

資料編

目次

資料 1	鳥類リスク評価・管理手法検討会 ^{注1} 委員名簿.....	33
資料 2	第 3 次環境基本計画等の抜粋	34
資料 3	海外における農薬による鳥類死亡事例.....	39
資料 4	鳥類における農薬の残留実態	41
資料 5	我が国における農薬による鳥類死亡事例	48
資料 6	我が国の土地利用割合	49
資料 7	平成 23 年度鳥類摂餌量調査結果の概要.....	50
資料 8	水稻 RUD の推計について	53
資料 9	果実 RUD の推計について	56
資料 10	種子処理剤の使用実態調査結果	58
資料 11	平成 22～24 年度農薬ばく露量調査結果（種子）の概要.....	61
資料 12	種子 RUD の推計について	68
資料 13	小型鳥類行動調査結果.....	70
資料 14	平成 22・23 年度農薬ばく露量調査結果（水稻・昆虫）の概要.....	78
資料 15	昆虫 RUD の推計について	82
資料 16	鳥類強制経口投与試験の概要	84
資料 17	鳥類の急性毒性値を用いた種間差の解析結果.....	92

資料 1 鳥類リスク評価・管理手法検討会^{注1} 委員名簿

氏名(敬称略)	所 属
伊藤 義彦	財団法人 畜産生物科学安全研究所 専務理事
天野 達也 ^{注2}	(独)農業環境技術研究所生物多様性研究領域研究員
上路 雅子	社団法人日本植物防疫協会 技術顧問
小川 博 ^{注3}	東京農業大学農学部 教授
白石 寛明	独立行政法人国立環境研究所 環境リスク研究センター長
元場 一彦	農薬工業会技術グループ委員
百瀬 浩	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 鳥獣害研究管理プロジェクトリ ーダー
和田 勝	東京医科歯科大学名誉教授 (座長)

注1) 平成 24 年度は農薬ばく露量調査事業推進検討会として開催。

注2) 平成 22 年度限り(役職は平成 22 年当時。)

注3) 平成 22-23 年度限り。

資料2 第3次環境基本計画等の抜粋

第3次環境基本計画（平成18年4月7日閣議決定）（抄）

第1章 重点分野ごとの環境政策の展開

第5節 化学物質の環境リスクの低減に向けた取組

1 現状と課題

（4）化学物質の特性等に応じた様々な対策手法の必要性

（略）

生態系保全に関する化学物質対策は、第二次環境基本計画以降、化学物質審査規制法における規制の導入、農薬の評価手法の見直し、水質環境基準の設定等で進展を見ましたが、評価の対象となっている特定の生物への影響と生態系保全の関係についての考え方、水域以外の生態系の保全のための影響評価の手法、用途・使用形態に応じた管理の考え方等が必ずしも十分に確立しておらず、その発展が必要です。

4 重点的取組事項

（2）科学的な環境リスク評価の推進

（略）

リスク評価を進めるための手法の開発を行います。まず、化学物質による生態系への影響について、水域のみならず、陸域等も含めた生態系の望ましい保全の在り方について検討を進め、天然由来の化学物質も考慮して、評価方法を開発します。また、生態系への影響を早期に発見するため、野生生物の観察等の取組を進めます。

第2章 環境保全施策の体系

環境問題の各分野に係る施策

5 化学物質の環境リスクの評価・管理に係る施策

（2）化学物質のリスク評価

（略）

シミュレーションモデルによるばく露評価手法の開発などの調査研究を引き続き推進するとともに、農薬の陸域生態影響評価手法について検討を進めます。

21 世紀環境立国戦略(平成 19 年 6 月 1 日閣議決定) (抄)

3. 今後 1、2 年で重点的に着手すべき八つの戦略

戦略 5 環境・エネルギー技術の中核とした経済成長
環境技術・環境ビジネスの展開

(国際潮流を踏まえた化学物質環境リスク対策の充実)

(略)

また、小児等の脆弱性への考慮も含め、安全性情報の収集・把握及びモニタリングの強化により隙間のない化学物質リスク監視体制を構築するとともに、農薬については、水域のみならず陸域の生態系へのリスク評価・管理も含めた対策を推進する。

生物多様性国家戦略 2010 (平成 22 年 3 月 16 日閣議決定) (抄)

第 2 部 生物多様性の保全及び持続可能な利用に関する行動計画

第 1 章 国土空間的施策

第 6 節 田園地域・里地里山

1. 1 生物多様性保全をより重視した農業生産の推進

(現状と課題)

適切な農業生産活動が行われることによって生物多様性保全、良好な景観の形成などの機能が発揮されます。一方、農薬や肥料の不適切な使用は、田園地域・里地里山の自然環境ばかりでなく、川などを通じた水質悪化による漁場環境への影響など生物多様性への影響が懸念されることから、田園地域や里地里山の生物多様性保全をより重視した有機農業をはじめとする環境保全型農業を推進し、生きものと共生する農業生産の推進を図る視点でさらに取組を進めることが必要です。

(具体的施策)

- 農薬による陸域生態系へのリスク評価・管理の導入に向け、その手法を確立します。
(環境省)

第 2 章 横断的・基礎的施策

第 1 節 野生生物の保護と管理

3. 2 化学物質など非生物的要因

(現状と課題)

(略)

農薬については、生態系保全の観点から、農薬取締法に基づく水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準を改正し(平成 17 年 4 月施行)、従前の魚類への毒性評価のみを行う基準から、藻類、甲殻類を評価対象に追加してリスク評価を行うよう、基準を充実さ

せました。今後は、本基準の設定を着実に進めるとともに、農薬による陸域生態系へのリスク評価・管理の導入などの新たな取組を進めることが重要です。

（具体的施策）

- 農薬による陸域生態系へのリスク評価・管理の導入に向け、その手法を確立します。

（環境省）

～ 21 世紀における我が国の農薬生態影響評価の方向について～ 中間報告(平成 11 年 1 月、環境庁) (抄)

はじめに

我が国における農薬登録制度の事前評価では、現在のところ、生態系を構成するわずかな生物しか対象としておらず、野生生物や生態系に対する影響、いわゆる生態影響を評価するシステムはまだ整備されていない。

一方、多くの欧米各国では、農薬の登録段階でこのような生態影響を評価する仕組みが整備されている。我が国においても登録に先立って農薬の環境動態及び生態影響を事前に評価し、有害な影響を回避することが重要となっている。

第 3 今後の生態影響評価の基本的考え方

2. 保全すべき対象

農地では農薬の使用が当然想定され、農作業や水管理によって変化する人為的な生態系であるため、我が国の場合、農地に生息する生物を農薬の生態影響評価において保全すべき対象に含めることは、当面困難と考えられる。また、排水路を含む農業用施設的环境は、農薬以外の要因によっても大きく変動することから、農地と同様に取扱うことが適当である。なお、このことはこれらの生物の保全が不要であることを意味せず、むしろ異なった手法によって保全すべきであると考ええる。つまり、農地や農業用施設に生息する水生生物については、当面、農薬の生態影響評価における保全対象とはしないが、農薬の使用法の遵守やより影響の少ない代替剤の使用など地域における生物種の重要度等に応じた個別のリスク削減対策や、さらには新しい生息環境の創出・保全を通じて生物の生息・生育の場を確保することが重要であるとの認識に至った。

ただし、農地に生息又は農地を利用している鳥類や、その餌となる生物が農薬によって汚染される場合には例外的に対象に含めて考える。なお、物質循環をつかさどる環形動物、土壌微生物に対する影響については当面、対象とはしないが今後調査研究による科学的知見の進展が必要である。

第1部 農薬生態影響評価の基本的考え方について

第2 当面の農薬の生態影響評価の基本的な考え方

1. 評価対象とする生態系

本来、生態系は水陸両方で一体を成しており、その影響は相互に波及するものである。したがって、農薬の生態影響を評価するに当たっては、水域生態系のみならず、陸域生態系及び推移帯生態系も含めて農薬の生態影響を評価することが望ましい。

しかしながら、複雑な生態系を総体として捉えることは技術的に極めて困難であること、水生生物以外の生物については、その毒性試験法が十分に確立されていないこと、知見の蓄積の遅れている分野に合わせ、制度自体の改善が遅れるよりは、知見の蓄積の進んだ分野から施策を具体化していくのが、生態系の保全、ひいては、持続可能な社会の構築に向けて望ましいことから、本報告では当面の評価対象とする生態系を水域生態系とすることが適当である。

第3部 今後の検討課題

3. 陸域生態系及び推移帯生態系の評価手法の確立に向けた課題

2.(1)で述べたとおり、生態系保全目標のあるべき姿の検討が必要なことから、本報告では人為的な生態系であるため当面評価対象外とした農地内生態系においても、将来的な評価に向けた、保全の考え方に関する検討が必要である。このような農地内生態系も含め、これまでは「生態系の保全」として農薬生態影響評価の対象とされていない全ての生態系においても、生態系の保全の在り方や、評価手法の検討が必要である。

また、これまで知見の収集が不十分であった陸域生態系及び推移帯生態系影響実態の把握等基礎的データの収集、陸域及び推移帯生態の影響評価のための農薬の曝露シナリオ及び定量化のための手法の開発を進める。

さらに、農薬の散布方法等によっては、ミツバチや鳥類など陸域生態系を構成している生物に直接影響を与えるおそれのあることや、蓄積のおそれのある農薬については、その影響が食物連鎖を通じてより高次の生物の生息にも関与する可能性もあることから、陸域生物等についても、幅広くその影響の可能性を検討する必要がある。

資料3 海外における農薬による鳥類死亡事例

(Newton(1998)の死亡事例リストを改変。)

Pesticide	Use	Location	Species affected (and corpses found)	Source
Organochlorines				
DDD	Against Gnats <i>Chaoborus astictopus</i>	米国(California)	Western Grebes <i>Aechmophorus occidentalis</i> (100)	
Aldrin	Rice seed treatment against Rice Water Weevil <i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	米国(Texas)	Fulvous Whistling Duck <i>Dendrocygna bicolor</i> and other waterbirds, shorebirds and songbirds (192)	
Aldrin	Rice seed treatment against Rice Water Weevil <i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	米国(Texas)	Snow Geese <i>Anser caerulescens</i> (112)	
Aldrin and Dieldrin	Seed-treatment (mainly wheat), against various insect pests	英国	Seed-eaters, including finches, pigeons and game birds (many thousands)	
Endrin	Against voles	米国 (Washington)	California Quail <i>Lophortyx californicus</i> , raptors and others (194)	
Sodium pentachlorophenate	Against water snails <i>Pomacea glauca</i>	スリナム	Snail Kites <i>Rostrhamus sociabifis</i> (50). also egrets, herons, jacanas	
Toxaphene	Against goldfish	米国(Big Bear Lake, California)	Fish-eaters (ducks, terns, gulls, grebes, pelicans)	
Organophosphates				
Azodrin(Monocrotophos)	Against Voles in alfalfa	イスラエル	Raptors (400)	
Azodrin (Monocrotophos)	Against grasshoppers	アルゼンチン	Swainson's Hawks <i>Buteo swainsoni</i> (5000)	
Carbophenothion	Seed-treatment (cereals)	英国	Various goose species (several 100s)	
Fenthion	Against mosquito larvae	米国(North Dakota)	453 warblers	
Fensulfothion	Against pasture pests	ニュージーランド	Mainly White-backed Magpie <i>Gymnorhina tibicen</i> , Black-backed Gull <i>Larus dominicanus</i> and Harrier Hawk <i>Circus approximans</i> (394)	
Parathion	Against aphids on cole crops	英国	Various species	
Parathion	Against cotton pests	米国(Texas)	Laughing Gulls <i>Larus atricilla</i> (216)	
Phosphamidon	Against Spruce Budworm <i>Choristoneura fumiferana</i>	カナダ(New Brunswick)	An estimated three million songbirds killed in New Brunswick in 1975	
Carbamates				
Carbofuran	Rape seed treatment (granular application)	カナダ (Saskatchewan)	Many thousands of Lapland Longspurs <i>Calcarius lapponicus</i> killed	
	Against turnip seed pests	カナダ(British Columbia)	Many thousands of Green-winged Teal <i>Anas crecca</i> killed	
	Against alfalfa pests	米国(California)	American Wigeon <i>Anas americanus</i> (2450)	
	Against alfalfa pests	米国(Oklahoma)	Canada Geese <i>Branta canadensis</i> (500)	

Hunt, E.G. and A.I. Bischoff. 1960. Inimical effects on wildlife of periodic DDD applications to Clear Lake. *California Fish and Game* 46: 91-106.

Flickinger E. L. & King K. A. (1972) Some effects of aldrin-treated rice on Gulf Coast wildlife. *J. Wildl. Manage.* 36: 706-727.

Flickinger E. L.. (1979) Effects of aldrin exposure on snow geese in Texas rice fields. *J. Wildl. Manage.* 43: 94-101

Cramp, S., Condor, P. J., & Ash, J. (1962) Deaths of the birds and mammals from toxic chemicals. Second Report of the Joint Committee of the British Trust for Ornithology, the Royal Society for the Protection of Birds and the Game Research Association.

Blus L. J., Henny, C. J., & Grove, R. A. (1989) Rise and fall of endrin usage in Washington State fruit orchards: effects on wildlife. *Environ. Pollut.* 60: 331-349.

Vermeer K, Risebrough R. W., Spaans A. L., & Reynolds L. M. (1974) Pesticide effects on fishes and birds in rice fields of Surinam, South America. *Environ. Pollut.* 7: 217-236.

Rudd, R. L. (1964) Pesticides and the living landscape. University of Wisconsin Press. Madison.

Mendelssohn, H. & Paz, U. (1977) Mass mortality of birds of prey caused by Azodrin, an organophosphorus insecticide. *Biological Conservation.* 11(3): 163-170

Goldstein, M.L., B. Woodbridge, M.E. Zaccagnini, and S.B. Canavelli. (1996) An assessment of mortality of Swainson's Hawks on wintering grounds in Argentina. *Journal of Raptor Research* 30:106-107.

- Stanley, P.I. & Bunyan, P. J. (1979) Hazards to wintering geese and other wildlife from the use of dieldrin, chlorfenvinphos and carbophenothion as wheat seed treatments. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 205: 31-45.
- Seabloom R. W., Pearson, G. L., Oring, L. W. & Reilly, J. R. (1973) An incident of fenthion mosquito control and subsequent avian mortality. *J. Wildl. Dis.* 9:18-20.
- Mills, J. A. (1973) Some observations on the effects of field applications of fensulfothion and parathion on bird and mammal populations. *Proc. New Zealand Ecol. Soc.* 20: 65-71.
- Cramp, S. (1973) The effects of pesticides on British wildlife. *Brit. Vet. J.* 129: 315-323.
- White, D.H., King, K. A., Mitchell, C.A., Hill, E.F. & Lamont T. G. (1979) Parathion causes secondary poisoning in a laughing gull breeding colony. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 23: 281-284.
- Pearce, P. A., and Peakall, D. B. (1977) The impact of fenitrothion on bird populations in New Brunswick. In Roberts, J. R., Greenhalgh, R., and Marshall, W. K. (Eds.) *Fenitrothion: The Long-term Effects of Its Use in Forest Ecosystems*. ACSCEQ Document NRCC 16073, pp. 299-306. National Research Council of Canada, Ottawa.
- Mineau, P. (1993) The hazard of carbofuran to birds and other vertebrate wildlife. Environment Canada, Canadian Wildlife Service, Wildlife Toxicology Section, Ottawa. *Technical Report*. No. 177.

参考文献

- Newton, I. (1998) *Population limitation in birds*. Academic Press, London. 597 pp.

資料4 鳥類における農薬の残留実態

(平成14年度内分泌攪乱化学物質における環境実態調査結果のまとめ及び平成15～22年度化学物質環境実態調査(環境省環境保健部)より作成。)

農薬名	登録状況	調査年	対象生物	分類	検出試料数 / 調査試料数	検出濃度範囲 (μg/Kg)
ペンタクロロフェノール(PCP)	1990年失効	H12	カワウ	鳥類	28/30	ND** - 230
			カワウ(卵)	鳥類	10/10	2.1 - 8.9
			猛禽類	猛禽類	34/44	ND**-61
		H13	カワウ	鳥類	26/26	0.34 - 4
			猛禽類	猛禽類	0/13	ND**
		H14	カワウ	鳥類	10/10	0.8 - 35
			トビ	猛禽類	0/8	ND**
			ハシブトガラス	鳥類	0/12	ND**
		H15	クマタカ	鳥類	0/2	ND**
		H16	クマタカ	鳥類	0/4	ND**
2,4-ジクロロフェノキシ酢酸	登録あり (96.9t)	H12	カワウ	鳥類	0/30	ND**
			カワウ(卵)	鳥類	0/10	ND**
			猛禽類	猛禽類	0/44	ND**
アトラジン	登録あり (198.8t、製剤出荷量として)	H10	ドバト	鳥類	0/31	ND**
		H12	カワウ	鳥類	0/30	ND**
			カワウ(卵)	鳥類	0/10	ND**
			猛禽類	猛禽類	0/44	ND**
		H18	ウミネコ	鳥類	0/10	ND**
			ムクドリ	鳥類		
CAT(シマジン)	登録あり (10t)	H10	ドバト	鳥類	0/31	ND**
ヘキサクロロシクロヘキサン(HCH)	1971年失効	H10以前	鳥類	鳥類	70/202, 197/202, 28/172, 5/137	α ND**-43, β ND**-103, γ ND**-11, δ ND**-5
					総 HCH 60/70	ND**-53
		H10	ドバト	鳥類	0/32, 7/32, 0/32, 0/32	α ND**, β ND**-10, γ ND**, δ ND**
					合計 7/32	ND**-10
			トビ	猛禽類	0/26, 25/26, 0/26, 0/26	α ND**, β ND**-35, γ ND**, δ ND**
					合計 25/26	ND**-35
			シマフクロウ	猛禽類	0/5, 1/5, 0/5, 0/5	α ND**, β ND**-3, γ ND**, δ ND**
					合計 1/5	ND**-3
			猛禽類	猛禽類	0/30, 26/30, 0/30, 0/30	α ND**, β ND**-297, γ ND**, δ ND**
					合計 26/30	ND**-297
		H12	カワウ	鳥類	12/30, 24/30, 3/30, 0/30	α ND**-1.6, β ND**-35, γ ND**-0.25, δ ND**
					合計 30/30	0.54-36
			カワウ(卵)	鳥類	49/90, 87/90, 49/90, 3/90	α ND**-3.1, β ND**-85, γ ND**-5, δ ND**-0.64
					6/44, 37/44, 2/44, 0/44	α ND**-0.96, β ND**-140, γ ND**-0.29, δ ND**
			猛禽類	猛禽類	0/6, 6/6, 0/6, 0/6	α ND**, β 38-110, γ ND**, δ ND**
					0/6, 0/6	α ND**-0.62, β 6.3-140, γ ND**, δ ND**
		H13	カワウ	鳥類	3/26, 26/26, 0/30, 0/30	α ND**, β ND**-180, γ ND**, δ ND**
			猛禽類	猛禽類	0/15, 13/15, 0/15, 0/15	α ND**, β 7.8-44, γ ND**, δ ND**
			猛禽類卵	猛禽類	0/4, 4/4, 0/4, 0/4	α ND**, β ND**, γ ND**
		H14	イヌワシ	猛禽類	0/1, 0/1, 0/1	α ND**, β 8.2, γ ND**
			クマタカ(卵)	猛禽類	0/1, 1/1, 0/1	α 0.05-0.25, β 0.47-6.1, γ 0.012-0.12
			カワウ	鳥類	10/10, 10/10, 10/10	

農 薬 名	登録状況	調査年	対象生物	分類	検 出 試 料 数 / 調査試料数	検出濃度範囲 (μ g /Kg)
ヘキサクロロシクロヘキサン (HCH)	1971 年失効	H14	トビ	猛禽類	<u>8/8</u> , <u>8/8</u> , <u>8/8</u>	α 0.02-0.24, β 1.1-7.6, γ 0.014-0.07
			ハシブトガラス	鳥類	<u>12/12</u> , <u>12/12</u> , <u>12/12</u>	α 0.027-0.15, β 0.45-3.5, γ 0.05-0.19
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u>	α 0.030-0.23, β 1.8-5.9 γ 0.0037-0.04 δ 0.012-0.031
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u>	α 0.058-1.6, β 1.1-4.8 γ tr*(0.011)-1.2 δ 0.0064-0.26
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u>	α 0.067-0.085, β 0.93-6.0 γ 0.0096-0.032 δ 0.010-0.030
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u>	α 0.055-0.10, β 1.1-4.2 γ 0.008-0.029 δ 0.009-0.021
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u>	α 0.043-0.21, β 1.4-3.2 γ tr*(0.008)-0.14 δ 0.004-0.022
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u>	α 0.032-0.061, β 1.3-5.6 γ tr*(0.005)-0.019 δ tr*(0.003)-0.031
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u> , <u>10/10</u>	α 0.034-0.056, β 0.87-4.2 γ tr*(0.006)-0.021 δ tr*(0.003)-0.009
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>2/2</u> , <u>2/2</u> , <u>2/2</u> , <u>2/2</u>	α 0.16-0.43, β 0.91-2.8 γ 0.004-0.023 δ 0.011-0.013
NAC (カルバリル)	登録あり (59.2 t)	H12	カワウ	鳥類	0/30	ND**
			カワウ (卵)	鳥類	0/10	ND**
			猛禽類	猛禽類	0/44	ND**
クロルデン	1968 年失効	H10 以前	鳥類	鳥類	<u>20/185</u> <u>56/185</u> <u>89/155</u>	trans ND**-2 cis ND**-21 ND**-676
			ドバト	鳥類	0/32, 0/32	transND** cisND**
		H10	トビ	猛禽類	<u>9/26</u> , <u>23/26</u>	transND**-13 cisND**-119
			シマフクロウ	猛禽類	0/5, 0/5	transND** cisND**
			猛禽類	猛禽類	<u>1/30</u> , <u>7/30</u>	transND**-5 cisND**-74
		H12	カワウ	鳥類	0/30, <u>9/30</u>	transND** cisND**-0.79
			カワウ (卵)	鳥類	<u>50/90</u> , <u>68/90</u>	transND**-55 cisND**-39
			猛禽類	猛禽類	<u>37/44</u> , <u>33/44</u>	transND**-57 cisND**-64
			猛禽類 (卵)	猛禽類	6/6, 6/6	trans11-130 cis0.2-11
		H13	カワウ	鳥類	<u>2/26</u> , <u>5/26</u>	transND**-12 cisND**-1.1
			猛禽類	猛禽類	<u>9/15</u> , <u>1/15</u>	transND**-360 cisND**-30
			猛禽類 (卵)	猛禽類	<u>4/4</u> , 0/4	trans2.5-15 cisND**
		H14	イヌワシ	猛禽類	<u>1/1</u> , 0/1	trans0.47 cisND**
			クマタカ (卵)	猛禽類	<u>1/1</u> , <u>1/1</u>	trans15 cis1.5
			カワウ	鳥類類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u>	trans0.0077-0.15 cis0.018-0.89
			トビ	猛禽類	<u>8/8</u> , <u>8/8</u>	trans0.76-3.6 cis5.2-13
			ハシブトガラス	鳥類	<u>10/12</u> , <u>12/12</u>	transND**-0.05 cis0.013-0.06
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	trans tr*(0.0059)-0.027 cis0.0068-0.37
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	trans ND**-tr*(0.026) cis tr*(0.0058)-0.24
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>5/10</u> <u>10/10</u>	trans tr*(0.0045)-0.030 cis tr*(0.0058)-0.34
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	trans tr*(0.003)-0.017 cis 0.005-0.25

