

ネオニコチノイド系農薬等による地下水複合汚染と健康影響の危機

—発達障害急増との関連そして“沈黙の島”、“奪われし未来”—

宮古島地下水研究会 友利 直樹（医学博士）

2023年6月13日

【はじめに】

ネオニコチノイド系農薬は、ニコチンや有機リン系農薬と同様、ヒトへの発達神経毒性や生殖毒性を有し胎児や小児の脳や生殖器に影響を及ぼす可能性が指摘されている（1～16）。予防原則のもとにEUや米国、韓国、台湾等では、使用禁止・制限となっている（5）。一方、ネオニコチノイド系農薬等の浸透性農薬の水道水質基準は、EUの農薬一律100ng/L未満に比べ日本は、数千倍高く設定している（表1）（17）。更に欧米と比べ食品残留基準も規制がゆるく、ほうれん草を、例にとるとネオニコチノイド系農薬クロチアニジン（商品名ダントツ）の残留基準値は40ppmと10倍以上も緩和されている（表2）（5）。ネオニコチノイド系農薬の大半は国内企業が製造販売しており、この20年で、倍以上も販売量・供給量が増加している。ネオニコチノイド系農薬アセタミプリド（商品名モスピラン）の残留農薬基準値は、表3に示す作物では、欧米に比べ非常に高く設定されている（5）。ネオニコチノイド系農薬使用量がこれだけ増加しているにも拘わらず、国は水道水質管理目標設定項目に指定していない（17）。測定しても浄水から検出される恐れが少なく、検討の優先順位が低い「その他の農薬」にリストアップされている（表1）（17）。他の先進国では使用規制が強まっているのにも関わらず、わが国では基準緩和が目立っている（5）。

宮古島市の地下水は、自然環境及び社会環境の地域特性により、化学農薬等の有害環境化学物質による複合汚染が非常に起こりやすい条件下にある。これまでの調査分析により、ネオニコチノイド系農薬及びフェニルピラゾール系農薬による地下水・水道水汚染は明らかである。尿濃度調査により、複数の農薬成分が検出されており市民への体内移行及暴露は、既に起こっている。感受性の高い胎児期にこれらの農薬成分に暴露すると、ng（10億分の1g）、pg（1兆分の1g）とごく微量でも、内分泌かく乱作用による生殖障害が生じる（18,21）。

「水道水で検出された農薬成分は、国の目標値を大幅に下回っており、安全・安心です」と安易に宣言してはいけない。発達障害等、子供達への健康影響も既に起こり始めている可能性が高い。予防原則に基づき、子供達への健康影響を最小限に食い止めるのが、私達大人の責任です。子や孫そしてひ孫の未来は、市民の代表である市議の皆さんの双肩にかかっているといっても過言ではありません。どうか、子供たちの健康を守る為、どうぞ、お力をお貸しください。

表1 浸透性農薬水道水質基準の比較

	水道水質管理目標値(ng/L)	その他の農薬類目標値(ng/L)	EU 基準値 (ng/L)
クロチアニジン	なし	200,000	<100
ジノテフラン	なし	600,000	<100
フィプロニル	500	500	<100
クロラントラニリ プロール	なし	なし 260,000(推定値)	<100

	2009年	2015年
かぶ類の葉	0.02	40
小松菜	1	10
しゅんぎく	0.2	10
みつば	0.02	20
ほうれんそう	3	40

表3 ネオニコチノイド系農薬アセタミプリドの残留農薬基準値 (2016年)

	イチゴ	りんご	ぶどう	きゅうり	キーウイ
残留基準値	3ppm	2ppm	5ppm	2ppm	30ppm
欧米との比較	EUの60倍 米国の5倍	EUの2.5倍 米国の2倍	EUの10倍 米国の14倍	EUの7倍 米国の4倍	EUの600倍

【ネオニコチノイド系農薬等による地下水・水道水複合汚染】

宮古島市では10年前から、浸透性農薬であるネオニコチノイド系及びフェニルピラゾール系農薬が、耕作面積当たり県内で最も多く供給され使用されている。ネオニコチノイド系農薬のクロチアニジン(商品名ダントツ)は年間15トン供給され、しかも7割が役場補助である(図1)。

市の地下水水質モニタリング調査の農薬測定項目は、現在使用実績の少ない有機リン系農薬等が中心である。ネオニコチノイド系農薬は、測定項目に入っておらず、地下水への浸透状況は不明であった。

私達宮古島地下水研究会は、ネオニコチノイド系及びフェニルピラゾール系農薬の地下水、水道水、農業用水中濃度を予備調査も含め、3回測定・分析を行った。その結果、10か所中9か所で、ネオニコチノイド系及びフェニルピラゾール系農薬3種類以上が検出された。5種類以上検出され濃度総量が、100ng/L以上が5か所もあった。驚くべきことに、下里の水道水では、クロチアニジン(ダントツ) 21.7ng/L、ジノテフラン(スタークル) 21.2ng/L、フィプロニル(プリンス) 2.3ng/L、合計45.2ng/L検出された。

化学農薬による水道水・地下水の広汎な複合汚染を示唆する結果であった(図2)。

図1 ネオニコチノイド系農薬年間供給量(トン)

