
総 説

防蟻工事におけるネオニコチノイド系殺虫剤使用と健康障害平 久美子¹⁾ 小森万希子¹⁾ 徳村雅弘²⁾

1) 東京女子医科大学附属足立医療センター麻酔科

2) 静岡県立大学食品栄養科学部環境生命科学科

**Use of neonicotinoids formula for termite control
and the health effect**Kumiko Taira¹⁾ Makiko Komori¹⁾ Masahiro Tokumura²⁾

1) Department of Anesthesiology, Adachi Medical Center, Tokyo Women's Medical University

2) Department of Environmental and Life Sciences, School of Food and Nutritional Sciences, University of Shizuoka

要旨

ネオニコチノイド系殺虫剤（ネオニコチノイド）は、長時間作用性のニコチン受容体の競合的作動剤で、農作物だけでなくシロアリ駆除にも用いられる。防蟻剤または殺菌剤との合剤の防蟻防腐剤として、イミダクロプリド、チアメトキサム、ジノテフラン、アセタミプリド、クロチアニジンを含む製剤が販売されている。これらの製剤および施工方法に対し業界団体は認定を与え適正使用を促しているが、施工後に居住者および近隣住民が長期にわたり健康障害を訴える事例が散見される。過去の事例から、ネオニコチノイドの吸入暴露の最小中毒量は低いと推定され、通常の工事でも室内汚染が生じ中毒を発症する可能性がある。施工者が居住者に散布する各薬剤の種類と特性、使用量、安全性の根拠を説明し室内や近隣の空気汚染を生じないように注意することに加え、設計段階から既存建築物のシロアリ防除が室内空気汚染をもたらさないよう工夫することが求められている。

(臨床環境 30 : 37 - 47, 2021)

《キーワード》ネオニコチノイド、木材保存剤、防蟻剤、シックハウス症候群、化学物質過敏症

受付：2022年2月7日 採用：2022年3月31日

責任著者：平 久美子

東京女子医科大学附属足立医療センター麻酔科

〒123-8558 東京都足立区江北4-33-1

Abstract

Neonicotinoid insecticides, long-lasting insecticides with nicotinic acetylcholine receptor competitive modulator action, are used for termite control as the first line active substances in Japan, e.g. imidacloprid, thiamethoxam, dinotefuran, acetamiprid, and clothianidin. Although safe termite control could be achieved in accordance with the method approved by the manufacturers, indoor air pollution and adverse health effects including neuropsychiatric symptoms, cardiovascular symptoms, and skin eruption have been reported due to the use, when overdoses, high concentrations, multiple formula, misapplication or inadequate ventilation was suspected. The minimal toxic dose of neonicotinoids during its inhalational exposure is quite low, e.g. subacute intoxication had occurred by 0.18 microgram/m³ of acetamiprid exposure after ariel spray for pine trees. The same level of indoor air pollution may occur, e.g. when 20 L of 0.01% imidacloprid formula is sprayed under ground floor of 2 storis house via an inspection hole, 70 m² floor space with 190 m³ space volume of ground floor, under the condition that doors and windows are shut and ventilating fans are operating, the indoor air concentration may increase up to 0.76 microgram/m³ within a few hours. The level of imidacloprid may be toxic, as the acceptable dose of intake of imidacloprid and acetamiprid are similar. Once indoor material pollution by neonicotinoids happened, it takes a long time to disappear, because the half-life of neonicotinoids is long, approximately more than several months. More careful use of neonicotinoids and house design for termite control is needed for the safety of residents.

(Jpn J Clin Ecol 30 : 37 – 47, 2021)

《Key words》 neonicotinoids, wood preservatives, termiticide, chemical hypersensitivity, indoor air pollution

緒言

日本は森林面積が国土の3分の2を占め、古来より木造建築物が好んで造られてきた。木材はシロアリなど昆虫の食害を受けるだけでなく、微生物、特に木材腐朽菌（担子菌門、ナミダダケ、カワラタケなど）により分解されるため、さまざまな木材保存剤が木造建築物に施用される^{1, 2, 3)}。シロアリ防除のための防蟻剤には、日本では主にピレスロイド系またはネオニコチノイド系殺虫剤（以下ネオニコチノイド）が用いられる⁴⁾。ネオニコチノイドは長時間作用性でニコチン性アセチルコリン受容体（以下ニコチン受容体）に競合的に作動し^{5, 6)}、気道および消化器粘膜から吸収されやすく⁷⁾、中枢神経系、末梢神経系、肺、腎臓、肝臓、精巣等に移行し⁸⁾、経口および吸入による中毒事例が報告されている⁹⁾。施工者が入念に防蟻工事を行おうとするあまり過剰散布になったり近隣の環境汚染をもたらしたりする可能性が常にあるが、その防止措置は確立されていない。著者らは、既存建築物に対しネオニコチノイド含有防

