

論文 (Article)

浜名湖流域のネオニコチノイド系農薬の実態調査

辻野兼範

Survey on the current situation of Neonicotinoid pesticides in Lake Hamana-ko watershed

Kanenori TSUJINO

摘 要

2020年に浜名湖に流入する主要7河川の河口でネオニコチノイド系農薬（以下ネオニコ）の濃度調査を、2022年には濃度が特に高い三ヶ日町河川の下流と中流で調査を実施し流出源を考察した。その結果、7河川のネオニコ濃度は春から夏にかけて高く、秋から冬にかけて低くなることがわかった。特に三ヶ日町を流れる河川の値が高く、5月にパッシブサンプラー法では急性毒性の指標の200 ng L⁻¹以上、降雨後に採水した試料では全ての調査で200 ng L⁻¹以上もあった。特にジノテフラン、イミダクロプリド、クロチアニジンが高く、降雨により土壌が浸食され河川に流出することが考えられた。三ヶ日町の河川では中流域のミカン園に囲まれた地点でネオニコ濃度が高く、散布方法がミカンの木の上から根本まで丁寧に散布するので、単位面積当たりの使用量が多く、河川に流出しネオニコ濃度が高くなると考えられた。三ヶ日町の日比沢川の中流域のミカン園に囲まれた地点の地下水のネオニコ濃度は河川よりも高く、地下水に浸透し濃縮していることが推定された。

キーワード：ネオニコチノイド系農薬、イミダクロプリド、クロチアニジン、ジノテフラン、デスニトロイミダクロプリド、慢性毒性、急性毒性

Key words : Neonicotinoid pesticides, imidacloprid, clothianidin, dinotefuran, desnitroimidacloprid, chronic toxicity, acute toxicity

(2024年9月15日受付；2025年2月15日受理)

はじめに

ネオニコチノイド系農薬（以下ネオニコ）は、日本で開発された浸透性殺虫剤で、1992年にイミダクロプリドが農薬登録され、主に水田で使用されている (Kasai *et al.*, 2016)。1995年にはアセタミプリドが果樹、野菜用として登録され、世界的に使用されるようになった。ネオニコは神経系のシナプスでアセチルコリンの働きを阻害する神経毒なので、害虫だけでなく益虫にも被害を与える。ネオニコは、水溶性で浸透性が高く、根から吸収されて茎花果実に移動する、残効性があり長期間効果が継続し、使用回数は少ない、という特性がある。家庭用殺虫剤にも使用され、身近な殺虫剤として普及している。

静岡県の浜名湖流域では、これまでネオニコの調査が実施されておらず、実態は不明である。本報告は、2020年は浜名湖流域の7河川の河口で、2022年は三ヶ日町を流れる3河川の下流と中流域、地下水のネオニコの濃度調査を実施したものである。

材料と方法

パッシブサンプラー (図1) という専用の受容器を水中に設置する方法と、降雨直後に採水する方法とで実施した。パッシブサンプラーの作成と分析は、千葉工業大学創造工学部都市環境工学科亀田研究室に、2022年9月以降は農民連食品分析センターに依頼し実施した。

パッシブサンプラーの作成は、ネオニコチノイド吸着ゲルと拡散調整膜を専用のケースに入れて作成した。吸着ゲルは1.5 % のアガロース水溶液に InertSep®PharmaFF パウダーを6.9 % になるように添加し、電気泳動用のゲル作成キットで0.75 mm の厚さのシートに形成した。拡散調整膜は1.5 % のアガロースを0.75 mm の厚さにしてシートを作成し、吸着ゲルの上に積み重ね、さらにその上に親水性 PTFE メンブレンをかぶせ、パッシブサンプラーケース内に入れて作成した。ネオニコの測定は、パッシブサンプラー回収後、解体し吸着ゲルを取り出し、遠沈管内に入れて内部標準物質として PL 農薬サロゲート混合標準液Ⅶを10 μ L 添加し、特級メタノールを3 mL 添加し、超音波抽出を行い上澄みのメタノール液を回収した。この作業を3回繰り返し、回収された抽出液を窒素バージでほぼ乾固後、LC/MS 用メタノールを400 μ L 加え、ミニザルトでろ過し、LC/MS/MS 用サンプルとした。採水試料は、ろ紙 GC-50でろ過し、ろ液250 mL に PL 農薬サロゲート混合標準液Ⅶを5 μ L 添加し、固相カートリッジ InertSep®Pharma に10 mL min⁻¹で通水した。通水後、カートリッジを遠心分離機で脱水後、特級エタノール7 mL で溶出し、窒素バージでほぼ乾固後、LC/MS 用メタノールを200 μ L 加え、LC/MS/MS 用サンプルとした。LC/MS/MS 用サンプルは、液体クロマトグラフトリプル四重極型質量分析計を用いて MRM モードで測定した。