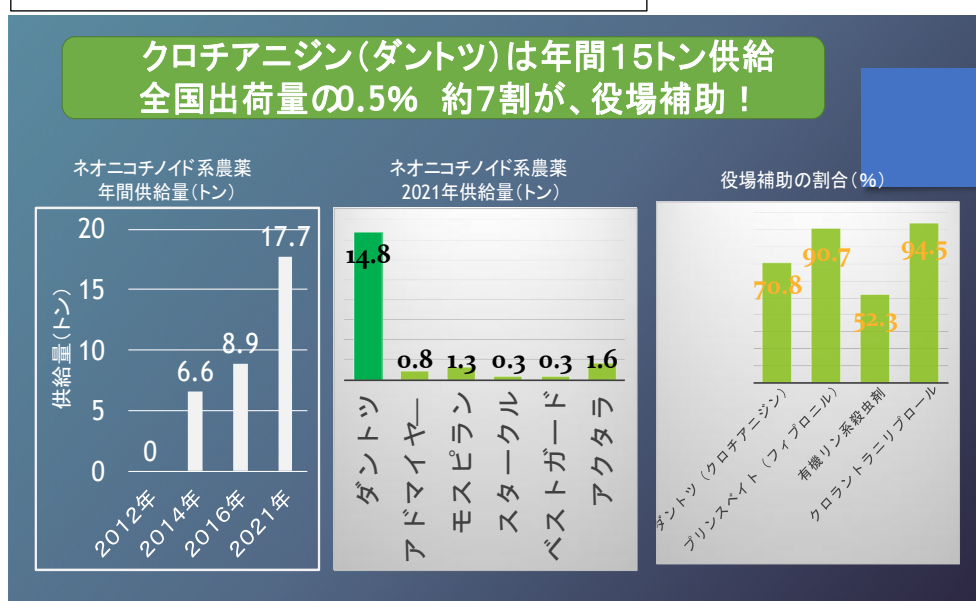
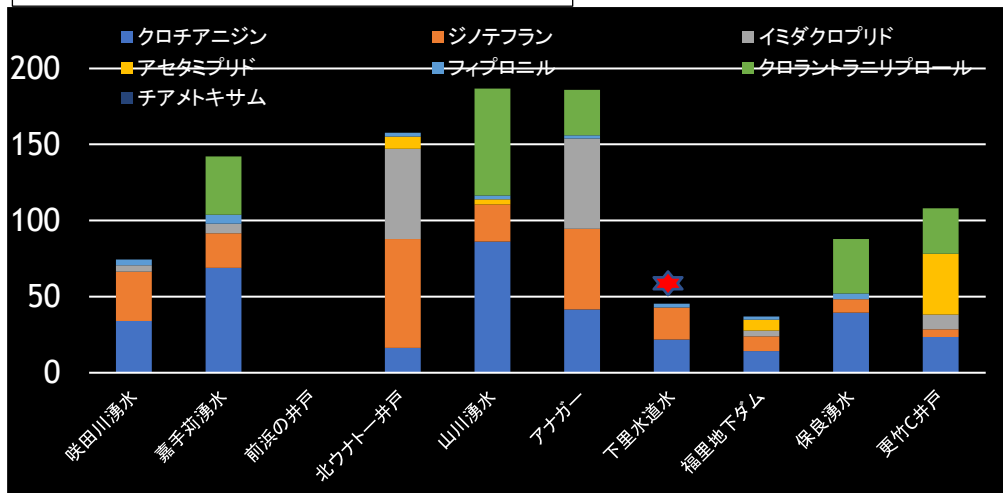


図2 地下水・水道水農薬濃度(ng/L)



この調査結果を確認する為、2022年6月～11月までの半年間、計6回袖山浄水系の下里の水道及び加治道浄水系の城辺の水道水で、ネオニコチノイド系及びフェニルピラゾール系農薬濃度モニタリング調査を行いました。その結果、2つの浄水系の水道水から、クロチアニジン（ダントツ）、ジノテフラン（スタークル）が毎月コンスタントに検出され、最大値はそれぞれ、48ng/L、27ng/Lでした（図3,4）。

2022年8月30日の市水道部独自調査に於いて、4か所の水道水源原水で3～4種類の農薬が検出されました。白川田水源原水で、クロチアニジン（ダントツ）が最大45ng/L、ニャーツ水源原水でフィプロニル（プリンスペイト）は最大6ng/L、加治道水源原水でクロラントラニリプロール（フェルテラ）は最大180ng/Lが検出されました。化学農薬による地下水複合汚染は明らかです（図5）。

図3 袖山浄水系水道水農薬濃度(ng/L)

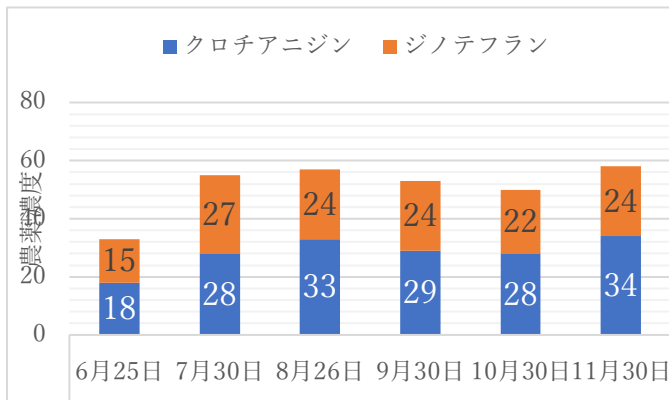


図4 加治道浄水系水道水農薬濃度(ng/L)