農 薬 名	登録状況	調査年	対象生物	分類	検 出 試 料 数 / 調査試料数	検出濃度範囲 (μ g /Kg)
クロルデン	1968 年失効	H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	trans tr [*] (0.003)-0.019 cis tr [*] (0.004)-0.23
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>7/10</u> <u>10/10</u>	trans ND**-0.027 cis tr [*] (0.003)-0.28
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	trans tr [*] (0.003)-0.013 cis 0.004-0.13
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>2/2</u> <u>2/2</u>	trans tr [*] (0.002)-0.010 cis 0.004-0.18
(オキシクロルデン)	クロルデン の代謝物	H10 以前	鳥類	鳥類	<u>105/185</u>	ND**-79
		H10	ドバト	鳥類	<u>9/32</u>	ND**-11
			トビ	猛禽類	<u>26/26</u>	3-80
			シマフクロウ	猛禽類	<u>2/5</u>	ND**-4
			猛禽類	猛禽類	<u>27/30</u>	ND**-510
		H12	カワウ	鳥類	<u>28/30</u>	ND**-6.5
			カワウ (卵)	鳥類	<u>89/90</u>	ND**-190
			猛禽類	猛禽類	<u>44/44</u>	1.1-260
			猛禽類 (卵)	猛禽類	<u>6/6</u>	62-280
		H13	カワウ	鳥類	<u>26/26</u>	1.9-62
			猛禽類	猛禽類	<u>5/15</u>	ND**-650
			猛禽類 (卵)	猛禽類	<u>1/4</u>	ND**-31
		H14	イヌワシ	猛禽類	<u>1/1</u>	0.72
			クマタカ (卵)	猛禽類	<u>1/1</u>	78
			カワウ	鳥類類	<u>10/10</u>	1.9-21
			トビ	猛禽類	<u>8/8</u>	3.8-18
			ハシブトガラス	鳥類	<u>12/12</u>	1.4-12
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.61-1.3
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.32-0.73
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.39-0.86
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.27-0.72
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.29-0.74
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.29-0.96
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.19-0.54
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>2/2</u>	0.32-0.51
DDT	1971 年失効	H10 以前	鳥類	鳥類	<u>19/192</u> , <u>85/222</u>	o,p'ND**-22 p,p'ND**-43
					総 DDT <u>135/135</u>	10-700
		H10	カエル類	両生類	0/19, 0/19	o,p'ND** p,p'ND**
					0/12, <u>2/12</u>	o,p'ND** p,p'ND**-93
					<u>2/7</u> , <u>4/7</u>	o,p'ND**-9 p,p'ND**-67
					<u>1/100</u> , <u>14/100</u>	o,p'ND**-3 p,p'ND**-33
			ドバト	鳥類	0/32 , <u>1/32</u>	o,p'ND** p,p'ND**-2
			トビ	猛禽類	0/26 , <u>16/26</u>	o,p'ND** p,p'ND**-8
		H12	シマフクロウ	猛禽類	0/5 , <u>2/5</u>	o,p'ND** p,p'ND**-6
			猛禽類	猛禽類	0/30 , <u>3/30</u>	o,p'ND** p,p'ND**-4
			カワウ	鳥類	0/30 , <u>22/30</u>	o,p'ND** p,p'ND**-1.8
			カワウ (卵)	鳥類	<u>1/90</u> , <u>67/90</u>	o,p'ND**-0.16 p,p'ND**-17
			猛禽類	猛禽類	<u>15/44</u> , <u>31/44</u>	o,p'ND**-6.8 p,p'ND**-59
		H13	猛禽 (卵)	猛禽類	0/6 , <u>5/6</u>	o,p'ND** p,p'ND**-18
			カワウ	鳥類	0/26 , <u>1/26</u>	o,p'ND** p,p'ND**-2.1
			猛禽類	猛禽類	0/15 , 0/15	o,p'ND** p,p'ND**
			猛禽 (卵)	猛禽類	0/4 , <u>1/4</u>	o,p'ND** p,p'ND**-7.5
		H14	イヌワシ	猛禽類	0/1 , 0/1	o,p'ND** p,p'ND**
			クマタカ (卵)	猛禽類	0/1 , 0/1	o,p'ND** p,p'ND**
			カワウ	鳥類	<u>4/10</u> , <u>10/10</u>	o,p'ND**-0.06 p,p'0.012-1.1
			トビ	猛禽類	<u>8/8</u> , <u>8/8</u>	o,p'0.07-0.32 p,p'0.36-1.6
		H15	ハシブトガラス	鳥類	0/12 , <u>12/12</u>	o,p'ND** p,p'0.029-0.71
			ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'0.0083-0.066 p,p'0.18-1.4
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'tr [*] (0.0009)-0.043 p,p'0.16-0.70

農 薬 名	登録状況	調査年	対象生物	分類	検 出 試 料 数 / 調査試料数	検出濃度範囲 (μ g /Kg)
DDT	1971 年失効	H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'0.0034-0.024 p,p'0.18-0.90
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類 鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'0.003-0.12 p,p'0.11-1.8
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'tr*(0.002)-0.026 p,p'0.16-1.9
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>8/10</u> <u>10/10</u>	o,p'ND**-0.016 p,p'0.056-0.27
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p' tr*(0.0014)-0.012 p,p'0.085-2.9
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/2 <u>1/2</u>	o,p'ND** p,p'ND**-0.015
(DDE)	DDT 代謝物	H10 以前	鳥類	鳥類	<u>19/192</u> , <u>222/222</u>	o,p'ND**-2 p,p'7-1100
		H10	猛禽類	猛禽類	0/30 , <u>30/30</u>	o,p'ND** p,p'12-5940
			ドバト	鳥類	0/32 , <u>17/32</u>	o,p'ND** p,p'ND**-10
			トビ	猛禽類	0/26 , <u>26/26</u>	o,p'ND** p,p'5.0-230
			シマフクロウ	猛禽類	0/5 , <u>5/5</u>	o,p'ND** p,p'15-34
		H12	カワウ	鳥類	0/30 , <u>30/30</u>	o,p'ND** p,p'4.2-50
			カワウ (卵)	鳥類	0/90 , <u>90/90</u>	o,p'ND** p,p'130-12000
			猛禽類	猛禽類	<u>6/44</u> , <u>44/44</u>	o,p'ND**-2.4 p,p'3.7-5900
			猛禽 (卵)	猛禽類	0/6 , <u>6/6</u>	o,p'ND** p,p'350-5400
		H13	カワウ	鳥類	0/26 , <u>26/26</u>	o,p'ND** p,p'13-16000
			猛禽類	猛禽類	0/15 , <u>14/15</u>	o,p'ND** p,p'ND**-3500
			猛禽 (卵)	猛禽類	0/4 , <u>4/4</u>	o,p'ND** p,p'63-620
		H14	イヌワシ	猛禽類	0/1 , <u>1/1</u>	o,p'ND** p,p'25
			クマタカ (卵)	猛禽類	0/1 , <u>1/1</u>	o,p'ND** p,p'33
			カワウ	鳥類	<u>10/10</u> , <u>10/10</u>	o,p'0.013-0.10 p,p'34-620
			トビ	猛禽類	<u>8/8</u> , <u>8/8</u>	o,p'0.24-0.94 p,p'40-180
			ハシブトガラス	鳥類	<u>1/12</u> , <u>12/12</u>	o,p'ND**-0.022 p,p'7.9-80
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>9/10</u> <u>10/10</u>	o,p'ND**-0.0042 p,p'18-240
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>5/10</u> <u>10/10</u>	o,p'ND**-0.0037 p,p'6.8-200
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>7/10</u> <u>10/10</u>	o,p'ND**-tr*(0.0029) p,p'7.1-300
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'tr*(0.001)-0.003 p,p'5.9-160
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>6/10</u> <u>10/10</u>	o,p'ND**-0.0028 p,p'6.7-320
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>5/10</u> <u>10/10</u>	o,p'ND**-0.003 p,p'7.5-160
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>6/10</u> <u>10/10</u>	o,p'ND**-tr*(0.002) p,p'4.3-220
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>1/2</u> <u>2/2</u>	o,p'ND**-tr*(0.0037) p,p'6.3-160
(DDD)	DDT 代謝物	H10 以前	鳥類	鳥類	<u>8/192</u> , <u>121/222</u>	o,p'ND**-31 p,p'ND**-99
		H10	ドバト	鳥類	0/32 , <u>1/32</u>	o,p'ND** p,p'ND**-3
			トビ	猛禽類	0/26 , <u>23/26</u>	o,p'ND** p,p'ND**-18
			シマフクロウ	猛禽類	0/5 , <u>5/5</u>	o,p'ND** p,p'3-8
			猛禽類	猛禽類	0/30 , <u>15/30</u>	o,p'ND** p,p'ND**-82
		H12	カワウ	鳥類	0/30 , <u>1/30</u>	o,p'ND** p,p'ND**-0.16
			カワウ (卵)	鳥類	<u>3/90</u> , <u>60/90</u>	o,p'ND**-0.85 p,p'ND**-22
			猛禽類	猛禽類	<u>10/44</u> , <u>34/44</u>	o,p'ND**-9.3 p,p'ND**-1700
			猛禽 (卵)	猛禽類	0/6 , <u>6/6</u>	o,p'ND** p,p'0.85-17
		H13	カワウ	鳥類	0/26 , <u>3/26</u>	o,p'ND** p,p'ND**-2.7
			猛禽類	猛禽類	0/15 , <u>1/15</u>	o,p'ND** p,p'ND**-30
			猛禽 (卵)	猛禽類	0/4 , 0/4	o,p'ND** p,p'ND**
		H14	イヌワシ	猛禽類	0/1 , 0/1	o,p'ND** p,p'ND**
			クマタカ (卵)	猛禽類	0/1 , <u>1/1</u>	o,p'ND** p,p'0.58
			カワウ	鳥類	<u>5/10</u> , <u>10/10</u>	o,p'ND**-0.04 p,p'0.07-1.5
			トビ	猛禽類	<u>8/8</u> , <u>8/8</u>	o,p'0.07-1.8 p,p'4.4-23
			ハシブトガラス	鳥類	0/12 , <u>12/12</u>	o,p'ND** p,p'0.39-13

農 薬 名	登録状況	調査年	対象生物	分類	検 出 試 料 数 / 調査試料数	検出濃度範囲 (μ g /Kg)		
(DDD)	DDT 代謝物	H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'tr*(0.005)-0.036 p,p'0.11-3.9		
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類 鳥類	<u>9/10</u> <u>10/10</u>	o,p'tr*ND**-0.025 p,p'0.052-1.4		
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'0.0047-0.0097 p,p'0.045-1.4		
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'0.005-0.019 p,p'0.055-1.8		
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'0.005-0.010 p,p'0.070-2.3		
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'tr*(0.002)-0.014 p,p'0.035-1.1		
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u> <u>10/10</u>	o,p'0.003-0.013 p,p'0.031-3.4		
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>2/2</u> <u>2/2</u>	o,p'0.0036-0.011 p,p'0.12-1.6		
アルドリノ	1975 年失効	H10 以前	鳥類	鳥類	<u>1/127</u>	ND**-2		
		H14	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
エンドリン	1975 年失効	H10 以前	鳥類	鳥類	0/127	ND**		
		H14	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>7/10</u>	ND**-0.099		
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.005-0.096		
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>5/10</u>	ND**-0.062		
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>7/10</u>	ND**-0.064		
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	tr*(0.004)-0.057		
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>9/10</u>	ND**-0.055		
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>5/10</u>	ND**-0.083		
デルドリノ	1975 年失効	H10 以前	鳥類	鳥類	<u>123/202</u>	ND**-124		
		H10	ドバト	鳥類	<u>1/32</u>	ND**-3		
			トビ	猛禽類	<u>24/26</u>	ND**-124		
			シマフクロウ	猛禽類	0/5	ND**		
			猛禽類	猛禽類	<u>20/30</u>	ND**-506		
		H12	カワウ	鳥類	<u>10/30</u>	ND**-6.1		
			カワウ（卵）	猛禽類	<u>10/10</u>	14-41		
			猛禽類	猛禽類	<u>33/44</u>	ND**-340		
ヘブタクロル	1975 年失効	H13	カワウ	鳥類	0/26	ND**		
			猛禽類	猛禽類	<u>1/13</u>	ND**-200		
			H14	カワウ	鳥類	<u>10/10</u>	0.79-14	
				トビ	猛禽類	<u>8/8</u>	3.7-12	
		ハシブトガラス		鳥類	<u>12/12</u>	1.1-6.8		
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.79-2.2		
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.37-0.96		
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.50-1.8		
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.44-1.3		
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.56-0.91		
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.26-1.3		
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	<u>10/10</u>	0.33-0.89		
		ヘブタクロル	1975 年失効	H10	ドバト	鳥類	0/32	ND**
					トビ	猛禽類	0/26	ND**
					シマフクロウ	猛禽類	0/5	ND**
					猛禽類	猛禽類	0/30	ND**
		ヘブタクロル	1975 年失効	H14	カワウ	鳥類	0/10	ND**
トビ	猛禽類				<u>7/8</u>	ND**-0.024		
ハシブトガラス	鳥類				0/12	ND**		
ヘブタクロル	1975 年失効	H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**		
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	1/10	ND**-tr*(0.0015)		

農 薬 名	登録状況	調査年	対象生物	分類	検 出 試 料 数 / 調 査 試 料 数	検出濃度範囲 (μ g /Kg)
(ヘプタクロルエ ボキサイド)	ヘプタクロ ルの代謝物	H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	1/2	ND**-tr*(0.001)
		H10	ドバト	鳥類	0/32	ND**
			トビ	猛禽類	9/26	ND**-7
			シマフクロウ	猛禽類	0/5	ND**
			猛禽類	猛禽類	26/30	ND**-170
		H12	カワウ	鳥類	20/30	ND**-1.1
			カワウ(卵)	鳥類	57/90	ND**-69
			猛禽類	猛禽類	38/44	ND**-180
			猛禽類(卵)	猛禽類	6/6	17-73
		H13	カワウ	鳥類	25/26	ND**-24
			猛禽類	猛禽類	0/15	ND**
			猛禽類(卵)	猛禽類	0/4	ND**
		H14	イヌワシ	猛禽類	0/1	ND**
			クマタカ(卵)	猛禽類	0/1	ND**
			カワウ	鳥類	10/10	0.28-3.8
			トビ	猛禽類	8/8	0.53-6.6
			ハシブトガラス	鳥類	12/12	0.54-13
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10 10/10	trans ND** cis0.37-0.77
		H16	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10 10/10	trans ND** cis0.19-0.35
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10 10/10	trans ND** cis0.25-0.69
		H18	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10 10/10	trans ND** cis0.24-0.65
		H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10 10/10	trans ND** cis0.25-0.35
		H20	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10 10/10	trans ND** cis0.18-0.56
		H21	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10 10/10	trans ND** cis0.16-0.39
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/2 2/2	trans ND** cis0.24-0.36
マラチオン (マラソン)	登録あり (134 t)	H12	カワウ	鳥類	0/30	ND**
			カワウ(卵)	猛禽類	0/10	ND**
			猛禽類	猛禽類	0/44	ND**
トリブチルスズ (トリブチルオキ シド)	1977 年失効	H10 以前	鳥類	鳥類	0/165	ND**
		H10	ドバト	鳥類	0/31	ND**
			トビ	猛禽類	2/26	ND**-8
			シマフクロウ	猛禽類	0/5	ND**
			猛禽類	猛禽類	0/30	ND**
		H12	カワウ	鳥類	28/30	ND**-5
			カワウ(卵)	猛禽類	72/90	ND**-51
			猛禽類	猛禽類	21/44	ND**-17
			猛禽類(卵)	猛禽類	0/6	ND**
		H13	カワウ	鳥類	22/26	ND**-3.7
			猛禽類	猛禽類	5/15	ND**-1.8
			猛禽類(卵)	猛禽類	0/4	ND**
		H14	イヌワシ	猛禽類	0/1	ND**
			クマタカ(卵)	猛禽類	0/1	ND**
			カワウ	鳥類	1/10	ND**-2.7
			トビ	猛禽類	6/8	ND**-8
			ハシブトガラス	鳥類	1/12	ND**-2.1
		H15	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	1/10	ND**-tr*(1.0)
		H17	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/10	ND**
		H22	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/6	ND**

農 薬 名	登録状況	調査年	対象生物	分類	検 出 試 料 数 / 調査試料数	検出濃度範囲 (μ g / Kg)
トリフェニルスズ	1975 年 塩 化 , 1977 年 酢 酸 , 1990 年水酸化 , 各 失効	H10 以前	鳥類	鳥類	10/125	ND**-50
		H10	ドバト	鳥類	0/31	ND**
			トビ	猛禽類	3/26	ND**-10
			シマフクロウ	猛禽類	2/5	ND**-3
			猛禽類	猛禽類	0/30	ND**
		H12	カワウ	鳥類	26/30	ND**-8.2
			カワウ (卵)	猛禽類	51/90	ND**-7.1
			猛禽類	猛禽類	12/44	ND**-17
			猛禽類 (卵)	猛禽類	0/6	ND**
		H13	カワウ	鳥類	26/26	0.68-13
			猛禽類	猛禽類	0/15	ND**
			猛禽類 (卵)	猛禽類	0/4	ND**
		H14	イヌワシ	猛禽類	0/1	ND**
			クマタカ (卵)	猛禽類	0/1	ND**
			カワウ	鳥類	2/10	ND**-2.4
			トビ	猛禽類	7/8	ND**-12
トリフルラリン	登録あり (180 t)	H10	ドバト	鳥類	0/31	ND**
		H12	カワウ	鳥類	28/30	ND**-0.92
			カワウ (卵)	猛禽類	0/10	ND**
			猛禽類	猛禽類	23/44	ND**-12
		H13	カワウ	鳥類	0/26	ND**
			猛禽類	猛禽類	0/13	ND**
		H14	カワウ	鳥類	1/10	ND**-0.5
			トビ	猛禽類	0/8	ND**
			ハシブトガラス	鳥類	0/12	ND**
		H15	クマタカ	鳥類	0/2	ND**
			カワウ	鳥類	0/20	ND**
			ハシブトガラス	鳥類	0/10	ND**
MPP (フェンチオン)	登録あり (63 t)	H19	ウミネコ、ムクドリ	鳥類	0/6	ND**

() 内は 2010 農業年度における原体生産量と輸入量の合計。

* tr: トレース(trace)値。検出下限値以上定量下限値未満であることを指す。

** ND: 未検出であることを指す。

参考文献

環境省保健環境部環境安全課. (2003) 平成 14 年度内分泌攪乱化学物質における環境実態調査結果のまとめ.

http://www.env.go.jp/chemi/end/kento1502/mat/mat02_101.pdf

環境省環境保健部環境安全課. (2003) 平成 15 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 15 年度版

環境省環境保健部環境安全課. (2004) 平成 16 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 16 年度版

環境省環境保健部環境安全課. (2005) 平成 17 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 17 年度版

環境省環境保健部環境安全課. (2006) 平成 18 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 18 年度版

環境省環境保健部環境安全課. (2007) 平成 19 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 19 年度版

環境省環境保健部環境安全課. (2008) 平成 20 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 20 年度版

環境省環境保健部環境安全課. (2009) 平成 21 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 21 年度版

環境省環境保健部環境安全課. (2010) 平成 22 年度化学物質環境実態調査 - 化学物質と環境 - 平成 22 年度版

資料 5 我が国における農薬による鳥類死亡事例

1997年から2011年にかけて（一部、2012年の事例を含む）報道情報及び文献情報より、農薬が関係していると思われる野鳥の死亡事例について、その原因を取りまとめた。

鳥類死亡の原因	件数	割合
死亡の原因は不明だが、死亡時期が通常の農薬使用時期に当たらないもの	29	41%
死亡の原因が毒餌と推定されるもの	16	23%
死亡の原因が防疫用薬剤として使用された農薬によるもの	4	6%
死亡の原因が農薬の使用基準の違反によるもの	5	7%
死亡の原因が殺鼠剤によるもの	2	3%
死亡の原因が不明	14	20%
死亡の原因が通常の農薬使用に起因すると判明したもの	0	0%
総件数	70	

資料 6 我が国の土地利用割合

我が国の総土地面積、森林面積、耕地面積等

	面積（単位：千 ha）	総土地面積に対する割合（％）
総土地面積 ^{*1}	37,800	-
現況森林面積 ^{*1}	24,500	65
森林以外の草生地 ^{*1}	384	1.0
耕地面積 ^{*2}	4,610	12
田の面積 ^{*2}	2,510	6.6
畑の面積 ^{*2}	2,100	5.6
うち、果樹園面積 ^{*2}	250	0.7
水稲の作付面積 ^{*2}	1,620	4.3
水田作物以外の作物の延べ作付面積 ^{*2}	1,950	5.2
水稲の作付率（％） ^{*2}	64.5	-

出典：^{*1}「2010 年世界農林業センサス結果の概要」

^{*2}「平成 21 年耕地及び作付面積統計」

参考文献

農林水産省. (2009) 平成 21 年耕地及び作付面積統計.

