齢幼虫数の寄与より著しく大きかった。これは、両殺虫剤の暴露が羽化数に対して独立に影響を与えており、終齢幼虫が羽化する過程で変態に対する攪乱作用を引き起こし、羽化率の低下を引き起こしていることを示している。

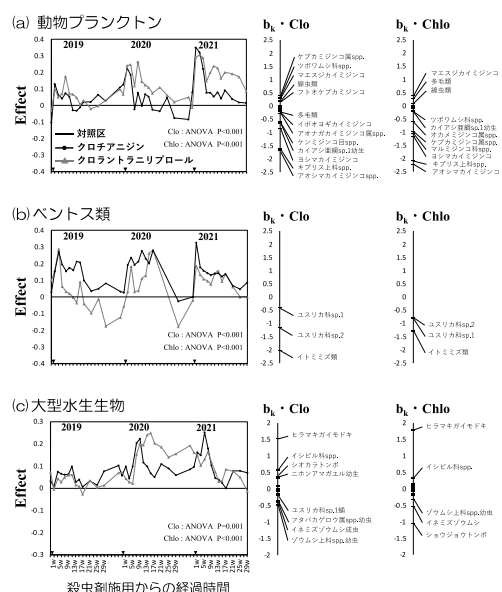


図 1. 水田メソコスムの水生物群集に対するクロチアニジンとクロラントラニプロールの影響を示す主応答線 (PRC) 縦軸は対照区 (0 線) と殺虫剤処理区の群集構造の差を PRC モデルの回歸係数 (Effect) で示したものである。種スコア (b_k) は、各種の PRC に対する親和性を示し、 $b_k \cdot Clo$ はクロチアニジンの種スコア、 $b_k \cdot Chlo$ はクロラントラニプロールの種スコアを表す。

サブテーマ 2；水田土壌および水田微生物群集に対する薬剤暴露の影響

2-1. ネオニコチノイド系農薬が水田土壌微生物群集に与える影響

各剤の半減期は DIN で 8.8-9.6 日、IMI で 8.3-8.5 日、CLO で 10.0-11.41 日であり、湛水土壌中で速やかに分解されることが示唆された。16 週間の培養を通して、いずれのネオニコチノイド系農薬も土壌細菌群集組成に大きな変化を与えなかったが、Sphingomonadaceae 科、Oxalobacteraceae 科、Comamonadaceae 科等の一部の細菌群において相対存在量の増加が認められた。原生生物数は培養 7 週間以降に対照区と比較して有意な減少が認められた。各剤の半減期を考慮すると、土壌中代謝物による影響の可能性が考えられた。

2-2. 湛水土壌条件下でのクロチアニジンの分解および分解物の同定

いずれの土壌においても、未滅菌の場合に培養 4 週間以降で滅菌土壌よりも CLO の分解率が高く、CLO の消長には微生物分解の関与が大きいことが示された。未滅菌土壌中での CLO 分解率は土壌有機物含量が多いグライ低地土で砂丘未熟土よりも高く、このことから湛水土壌条件下においては有機物分解の進行とともに CLO が代謝されるものと推定された。次いで、CLO の分解物を検索した結果、TZMU および TZU の生成が確認されたことから、湛水土壌条件下での CLO 分解はニトログアニジン基の加水分解によって進むものと考えられた。なお、CLO の土壌中代謝物として TZU が検出されたのは、我々が知る限り今回が初めてである。

2-3. 湛水土壌条件下でのクロチアニジンの分解に対する有機物添加の影響

牛ふん堆肥および稲わらの添加は湛水土壌中で CLO 分解を有意に促進した。これは、有機物添加によって土壌微生物が活性化し、CLO の共役分解を促進するためであると推察された。この共役分解は牛ふん堆肥添加でより顕著に促進されたことから、添加有機物の CN 比が CLO の分解速度に影響するものと考えられた。

