

宮古島市の水道水中ネオニコチノイド系農薬濃度年間モニタリング調査

宮古島地下水研究会 友利直樹、平良雅則、前里和洋、根間俊明、新城竜一、渡久山章 2023年9月

『要約』

宮古島市は地下水が唯一の水資源である。県下でも有数の耕作面積を有し、それに伴い化学農薬の供給使用量も増加している。特に、ネオニコチノイド系農薬の供給・使用量が急激に増加しており、浸透性・水溶性の為、地下水への負荷も増大している。更に、島南岸は、地下ダム止水壁群による自然の水循環が妨げられ、農薬等の環境化学物質が、蓄積しやすい地下水環境下にある。これまでの私たちの調査で、宮古島市の地下水・水道水そして市民の尿で、複数のネオニコチノイド系農薬成分が検出された。水道水及び尿での複数農薬の検出は、直接的に体内移行・蓄積が、既に生じている事を示している。ネオニコチノイド系農薬は、胎児への健康影響が指摘されているニコチンの類似物質である。発達神経毒性を有しており、胎児期の暴露が発達障害を引き起こす可能性が指摘されている。

地下水や河川の農薬濃度は、大雨や農薬散布時期との関連が報告されており、年間モニタリングにより濃度ピークや動態をとらえることは、今後の対策に向けて必須である。そこで、研究会は、2022年6月～2023年5月まで1年間、2か所の浄水場から配水される民家の水道水のネオニコチノイド系農薬成分を測定する為、毎月測採水し、年間モニタリング調査を行った。袖山浄水場から配水される水道水では、14種類の対象農薬の内、クロチアニジン（ダントツ）とジノテフラン（スタークル）の2種類が毎月検出された。クロチアニジンの平均濃度は26.5ng/L、最大濃度は11月の34ng/L、ジノテフランの平均濃度は22ng/Lで、最大濃度は5月の30ng/Lである。加治道浄水場から配水される水道水でも、クロチアニジン（ダントツ）とジノテフラン（スタークル）の2種類が毎月検出された。クロチアニジンの平均濃度は33.9ng/L、最大濃度は5月の49ng/L、ジノテフランの平均濃度は19ng/Lで、最大濃度は8月と5月の22ng/Lである。水道水中クロチアニジン、ジノテフラン月別濃度と月別降水量の間ににおいて、降水量の多寡と相関する濃度変動は双方ともに認められなかった。1年間の農薬濃度モニタリング調査がしっかりと行われている宮古島市と富士宮市の水道水中クロチアニジンとジノテフラン濃度を、比較した。宮古島市の水道水中クロチアニジン平均濃度は、富士宮市に比べ10倍、最大濃度は5倍も多い値を示した。宮古島市で格段に高い原因は、毎年連續して15トン供給されるクロチアニジン（ダントツ）の地下水への負荷と農薬成分が浸透・蓄積しやすい特異な地下水環境である。

宮古島市では、この10年間で、特別支援学級児童生徒数が11倍と急激に増加しており、クロチアニジン（ダントツ）の供給量増加との間に相関関係が認められる。特別支援学級の半数を発達障害児が占めており、当然発達障害児童生徒数増加が予想される。発達神経毒性を有するネオニコチノイド系農薬への胎児期暴露による発達障害発症増加を考慮し、予防原則に基づく対策が必要である。

1つは、国が推進する「みどりの食料戦略システム」で、推奨されている総合的害虫・雑草管理(IPM)を普及させ、EU等先進国で使用禁止や制限されているネオニコチノイド系農薬の供給使用を、2030年までに停止する事である。2つ目は、当面の水道水源原水中のネオニコチノイド系農薬等浸透性農薬成分低減のために、活性炭浄水処理など高度浄水処理施設を早急に整備することである。

1. はじめに

これまでの私たちの調査で、宮古島市の10か所の地下水そして2か所の浄水系の水道水で複数の

ネオニコチノイド系農薬成分が検出された。毎日 2 L 以上の飲水を必要とし生命維持に欠かせない水道水での検出に加え、市民の尿からも複数のこれらの農薬成分が検出された。直接的な体内移行・蓄積が既に生じており、将来的に健康影響を引き起こす懸念がある。宮古島市は、地下水が唯一の水資源であり、農業用水・飲用水の殆どを貯っている。まさに、「命の水」である。発達神経毒性を有するネオニコチノイド系農薬への胎児期暴露により、発達障害等の健康影響を示唆するデータが多数報告されている（1～3）。EU 等先進国で禁止や使用制限が広がっており、一方我が国ではむしろ規制が緩く、国内外に多数供給している（4）。宮古島市も例外でなく、年間 17 トンのネオニコチノイド系農薬が供給され、特にクロチアニジン（ダントツ）は、7割が役場補助で年間 15 トンが供給されており（5）、本来存在しないはずの地下水への浸透が考えられる。市水道部や環境衛生局の水道水源原水や浄水及び地下水での調査でも、複数のネオニコチノイド系農薬成分が検出されており（6、7）、地下水複合汚染は確実である。この地下水原水は、2つの浄水系、即ち白川田・山川水源原水を主体とする袖山浄水場及び加治道水源原水を主体とする加治道浄水場から、各家庭に配水される。地下水や河川の農薬濃度は、大雨や農薬散布時期との関連が報告されており（11～14）、年間モニタリングにより濃度ピークや動態をとらえることは、今後の対策に向けて必須である。そこで、研究会は、2022年6月～2023年5月まで1年間、袖山浄水場から配水される平良西里の民家の水道水及び加治道浄水場から配水される城辺長間の民家の水道水中ネオニコチノイド系農薬成分測定の為、毎月水道水を採水し、年間モニタリング調査を行った。