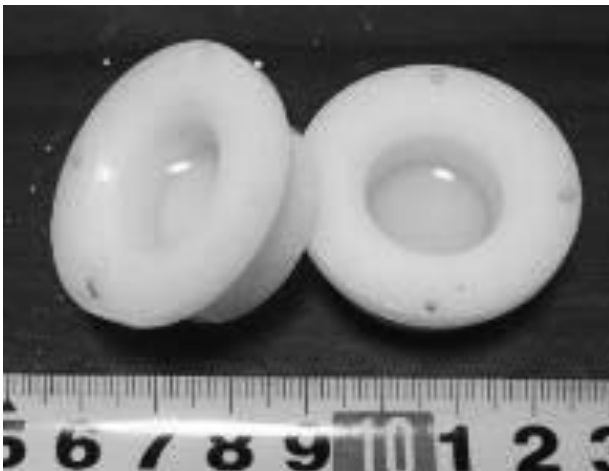


図1. パッシブサンプラー。

調査地点でパッシブサンプラーを2個袋に入れて紛失しないように設置し、1ヶ月後に回収し、新しいパッシブサンプラーと入れ替えた。測定値は設置期間の1日当たりの平均値として算出される。降雨後の採水は、降雨の翌日水位が上昇し、土壌が流出し水が濁っている時に、マイティーパックに360 mL 入れ採水した。以下、降雨後の採水を水試料とする。

2020年の調査地点は図2に示すように河川 (Sts. 1-7) の河口と湖岸 (Sts. 8-10) である。2022年は図3に示すように三ヶ日町を流れる3河川の下流と中流 Sts. 11-16で2020年と同様な

方法で実施した。地下水の調査は2022年にパッシブサンプラー法で実施し、調査地点は図3に示すように日比沢川の St. 12近くの工場の敷地内 (A) と三日池 (B) である。

