

宮古島市に於ける地下水、農業用水そして水道水のネオニコチノイド系及びフェニルピラゾール系農薬による汚染の実態と健康影響への懸念

宮古島地下水研究会

【要旨】

地下水は、宮古島市の唯一の水資源であり、水道水や農業用水として利用している。この貴重な地下水を保全・利用する為、地下水保全条例や地下水利用基本計画を制定してきた。しかし、この10年で、自然・社会環境の激変があり、地下水複合汚染のリスクが増加し、健康への影響が懸念される状態になってきた。特に化学農薬は、県下でも有数の使用量である。EUでは、健康影響の懸念から、予防原則のもとに使用が禁止されているネオニコチノイド系やフェニルピラゾール系農薬がこの10年前から多く使用されている。4つの地下ダム止水壁により自然の水循環が遮断され、地下水汚染物質の希釈や浄化機能が低下している環境下にある。化学農薬等環境化学物質による地下水汚染は、当然、起こりうる。しかし、県や市では、ネオニコチノイド系農薬の地下水濃度測定を行っていない。私達宮古島地下水研究会は、ネオニコチノイド系農薬やフェニルピラゾール系農薬による地下水、農業用水、水道水汚染の実態を明らかにするため、市内10か所で採水し濃度分析を行った。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が検出された。最も使用されているクロチアニジン（ダントツ）、ジノテフラン（スタークル）は水道水を含む9か所で検出された。9か所で、3種類以上の農薬が検出された。合計農薬濃度は、山川湧水、アナガー湧水、嘉手苧湧水、北ウナトー井戸で140～187ng/Lと畑作の多い地域で高い濃度を示した。

驚くべきことに、下里の水道水では、クロチアニジン 21.7ng/L、ジノテフラン 21.2ng/L、フィプロニル 2.3ng/L 合計 45.2ng/L 検出された。これらの化学農薬による水道水・地下水の広汎な複合汚染の実態を示す結果であった。ネオニコチノイド系やフェニルピラゾール系農薬、有機リン系農薬、グリホサートの慢性的暴露はそれぞれ単独でも自閉症スペクトラム障害の発症リスクとなる。これらの農薬は、人の疫学研究や動物実験の論文を総合的に解析した結果、発達神経毒性を有し胎児や小児の脳に悪影響を及ぼす可能性がある。

これらの化学農薬成分を含む水道水を毎日飲んでいる妊婦（胎児）や小児への発達神経毒性の閾は十分明らかになっていない。たとえ微量であっても、今回水道水で検出された3種類の成分の相互作用により、複合毒性が高まる可能性があり、健康影響のリスクが非常に高い。私たちの最新の調査で、クルマエビが全滅した養殖池において、複数のネオニコチノイド系やフェニルピラゾール系農薬が残存飼育水や底砂から検出された。これらの農薬のクルマエビ全滅への関与は、もはや疑う余地はない。「沈黙の春」や「水俣病」で学んだ、ヒトへの健康影響への警鐘と捉えるべきだ。市や県は、農家に使用を後押ししているこれらの農薬に対するモニタリング体制を早急に整える責任がある。農薬管理の基礎となる考えは、予防原則である。今回の地下水・水道水での複数の農薬の検出は、予防原則の「ヒトに健康影響を及ぼし自然環境に重大あるいは回復不能な影響を及ぼす可能性がある場合は、科学的に因果関係が十分証明されない状況でも規制措置を可能にする」に該当する。農業従事者、行政、市民、研究者等ステークホルダーによる地下水複合汚染を防ぐための協働管理の仕組みをつくり、地下水ガバナンスを確立する必要がある。

はじめに)

地下水は、環境容量の小さな島嶼にある宮古島市の唯一の水資源である。水道水や農業用水として利用している。この貴重な水資源を保全・利用する為、宮古島地下水保全条例に於いて、市民の公共的資源である“公水”と規定している。1990年代に世界でも類を見ない地下ダム建設による農業用灌漑用水の確保により、繰り返

す早魃による“水なし農業”から脱却した。耕作面積の増加に伴う収量増加や経済的恩恵をもたらし、現在、県下でも有数の農作物生産地となっている。それと並行して化学農薬や化学肥料の使用量も急速に増加した。平成26年度宮古島市地下水水質保全調査報告書によれば、宮古島市の農薬供給量は520トンと県全体の24%を占めた(図5)。国や県そして市は「さとうきび増産プロジェクト」での株出し栽培普及を農家に推進した。2007年、株出し栽培のアキレス腱となっていた土壌病虫害駆除に、画期的に効果を発揮するフェニルピラゾール系農薬のフィプロニル(プリンスベイト剤)が開発され利用可能となった。国や県からの補助金交付もあり、安全性・有効性に問題の大きい有機リン系農薬に代わり一気に使用が増加した。2013年には、国内出荷量の37%を占める206トンがこの狭い宮古島市に集中的に供給された。その後株出し栽培が収量増加につながらず、市による夏植え栽培等への回帰農業政策により、2018年時点で年間約40トンと供給量は減少している。それでも、国内出荷量の約10%を占めている(図6)。従来頻用されてきた有機リン系農薬は、耐性や人体への毒性の問題があり、欧米では使用禁止となっている。これに代わるのが、1990年代開発された神経毒性、浸透移行性、残留性、水溶性の特徴を兼ね備えるネオニコチノイド系農薬である。有機リン系農薬に比べ病害虫に対しより強力な効果を発揮し、標的害虫以外には大きな影響を及ぼさないとセールスポイントで、世界中に普及した。2014年頃から宮古島市でも使用が増加し、2019年度年間供給量は15.4トンで、県内販売量の13%、全国出荷量の3%を占める。ネオニコチノイド系農薬は6種類使用されている。最も使用されているのは、EUなどで使用禁止されているクロチアニジン(商品名:ダントツ)が年間10トンと全体の三分の二を占める(図7, 図8)。欧米では禁止されている有機リン系農薬も、年間8トン供給されている(図9)。除草剤として広く使用されているグリホサート(ラウンドアップ)の年間供給量は2トンである(図10)。農薬使用大国日本を象徴するように、これらの農薬が狭い宮古島に集中的に散布されているのが、現状である。ネオニコチノイド系及びフェニルピラゾール系農薬そして除草剤グリホサートは、標的生物のみならずヒトでも共通する神経伝達経路の受容体に結合し神経毒性を発揮する。標的昆虫に強い選択的結合力を有し、哺乳類と比べ数十倍から数百倍高い。しかし、ヒトでの毒性を考えた場合、受容体に低親和性であっても結合し作用を持つことであり、生体内での高い反応性を示す可能性が指摘されている。低濃度長期暴露により、ヒトの胎児や乳幼児の脳の発達に影響を及ぼす可能性が高い。EUなどでは予防原則の観点から、禁止の方向となっている(表3)。