農林水産省. (2010) 2010 年世界農林業センサス結果の概要(確定値).

資料 7 平成 23 年度鳥類摂餌量調査結果の概要

1. 調査の目的

鳥類に対する農薬リスク評価に必要な農薬ばく露量の推定方法を検討するため、我が国の農地において摂餌している可能性の高い小型鳥類の摂餌量等を把握することを目的として、平成 23 年度に鳥類摂餌量調査を行った。

(環境省調査:平成 23 年度農薬陸域生態リスク評価技術開発調査業務(摂餌量調査)(独)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター 受託 担当者:山口恭弘、百瀬浩)

2. 調査の方法

(1) スズメの摂餌量調査

供試鳥類及び試験条件等

野生のスズメ 16 羽を捕獲後、1 羽ずつを鳥かごに入れ、鳥かごの環境と維持餌(小鳥用の皮付き餌やすり餌等、栄養の豊富な食物)に 5 日間程度慣らした(維持餌を摂食しなかった個体は野外放鳥した。)。飼育環境に慣れた後に、試験餌(米、麦、昆虫)への慣らしの期間を 10 日間程度において試験を開始した。慣らし期間に試験餌を摂餌しなかった個体については、試験対象から除外した。

鳥類の飼育は、定温飼育室で、以下の条件により行った。

- ・ 温度 18 - 23 度に設定した飼育室 2 部屋(幅 360cm×奥行き 270cm×高さ 280cm)を使用。
- ・ 日長は自然状態。
- ・ 鳥かご 1 ケージ(幅 34cm×奥行き 27cm×高さ 38cm)にスズメを 1 羽ずつ飼育。

試験餌及び計測方法

試験餌は米(玄米)、麦(乳熟期の大麦穂)、昆虫(ミールワーム)の 3 種類を用い、1 回につき 24 時間の摂餌試験時間を設定し、定時に餌箱の回収を行った。摂餌試験時以外は維持餌を与えて体力の回復を図った。試験は 1 羽につき、米と昆虫で 10 回、麦で 8 回ずつ行った。また、米、麦、昆虫それぞれを給餌したときの 24 時間の摂水量を測定した。

調査結果

表 1. スズメの摂餌量

捕獲時のスズメの平均体重: 23 g、試験終了後 22 g			
試験羽数(羽)		摂餌量(g)	
		(湿重 ± 標準偏差)	(乾重 ± 標準偏差)
米	16	4.4 ± 0.5	3.8 ± 0.5
麦	13	5.1 ± 1.5	2.4 ± 1.1
虫	13	6.8 ± 2.1	2.8 ± 1.6

表 2 . スズメの摂水量

単位 : mL		
	試験羽数 (羽)	摂水量 ± 標準偏差
米	8	3.0 ± 0.9
麦	13	4.1 ± 1.1
虫	13	2.6 ± 0.8

(2) ムクドリの摂餌量調査

供試鳥類及び試験条件等

野生のムクドリ 1 羽を捕獲後、鳥かごに入れ、鳥かごの環境と維持餌（九官鳥用餌 Q チャン等、栄養の豊富な食物）に 5 日間程度慣らした。飼育環境に慣れた後に、試験餌（昆虫、果実）への慣らしの期間を 10 日間程度おいて試験を開始した。

鳥類の飼育は、定温飼育室で、以下の条件により行った。

- ・ 温度 16 - 18 度に設定した飼育室 1 部屋（幅 360cm×奥行き 270cm×高さ 280cm）を使用。
- ・ 日長は自然状態。
- ・ 鳥かご 1 ケージ（幅 44cm×奥行き 44cm×高さ 54cm）で飼育。

試験餌及び計測方法

試験餌は昆虫（ジャイアントミールワーム）、果実（ブルーベリー）の 2 種類を用い、1 回につき 24 時間の摂餌試験時間を設定し、定時に餌箱の回収を行った。摂餌試験時以外は維持餌を与えて体力の回復を図った。試験は各試験餌で 10 回ずつ行った。

調査結果

表 3 . ムクドリの摂餌量

捕獲時のムクドリの体重 : 84 g、試験終了後 89 g			
試験羽数 (羽)		摂餌量 (g)	
		(湿重 ± 標準偏差)	(乾重 ± 標準偏差)
虫	1	18.7 ± 3.5	7.9 ± 1.5
果実	1	53.5 ± 14.5	7.3 ± 2.0

(3) カラスの摂餌量調査

供試鳥類及び試験条件等

飼育網室で 1 羽ずつ飼育中の野生のハシブトガラス 5 羽、ハシボソガラス 1 羽を用いて試験を行った。予備試験で試験餌（昆虫、果実）を摂餌しなかった個体については、試験対象から除外した。

鳥類の飼育は、飼育網室で、以下の条件により行った。

- ・ 飼育網室（幅 2.9m×奥行き 3.8m×高さ 2m×4 部屋、幅 5.8m×奥行き 3.8m×高さ 2m×1 部屋）を使用。

- ・ 温度、日長は自然状態。

試験餌及び計測方法

試験餌は昆虫（ジャイアントミールワーム）、果実（リンゴ）の２種類を用い、１回につき 24 時間の摂餌試験時間を設定し、定時に餌箱の回収を行った。摂餌試験時以外は維持餌（ドッグフード）を与えて体力の回復を図った。試験は１羽につき、各試験餌で 10 回ずつ行った。

調査結果

表４．カラスの摂餌量

捕獲時のカラスの平均体重：710 g、試験終了後：679 g				
	試験羽数（羽）		摂餌量（g）	
	ハシブトガラス	ハシボソガラス	(湿重 ± 標準偏差)	(乾重 ± 標準偏差)
虫	5	1	177.0 ± 46.7	74.5 ± 19.7
果実	4	0	229.6 ± 58.4	32.9 ± 8.4

（４）小型鳥類の砂のう補給量調査

試験概要

スズメ 16 羽及びムクドリ 1 羽を用いて、（１）及び（２）の摂餌量調査と同時に、粒径の異なる２種類の砂粒について、摂取粒数の計測を行った。計測の方法は、餌入れに総重量（乾重量）を計測済の砂粒 10 粒を入れ、摂餌量の計測時に、残りの砂粒数を計測した。計測回数は各粒径で 1 羽あたり 10 回とした。

調査結果

表５．砂のう補給量

砂の粒径	単位：粒	
	補給数	
	スズメ	ムクドリ
0.3-1.0 mm	0	0
1.0-1.7 mm	0	0

資料 8 水稲 RUD の推計について

初期評価は、スクリーニング段階と位置づけて、農薬ごとに残留量を設定するのではなく、農薬共通で高濃度の農薬残留を想定して単位農薬残留量を餌タイプごとに設定することとした（第 3 章第 1 節参照。）

水稲については、農薬を一定面積（1 ha）に一定量（有効成分に換算して 1 kg-ai）を初回散布した直後の単位散布量当たりの水稲への残留農薬濃度を初期評価において用いる数値（以下「水稲 RUD」という。）とし、その推計方法は次のとおり。

（ 1 ）農薬ばく露量調査結果を用いた推計

環境省が平成 22・23 年度に実施した農薬ばく露量調査（（社）日本植物防疫協会実施）において、以下の調査内容により、もみ米、胚乳及び玄米の残留農薬濃度を調査した（表 1、表 2）。

（調査内容）

供試薬剤： MEP（22 年度調査）並びにシラフルオフェン、クロマフェノジド、フルトラニル、トリシクラゾール及びジノテフラン（23 年度調査）

投下量： 各化合物の登録薬量を 2 回散布

分析対象： 未成熟・成熟もみ米及びその胚乳部

残留農薬濃度調査日：22 年度：最終処理の 0, 7, 14, 28 日後

23 年度：最終処理の 7, 20, 29, 39 日後（ほ場 1）

最終処理の 7, 15, 28, 35 日後（ほ場 2）

表 1 平成 22 年度農薬ばく露量調査結果

化合物	単回薬量 (kg-a.i./ha)	処理 回数	残留農薬濃度 (mg a.i./kg)							
			もみ				胚乳又は玄米			
			0 日	7 日	14 日	28 日	0 日	7 日	14 日	28 日
MEP	0.75	2	9.50	0.88	0.37	0.14	6.04	0.30	0.09	0.02

表 2 - 1 平成 23 年度農薬ばく露量調査結果（ほ場 1）

化合物	単回薬量 (kg-a.i./ha)	処理 回数	残留農薬濃度 (mg a.i./kg)							
			もみ				胚乳又は玄米			
			7 日	20 日	29 日	39 日	7 日	20 日	29 日	39 日
シラフルオフェン	0.1425	2	1.18	0.26	0.20	0.20	0.08	0.01	LOQ	LOQ
クロマフェノジド	0.075	2	0.48	0.04	0.02	0.02	0.05	LOQ	LOQ	LOQ
フルトラニル	0.3	2	1.45	0.18	0.14	0.14	0.54	0.10	0.06	0.06
トリシクラゾール	0.12	2	0.60	0.07	0.05	0.06	0.58	0.02	LOQ	LOQ
ジノテフラン	0.15	2	0.28	0.01	LOQ	LOQ	0.22	LOQ	LOQ	LOQ

表 2 - 2 平成 23 年度農薬ばく露量調査結果（ほ場 2）

化合物	単回薬量 (kg-a.i./ha)	処理 回数	残留農薬濃度 (mg a.i./kg)							
			もみ				胚乳又は玄米			
			7 日	15 日	28 日	35 日	7 日	15 日	28 日	35 日
シラフルオフェン	0.1425	2	1.92	0.96	0.88	0.85	0.24	0.04	0.02	0.02
クロマフェノジド	0.075	2	0.11	0.03	0.03	0.03	0.05	LOQ	LOQ	LOQ
フルトラニル	0.3	2	0.68	0.33	0.31	0.32	0.62	0.22	0.11	0.12
トリシクラゾール	0.12	2	1.15	0.36	0.36	0.40	1.23	0.07	0.04	0.04
ジノテフラン	0.15	2	0.50	0.09	0.05	0.05	0.50	0.06	0.02	0.02

注）LOQ:検出下限未満

最終処理後 7 ～ 29 日のもみ中残留農薬濃度を対数変換し、処理後日数に対し一次回帰させて 2 回目処理直後の残留農薬濃度を算出した。算出した処理直後の残留農薬濃度と一次回帰により得られた減衰速度定数から、初回処理直後の残留農薬濃度を推定した。さらに、それらを投下薬量で除して、単位面積・単位薬量当たりの残留農薬濃度を推定した。

(2) 水稻での散布直後残留値の実例

石井らは、1992 年から 3 年間にわたり複数剤の水稻への残留性を調査する目的で試験を行っている [農環研報 23, 1-14 (2004)]。この試験報告では、通常の作物残留試験とは異なり、玄米に加え、もみ殻での分析値が得られていることから、玄米からもみ米の残留農薬濃度を推定するために、この結果を活用した。

3 年分の フェニトロチオン (MEP) の残留データ (玄米) を対数変換の後、収穫前日数に対して回帰分析すると (図 1 左参照。) 処理直後 (0 日) の残留農薬濃度は 0.9373 mg/kg と推定される。

同様に、処理直後のもみ殻中濃度を推定すると、処理直後 (0 日) の残留農薬濃度は 22.494 mg/kg と推定され、玄米ともみ殻重量比 (95/5) から、もみ米中の残留農薬濃度は 1.595 mg/kg と推定される。

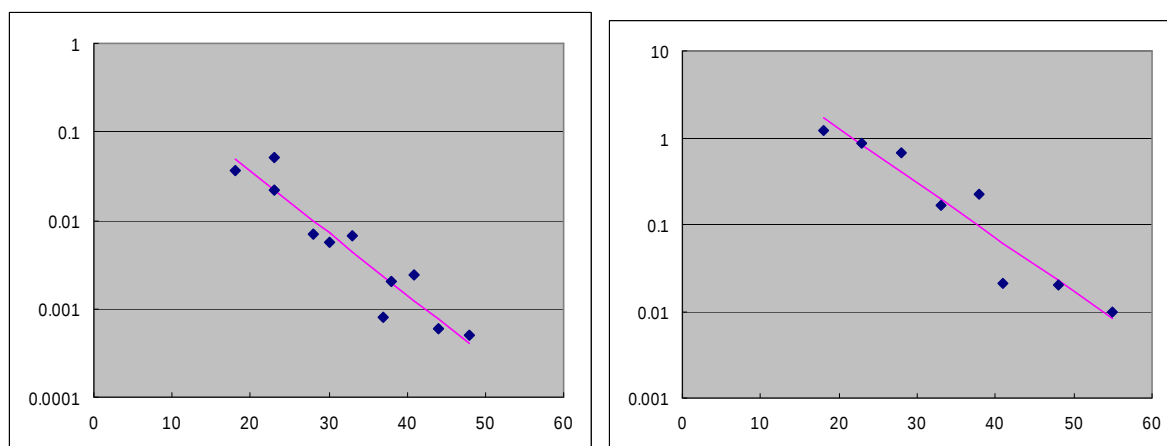


図 1. MEP 残留の経時的減衰 (左: 玄米、右: 籾殻)

上記試験において農薬の投下薬量は 0.75 kg ai/ha (50%水和剤、1,000 倍希釈、150 L/10a) であり、単位面積・単位薬量当たりの残留農薬濃度は 2.13 mg/(kg-a.i./ha)・kg-diet となる。

同様にピリダフェンチオン、BPMC を解析したところ、MEP、ピリダフェンチオン及び BPMC の単位面積・単位薬量当たりの残留農薬濃度は、それぞれ 2.13, 3.91 及び 3.18 mg/(kg-a.i./ha)・kg-diet と推定された。

(3) 水稻での散布直後残留値の実例

(1) 及び (2) の算定結果を取りまとめると表 3 のとおりであるが、初期評価においては、スクリーニングとして相応の高濃度残留を想定すべきことから、水稻 RUD として、これらの算定結果の 90% タイル値である 7.33 mg/(kg-a.i./ha)・kg-diet を採用する。

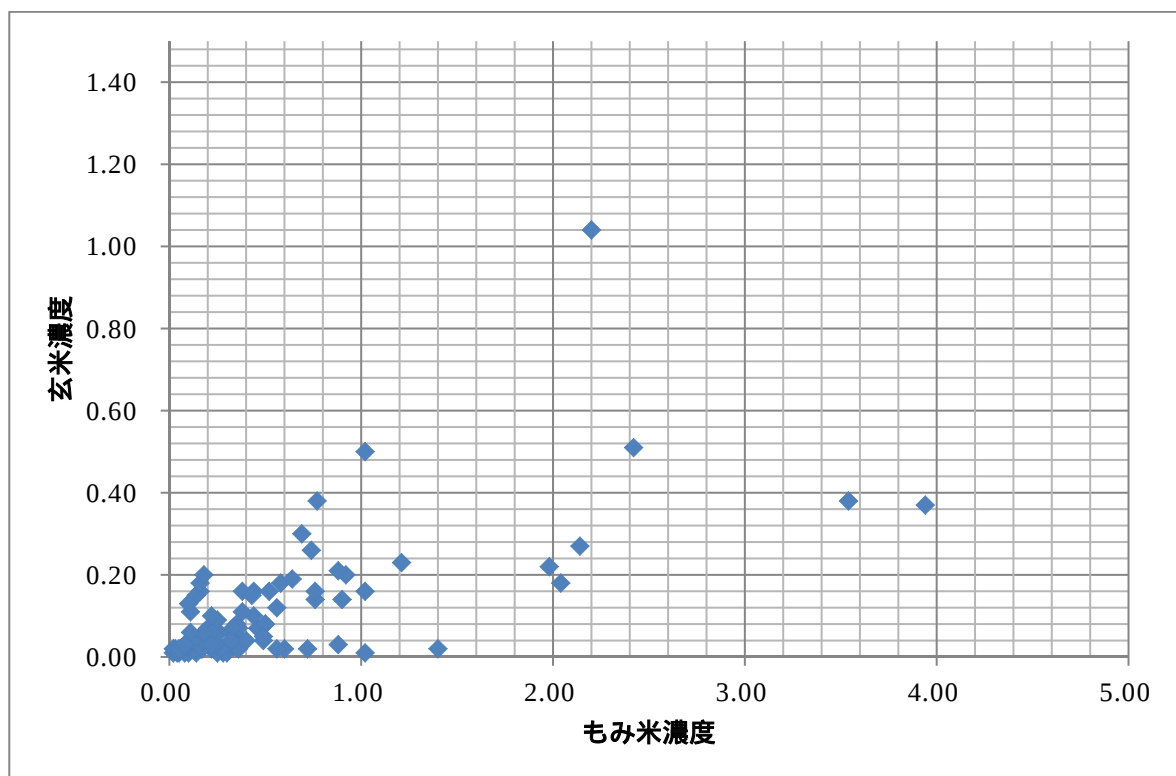
表3 単位面積・単位薬量当たりの残留農薬濃度の算定結果

化合物	RUD	算定結果
MEP ¹⁾	2.13	平均： 4.83 標準偏差： 2.16 上側 95%信頼限界： 6.49 中央値： 4.08 90%tile： 7.33
ピリダフェンチオン ¹⁾	3.91	
BPMC ¹⁾	3.18	
MEP ²⁾	4.31	
シラフルオフエン ²⁾	8.80	
クロマフェノジド ²⁾	3.41	
フルトラニル ²⁾	4.08	
トリシクラゾール ²⁾	6.70	
ジノテフラン ²⁾	6.96	

1)は文献データ(石井ら、農環研報 23, 1-14 (2004))、2)はばく露量調査結果による推計値

なお、本来の推計対象は玄米であるが、ばく露量調査で得られた玄米における残留農薬濃度は、その多くが検出下限以下で、初回散布直後の濃度の推計が困難であるため、もみ米の農薬残留農薬濃度を用いて水稻 RUD を設定した(もみ米と玄米の濃度の測定事例について、図2に参考データを示す。)

図2 もみ米濃度・玄米濃度測定結果



(農林水産省提供データ(平成21年度 飼料用米農薬安全確保事業より)を環境省においてグラフ化。)

資料9 果実 RUD の推計について

初期評価は、スクリーニング段階と位置づけて、農薬ごとに残留量を設定するのではなく、農薬共通で高濃度の農薬残留を想定して単位農薬残留量を餌タイプごとに設定することとした（第3章第1節参照。）

果実については、農薬を一定面積（1 ha）に一定量（有効成分に換算して 1 kg-ai）を初回散布した直後の単位散布量当たりの果実への残留農薬濃度を初期評価において用いる数値（以下「果実 RUD」という。）とし、その推計方法は次のとおり。

(1) 算定対象としたデータ

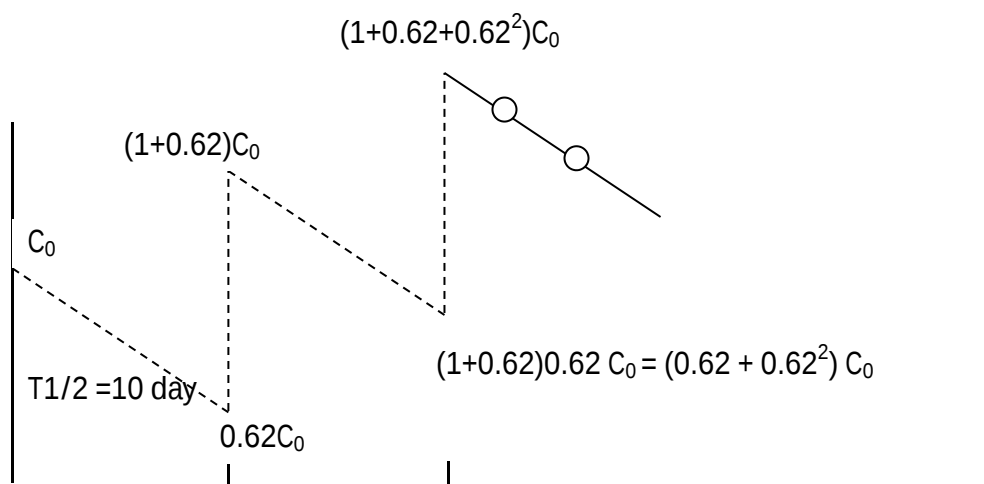
農林水産消費安全技術センター（FAMIC）のホームページで公開されているすべての農薬抄録のうち、日本における果樹栽培面積を勘案し、主要果樹であるうんしゅうみかん、りんご、なし、ぶどう及びかきについて、これらの作物残留試験成績のうち、PHI（農薬最終散布日から試料採取（収穫）までの日数）が 14 日以下であるものを対象とした（散布当日の作物残留農薬濃度の推計の確実性を高めるため）。

具体的には、アセキノキシル、アセタミプリド、アゾキシストロビン、アミスルプロム、イミダクロプリド、エチプロール、エトフェンブロックス、クロチアニジン、クロマフェノジド、クロラントラニルプロール、クロルフェナビル、シアゾファミドシエノピラフェン、ジノテフラン、シフルフェナミド、シフルメトフェン、シメコナゾール、ジメトモルフ、スピロメシフェン、チアメトキサム、テブコナゾール、トリフロキシストロビン、トルフェンピラド、ピフェナゼート、ピフェントリン、ピラクロストロビン、ピリフルキナゾン、フェンアミドン、フェンヘキサミド、ブプロフェジン、フルアクリピリム、フルフェノクスロン、フルベンジアミド、ボスカリド、マンジプロパミド、ミルベメクチン、ルフェヌロンの 37 農薬のうんしゅうみかん、りんご、なし、ぶどう及びかきに対する、278 の作物残留試験成績を対象とした。なお、うんしゅうみかんの残留農薬濃度については、果皮と果肉の作物残留試験成績から果実としての残留農薬濃度を算出して用いた。