2. 対象及び方法

1) 調査対象物質

7種類のネオニコチノイド系農薬アセタミプリド、イミダクロプリド、クロチアニジン、ジノテフラン、チアクロプリド、チアメトキサム、ニテンピラム、ネオニコチノイド類似農薬スルホキサフル、トリフルメゾピリム、クロラントラニリプロール、エチプロール、フィプロニル、フロニカミド、フルピラジフロン、合計 14 種類とした。

2) 調査対象水道水

白川田水源を主要水源原水とする袖山浄水場から配水された平良西里の民家の水道水及び加治道水源原水を主要水源原水とする加治道浄水場から配水された城辺長間の民家の水道水を対象とした。

3) 調査方法

2022年6月から2023年5月までの1年間、1ヶ月ごとに西里及び長間の民家の水道水 500ml を、あらかじめ洗浄しアスコルビン酸を適量添加したプラスチックボトルに採取し速やかに冷蔵後、3ヶ月分を冷蔵宅配便で、分析機関である農民連食品分析センターに送付し測定を行った。

4) 分析方法

液体クロマトグラフィー質量分析計を用い、対象 14 成分の農薬残留一斉分析を行った。

測定装置：島津製作所 超高速トリプル四重極型質量分析計 LCMS-8050

分離カラム：Kinetex Biphenyl (100×2.1mm, 26 μm)、測定モード：ESI (+/-) /MRM 法

データ処理：LCMS Solution による解析

3. 結果

【水道水ネオニコチノイド系農薬濃度モニタリング調査】

白川田・山川水源を主要原水とする袖山浄水場から平良、下地、上野、伊良部地区に配水され、水道配水量の7割近くを占める（8）。平良西里の水道水では、14種類の対象農薬の内、クロチアニジン（ダントツ）とジノテフラン（スタークル）の2種類が毎月検出された。クロチアニジンの平均濃度は26.5ng/L、最大濃度は11月の34ng/Lである。6月と12月、1月がやや低めであるが、1年を通してほぼコンスタントに検出された。ジノテフランの平均濃度は22ng/Lで、最大濃度は5月の30ng/Lである。6月と12月、1月がやや低めであるが、1年を通してほぼコンスタントに検出された（図1）。城辺地区を配水先とする加治道水源が主要原水である加治道浄水場から配水される城辺長間の民家の水道水では14種類の対象農薬の内、クロチアニジン（ダントツ）とジノテフラン（スタークル）の2種類が毎月検出された。クロチアニジンの平均濃度は33.9ng/L、最大濃度は5月の49ng/Lである。1年を通してほぼコンスタントに検出された。ジノテフランの平均濃度は19ng/Lで、最大濃度は8月と5月の22ng/Lである。6月と12月、1月がやや低めであるが1年を通してほぼコンスタントに検出された（図2）。

図1. 袖山浄水系平良西里の水道水ネオニコチノイド系農薬年間モニタリング濃度 (ng/L)

