

4) 魚体エラ中の農薬蓄積性について

石原宏明*1 宮崎康平*2 齊藤弘毅*3 木野世紀

要 旨

へい死魚のエラに残存する農薬類の濃度を評価するため、水質汚濁防止法に係る環境基準項目及び要監視項目を含む 146 農薬を対象とした簡易曝露試験を行った。

その結果、大部分の農薬についてエラから検出や定量が可能であること、農薬類のエラ含有濃度／曝露水中濃度比とオクタノール／水分配係数の対数値 (Log Pow) の間に強い正の相関があることを確認した。

キーワード：GC/MS, 魚へい死, エラ, 簡易曝露試験

はじめに

河川で大量に魚がへい死するような水質事故は毎年全国各地で発生しており、本県でも例年15件程度発生している。

魚のへい死原因の一つとして農薬類の河川等への流入がある。農薬は水中の生物だけでなく、人にも影響を与えるため、環境基本法で人の健康の保護に関する環境基準（以下「環境基準」という。）が定められている。また、要監視項目として位置づけられている農薬類もあり、被害拡大防止の観点から魚へい死の原因究明は重要である。

本県では、河川において魚のへい死が発生した際、河川水の農薬分析を実施しているが、実際は魚へい死の通報を受けて保健所等の担当者が現地に向かい採水することから、採水時点では現場の河川水が魚へい死した際の水とは異なる。そのため、分析を行っても原因物質が検出されない可能性がある。

しかし、時間が経過した後もその場に留まるへい死魚から農薬類を検出できれば、魚へい死の原因推定及び改善指導等に繋がる可能性がある。そこで、魚の呼吸のため常に水の出し入れのあるエラに注目し、へい死魚のエラに残存する農薬類の一斉分析法が検討されている¹⁾。但し、農薬類が検出された際の評価の基準はなく、測定結果の取り扱いが課題である。

今回、真鯉を対象とした農薬類の簡易曝露試験を行

い、エラ含有濃度と曝露水中濃度の関係や曝露後に農薬類を含まない水に晒された場合のエラ含有濃度の変化について検討したので報告する。さらに、農薬の種類によるエラへの濃縮性の違いについても検討したので併せて報告する。

実験方法

1. 試薬材料等

1.1 試料

魚体試料は、体長 10 cm 程度の試験検査用の真鯉 (*Cyprinus carpio* Linnaeus) を購入し、約 10 日間実験室内で順化したものを使用した。エラの部分を切り取り、3 個体分を合わせて 1 検体 (約 1g) とした。

1.2 標準品等

・農薬混合標準

農薬混合標準液 66, 農薬混合標準液 70, 農薬混合標準液 72

残留農薬試験用 (関東化学 (株) 製)

・テブコナゾール標準品, チフルザミド標準品, ヘキサコナゾール標準物質

残留農薬試験用 (富士フィルム和光純薬工業 (株) 製)

・プロジアミン標準品

残留農薬試験用 (Dr. Ehrenstorfer 製)

・トリフロキシストロビン

*1 現環境生活部環境局環境保全課 *2 現福岡県保健環境研究所 *3 現環境生活部環境局循環社会推進課

試験研究用 (AccuStandard inc 製)

- ・農薬中間混合溶液
テブコナゾール標準品, チフルザミド標準品, ヘキサコナゾール標準物質, プロジアミン標準品及びトリフロキシストロビンをアセトンに溶解し, それぞれの農薬濃度が 200 mg/L となるように調製した。
- ・内部標準混合標準原液3
水質試験用 (農薬分析用: 関東化学 (株) 製)
- ・内部中間標準液
内部標準混合原液 3 をアセトンで 10 µg/mL に調整して用いた。