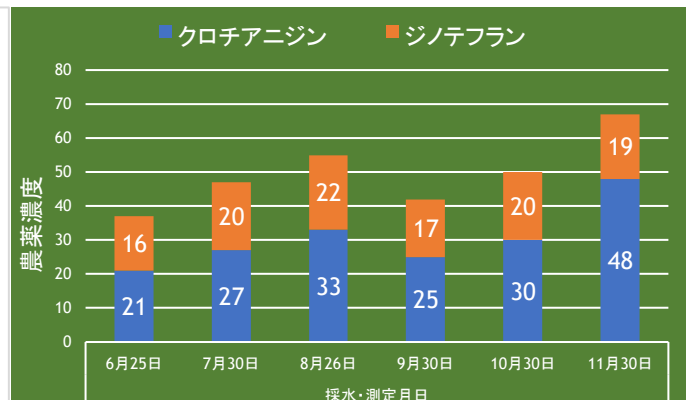
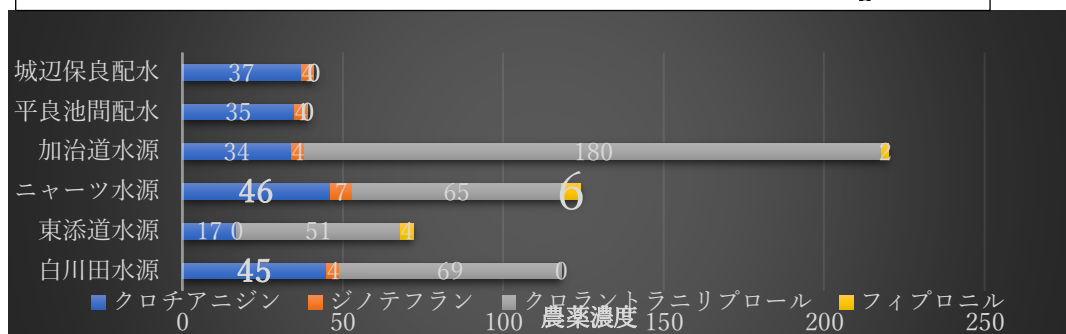
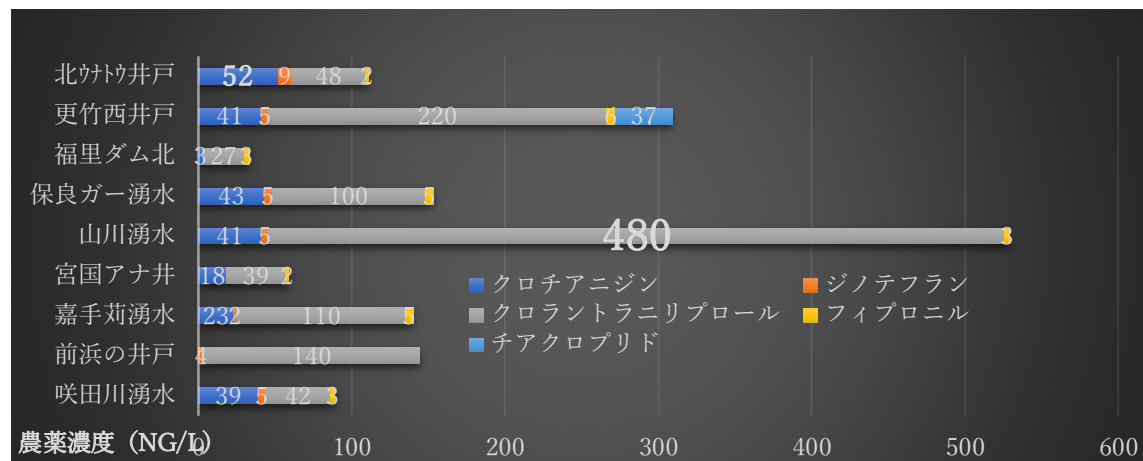


図5 市水道部調査による浄水系配水及び水道水源原水農薬濃度(ng/L)



市環境衛生局による地下水調査でも、広範囲で複数農薬成分検出された事が 2023 年 3 月市議会で報告されました。クロチアニジン、採水点 9 か所中 8 か所で検出され、**最大値 52ng/L** でした。ジノテフランは採水点 9 か所中 7 か所、フィプロニルは 9 か所中 8 か所で検出されました。クロラントラニリプロールは 9 か所中 3 か所で検出され、最大値は、我々の調査の 3 倍の 480mg/L を示しました。PFAS,PFOA が 3 か所で検出され、最大値 5ng/L でした（図 6）。

図 6 市環境衛生局による地下水追加調査（2023 年 1 月）



地下水化学農薬複合汚染は、現実です。地下水が唯一の水資源であるが故に、私たちが毎日飲用する水道水の複合汚染も現実なのです。

【一般市民の尿で、複数の農薬成分検出】

これらの農薬成分を含む水道水を毎日飲んでいる私たちの尿からも複数の農薬成分が検出されました。痕跡まで含めると 10 人全員で、農薬成分が検出されました。ジノテフラン（スタークル）とアセタミプリド（モスピラン）の代謝産物でより毒性の強い N-デスメチルアセタミプリド が 100% で検出され、クロチアニジン（ダントツ）は 80% で検出されました。水道水を毎日飲むことによる複数の農薬成分の体内移行が既に広範囲に生じている事を示しています。感受性の高い胎児や子供達への健康影響が懸念されます（図 7）。職業的暴露のない被験者 10 人中 8 人で、4 種類以上の農薬が検出され、8 種類検出された B の尿中濃度総量は、 $11.1 \mu\text{g/g} \cdot \text{Cre}$ でした。クロチアニジンの 1 日尿排泄予測量は、3 kg の乳児がこの水道水で溶いたミルク 1 L を飲むと、一日摂取許容量の 1.2% になります。農薬散布後の尿中農薬濃度は約 10 倍に増加する事が報告されています(19,20)。赤ちゃんにとって安易に「安全です」とは言えない事態となってしまいます（図 8）。