(2) 単位面積・単位薬量当たりの残留農薬濃度の算出方法

すべての農薬の半減期を 10 日と仮定し、処理直後の残留農薬濃度を推計した。具体的には、PHI(Pre-Harvest Interval 最終使用から収穫までの日数) 1、3、7 及び 14 日の成績に対しそれぞれ係数 0.93、0.81、0.62 及び 0.38 を用い処理直後の濃度を推定した。また、複数回処理の場合も同様に一次減衰と散布による濃度上昇を繰り返すものとして（下図参照。）初回処理直後の残留農薬濃度を算出した。

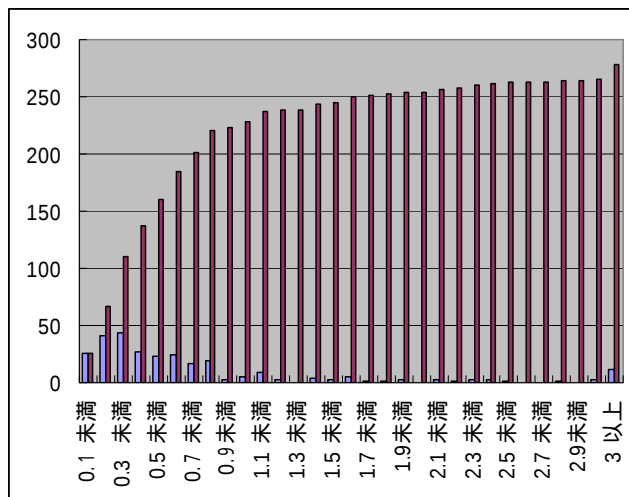
さらに、算出された値を投下薬量で除し、単位面積・単位薬量当たりの残留農薬濃度を算出した。この際、薬量は希釈倍数及び製剤中の有効成分濃度から求めた散布液濃度に一律 7,000 L/ha を乗じ算出した。



(3) 果実 RUD の算定結果

(2) で求めた単位面積・単位薬量当たりの残留農薬濃度をすべての農薬について解析した結果は下表のとおり。初期評価においては、スクリーニングとして相応の高濃度残留を想定する観点から、果実 RUD としては算定値の 90% タイル値である 1.63 mg/(kg-a.i./ha)・kg-diet を採用する。

項目	
解析対象成績数	278
最大値	9.238 (mg・ha/kg・kg)
最小値	0.003 (mg・ha/kg・kg)
平均値	0.764 (mg・ha/kg・kg)
標準偏差	1.199 (mg・ha/kg・kg)
中央値	0.414 (mg・ha/kg・kg)
最頻値	0.138 (mg・ha/kg・kg)
90%tile 値	1.626 (mg・ha/kg・kg)



主要果樹の栽培面積の割合(農林水産省) H18-22 平均

作物	割合	作物	割合	作物	割合	作物	割合
うんしゅう みかん *	20.5	西洋なし	0.7	すもも	1.3	くり	9.4
その他 柑橘	11.8	かき *	9.7	おうとう	2.0	パインアップル	0.2
りんご *	16.8	びわ	0.7	うめ	7.5	キウイ	1.0
日本なし*	6.0	もも	4.5	ぶどう *	7.9	合計	100.0

* 算定対象とした品目で果樹栽培面積の約 6 割をカバーしている。

資料 10 種子処理剤の使用実態調査結果

1. 種子処理の目的

農薬による種子処理は、一般に種子伝染性病虫害（虫害は限定的。）の防除、鳥害忌避のために行われているが、その主目的は種子表面の保護である。一方、最近では種子内部に浸透させ、発芽後の植物体内に一定期間残存させることで、通常育苗期に必要とされる防除を削減しようとする使用も行われている。農薬による種子処理には、多様な方法があり、それらの方法に適した農薬製剤が用いられる。

農薬による種子処理は稲、麦、豆、とうもろこし、野菜など広範な作物で行われている。

2. 種子処理剤の現状

(1) 登録状況

現在、種子処理登録のある農薬は 39 農薬（生物農薬を除く：有効成分）で、種子処理剤には、単一成分の単剤と複数成分を含む混合剤がある。種子処理剤は水稻が最も製剤数が多く、次いで野菜類、豆類が多い

種子処理剤の対象作物			(生物農薬を除く)		
作物分野	農薬数		作物分野	農薬数	
	成分数	製剤数		成分数	製剤数
豆類(大豆、小豆等を含む)	17	20	とうもろこし(とうもろこし、未成熟とうもろこし、飼料用とうもろこし)	9	14
稲	16	32	野菜(かぼちゃ、キャベツ、きゅうり、すいか、だいこん、たばこ、たまねぎ、てんさい、トマト、なす、にんじん、ねぎ、はくさい、ピーマン、ほうれんそう、みつば、ミニトマト、野菜類)	21	27
うち湛水直播	1	1			
稲(乾田直播)	1	1			
麦類(小麦、大麦、麦類)	11	17			
飼料作物(とうもろこし以外) 雑穀 はとむぎ	9	11			

*直播水稻農薬専用登録はイミダクロプリド水和剤、ヒドロキシイソキサゾール粉剤の 2 剤。稲に適用のあるチウラムフロアブルも使用されている。

(2) 普及状況

種子処理剤は、種子処理専用と複数の処理方法（土壌の灌注処理、作物への散布など）をもつ農薬がある。種子処理専用（主な使用である場合を含む。）農薬の中で出荷量が多い農薬は、水稻利用が多く、水稻以外の作物ではチウラムフロアブル剤、チアメトキサムフロアブル剤、チウラム水和剤の出荷量が多い。我が国における作物ごとの種子処理剤の使用状況を各作物の主産県、種苗会社及び日本草地畜産種子協会から聞き取りを行った。

種子処理剤の使用状況

作物名	種子処理剤使用状況(聞き取り結果)
豆 類 大豆・小豆 らっかせい	北海道:チウラム、チウラム・カスガマイシン・ダイアジノン粉衣剤、チアメトキサムフロアブル、チアメトキサム・フルジオキサニル・メタラキシルMフロアブル、チウラムフロアブルが使用されている。 新潟・福岡:主にチウラムフロアブルが使用されている。その他の農薬の使用状況は不明。 茨城:らっかせいではカラス被害対策にキヒゲン R-2 フロアブルが使用されている。

直播水稻	種苗会社：市販枝豆で農薬処理されている場合はチウラムが使用されているものが多い、市販大豆は農薬処理した種子を販売する場合は少ない。 愛知：主にチウラムフロアブルを使用している。 新潟：ヒドロキシイソキサゾールをカルパー同時処理することが多い。 福井：フルジオキシニル・ペフラゾート処理された種粒にヒドロキシイソキサゾール粉剤及びイミダクロプリド水和剤をカルパー同時処理する。
陸稲 麦類 飼料作物及びとうもろこし	茨城：通常種子処理は行わない。（主要品種：トヨハタモチ） 福岡、埼玉：ベノミル・チウラム水和剤の粉衣処理が多い。 日本草地畜産種子協会：飼料用とうもろこしは播種前にチウラムフロアブルの処理する場合がある。 種苗会社：スイートコーンの販売種子はチウラム、ヒドロキシイソキサゾール、メタラキシルM等が処理されている。 飼料用とうもろこし種子はチウラム、メタラキシルM、フルジオキシニル等が処理されている。 なお、とうもろこし種子はほとんどが輸入されており、その多くは農薬処理された種子である。 一般飼料作物は種子処理されない。
野菜類	市販種子はチウラム、キャプタン等で処理されている場合がある。種子消毒としては乾熱処理など農薬を用いない種子も販売されている。

（３）処理方法

種子粉衣（乾粉衣、湿粉衣）：種子に水和剤、粉剤を加えかくはんし付着させる。

種子吹き付け：種子にフロアブルなどの液状農薬を吹き付ける。

種子塗沫：種子にフロアブル、S E 剤などを加えかくはんし付着させる。

種子浸漬：農薬希釈液に網に入れた種子を一定時間浸漬する。稲麦での利用が多い。

種子への農薬処理は、種苗会社により行われ種子として市販される場合、農業団体又は農家において種子処理が行われる場合がある。種苗会社では、専用の種子処理機械で処理される。農業団体又は農家では、種子粉衣及び種子塗沫としてはコンクリートミキサー、肥料混和機、ビニル袋を利用し処理されている。北海道における大豆、小豆等の豆類については農家により処理されることが多い。

稲はJAの育苗施設等で一括に行われる例が多く、生産者自らが行うケースは比較的限られている。一方、麦、豆は生産者自らが行うケースが多い。また、野菜は種苗会社があらかじめ種子処理を行って種子を販売しており、生産者自らが行うケースはほとんどない。なお、浸種前又は浸種時に種子消毒として用いられる農薬については、浸種（播種前に7日程度一定温度の水に浸すこと。水替えを伴う。）を行うため種子に農薬はほとんど残留しない。

3．鳥類による農作物の被害実態

各作物主産県の農業指導機関等から聞き取りした播種作物の鳥類被害状況を示す。

鳥類による農作物の被害実態

作物名	鳥類摂食状況(播種後)
豆 類 大豆・小豆	キジバト、ドバトにより子葉が摂食される場合がある。（北海道、新潟、福岡） キジバト、ドバトの被害は出芽時から子葉展開期に起きる。*

直播水稻	湛水直播では、稲幼苗期までにカルガモによる被害が認められる場合がある。カルガモは落水管理で被害を避けられるが、水が切れて地表面が露出している期間にはスズメによる被害が認められる場合がある。 乾田直播では、スズメの被害は穂を深さ 2～3cm 以上に播けば大きな被害は出ないとされている。 直播面積が増えてから被害は少ない(認識されていない)と言われる。(新潟、福井、愛知)
陸稲	一般的には鳥害は知られていない。(茨城)
麦類	播種後の鳥の摂食は知られていない。(北海道、福岡) ヒドリガモによる冬期の若葉食害はあるが、被害面積は小さいと思われる(埼玉)。ガン類による冬期の若葉食害が知られている。(中央農研)
飼料作物及びとうもろこし	とうもろこし子葉時期にカラスによる引き抜き被害がある。播種後のソルガムでスズメ、キジバト、ドバトによる被害が知られている。(中央農研) とうもろこし以外の飼料作物の鳥類摂食については知られていない。(日本草地畜産種子協会) *カラスによりとうもろこし出芽当日から出芽後 10 日頃まで苗が引き抜かれて種子部分が食べられる被害。
野菜類	スズメによりほうれんそう、こまつな、大根などの播種された種子や出芽した苗が加害されることもある。 一般的には野菜種子の食害は少ないと思われる。

*参考資料 「鳥獣害対策の手引き」(2002) 日本植物防疫協会

主な農作物加害鳥と加害作物「鳥獣害対策の手引き(日本植物防疫協会2002)」

種類	分布地域	加害時期	農作物被害 ^{a)}										狩猟 ^{b)}	備考
			乾田 直播	湛水 直播	イネ	麦類	豆類	飼料 作物	葉菜	果菜	落葉 果樹	カン キツ		
カルガモ	全国	年中			○				○				○	レンコンも加害
ヒドリガモ	全国	冬											○	ムギや冬野菜の葉、海苔も加害
ハクチョウ・ガン類	北日本	冬						○	○				×	分布は局所的。近年増加傾向
キジ	本州以南	年中					○	○					○	各地で放鳥されている
キジバト	全国	年中						○					○	被害統計ではハトとして一緒に なっている
ドバト	全国	年中	○					○					×	
ウソ	全国	春									○		×	花や葉の芽などを食害
ムクドリ	全国	初夏～秋											○	近畿から北日本に多い
ヒヨドリ	全国	年中								○			○	葉菜やカンキツ被害は冬
シロガシラ	沖縄本島	年中							○	○		○	×	亜種タイワンシロガシラ?
カワラヒワ	全国	年中						○					×	
スズメ類	全国	年中						○					○	近年イネ被害は減少傾向
オナガ	本州中北	年中								○	○		×	分布は局所的
カラス類	全国	年中		○			○						○	

^{a)} =被害が多い, ○=被害がある, =希に被害・被害の可能性あり。「飼料作物」にはソバ・雑穀も含み,「落葉果樹」には栗を含みます。

^{b)}「鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律」で狩猟鳥に指定されているものに「○」,指定されていないもの(保護鳥)に「×」(平成13年現在)

資料 11 平成 22～24 年度農薬ばく露量調査結果（種子）の概要

1．調査の目的

鳥類に対する農薬リスク評価に必要な農薬ばく露量の推定方法を検討するため、種子処理剤を処理した種子を農地に播種した上で、その種子の農薬残留量を把握することを目的として平成 22～24 年度に農薬ばく露量調査を行った。

（環境省調査：平成 22 年度農薬による陸域生態リスク評価技術開発調査・農薬曝露量調査、平成 23 年度農薬生態リスク評価技術開発調査・ばく露量調査、平成 24 年度農薬ばく露量調査、日本植物防疫協会受託）

2．調査方法

（1）処理方法の検討

種子処理において使用する袋の大きさ及び処理時間並びに処理器具の違いによる種子処理剤の付着性の調査を行い、適正な処理方法を検討した。

調査結果を踏まえ、本調査における種子処理はポリエチレン袋（30cm×45cm）に大豆種子 1 kg と所定量の種子処理剤を入れ、1 分間手で上下左右に良く振り混ぜる方法とした。

ポリエチレン袋の大きさの検討

大豆種子 1 kg を用いて 3 種類の大きさ（30cm×45cm、45cm×60cm、65cm×80cm）のポリエチレン袋についてフロアブル剤及び水和剤の処理を行った。処理時間は 1 分間、処理方法は袋の口を閉じて上下左右に振り行った。使用した種子処理剤はキヒゲン R-2（フロアブル剤）を 20 ml、チウラム 80（水和剤）を 5 g とした。処理後の袋内に残った種子処理剤の重量を測定した結果、30cm×45cm の種子への付着性が高かった。

	キヒゲンR2(20ml)			チウラム80(5g)		
袋サイズ(cm)	30×45	45×60	65×80	30×45	45×60	65×80
処理時間(秒)	60	60	60	60	60	60
農薬残量(g)	4.0	5.2	6.5	0.2	0.3	0.4

処理時間の検討

ポリエチレン袋（30cm×45cm）を使用して、大豆 1 kg にフロアブル剤（キヒゲン R-2 フロアブル 20 ml）及び水和剤（チウラム 80 5 g）の処理を行った。処理時間は 15 秒間及び 30 秒間として処理後の袋内に残った種子処理剤の重量を測定した結果、処理時間の長い 30 秒間の方が種子への付着性が高かった。

	キヒゲンR2(20ml)		チウラム80(5g)	
処理時間(秒)	15	30	15	30
農薬残量(g)	4.0	3.6	0.5	0.1

処理器具の検討（ミキサー及びポリエチレン袋の比較）

ミキサー及びポリエチレン袋を用い、種子処理に用いる器具による付着率の違いについて検討した。

- ・ミキサーを用いた処理……据え置き型コンクリート・ミキサーを用いて大豆種子 10 kg にベノミル・チウラム水和剤 40 g を 5 分間回転し粉衣処理した。

- ・ ポリエチレン袋を用いた処理.....大きさ 30cm × 45cm のポリエチレン袋に大豆種子 1 kg とベノミル・チウラム水和剤 4 g を入れ 1 分間手で良く振り粉衣処理した。

処理後の種子への付着濃度を分析した結果、両者の種子への付着効率は変わらなかった。

処理方法の違いによる種子への付着濃度(ベノミル・チウラム水和剤)

分析対象物質	処理方法	農薬使用量 (mg a.i./kg)	付着濃度		補正付着濃度	
			(mg/kg)	付着効率(%)	(mg/kg)	付着効率(%)
ベノミル	ミキサー	800	900	113	769	96
	ポリエチレン袋		860	108	735	92
チウラム	ミキサー		600	75	789	99
	ポリエチレン袋		620	78	816	102

付着濃度:2反復の平均

付着効率=付着濃度 / 農薬使用量 × 100

補正付着濃度 = 付着濃度 / 平均回収率

(2) 試験方法

(1) による検討の結果及び種子処理剤の使用実態調査(資料10を参照。)を踏まえ、試験方法を次のとおり設定した。

大豆(畑作物の代表作物として実施)

ア) 供試種子

種子処理が行われていない大豆種子 1 kg を供試した。

イ) 供試農薬及び処理条件

代表的種子処理農薬の中から、下表の農薬について、農薬登録に係る使用方法のとおりの処理条件及び処理量で種子処理を行った。

調査年度	農薬名(商品名)	処理条件及び処理量
H22	ベノミル・チウラム水和剤 (ベノレートT水和剤)	種子重量の0.4%を種子粉衣
H23	シアゾファミトフロアブル (ラマンフロアブル) ファメキサムフロアブル (クルザ-FS30)	種子重量の2%の原液を種子に塗沫 乾燥種子 1kg 当たり原液 6ml を塗沫処理
H24	チウラムフロアブル (ヒゲンR-2フロアブル) ファメキサム・フルジオリニル・メタキシルMフロアブル (クルザ-MAXX) チウラム水和剤 (チウラム80) チウラム・加ガマイシン・ダイアジノ粉剤 (粉衣用ペアーガシンD)	種子重量の2%の原液を種子に塗沫処理 乾燥種子 1kg 当たり原液 8ml を塗沫処理 乾燥種子 1kg 当たり 0.5%を粉衣処理 種子重量の0.5%を種子に粉衣処理

ウ) 供試農薬の処理方法

ポリエチレン袋（30cm×45cm）に大豆種子 1 kg と所定量の供試農薬を入れ、袋の口をしっかりと閉じて 1 分間手で上下左右に良く振り混ぜ、まんべんなく付着させた。

エ）初期付着率の調査（平成 24 年度調査のみ）

イの種子処理が完了した大豆種子を袋から出し、約 100 g を初期付着率の分析用に取り分け、残りを圃場試験に供試した。取り分けは偏りに注意して行った。

取り分けた初期付着率分析用種子は、アセトン又はアセトニトリルにより振とう抽出を行った後、液体クロマトグラフ/タンデム型質量分析計（LC-MS/MS）を用いて分析定量した。

残留農薬濃度は試料重量（実重）当たりの農薬量（mg/kg 試料）とし、初期付着率（播種前の残留農薬濃度 / 種子 1 kg 当たりの農薬使用量）を求めた。

オ）播種及び播種後の管理

調査対象農薬汚染のない圃場に処理区及び無処理区を設定し（1 区 100 m²）で圃場試験用に取り分けた種子を播種機を用いて慣行量（5 kg/10a）を播種した。播種深度は慣行（約 3 cm）とした。播種後は十分に灌水し、以後栽培慣行により管理した。なお、種子処理を行っていない大豆種子も同様に播種し、無処理区とした。

カ）播種後の調査

大豆は播種直後（3 時間後）出芽時及び子葉展開期に分析が可能な十分な量（100～500 粒）の種子又は株を試験区内から偏りのないように採取した。

採取した試料は付着している土壌をはき落とし、播種直後はそのまま、出芽時はひげ根を除く全体、又はひげ根及び外皮を除いた胚部、子葉展開期はひげ根を除き試料とした。試料は重量を測定し、播種直後はそのまま、出芽時以降は磨砕した後にアセトン又はアセトニトリルで抽出、C₁₈ ミニカラム等で精製を行い、LC-MS/MS 等を用いて分析定量した。

残留農薬濃度は試料重量（湿重）当たりの農薬量（mg/kg 試料）とし、残留率（残留農薬濃度 / 種子 1 kg 当たりの農薬使用量）を求めた。

水稻

ア）供試種子

種子処理が行われていない稲種子（乾燥種子）1 kg を供試した。

イ）供試農薬及び処理条件

直播水稻に係る種子処理農薬であって、浸種後に使用されるもの（調査時点で 3 農薬のみ。）の中から、下表の農薬について、農薬登録に係る使用方法のとおり処理条件及び処理量で種子処理を行った。

調査年度	農薬名（商品名）	処理条件及び処理量
H23	チウラムフロアブル （ヒダグロ-R-2 フロアブル）	乾燥種子 1kg 当たり原液 20ml を塗沫処理
H24	イミダクロプリド水和剤 （アドマイア-水和剤）	種籾 3kg 当たり 200g を湿粉衣

ウ）供試農薬の処理方法

ポリエチレン袋（30cm×45cm）に、浸種後の種子 1 kg（乾燥重）及び過酸化カルシウム剤（カルパー）1 kg を加え、袋の口をしっかりと閉じて（1 分間）手で十分に振り混ぜて種子に付着するように処理した。

チウラムフロアブルはカルパー処理後の種子に同じ大きさの袋に入れ同様に処理した。イミダクロプリド水和剤は過酸化カルシウム粉粒剤を半量処理した後、残りの半量と同時に処理した。処理後の種子はいずれも風乾した。

エ）初期付着率の調査（平成 24 年度調査のみ）

イの種子処理が完了した水稻種子を袋から出し、約 50 g を初期付着率の分析用に取り分け、残りを播種試験に供試した。取り分けは偏りに注意して行った。

取り分けた初期付着率分析用種子は、アセトンにより振とう抽出を行った後、C₁₈ ミニカラムで精製し、液体クロマトグラフ/タンデム型質量分析計（LC-MS/MS）を用いて分析定量した。

残留農薬濃度は試料重量（湿重）当たりの農薬量（mg/kg 試料）とし、初期付着率（播種前の残留農薬濃度 / 種子 1kg 当たりの農薬使用量）を求めた。

オ）播種及び播種後の管理

水田土を入れ十分に湿らせた育苗箱（0.18 m²、0.3m×0.6m）に、ウで処理した水稻 20 g を表面に播種した。管理は露地で行い、水を切らないように管理した。なお、種子処理を行っていない種子も同様に播種し、無処理区とした。各 6 箱以上とした（平成 24 年度試験の条件。平成 23 年度は落水した水田表面（水稻）に播種した。）。

カ）播種後の調査

播種直後（3 時間後）及び出芽時に、育苗箱 3 箱から種子又は出芽個体をピンセットで採取した。採取した試料は、出芽時はひげ根を除く全体を試料とした。試料は重量を測定し、播種直後はそのまま、出芽時以降は磨砕した後にアセトンで抽出、C₁₈ ミニカラムで精製し、LC-MS/MS を用いて分析定量した。チウラムについては他の方法として分解蒸留装置を用いて二硫化炭素の濃度にして、GC-FPD を用いて分析定量した。