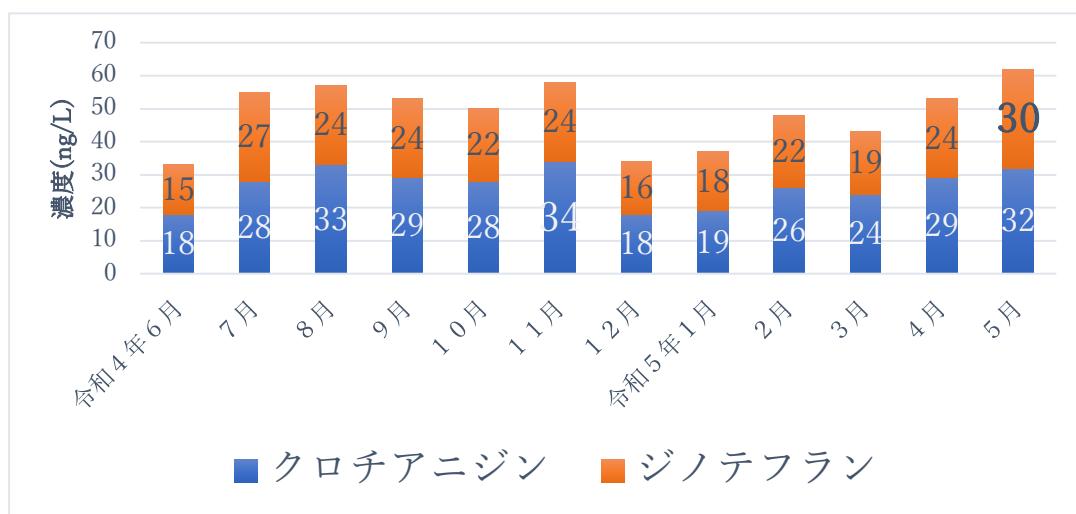
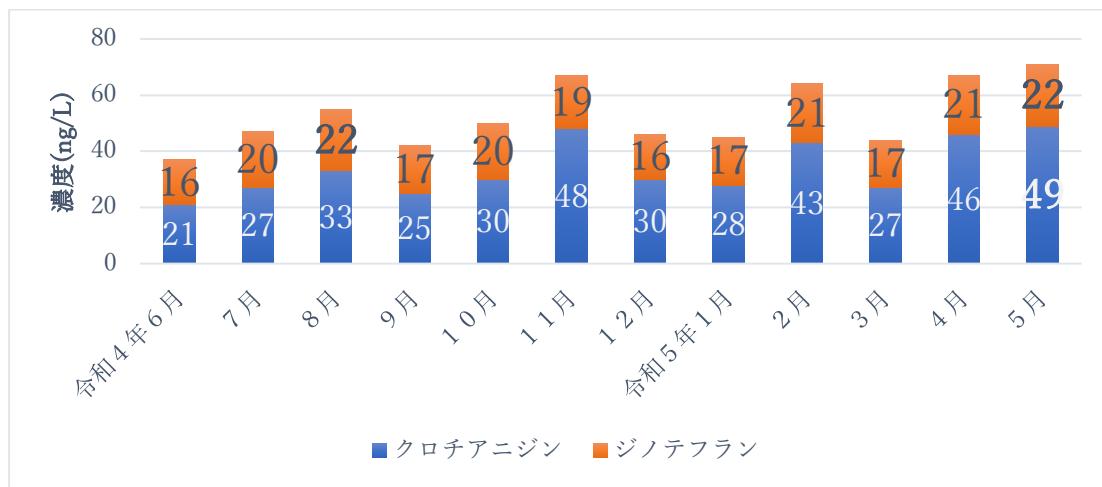


図2. 加治道浄水系城辺長間水道水ネオニコチノイド系農薬濃度年間モニタリング濃度(ng/L)



【月別降水量と水道水農薬濃度】 この一年間の降水量は 2803 mm と年間平均降水量 2019mm に比べ約 40 %多い多雨年である。5月、6月の梅雨期間に年降水量の 20 %が降るとされているが、例年と違い、台風時期から外れた 11月、12月に極端に降水量が多く、気候変動による異常気象との関連が疑われる。平良西里の水道水中クロチアニジン、ジノテフラン月別濃度と月別降水量の間において、降水量の多寡と相関する濃度変動は認められなかった（図3）。城辺長間の水道水中クロチアニジン、ジノテフラン月別濃度と月別降水量の間において、上記と同様に降水量の多寡と相関する濃度変動は認められなかった（図4）。