蟻剤を使用した後に、居住者が体調不良を訴えた事例を複数経験している。日本における防蟻剤としてのネオニコチノイド使用の問題点について、環境中毒の立場から考察する。

1. 木材保存に関する規制と管理

木造建築物の保存について、国は建築基準法等建築関係の法規に基づく基本書として「木造建築物等防蟻・防蟻・防虫処理技術指針・同解説（以下、技術指針）」を公表している¹⁰⁾。監修は国土交通省国土技術政策総合研究所と国立研究開発法人建築研究所で、2019年12月に30年ぶりの大幅な改訂版（以下、技術指針新版）が発表された。業界団体である公益社団法人日本しろあり対策協会（以下、同協会）は、ヤマトシロアリとイエシロアリの防除に防蟻処理を組み合わせたしろあり防除施工の方法について「防除施工標準仕様書（以下、同仕様書）」を作成し、業界内の作業の平準化を図るとともに、地域別の処理の適応区分や処理の方法、処理の箇所について、調査研究と被害

実態を踏まえた改訂を数年ごとに行なっている¹¹⁾。このほか同協会は、アメリカカンザイシロアリおよびダイコクシロアリへの対策として「乾剤シロアリの総合管理システム」を作成している¹²⁾。

2. シロアリの生態と対策

日本に生息し木造建築物に加害する主な節足動物は、ヤマトシロアリ、イエシロアリ、アメリカカンザイシロアリ、ダイコクアリで、この中でイエシロアリのみが土中に営巣し、その他は住宅の木部を食害しながら巣とする^{2,13)}。ヤマトシロアリとイエシロアリは地中内を通して建物に侵入することが多い。現在のところ、イエシロアリは神奈川県以西の海岸線に沿った温暖な地域と千葉県の一部、南西諸島、小笠原諸島に分布し、ヤマトシロアリは北海道北部を除く日本全土、アメリカカンザイシロアリは1976年に初めて日本で発見され全国で散発的に発生、ダイコクシロアリは奄美大島以南に分布するとされる¹³⁾。他の節足動物と同じく気温の高い地域では勢いが強いいため温暖化による北上が懸念されている。

技術指針新版では、30年間の国内シロアリ分布の変化を踏まえ、同仕様書との乖離を解消する形で建設地を2地域区分とし、防腐処理は全国一律、土壌処理についてはこれまで適用区分とされていなかった北海道についても、シロアリの生息が認められない一部地域を除き必要に応じて行うこととした¹⁰⁾。また寒冷地における腐朽リスクを再評価した研究結果を受け、製剤の保存処理は、青森、北海道の寒冷地を含めて全国一律となった。このほか鉄骨造であってもシロアリが侵入・加害する事例もあることから混構造の木造部分も対象とすること、既存建築物も対象とすることが明記された。すなわち、しろあり防除施工は全国的に、より徹底して行われるようになってきている。

同仕様書は、新築建築物しろあり予防処理、既存建築物しろあり防除処理、維持管理型しろあり防除工法の3部構成である¹¹⁾。新築時には土壌処理と木部処理の両方を行い5年を目処に再処理す

る。既存建築物の処理は、建築物を食害しているシロアリを駆除し今後のシロアリの被害を予防する場合と、被害はないが予防のために行う場合がある¹¹⁾。それぞれの処理で使用する薬剤、施工方法、防蟻材料について同協会は薬剤認定・工法登録規定集¹⁴⁾を作成し認定を与えている¹⁵⁾。

土壌処理は、ヤマトシロアリやイエシロアリの通過する恐れのある建物の基礎の内側や束石の周囲の土壌表面に薬剤による防蟻層を形成することを目的とする¹¹⁾。土壌処理剤は建築物の床下土壌に散布し防蟻層を形成するもので、防蟻剤が含まれ防腐剤は含有しない。同仕様書によれば、新築建築物、既存建築物とも、基礎内側の土壌を対象とし建築物の外周辺は行わない。また、基礎の内側であっても環境汚染の恐れのある場合は土壌処理を行わない。最近では、防蟻効果の他に土壌からの水分蒸散防止を目的とした土壌被膜形成工法やシート工法も採用されている。

木部処理は、木材を薬剤で処理し防蟻および防腐の効果をもたせる方法である¹¹⁾。使用する薬剤は予防駆除剤と呼ばれ、殺虫剤のほか防腐目的の抗菌剤も含まれる。噴霧器を用い薬剤を木材表面に吹き付け処理する方法、刷毛等で塗布する方法に加え、既存建築物に対し木材や壁体に穿孔して薬液を注入する方法がある。新築建築物の木部処理は、通常基礎天端から1mまでの部材、浴室回り部材、洗面所や台所等の水回り部分の木材を対象とする。既存建築物の木部処理は、原則1階部分が対象だが、2階以上でも被害がある箇所には処理を行い、水場廻り、結露がある部分など被害や腐朽の恐れがある部分も対象となる。すなわち既存建築物に対し、たっぷり広範囲に処理することを同仕様書は支持している。このほかベイト工法といってシロアリの駆除剤を混入した餌（ベイト剤）をシロアリに摂食させて、シロアリの集団を死滅させる方法がある。乾材シロアリ用駆除薬剤は、アメリカカンザイシロアリおよびダイコクシロアリに対して用いられ、防腐剤は含有しない¹²⁾。