我が国では、これらの農薬の使用量が増加しているにも関わらず、いまだ水道水質管理目標設定項目に入っていない。先進的な10を超える自治体では、河川水等のネオニコチノイド系農薬のモニタリング調査を行っている。一方、これらの農薬を、日本で最も多く使用している地域にも関わらず、沖縄県ではいまだに測定系すら確立されていない。この地域でのもう一つの問題点は、4か所の地下ダム止水壁により、地下水の海への流出が人工的にせき止められていることである。地下水や河川が、自然の水循環にある場合は、化学農薬は浄化や希釈作用により、濃度が減少し海に放出される。しかし、止水壁で地下水の流れが遮断されている為、化学農薬の蓄積や濃縮等により、持続的に地下水中の農薬濃度が増加する懸念がある。大雨時は、仲原地下ダム施設群の地下排水トンネルから、最も重要な白川田水源流域に、農薬を含む排水が排出され、この流域の地下水汚染を引き起こす可能性がある。このように、宮古島市は、日本で一番ネオニコチノイド系及びフェニルピラゾール系農薬を使用しており、加えて地下水汚染が起こりやすい環境にある。これらの化学農薬による地下水汚染は、必然の様相を呈している。

私達地下水研究会は、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質への影響を調べるために、2020年10月予備調査を行った。その結果、クロチアニジンが痕跡も含めると10か所中8か所で検出された。驚くべきことに下里の水道水で22ng/Lと痕跡ではあるが検出された。水道水の原水である地下水の農薬による汚染が広範であることを示唆する結果である(表1.)。

この結果を確認するために2021年11月、研究会独自で、10か所から採水し、地下水、水道水、農業用水、

農業用排水路排水の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調査を行った。測定を農民連食品分析センターに依頼した。

表 1. 地下水・水道水・農業用水中ネオニコチノイド系農薬濃度(ng/L)

	クロチアニジン	ジノテフラン	アセタミプリド	イミダクロプリド	チアクロプリド	チアメトキサム	ニテンピラム
城辺山川湧水	112	67	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
下地咲田川湧水	痕跡(45)	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
下地嘉手苅湧水	97	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
狩俣スガミノガー	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
伊良部フナハガー	痕跡(29)	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
上野アナガー	痕跡(39)	痕跡(35)	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
平良水道水	痕跡(22)	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
城辺スプリンクラー	痕跡(28)	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
下地スプリンクラー	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
平良更竹 C 井戸	痕跡(44)	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず

※液体クロマトグラフ質量分析器で測定：定量下限値 63ng/L 検出下限値 21ng/L

【材料と方法】

表 2 に示す 10 か所の試料分析を、農民連食品分析センターに委託した。

液体クロマトグラフ質量分析器を用い、試料についてネオニコチノイド系農薬（クロチアニジン、ジノテフラン、アセタミプリド、イミダクロプリド、チアクロプリド、チアメトキサム、ニテンピラム）、フェニルピラゾール系農薬（フィプロニル、クロラントラニリプロール等） 14 の成分の農薬残留一斉分析を行った。

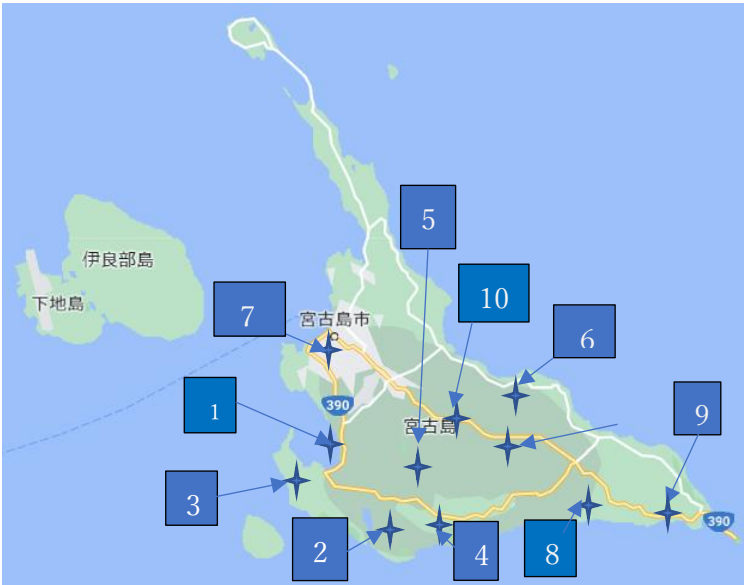
分析条件：測定装置 島津製作所 超高速トリプル四重極型質量分析器 LCMS-8050

分離カラム Kinetex Biphenyl (100x2.1mm,2.6 μ m)

測定モード ESI（+/-）/MRM 法」による。 データ処理 LCMS Solution による解析

定量下限値：トリフルメゾピリム、クロラントラニリプロール 25ng/L 左記以外は 2ng/L

表 2. 試料採取場所



採水地点	地域	用途
1. 咲田川湧水	下地	旧水源
2. 嘉手苅湧水	下地	農業用
3. 前浜の井戸	下地	農業用
4. アナガー	上野	史跡
5. 北ウナトー井戸	上野	古井戸
6. 山川湧水	城辺	文化財
7. 水道水	下里	飲用
8. 福里地下ダム	城辺	貯留水
9. 保良ガー	城辺	湧水
10. 更竹 C 井戸	平良	農業排水路