1.3 その他の試薬等

- ・n-ヘキサン, アセトン, 無水硫酸ナトリウム
残留農薬試験・PCB試験用 (5000倍濃縮: 関東化学 (株) 製)
- ・アセトニトリル, ジクロロメタン
残留農薬・PCB試験用 (濃縮5000: 富士フィルム和光純薬工業 (株) 製)
- ・簡易曝露試験等に使用する水 (以下「水」という。)
水道水を1日汲み置きしたもの
- ・トリメチルアミノプロピルシリル化シリカゲル/エチレンジアミン-N-プロピルシリル化シリカゲル積層ミニカラム (SAX/PSA)
InertSep SAX/PSA・500 mg/500 mg/6 mL (ジーエルサイエンス (株) 製)

2. 対象農薬, 装置及び測定条件

- ・対象農薬
水質汚濁に係る環境基準項目及び要監視項目に含まれる農薬類のほか, ゴルフ場農薬として指針値が定められているものを含む146農薬を対象とした。

表1に対象とした農薬及びそれらの保持時間, 定量・定性イオンのm/z値及び暴露水 (高濃度, 低濃度) の濃度を示す。

- ・GC/MS
島津製作所製 GCMS-TQ8040
- ・キャピラリカラム
RESTEK 製 Rtx-5MS
内径 0.25 mm 長さ 30 m 膜厚 0.25 µm
- ・注入方式
スプリットレス
- ・試料注入量
2 µL
- ・注入口温度
250°C
- ・インターフェース温度
250°C
- ・イオン源温度
230°C
- ・GC 昇温条件

50°C (2分) -7°C/分-180°C-12°C/分- 300°C (3分)