図3. 月別降水量と袖山浄水系平良西里の水道水ネオニコチノイド系農薬年間モニタリング濃度

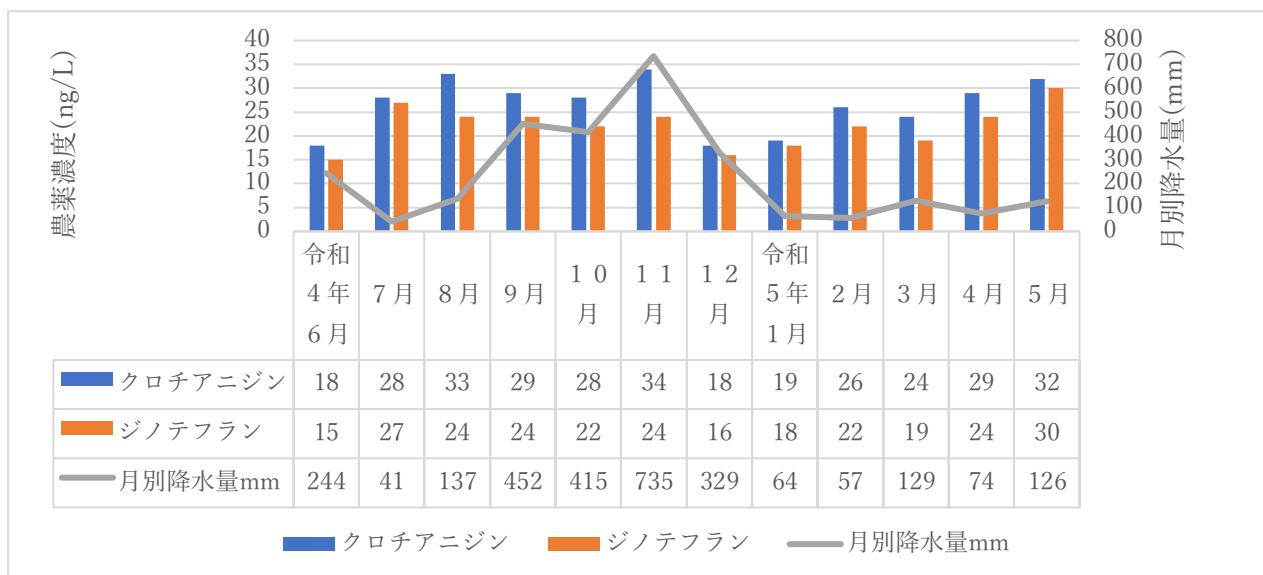
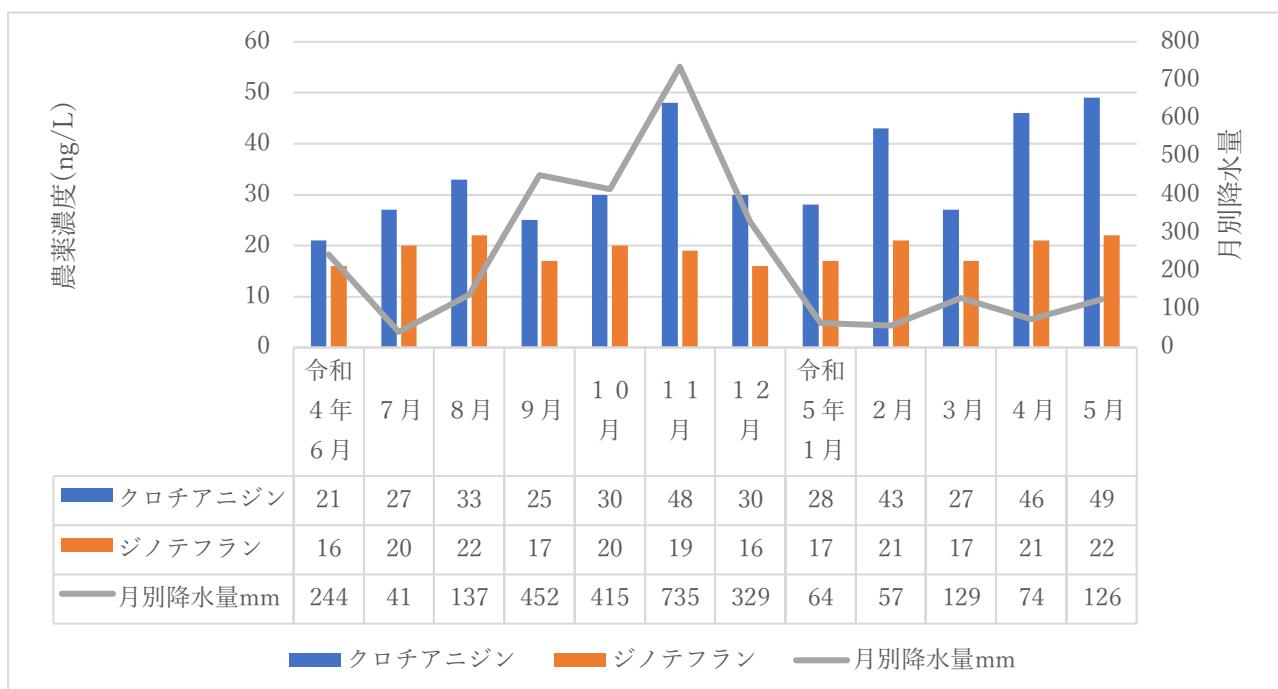