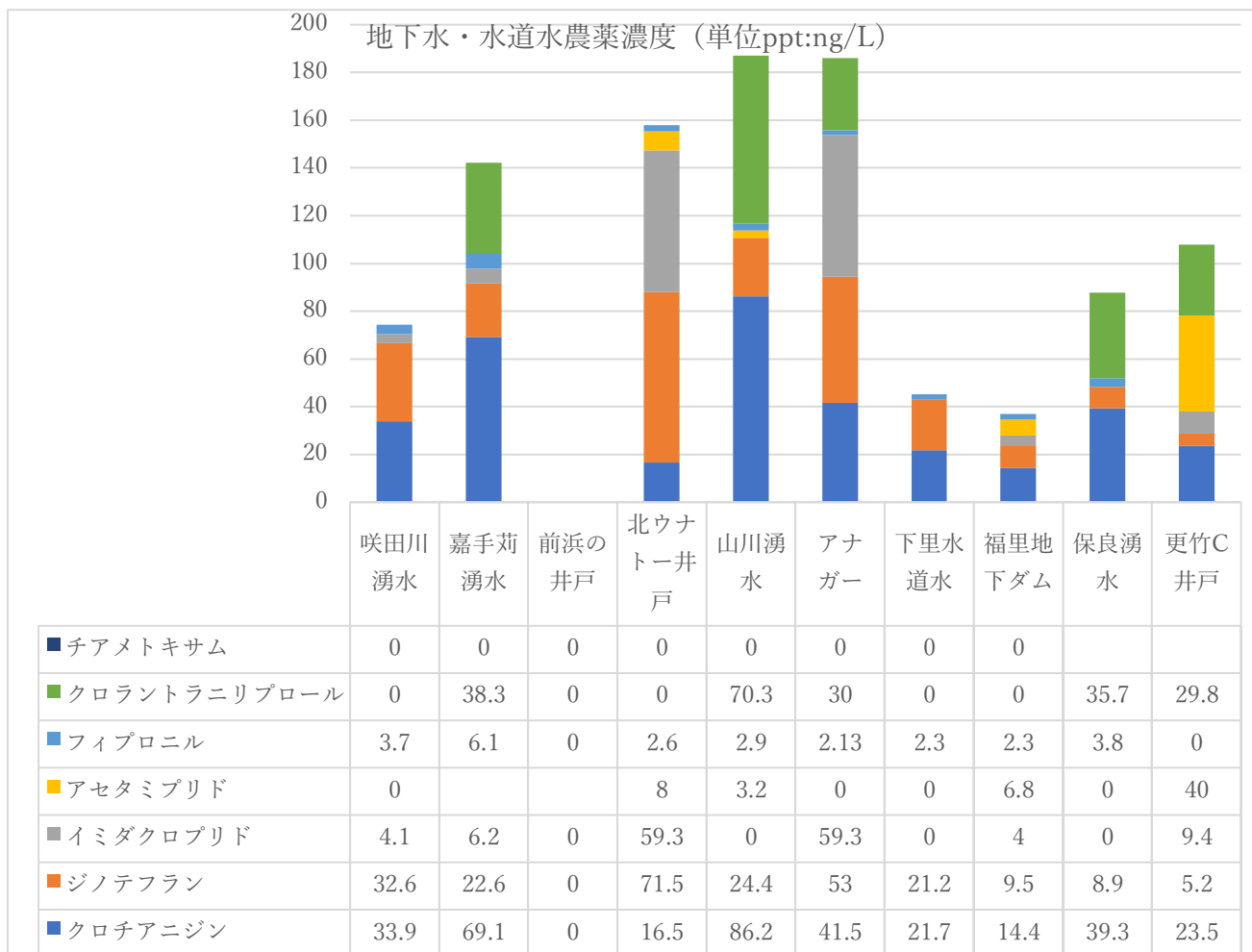
【結果】

採水試料 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が検出された。

最も使用されているクロチアニジン（ダントツ）、ジノテフラン（スタークル）は水道水を含む 9 か所で検出された。9 か所の試料で、3 種類以上の農薬が検出された。合計農薬濃度は、山川湧水で 187ng/L、アナガー湧水で 185.9ng/L、嘉手苧湧水で 142.3ng/L、北ウナトー井戸で 157.9ng/L と畑作の多い地域で高い濃度を示した。

驚くべきことに、下里の水道水では、クロチアニジン 21.7ng/L、ジノテフラン 21.2ng/L、フィプロニル 2.3ng/L 合計 45.2ng/L 検出された。前浜の井戸は、化学肥料施肥と関連する硝酸性窒素が時期により 10mg/L を超えることがある。今回の調査で農薬は検出されていないが、原因に関して今後検討が必要である。化学農薬による水道水・地下水の広汎な複合汚染の実態を示す結果であった。（図 1.）。

図 1. 宮古島市の地下水・農業用水・水道水中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(ng/L)



【考察】

河川中のネオニコチノイド系やフィプロニル濃度は、10以上の自治体の環境研究センター等で測定され、多数の河川での検出が報告されている。しかし、地下水や水道水での測定事例は非常に限られている。

林等によれば、岐阜県 A 市の個人宅浅井戸（8 m）で、総ネオニコチノイド系農薬濃度が 30ng/L を示した（1）。三宅等の報告によれば、尼崎市内 10 点で採水を行い 2 点でネオニコチノイド系農薬が検出された。地下水 1 で、クロチアニジン 8.6ng/L、ジノテフラン 2ng/L、地下水 2 でジノテフラン 0.7ng/L であった（2）。

亀田等の行った「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」調査結果によれば北関東の畑が近接する井戸で、チアメトキサムが 427ng/L と例外的に高い値を示している以外、50ng/L を超える地下水は

ない。ネオニコチノイド系農薬の総量も、北関東の例を除いて、18.3～72.7ng/L の範囲である（3）。

水道水中のネオニコチノイド濃度の報告は、佐藤学等の報告のみで、神奈川県内公園の水道蛇口からの採水で、イミダクロプリド 26ng/L、クロチアニジン 7mg/L、ジノテフラン 5ng/L が検出された（4）。

私たちの調査は、主要作物であるサトウキビの農薬散布が行われる 2 月株出し時や 7 月夏植え時期ではない 1 1 月の時点でを行った。5 種類以上のネオニコチノイド系やフェニルピラゾール系農薬が検出され総濃度が 140ng/L～187ng/L を示した地下水採水点 が 4 か所も認められた。嘉手苅湧水では、フィプロニル 6.1ng/L が検出された。これは、水道水質基準 500ng/L の 1.2% に相当する。

佐藤らによれば、降雨後河川のネオニコチノイド系農薬イミダクロプリド濃度は、8～10 倍に増加することが報告されており（4）、地下水でも同様な現象が起こる可能性がある。農薬散布時、降雨後など、季節的モニタリング調査が必要である。

【ネオニコチノイド系農薬のヒト及び哺乳類への影響】

1. 哺乳類への影響

2021 年 1 月 6 日に放映された TBS 報道特集「ネオニコチノイド系農薬 人への影響は」の中で、神戸大学の星信彦教授の研究結果の映像は衝撃的な内容でした。若い雄マウスに無毒性量のクロチアニジンを投与すると、活発に動き回るコントロールマウスに比べキーキーと鳴き声を発し身動きしない不安行動を示した（5）。オリジナルの論文では海馬など脳の異常が確認された（6.）。

無毒性量のネオニコチノイド（クロチアニジン）を餌に混ぜ、母獣マウスに妊娠 1 日目から離乳（3 週令）まで自由摂取させた。無毒性量のクロチアニジンの胎仔・授乳期暴露は、神経回路形成期の神経発達を阻害した。生まれた雄マウスは暴露直後に、不安様行動を惹起し、その後暴露がないにもかかわらず成年期には自発運動量が増加するなど行動異常を引き起こした。継世代影響として雌マウスでは、エストゲン関連経路の活性化阻害が認められ「食殺及び育児放棄」の頻度が世代を経る毎に増加し、継世代的影響を及ぼす事が明らかになった（7）。妊娠ラットにクロチアニジンを経口投与すると、投与 1 時間後胎仔に移行し、母ラットと同程度の血中クロチアニジン濃度を示した（8）。母マウスに無毒性量のクロチアニジンを胎仔期から授乳期に投与すると、生まれた雄マウスの生殖細胞が顕著に減少した（9）。マウスにごく低用量のイミダクロプリドを高カロリー食と共に投与すると肥満度を高め、インスリン抵抗性を高率に起こした（10）。雄ラットにクロチアニジンを 28 日間経口投与すると腸内細菌叢や免疫系に異常が起こった（11）。ラットの発達期神経細胞培養系にアセタミプリド、イミダクロプリドを 1 μ M 以上投与するとニコチン類似の興奮作用を起こした（12）。