残留農薬濃度は試料重量（湿重）当たりの農薬量（mg/kg 試料）とし、残留率（残留農薬濃度 / 種子 1 kg 当たりの農薬使用量）を求めた。

3．結果及び考察

供試農薬の初期付着量、播種直後、出芽時及び子葉展開期の残留農薬濃度及び残留率は下表のとおりである。

種子処理剤の初期付着量は種子 1 kg 当たりの農薬使用量の 88%の付着が確認され、

使用量との乖離は少ないと考えられた。播種後からの残留農薬濃度は、使用量に比べて低く、生育及び時間経過とともにさらに減衰した。出芽時の濃度は播種直後濃度の 31～99%まで低下し、チウラムは定量限界未満となった。胚部まで浸透しにくい農薬の場合に減衰率が大きくなる傾向が認められた。水稻種子においては農薬使用量に比べて播種直後の濃度が低くなり水田内の水による農薬消失が生じるものと考えられた。

表 種子処理剤の残留濃度

農薬名	種子 1kg 当たり 農薬使用量		農薬濃度 (mg/kg) < 残留率 ^{注2} >				播種直後からの減衰率	
	(mg/kg)		初期付着	播種直後	出芽時	子葉展開期	出芽時	子葉展開期
(大豆)								
チラム	800	全体	-	182<0.228>	61.4<0.077>	-	-	-
水和剤 (H22)		胚部 ^{注3}	-	-	30.9<0.039>	14.0<0.018>	83.0%	92.3%
ハミル	800	全体	-	17.4<0.022>	16.0<0.020>	-	-	-
水和剤		胚部	-	-	12.0<0.015>	5.3<0.007>	31.0%	69.5%
チアメトキサム ^{注1}	1800	全体	-	1155<0.642>	384<0.213>	-	-	-
フロアブル (H23 1回)				(1155, <0.1)	(360, 20.6)			
		胚部	-		411<0.228>	187<0.104>	66.9%	85.9%
					(382, 24.9)	(163, 20.8)		
チアメトキサム ^{注1}	1800	全体	-	714<0.397>	102<0.057>	-	-	-
フロアブル (H23 2回 ^{注4})				(712, <0.1)	(88.6, 14.0)			
		胚部	-	-	120<0.067>	59.0<0.033>	83.2%	91.7%
					(101, 16.0)	(47.0, 10.0)		
シアゾファミド	1880	全体	-	794<0.422>	448<0.238>	-	-	-
フロアブル		胚部	-	-	11.2<0.006>	3.8<0.002>	98.6%	99.5%
チラム	8000	全体	6775<0.847>	870<0.109>	364<0.046>	-	-	-
フロアブル		胚部	-	-	<0.1	<0.1	-	-
チアメトキサム ^{注1}	1808	全体	1640<0.907>	464<0.257>	98.9<0.055>	-	-	-
フロアブル (H24)			(1640, <0.1)	(464, <0.1)	(88.6, 8.8)			
		胚部	-	-	87.5<0.048>	54.7<0.030>	81.1%	88.2%
					(77.2, 8.8)	(46.8, 6.8)		
ルジノキソニル	88	全体	56.5<0.642>	34.0<0.386>	9.8<0.111>	-	-	-
フロアブル		胚部	-	-	4.9<0.0567>	2.2<0.025>	85.6%	93.5%
メタキシル M	136	全体	106<0.779>	11.1<0.082>	0.2<0.001>	-	-	-
フロアブル		胚部	-	-	0.2<0.001>	<0.1	98.2%	-
チラム	4000	全体	3238<0.810>	976<0.244>	77.8<0.019>	-	-	-
水和剤 (H24)		胚部	-	-	<0.1	<0.1	-	-
チラム	1250	全体	1188<0.950>	379<0.303>	7.7<0.006>	-	-	-
粉剤		胚部	-	-	<0.1	<0.1	-	-
タイジン	1250	全体	1375<1.100>	352<0.282>	70.2<0.056>	-	-	-
粉剤		胚部	-	-	58.6<0.047>	27.1<0.022>	83.4%	92.3%
(水稲)								
チラム	8,000		-	493<0.062>	22.0<0.0028>	-	95.5%	-
フロアブル								
イタノフロアブル ^{注5}	6,670		2,006<0.301>	74.0<0.011>	1.80<0.0003>	-	97.6%	-
水和剤	2,020		<0.993>					

注1)チアメトキサム残留濃度:チアメトキサムとクロチアニジン(チアメトキサム換算値)の含量値。各数値の下段()内の数値はチアメトキサム残留濃度、クロチアニジン残留濃度(チアメトキサム換算前の分析値)を示す。

注2)残留率:農薬濃度(mg/kg)/種子1kgあたりの農薬使用量(mg/kg)

注3)胚部:出芽時は種子外皮及びひげ根を除いた種子、子葉展開期は種子外皮及びひげ根を除いた株

注4)チアメトキサムについては、平成23年度調査において、農薬処理量が同程度の他の剤と比較して、播種直後の残

留濃度が相当程度高く、不均一な処理で行った可能性が懸念されたが、検討の結果、平成 23 年度の第 1 回試験の結果が不適切であったと見なすべき十分な根拠がなかったため、確認のための再試験を行った。また、平成 24 年度にも同一薬量・同条件で試験を行った。

注 5) カルパー処理した籾重量から計算した種子 1kg あたりの農薬使用量

資料 12 種子 RUD の推計について

初期評価は、スクリーニング段階と位置づけて、農薬ごとに残留量を設定するのではなく、農薬共通で高濃度の農薬残留を想定して、農薬使用量から農薬残留濃度を餌タイプごとに算定できる係数を設定することとした（第 3 章第 1 節参照。）

種子処理剤の使用実態調査（資料 10 を参照。）によると、鳥類による摂食被害は、出芽期から子葉展開期に発生していること、また鳥類の摂食部位は根及び外皮を除いた胚部であることが知られていることから、種子処理剤に係る残留農薬濃度は、出芽時の胚部の残留農薬濃度を用いることとし、乾燥種子 1 kg 当たりの農薬使用量に対する出芽時の残留農薬濃度の割合（以下「種子 RUD」という。）を初期評価において用いる数値とした。その推計方法は次のとおり。

1. 農薬ばく露量調査の結果について

環境省が平成 22～24 年度に実施した農薬ばく露量調査（社）日本植物防疫協会実施）において、大豆及び直播水稻を対象作物として種子処理剤の残留濃度を調査した。なお、鳥類の摂食被害が見られる作物として、直播水稻及び大豆以外に、大豆以外の豆類、とうもろこし及び野菜類がある（資料 10 を参照。）が、いずれも畑作物であることから、大豆を代表作物とし延べ 9 剤について調査を行った。また、直播水稻については、浸種（播種前に 7 日程度一定温度の水に浸すこと。水替えを伴うため、浸種前又は浸種時に用いた農薬はほとんど残留しない。）後に用いられる種子処理剤で現在登録されているのは 3 剤のみであり、うち 2 剤について調査を行った。

乾燥種子 1 kg 当たりの農薬使用量と、出芽時における残留農薬濃度及び当該濃度の乾燥種子 1 kg 当たりの農薬使用量に対する割合（以下「残留率」という。）は、下表のとおりである。

表 乾燥種子 1kg 当たりの農薬使用量に対する出芽時の残留濃度と残留率				
農薬名	農薬使用量 (mg/kg 種子)	出芽時 残留濃度(mg/kg)	残留率	
(大豆)				
チウラム	800	30.9	0.039	平均値 : 0.02 標準偏差 : 0.03 中央値 : 0.01 90%tile : 0.06
ベノミル	800	12.0	0.015	
チアメトキサム	1,800	196.4	0.109	
シアゾファミド	1,880	11.2	0.006	
チウラム(水和剤)	1,250	<0.1	<0.0001	
ダイアジノン	1,250	58.6	0.047	
チウラム(粉剤)	4,000	<0.1	<0.0003	
フルジオキサニル	88	4.9	0.056	
(水稻)				
チウラム	8,000	22.0	0.0028	平均値 : 0.0016 最大値 : 0.0028
イミダクロプリド	6,670	1.8	0.0003	

平成 23 年度の測定結果（2 回）及び 24 年度測定結果の平均値。（チアメトキサムについては、平成 23 年度調査において、不均一な処理で行った可能性が懸念されたため、確認のための再試験を行い、また、平成 24 年度にも同一薬量・同条件で試験を行った。検討の結果、平成 23 年度の第 1 回試験の結果が不適切であったと見なすべき十分な根拠がないことから、3 回の測定結果の平均値を解析に用いることとした。）

2．種子 RUD の設定について

初期評価においては、スクリーニングとして相応の高濃度残留を想定する観点から、豆類、とうもろこし及び野菜類に係る種子 RUD は、大豆に係る農薬ばく露量調査結果の出芽時の残留率の 90%タイル値である 0.06 を採用する。

また、水稻についての出芽時の残留率の最大値は 0.0028 であったが、90%タイル値を算出するにはデータ数が不足していることから、出芽時の残留率の最大値を 2 倍した 0.006 を水稻に係る種子 RUD として採用する。

資料 13 小型鳥類行動調査結果

1 調査目的

鳥類に対する農薬のばく露評価に資するため、小型鳥類を対象に、農地（農薬散布想定区域）とその周辺地域を含む区域においてラインセンサスを実施し、農地やその周辺地域のそれぞれの区域で生息する時間及び行動を整理・解析することにより、鳥類が農地に生息する割合について知見を得ることを目的とした。

調査は平成 21～23 年度の 3 カ年実施した。

2 調査方法

（1）調査対象種

スズメを対象とした。

（2）調査地域

水田や畑、林地、住宅など異なる自然環境や土地利用形態が含まれる、下記の地域を調査フィールドとして設定した。

平成 21 年度	群馬県太田市	主に水田、住宅地、畑、小規模な雑木林などが見られた。畑ではダイズやネギ等を栽培。
	群馬県みどり市	主に水田が見られた。畑ではトウモロコシやサトイモを栽培。
	埼玉県所沢市	畑ではお茶や桑などを栽培。
平成 22 年度	埼玉県熊谷市 a	主に水田が見られ、一部で大豆を栽培。集落周辺には狭い畑が点在。
	埼玉県熊谷市 b	主に水田や耕作放棄地が点在。畑では大豆が優占。
平成 23 年度	山形県東根市	果樹園が多い地域であり、特におうとうが優占。
	千葉県八千代市	宅地が多い地域であり、果樹園は梨が優占。
	愛知県豊橋市	水田が約 30% を占有。果樹園の作物はほとんどがカキで、ブドウ（ハウス栽培）がわずかに見られた。

（3）ラインセンサス調査

調査フィールド内にセンサスルートを設定、センサス幅は片側各 25 m・合計 50 m（平成 22 年度は片側 50 m・合計 100 m。）とした。センサスルートにはそれぞれ 1 名の調査者を配置し、8～10 倍の双眼鏡を用い、ルート上を時速約 2 km/h で歩行しながら、センサス範囲内で確認された鳥類について記録した。

調査期間は農薬使用時期、水稻・果実の収穫期等を考慮し 6 カ月程度とした。作物の収穫時期、対象種の繁殖期間中は調査頻度を増やした。

表 1 調査地域における月別の鳥類センサスの調査日数(回数)

種名	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平成 21 年度								
群馬県太田市			20	8	8	6	8	4
群馬県みどり市			20	8	10	6	8	4
埼玉県所沢市		2	10	8	10	8	8	4
平成 22 年度								
埼玉県熊谷市 a					36	20	12	12
埼玉県熊谷市 b					36	20	12	12
平成 23 年度								
山形県東根市	18	18	18	24	24	24	12	
千葉県八千代市		18	18	24	24	24	12	
愛知県豊橋市	18	18	18	18	24	18	12	

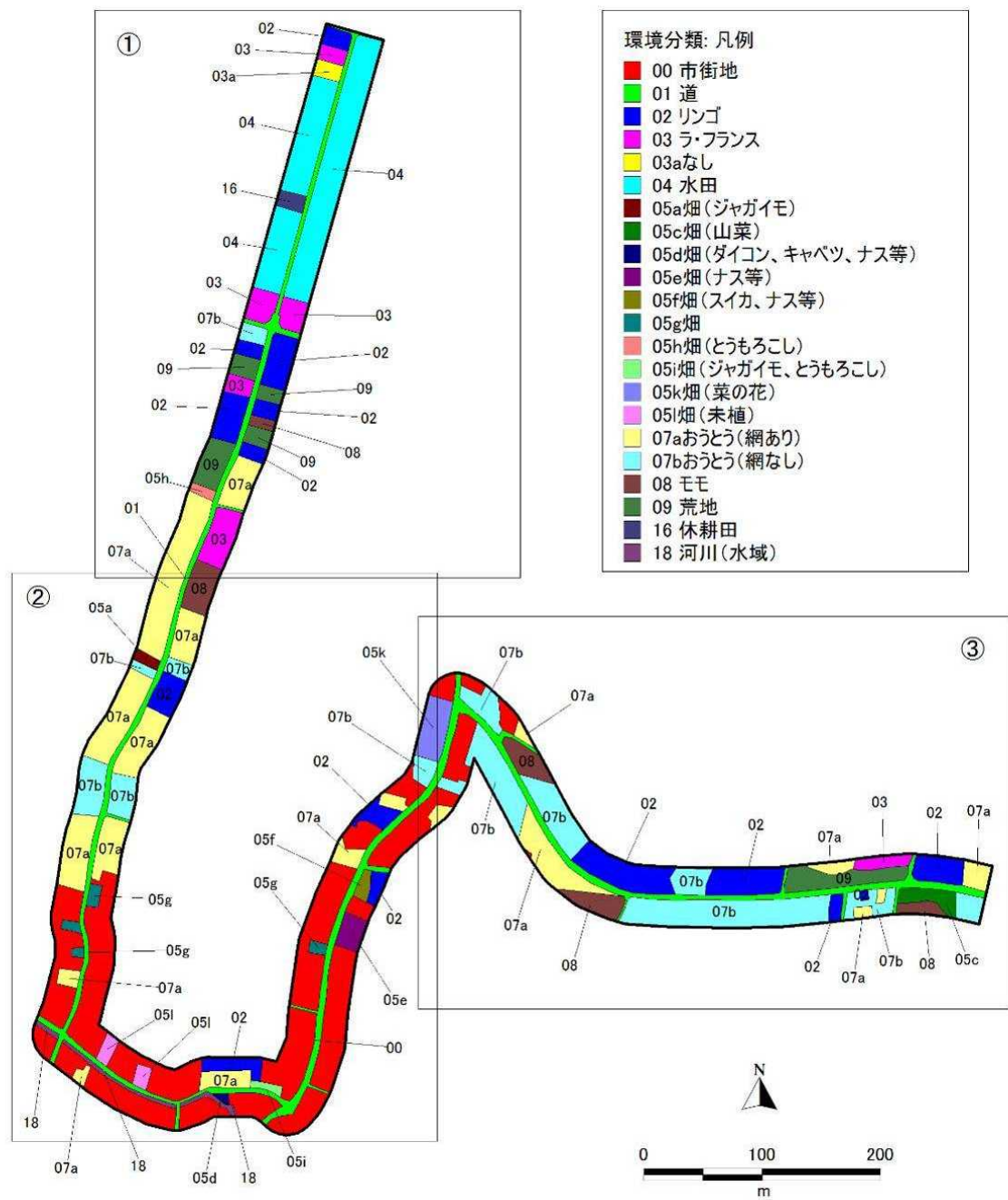


図1 センサスルート範囲の土地利用区分の例(平成 23 年度 山形県東根市)

土地利用区分を、7つの土地利用区分（1．水域、2．住宅地、3．道、4．荒地、5．畑（23年度のみ果樹を別区分。）6．水田、7．雑木林）に集約した。調査地域における土地利用区分ごとの面積及び面積割合を表2、面積割合を表したグラフを図2に示した。

表2 調査地域における土地利用区分ごとの面積及び面積割合

土地利用 区分	埼玉県所沢市		群馬県太田市		群馬県みどり市		埼玉県熊谷市 a	
	面積 (ha)	面積割合 (%)	面積 (ha)	面積割合 (%)	面積 (ha)	面積割合 (%)	面積 (ha)	面積割合 (%)
水域	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.24
宅地	5.40	35.41	2.07	13.96	3.46	22.91	2.08	21.37
道	1.31	8.59	2.61	17.59	2.85	18.87	0.91	9.32
荒地	1.76	11.55	1.96	13.20	1.49	9.86	0.20	2.07
畑	5.69	37.34	2.41	16.27	1.70	11.26	2.10	21.55
畑(果樹)								
水田	0.00	0.00	5.44	36.74	5.59	36.95	3.95	40.51
雑木	1.09	7.12	0.33	2.25	0.02	0.16	0.48	4.94
総計	15.25	100.00	14.81	100.00	15.12	100.00	9.75	100.00

土地利用 区分	埼玉県熊谷市 b		山形県東根市		千葉県八千代市		愛知県豊橋市	
	面積 (ha)	面積割合 (%)	面積 (ha)	面積割合 (%)	面積 (ha)	面積割合 (%)	面積 (ha)	面積割合 (%)
水域	0.02	0.17	0.06	0.62	0.00	0.00	0.32	3.28
宅地	1.01	10.20	2.44	24.50	3.04	30.76	1.77	17.89
道	1.24	12.57	1.07	10.79	1.39	14.11	1.21	12.27
荒地	0.98	9.95	0.35	3.49	0.19	1.93	0.99	10.05
畑	2.41	24.39	0.44	4.43	0.57	5.77	0.89	9.04
畑(果樹)			4.63	46.53	3.07	31.07	0.92	9.33
水田	3.74	37.85	0.96	9.63	0.37	3.76	2.88	29.11
雑木	0.48	4.87	0.00	0.00	1.24	12.58	0.89	9.03
総計	9.89	100.00	9.94	100.00	9.88	100.00	9.88	100.00

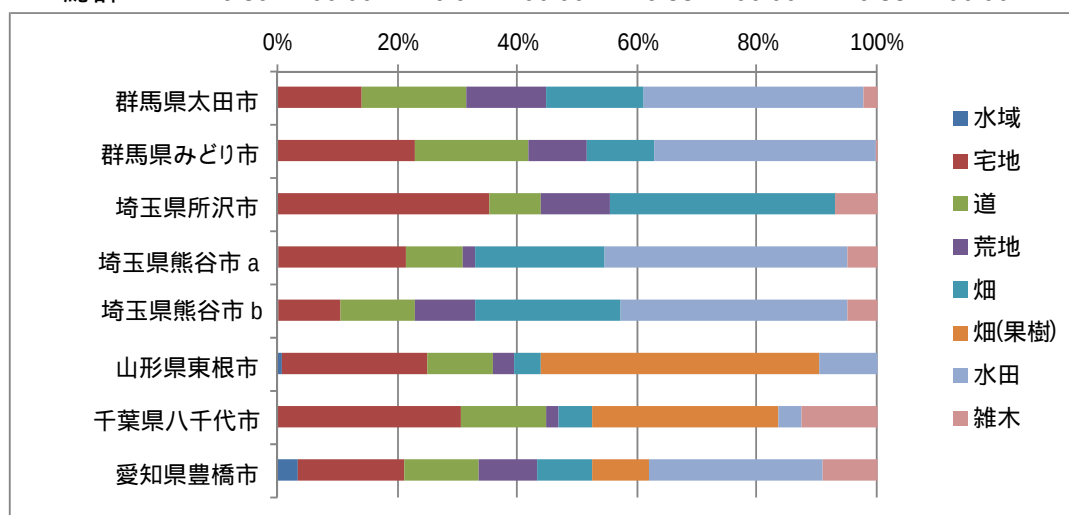


図2 調査地域における土地利用区分ごとの面積割合

3 調査結果

(1) 確認個体数

調査地域において鳥類の確認個体数を月別にみると、調査期間で大きく変動し、顕著な傾向は見られなかった。スズメは群れで行動することがあり、観察のタイミングにより観察個体数に大きな変動があることから、確認個体数自体には大きな誤差を含むことが示唆された（図3）。

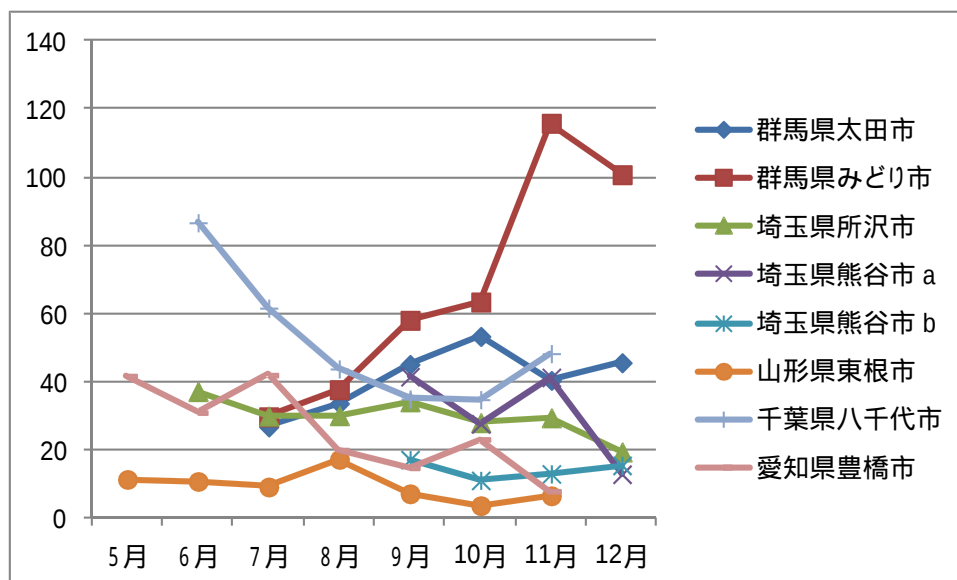


図3 調査地域における確認個体数の月変動

(2) 土地利用区分における鳥種の生息割合

土地利用区分における鳥類の生息割合を算出した。一回のラインセンサス調査による確認羽数はその土地利用区分における鳥種の生息時間に比例する、という仮定をおき、土地利用区分ごとの確認羽数の全確認羽数に対する割合をもって、その調査地域における土地利用区分に係る生息割合とした。