- ・キャリアーガス
ヘリウム
- ・イオン化電圧
70 eV
- ・イオン化法
EI
- ・分析モード
SIM

3. 魚体試料の前処理方法

図1に魚体試料の分析フローを示す。

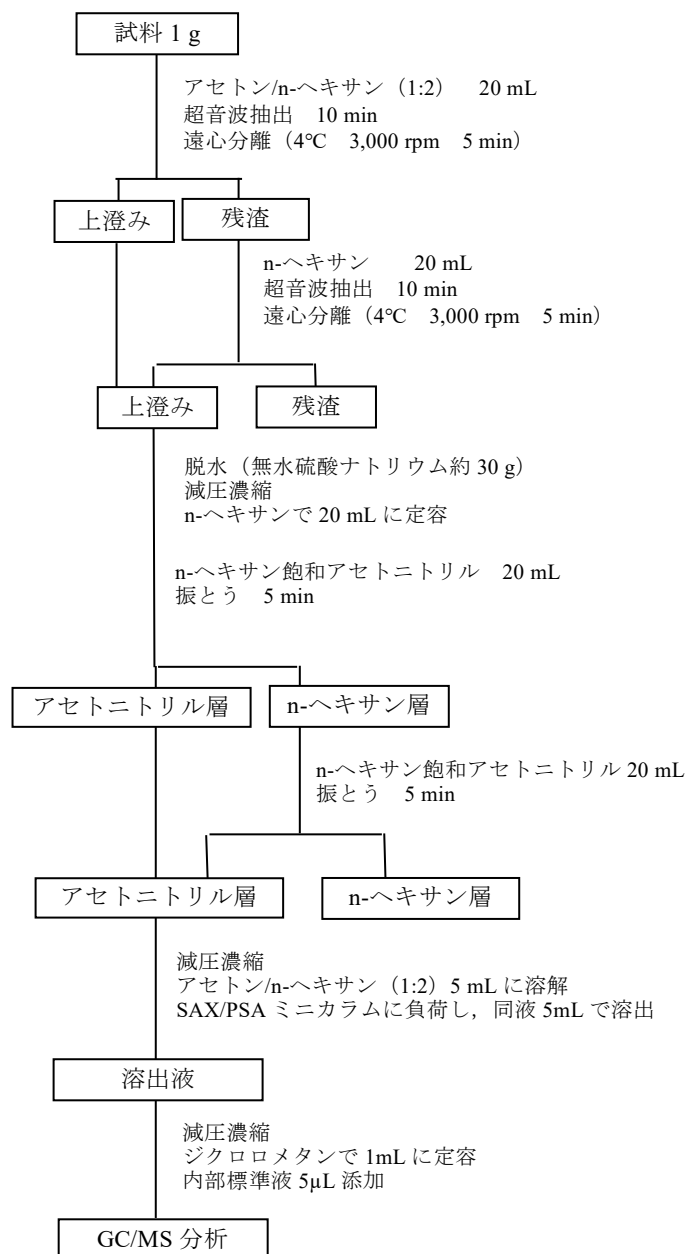


図1 魚体試料の前処理フロー

既報¹⁾の前処理方法を参考に, ポリプロピレン製の

チューブに試料1 g及びアセトン/n-ヘキサン (1:2) 20 mLを加え、超音波抽出を10分間行った。その後、遠心分離 (4°C, 3,000 rpm, 5 min) により上澄みを採取した。残渣にn-ヘキサンを20 mL加え、再度超音波抽出と遠心分離を繰り返し、得られた上澄み液と合わせ抽出液とした。得られた抽出液を無水硫酸ナトリウム約30 gに通水することにより脱水した後、ロータリーエバポレーターで5 mL程度に減圧濃縮した。

これをn-ヘキサンで20 mLに定容し、n-ヘキサン飽和アセトニトリル20 mLを加え、5分間振とう後静置した。アセトニトリル層を分取後、残ったn-ヘキサン層に再度n-ヘキサン飽和アセトニトリル20 mLを加え再度操作し、先のアセトニトリル層を合わせた。

このアセトニトリル層の溶液を減圧濃縮した後、アセトン/n-ヘキサン (1:2) 5 mLに溶解した。この溶液をあらかじめ同液5 mLでコンディショニングしたSAX/PSAミニカラムに負荷し、同液5 mLで溶出した。溶出液を減圧濃縮後、ジクロロメタンで1 mLに定容した。これを試験溶液として、内部中間標準液5 µLを加え、GC/MS測定に供した。

4. 魚への簡易曝露試験

4.1 曝露水

300 mLの水に農薬混合標準液66, 農薬混合標準液70及び農薬混合標準液72を各1.5 mL, 農薬中間混合溶液を75 µL添加し高濃度曝露水とした。農薬の濃度は表1のとおり (146農薬中50 ppb 114農薬, 100 ppb 25農薬, 150ppb 7農薬)。

また、前述濃度の20%のものを調製し、低濃度曝露水とした。

4.2 簡易曝露試験

高濃度曝露試験として、300 mLの高濃度曝露水で真鯉3匹を1時間曝露させた。その後、曝露水から静かに引き揚げ、水分を軽く拭き取ったうえでエラ部分を切り取り、エラ含有農薬の濃度を測定した。また低濃度曝露試験として、別の真鯉3匹を低濃度曝露水300 mLに1時間曝露し、同様に濃度測定を行った。

高濃度曝露水では、真鯉の動きが徐々に鈍くなり、試験開始後40分程度で全て死亡した。

一方、低濃度曝露水の場合は、試験開始から1時間経過した後も全て生存していた。

4.3 エラ含有濃度の減少量確認試験

4.2とは別に、真鯉3匹を300 mLの高濃度曝露水中に1時間曝露した。その後、曝露水から静かに引き揚げ、

水分を軽く拭き取った後、水中に晒した。1時間経過後、水から引き揚げ、水分を軽く拭き取ったうえでエラ部分を切り取り、エラ含有農薬の濃度を測定した。

結果及び考察

1. 魚への簡易曝露試験

高濃度曝露水の場合は146農薬中135農薬 (92%)、低濃度曝露水の場合は121農薬 (83%) が、エラ中に0.01 µg/g以上で残存していることが確認された (表2)。

この結果から、対象農薬の水質濃度10~30 µg/L及び50~150 µg/Lの水に曝露された場合、エラに残存する農薬濃度の目安となることが示唆された。

2. エラ含有濃度の減少量確認試験

146農薬中129農薬 (88%) が、エラ中に0.01 µg/g以上で残存していることが確認された (表3)。

このことから、曝露後に農薬を含まない水で1時間経過した後も大部分の農薬がエラに残存していることが確認された。

なお、農薬濃度が曝露直後と比べて減少した比率 (以下「減少率」という。) が30%未満の農薬は135農薬 (高濃度曝露試験において0.01µg/L以上検出された農薬) 中54農薬, また、減少率が50%未満の農薬は126農薬で、全体の93%を占めた (図2)。