3. 使用薬剤

2022年の同協会の認定薬剤リスト⁴⁾によれば、防蟻剤として用いられている殺虫剤は、ピレスロイド系(エトフェンプロックス、ペルメトリン、シラフルオフェン、ビフェントリン、d・d-T シフエントリン、プラレトリン、ピレトリン)、カーバメート系(フェノブカルブ)、ネオニコチノイド系および同様の作用機序をもつもの(イミダクロプリド、クロチアニジン、ジノテフラン、チアメトキサム、アセタミプリド、フルピラジフロネ)、フェニルピラゾール系(フィプロニル、ピリプロール)、ジアミド系(クロラントラニプロール)、その他(クロルフェナピル、メタフルミゾン)である。現在日本で農薬登録されているネオニコチノイド系および同様の作用機序をもつもの、その他の作用機序で防蟻剤として用いられる主なものの物理化学的特徴をTable 1に示す。引用元は各物質の農薬抄録および国の評価書である。過去には、クレオソート油、CCA(銅、クロム、ヒ素化合物)、有機スズ化合物、有機塩素系(γ -BHC、ディルドリン、ヘプタクロル、クロルデン、モノクロルナフタリン、パラジクロルベンゼン)、有機リン系(ホキシム、クロルピリホス、ピリダフェンチオン、フェニトロチオン、テトラクロルビンホシ、プロペタンホス)などが用いられた¹⁾が、クレオソート油は処理作業時の悪臭や皮膚刺激、発癌性成分の含有、CCAは処理材の焼却廃棄時の有害物質の発生、有機スズ化合物は蓄積性のため使われなくなり¹⁾、有機塩素系は揮発性、並外れた残留性、そして発がん性が問題となって使用禁止となり¹⁶⁾、有機リン系は、床下散布後に室内空気質から検出されること^{17,18)}、居住者の健康を害したと推定される例が報告されたこと¹⁹⁾、変異原性²⁰⁾やアセチルコリンエステラーゼ以外の多種類の酵素阻害による慢性神経毒性が示されたこと²¹⁾、残留性の高いクロルピリホスについてシックハウス症候群予防の観点から国の規制が進んだこと²²⁾から用いられなくなった。

予防駆除剤には上記防蟻剤に防腐剤として殺菌剤が添加され、ヘテロサイクリック系化合物(シ

プロコナゾール、ヘキサコナゾール、テブコナゾール、プロピコナゾール、チアベンダゾール、イソチアゾリン、F-69)と有機ヨウ素系化合物(トロプロカルブ、IPBC、IF-NR)が用いられる²⁾。主なものをTable 2に示す。有機ヨウ素系のうち、IPBCとIF-NRは、揮発性が高く吸入毒性が強い。IPBCは動物実験で、立毛、自発運動の減少、眼周囲の血液様の汚れを生じ、生殖毒性として妊娠動物の体重増加減少、甲状腺重量増加、胃重量増加、胎児死亡の増加が観察された²³⁾。IF-NRは製造者が作成した毒性に関する文書があるが²⁴⁾、動物実験に関する詳細な記載は見当たらない。製剤の一般的特徴として、水溶性を高めるための界面活性剤(NMP等)、溶剤(グリコールエーテル等)、凍結防止剤、効力増強剤などが添加されていることがあり、これらの毒性も考慮に入れる必要がある。この他、バイト工法には、昆虫成長制御剤(クロルフルアズロン、ビストリフルロン、ヘキサフルムロン、ノバフルムロン)が用いられる²⁾。

しろあり防除に用いられる製剤は、1回の施用で5年間の効果持続を目処に調製されていて、安全性の評価については、公益財団法人日本住宅・木材技術センターが、原体の変異原性、28日反復経口投与毒性、急性神経毒性、原体及び製剤の急性経口毒性、急性経皮毒性、急性吸入毒性、製剤の眼一次刺激性、皮膚一次刺激性、皮膚感作性について、農薬登録時に作成する農薬抄録のデータを参照しつつ行っている¹⁴⁾。多くが農薬登録を受けていて哺乳類毒性に関する比較的詳細なデータがあるが、農薬登録を受けていないものについては哺乳類への毒性に関する詳細なデータが入手困難である。ピレスロイド系の油剤を除く大半の製剤が水で希釈して使用することになっているが、製品により希釈倍率がまちまちで、誤ってまたは故意に原液のままあるいは低い希釈倍率で施用する危険がある(Table 3)。複数製剤の併用についての有効性および安全性の情報はない。農業害虫防除においてイミダクロプリド製剤とビフェントリン製剤の併用は防除効果が減弱するとの報告がある²⁵⁾。

Table 1. Chemical properties of insecticides.