また、調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を1とした場合の対象種の生息割合を算出した。対象種が調査地域内に完全にランダムに分布して生息している場合は、調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を1とした場合の対象種の生息割合は1となることが期待され、特定の土地利用区分に集中した場合には当該生息割合が1より大きくなると考えられる。

上記の方法で得た、調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を1とした場合の対象種の生息割合を、各調査地域毎に整理し、表3に示した。

表 3 各調査地域における土地利用区別の鳥類の生息割合
(調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を1として補正したもの。)

平成 21 年度調査

埼玉県 所沢市	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑	水田	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率		35.40	8.60	11.60	37.30		7.10		
H21.6	-	0.74	0.82	0.42	0.61	-	5.50	-	228
H21.7	-	0.99	0.75	1.13	0.76	-	2.40	-	2129
H21.8	-	0.86	0.92	1.08	0.73	-	3.07	-	931
H21.9	-	0.82	0.79	1.73	0.62	-	2.98	-	1525
H21.10	-	1.67	0.21	0.90	0.37	-	2.10	-	784
H21.11	-	1.53	0.28	0.94	0.56	-	1.62	-	919
H21.12	-	1.24	0.04	0.84	0.62	-	3.20	-	277
群馬県 太田市	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑	水田	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率		13.96	17.59	13.20	16.27	36.74	2.25		
H21.7	-	2.88	1.07	0.90	0.85	0.18	3.95	-	1001
H21.8	-	2.92	1.05	0.96	0.59	0.08	6.85	-	513
H21.9	-	3.53	0.39	1.20	0.13	0.36	5.64	-	733
H21.10	-	4.10	0.22	0.26	0.02	0.55	6.62	-	551
H21.11	-	5.36	0.08	0.07	0.04	0.14	7.61	-	824
H21.12	-	5.54	0.14	0.29	0.00	0.07	6.21	-	444
群馬県 みどり市	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑	水田	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率		22.91	18.87	9.86	11.26	36.95	0.16		
H21.7	-	1.53	1.30	1.99	1.43	0.08	9.68	-	860
H21.8	-	2.09	0.87	2.18	0.76	0.07	18.62	-	619
H21.9	-	2.79	0.13	0.45	0.29	0.63	15.34	-	1587
H21.10	-	3.35	0.16	0.08	0.21	0.41	11.27	-	909
H21.11	-	3.68	0.00	0.01	0.28	0.31	5.95	-	2259
H21.12	-	3.87	0.01	0.01	0.04	0.25	8.95	-	1073

平成 22 年度調査

埼玉県 熊谷市 a	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑 1	水田	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率		21.37	9.32	2.07	21.55	40.51	4.94		
H22.9	-	0.46	0.19	0.29	2.83	0.65	0.05	-	1392
H22.10	-	1.48	1.24	0.26	2.46	0.02	0.47	-	655
H22.11	-	0.90	1.38	2.68	2.70	0.08	0.25	-	579
H22.12	-	1.72	1.04	0.00	1.98	0.08	1.57	-	172
埼玉県 熊谷市 b	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑 2	水田	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率		10.20	12.57	9.95	24.39	37.85	4.87		
H22.9	-	3.33	0.62	0.05	0.84	0.70	2.23	-	695
H22.10	-	6.61	0.47	0.00	0.48	0.23	1.30	-	231
H22.11	-	5.66	1.38	0.00	0.32	0.32	1.05	-	150
H22.12	-	3.43	0.21	0.00	1.92	0.41	0.00	-	190

表 3 各調査地域における土地利用区別の鳥類の生息割合(続き)
(調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を1として補正したもの。)

平成 23 年度調査

山形県 東根市	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑 3	水田	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率	0.62	24.50	10.79	3.49	4.43	9.63		46.53	
H23.5		2.29	0.81	2.65	1.32	0.30		0.37	205
H23.6		1.84	0.52	2.05	4.86			0.44	195
H23.7		2.03	0.11	2.95	2.74	1.32		0.30	165
H23.8		1.46	0.29	5.64	0.76	0.07		0.80	416
H23.9		0.95	0.11	8.82	0.39	3.08		0.29	172
H23.10		2.04	0.32	10.41	1.80			0.05	88
H23.11		3.87						0.11	79
千葉県 八千代市	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑 4	水田	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率		30.76	14.11	1.93	5.77	3.76	12.58	31.07	
H23.6		1.95	0.37	0.43	0.51	0.03	0.47	0.80	1560
H23.7		1.74	0.34	0.61	0.52	0.00	0.49	1.01	1108
H23.8		1.77	0.34	1.33	1.65	0.94	0.37	0.66	1052
H23.9		1.96	0.35	2.65	0.54	0.98	0.27	0.63	841
H23.10		2.16	0.65	3.23	0.23	0.51	0.20	0.41	834
H23.11		2.29	0.28	0.27	0.45	0.50	0.25	0.56	580
愛知県 豊橋市	水域	住宅地	道路	荒れ地	畑 5	水田 6	雑木林	果樹園	個体数
土地占有率	3.28	17.89	12.27	10.05	9.04	29.11	9.03	9.33	
H23.5		2.18	0.05	0.36	0.55	1.52	0.61	0.23	750
H23.6		3.08	0.69	1.25	1.21	0.18	0.42	0.42	558
H23.7		1.73	0.87	1.76	(2.36)	0.29	0.34	0.85	756
H23.8	0.08	0.79	1.09	0.94	(5.32)	0.06	0.71	0.71	360
H23.9		2.83	0.41	0.34	(0.28)	0.93	0.53	0.69	355
H23.10		3.12	0.16	0.07	(0.40)	0.88	0.83	0.54	416
H23.11		3.47	0.00	0.00	(1.28)	0.00	1.28	1.58	95

注 1) 調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を 1 として補正した生息割合
= ある土地利用区分における鳥類の生息割合 ÷ その土地利用区分が調査範囲内の総面積に占める割合
注 2) 欄内の “ - ” は環境自体がないもの、“空欄” は環境はあるものの、個体が確認されなかったもの。

- 1 : H22 熊谷市 a の畑は、無防除でハスモンヨトウが大発生した畑にスズメが誘引された結果、高くなったと考えられる。
- 2 : H22 熊谷市 b における 1 2 月の畑は 6 0 羽の家族群が確認された結果、高くなったと考えられる。
- 3 : H23 東根市における 5 ~ 7, 10 月の畑は、隣接する納屋で営巣活動が行われており給餌行動などが頻繁に確認された結果、高くなったと考えられる。
- 4 : H23 八千代市における 8 月の畑は 8 月下旬に家族群が採餌していた結果、高くなったと考えられる。
- 5 : H23 豊橋市における 5 ~ 8 月の畑は、家族群が確認された結果、高くなったと考えられる。また、7 月以降作物はほとんど栽培されていない。
- 6 : H23 豊橋市における 5 月の水田は、30 ~ 50 羽程度の家族群が 4 回確認された結果、高くなったと考えられる。

月別に見ると、調査地域により異なるものの、宅地で生息する割合が高かった。農地に生息する割合は比較的低かった。荒地については常に生息する割合が高い地域がある反面、ほとんど生息していない地域もあり、顕著な傾向はないと考えられた。

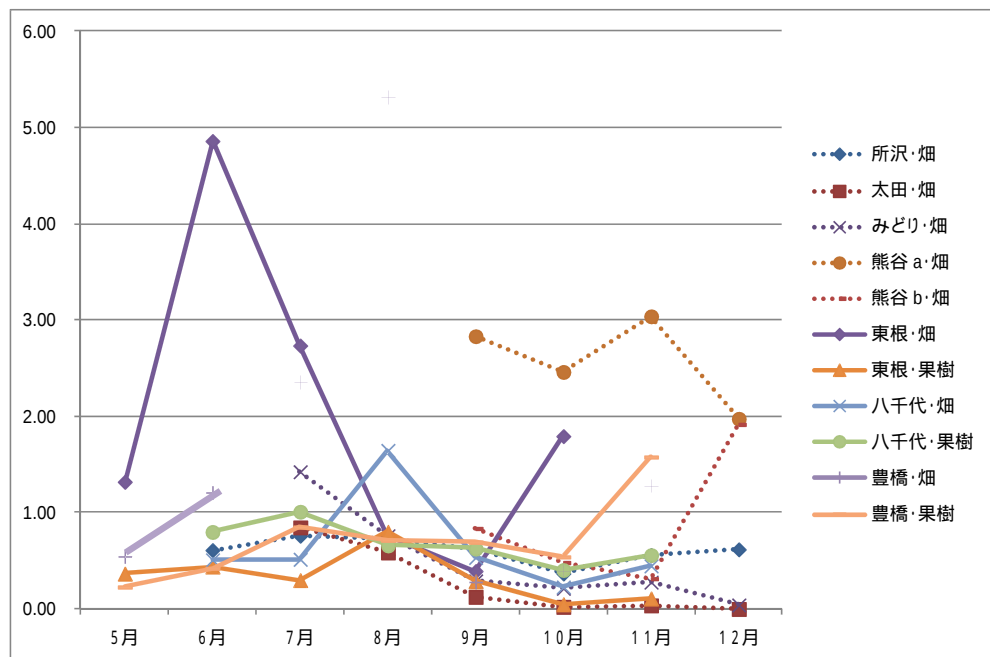


図4 各調査地域における鳥類の生息割合(畑及び果樹園)

(調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を1として補正したもの。)

各土地区分のうち農地である畑・果樹園に着目すると、生息割合が1以下で推移している場合が多かった。畑や果樹園における鳥類の生息割合は、一部の例外を除いて個別の要因を除けば、それほど高くないと考えられる。

特に生息割合が高かった事例は、個別に見ると以下のとおり。

- ・ 埼玉県熊谷市 a ルート(H22)：9～12月の畑で生息割合が高かったが、この畑では、農薬の防除が行われていなかったため、ハスモンヨトウと思われる幼虫が道路にまで出てくるほど発生しており、この幼虫を捕食するためスズメが多く集まったと考えられる。
- ・ 山形県東根市ルート(H23)：5～7,10月の畑で生息割合が高かったが、これは畑に隣接する納屋でスズメが営巣しており、行動圏内で行動する家族群が頻繁に確認されたこと(畑の相対的な土地面積比が4.4%と他地域に比して小さいため、少数の観察事例が生息割合の変動として現れやすい。)によるものと考えられた。
- ・ 千葉県八千代市ルート(H23)：8月の畑で生息割合が高かったが、これは8月下旬に16羽、42羽の家族群が採餌していたこと(畑の相対的な土地面積比が5.8%と他地域に比して小さいため、少数の観察事例が生息割合の変動として現れやすい。)によるものと考えられる。

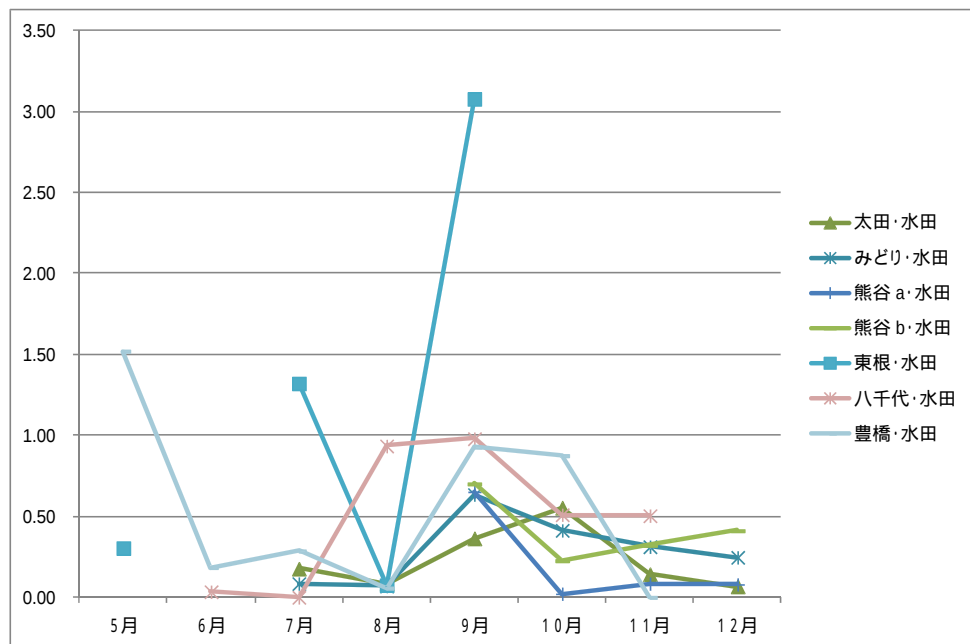


図5 各調査地域における鳥類の生息割合(水田)
(調査地域における総土地面積に対するそれぞれの土地利用区分の面積を1として補正したもの。)

また、水田についても畑・果樹園と同様に、生息割合が1以下で推移している場合が多かった。水田における鳥類の生息割合は、一部の例外を除いて個別の要因を除けば、それほど高くないと考えられる。

特に生息割合が高かった事例は、個別に見ると以下のとおり。

- ・ 山形県東根市ルート(H23)：9月の水田で生息割合が高かったが、これは刈取り後の水田で10～20羽単位の群れが確認されたことによるものと考えられた。
- ・ 愛知県豊橋市ルート(H23)：5月の水田で生息割合が高かったが、これは30～50羽程度の群が4回確認されたことによるものと考えられた。

資料 14 平成 22・23 年度農薬ばく露量調査結果（水稻・昆虫）の概要

1 調査の目的

鳥類に対する農薬リスク評価に必要な農薬ばく露量の推定方法を検討するため、農地に実際に農薬を散布した上で散布区域内において作物、土壌及び餌生物の農薬残留量を継続的に把握することを目的として平成 22、23 年度に農薬ばく露量調査を行った。

（環境省調査：平成 22 年度農薬による陸域生態リスク評価技術開発調査・農薬曝露量調査、平成 23 年度農薬生態リスク評価技術開発調査・ばく露量調査、社団法人 日本植物防疫協会受託）

2 調査方法

（1）昆虫ばく露量調査

ア 平成 22 年度大豆畑における調査

害虫の防除を行わない大豆畑において、シアゾファミドフロアブル 1,000 倍及びメタラキシル水和剤 500 倍を 7 日間隔で 3 回（平成 22 年 8 月 20 日、27 日、9 月 3 日）散布した。第 1 回散布の直後、3 日後及び 7 日後に、散布前にあらかじめ網に入れて逃亡できないようして放飼したハスモンヨトウ幼虫をそれぞれ採取して農薬残留濃度を調査した。また、散布の直後と 7 日後に土壌を採取し農薬残留濃度を分析した。チョウ目幼虫以外に第 1 回散布直後から第 3 回散布 3 日後までにピットフォール（地中埋め込み式）トラップにより捕獲した地上歩行性の昆虫の残留濃度を調査した。

イ 平成 23 年度キャベツ畑における調査

害虫の防除を行わないキャベツ畑において、トルクロホスメチル水和剤 500 倍及びボスカリドドライフロアブル 1,500 倍を 7 日間隔で 2 回（平成 23 年 6 月 24 日、7 月 1 日）散布した。第 2 回散布の直後及び 3 日後に、任意の 30 カ所から大量に自然発生したアオムシ幼虫及び採取地点近くの土壌を採取し農薬残留濃度を調査した。また、並行して土壌残留試験も行い、散布の直後及び 3 日後の土壌残留濃度を調査した。

（2）水稻ばく露量調査

水稻について、MEP 乳剤 1,000 倍を 2 回散布（平成 22 年 8 月 10 日、17 日）、シラフルオフェン EW2,000 倍、クロマノフェノジドフロアブル 1,000 倍、フルトラニルフロアブル 2,000 倍、ジノテフラン・トリシクラゾールゾル 1,000 倍を混用して 2 回散布（平成 23 年 7 月 23 日、8 月 3 日（千葉）、7 月 8 日、14 日（高知））した後に乳熟期、糊熟期、黄熟期、収穫期のもみ米及び胚乳（玄米）の残留濃度を調査した。

3 調査結果

（1）昆虫ばく露量調査

チョウ目昆虫

平成 22 年度は、ハスモンヨトウを散布農薬のばく露を受けやすい状態で放飼し、散布の直後、3 日後及び 7 日後に調査した（表 1：シアゾファミド及びメタラキシル）。散布直後の昆虫残留濃度、土壌残留濃度及び有効成分投下量の間の関係は 2 農薬間で

異なったが、いずれも3日後には昆虫残留濃度は大きく低下した。その減少速度は通常示される農薬の減衰パターンでは説明できないことから、散布直後に一時的に体表面に付着した農薬が、その後に昆虫から離脱したのではないかと考えられる。

平成23年度は、2回散布を含む10日間の調査期間に採取されたモンシロチョウ幼虫（アオムシ）について、個体別の昆虫残留濃度と採取地点近傍の土壌残留濃度を調査した（表1：ボスカリド及びトルクロホスメチル）。アオムシの昆虫残留濃度は個体ごとに大きくばらついたが、最終散布直後でみると、採取地点近傍の土壌残留濃度との間に一定の相関が認められた（図1）。一方、採取個体の昆虫残留濃度は、最終散布直後が極めて高かったものの、前年度と同様に3日後には著しく低下した。最終散布直後が前年のハスモンヨトウと比較して高濃度となったのは、アオムシは体毛が多いことから昆虫の体表面に農薬が付着しやすかったためと考えられる。

地上歩行性昆虫

3回散布を含む17日間の調査期間中に採取された地上歩行性昆虫の平均虫体濃度は、チョウ目幼虫の散布直後の虫体濃度よりもかなり低かった（表2）。

（2カ年のまとめ）

農地に生息する昆虫は、飛翔、歩行により農地内外を移動する種も多く存在することから、昆虫残留濃度は、昆虫の行動及び生息場所により大きく異なると考えられる。また、昆虫残留濃度が最も高くなると考えられる昆虫種（チョウ目幼虫など農地内に生息し移動性の低い昆虫類）であっても、農薬ばく露は極めて不均一で、散布直後に一時的に高濃度にばく露されても、昆虫の体表面からの離脱などによって急激に減少することが明らかとなった。

したがって、鳥類に対する農薬リスク評価をする上で、チョウ目幼虫の散布直後の昆虫残留濃度を昆虫類の残留濃度の代表値とすることは明らかに過大であり、本調査における散布3日後の昆虫残留濃度を代表値と見なす方が良いと考えられる。

さらに、農薬ばく露を受けやすい地点に生息する昆虫のばく露濃度を推定するには、採取地点ごとの昆虫残留濃度と土壌残留濃度、散布直後の昆虫残留濃度と土壌残留濃度の相関から、土壌残留試験結果が利用できると考えられた（図2）。

表3に各薬剤の昆虫残留濃度を有効成分投下量（kg a.i./ha）で除した値を示したが、散布3日後は2.05～0.05と計算された。

表1 チョウ目幼虫の残留濃度と土壌残留濃度

農薬名	投下量 a.i. kg/ha(1回)	チョウ目幼虫の残留濃度(mg/kg)			土壌残留濃度(mg/kg)		
		散布直後	3日後	7日後	散布直後	3日後	7日後
シアゾファミド	0.2	2.71	0.41<85%>	0.36<87%>	0.29	-	0.02
メタラキシル	0.4	1.19	0.03<98%>	0.04<97%>	0.40	-	0.12
ボスカリド	1.0	24.8	1.87<92%>	-	1.29	0.74	-
トルクロホスメチル	3.0	59.1	0.32<99%>	-	1.92	0.65	-

シアゾファミド、メタラキシル：H22年調査、大豆畑1回散布、ハスモンヨトウ幼虫の平均値

ボスカリド、トルクロホスメチル：H23年調査、キャベツ畑2回散布、モンシロチョウ幼虫の中央値

< >の数値は散布直後の虫体濃度からの減衰率

表2 地上歩行性昆虫等の残留濃度（ビットフォールトラップ捕獲）

農薬名	投下量 a.i.kg/ha(3回)	昆虫残留濃度(mg/kg)	
		捕獲昆虫(17日間)	換算濃度*
シアゾファミド	0.6	0.16	0.27
メタラキシル	1.2	0.12	0.10

平均	0.18
*投下薬量で除した値	

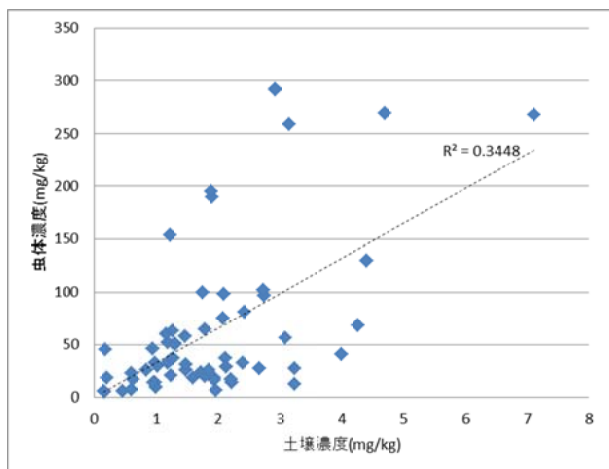


図1. 散布直後における推定虫体落下量と近傍土壌濃度との関係(散布直後)