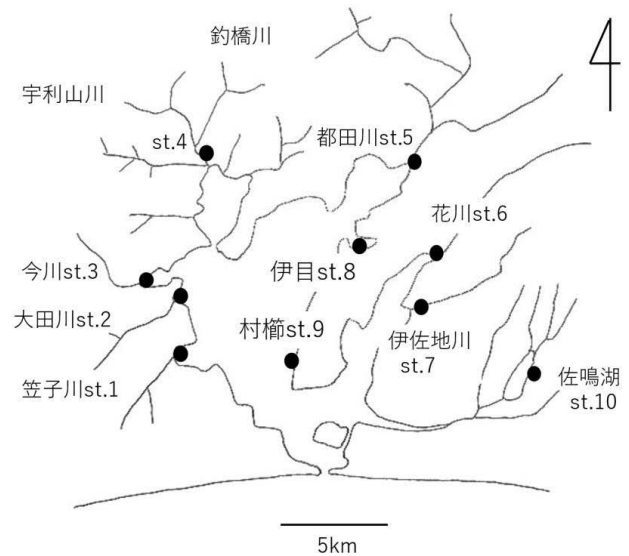


図2. 浜名湖7河川と湖岸の調査地点 (2020年)。

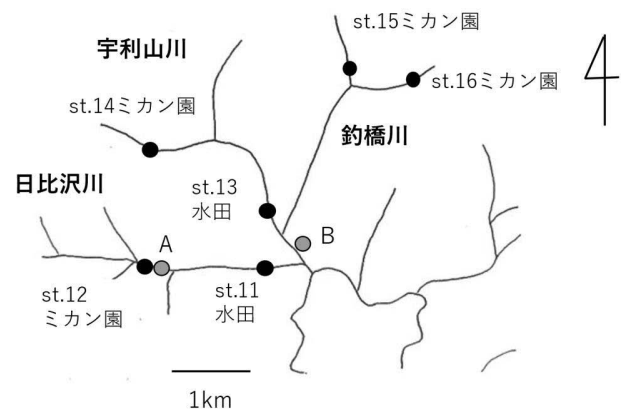


図3. 三ヶ日町河川の調査地点 (2022年)。

調査地点の土地利用とネオニコ使用の概略

図4に浜名湖流域と三ヶ日町の釣橋川宇利山川流域の土地利用図を示す (浜松市, 2008)。猪鼻湖流域の果樹園の割合は34.5 % で、釣橋川宇利山川流域の果樹園の割合は34.9 % と大きく、水田は2.45 % と少なく主に河川下流域に分布している。三ヶ日町は温州ミカンが特産品で果樹園はミカン園である。ネオニコの使用は、三ヶ日町農業協同組合の「柑橘病害虫防除暦」によると、5月と6月にアドマイヤー (イミダクロプリド)、6月~8月にダントツ (クロチアニジン)、「水稻防除暦」によるとスタークル粒剤 (ジノテフラン) が使用されている (三ヶ日町農業協同組合, 2021)。

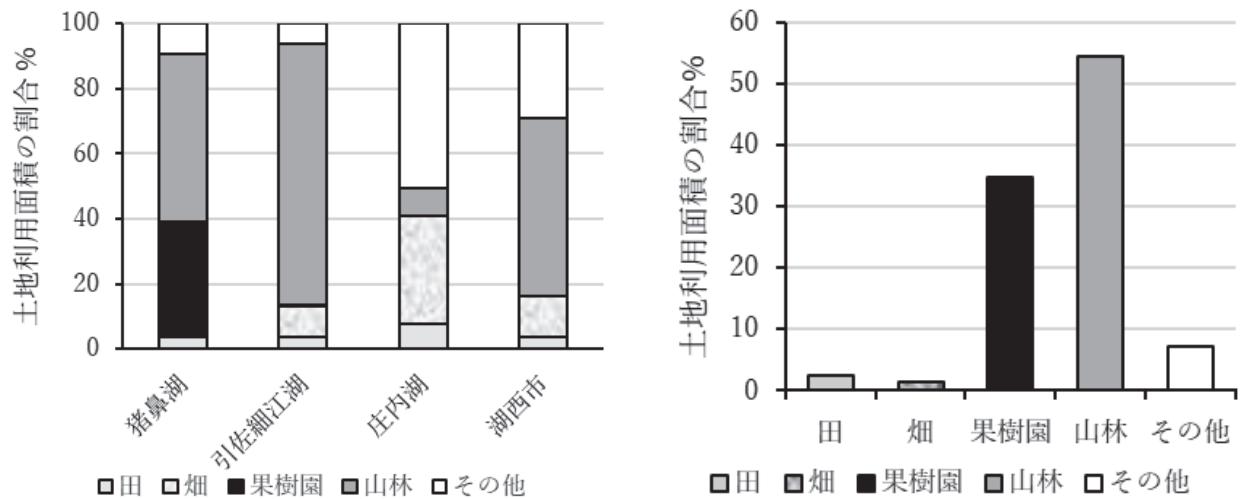


図4. 浜名湖流域土地利用面積 (左) と三ヶ日町の釣橋川・宇利山川流域の土地利用面積の割合 (右).

結果と考察

浜名湖流域の河川と湖岸のネオニコ濃度

日本ではネオニコ濃度は水質環境基準には定められていないので「水域の生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準」(環境省, 2022)」と比較している。この基準は急性毒性の評価であり, 慢性的な毒性の影響を評価したものではない。本報告は Morrissey *et al.* (2015) による「無脊椎動物の評価, 慢性毒性で 35 ng L^{-1} (水生無脊椎動物の95%を保護), 急性毒性で 200 ng L^{-1} が閾値」により評価する。浸透性殺虫

剤に関する世界的な統合評価書 (ネオニコチノイド研究会, 2019) によると, 9ヶ国で行われた29件の調査についてのレビューによれば, 世界の表層水調査のネオニコ濃度は, 81% (27件中22件) が 200 ng L^{-1} を, 74% (19件中14件) が 35 ng L^{-1} を上回っていたと報告している。

2020年の浜名湖流域7河川の慢性毒性 35 ng L^{-1} 以上は, 全調査件数の16% (35 ng L^{-1} 以上件数14件 / 全調査件数87件) で, 中でも St. 4 (三ヶ日町の宇利山川と釣橋川の合流地点) の慢性毒性 35 ng L^{-1} 以上は56% (5/9), 急性毒性 200 ng L^{-1} 以上は5月に 252.4 ng L^{-1} であった。