Insecticides	Molar Mass	solubility for water (g/L, pH7)	log P _{ow}	Vapor Pressure (Pa)	Odor
Neonicotinoids*					
Imidacloprid	255.7	0.48	0.57	2.0x10 ⁻⁷ , 20°C	faint
Acetamiprid	222.7	2.95	0.8	<1.0x10 ⁻⁶ , 25°C	odorless
Nitenpyram	270.7	840	-0.66	1.1x10 ⁻⁹ , 20°C	odorless
Thiacloprid	252.7	0.185	1.26	8.0x10 ⁻¹⁰ , 20°C	odorless
Thiamethoxam	291.7	4.1	-0.13	6.6x10 ⁻⁹ , 25°C	odorless
Clothianidin	249.7	0.327	0.7	1.3x10 ⁻¹⁰ , 25°C	odorless
Dinotefuran	202.2	40	-0.55	<1.7x10 ⁻⁶ , 30°C	odorless
Sulfoxaflor	277.3	0.568	0.80	2.0x10 ⁻⁶ , 25°C	strong
Flupyradifurone	288.7	3.2	1.2	1.7x10 ⁻⁷ , 25°C	faint
Triflumezopyrim	398.3	0.23	1.3	2.7x10 ⁻⁸ , 25°C	odorless
Flupyrimin	315.7	0.167	1.68	<2.2x10 ⁻⁵ , 25°C	odorless
Organophosphate					
Fenitrothion	277.2	0.019	3.43	1.8x10 ⁻³ , 20°C	faint
Chlorpyrifos	350.6	0.00094	4.7	2.4x10 ⁻³ , 25°C	mercaptan-like
Diazinon	304.3	0.060	3.42	1.2x10 ⁻² , 25°C	aromatic
Pyrethroid					
Bifenthrin	422.9	<0.0000001	6.6	2.4x10 ⁻⁵ , 25°C	odorless
Permethrin	391.3	0.000011	6.36	6.8x10 ⁻⁷ , 25°C	odorless
Etofenprox	356.5	0.000023	6.9	8.1x10 ⁻⁷ , 25°C	faint -aromatic
Silafluofen	408.6	0.000001	8.2	2.5x10 ⁻⁶ , 20°C	faint -phenol
d-d-T-Cyphenothrin	375.4	<0.000001	>6.6	1.3x10 ⁻⁵ , 25°C	characteristic
Others					
Fenobucarb	207.3	0.420	2.67	9.9x10 ⁻³ , 20°C	faint -aromatic
Fipronil	437.1	0.00378	4.0	<2x10 ⁻⁶ , 25°C	odorless
Chlorantraniliprole	483.2	0.001023	2.76	6.8x10 ⁻⁷ , 80°C	odorless
Chlorfenapyr	407.6	0.00012	4.83	<1.3x10 ⁻⁵ , 25°C	odorless
Metaflumizone	506.4	0.00000179	5.1	3.4x10 ⁻⁸ , 25°C	odorless
Paradichlorobenzene	147.0	0.105	3.37	170, 20°C	characteristic

* : Insecticides with nicotinic acetylcholine receptor competitive modulator action

Table 2. Chemical character of fungicides used for wood preservation.

Fungicide	Molar Mass	Vapor Pressure (Pa)	Inhalational LD ₅₀ (mg/L), rat	odor	Combined use
Cyproconazole	291.8	2.6×10^{-5}	>5.645	odorless	Imidacloprid Thiamethoxam Silafuofen Permethrin
Hexaconazole	314.2	1.8×10^{-5}	>5.9	odorless	Dinotefuran Clothianidin Pyrethrin Prallethrin
Tebuconazole	307.8	1.7×10^{-6}	>0.371	characteristic	Clothianidin
Propiconazole	342.2	5.6×10^{-5}	>5.8	odorless	Clothianidin
Thiabendazole	201.2	5.3×10^{-7}	>0.397	odorless	Thiamethoxam
Isothiazolin	213.3	3.6×10^{-3}	0.586	strong	Imidacloprid
F-69	311.4		>5.35	characteristic	Dinotefuran
Tolprocarb	346.3	1.8×10^{-6}	>5212	odorless	Etofenprox Permethrin
IPBC	281.1	7.1×10^{-3}	0.63	mild- characteristic	Permethrin Bifenthrin Etofenprox Silafuofen
IF-NR	318.1	4.3×10^{-2}	0.39	No data	Imidacloprid

Isothiazolin, 2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-one ; F-69, 2-(2,4-Difluorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazole-1-yl)-3-(trimethylsilyl), no English name ; IPBC, 3-Iodo-2-propynyl butylcarbamate