図 7 尿中ネオニコチノイド系農薬成分及び代謝産物検出

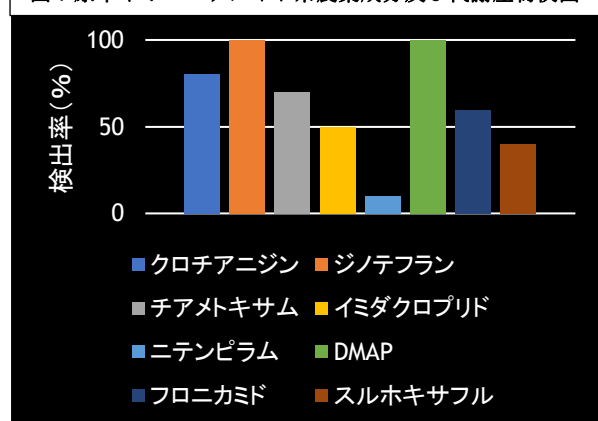
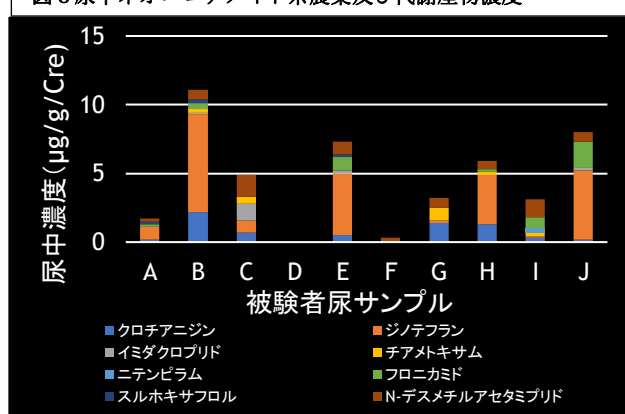


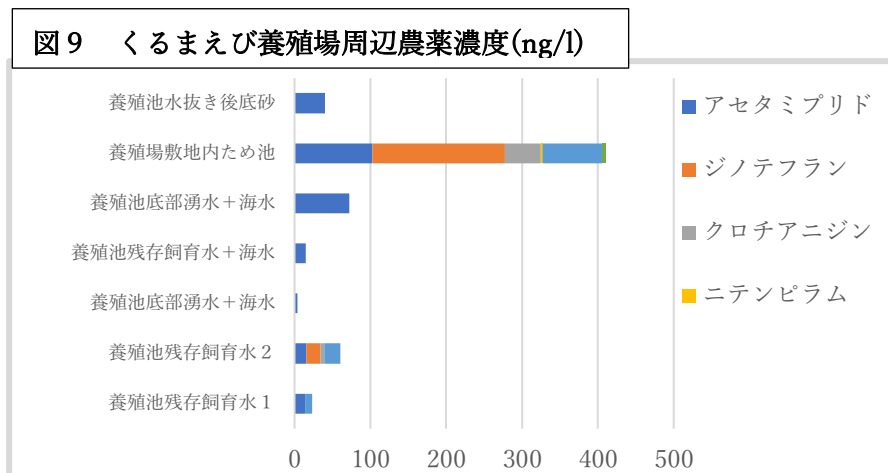
図 8 尿中ネオニコチノイド系農薬及び代謝産物濃度



【養殖くるまえば全滅と養殖池周辺環境での農薬成分検出】

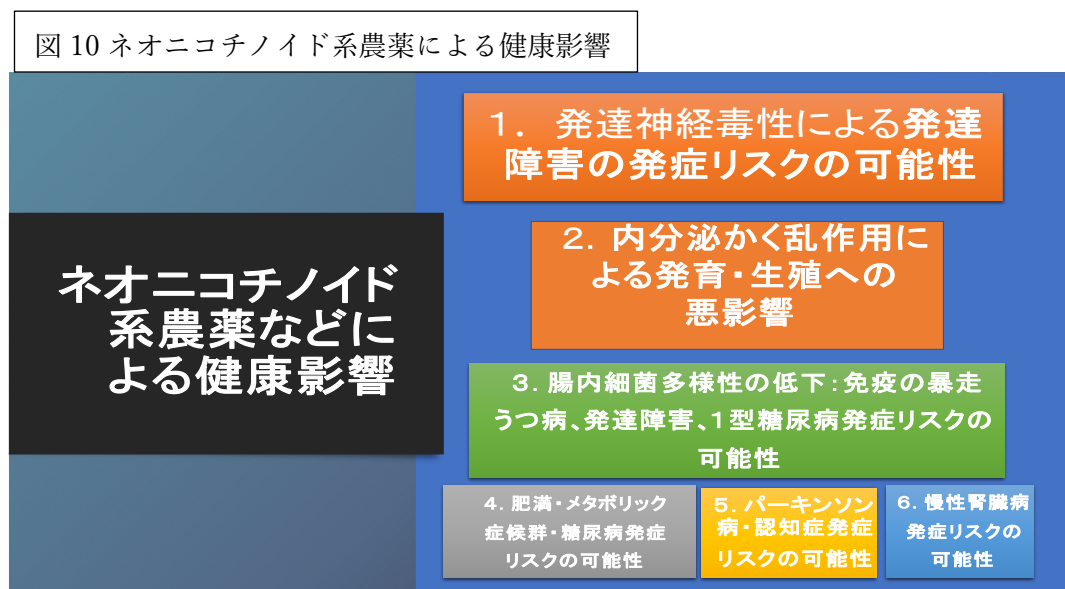
養殖クルマエビ180万匹が全滅との衝撃的な報道が、2021年年末にありました。我々の調査によりこのクルマエビ養殖池残存湧水・底砂で複数の化学農薬が検出されました。クルマエビ全滅はPAV関連ウイルス感染に化学農薬による免疫能低下が加わり感染爆発を引き起こした可能性があります。「沈黙の春再び」です。