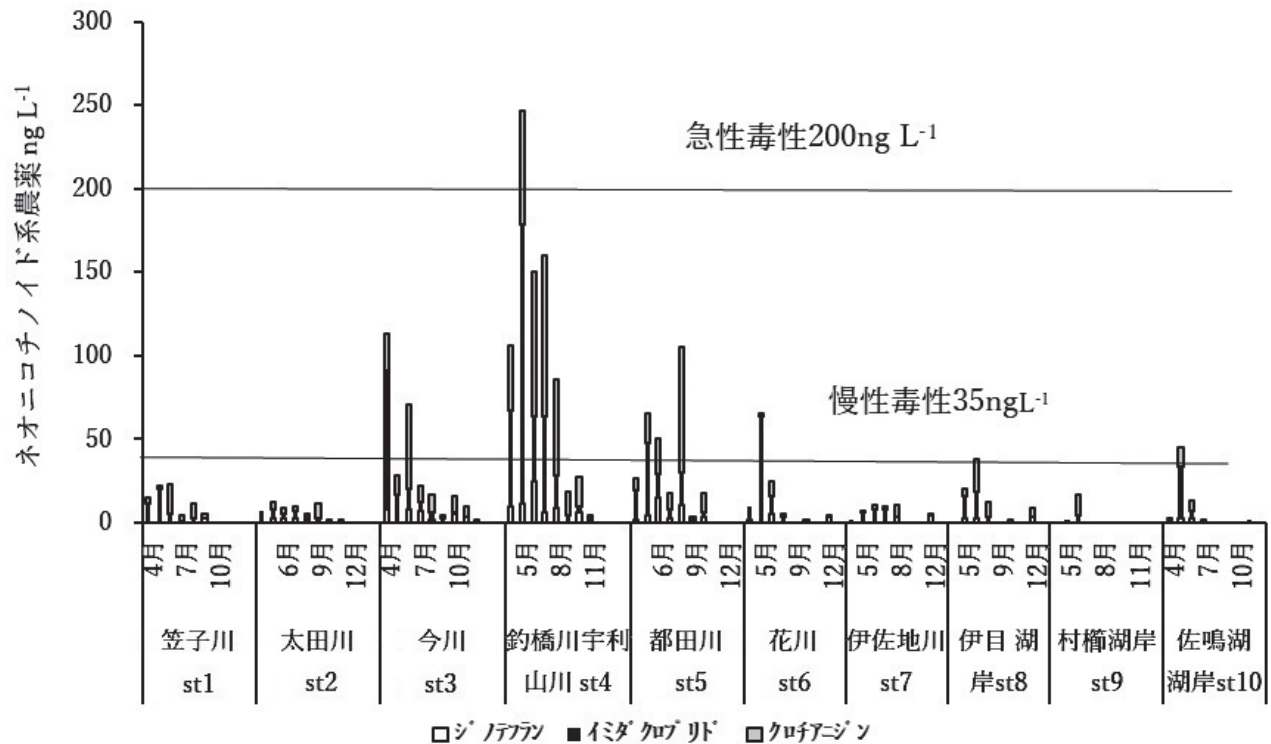


図5. 浜名湖流域の河川と湖岸のネオニコチノイド系農薬の濃度 (パッシブサンプラー法).