このことから、実際に魚へい死発生後時間が経過して河川水から農薬が検出されなくなった場合でも、へい死魚のエラ中含有濃度を測定することで原因農薬が特定できる可能性が示唆された。

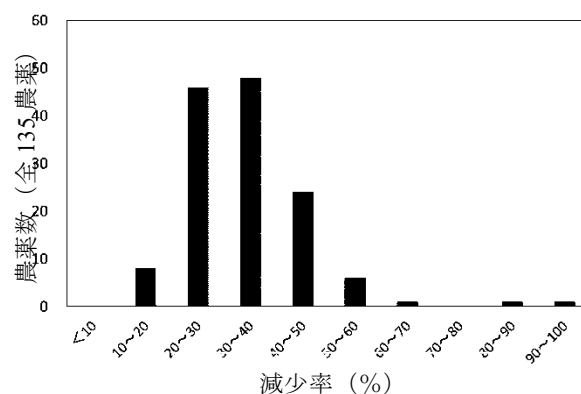


図2 エラ含有濃度の減少量確認試験における農薬濃度の減少率 (全135農薬)

3. 農薬の種類によるエラへの蓄積傾向の検討

一般に有機化合物の生物濃縮性を推定する尺度として、オクタノール/水分配係数 (Pow) が用いられる。

そこで曝露水からエラへの農薬の蓄積傾向について、Powの対数値 (Log Pow) との関連を調べた。なお、各農薬の Log Pow の値は、環境省(「水質汚濁に係る登録基準の設定に関する資料」, 「水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準の設定に関する資料」, 「水産動植物の被害防止に係る農薬登録保留基準として環境大臣が定める基準の設定に関する資料」)²⁾及び国際化学物質安全性カード (ICSCs)³⁾のデータを参照した。

今回対象とした農薬のうち75種類について、農薬のエラ含有濃度(μg/g)及び高濃度曝露水濃度(mg/L)の比(以下「濃度比」という。)とLog Pow値との関係を表4及び図3に示す。相関係数はR=0.810であり、強い正の相関があった。

また、エラ含有濃度の減少量確認試験の結果とLog Pow (73農薬)との間にもR=0.765と正の相関が確認された。

以上のことから、Log Pow が大きい農薬ほどエラに蓄積されやすい傾向にあることが示唆された。

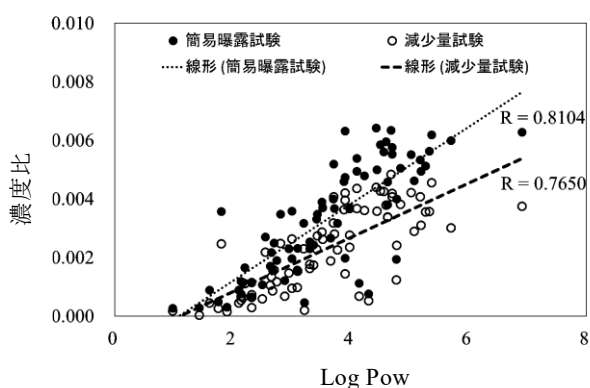


図3 濃度比と Log Pow の関係

ま と め

へい死魚のエラに含まれる農薬類を分析した場合に、その結果を評価するための知見を得ることを目的として、簡易曝露試験等を行った。

簡易曝露試験及びエラ含有濃度の減少量確認試験の結果、対象とした146種の農薬類のうち129種が今回の手法で検出可能であった。

また、エラ含有濃度の減少量確認試験の結果から、曝露後1時間農薬類を含まない水に移した場合も、ほとんどの農薬類が半分以上エラに残存していた。つまり、へい死後に時間が経過し、水中の農薬が流れ去り検出されなくなった後も、エラから原因農薬が検出できる可能性が示唆された。