ラットの発達期神経細胞培養系にアセタミプリドやイミダクロプリドを低用量で長期投与すると、自閉症関連遺伝子など脳発達に重要な遺伝子発現に異常が生じた（13）。ヒトの脳内では、ニコチン様アセチルコリン受容体（nAChR）は、記憶・学習・認知などの高次機能に関与し、ヒトの脳発達では、nAChR が妊娠初期から発現し、細胞増殖、分化、シナプス形成等脳発達に関わることが報告されている（14）。

ニコチン性アセチルコリン受容体は、脳神経系のみならず、免疫系、生殖系、内分泌系等多様な臓器で重要な機能を持つ。有害成分のニコチンと類似物質であるネオニコチノイドは、「偽神経伝達物質」としてニコチン性 ACh 受容体に結合し標的臓器の機能を攪乱する。発達期脳神経細胞に対する神経毒性による高次機能障害のみならず免疫・生殖・内分泌毒性が報告されている。ヒトと齧歯類（マウス、ラット）のニコチン性 ACh 受容体は、90% の相同性があり、齧歯類の結果はヒトでも起こりうる。

2. ヒトへの影響

クロチアニジン、イミダクロプリドはヒトのニコチン性アセチルコリン受容体に興奮作用を起こし、アセチル

コリンの正常な反応を阻害する（15）。日本人の低出生体重で出産した新生児の尿にアセタミプリドの代謝産物が検出された。母親が暴露したアセタミプリドの代謝産物が胎盤を通過し胎児への移行が明らかになった。胎児期及び新生児期は神経発達に重要な時期であり、子宮内で胎児に移行・蓄積したネオニコチノイド及び代謝産物の神経発達毒性の可能性を検討する必要がある（16）。低出生体重は、自閉症などの発達障害や糖尿病などの健康障害のリスク因子である。熊本市の妊婦109人を対象に、尿中クロチアニジン及びチアメトキサム濃度を測定したところ、約8割で検出された。他の地域に比較して非常に多い（17）。ネオニコチノイド系農薬暴露により亜急性中毒が疑われた事例として、群馬県で松くい虫防除にアセタミプリドを、1か月間地上散布後に、ニコチン中毒様症状（原因不明の頭痛、全身倦怠感、動悸/胸痛、筋痛/筋脱力/筋痙攣腹痛、発熱、姿勢時振戦、近時記憶障害及び心電図異常）を有し、ネオニコチノイド系農薬暴露との関連が疑われた（18）。経口被爆による亜急性中毒例として、同じ地域で果物、野菜、茶飲料の連続摂取後、ニコチン中毒様症状（頭痛、動悸、手の震え、記憶障害）を発症し、患者尿からネオニコチノイド系農薬の代謝産物が高濃度検出された。ネオニコチノイド系農薬成分残留食品の連続摂取が発症の原因と考えられた（19）。ネオニコチノイド系農薬が発達神経毒性物質であるニコチンと類似した作用を有することは非常に重要である。ニコチンの害は禁煙すれば回避できるが、ネオニコチノイド系農薬は食品経路で摂取することが多く避けることが難しい。

3. 化学農薬と疾患との関連性

①ネオニコチノイド系農薬、フィプロニル、グリホサート慢性的暴露は自閉症スペクトラム障害の発症リスク

となる。ニコチン、有機リン系農薬は既にヒトに対し神経発達毒性を有することが明確になっており、自閉症やADHD(注意欠如・多動症)、知的発育や作業記憶能力低下との関連が強く疑われている。ネオニコチノイド系農薬も低濃度長期暴露による発達神経毒性から、胎児や小児の脳発達に悪影響を与える。この20年で使用が急増しており、自閉症やADHDなどの発達障害発症との関連が強く疑われている。そのほかにヒトへの神経発達毒性の懸念がもたれているのが、除草剤として頻用されているグリホサート（ラウンドアップ）やフィプロニル（プリンス）等のフェニルピラゾール系農薬である（20）。オルガノ等は、人の疫学研究や動物実験の論文を総合的に解析した結果、脳に悪影響を及ぼす有機塩素系、有機リン系、ピレスロイド系農薬に加え、ネオニコチノイドやグリホサートが自閉症の発症に関わっている可能性を指摘した（21）。2012年のOECD加盟国の自閉症、広汎性発達障害（現在自閉症スペクトラム障害に統一）の有病率と農薬使用量の国際比較をみると単位面積当たり農薬使用量と自閉症等の有病率は相関しており、特に日本と韓国が極めて多い（図2.）自閉症等発達障害児童数とこの20年間急速に使用量の増加したネオニコチノイド系農薬出荷量が相関している（図3. 4.）。

図2. 自閉症・広汎発達性障害の有病率と農薬使用量

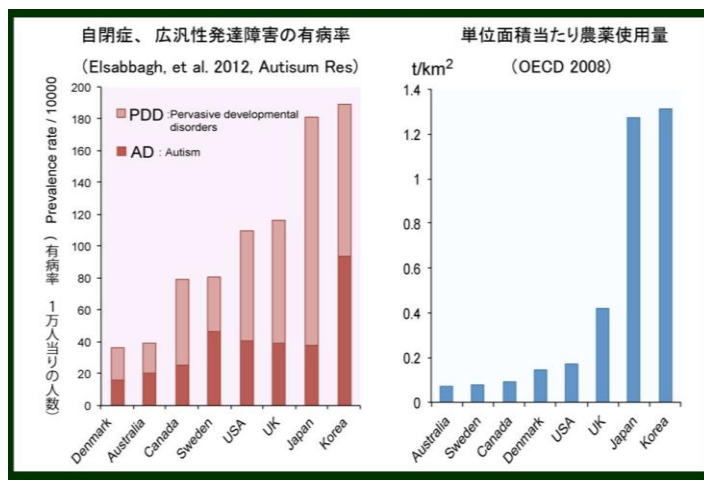


図3. ネオニコチノイド系農薬出荷量

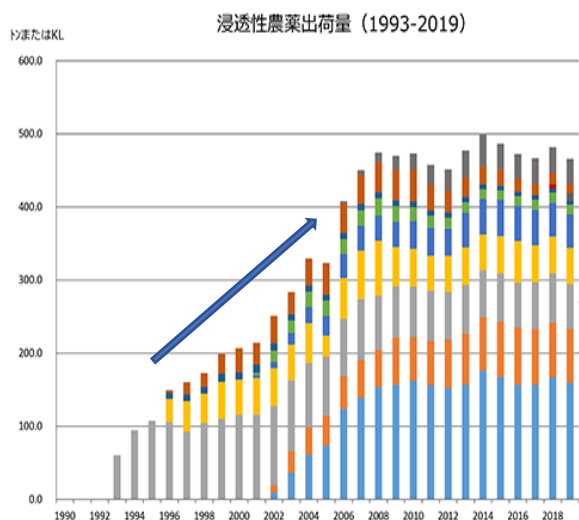
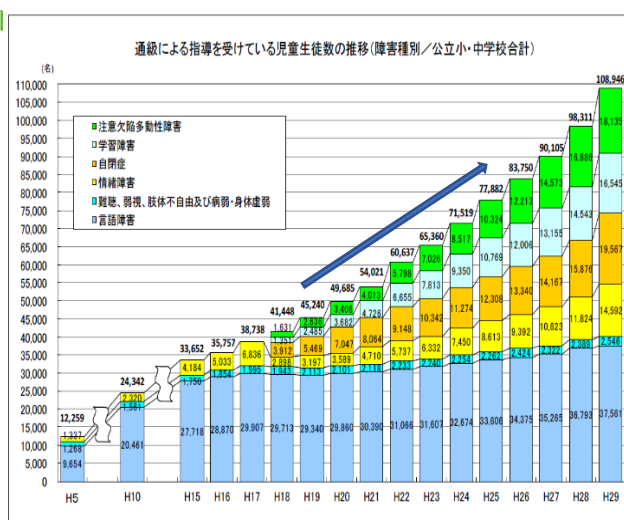