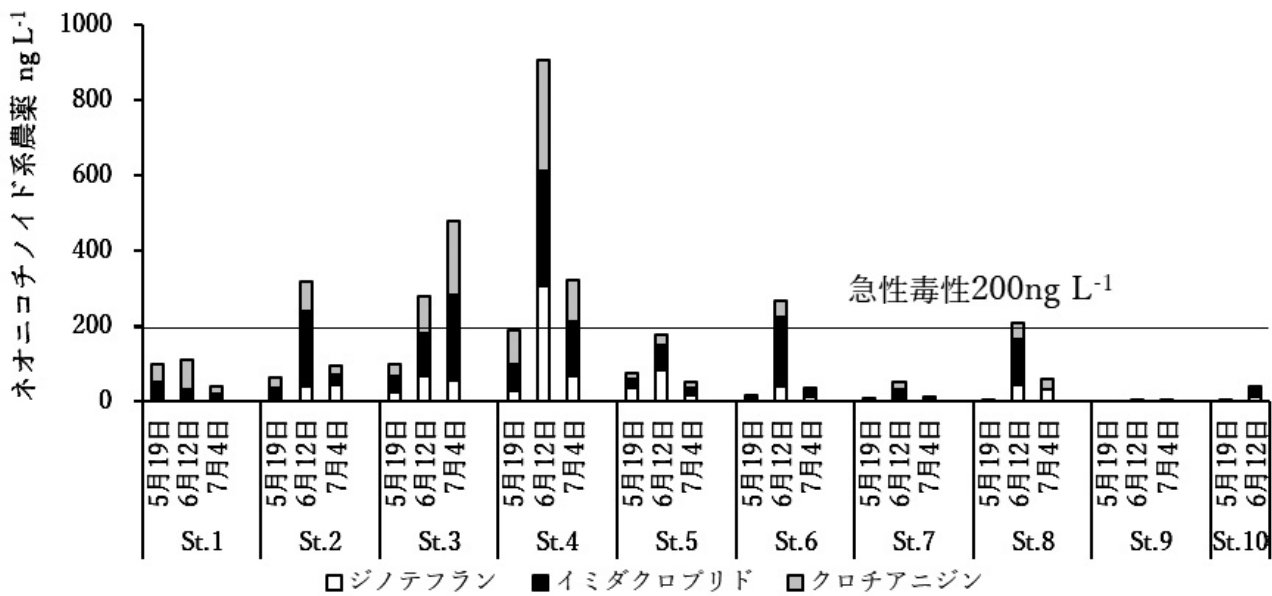


図6. 浜名湖流域の河川と湖岸のネオニコチノイド系農薬の濃度（水試料）。

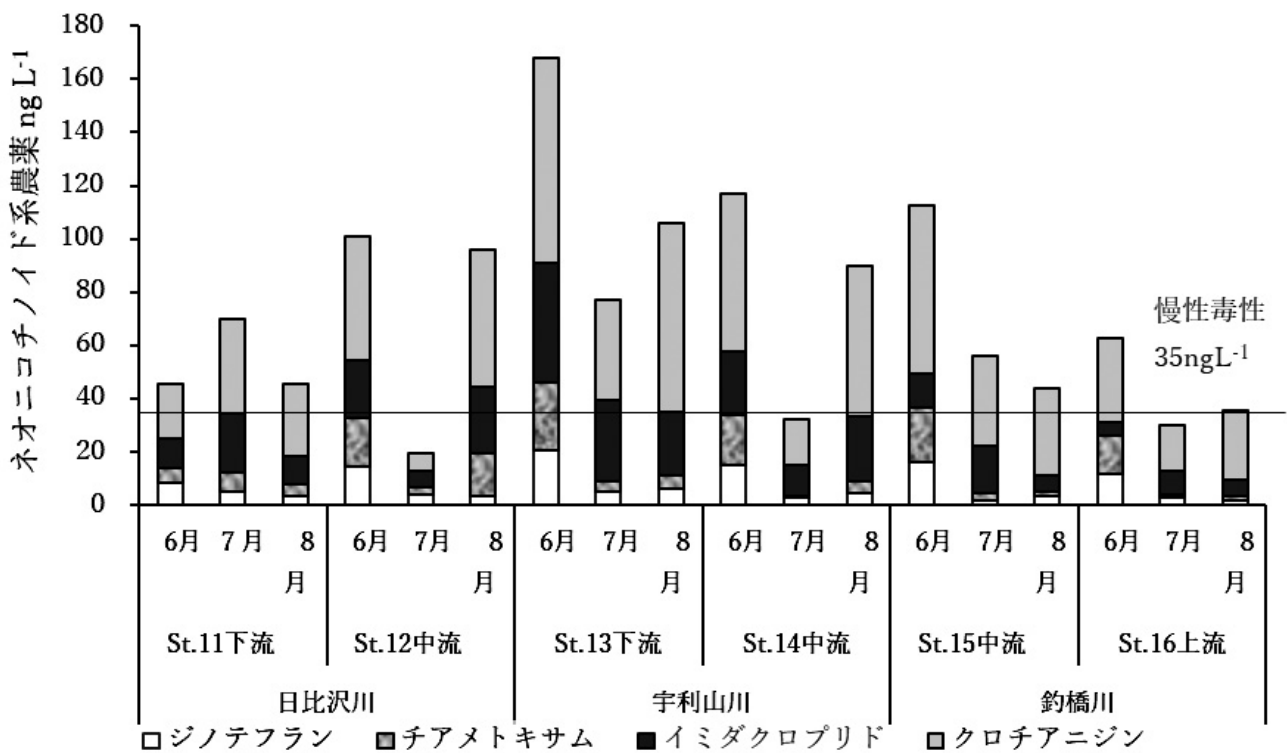


図7. 三ヶ日町河川の下流域と中流域のネオニコ濃度（2022年パッシブサンプラー法）。

パッシブサンプラー法の結果を図5に、水試料の結果を図6に示した。パッシブサンプラー法（図5）では、濃度は4～8月の初夏から夏にかけて高く、9～12月は低くなる傾向があった。最大値は St. 4（三ヶ日町の宇利山川と釣橋川の合流地点）で、ジノテフラン（6月 24.6 ng L^{-1} ）、イミダクロプリド（5月 166.8 ng L^{-1} ）、クロチアニジン（7月 96.5 ng L^{-1} ）であった。水試料（図6）では急性毒性の 200 ng L^{-1} 以上は全調査件数の