サブテーマ 3 ; 流域内環境における農薬の挙動予測

現地観測の結果、田植え期間における排水路中のクロチアニジンの濃度は最大でも 1.5 $\mu\text{g/L}$ であり、環境省が定めるクロチアニジンの農薬登録基準の 2.8 $\mu\text{g/L}$ 以下であることが明らかになった。田植え期間の 22 日間において、集水域内の水田に施用した量に対する流出量は中流域と下流域でそれぞれ、6.0%、2.3%であり、水田に施用されたクロチアニジンのほとんどが水田内に留まることが示唆された。

ライシメータ実験では、施用した殺虫剤成分のうち土壌中に存在する割合が最も高く、イネと浸透水の寄与率は小さいことが明らかになった。また、A 条件 (イネ栽植 + 明条件) と B 条件 (イネ不栽植 + 明条件) の田面水中クロチアニジン存在量に対し、C 条件 (イネ不栽植 + 暗条件) の存在量に有意差がみられたことから、環境中では主に光分解によって原体として存在する量が減少することが明らかになった。田面水中および土壌中においては、殺虫剤施用後 30 日目に検出できたのは施用量の 42%のみであった。その要因として、クロチアニジンが微生物によって代謝され、形態が変化したことが示唆された。

こうした動態をモデル化しライシメータ実験の条件に適用した結果、Nash-Sutcliffe 係数は 0.7 以上となり、田面水中および根圏土壌中のクロチアニジン濃度を高精度で再現できた。本モデルの感度分析の結果、降水量、灌漑水量、蒸発散量および、初期農薬量、光分解速度定数、田面水中微生物分解速度定数、土壌中微生物分解速度定数、脱着速度定数、有機炭素補正土壌吸着係数、土壌比重、水分係数の感度が高い項目であることが示された。また、本モデルを用いた動態予測シミュレーションの結果、田面水中のクロチアニジンの主な消失経路は光分解であり、土壌中の主な消失経路は土壌中の微生物分解であることが示された。流域内のすべての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予測した結果、対象排水路の上流域、中流域、下流域でのピーク濃度および負荷量の実測値を概ね再現することができた。

サブテーマ 4 ; 母乳および乳幼児の尿資料の収集および農薬残留性評価

調査は、2020 年 3 月～2022 年 1 月に行われた。対象女性は 30 歳代 (73.8%) が多く、就労をしていたのは 1 名のみで休職中 (73.8%) あるいは無職 (21.5%) が多かった。乳児は双胎 1 組を含む 66 名で、男児 53.0%、標準的な出生時体重 (2,500～3,500 g) 71.2%、正期産 (在胎週数 37～41 週) 86.4%であった。測定は、出生後 100.3 (SD54.1, range6-211) 日で、栄養をほぼ母乳 (66.4%) か母乳中心 (27.3%) で摂取している児が多かった。

測定の結果、ネオニコチノイド系殺虫剤の判別割合は、クロチアニジン (母乳 39 名 60.0%、児尿 41 名 62.1%) とジノテフラン (母乳 37 名 56.9%、児尿 59 名 89.4%) が高かった。

農薬として使用されたネオニコチノイド系殺虫剤が、成人女性である対象者へのネオニコチノイド系殺虫剤の第二次暴露、さらには母乳を経た乳児への第三次暴露が相当割合の頻度で生じている事実が明らかになった。