さらに、濃度比とLog Powの間に強い正の相関が確認されたことから、Log Pow値が高い農薬類ほどエラにより蓄積しやすいことが窺えた。

今回の結果は、へい死魚のエラから農薬類が検出された場合、その農薬がへい死の原因であるか推定する一助となると考えられる。

文 献

- 1) 石原宏明, 齊藤弘毅, 宮崎康平, 内田大智, 西島遥, 武千尋, 木野世紀: 熊本県保健環境科学研究所報, 49, 55-63 (2020) .
- 2) 環境省ホームページ : <https://www.env.go.jp/water/sui-kaitei/kijun.html> (2020年9月閲覧).
- 3) 国際化学物質安全性カード (ICSCs) : https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listCards3?p_lang=ja (2020年9月閲覧).

表 1 GC/MS による農薬の保持時間, モニターイオン及び曝露水濃度

No	農薬名	保持時間 (min)	定量イオン	定性イオン	曝露水濃度 (μg/L)	
					高濃度	低濃度
1	ジクロルホス	5.350	109	185	50	10
2	フェノカルブ	8.299	121	150	50	10
3	ベンシクロン	9.372	125	180	100	20
4	シマジン	10.346	201	186	150	30
5	プロピザミト	11.251	173	175 254	150	30
6	ダイアジノン	11.589	179	304 152	100	20
7	クロタロニル	12.322	266	264	100	20
8	イプロヘンホス	12.676	204	91	100	20
9	メタキシル	15.198	206	249	150	30
10	シチオヒル	16.055	354	306	100	20
11	フェニトロチオン	16.296	277	260	100	20
12	プロジアミン	16.580	321	333	50	10
13	チオベンカルブ	17.026	100	72	50	10
14	ベンディメタリン	20.533	252	281	100	20
15	フルトラニル	25.117	173	281	100	20
16	イソプロチオラン	25.295	189	118 162	150	30
17	チフルサミト	27.182	194	166	50	10
18	イソキサチオン	27.407	177	105	150	30
19	メフロニル	30.218	269	119	100	20
20	クロルニトロフェン	30.677	317	319	50	10
21	プロピコナゾール	32.012	259	173	50	10
22	トリフロキシストロビン	32.534	116	131	100	20
23	テブコナゾール	32.654	250	125	50	10
24	EPN	35.419	157	169	50	10
25	ナプロバミト	24.452	72	128	150	30
26	ヘキサコナゾール	24.571	214	286	50	10
27	XMC	7.740	122	107	50	10
28	アサコナゾール	26.642	217	173	50	10
29	アセトクロール	14.144	223	146	50	10
30	アトラジン	10.523	215	200	100	20
31	アニロホス	36.778	226	125 228	50	10
32	アマトリン	14.864	227	212	50	10
33	アラクロール	14.798	188	160 146	50	10
34	アレスリン	21.565	123	136	50	10
35	イサゾホス	12.265	161	285 257	50	10
36	イソキサチオンオキシソ	25.253	105	161 77 297	50	10
37	イソフェンホス	21.307	213	121 185	50	10
38	イソフェンホスオキシソ	16.080	229	201 314	50	10
39	イソプロカルブ(MIPC)	7.517	121	136 122	50	10
40	イプロジオン	35.021	314	316 187	100	20
41	イマザメタヘンソメチルエステル	23.980	256	187 214	50	10
42	エスプロカルブ	16.491	91	222 162	50	10
43	エチフェンホス	31.136	109	173 310	50	10
44	エチオン	29.519	231	153	50	10
45	エトフェンプロックス	45.919	163	135 183	50	10
46	エトフメセート	16.528	286	161 207	50	10
47	エトリジアゾール	6.817	211	183 213	50	10
48	硫酸エンドスルファン	31.130	229	274	50	10
49	オキサジアゾン	26.298	175	258 302	50	10
50	オキサシキシル	29.372	163	132	50	10
51	オキシフルオルフェン	26.927	300	302 331	50	10
52	カルフェントラゾンエチル	31.605	340	312 330	50	10
53	カフェンストロール	43.723	100	167 188	50	10
54	カルボフラン	10.393	164	149	50	10
55	キノキシフェン	31.209	237	307	50	10
56	キノクラミン	16.654	172	TIC	50	10
57	キャプタン	21.040	79	149 117	100	20
58	キントゼン	11.230	237	295	50	10
59	クロマゾン	10.669	204	125	50	10
60	クロタルジメチル	18.291	301	332	50	10
61	クロルピリホス	17.910	197	199 314	100	20