4. 防蟻工事に伴うヒトの中毒事例

過去の報告例として、2001年の小林らのイミダクロプリド製剤についての事例がある²⁶⁾。生来健康な50歳女性がしろあり駆除の為、築25年の木造2階建の自宅床下に業者に依頼しハチクサンFLTM（2% イミダクロプリド、界面活性剤）を撒布し、同時に換気ファンを設置した。同日より1F室内に刺激臭を感じたが、そこに起居していたところ3日後より心悸亢進が生じると共に不安感が強くなり、顔面から前胸部にかけてび慢性淡

紅色斑と眼瞼の腫脹を生じた。使用した物質のパッチテストは陰性でアレルギーは否定的だった。換気ファンを止め、換気を励行し、なるべく1Fで過ごさないよう指導したところ、1ヵ月後防蟻剤の異臭はほぼ消失、症状も消失し以後再燃はなかったという。イミダクロプリドの揮発性は低い（Table 1）、室内で刺激臭を感じたことから、床下のイミダクロプリド製剤が、粉塵に吸着し換気ファンの運転により室内に流入したと推定された。

Table 3. Wood preservatives for surface treatment containing neonicotinoids

Active ingredient	Product name	Conc. (%)	Dilution factor	combined fungicide
Imidacloprid	Hachikusan 20WE	2	20	Cyproconazole
	Hachikusan SL	2	20	Cyproconazole, Isothiazolin
	Hachikusan ME	2	20	Cyproconazole, IF-NR
	Hachikusan FL	20	200	None*
Clothianidin	Suisei Xylamon 3W	0.6	3	Propiconazole, IPBC
	Xylamon Trad	0.2	1	Propiconazole, ebuconazole
	Takelock SP20W	2	20	Propiconazole, IPBC
	Takelock 20DC	2	20	Propiconazole, IPBC
	Takelock 8WS Emulsion	0.8	8	Hexaconazole, IPBC、
	Gantoner 20EC	1.5	20	Hexaconazole, IPBC、
	Gantoner MC for Wood	1	20	Hexaconazole
	Takelock MC50 Super	2.5	50	None*
Thiamethoxam	Optigard 20EC	2	20	Cyproconazole, Thiabendazole
	Aqua Arizohru TC	2	18	Cyproconazole, Thiabendazole
	Xamox 20WE	2	20	Cyproconazole, Thiabendazole
	Suisei Shiroari Super Ex	2	18	Cyproconazole, Thiabendazole
	Optigard ZT	20	200	None*
Dinotefuran	Mikeblock Emulsion	5	50	F-69
	Shiroari Mikeblock	5	50	F-69
	Laror Emulsion 「SES」	2	20	Hexaconazole
	Mikeblock	20	100	None*
Acetamiprid	Nexus SC	0.5	50	Pyriprole
	Shiroari Super for Soil SC50	0.5	50	Pyriprole

* For exterminating lumber termite

著者らも同じ製剤で類似の症状を訴えた事例を経験した。築10年の住宅において、業者が1階床の点検口から床下に入り噴霧器を用いイミダクロプリド含有製剤（ハチクサン[®] FL）の吹き付け処理したところ、施工当日夜から、居住する30代女性は全身のしびれ、関節痛、筋肉痛、下肢の筋

脱力、筋攣縮、前腕尺側の知覚低下、うつ状態を自覚、3ヶ月間持続し、7歳男児は、咽頭痛を訴え嘔吐、夜に足をバタバタして泣き、ぼーっとして口数が減り、翌日から頭痛と全身痛を訴え、体の動きがぎこちない、失禁、流涎、会話が混乱し字が汚くなる、ぼーっとして落ち着きがない、そ

の日食べたものを忘れる、聴覚過敏の症状が1ヶ月間持続し、5歳男児は、腹痛、頭痛、足のしびれ、ふるえ、聴覚過敏が1ヶ月間持続した。また別のイミダクロプリド製剤での事例として、築10年の2階建住宅に業者が1階床の点検口から床下に入り噴霧器を用いイミダクロプリド、IF-NR含有製剤（ハチクサン[®]ME）の散布を実施したところ、工事終了後に1階に戻った居住者に数時間して悪心、嘔吐、下肢脱力、流涎、翌日には筋痛、以後、咳、皮膚の膨疹が出現し、蛋白尿が1年以上持続した。本事例ではイミダクロプリド中毒にIF-NR中毒も併存していた可能性がある。