サブテーマ 5 ; マウスを用いた毒性評価

妊娠 10 日目のマウス (C57BL/6N) に、50 mg/kg/day になるように飲水経路でネオニコチノイド系殺虫剤クロチアニジンを与える条件を確立した。里親に育てられたマウスは正常に生育し、体重や血液生化学検査では明確な異常は認めなかったことから、今回の農薬暴露条件は、少なくとも致命的な影響は与えないことがわかった。農薬暴露群マウスは、基本的な運動能力や運動学習、情動性は正常である一方、有意な驚愕反射反応の減少、文脈記憶障害を示し、社会的相互作用や社会的優位性に増加傾向が認められた。特に恐怖条件付けテストにおいて、海馬+扁桃体依存性の文脈記憶に障害がみられ (図 2)、扁桃体依存性の手がかり記憶は正常であったことから、少なくとも胎仔期農薬暴露は成熟後の海馬機能に障害を与える可能性が考えられた。各マーカータンパク質に対する抗体を用いて海馬の免疫組織化学解析を進めたが、蛍光共焦点レーザー顕微鏡解析の結果からは、農薬暴露群において、NeuN (神経細胞)、Synaptophysin (シナプス)、GAD67 (抑制性神経細胞)、MAP2 (神経細胞樹状突起)、GFAP (アストロサイト)、Iba1 (ミクログリア) の染色性に異常は認められなかった。一方、海馬の遺伝子発現解析から、タンパク質翻訳に関わるリボソームタンパク質や小胞体関連遺伝子が、農薬暴露群で有意に低下していた。タンパク質翻訳は記憶形成に必須のプロセスであり、これらの変化が農薬暴露群マウスの記憶障害に関わる可能性が示された。本研究ではクロチアニジン暴露は胎仔期に限定しており、解析の結果認められた表現型は、脳に残留した農薬の影響、あるいは神経発生過程の撓乱に起因する可能性が考えられる。その実態は明らかではないが、ネオニコチノイド系殺虫剤の新たな毒性として、神経系におけるタンパク質翻訳が長期に渡って抑制される可能性を新たに示す結果が得られた。

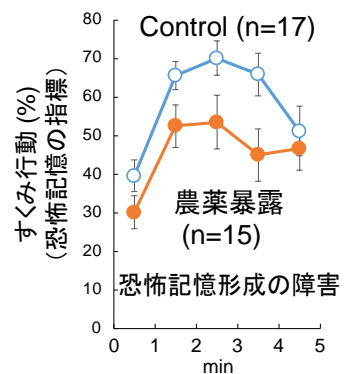


図2. 恐怖条件付けテストの結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 関島恒夫 | 4. 巻 56 (10) |
| 2. 論文標題 ネオニコチノイド系殺虫剤により引き起こされる生態系影響および毒性の実態に迫る | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 昆虫と自然 | 6. 最初と最後の頁 36-39 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 鎌田泰斗, 清水瑛人, 佐藤雄大, 関島恒夫 | 4. 巻 25-2 |
| 2. 論文標題 水稲用殺虫剤が水田棲カエル類の初期発生におよぼす影響 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 保全生態学研究 | 6. 最初と最後の頁 205-219 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18960/hozen.2016 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 大谷修平、森谷晃、権ダニエル、小坂橋るみ子、森田紋子、浦野江里子、金子和光、廣村柱樹、橋本美穂、関島恒夫、大西浩史 |
| 2. 発表標題 胎仔期におけるネオニコチノイド系農薬への暴露が成熟後脳機能に与える影響の解析 |
| 3. 学会等名 第68回北関東医学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Miura M, Kumagai M, Asiloglu R, Suzuki K, Harada N. |
| 2. 発表標題 Degradation of neonicotinoid pesticides in waterlogged soil. |
| 3. 学会等名 International Symposium on Strategies for Sustainability in Food Production, Agriculture and the Environment (ISFAE) 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kumagai M, Miura M, Komura R, Yoshikawa N, Suzuki K, Asiloglu R, Harada N. |
| 2. 発表標題 Predicting the fate of neonicotinoid insecticides using simulated paddy fields. |
| 3. 学会等名 International Symposium on Strategies for Sustainability in Food Production, Agriculture and the Environment (ISFAE) 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 *小川晶史(新潟大学・院・自然)、鎌田泰斗(新潟大学・農)、篠田隼(新潟大学・農)、関島恒夫(新潟大学・農) |
| 2. 発表標題 シオカラトンボの成長に及ぼす殺虫剤暴露の影響 |
| 3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 *篠田隼(新潟大学・農)、小川晶史(新潟大学・院・自然)、鎌田泰斗(新潟大学・農)、関島恒夫(新潟大学・農) |
| 2. 発表標題 水田メソコスムを用いて水田生物群集に対する殺虫剤施用の影響を評価する |
| 3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 古村龍志・吉川夏樹・青柳一翼・宮津進・原田直樹・鈴木一輝・菅井桃香・三浦雅矢 |
| 2. 発表標題 水田流域におけるネオニコチノイド系殺虫剤の挙動 |
| 3. 学会等名 2020年度農業農村工学会大会講演会, 鹿児島大学(Web開催), 2020年8月 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. SUGAI, K. SUZUKI, N. HARADA |
| 2. 発表標題 Dynamics of neonicotinoid insecticides in a rice field and the surrounding environment |
| 3. 学会等名 Joint Symposium of the 8th International Agriculture Congress & 6th International Symposium for Food & Agriculture 2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 R. SHIBATA, K. SUZUKI, N. HARADA |
| 2. 発表標題 Effects of neonicotinoid insecticide on ecosystem |
| 3. 学会等名 Joint Symposium of the 8th International Agriculture Congress & 6th International Symposium for Food & Agriculture 2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroshi Ohnishi, Akira Moriya, Shuhei Ohtani, Daniel Gon, Ayako Morita, Eriko Urano, Miho Sato-Hashimoto, Tsuneo Sekijima |
| 2. 発表標題 Effects of prenatal exposure of mice to neonicotinoid pesticides on the brain functions in the adult stage |
| 3. 学会等名 NEURO2022 (第45回日本神経科学大会 / 第65回日本神経化学会大会 / 第32回日本神経回路学会大会) |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計0件