子ども達への健康影響への自然からの警鐘です（図9）。



【ネオニコチノイド系農薬による健康影響】

これまでの多くの研究や疫学調査で、ネオニコチノイド系農薬による多くの健康影響が指摘されています。代表的な健康障害として発達障害、生殖障害、肥満・メタボリック症候群・糖尿病、パーキンソン病、慢性腎臓病の発症リスクの可能性があります。最近、腸内細菌叢の多様性を傷害し、免疫の暴走を引き起こしうつ病や1型糖尿病発症リスクの可能性が指摘されています（図10）（1~3,5,21）。



1. ネオニコチノイド系農薬暴露による発達障害の増加

ネオニコチノイドが、ヒトを含む哺乳類の脳神経系、免疫系、生殖系に悪影響を及ぼす科学的知見が蓄積しています（1~16,18,21）。ネオニコチノイドの発達神経毒性により胎児の脳発達に悪影響を及ぼす事が報告されています。動物実験の結果から、無毒性量のネオニコチノイドの発達障害への関与が指摘されています(5)。

自閉症スペクトラム障害等発達障害の発症リスク増加の可能性があり、発達期の子供への影響が懸念されます

(図 11,12) (1~3)。

図 11 ネオニコチノイドのヒトへの影響

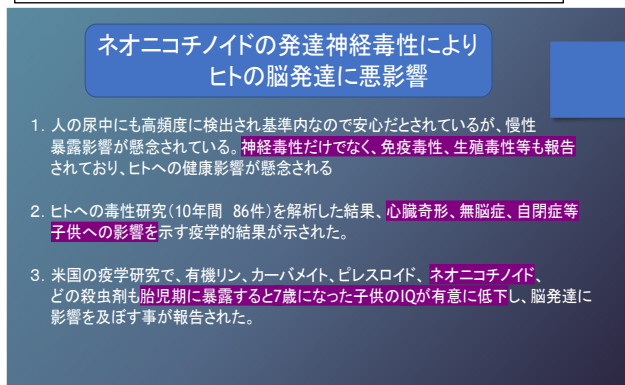
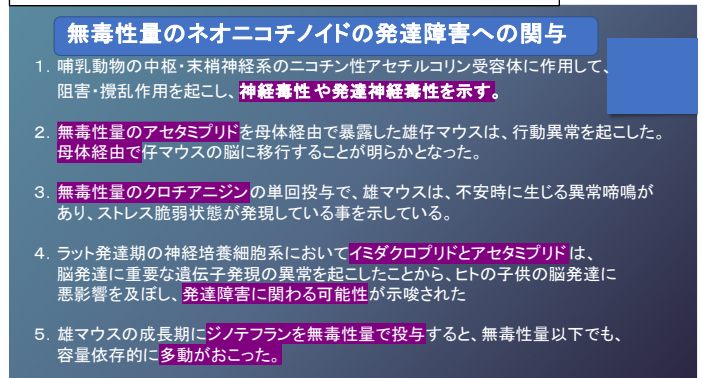


図 12 無毒性量のネオニコチノイドの発達毒性



【発達障害児童生徒増加】

2022 年 12 月、全国の公立小中学校の通常学級に、発達障害の可能性のある児童生徒が 8.8%、推定 80 万人いることが文科省の調査で分かりました(24)。10 年前から 2.3%も増加しています。コミュニケーションの障害、社会性の障害、想像力の障害により対人関係を築くのが苦手な「自閉症スペクトラム障害」、気が散りやすく、落ち着きがなく衝動性が特徴の「注意欠陥・多動性障害」そして知的発達の遅れはないものの読み書きや計算が難しい「学習障害」あり、それぞれがオーバーラップしています(図 13)。