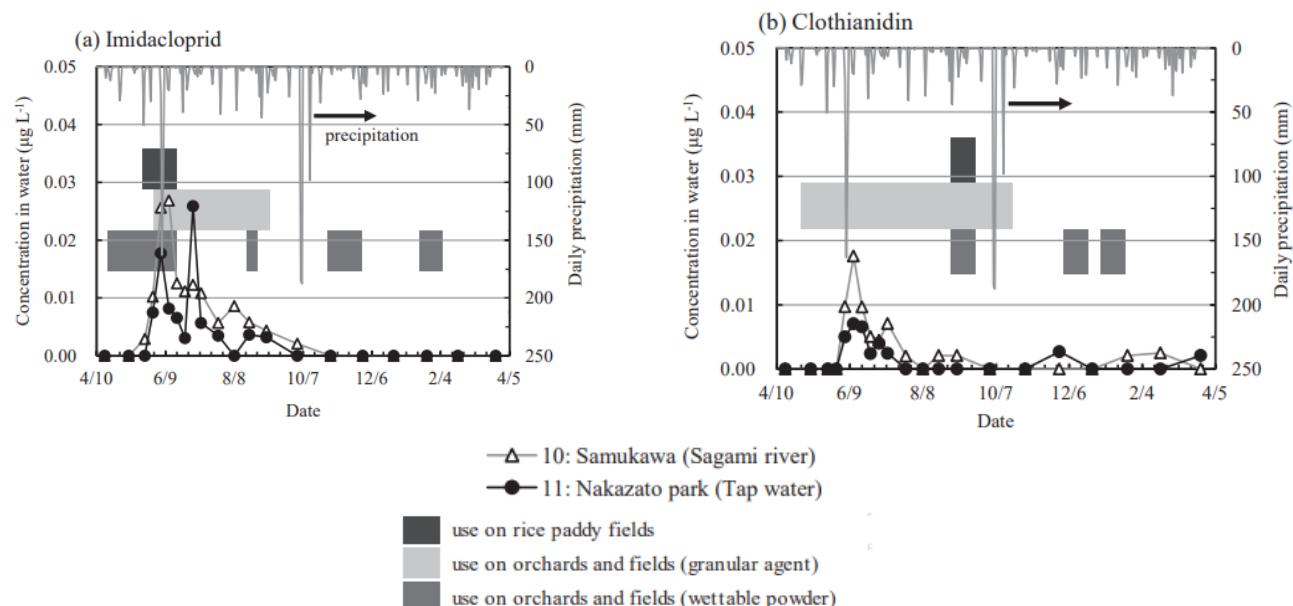
図4. 月別降水量と加治道浄水系城辺長間水道水ネイニコチノイド系農薬濃度年間モニタリング濃度



4. 考察

農薬は病害虫や雑草防除を目的とする化学物質であり、殺虫剤、殺菌剤、除草剤等の用途において多くの種類が存在する。日本では、農薬取締法に基づく農薬の登録制度が実施されており、平成30年時点で、農薬製剤として登録された農薬は約4,300種類に及んでいる（9）。宮古島市では、この10年で、従来の有機リン系農薬から浸透性農薬であるネオニコチノイド系農薬やフェニルピラゾール系農薬の供給・使用が急激に増加している（5）。ネオニコチノイド系農薬はニコチノイドをベースとしており、全世界で広く使用されている浸透性殺虫剤である。主だった7種類のうち6種類が、我が国で開発され、1990年代前半に製剤が販売され、世界中に急速に利用が拡大した（4）。農薬の水質に対する指針として、水道水質基準が設けられている。水道水質基準における水質管理目標設定項目に掲げる農薬類について、対象農薬リスト掲載の120農薬、要検討農薬類16農薬、その他農薬類84農薬に分類される。ネオニコチノイド系農薬はこれだけ多量に供給されているのにも関わらず、水道水での検出がほとんど想定されない「その他の農薬類」に分類されており、検査の義務がない（10）。従って、これらの「その他の農薬類」に該当するネオニコチノイド系農薬の水道水源原水及び浄水における存在実態は、ほとんど調査されていない。ネオニコチノイド系農薬の水道水年間モニタリング調査報告は、今回の我々の報告を含めて3例のみである。1例目が、神奈川県相模川流域における河川及び水道水のネオニコチノイド系農薬の実態調査である（11）。相模川流域寒川浄水場浄水及び配水された公園の水道蛇口水中ネオニコチノイド系農薬濃度の年間モニタリング調査結果を図5に示す。