31 %（ 200 ng L^{-1} 以上、9件 / 全調査件数29件）、St. 4では 200 ng L^{-1} 以上の高い値で、降雨により土壌が浸食されてネオニコが河川に大量に流出することが推察された。最大値は St. 4（三ヶ日町の宇利山川と釣橋川の合流地点）で、ジノテフラン（6月 308.1 ng L^{-1} ）、イミダクロプリド（5月 306 ng L^{-1} ）、クロチアニジン（7月 291.2 ng L^{-1} ）であった。土地利用図（図4）で示したように St. 4の三ヶ日町の宇利山川流域と釣橋川

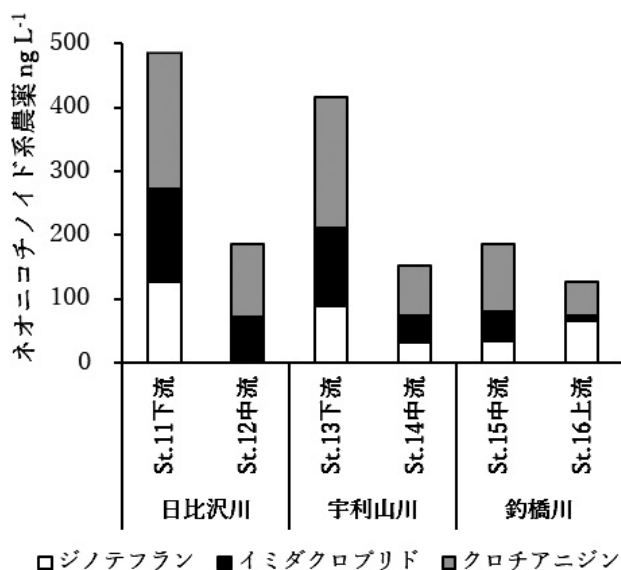


図8. 三ヶ日町河川の下流域と中流域のネオニコ濃度 (5月14日の水試料, 降水量144 mm).

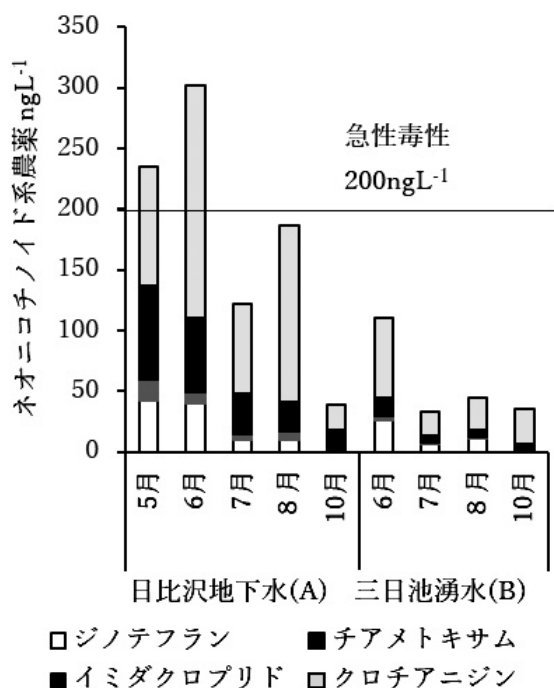


図9. 三ヶ日町地下水のネオニコ濃度 (2022年).