発達障害児は、特別支援、通級を問わず増加を続けています。障害の程度の重い知的障害児も増加しており、脳の発達異常の多様性を示しています(図 14)(22)。

図 13 通級における発達障害児童生徒の増加

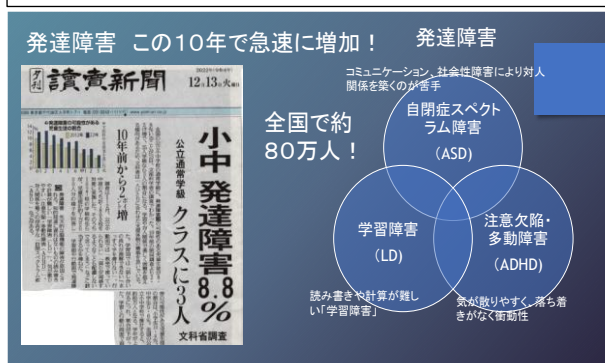


図 14 特別支援学校等児童生徒増加の現況

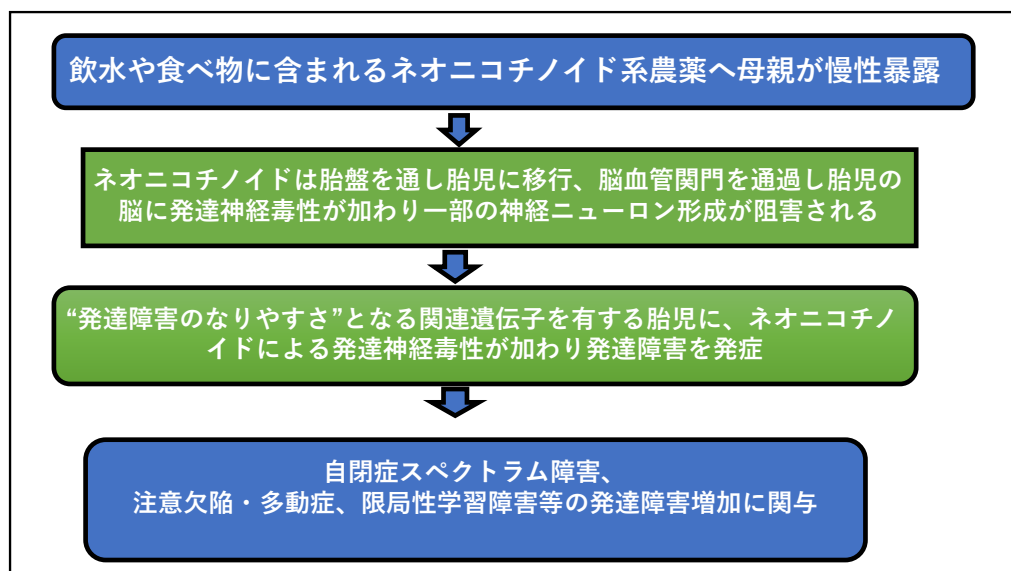


【発達障害発症の原因】

多数の研究の蓄積により発達障害遺伝原因説の誤りと神話化が否定されています。発達障害を引き起こすのは、なりやすさを決める「遺伝子背景」と引き金を引く「環境因子」です。環境要因が関わっていることは多数の症例対象研究やコホート研究の結果が示しています(1~3,23)。超未熟児や低出生体重児では、ADHD の発症リスクが3倍との報告があり、脳の未熟性が発症の修飾因子であることが推察される(23)。胎児期の環境によるリスク因子として、**母親の喫煙(ニコチンへの暴露)、有機リン系農薬、除草剤グリホサート、PCB**等が報告されている(1~3,23)。原因遺伝子そのものが見つからないうえに、遺伝子の変化は数年~数十年単位では大きな集団には広がらず、遺伝のみでは、増加は説明できません(1~3,23)。病気への医療側・教育機関・家庭での認知度の増加及び積極的スクリーニングによる診断数の増加、新しい診断基準の変更、親の高齢化によるという考えもあります。しかし既に米国では、認知度が広まっており、診断基準の変更前から、発達障害は増加の一步たどっています。日本も同様と考えられ、遺伝は増加の原因の1つかも知れないが主因ではないのです。なりやすさ

を決める遺伝子背景に、より強力な環境因子が加わったかそれらの複合の可能性あります。中でも発達期の脳に侵入する**有害環境化学物質暴露**が関わっている可能性が高いのです。より強力な環境因子としてニコチンと類似の作用を発揮するネオニコチノイド系農薬があります。有機リンや PCB は、使用量がどんどん減少しています。使用量が多く、発達神経毒性（自閉症をヒトで起こす毒性 2016 年マウスで証明された）を有するネオニコチノイド系農薬が一番怪しいのです(1~3)。母親のネオニコチノイド系農薬慢性暴露による発達障害発症のメカニズム（仮説）を示します（図 15）。

図 15 発達障害発症メカニズム



【まとめ】

1. ネオニコチノイドはこれまで多くの研究結果から、ヒトを含む哺乳類に於いて**発達神経毒性**を有し、脳の発達に影響することが明らかになってきた(1~15)。
2. 無毒性量のネオニコチノイド暴露により多動、不安行動などが観察され、ヒトでの発達障害の特徴的症状の一部類似している。動物実験の結果を外挿すると、胎児期のネオニコチノイド暴露はヒトでの発達障害発症リスクとなる可能性が高い(7,16)。
3. 発達障害児は、特別支援、通級を問わず増加を続けており、障害の程度の重い知的障害児も増加している(22)。
4. 発達障害は遺伝が原因とされ神話化されてきた。しかし、原因遺伝子は、いまだに特定されていない。なりやすさを決める「遺伝子背景」と引き金を引く「環境因子」が発病のメカニズムとして考えられている(1~3,23)。
5. 発達障害の増加は、遺伝や認知度の増加、診断基準の変更のみでは説明できない。発達期の脳に侵入する有害環境化学物質暴露が関わっている可能性が高い。より強力な環境因子としてネオニコチノイド系農薬がある。有機リンや PCB は使用量がどんどん減少している。一方、ネオニコチノイド系農薬使用量増加と発達障害等子供の脳発達の異常の増加は相関している。使用量が多く、発達神経毒性を有する事が明らかになっているニコチンと類似作用を有するネオニコチノイド系農薬暴露による増加が一番怪しい(1~3)。
6. 飲水や食べ物に含まれるネオニコチノイド系農薬成分に母親が暴露すると、ネオニコチノイドは、胎盤を通

して胎児に移行する。胎児の脳血管関門を通過し脳に神経発達毒性が加わり、一部の神経ニューロン形成が阻害される。“発達障害のなりやすさ”となる関連遺伝子を有する胎児に、ネオニコチノイドによる神経発達毒性が加わり、発達障害を発症する。自閉症スペクトラム障害、注意欠陥・多動症、限局性学習障害等の発達障害の増加に関与している可能性がある(1~16)。

7. 令和元年文科省の調査によれば特別支援学級児童生徒数は、2009年に比べ2019年は2.1倍に増加している。通常学級の“発達障害が疑われる児童生徒数”もこの10年で2.5倍増加している。特別支援学校に在籍する知的障害を有する児童生徒数も1.2倍増加している(22)。
8. ネオニコチノイド系農薬と発達障害の関係は国会でも議論されている。令和3年11月、長妻昭議員からネオニコ系農薬と広汎性発達障害との関係及び因果関係の徹底調査に関する質問主意書が提出された。因果関係の調査を求めているのに対し政府は、因果関係の調査もしていないのに「ネオニコチノイドの使用と発達障害の因果関係は確認されていない」と回答している。

【宮古島市の特別支援学級の現状】

宮古島市の特別支援学級児童生徒数は、この10年で39人から422人と急激に増加している(図16)。一般的に特別支援学級の半数を発達障害児童生徒が占めると言われている。この10年間の特別支援学級児童生徒数の増加倍数は、全国平均2.1倍、沖縄県4倍に対し、宮古島市は11.2倍と驚くべき伸び率となっている。この10年間での増加倍数を比較すると宮古島市は、沖縄県の2.8倍、全国平均の5.3倍と驚異の増加倍数である(図17)。