我々の推算では、床面積が70m³、空間容積190m³の1階部分に、玄関および窓は閉じられ1階および2階の換気扇が稼働し点検口を介して床下から室内に空気の流れが生じた状態で、点検口から1F床下にイミダクロプリド製剤1L（イミダクロプリドにして20g）を20倍に希釈し噴霧すると、予測室内空気中濃度は最大0.30-0.76 μg/m³、暴露2時間の予測摂取量は0.15-0.60 μgとなる。過去のネオニコチノイドの環境中毒として、2005年の群馬県における松枯れ対策のためのアセタミプリド散布後の事例がある²⁷⁾。約1ヶ月間の間に63名（うち13名が化学物質過敏症の既往がある）が、胸痛、胸部苦悶、動悸、頭痛、めまい、吐き気を訴えて受診し、全員に受診数日後から化学物質過敏症の症状が出現した。うち47人が改善、14人が不変、2人が増悪した。散布時に測定されたアセタミプリドの気中濃度は、散布中で最大0.18 μg/m³、散布後は検出感度以下で、暴露2時間の予測摂取量は0.23 μgだった²⁸⁾。イミダクロプリドの1日許容摂取量（ADI）が0.057 mg/kg/日、アセタミプリド0.071 mg/kg/日であることから両者の毒性がほぼ同等であると仮定すると、床下から室内への空気の持続的流入がある状態で、人が居住中の住宅1階の室内点検口から床下に入ってイミダクロプリド水溶液散布を行なうと、室内濃度が中毒レベルに上昇する可能性は否定できない。同仕様書では、5年おきの既存建築物のしろあり防除施工のため、どのような散布経路が望ましいかには言及していない。技術指針新

版では、床下、小屋裏に点検口を設けることとしているが、しろあり防除施工のために室内の床下点検口を用いることには室内空気汚染防止の観点から疑問が残る。

このほか、人が居住中のツーバイフォーの住宅の浴室リフォーム工事で、業者が本部処理を基礎天端2mまでチアメトキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール含有防蟻防腐剤（オプティガード[®]20EC）を用いたあと、居室に接した壁が1か月以上に渡り濡れたままで、居住者が両側大腿前面の知覚異常を半年以上にわたって訴えた事例がある。また別の事例では、人が居住する築10年の2階建ての住宅に防蟻工事を行なった際、外周にクロチアニジン含有防蟻剤（タケロック[®]製剤）による土壌処理を行ったところ、2階の居室の窓が開いていて、その部屋で寝ていた居住者の一人がその後心身の不調を訴え化学物質過敏症を発症し就業困難となった。通常、工事直後のネオニコチノイドの気中濃度測定および患者試料（尿など）の採取保存は行われないため、暴露および非暴露の証明は困難である。また患者が被害者として施工業者に補償を要求する過程で自らの症状を訴えること、あるいは施工業者からの反論に対する怒り、恐怖、不安などの感情は、精神神経症状を固定化、重症化させる要因となりうる。

5. ネオニコチノイド吸入中毒の病態生理

ネオニコチノイドを持続的に吸入した場合の最小中毒量が、食品安全委員会の評価書に記載されている動物実験に基づく値よりはるかに低いことには蓋然性がある。第一に、ネオニコチノイドが多種類の野菜、果物、茶葉の栽培に繁用され残留しているため²⁹⁾、日本人の大半が多種類ネオニコチノイドの慢性暴露状態にあり³⁰⁾、中毒発症閾値が下がっていると予想される。第二に、ネオニコチノイドが環境中に長期間残留することにより一旦散布が行われると様々な経路から暴露が持続しうる。吸入暴露では肝臓での代謝を受ける前に肺から左心室を経て直接脳神経組織に分布するため組織濃度が上昇しやすい。いったん室内が汚染さ

れるとネオニコチノイドの半減期が長いいため持続暴露となりうる。吸入した製剤に含有される防腐剤や界面活性剤の影響も無視できない。第三に、例えばイミダクロプリドは、肝臓でより毒性が強くニコチン受容体親和性の高いデスニトロイミダクロプリドに一部代謝され、原体とともに脳、腎臓、肺等に分布しうる^{7,8)}。第四に、ネオニコチノイドの持続的なニコチン受容体刺激により、アップレギュレーションが生じうる。例えばイミダクロプリドの慢性暴露では脳の組織濃度の上昇とともにニコチン受容体のアップレギュレーションが起こる^{8,31)}。その場合、現在なお使用が継続されている有機リン系殺虫剤やカーバメート系殺虫剤の食品等からの摂取に伴い、シナプス間隙のアセチルコリンが増加し神経活動の不安定性が生じやすいと推測される。

ネオニコチノイドの低濃度持続暴露後に化学物質や電磁場への過敏症状が生じる理由として、中脳から視床下部にかけての中樞神経機能異常が想定される。ネオニコチノイドには時間累積毒性があり³²⁾、動物実験においてイミダクロプリドの慢性少量暴露は中脳脚間核のnAChRを増加させる³¹⁾。中脳脚間核から背外側被蓋核に投射するγ-アミノ酪酸 (GABA) ニューロンにはnAChRが発現し、少量ニコチン暴露によるニコチンに対する嫌悪感に関連する³³⁾。また、重症筋無力症においてnAChRへの自己抗体の出現に一致して眼瞼下垂とともに味覚及び嗅覚の変化、記憶障害が出現した症例が報告されている³⁴⁾。