〔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 | 原田 直樹 (Harada Naoki) (50452066) | 新潟大学・自然科学系・教授 (13101) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 | 鈴木 一輝 (Suzuki Kazuki) (40801775) | 新潟大学・研究推進機構・助教 (13101) | |
| 研究分担者 | 吉川 夏樹 (Yoshikawa Natsuki) (90447615) | 新潟大学・自然科学系・教授 (13101) | |
| 研究分担者 | 関島 香代子 (Sekijima Kayoko) (90323972) | 新潟大学・医歯学系・准教授 (13101) | |
| 研究分担者 | 大西 浩史 (Ohnishi Hiroshi) (70334125) | 群馬大学・大学院保健学研究科・教授 (12301) | |

| | 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 |
|-------|----------------------------------|------------------------|----|
| 研究協力者 | 柿沼 範洋 (Kakinuma Norihiro) | 株式会社平成理研・環境科学センター 水環境部 | |
| 研究協力者 | 渡邊 香奈子 (Watanabe Kanako) | 新潟大学大学院保健学研究科 | |
| 研究協力者 | 渡邊 裕美 (Watanabe Yumi) | 新潟大学大学院医歯学総合研究科 | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 |
|-------|--|--|----|
| 研究協力者 | 大島 克子 (Oshima Katsuko) | きらきら母乳育児相談室 | |
| 研究協力者 | 浦野 江里子 (Urano Eriko) | 群馬大学大学院保健学研究科 | |
| 研究協力者 | 森谷 晃 (Moriya Akira) | 群馬大学大学院保健学研究科 | |
| 研究協力者 | 権 ダニエル (Gon Daniel) | 群馬大学医学部保健学科 | |
| 研究協力者 | 大谷 修平 (Ohtani Shuhei) | 群馬大学医学部保健学科 | |
| 連携研究者 | 橋本 美穂 (Sato-Hashimoto Miho) (90381087) | 九州保健福祉大学・薬学部 動物生命薬科学科・准教授 (37604) | |

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 |
|---------|---------|
| | |