図16 宮古島市の特別支援学級児童数

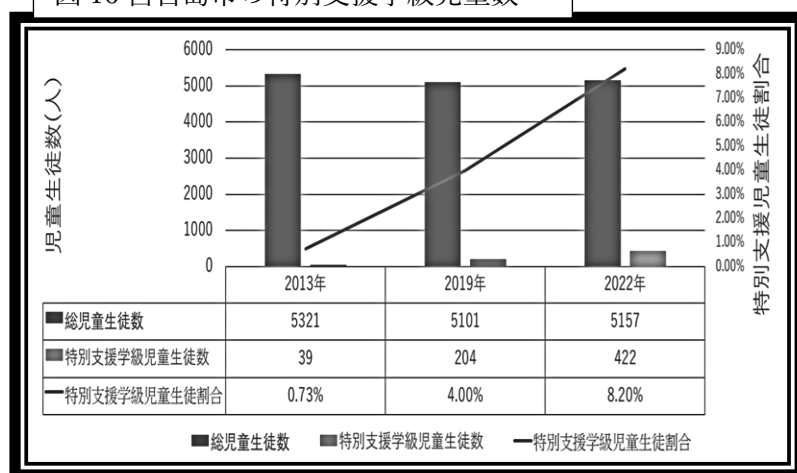
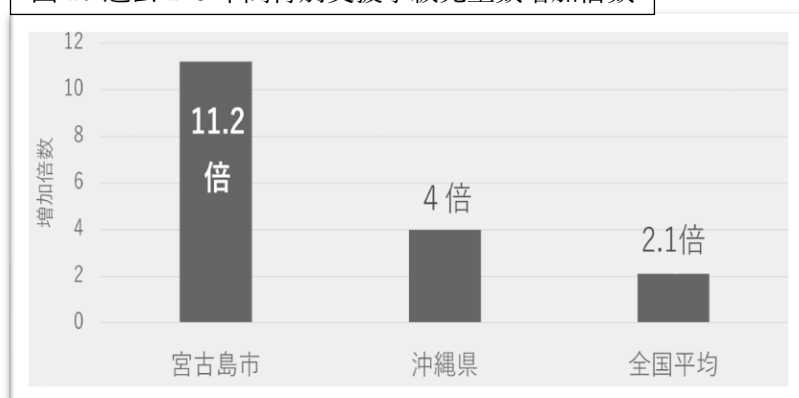


図17 過去10年間特別支援学級児童数増加倍数



【ネオニコチノイド系農薬年間供給量と特別支援学級児童生徒数の推移】

ネオニコチノイド系農薬は2013年度から供給が開始され、年々供給が増加しており、2021年現在年間約17トンが供給されている。特別支援学級児童生徒数もこの10年で急増しており、両者の間に相関関係が示唆される（図18,19）。

図18 ネオニコチノイド系農薬年間供給量

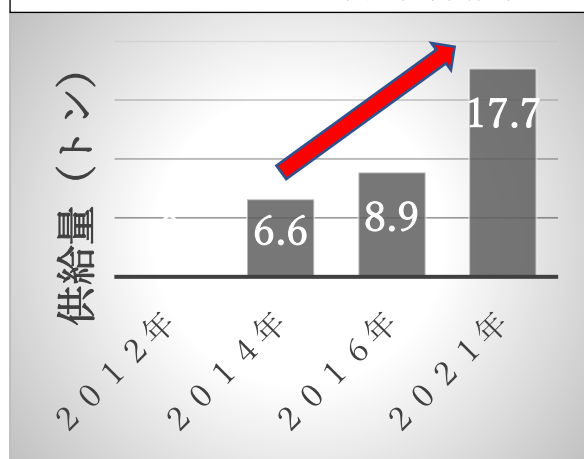
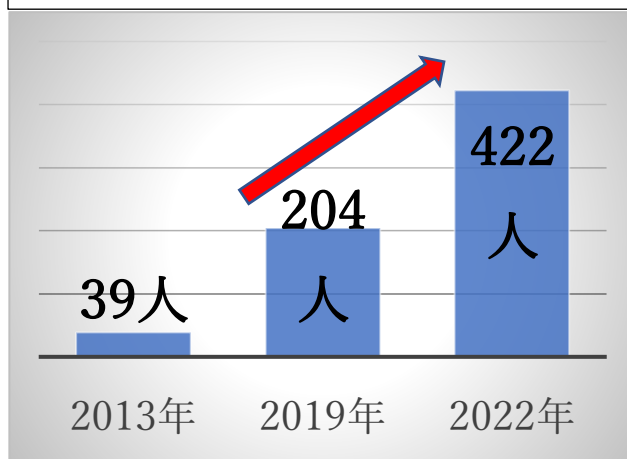