図4. 自閉症等発達障害を有する児童生徒数の推移



自閉症スペクトラム障害には、自閉症、ADHD（注意欠如/多動性障害）、LD（学習障害）が含まれる。図3、4に示すように、この10年間でネオニコチノイド系農薬出荷量増加に相関して、自閉症は約3倍、ADHD約6倍、LDが約5倍と増加している。2012年我が国の自閉症などの発達障害は人口1万人あたり180人であった。2020年、5歳児の発達検診結果をもとに、日本における調整有病率を3.22%（人口1万人あたり322人）とこれまで想定された有病率より約2倍高いことが斎藤等から報告された(22)。自閉症スペクトラム障害の発症基本メカニズムは共通で、特定の脳高次機能に対する機能不全と考えられており、遺伝的要因よりも環境要因が増加の主な原因であることが確定的になってきた(20)。

②肥満・メタボリック症候群・糖尿病の発症リスクの可能性

ヒト脂肪細胞、肝細胞、筋管細胞等の培養細胞系において、ネオニコチノイド系農薬成分イミダクロプリドは、インスリン抵抗性を惹起する(23)。更に動物実験で、脂肪量増加やインスリン抵抗性の増強が生じることが報告されている(10)。最近の疫学研究に於いてグリホサートが、成人において肥満や2型糖尿病の増加と関連している事を報告している(24)。2022年米国成人の疫学調査で、ネオニコチノイド系農薬のイミダクロプリド及び代謝産物の尿中濃度とインスリン分泌低下が相関していることを報告している(25)。更に最近の報告(26)では、「肥満やメタボリックシンドロームの増加は、カロリー摂取の増加や運動量の減少により促進されると考えられてきた。しかし、肥満の著しい増加傾向を説明するには不十分である。環境中の合成化学物質への曝露が、メタボリックシンドロームの病因や病態に影響する事を示唆する数多くの科学的根拠が報告されている。食物に残留しているイミダクロプリド（ネオニコチノイド系農薬）、グリホサート、有機リン系農薬が、肥満やメタボリックシンドロームの進展に関与している科学的根拠がいくつも報告されている。大事なことは、胎児期や幼児期の曝露が、のちの肥満やメタボリックシンドロームのリスクとして、重大な影響を及ぼすことである。」と警告している。以上の様に、化学農薬暴露はインスリン抵抗性増加とインスリン分泌低下の両方に関与し、肥満・メタボリックシンドロームそして糖尿病の重大なリスクとなる可能性が強い。

③有機リンやグリホサート暴露による中枢性神経障害によるパーキンソン病発症リスク

パーキンソン病発症と有機リン系農薬暴露との関係は明らかになっている。2012年フランスでは、農業従事者の職業病と認定された。有機リン系農薬はEUでは既に登録抹消となっているが、日本ではいまだに使用されている。Eriguchi等は、致死量に近いグリホサートを経口摂取したことによりパーキンソン病を発症した症例を報告している。これまでの疫学的報告から、グリホサートによる中枢神経障害が、パーキンソン病発症に関係し

ているとしている (27)。2020 年、グリホサート暴露により実験動物の脳内ドーパミンニューロンへの毒性が生じ、パーキンソン病の環境リスクである可能性を示す報告があった。(28)。

④農薬由来慢性腎臓病発症のリスク

グリホサートは、カルシウムや鉄などの金属を多く含む硬水中では、これらと反応しキレート化する。その結果、難分解性となり数年も残留する。スリランカの北東乾燥地帯は、農業用水として重金属を含む硬度の高い地下水を利用しグリホサートを多用する稲作地帯である。この地域で原因不明の慢性腎臓病が多発していた。最近の研究は、グリホサートが硬水に含まれる重金属をキレート化し、難分解となり腎臓に蓄積し腎毒性が高まり慢性腎臓病を引き起こしたと報告している。新しい原因の慢性腎臓病であるスリランカ人農業由来慢性腎臓病と命名された(29)。Kumiko T 等はスリランカの同地域において、原因不明の慢性腎臓病患者の尿のネオニコチノイド系農薬濃度を測定し増加を認めた。原因の 1 つとして、使用されているネオニコチノイド系農薬暴露による腎尿細管障害の関連を報告した (30)。

【宮古島市の化学農薬使用の実態】

図 5. 平成 25 年度農薬販売量 (トン)

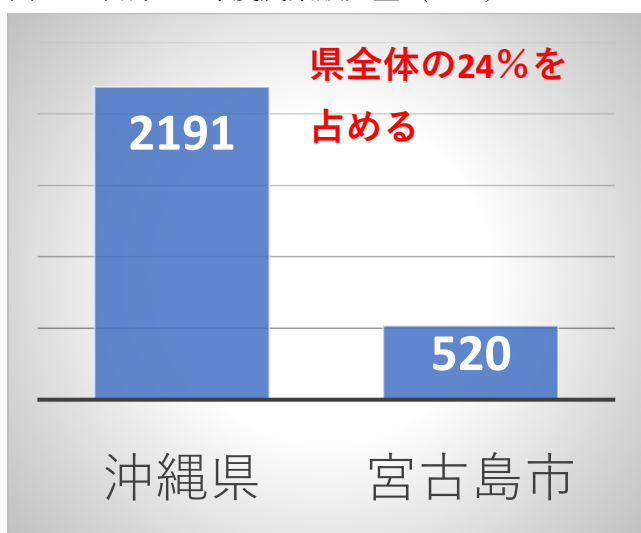


図 6. フィブロニル年間供給量の推移 (トン)

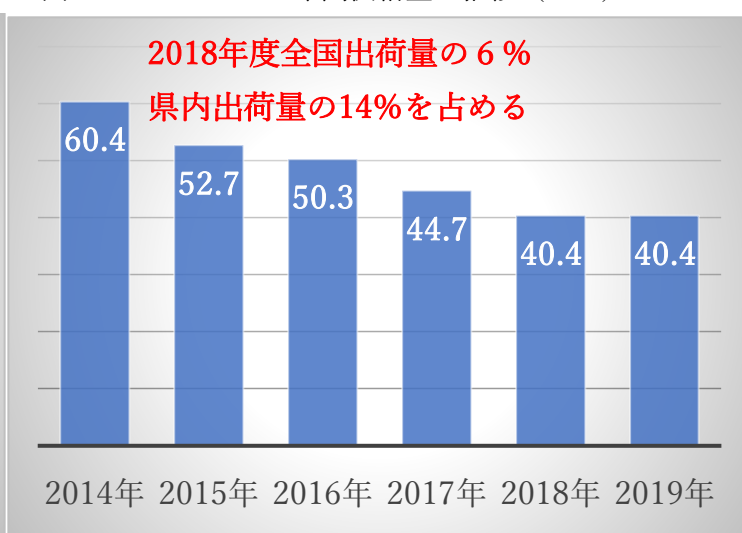


図 7. ネオニコチノイド系農薬種類別年間供給量 (トン) 図 8. ネオニコチノイド系農薬年間供給量 (トン)