図5



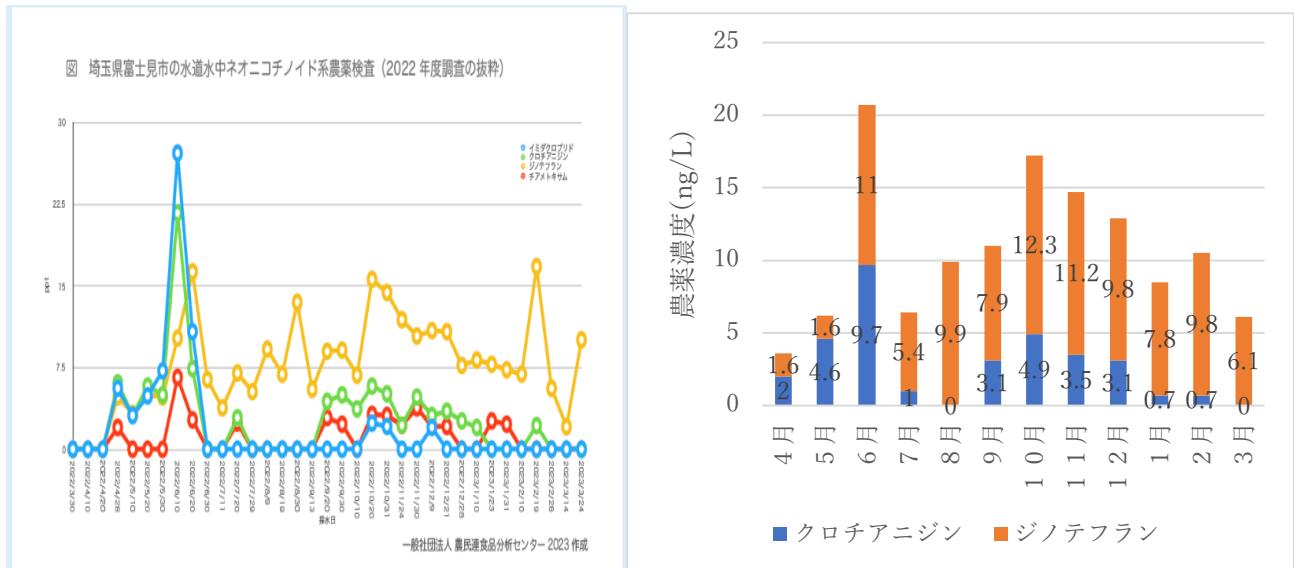
イミダクロプリドは、殺虫剤として、水稻、野菜等に適用される。5月下旬から検出され、水稻等に使用される6月～7月に最大濃度となり、以後は徐々に減少し10月頃からほとんど検出されない。農薬適用時に濃度が上昇する傾向がみられる（図5a）。クロチアニジンも同様に6月上旬に検出されはじめ6月中旬に最高濃度を示し、8月以降は殆ど検出されなかった（図5b）。水道水から検出されたイミダクロプリド、クロチアニジンの濃度は、水道水の原水を採取している河川水中の濃度と近い値で推移していた。塩素処理においてこれら の農薬が除去できていないことを示している。

2例目が、農民連食品分析センターによる、埼玉県富士見市の水道水中ネオニコチノイド系農薬濃度年間モニタリング調査である（12）。

2022年4月から2023年3月迄、埼玉県富士見市に住む分析センタースタッフ宅の水道水を概ね10日毎に採水し、ネオニコチノイド系農薬の高感度検出試験を行った。

その結果、田植えや作付け時期の影響を受けている為か、5月から7月にかけて検出値が上昇していく傾向が認められる。又、8月前後から行われる水稻のカムシ除去の影響か9月頃にも上昇傾向が認められる。日本で最も使用量の多いジノテフランは通年で検出され、平均濃度7.9ng/L 最大濃度10月12.3ng/L であった。クロチアニジンは4月～6月、10月～12月に検出濃度が増加し、平均濃度2.8ng/L、最大濃度6月9.7ng/L であった（図6、図7）。

図6. 富士見市水道水中ネオニコチノイド濃度推移 図7. 水道水中クロチアニジン・ジノテフラン濃度



【袖山浄水場と加治道浄水場配水水道水中農薬濃度比較】

宮古島市の袖山浄水系の水道水中クロチアニジン平均濃度26.5ng/Lに対し加治道浄水系では33.9ng/Lと30%多い値を示した。加治道水源及び加治道浄水場は、福里地下ダムのある福里地下水流域に立地している。従って、地下ダム止水壁により海に流出する自然の水循環が遮断されており、農薬などの環境化学物質が地下水に浸透し蓄積しやすい状況下にある（5）。更に、この地域は、さとうきび栽培など農業が盛んな地域であり、ネオニコチノイド系農薬やフェニルピラゾール系農薬の供給量が多い事が想定される。福里及び砂川、仲原、皆福地下ダムの4ダムが立地する城辺地域において、ネオニコチノイド系農薬クロチアニジン（ダントツ）やフェニルピラゾール系農薬のフィプロニル（プリンスベイト）が、現状のまま供給され地下水に負荷され続けると、加治道浄水系地下水原水のこれらの農薬濃度は、ますます増加することが懸念される。田代豊（15）等により、土壤に負荷された化学肥料の窒素成分は、約7年というゆっくりとした速度で地下水に浸透・移動していくことが報告されている。年間15トンものクロチアニジンの急激な供給増加はこの数年であり、今後、これらの農薬の地下水濃度増加は必至であり、注意深いモニタリングが必要である。一方、袖山浄水系は、最も重要な水盆である白川田・山川水源を主体としており、取水量も非常に多くターンオーバーが速い。この水道水源原水の農薬複合汚染は、今後死活的問題となる。平良、上野、下地地区の耕作地でも、ネオニコチノイド系農薬

等が一定量負荷されており、地下水中での農薬濃度増加は避けられない。更に個々の地下水流域境界は完全ではない為、大雨時には隣接する城辺の仲原地下水流域からの地下水がオーバーフローし、農薬を含む地下水が白川田地下水流域に混入する可能性は否定できない。