図19 特別支援学級児童生徒数（人）



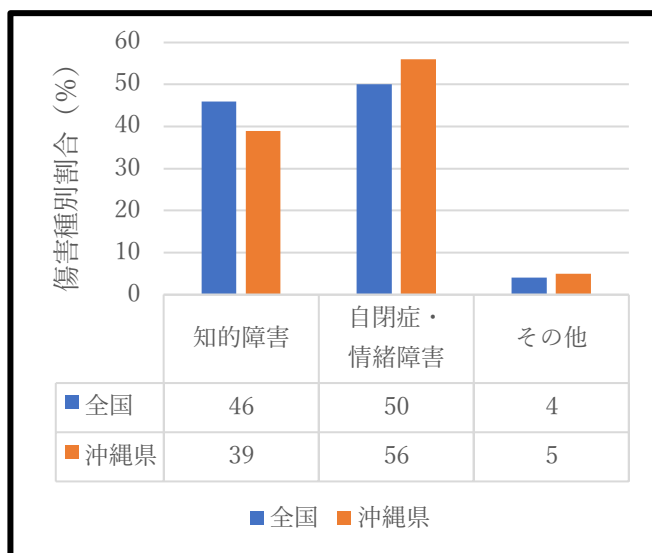
【特別支援学級児童生徒数急増は発達障害児童生徒の急増を示唆】

宮古島市の特別支援学級児童生徒数が、この10年で、全国増加率の5倍、県内増加率の2倍と急増している原因は何だろう？ 遺伝や発達障害に対する教師・保護者の認知度の広がり、特別支援学級設置基準の緩和のみでは説明できません。宮古島市の特別支援学級児童生徒数は、2013年の39人から10年後の2022年には433人と11.2倍の著しい増加が認められます。一般的に、特別支援学級児童生徒の半数は発達障害を有しているとされています。沖縄県は、発達障害・情緒障害児童生徒の割合が全国平均に比べ6%も多い（表4、図20）(22)。

表4 特別支援学級障害種別(文科省令和3年資料抜粋)

特別支援学級	
障害の種別ごとの学級を編制し、子供一人一人に応じた教育を実施	
知的障害	(約138,200人)
肢体不自由	(約4,700人)
病弱・身体虚弱	(約4,300人)
弱視	(約600人)
難聴	(約2,000人)
言語障害	(約1,500人)
自閉症・情緒障害	(約151,100人)
合計：約302,500人 (平成22年度の約2.1倍)	

図20 特別支援学級在籍児童生徒数（障害種別、都道府県別）学校基本調査 令和元年度



宮古島市の公立小中学校の特別支援学級や通常学級で、発達障害の疑いのある児童生徒数は、全国統計を大幅に上回る可能性が高いのです。直近3年間での倍増は、異常としか言いようがありません。

市教育委員会は、特別支援学級や通級での発達障害スクリーニングテスト等による調査を行い「発達障害の疑い

のある子供達」の実態を把握する必要があります。そのうえで、原因究明が必要です。全国的増加傾向と同様だから、社会的・経済的原因だと静観してはいけません。宮古島市では、今後も急増していく可能性が高いのです。現在、急増の原因の1つである外的環境要因として、ネオニコチノイド系農薬等複数の化学農薬への母体の暴露による発達神経毒性及び腸内細菌叢の攪乱（dysbiosis）が考えられます。

発達障害児童生徒数急増の医学的アプローチとして、発達神経毒性を有するネオニコチノイド系農薬等複数の環境化学物質への妊娠時の暴露と胎児の発達神経毒性そして発達障害発症の因果関係を調べるために妊婦や子の前向きコホート疫学調査（宮古島スタディー）を実施すべきです。

宮古島市は、地下水水質モニタリング調査を行っている採水地点や各水道水源原水・浄水、配水栓のみならず、地下ダムファームポンド貯留水、農業用水でのネオニコチノイド系農薬濃度のモニタリング調査を早急に実施し市民に公表すべきです。

予防原則に則りネオニコチノイド系農薬及び有機リン系農薬、除草剤のグリホサート等の発達神経毒性、生殖毒性リスクの高い化学農薬の使用を中止し、総合的害虫・雑草管理（IPM）への移行を強力に進める必要があります（みどりの食料システム戦略 農林水産省）。

市民はもとより行政、専門家が一体となり問題解決に早急に取り組まなければ、私たちの子や孫、ひ孫の未来を奪ってしまいます。時間はありません。今すぐ、行動しなければなりません。このまま、放置しておく「水が飲めない、ヒトが住めない“沈黙の島”」になりかねません。子や孫やひ孫の健康を損ね、“奪われた未来”となりかねません。

【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 4 5 回日本毒性学会学術年会 2018
4. 齊藤洋勝 低用量化学物質の発生・発達期ばく露による成熟後の神経行動特性の検出と評価－
発生・発達期マウスへのネオニコチノイド系農薬暴露影響解析を中心に－第 4 8 回日本毒性学会学術年会 2021
5. 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
6. 化学物質の内分泌かく乱作用に関する報告の信頼性評価の実施結果について
平成 3 0 年度第 2 回化学物質の内分泌かく乱作用に関する検討会（環境省）
7. Hirano T, et al. J Vet Med Sci. 2015
8. Abou-Donia MB et al. J Toxicol Environ Health A. 200
9. Tanaka T. Toxicol Ind Health. 2012
10. Kimura-Kuroda, J. et al. Plos One 2012
11. Abou-Donia MB et al. J Toxicol Environ Health A. 2008
12. Mohamd, AA et al. Environ Pollutant 201
13. Kimura-Kuroda, J. et al. Int J Environ Res Public Health 2016
14. Yanai, S et al. J Vet Med Sci. 2017

15. Hirano T, et al. Toxicol Lett. 2018,282
16. Yoneda N et al. J Vet Med Sci. 2018
17. 水道水質管理計画の策定に当たっての留意事項について
衛水第270号（最終改正令和5年3月24日）厚生労働省生活衛生局水道環境部
18. Our Stolen Future（奪われし未来） シーア・コルボーン他 翔泳社
19. 山室真澄（東大）魚はなぜ減った？ 見えない真犯人を追う
20. M. Yamamuro Neonictinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yield: Science 2019
21. SICKER FATTER POORER(病み、肥え、貧ず) レオナルド・トラサンデ 光文社
22. 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
23. 発達障害の診断と治療：ADHD と ASD 榊原洋一他 2023 年 診断と治療社
24. 通常の学級に在籍する特別な教育支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について
文科省初等中等教育局 令和4年12月13日