このほか、ネオニコチノイドには腎毒性がある。イミダクロプリドとチアメトキサム暴露後の腎障害がそれぞれ報告され^{35,36)}、動物実験でも同様の事象が報告されている³⁷⁾。スリランカの原因不明の慢性腎臓病多発地域で、尿細管機能低下が尿中ジノテフラン、イミダクロプリド、チアクロプリド検出と関連することが示されている³⁸⁾。ネオニコチノイド系殺虫剤を用いた防蟻工事後に室内汚染が起こり蛋白尿や急性腎障害が生じる可能性は皆無ではない。

6. 結論

ネオニコチノイド系殺虫剤を用いた防蟻工事、特に業界団体の防除施工標準仕様書に従わない変則的な使用は、居住者および近隣住民に健康影響をもたらす危険がある。防蟻工事にともなうネオニコチノイド系殺虫剤による健康障害および紛争の予防のために、施工者は、事前に居住者に散布する各薬剤の種類と特性、使用量、安全性の根拠を説明し記録に残し、室内空気汚染及び近隣へのドリフトが生じないよう万全の注意を払う必要がある。また木材を使用した新築住宅の設計に携わる者は、新築後5年おきに行うであろうしろあり防除工事に際し、居住者にも施工者にも中毒が生じないよう工夫する必要がある。

利益相反

なし

引用文献

- 1) 高橋旨象：〈総説〉しろあり防除技術の現状と展望。木材研究・資料 28: 33-47, 1992
- 2) 吉村剛：シロアリの生態とその防除方法に関する研究。環動昆. 21: 259-265, 2010
- 3) Henderson G, Gautam BK, et al. Impact of Ground-Applied Termiticides on the Above-Ground Foraging Behavior of the Formosan Subterranean Termite. *Insects* 7: 43, 2016 doi:10.3390/insects7030043
- 4) 公益社団法人日本しろあり対策協会：しろあり防除薬剤等認定一覧。 <https://www.hakutaikyo.or.jp/jigyou/nintei> (2022.3.8)
- 5) Sparks TC, Nauen R. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pestic Biochem Physiol.* 121:122-8, 2015 doi: 10.1016/j.pestbp.2014.11.014.
- 6) Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22: 5-34, 2015 doi:10.1007/s11356-014-3470-y
- 7) 平久美子. ネオニコチノイド系殺虫剤のヒトへの影響—その2: 薬理学的特徴, 使用状況, 規制, 考察—. *臨床環境* 21: 35-45, 2012
- 8) Nimako C, Ikenaka Y, et al. Chronic low-dose exposure to imidacloprid potentiates high fat diet-mediated liver steatosis in C57BL/6J male mice. *J Vet*