流域は、果樹園の面積の割合が34.9%と高いので、ミカン園で使用したネオニコの流出が推察される。しかし、St. 4の周囲には水田があり、ミカン園は河川の中流域に多く、水田とミカン園の両方からの流出が集約していると考えられる。そこで、2022年度は下流域と中流域で採水しミカン園からの流出を調査した。

2022年の6～8月のパッシブサンプラー法の結果を図7に示す。ミカン園に囲まれた中流域のSt. 12, St. 14, St. 15, St. 16は、

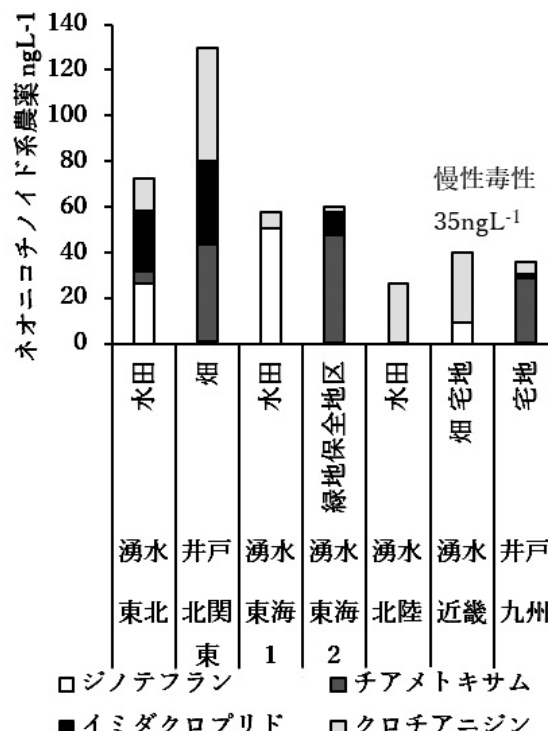


図10. ネオニコチノイド系農薬の地下水汚染調査プロジェクト調査結果. アクトビヨンド (2020) を参照し筆者が作成した.

水田に囲まれた下流域のSt. 11, St. 13同様に高い値で、多くが慢性毒性の 35 ng L^{-1} 以上あり、ミカン園からのネオニコの流出が示唆される。中でも濃度が高いのはクロチアニジンで、柑橘病害虫防除暦によると殺虫剤として6～8月に使用され、次いで多いイミダクロプリドは、5月6月に使用されており、ミカン園で使用されたネオニコが流出し高濃度になったと推察される。下流域は、中流域で使用されたクロチアニジンとイミダクロプリド、水田で使用されるジノテフランが集約して高濃度になると考えられる。水試料 (図8) では、下流のSt. 11とSt. 13で多く、中流域から流れ込み濃度が高くなることを示している。

単位面積 (1 ha) 当たりのネオニコの出荷量の偏差値表示によると (アクトビヨンド, 2013), 偏差値55以上は7県あり、このうちミカンの出荷量 (農林水産省, 2023) の上位3県に和歌山県、愛媛県、静岡県が入り、偏差値50～55には熊本県が入っている。ミカン出荷量の多い県がネオニコの出荷量が多く、ミカン栽培地では単位面積当たりネオニコが多く使用されていることがわかる。その理由は、散布方法が水田のように上から散布するのではなく、ミカンの木を1本ずつ上から根本付近まで全体を消毒するように散布するので単位面積当たりの使用量が多くなると考えられる。

地下水のネオニコ濃度

図3のA地点は揚水した地下水で、工場関係者によると、

井戸の深度は浅いとのことであった。B 地点の三日池は近隣の工場で揚水した地下水の放流水である。図9に示すように A 地点のネオニコ総量は5月235.4 ng L⁻¹, 6月304.1 ng L⁻¹で急性毒性指標の200 ng L⁻¹以上もあり, B 地点では6月110.2 ng L⁻¹であった。これを図10の全国の地下水(アクトビヨンド, 2020)と比較すると, 最も高い値が北関東の井戸水の総量129.5 ng L⁻¹で, A 地点の6月はこれよりも2.3倍も高い値で, B 地点の総量は全国値に近い値であった。A 地点はクロチアニジンが最も高く, 5月98.6 ng L⁻¹, 6月191.0 ng L⁻¹, イミダクロプリドが5月76.9 ng L⁻¹, 6月 61.3 ng L⁻¹で河川よりも高く, 地下水の中に滞留し残効性が高いため濃縮されることが推定される。地下水は河川のように地表を線状に流れているのではなく, 浸透水として面状に広い範囲に流れている。今後は, ネオニコの地下水の広がりを調査するために, 流域内の調査地点を増やして調査する必要がある。