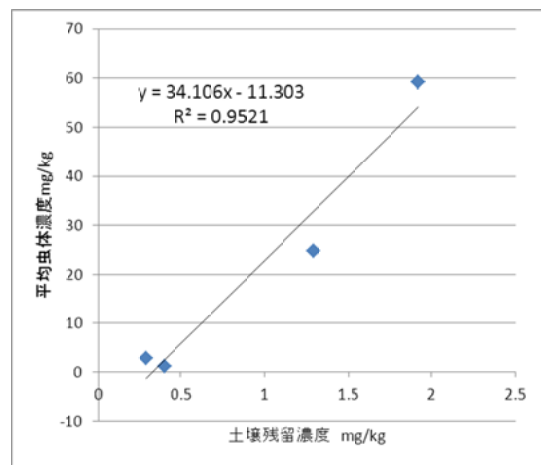


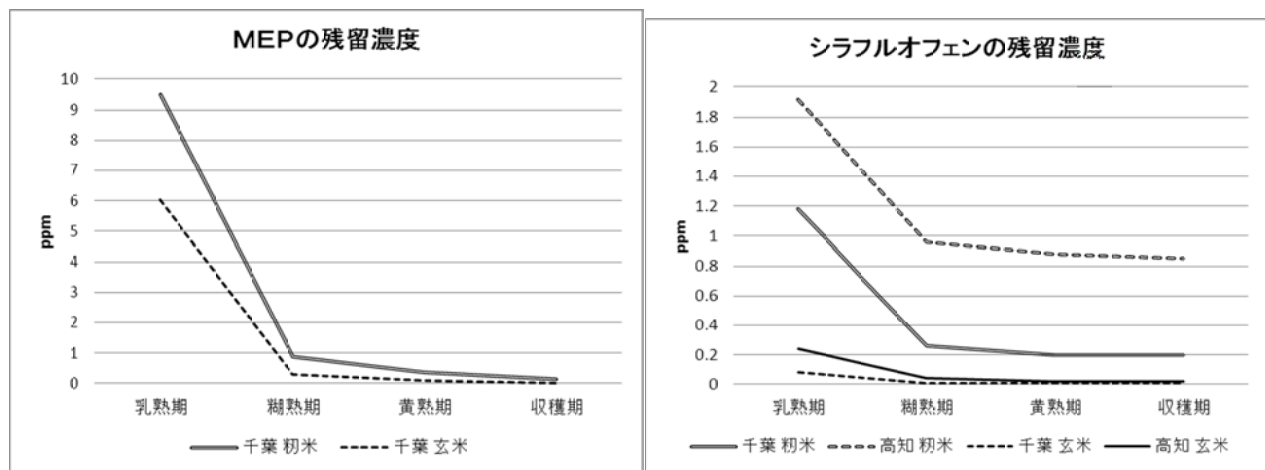
図2 昆虫残留濃度(チョウ目幼虫)と土壌残留濃度との関係(散布直後) <表1から作成>

表3 チョウ目幼虫の残留濃度(投下薬量で除した値。)

農薬名	チョウ目幼虫残留濃度	
	散布直後	3日後
シアゾファミド	13.5	2.05
メタラキシル	2.98	0.08
ボスカリド	12.4	0.94
トルクロホスメチル	9.85	0.05
中央値	11.1	0.5
平均値	9.7	0.8
90%tile	13.2	1.7
最大値	13.5	2.05

(2) 水稻ばく露量調査

水稻栽培の中期防除剤を慣行量(150 L/10a)で2回散布した後に乳熟期、糊熟期、黄熟期及び収穫期のもみ米及び胚乳(玄米)の残留濃度を調査した(図3)。もみ米濃度は乳熟期から糊熟期にかけて速やかに減衰した。胚乳(玄米)の濃度はもみ米濃度と比較して低く、散布した農薬の多くが胚乳外側のもみに付着していると考えられた。



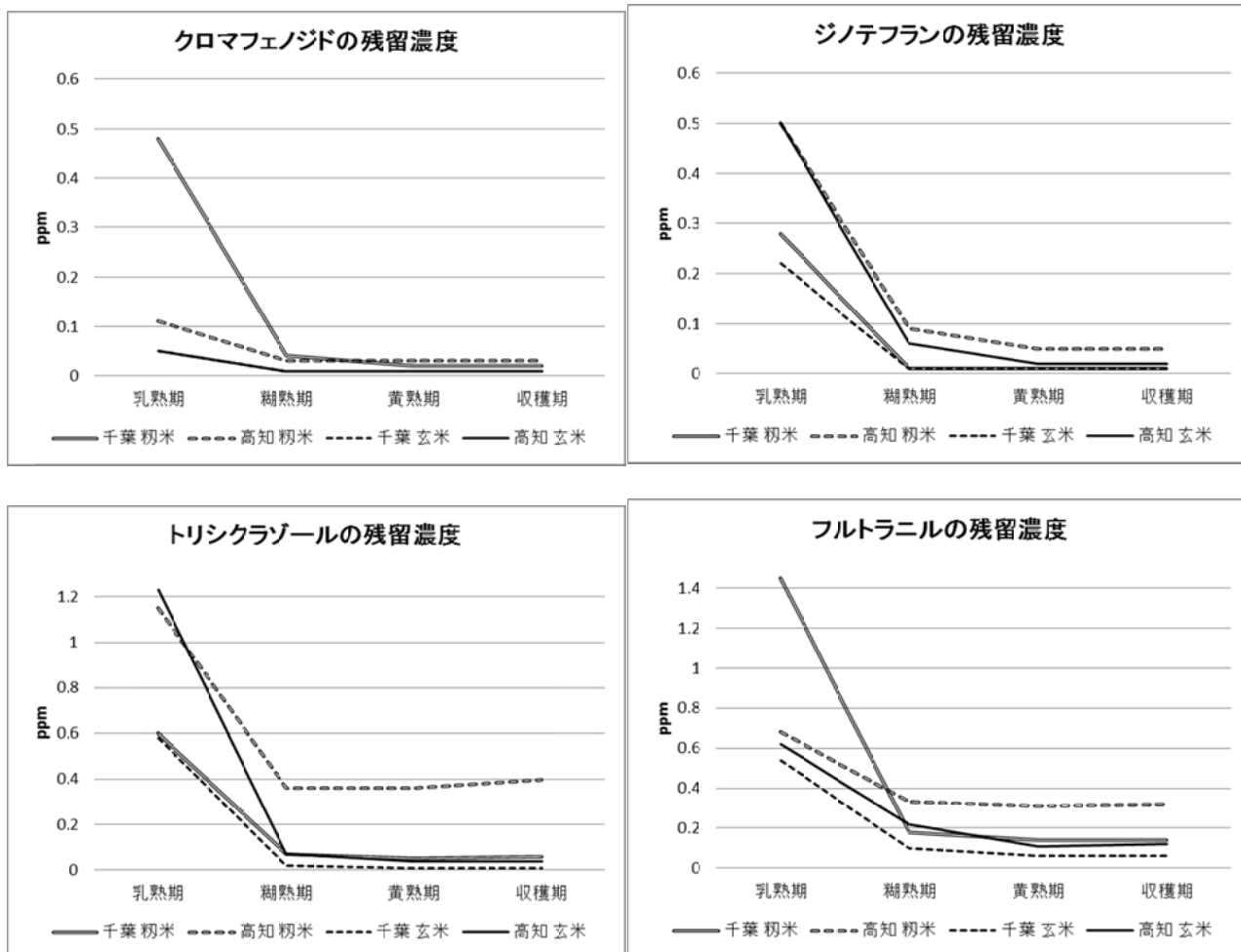


図2 農薬散布後の籾及び玄米(胚部)の残留濃度の推移

資料 15 昆虫 RUD の推計について

(1) 昆虫ばく露量調査 (資料 14 を参照) の結果についての考察

農地に生息する昆虫は、飛翔、歩行により農地内外を移動する種も多く存在することから、昆虫に係る残留農薬量は、昆虫の行動及び生息場所により大きく異なると考えられる。

チョウ目幼虫の調査については、散布農薬のばく露を受けやすい状態で放飼しており、なおかつ、散布ほ場内に生息し、移動性の低い(農薬残留量が最も高くなると考えられる)昆虫のみが分析対象であり、農地に生息する昆虫の残留農薬濃度として相当過大な評価と考えられる。また、個体間のばらつきも極めて大きい。

チョウ目幼虫の調査では、散布直後に極めて残留農薬濃度が高かったが、これは昆虫の体表面への一時的な付着によるものと考えられ、表面からのはく離などにより急速に減少していることから、3日後のデータが利用できると考えられる。

一方、昆虫残留農薬濃度は、個体間のばらつきが極めて大きいものの、土壌残留農薬濃度と相関が高いことから、昆虫に係る農薬残留量の推計にこの濃度を活用することが考えられる。

(2) 推計に活用するデータの考察

表 ばく露量調査データ及び土壌残留性試験成績について

	元データ	中央値	平均値	90%tile	最大値
水稻 RUD	8 農薬・9 試験データ (ばく露量調査及び文献)	4.08	4.83	7.33	8.80
果実 RUD	37 農薬・224 作残試験成績 (施設栽培除く: 公開抄録データより)	0.414	0.764	1.626	9.238
昆虫 RUD の候補となるデータ (昆虫ばく露量調査)	チョウ目幼虫 (処理直後)	11.1	9.7	13.2	13.5
	チョウ目幼虫 (3 日後)	0.5	0.8	1.7	2.05
	ピットフォール昆虫 (17 日平均)	-	0.18	-	0.27
	土壌残留性試験成績 (畑地用 45 剤各 2 試験から推定した初回散布直後の濃度)	0.90	1.26	2.19	-

(単位) mg/(kg-ai/ha)・kg-diet

昆虫に係る農薬残留量の推計に活用できる可能性のあるデータとして、上記のデータがあるが、各データの位置づけは以下のとおり。

チョウ目幼虫

資料 11 の 3(1)で述べたとおり相当過大な評価となるおそれがあり、かつ、調査を行った個体間のばらつきも極めて大きい。また、試験方法が微妙に異なる 2 カ年で各 2 農薬のみのデータから算出している。また、飛翔、歩行により農地内外を移動する種については考慮できていない。

ピットフォール昆虫 (17 日間平均)

7 日間隔で 3 回散布した期間中、第 1 回散布直後から第 3 回散布直後までピットフォール・トラップを設置し、約 2 日ごとにトラップに落下した昆虫等を採取して

分析試料としたもの。分析は 17 日間に採取された試料をすべてまとめて粉碎・均一化したもので行っており、農薬散布直後の残留農薬濃度ではない。また、単年度で 2 農薬のみのデータから算出している。

土壌残留性試験成績

農薬ごとにデータが整備されており、昆虫ばく露量調査（チョウ目幼虫）において昆虫に係る残留農薬濃度と土壌残留農薬濃度には相関がみられた。しかしながら、昆虫の残留農薬濃度（チョウ目幼虫以外も含めた全体）と土壌の残留農薬濃度の関係を数式化するためのデータがない。

（３）昆虫 RUD の設定について

(2)を踏まえ、農薬ごとにデータが整備されている土壌残留性試験の残留農薬濃度の初回散布直後推計値の 90%タイル値(2.19)は、チョウ目幼虫の 3 日後のデータの 90%タイル値（1.7）を若干上回っているが近似していることから、これを昆虫 RUD とする。

資料 16 鳥類強制経口投与試験の概要

鳥類強制経口投与試験について、農薬テストガイドライン(「農薬の登録申請に係る試験成績について」(12 農産 8147 号農林水産省農産園芸局長通知))では、「科学的に妥当な方法によること」と規定されている。本マニュアルでは、標記毒性試験は OECD テストガイドライン TG223 (Avian Acute Oral Toxicity Test (鳥類急性経口毒性試験); 2010 年 7 月 22 日採択; 以下「TG223」という。)に基づいて行うことが望ましいとしている(第 4 章第 3 節)。このため、TG223 に準拠した試験法の概要を以下に示す。

なお、TG223 は、動物福祉に配慮して、最初に限度試験を行い、死亡が認められた場合には段階的に試験を進める逐次法となっている。

1. 目的

本試験は、被験物質を単回経口投与した場合の鳥類への毒性影響に関する科学的知見を得ることにより、農薬使用時における安全な取扱方法の確立に資することを目的とする。

2. 供試生物

(1) 試験鳥種

死亡率が低く、嘔吐しにくい鳥種で、野生由来の系統として繁殖飼育された鳥を用いることが望ましい。なお、鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律(平成 14 年法律第 88 号)に基づき、野生鳥類又はその卵の捕獲は原則として禁止されていることから、試験鳥種として野生の捕獲した鳥は用いないこととする。

我が国でよく用いられる鳥種はウズラ(*Coturnix japonica* (Galliform))であり、海外ではボブホワイトウズラ(*Colinus virginianus* (Galliform))も多く用いられている。その他、我が国で実験用に用いることができる鳥種としては、ゼブラフィンチ(*Poephila guttata* (Passeriform))、セキセイインコ(*Melopsittacus undulatus* (Psittaciform))、マガモ(*Anas platyrhynchos* (Anseriform)) (入手方法等について参考文献(1)を参照のこと。)がある(ただし、試験鳥種をこれらに限定するものではない。)

(2) 供試鳥

成熟した羽装で、繁殖期ではない雌雄又は雌雄のいずれか一方を無作為に選択して用いる。試験にはおおむね同じ齢の鳥を用いる。

試験実施環境、試験で用いる基礎飼料には、少なくとも 14 日間はじゅん化させる。全ての鳥の健康状態を観察し、じゅん化期間中に鳥の 5%以上に死亡が認められた場合は、じゅん化中のいずれの鳥についても試験に用いてはならない。

3. 試験方法

(1) 被験物質の調製及び投与

被験物質は、カプセル投与又は適切な溶媒で溶解又は懸濁して、単回強制経口投与する。可能ならば溶解又は懸濁することが推奨され、まず水系の溶媒で溶解又は懸濁することを検討し、次に油(例: コーン油) 続いて他の溶媒を用いることを検討する。

ただし、水以外の溶媒を用いる場合は、その溶媒の毒性が既知でありかつ試験結果に重大な影響を与えないものが望ましい。また、嘔吐作用があるものは用いない。

鳥への投与量は投与前 24 時間以内に測定した体重から算出する。溶媒を含む投与液量は体重当たり 10 mL/kg を超えてはならない。投与前の一夜、12～15 時間は絶食させる。50g 以下の鳥は投与前 2 時間の短い絶食期間でよい。

(2) 試験環境

温度及び湿度が管理された試験環境が望ましく、温度はウズラ及びマガモで 15～27 が適している。しかし、その変動幅は可能な限り小さくすべきである。換気は少なくとも 10 回 / 時であれば十分である。照明時間は、ウズラ及びマガモでは点灯 8 時間、消灯 16 時間が良い。鳥種によっては、点灯時間を 10 時間まで延ばすことが望ましい場合もある。飼料と水は、新鮮なものを不断給餌で給与し、また不純物によって鳥の健康に影響がみられる可能性があるため、それらは定期的に分析しなければならない。

鳥は個別飼育する。ケージの設置に当たっては、ゼブラフィンチのような社交性の高い鳥種では隣接させて設置し、他の鳥種においても他の個体が視認でき、さえずりが聞こえるよう設置することが推奨される。また、試験種ごとに最適な飼育スペースを確保すべきである。推奨される 1 羽あたりの最小スペースは下表のとおり。ケージの床はメッシュで、排泄物が十分落ちる構造にすべきであるが、鳥の動きを制限するような構造であってはならない。

試験鳥種	1 羽当たりの飼育スペース	備考
ウズラ	1,000 cm ² 以上	-
マガモ	2,000 cm ² 以上	-
セキセイインコ	500 cm ² 以上	止まり木が必要
ゼブラフィンチ	500 cm ² 以上	止まり木が必要。また、ケージを隣接させて設置する。

(3) 観察期間

少なくとも 14 日間の観察を行う。

(4) 試験羽数の設定

限度試験

5 羽又は 10 羽とする（対照群は 5 羽とし、被験物質を含まない媒体（被験物質の投与に際して溶媒を用いた場合はその溶媒、溶媒を用いなかった場合は投与に用いたカプセルをいう。以下同じ。）のみを投与する。）。

LD₅₀ 値のみ試験(LD₅₀-only test)

1 投与用量につき 1 羽とする。

LD₅₀ 値-傾き試験(LD₅₀-slope test)

1 投与用量につき 2 羽（5 用量の場合）又は 5 羽（2 用量の場合）とする。

4. 試験手順

本試験法は、限度試験、LD₅₀ 値のみ試験及び LD₅₀ 値-傾き試験の 3 つの試験から構成される。LD₅₀ 値のみ試験及び LD₅₀ 値-傾き試験は逐次法で、段階的な試験の実施により、使用する鳥の数を最小限にして実施できるように設計されている。投与量の設定と LD₅₀ 値、傾き及び信頼区間の算出には OECD の Web サイトからダウンロードして利用できるコンピュータープログラム（SEDEC（SEquential DEsign Calculator）；<http://www.oecd.org/document/40/0,3343,en_2649_34377_37051368_1_1_1_1,00.html をクリックし、次画面の Software をクリックする>）を活用することができる（SEDEC の取扱いについては、ガイダンス文書を別途環境省 HP で提供する予定。）。

（1）限度試験（図 1 参照）

限量（原則として 2,000 mg/kg 体重とする。）を同時に 5 羽に投与し、対照群は被験物質を含まない媒体のみを 5 羽に投与する。なお、被験物質の既存情報（例：ほ乳類の毒性試験）や他の化学物質で化学的分類が同じ物質の情報から暫定的な LD₅₀ 値が推定できる場合には、限度試験は省略して、（2）逐次法のステージ 1 に進んでよい。

投与してから 14 日間観察し、その間に死亡が認められなかった場合
信頼区間 95%で LD₅₀ 値は限量を超えると結論し、試験を終了とする。

投与した被験物質に起因して 1 羽が死亡し、その時点で他の鳥で毒性徴候が認められなかった場合

限度試験を拡大し、さらに 5 羽の鳥に限量を投与するか、又は、逐次法のステージ 2 に進む。

なお、限度試験に 5 羽を追加する場合は、14 日間の観察期間が終了する前に開始する。限度試験を拡大して総数 10 羽で実施した結果、総死亡数が 1 羽のみであった場合には、信頼区間 95%で LD₅₀ 値は限量を超えると結論し、試験を終了する。

5 羽中 2 ～ 4 羽の死亡が認められた場合又は 10 羽中 2 羽以上の死亡が認められた場合

逐次法（図 2 参照。）のステージ 2 から開始する。

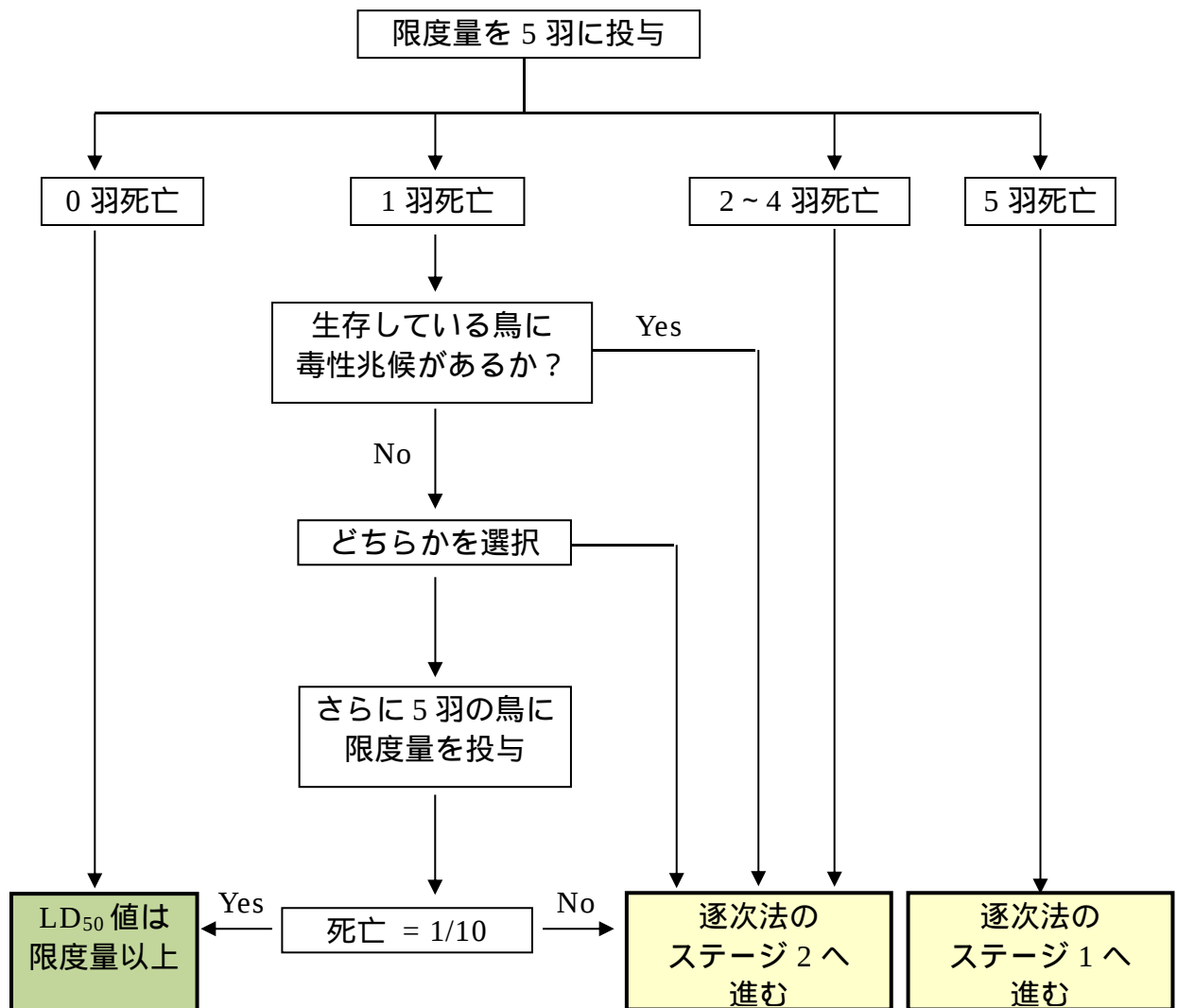
限度試験から逐次法のステージ 2 へ進むためには、暫定的な LD₅₀ 値を算出する必要があり、これは SEDEC を活用して算出できる。投与量が 2,000 mg/kg 体重の場合の暫定的な LD₅₀ 値は、下表のとおり。

死亡率(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
暫定的 LD ₅₀ 値	3,606	2,944	2,541	2,244	2,000	1,782	1,574	1,358	1,109