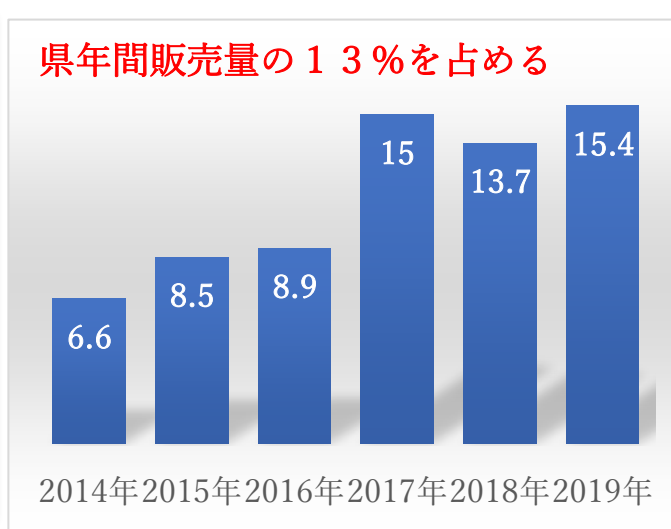
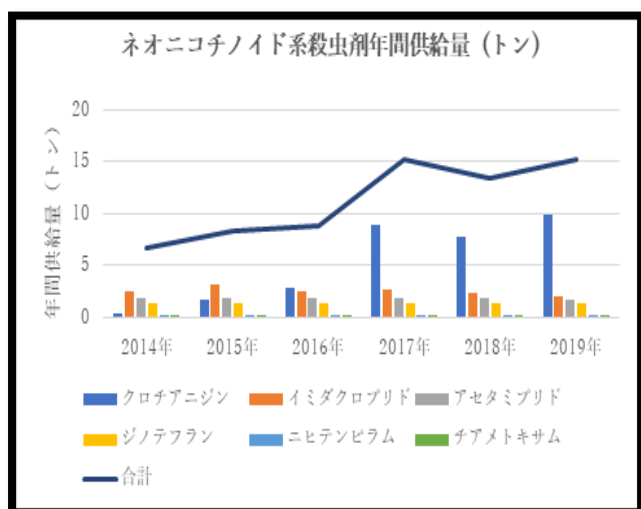


図9. 有機リン系及びネオニコチノイド系農薬年間供給量の推移（トン）

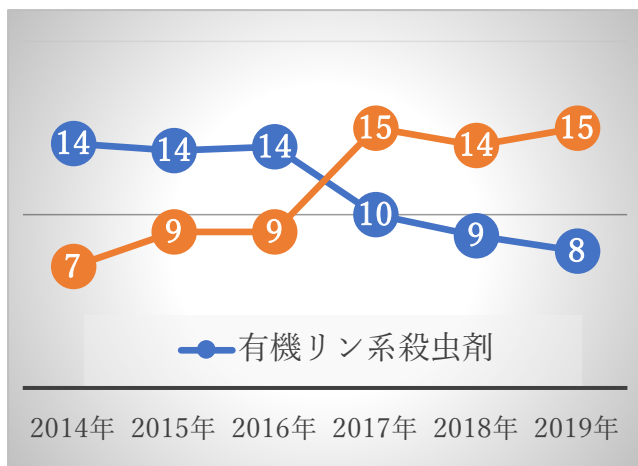
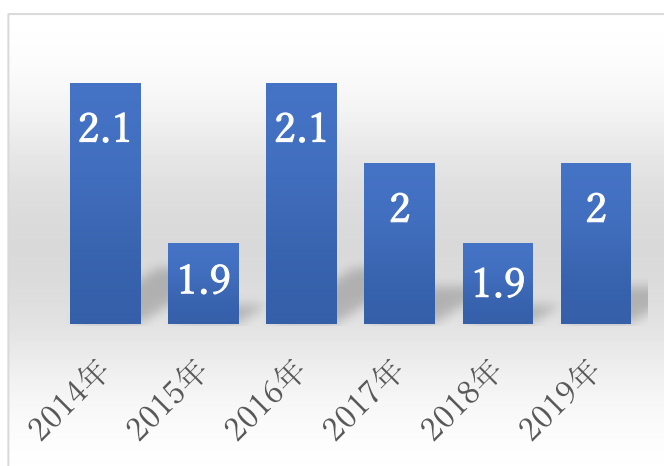


図10. グリホサート年間供給量（トン）



【各国のネオニコチノイド系及びフィプロニルの使用禁止・制限状況】

表3. 各国のネオニコチノイド系農薬使用禁止状況（神奈川県環境科学センター調査研究部資料）

	チアメトキサム	イミダクロプリド	クロチアジニン	アセタミプリド	ジノテフラン	チアクロプリド	ニテンピラム	フィプロニル
EU	×禁止	×禁止	×禁止	○	×未承認	○	×未承認	×失効
フランス	×禁止	×禁止	×禁止	×禁止	×未承認	×禁止	×未承認	×禁止
アメリカ	×禁止	×禁止	×禁止	○	△新規登録禁止	○	×未承認	○
日本	○	○	○	○	○	○	○	○

4. 宮古島の地下水・水道水の化学農薬による地下水複合汚染による健康影響

私たち研究会独自の調査で、クロチアジニン等のネオニコチノイド系農薬やフィプロニル等フェニルピラゾール系農薬が、島の広汎な地点で採水した地下水のみならず市内の水道水から検出された。驚くことに3種類の化学農薬が水道水で微量ながら検出され、水道水汚染の懸念が現実となった。農薬による広範な地下水汚染が広がっている。水道水はこの地下水を原水として利用しており、当然の結果である。EUを中心多くの先進国で禁止や使用制限（表3）のあるこれらの農薬を宮古島市では、日本で最も多く使用している。地下ダム止水壁により自然の水循環による浄化作用が十分でないこの地域での地下水複合汚染は、ある意味必然と言える。私たちは、たとえ微量であっても複数の汚染化学物質を含む水道水を毎日飲んでいる。これらの農薬の残留している食物を、知らずに毎日食べている可能性すらある。「これらの新しい農薬は、害虫には良く効くが、人には安全」との国からのお墨付きを信じて疑わない農家の方々は、知らないうちに直接暴露による健康影響を受けているかもしれない。飲水や飲食により体内に入った複数の化学農薬成分や代謝産物は相互に反応し毒性が高まり、健康影響リスクも増加する。これらの化学農薬の代謝産物は、親物質より数百倍の強い毒性を呈する場合もある(27)。わが国では、ネオニコチノイド系農薬の安全神話のもと、いまだに明確な水道水質基準や複数の農薬濃度の総量規制の基準さえ設定されていない。宮古島市では、これだけ多量に使用されているにも関わらず、市独自の農薬水質検査項目に含まれておらず地下水濃度を測定していない。農薬の複合汚染による影響評価がどうしても必要である。私たちの大切な子供たち、とくに胎児は、これらの農薬の毒性に敏感である。胎児期の脳発達の