表1 (続)

No	農薬名	保持時間 (min)	定量イオン	定性イオン	曝露水濃度 (μg/L)	
					高濃度	低濃度
62	クロルピリホスメチル	14.291	286	125	50	10
63	クロネブ	7.258	206	191 193	50	10
64	シアノホス	11.142	243	109	50	10
65	ジクロホップメチル	33.196	340	253	50	10
66	ジクロベニル	6.055	171	173 100	50	10
67	ジクロラン	10.211	206	176	50	10
68	ジスルホトン	11.854	89	186 97	50	10
69	ジフェナミド	19.366	167	239	50	10
70	ジメタメリン	20.617	212	240 255	100	20
71	ジメエート	10.206	87	93 125	50	10
72	シメリン	14.539	213	170 155	50	10
73	ジメピペレート	21.311	119	91 145	100	20
74	ダイアジノンオキソン	10.944	137	273 288	50	10
75	テルブカルブ	14.215	205	220 206	100	20
76	テクナゼン	8.387	203	261	50	10
77	テトラクロルピリンホス	19.234	329	331	50	10
78	テトラジホン	37.081	356	159	50	10
79	テニクロール	32.716	127	288 141	50	10
80	トリアジメホン	18.174	57	208	50	10
81	トリアレート	12.296	86	226 184 270	50	10
82	トリブホス	25.633	169	314	50	10
83	トリフルリン	9.108	306	264 290	50	10
84	トリクロピル-2-ブトキシエチルエステル	27.045	85	182 210	50	10
85	トルクロホスメチル	14.580	265	267 125	100	20
86	トルクロホスメチルオキソン	13.526	249	251 109	50	10
87	トルフェンピラト	51.590	348	197	50	10
88	ニトロタールイソプロピル	18.714	236	212 254	50	10
89	フルフルラジン	31.678	303	145 173	50	10
90	ピフェノックス	35.329	341	310 343	50	10
91	ピペロホス	35.829	122	140 320	100	20
92	ピラゾホス	40.228	221	232	50	10
93	ピリタフェンチオン	35.177	340	199 125	150	30
94	ピリブチカルブ	34.723	165	108 181	50	10
95	ピリプロキシフェン	38.273	136	137 226	50	10
96	ピロキロン	11.376	130	173 144	50	10
97	ピンクローリン	14.281	187	213 285	50	10
98	フェナミホス	24.666	303	154 217	50	10
99	フェントロチオンオキソン	13.683	244	261 109	50	10
100	フェノチオカルブ	23.167	72	160	50	10
101	フェノリン	37.631	123	183	50	10
102	フェンチオン	17.767	278	153 125	50	10
103	フェンチオンスルホキシド	28.658	278	294 125	50	10
104	フェンチオンスルホン	29.179	310	231 125	50	10
105	フェンチオンオキソン	15.330	262	109 247	50	10
106	フェンチオンオキシソルスルホキシド	26.078	262	247	50	10
107	フェンチオンオキシソルスルホン	26.547	294	215	50	10
108	フェントエート	21.544	274	93 125	50	10
109	フェンブコナゾール	43.689	129	198	50	10
110	フェンブロビモルフ	17.762	128	129 70	50	10
111	フザライト	18.971	144	142	100	20
112	ブタミホス	24.601	286	258 200	100	20
113	ブピリメート	27.105	273	208 316	50	10
114	ブプロフェジン	26.566	115	172 175	100	20
115	フラムプロップメチル	26.583	276	105 77	50	10
116	フルアクリピリム	31.208	204	190 145 189	50	10
117	フルトリアホール	23.900	219	201 164	50	10
118	フルミオキサジン	48.136	354	77 287	50	10
119	フルミクローラックベンチル	50.944	308	318	50	10
120	フレチラクロール	25.711	176	238 262	50	10
121	フロハクロール	8.403	120	176	50	10
122	フロバニル	13.708	161	163 217	50	10