全羽が死亡（安楽死も含めて。）した場合

逐次法のステージ 1 から開始する。

図 1. 限度試験の手順



(2) 逐次法： LD₅₀ 値のみ試験及び LD₅₀ 値-傾き試験

LD₅₀ 値のみ試験

2 つのステージで構成される。

ア) ステージ 1

限度試験の結果、全羽が死亡した場合又は既存情報から LD₅₀ が推定できる場合

- ・ 用量設定……LD₅₀ 値の最初の推定値の付近において 4 用量を対数目盛上で等間隔となるよう設定する（原則として、最低用量は LD₅₀ 値の最初の推定値の 0.1414 倍、最高用量は LD₅₀ 値の最初の推定値の 7.071 倍とする。詳しくは TG223 を参照のこと。）投与量の設定には、SEDEC を活用することができる。
- ・ 試験羽数…… 1 用量あたり 1 羽

イ) ステージ 2

- ・ 用量設定.....ステージ 1 又は限度試験の結果から得られた暫定的な LD_{50} 値を基に、鳥類急性試験を根拠とする EPA ECOTOX データベース (<http://www.ipmcenters.org/ECotox/index.cfm>) の 5 つの傾きパターンを用いて、死亡率 1 %と 99%を含む範囲を推定できる用量となる 10 用量を設定する。
- ・ 試験羽数..... 1 用量あたり 1 羽

LD_{50} 値-傾き試験

ステージ 3a, 3b 及び 4 から構成される。この試験にある逆転とは、用量順に結果を並べたとき低用量を投与した鳥で死亡がみられるが、高用量を投与した鳥で生存が認められる例を示す。

ア) ステージ 3a

ステージ 2 の結果認められた逆転の頻度が 2 カ所以上の場合に実施される。

- ・ 用量設定.....ステージ 1 と 2 の結果から、ステージ 3a で用いる 10 羽のうち、半数は、死亡率 15%よりも低い用量を投与し、残りの半数は、死亡率 85%よりも高い用量を投与する。試験はステージ 3a で終了となる。
- ・ 試験羽数..... 1 用量あたり 5 羽

イ) ステージ 3b

ステージ 2 の結果認められた逆転の頻度が 0 又は 1 カ所の場合に実施される。

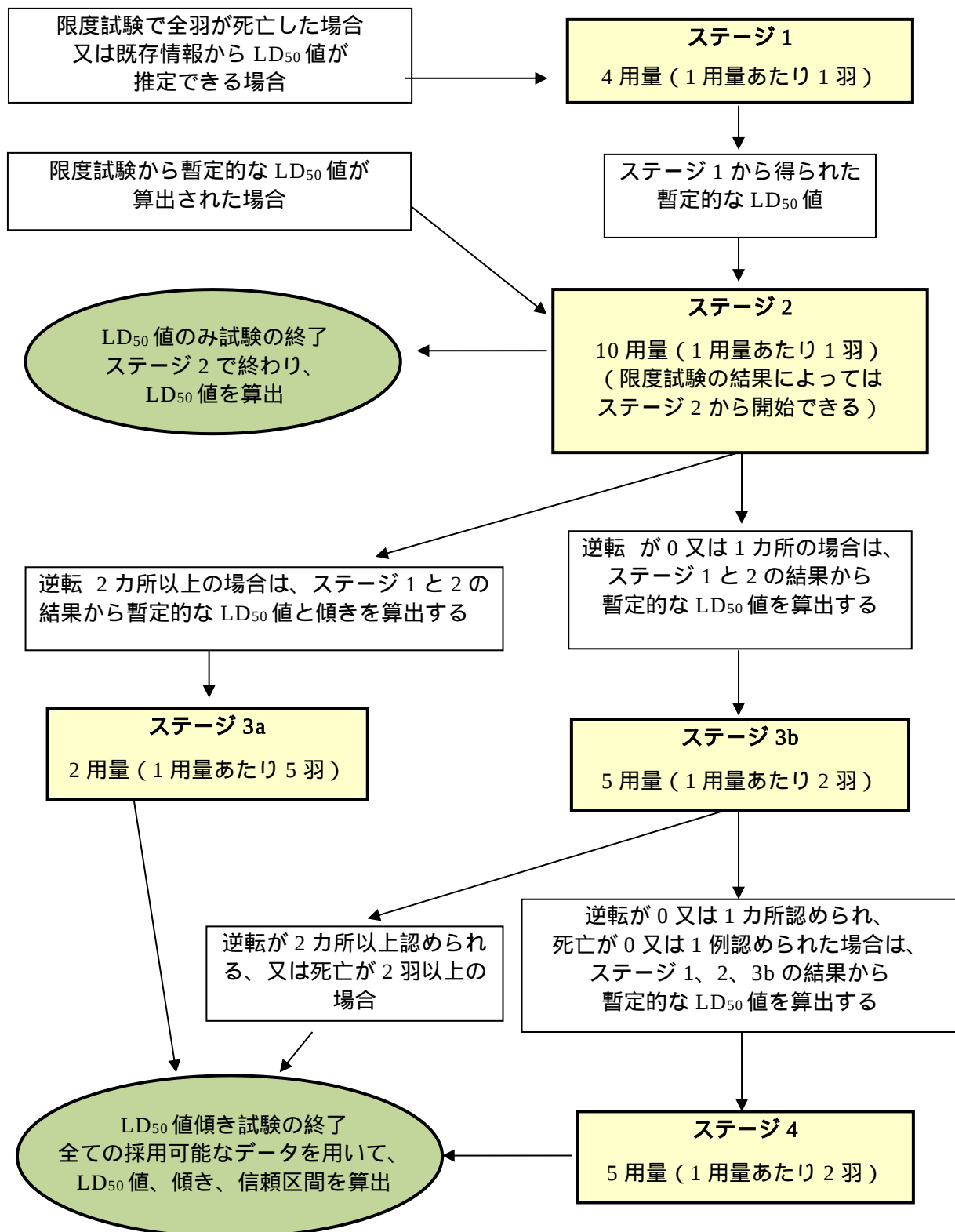
- ・ 用量設定.....ステージ 1 と 2 の結果から、死亡率 15%と 85%を含む範囲で、プロビット法を適用し、本ステージの LD_{50} 値が推定できる 5 用量を設定する。本ステージの LD_{50} 推定値の再現性を評価するため、プロビット法の適用に加えて、逆転の数と一部死亡の数を数える。その結果、逆転の頻度が 0 又は 1 カ所の場合は試験終了となる。
- ・ 試験羽数..... 1 用量あたり 2 羽

ウ) ステージ 4

ステージ 3b の結果、逆転の頻度が 0 又は 1 カ所認められ、死亡が 0 又は 1 例認められた場合に実施される。

- ・ 用量設定.....ステージ 3b と類似し、ステージ 3b の推定値をより正確に、かつ信頼区間が広い場合に正確な傾きを評価できるような 5 用量を設定する。試験はステージ 4 で終了となる。
- ・ 試験羽数..... 1 用量あたり 2 羽

図 2：逐次法の手順（LD₅₀ 値-傾き試験又は LD₅₀ 値のみ試験）



逆転とは、用量順に結果を並べたとき、低用量を投与した鳥で死亡がみられるが、高用量を投与した鳥で生存が認められる例を示す。

(3) 観察及び測定

症状

嘔吐や臨床症状を確認するために、投与直後から2時間は頻繁に観察し、その後も投与当日は等間隔に時間を区切って、少なくとも3回は観察する。投与翌日から14日までは少なくとも1日に1回は観察する。嘔吐等の行動を詳細に記録できるように、少なくとも最初の3日間は個別で飼育することが望ましい。観察は個体ごとに、嘔吐、毒性及び回復徴候、異常行動、体重、死亡と死亡時期を記録する。

体重

投与前、投与3日後、7日後及び14日後（試験期間によってはさらに後日）に体重を測定し、体重増加量を求める。

摂餌量

投与3日後までは毎日測定し、その後は投与3～7日後及び7～14日後の摂餌量を測定する。

肉眼的病理検査

投与群及び対照群の全ての鳥について実施する。これは、偶発的な死亡と明らかな毒性影響によるものを識別するために有効である。なお、試験期間中に鳥に明らかな苦痛や痛みが認められる場合は安楽死すべきである。

5. 報告書

原則として次の内容を記載する。

被験物質の情報

- 同一性
- ロット番号
- 純度
- 室温での安定性
- 揮発性等

供試鳥

- 種の学名、由来、系統、齢、供給源、体重、健康状態

試験の実施

- 試験構成（投与群構成、供試羽数、飼育の状況（個別飼育か又は群飼育か））
- じゅん化期間と群分けの方法
- 投与方法（強制経口投与又はカプセルによる経口投与、用いた媒体や溶媒、鳥の体重あたりの被験物質の投与量）
- 飼育環境（ケージの形状・サイズ・素材、敷材、温度、湿度、照明時間、照度）
- 飼料と水（供給源、構成成分、カロリー値、汚染物質の分析結果）
- 観察頻度と期間及び観察方法
- 統計解析の方法

試験結果

- LD₅₀ 値、用量 - 死亡曲線の勾配、LD₅₀ の信頼区間（算出方法により可能な場合）及びその算出方法
- 用量ごとの毒性反応データ(試験期間中に死亡又はと殺した動物数及び死亡時間、毒性徴候を示した動物数、臨床症状及び発症・消失時期等)
- 肉眼的病理所見
- 体重（個別）
- 摂餌量

6．試験の有効性について

対照群で、1羽の非偶発的な死亡や1羽以上の死亡が認められた場合は、その試験は無効となる。偶発的な死亡とは、試験群の健康状態に因るものではなく、脚の骨折や擦り傷など鳥が自らケガを負った結果、死亡する場合を示す。また、非偶発的な死亡とは、試験群の健康状態の悪化又は試験上での管理（病気や動物の取り扱いのミス）による死亡を示す。

7．参考文献

- (1) 平成 22 年度農薬鳥類毒性試験法確立調査業務報告書（2011.3、環境省）
- (2) OECD GUIDELINES FOR THE TESTING OF CHEMICALS Avian Acute Oral Toxicity Test (22 July 2010)

資料 17 鳥類の急性毒性値を用いた種間差の解析結果

(環境省調査(平成 23 年度鳥類毒性解析調査;(財)畜産科学安全研究所受託)より)

1. 目的

鳥類に対する農薬リスク評価に用いられる鳥類急性毒性試験結果に係る種間差について、各種の文献を調査し、諸外国における急性毒性試験結果の種間差の取扱いとの整合性を図りつつ、急性毒性試験の結果に係る鳥種間の種間差を解析する。また、EU 及び EPA が採用している、鳥類急性経口毒性データからリスク評価に用いるための毒性値を算出する方法の妥当性について検討する。

2. 考察

鳥類の急性毒性評価においては、急性経口毒性試験による半数致死量 (LD_{50}) 及び摂餌毒性試験による半数致死濃度 (Lethal concentration 50%: LC_{50}) が用いられているが、 LC_{50} は正確な曝露量を測定することが困難で、また、試験状況も大きな影響を与えることから、 LD_{50} 値を用いた評価が適切であるとされている。そこで、 LD_{50} について、各種文献の調査等から、鳥類における毒性値の種間差を解析した。また、諸外国でリスク評価に用いる毒性値の算出方法についてもその妥当性を検討した。

(1)鳥類の急性毒性値を用いた種間差の解析及び EU の評価手法の検証

EU では、同じ農薬について複数の LD_{50} 値が報告されている場合、まず同一鳥種の LD_{50} 値を幾何平均した値をその鳥種の代表 LD_{50} 値として算出した上で、鳥種の全ての LD_{50} 値を幾何平均して、その農薬の鳥類に対する LD_{50} 値とする算出法が用いられている(表 1)*1。

表 1 EFSA における複数の試験報告値からの LD_{50} 値の算出例

Species	LD_{50} mg/kg bw	LD_{50} to be used in calculation of geometric mean
Mallard duck (study 1)	25	30
Mallard duck (study 2)	36	
Bobwhite quail	21	21
Japanese quail	36	36
Red winged blackbird	5	5
Overall geometric mean to be used in RA		18.3

また、EU では種間差も考慮したリスクアセスメントファクター(安全係数)を 10 として評価しており、最も感受性の高い種に対しては小さい可能性があるものの、一般的に種間差を考慮するのに十分な値であると考えている。

なお、最も感受性が高い種の LD_{50} 値が全報告値の幾何平均の 10 分の 1 未満である場合には、最も感受性が高い種の LD_{50} 値をリスク評価に用い、リスクアセスメントファクター(安全係数)は用いないこととされている。

鳥類の農薬に対する感受性の種間差を明らかにするため、文献データのうち、報

告例が多い農薬及びそれら農薬に対する各鳥種の毒性値（農薬 39 種類、鳥種 10 種）のデータを基に、最も感受性の高い鳥種と最も感受性の低い鳥種の毒性値を比較し、その比率（最も大きな LD₅₀ 値 / 最も小さな LD₅₀ 値）の分布を調べた。

なお、ある鳥種について、単一の報告中に同じ物質の LD₅₀ 値が複数記載されている場合や幅をもって記載されている場合は、LD₅₀ 値のバラツキ又は幅が 3 倍以内であれば最小値と最大値の平均値をその文献で報告されている農薬の毒性値とし、3 倍以上のバラツキ又は幅があるデータは解析調査には用いなかった^{*2}。

さらに、調査に用いた鳥種で同じ物質の LD₅₀ 値の報告が複数ある場合は、EU の評価方法に基づいて幾何平均して求めた値を当該農薬に対するその鳥種の代表 LD₅₀ 値とした。その結果、感受性の比率データは、対数変換することで正規分布に近い分布となることが確認された（図 1）。

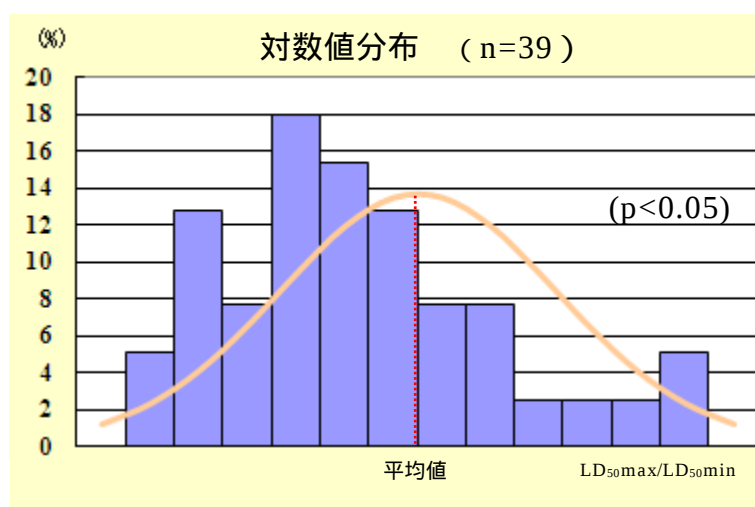


図 1 LD₅₀ 値における感受性差比率の対数値分布
（平均値：0.95、最小値 0.082、最大値 2.19）

表 2 LD₅₀ 値感受性差の対数値分布データ

平均値	標準誤差	95%信頼区間
0.95 (8.82)	0.08	0.78-1.11 (6.08-12.8)

(): 自然数を示す。

感受性比率を対数で解析し、得られた結果を自然数に変換すると平均値は 8.82 倍、その 95%信頼区間は 6.08-12.8 であり、農薬の平均的な種間差は約 13 倍以内であると考えられた(表 2)。

また、調査対象とした農薬のそれぞれについて、EU の評価方法と同様に、まず同一鳥種の LD₅₀ 値を幾何平均した値をその鳥種の代表 LD₅₀ 値として算出した上で、鳥種の全ての LD₅₀ 値を幾何平均した値と、最も感受性の高い鳥種の毒性値(最も小さな LD₅₀ 値)を比較したところ、その比(幾何平均値/最も小さな LD₅₀ 値)は最大で 5.4 であった。

以上より、本調査で対象とした 39 種類の農薬のデータにおいても、解析の結果、リスクアセスメントファクター(安全係数)の 10 はおおむね妥当な値であると言える。

(2)米国 EPA の毒性値評価手法の検討

米国 EPA では、試験鳥種であるボブホワイテズラ(178g)及びマガモ(1,580g)の試験から得られたそれぞれの LD₅₀ 値を基準とした上で、評価対象を小型鳥種、中型鳥種及び大型鳥種に分類し、それぞれの体重を 20g、100g 及び 1,000g とみなし、これらの鳥に対する毒性値を、試験鳥類に対する体重の比率に EPA が定める指数を乗じて算出している^{*3}(表 3)。

なお、ボブホワイテズラとマガモ以外の鳥種の報告があった場合は、毒性試験実施時に測定されたその鳥種の体重を用いて補正し、幾何平均に組み入れるものと考えられるが、明確に文書にされたものはない。また、評価に用いるのに適した毒性値の範囲などの取扱いについても具体的な記載はない。

表 3 EPA における試験報告値からの LD₅₀ 値の算出例

Adjusted avian LD ₅₀	:	Adj.LD ₅₀ = LD ₅₀ (AW/TW) ^(x-1)
AW	:	算出する鳥種の体重(20, 100 又は 1,000g)
TW	:	実験動物の体重(ボブホワイテズラは 178g、マガモは 1580g)
X	:	鳥類のスケーリングファクターは 1.151

米国 EPA では、この LD₅₀ 値と想定されるばく露量の比が 2 未満の場合をリスクあり、2 以上 10 以下の場合を限定的なリスクあり、10 以上の場合を絶滅危惧種にリスクの可

能性ありと定義しており^{*4}、EU と同様、アセスメントファクターを実質的に 10 として評価している。

この評価法の妥当性を検討するために、文献データのうち、ボブホイトウズラ及びマガモの毒性値を表 3 の式により換算し、それらを幾何平均して求めた換算毒性値（LD₅₀ 値）を小型鳥種（体重 20 g）、中型鳥種（体重 100 g）、大型鳥種（体重 1,000 g）のそれぞれについて算出し、それらと実際の文献データの試験報告値（LD₅₀ 値）の比率（換算毒性値 / 試験報告値）を求めた。比較対象とする試験報告値には、小型鳥種としてイエスズメ、中型鳥種としてムクドリ、大型鳥種としてコウライキジの文献データの値を選んだ。

その結果、比率 1 倍以内の値が小型鳥種では 72%、中型鳥種では 74%、大型鳥種では 52% を占め、比率 2 倍以内の値が小型及び中型鳥種は 100%、大型鳥種では 67% を占めた。さらに、大型鳥種では比率が 2.4 ~ 5.1 倍の範囲に含まれるものが 33% であった（図 2 ~ 4）。いずれにおいても、換算毒性値と試験報告値の比率は大きくかい離しておらず、種間差はかなり解消されたことが確認された。

リスクアセスメントファクター（安全係数）が実質的に 10 であることを考慮すると、本調査で対象とした農薬の結果でみると、米国 EPA の評価手法によるリスク評価はやや安全サイドになっていると考えられる。

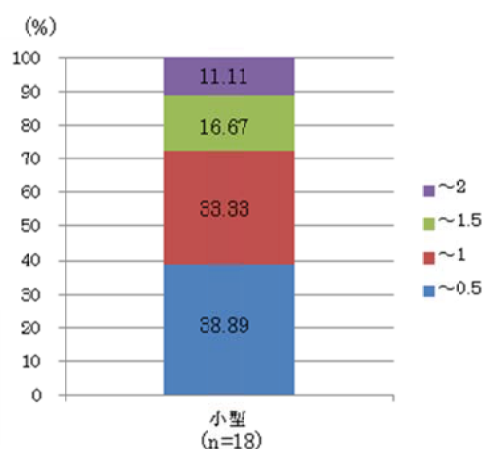


図 2 小型鳥種の換算毒性値と試験報告値の比率分布

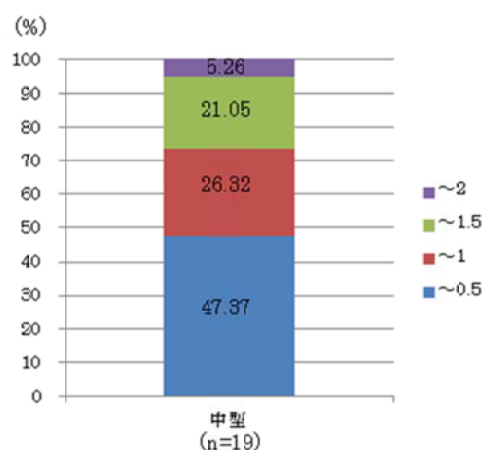


図3 中型鳥種の換算毒性値と試験報告値の比率分布

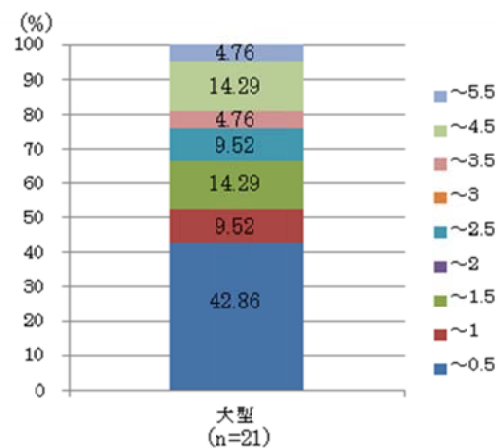


図4 大型鳥種の換算毒性値と試験報告値の比率分布

- *1: European Food Safety Authority: Guidance Document on Risk Assessment for Birds and Mammals on request from EFSA Journal 2009; 7 (12): 1438
- *2: A consideration of inter-species variability in the use of the median lethal dose (LD₅₀) in avian risk assessment. SETAC/OECD Workshop on Avian Toxicity Testing (1994).
- *3: User's Guide T-REX Version 1.4.1 (Terrestrial Residue EXposure model) (2008): Office of Pesticide Programs U.S. Environmental Protection Agency.
- *4: Over view of the Ecological Risk Assessment Process in the Office of Pesticide Programs, U. S. Environmental Protection Agency, Endangered and Threatened Species Effects Determinations. OPPTS, OPP, 23 January 2004. (米国 EPA においてリスク評価に用いられる RQ は、想定されるばく露量と LD₅₀ 値の比であるが、EU との比較のため本文中ではその逆数により表現した。)