減農薬栽培への取り組み

ミカンは, 表皮が虫に食われて見た目が悪くなると商品価値が下がるので, 農家は収益のためには果実の外観をきれいにすることが必要であり, ネオニコなど農薬の使用は必要であるという。しかし, 虫食いがあっても味や栄養には影響がなく, ネオニコ使用の基準量の80 % 減で取り組み, 有機肥料(菜種かす, ゴマかす, 骨粉など)を使用し, 化学肥料, 除草剤は使用しない農家もある。「人の健康に良いことは, 生き物や生態系にも良い」ということである。現在は見た目よりも安全性を重視し, 減農薬栽培, 有機栽培などの野菜や果物を積極的に購入する消費者も増えており, 消費者の購入意識の変化も進んでいる。

EU 委員会は予防原則を適用し, 2018年にイミダクロプリド, チアメトキサム, クロチアニジンの屋外の使用を禁止している(農畜産業振興機構調査情報部, 2018)。生物多様性白書(環境省, 2023)では, 「科学的知見が欠如していることを理由に対策を遅らせず, 予防的な措置を講じるべきである」としているが, 日本は規制基準として農薬登録基準を採用しているので規制が進まないのが現状である。今後は, 農薬が生物, 生態系に及ぼす影響の研究を進め, 減農薬農法をさらに推進する必要があると考える。

謝 辞

本研究は一般社団法人アクト・ビヨンド・トラストの公募助成(2020年度, 2022年度)を受けて実施し, パッシブサンプラーの作成とネオニコチノイド系農薬の分析は千葉工業大学創造工学部都市環境工学科の亀田研究室に依頼し, 分析は同研究室の分析技師の藤田恵美子氏にいただき, 本文中の分析手法は同研究室の亀田豊教授に執筆していただきました。これらの皆様に謝意を表します。

引用文献

- アクトビヨンド(2013) 都道府県別・耕地面積1ha 当たり出荷量(総量). <https://www.actbeyondtrust.org/neonico-ref-sys/16228/> (2022年4月閲覧)。
- アクトビヨンド(2020) ネオニコチノイド系農薬の地下水汚染調査プロジェクト調査結果. <https://www.actbeyondtrust.org/wp-content/uploads/2020/05/1ec55198781677613cfa61d2b5cb276a.pdf> (2020年6月閲覧)。
- 浜松市(2008) 浜名湖排出負荷量調査業務委託報告書(平成20年度)。126 p.
- 環境省(2022) 水域の生活環境動植物の被害防止に係る農薬登録基準(最終改正 令和4年2月16日) <http://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html> (2022年4月閲覧)。
- 環境省(2023) 令和5年版 環境・循環型社会・生物多様性白書。第6章 各種施策の基盤, 各主体の参加及び国際協力に係る施策。237 p. https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/pdf/2_6.pdf (2024年9月閲覧)。
- Kasai, A., Hayashi, T. I., Ohnishi, H., Suzuki, K., Hayasaka, D. and K. Goka (2016) Fipronil application on rice paddy fields reduces densities of common skimmer and scarlet skimmer. *Scientific Reports*, **6**: 23055. DOI: 10.1038/srep23055. 1-10.
- 三ヶ日町農業協同組合(2021) 柑橘病害虫防除暦(令和3年), 水稻防除暦(令和3年)。
- Morrissey, C. A., Mineau, P., Devries, J. H., Sanchez-Bayo, F., Liess, M., Cavallaro, M. C. and Liber, K. (2015) Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: a review. *Environment International*, **74**: 291-303.
- ネオニコチノイド研究会 監訳(2019) 浸透性殺虫剤に関する世界的な統合評価書(WIA)の更新版: 第2部: 生物と生態系への影響。pp. 35-86.
- 農林水産省(2023) 令和5年みかんの結果樹面積, 収穫量及び出荷量 https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/sakkyou_kajyu/mikan/r5/ (2023年1月閲覧)。
- 農畜産業振興機構調査情報部(2018) 国際情報コーナー 欧州委員会, 3種類のネオニコチノイド系農薬の屋外での使用禁止を決定(EU). https://www.alic.go.jp/chosa-c/joho01_002218.html (2021年11月閲覧)。
- (担当編集委員: 野崎健太郎, 椋山女学園大学教育学部)