表 1 (続)

No	農薬名	保持時間 (min)	定量イオン	定性イオン		曝露水濃度 (μg/L)	
						高濃度	低濃度
123	プロハルキット	33.346	135	173	107	50	10
124	プロフェノホス	25.313	339	337	139	50	10
125	プロモブチド	13.840	119	232		100	20
126	プロホキシル	8.335	110	152		50	10
127	プロマシル	16.601	205	207	231	50	10
128	プロマトリン	15.144	241	184	226	50	10
129	プロモプロピレート	35.329	341	183		50	10
130	プロモホスメチル	19.226	331	329	125	50	10
131	ヘキサジノン	32.617	171	252	128	50	10
132	ヘナラキシル	31.109	148	206		50	10
133	ヘノキサコール	12.972	120	259		50	10
134	ヘンズリド	32.534	131	77	141	50	10
135	ヘンフルラリン	9.177	292	264		100	20
136	ホスファミドン	13.729	127	264		50	10
137	ホスメット	35.022	160	161	133	50	10
138	マラチオン	17.170	127	173	93	50	10
139	メチダチオン	22.537	145	85	302	100	20
140	メチルダイムロン	21.045	107	91	119	50	10
141	メキシクロール	35.964	227	228	274	50	10
142	E-メミノストロビン	25.617	191	196	238	50	10
143	Z-メミノストロビン	27.304	238	191	196	50	10
144	メフェナセット	38.440	192	120		50	10
145	モノクロトホス	13.729	127	192	164	50	10
146	モリネート	7.585	126	188	98	50	10

表 2 簡易曝露試験結果

No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)		No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)	
		高濃度曝露水	低濃度曝露水			高濃度曝露水	低濃度曝露水
1	ジクロロホス	0.014	0.029	28	アザコナゾール	0.077	0.023
2	フェノカルブ	0.079	0.017	29	アセトクロール	0.056	0.015
3	ベンシクロン	0.635	0.211	30	アトラジン	0.108	0.031
4	シマジン	0.135	0.045	31	アニコホス	0.236	0.086
5	プロピザミド	0.345	0.097	32	アマトリン	0.086	0.027
6	ダイアジノン	0.332	0.090	33	アラクロー	0.079	0.022
7	クロロタロニル	ND	ND	34	アレスリン	0.200	0.047
8	イプロベンホス	0.243	0.098	35	イザゾホス	0.096	0.026
9	メタラキシル	0.073	0.013	36	イソキサチオンオキソン	0.049	0.020
10	ジチオピル	0.642	0.176	37	イソフェンホス	0.219	0.063
11	フェニトロチオン	0.348	0.129	38	イソフェンホスオキソン	0.295	0.065
12	プロジアミン	0.269	0.095	39	イソプロカルブ(MIPC)	0.057	0.013
13	チオベンカルブ	0.240	0.070	40	イプロジオン	0.358	0.107
14	ベンディメタリン	0.533	0.166	41	イマザメタベンズメチルエ ステル	ND	ND
15	フルトラニル	0.317	0.109	42	エスプロカルブ	0.229	0.064
16	イソプロチオラン	0.523	0.164	43	エディフェンホス	0.173	0.058
17	チフルザミド	0.247	0.075	44	エチオン	0.231	0.076
18	イソキサチオン	0.689	0.218	45	エトフェンブロックス	0.314	0.149
19	メプロニル	0.267	0.091	46	エトフェメート	0.125	0.041
20	クロルニトロフェン	0.260	0.088	47	エトリジアゾール	0.046	0.016
21	プロピコナゾール	0.184	0.054	48	硫酸エンドスルファン	0.353	0.112
22	トリプロキシストロビン	0.585	0.213	49	オキサジアゾン	0.282	0.080
23	テブコナゾール	0.200	0.071	50	オキサジキシル	0.007	0.000
24	EPN	0.276	0.096	51	オキシフルオルフェン	0.217	0.075
25	ナプロハミド	0.380	0.127	52	カルフェントラゾニエチル	0.043	0.004
26	ヘキサコナゾール	0.237	0.084	53	カフェンストロール	0.023	0.005
27	XMC	0.056	0.014				