大事な時期に発達神経毒性をきたすネオニコチノイド系農薬、フェニルピラゾール系農薬そしてグリホサート、さらに有機リン系農薬が、母親から胎児に移行し集中暴露に晒される。これらの化学農薬暴露と自閉症スペクトラム障害発症の関連が疑われている。4種類の神経発達毒性成分に晒された子供たちが将来、これらの発達障害を発症するリスクは非常に高い。専門家による子供たちの発達障害の疫学調査やこれらの農薬の尿中濃度測定を早急に行い、対策を考える必要がある。

宮古島市は、子供や成人の肥満、メタボリック症候群、2型糖尿病が全国でもトップレベルの多さである。過食、運動不足、アルコール多飲等生活習慣が主因と考える。ネオニコチノイド系農薬やグリホサートは、インスリン抵抗性を増加させ肥満、メタボリック症候群、2型糖尿病発症のリスクとなることが報告されている。これらの農薬への慢性的暴露が、肥満やメタボリック症候群、2型糖尿病発症の増悪因子となっている可能性は否定できない。医学的、疫学的調査が必要である。

農業従事者の有機リン系農薬暴露によるパーキンソン病発症は、フランスなど世界的に職業病と認知されている。グリホサートは、パーキンソン病と密接に関係しているドーパミンニューロンや GABA ニューロンの神経変性を起こすことが報告されている。ネオニコチノイド系農薬のクロチアニジン、高年齢者の脳に影響を及ぼす可能性があることも報告されている。これらの複数の農薬にさらされている宮古島の農業従事者の農薬関連パーキンソン病が増加してもおかしくない環境にある。医学的、疫学的調査が必要である。

宮古島の地下水はカルシウムや鉄を多量に含む高度硬水である。農業関連慢性腎臓病の多発するスリランカの農村地帯と環境が酷似している。慢性腎臓病は、将来の透析治療の予備軍である。医学的、疫学的調査が必要である。

2012年米小児学会は、「農薬暴露は小児がんのリスクを上げ、脳発達に悪影響を及ぼし健康障害を引き起こす」と勧告している。2015年、国際産婦人科連合は「農薬や環境ホルモン等有害な環境化学物質暴露により、ヒトの生殖・出産異常、子供の健康障害や発達障害が増加している」と警告している。2017年、欧州食品安全委員会は「食品中の残留農薬や食品添加物は子供の脳や免疫系の発達に影響を及ぼすので、暴露を極力下げる事」を提言している。

工場排水の有機水銀が引き起こした公害病・環境病として水俣病がある。50年たった今も、胎児性水俣病の患者さんは中毒性神経障害で苦しんでいる。魚や猫などの体重が軽く症状が出やすい生物の異変は、その環境でのヒトへの大規模な健康影響の予兆であるという重要な教訓を残した。60年前レイチェル・カーソンは、「沈黙の春」で、川から魚が姿を消し、森や庭先で鳥の鳴き声も聞かれない異変は、農薬等暴露により生態系に危機的状況が迫っている予兆であり、警告であると訴えた。

私たち研究会は、高野クルマエビ養殖場でのクルマエビ全滅の原因に関し、クルマエビ類急性ウイルス血症に加え、増悪因子として化学農薬の影響を疑った。養殖池残存飼育水や養殖池底砂から、複数のネオニコチノイド系やフェニルピラゾール系農薬が検出された。クルマエビなどの水生無脊椎動物は、これらの農薬に対し、標的昆虫に近い高い感受性を有することが報告されている(31)。低濃度であっても、慢性的にこれらの農薬にさらされたクルマエビでは、成長低下や脱皮の遅延、行動異常(32)そして免疫能が低下することが報告されている(33)。クルマエビへのPRDV感染に加え、飼育水の農薬汚染により個体の免疫能が低下し、感染しやすい状態となりウイルス感染爆発、共食いの増加そして全滅したと考える。この結果は、まさに坑道のカナリアである。

「沈黙の春」や「水俣病」で学んだ、ヒトへの深刻な健康影響の予兆であり自然からの警告である。

最後に)

農薬管理の基礎となる考えは、予防原則であり、特に欧米を中心に多数意見となりつつある。この予防原則とは、「ヒトに健康影響を及ぼし自然環境に重大あるいは回復不能な影響を及ぼす可能性がある場合は、科学的に

因果関係が十分証明されない状況でも規制措置を可能にする」という考えである(34)。

宮古島の地下水は、複数の化学農薬に加え、自衛隊駐屯地からの不十分な排水処理による複数の環境化学物質に晒されている。更に、陸上自衛隊や海上保安庁の実弾射撃場で使用される鉛弾由来の鉛微粒子、不適切な化学肥料施肥や不適切な家畜し尿処理による窒素の地下水への負荷、大問題となった産業廃棄物処理場跡地の残留ダイオキシンによる複合汚染の危機に晒されている。飲み水として利用できる唯一の水資源は、この地下水である。「命の水」として大切に受け継いできた。しかし、この10年で、急激な観光客の増加による大型リゾート施設の乱立、家族を含むと千数百人に及ぶ自衛隊駐留、仲原地下ダム附属施設としての地下排水トンネル建設等自然及び社会環境の激変があり、宮古島の地下水環境は見えないところで大きく変化している。一方、地下水汚染の懸念のあるラピサラ計画を、「命の水」を守る強い意志のもと中止に追い込んだが市民の高い意識は、今どこに消えたのだろうか。

宮古島市総合基本計画の第一番目に「かけがえのない地下水の保全」、「市民一人ひとりが地下水の仕組みや現状についての理解を深める機会を創出し、**本市に関わる全ての人が協働して地下水を保全します。**」と掲げている。エコアイランド宮古島推進計画 ver.2 で「千年先の未来へ～持続可能な島づくりの取り組み～美しい水を」、「私たち市民は、島の生活を支えるかけがえのない地下水を守ります。」、「地下水硝酸性窒素濃度2050年目標：2.02mg/L」と高らかに宣言している。宮古島の地下水複合汚染の現状を知ると、空虚に感じる。これだけ化学農薬が使用され、地下水そして水道水にまで検出されているにも関わらず地下水汚染物質は硝酸性窒素だけしか考慮していない。子供たちや将来世代の健康影響が懸念される実態があっても、行政は農薬汚染リスクの認識すらなく、これらの化学農薬による地下水汚染を防ぐためのモニタリング体制は不十分である。市民に対する地下水の保全への掛け声だけで、目標を達成する為の実施計画は形ばかりだ。今のままでは、地下水複合汚染の進行をとめることはできない。