【降水量と水道水農薬濃度の関連性】

河川の農薬濃度は、降水量と相関し、降水量が多いと10倍近く増加するとの報告がある(16)。今回の我々の調査結果は、降水量の多寡による水道水農薬濃度増減の相関関係は、認められなかった。調査した年度は、平年より40%多雨であり特殊な条件下であることを考慮しなければならないが、浸透した農薬成分を含む地下水の流出速度は、河川に比べ非常にゆっくりであり、リアルタイムな降水量との関係は希薄かもしれない。

【農薬散布時期との関連性】

農薬散布時期に河川・地下水農薬濃度増加が報告されている(11,13,14)。しかし、宮古島市の耕作地に負荷されるこれらの農薬の地区別使用量、使用時期について、我々は具体的データを持ちわわせていないので考察はできない。市農林水産部がこれらのデータを収集中のことであり、結果が出次第検討を加えたい。

【富士宮市との比較】

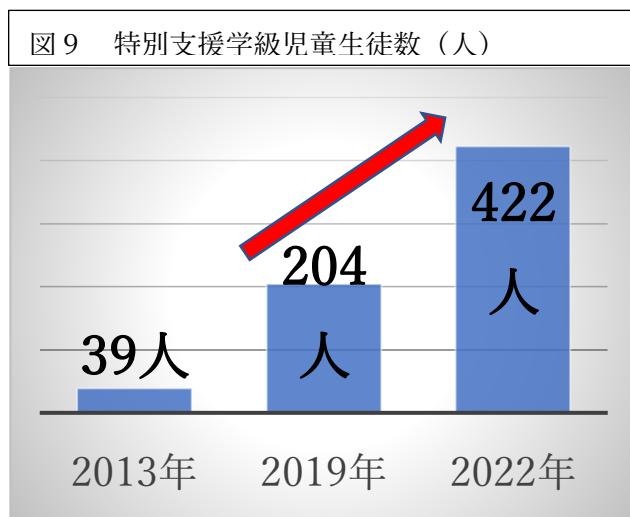
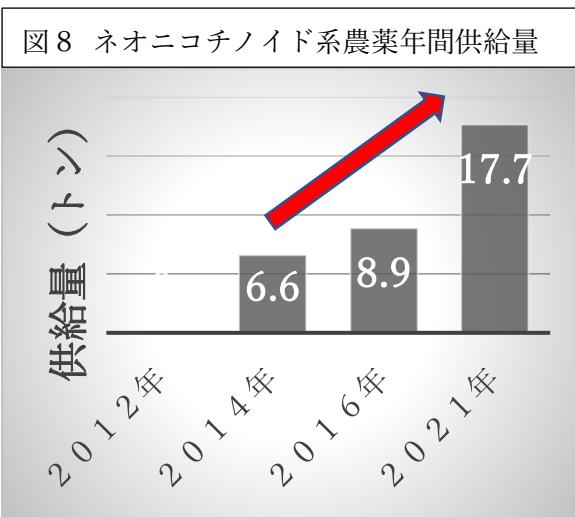
1年間の農薬濃度モニタリング調査がしっかり行われている宮古島市と富士宮市の水道水中ネオニコチノイド系農薬クロチアニジンとジノテフラン濃度を、比較した。宮古島市の水道水クロチアニジンの平均濃度は、30.2ng/Lであり富士宮市の平均濃度2.8ng/Lに比べ10倍も高い。最大濃度は49ng/Lで富士宮市の9.7ng/Lに比べ5倍も高い。ジノテフランは宮古島市の水道水平均濃度20.5ng/L、最高濃度22ng/Lに対し富士宮市の水道水平均濃度7.9ng/L、最高濃度12.3ng/Lに比べそれぞれ2.6倍、1.8倍高い。宮古島市の水道水中クロチアニジン濃度が格段に高い原因は、毎年連続して供給されるクロチアニジン(ダントツ)の地下水への負荷と農薬成分が浸透・蓄積しやすい特異な地下水環境である。これが水道水中農薬濃度増加に直結する。

【特別支援学級児童生徒增加との関連】

宮古島市では、この10年間で特別支援学級児童生徒数が約11倍に増加し(17)、県平均の4倍、全国平均の2.1倍(18)を大幅に上回っている。原因の1つとして考える必要があるのは、供給量が多く地下水に浸透し、地下水・水道水源原水そして水道水、更に市民の尿からも検出されているネオニコチノイド系農薬への慢性暴露である。ネオニコチノイド系農薬への胎児期暴露は、発達神経毒性により無毒性量でも発達障害の原因となる可能性が指摘されており(1~4)、ナノグラム単位でごく微量でも内分泌かく乱作用による生殖障害を引き起こす可能性が指摘されている(19)。

宮古島市のこの10年間の特別支援学級児童生徒数の急激な増加とクロチアニジン(ダントツ)の急激な供給量増加は、相関関係が認められる(図8、9)。特別支援学級の半数を発達障害児が占めており、当然発達障害児童生徒数増加が予想される。3年間で2倍の増加スピードは異常であり、発達神経毒性を有するネオニコチノイド系農薬への胎児期暴露による発達障害発症増加を考慮し、早急に対策を実施