- Med Sci. 83: 487-500, 2021 doi: 10.1292/jvms.20-0479.
- 9) 平久美子. ネオニコチノイド系殺虫剤のヒトへの影響—その1: 物質としての特徴, ヒトにおける知見—. 臨床環境 21: 24-34, 2012
- 10) 国土交通省国土技術政策総合研究所, 国立研究開発法人建築研究所. 木造建築物等防腐・防蟻・防虫処理技術指針・同解説. 公益社団法人日本しろあり対策協会, 2019, 東京
- 11) 公益社団法人日本しろあり対策協会: 防除施工標準仕様書. 2021, <https://www.hakutaikyo.or.jp/boujo/files/shiyouso.pdf>
- 12) 公益社団法人日本しろあり対策協会: 乾剤シロアリの総合管理システム. 2008, <https://www.hakutaikyo.or.jp/boujo/files/sougoukanri.pdf>
- 13) 公益社団法人日本しろあり対策協会: シロアリ Q&A. <https://www.hakutaikyo.or.jp/faq/1813.html?cattitle=生態に関する事&catterm=biology> (2021.11.21)
- 14) 公益社団法人日本しろあり対策協会: 薬剤認定・工法登録規定集. <https://www.hakutaikyo.or.jp/jigyounintei> (2021.11.21)
- 15) 公益社団法人日本しろあり対策協会: 事業活動, 薬剤認定の流れ. <https://www.hakutaikyo.or.jp/jigyounintei> (2021.11.21)
- 16) 安居院宣昭: 「医薬品医療機器等法」(旧薬事法) による殺虫剤・殺鼠剤の法規制の現状. Pest Control Tokyo 73: 3-10, 2017 <http://www.pestcontrol-tokyo.jp/img/pub/073r/073-01.pdf>
- 17) Dai H, Asakawa F, et al. Investigation of Indoor Air Pollution by Chlorpyrifos: Determination of Chlorpyrifos in Indoor Air and 3,5,6-Trichloro-2-pyridinol in Residents' Urine as an Exposure Index. Environ. Health. Prev. Med. 8: 139-145, 2003
- 18) Tsuji K, Fushiaki Y, et al. Simultaneous of Termiticides in Indoor Air by Using Gas Chromatography Mass Spectrometry. J UOEH 27: 423-430, 2005
- 19) 公害等調整委員会事務局. 化学物質過敏症に関する情報収集, 解析調査報告書. pp42, 2008 https://www.soumu.go.jp/main_content/000142629.pdf (2021.11.23)
- 20) Goto S, Asada S, et al. Tumor-Promoting Activity and Mutagenicity of 5 Termiticide Compounds. J UOEH 26: 423-430, 2004
- 21) Casida JE, Quistad GB. Organophosphate Toxicology: Safety Aspects of Nonacetylcholinesterase Secondary Targets. Chem. Res. Toxicol. 17: 983-998, 2004
- 22) 「クロルピリホスを発散するおそれがない建築材料を定める件」, 国土交通省告示 1112 号平成 14 年 12 月 26 日.
- 23) 野田勉, 山野哲夫, 他. 抗菌剤 3-Iodo-2-propynyl butylcarbamate のラットにおける発生毒性. 生活衛生 43: 21-26, 1999
- 24) ナガセケムテックス株式会社. IF-NR カタログ https://hugepdf.com/download/ifnr_pdf (2021.11.23)
- 25) Jones MM, Duckworth JL, et al. Toxicity of Bifenthrin and Mixtures of Bifenthrin Plus Acephate, Imidacloprid, Thiamethoxam, or Dicrotophos to Adults of Tarnished Plant Bug (Hemiptera: Miridae). J Econ Entomol. 111:829-835, 2018 doi: 10.1093/jee/tox341.
- 26) 小林康隆, 中田良子, 他: シックハウス症候群の 1 例. 臨床 55: 693-696, 2001
- 27) 平久美子, 青山美子. 2005 年に一定地域のネオニコチノイド系および有機リン系殺虫剤散布後自覚症状を訴え受診した患者の心電図所見とその季節変動. 臨床環境 15: 114-123, 2006
- 28) 市川有二郎, 盛山充, 本山直樹. 群馬県で松林にスパウターを用いて散布されたアセタミプリド液剤の飛散状況. 日本農薬学会誌. 33: 281-288, 2008
- 29) Taira K: Human neonicotinoids exposure in Japan. Jpn. J. Clin. Ecol. 23: 14-24, 2014
- 30) Ueyama J, Harada KH, Koizumi A, Sugiura Y, Kondo T, Saito I, Kamijima M. Temporal Levels of Urinary Neonicotinoid and Dialkylphosphate Concentrations in Japanese Women Between 1994 and 2011: Environ. Sci. Technol. 49:14522-8, 2015 doi: 10.1021/acs.est.5b03062.
- 31) Burke AP, Niibori Y, Terayama H, Ito M, Pidgeon C, Arsenault J, Camarero PR, Cummins CL, Mateo R, Sakabe K, Hampson DR: Mammalian Susceptibility to a Neonicotinoid Insecticide after Fetal and Early Postnatal Exposure. Sci. Rep. 8: 16639, 2018 [Epub: Nov 9, 2018] doi: 10.1038/s41598-018-35129-5
- 32) Pisa LW, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, et al.: Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. Environ. Sci. Pollut. Res. 22: 68-102, 2015 doi: 10.1007/s11356-014-3471-x
- 33) Wolfman SL, Gill DF, Bogdanic, Long K, Al-Hasani R, McCall JG, Michael R. Bruchas MR, McGehee DS: Nicotine aversion is mediated by GABAergic interpenduncular nucleus inputs to laterodorsal tegmentum. Nature Communications 9: 2710, 2018 [Epub: July 13, 2018] doi: 10.1038/s41467-018-04654-2
- 34) Musha M, Tanaka F, Ohuti M. Psychoses in three cases with myasthenia gravis and thymoma—proposal of a paraneoplastic autoimmune neuropsychiatric syndrome. Tohoku J Exp Med. 169:335-44, 1993

- https://www.jstage.jst.go.jp/article/tjem1920/169/4/169_4_335/_pdf. (2021.11.23)
- 35) Ramanathan, S, Kumar, M S, et al. Thiamethoxam, a neonicotinoid poisoning causing acute kidney injury via a novel mechanism. *Kidney. Int. Rep.* 17: 1111-1113, 2020 10.1016/j.ekir.2020.04.009
 - 36) Agha, A, Bella, A, et al. Imidacloprid poisoning presenting as leukoclastic vasculitis with renal and hepatic dysfunction. *Saudi J. Kidney Dis. Transpl.* 23: 1300-3, 2012 10.4103/1319-2442.103584
 - 37) Leila S, Raki Aziz, RA, et al. Investigation of renal toxicity induced by neonicotinoid (thiamethoxam) insecticide in mice. *Int. J. Biol.Agric. Res.* 1: 21-27, 2018
 - 38) Taira K, Kawakami T, et al. Urinary concentrations of neonicotinoid insecticides were related to renal tubular dysfunction and neuropsychological complaints in Dry-zone of Sri Lanka. *Sci Rep* 11: 22484, 2021 [Epub: Nov 18, 2021] doi: 10.1038/s41598-021-01732-2