クルマエビ全滅した養殖池でも農薬が検出されている。これらの農薬の関与はもはや疑う余地はない。

「沈黙の春」や「水俣病」で学んだ、私達の健康影響への警鐘と捉えるべきだ。今、早急に対策を取らないと地下水複合汚染が進み、「水が飲めない。水が飲めない島には、人は住まない。行き着く先は“沈黙の島”」となりかねない。地下水複合汚染の実態を市民、行政ともに「知り」、「学ぶ」中で対策を練り、市民・行政を中心としたステークホルダーで協働管理する地下水ガバナンスの仕組みを作るべきだ。子や孫そして将来世代に清浄な地下水を「つたえる」強い意志が、どうしても必要だ。残された時間はない。私達一人一人が、将来世代の健康と命を守るための責任を自覚し、「沈黙の島」ではなく、真の「持続可能なエコアイランド」達成に向けて、今こそ予防原則に基づいて地下水汚染を防ぐために行動を開始すべきです。

【参考文献】

1. 岐阜県河川および地下水におけるネオニコチノイド系農薬の調査
(林 義貴等 岐阜県公衆衛生検査センター 日本水環境学会シンポジウム 2017年)
2. 尼崎市内の地下水におけるネオニコチノイド系農薬の濃度分布
(三宅 謙 尼崎市衛生研究所報 第46号 2019)
3. 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
(亀田 豊 千葉工業大学 2019年)
4. 神奈川県相模川流域における河川水及び水道水のネオニコチノイド系農薬等の実態調査
(佐藤 学 水環境学会誌 Vol.39 No5. PP.153-162, 2016)
5. TBS 報道特集「ネオニコチノイド系農薬 人への影響は」<https://www.youtube.com/watch?v=0J1T-MO3t5U>

6. NOAEL-dose of a neonicotinoid pesticide, clothianidin, acutely induce anxiety-related behavior with human-audible vocalizations in male mice in a novel environment
(Hirano T. et al. Toxicology Letters Volume 282, 5 January 2018, Pages 57-63)
7. ネオニコチノイド系農薬暴露で惹起される経世代影響と高次脳機能破綻メカニズムの検証
(星 信彦 神戸大学大学院 動物分子形態学分野 2020年)
8. Quantitative elucidation of maternal-to-fetal transfer of neonicotinoid pesticide clothianidin and its metabolites in mice (Ohno S et al. Toxicology Letters vol.322(1) pp.32-38 2020)
9. Prenatal and early postnatal NOAEL-dose clothianidin exposure leads to a reduction of germ cells in juvenile male mice (Anai ,S et al. Journal of Veterinary Medical Science vol.79 No.7 2017)
10. Imidacloprid Promotes High Fat Diet-induced Adiposity and Insulin Resistance in Male C57BL/6JMice
(Sun Q.et al. J. Agric Food Chem. 64(49) 9293-9306 , 2016)
11. Immunotoxicity evaluation by subacute oral administration of clothianidin in Sprague-Dawley rats
(Onaru K et al. Journal of Veterinary Medical Science Vol82 No.3 pp360-372 2020)
12. Nicotine-Like Effects of the Neonicotinoid Insecticides Acetamiprid and Imidacloprid on Cerebellar Neurons from Neonatal Rats(Kimura-Kuroda J. et al. Plos One Feb. 29 2012)
13. Neonicotinoid Insecticides Alter the Gene Expression Profile of Neuron-Enriched Cultures from Neonatal Rat Cerebellum (Kimura-Kuroda,J. et al. Environ Res. Public Health 2016)
14. 新農薬ネオニコチノイド系農薬のヒト・哺乳動物への影響
(木村一黒田純子等臨床環境医学, 21 (1), pp.46-56 (2012))
15. Trophoblast toxicity of the neonicotinoid insecticide acetamiprid and an acetamiprid-based formulation
(Diego Gomez , Toxicology Volume 431, 15 February 2020)
16. LC-ESI/MS/MS analysis of neonicotinoids in urine of very low birth weight infants at birth
(G Ichikawa et al. PLOS ONE , 14(7) 2019)
17. Urinary neonicotinoids level among pregnant women in Japan
(Akane Anai et al. International Journal of Hygiene and Environmental Health Vol236 2021)
18. ネオニコチノイド系殺虫剤のヒトへの影響 その2 (平久美子 臨床環境医学 第21巻1号 2012)
19. ネオニコチノイド系殺虫剤の代謝産物 6-クロロニコチン酸が尿中に検出され亜急性ニコチン中毒様症状を示した6症例 (平久美子等 中毒研究 24 : 222-230, 2011)
20. 発達障害の原因と発症メカニズム: 脳神経科学の視点から (黒田 洋一郎 木村- 黒田純子 著)
21. Pesticides used in Europe and autism spectrum disorder risk (Organo JS. Et al. Environ. Res. 187 2020)
22. Prevalence and cumulative incidence of autism spectrum disorders and the patterns of co-occurring neurodevelopmental disorders in a total population sample of 5-year-old children
(Manabu S. et al. molecular Autism 2020)
23. Imidacloprid, a Neonicotinoid Insecticides, induces Insulin Resistance(Kim J Toxicol Sci. 38(5) 2013)
24. Effect of Pesticides on Development of Type 2 Diabetes Mellitus
(Khamitova et. IOP :Conf. Earth and Environmental Science 272 :2019 022153)
25. Association of neonicotinoids with insulin and glucose homeostasis parameters in USA adult -NHANES2015-2016(Vuong A M et al. Scientific Direct vol.286 ,part 1 2022)
26. Early-life chemical exposures and risk of metabolic syndrome

- (Nicole E De Long et. Diabetes Metab. Synd. Obes. 2017;10:101-109)
27. Parkinsonism Relating to Intoxication with Glyphosate
(Eriguchi A et al. Internal Medicine 58, 1935-1938 2019)
28. Glyphosate exposure exacerbates the dopaminergic neurotoxicity in the mouse brain after repeated administration of MPTP (Pu Y et al. Neuroscience Letters vol.730 21 2020)
29. Simultaneous exposure to multiple heavy metals and glyphosate may contribute to Sri-Lankan agricultural nephropathy (Jayasumana C et al. BMC Nephrology vol.16 103 2015)
30. Urinary concentrations of neonicotinoid insecticides were related to renal tubular dysfunction
And neuropsychological complaints in Dry-zone of Sri Lanka (Kumiko T et al. Scientific Reports 11 2021)
31. Neonicotinoid contamination of global surface water and associated risk to aquatic invertebrates
(Morrissey C.A. et al. Environmental International 74 291-303 2015)
32. Effect of insecticides, fipronil and imidacloprid, on the growth, survival, and behavior of brown shrimp
(Al-Barden A.A. PROS ONE 14(10) 2019)
33. The neonicotinoid insecticides imidacloprid, but not Salinity, impacts the immune system of Sydney rock oyster
(Were E.E. et al. Science of Total Environment Vol.742 (10) 2020)
34. ネオニコチノイド系農薬の環境と食品汚染の現状と課題 (上浦沙友里等 安全工学 vol.57 No.2 2018)