する必要がある。



水道水や尿で複数の農薬成分が検出されている。しかし、これらの農薬の複合汚染による健康影響は、未だ未知数である(4)。これらの農薬に直接暴露しなかった孫やひ孫迄、エピジェニックな遺伝子変化の為、継世代的健康影響が生じる可能性が指摘されている(1～4)。宮古島市では、ネオニコチノイド系農薬による地下水・水道水複合汚染と健康影響に関する多くの状況証拠が揃っており、子や孫、ひ孫への健康影響を生じさせない為の、予防原則に基づく対策が必要である。

1つは、国が推進する「みどりの食料戦略システム」で、推奨されている総合的害虫・雑草管理(IPM)を普及させ(20)、EU等先進国で使用禁止や制限されているネオニコチノイド系農薬の供給使用を、2030年までに停止する事である。2つ目は、当面の水道水源原水中のネオニコチノイド系農薬成分低減のために、活性炭浄水処理など高度浄水処理施設を早急に整備することである(21～24)。今までは市民の安全も安心も確保できない。「命の水」も守れない。子供たち健康も未来も守れない。地下水審議会学術部会での真摯な検討・提言が必要である。

参考文献

- (1) 木村・黒田純子 自閉症・ADHDなど発達障害の原因としての環境化学物質：有機リン系、ネオニコチノイド系農薬の危険性 KAGAKU Jul 2013 Vol.83 No.7
- (2) 黒田洋一郎 発達障害など子どもの脳発達の異常の増加と多様性「原因としてのネオニコチノイド等の農薬、環境化学物質」 科学（岩波書店）2017年4月号
- (3) 黒田洋一郎 農薬ネオニコチノイドの暴露による哺乳類への脳発達への影響 - 自閉症、ADHD等発達障害急増のリスク因子 第45回日本毒性学会学術年会 2018
- (4) じっくり知りたい、ネオニコ系農薬問題の重要論点と日本の農薬規制のあり方～ネオニコチノイド系農薬による動物実験から～（農薬は『微量なら安全』は本当なの？） 神戸大学大学院農学研究科応用動物講座 動物分子形態学分野教授 星 信彦 Future Dialogue 第1回 2022
- (5) JA おきなわ宮古地区本部購買供給品別実績表 2019年～2022年

- (6) 水道水及び水道水源流域の水源地農薬類（ネオニコチノイド、フェニルピラゾール類）測定結果の公表について <https://miyakojimajouge.jp/post-815/>
- (7) 宮古島市地下水モニタリング追加調査業務（農薬）結果書
<https://www.city.miyakojima.lg.jp/kurashi/seikatsu/kankyozen/files/nouyaku.pdf>
- (8) 第4次宮古島市地下水利用基本計画について
<https://www.city.miyakojima.lg.jp/kurashi/seikatsu/kankyozen/2021-1006-1711-263.html>
- (9) 農薬要覧 2019 日本植物防疫協会
- (10) 水質基準に関する省令の制定及び水道法施行規則の一部改訂等並びに水道水質管理における留意事項について 厚生労働省 2015年
- (11) 神奈川県相模川流域における河川及び水道水のネオニコチノイド系農薬の実態調査
佐藤学 水環境学会誌 vol39 No5 pp153-162 2016)
- (12) 農民連食品分析センターホームページ
https://earlybirds.ddo.jp/bunseki/analysis/neonico_w/index.html
- (13) 岐阜県河川及び地下水におけるネオニコチノイド系農薬の調査
林 義貴他 岐阜県公衆衛生検査センター
- (14) 大阪府内の河川中におけるネオニコチノイド系の農薬濃度の季節変動の把握及び生態リスク評価
大山浩司他 水環境学会誌 Vol42, No.6. pp277-284 (2019)
- (15) 宮古島における窒素負荷発生量と地下水窒素濃度の長期的推移
田代 豊他 水環境学会誌 第24巻 第11号 733-738 (2001)
- (16) 山室真澄（東大）魚はなぜ減った？ 見えない真犯人を追う
- (17) 令和5年第1回宮古島市議会(定例会)会議録 332頁
- (18) 特別支援学級の現状等 「通常の学級に在籍する特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査有識者会議」文部科学省 令和3年10月5日
- (19) Our Stolen Future (奪われし未来) シーア・コルボーン他 翔泳社
- (20) 農林水産省「みどりの食料戦略システム」
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/>
- (21) 松井佳彦（北海道大学）「飲料水の水質リスク管理に関する総合的研究」
平成21年度総括・分担報告書
- (22) 藪内宣宏 「要検討農薬及びその他の農薬類の高度浄水処理性」
- (23) 直井啓 「ネオニコチノイド系農薬の水環境中における存在実態と浄水処理性評価」
工学総合研究所報 NO39 2011
- (24) 鎌田素之 「水の安全 水の安心を科学する」 横浜市立大学エクステンション講座 2015/10/15