※0.001 μg/g 未満を ND と記載

表 2 (続)

No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)		No	農薬名	エラ含有濃度 (μg/g)	
		高濃度曝露水	低濃度曝露水			高濃度曝露水	低濃度曝露水
54	カルボフラン	0.032	0.006	101	フェトリン	0.182	0.091
55	キノキシフェン	0.295	0.100	102	フェンチオン	0.253	0.075
56	キノクラミン	0.037	0.007	103	フェンチオンスルホキシド*	0.049	0.023
57	キャプタン	ND	ND	104	フェンチオンスルホン	0.071	0.023
58	キントゼン	0.097	0.023	105	フェンチオンオキシソ	0.080	0.026
59	クロマゾン	0.072	0.020	106	フェンチオンオキシソスルホ キシド*	0.002	ND
60	クロータルジメチル	0.316	0.086	107	フェンチオンオキシソスルホ ン	0.008	0.002
61	クロルピリホス	0.577	0.165	108	フェントエート	0.185	0.051
62	クロルピリホスメチル	0.259	0.069	109	フェンブコナゾール	0.264	0.099
63	クロロネブ	ND	ND	110	フェンプロピモルフ	0.079	0.049
64	シアノホス	0.109	0.037	111	フサライド*	0.223	0.070
65	ジクロホップメチル	0.007	ND	112	ブタミホス	0.381	0.126
66	ジクロベニル	0.098	0.022	113	ブピリメート	0.194	0.058
67	ジクロラン	0.178	0.063	114	ブプロフェジン	0.543	0.183
68	ジスルホト	0.185	0.063	115	フラムプロップメチル	0.159	0.048
69	ジフェナミド*	0.058	0.014	116	フルアクリピリム	0.213	0.068
70	ジメタメリン	0.318	0.100	117	フルトリアホール	0.047	0.011
71	ジメエート	0.014	0.006	118	フルミオキサジン	0.135	0.042
72	シメトリン	0.059	0.016	119	フルミクロラックベンチル	ND	ND
73	ジメヒペレート	0.370	0.110	120	ブレチラクロール	0.099	0.035
74	ダイアジノオキシソ	0.011	ND	121	プロバクロール	ND	ND
75	テルブカルブ*	0.371	0.102	122	プロパニル	0.198	0.073
76	テクナゼン	0.120	0.026	123	プロパルキット	0.300	0.099
77	テトラクロルピホス	0.292	0.085	124	プロフェノホス	0.250	0.058
78	テトラジホ	0.298	0.099	125	プロモフチド*	0.188	0.049
79	テニクロール	0.080	0.028	126	プロホキスル	0.033	0.006
80	トリアジメホ	0.060	0.024	127	プロマシル	0.038	0.024
81	トリアレート	0.183	0.051	128	プロメトリン	0.116	0.034
82	トリブホス	0.184	0.052	129	プロモプロピレート	0.332	0.115
83	トリフルラリン	0.257	0.066	130	プロモホスメチル	0.292	0.085
84	トリクロピル-2-ブトキシエ チルエステル	0.038	ND	131	ヘキサジン	0.015	0.005
85	トルクロホスメチル	0.561	0.150	132	ヘナラキシル	0.191	0.060
86	トルクロホスメチルオキシソ	0.108	0.028	133	ベノキサコール	0.025	0.007
87	トルフェンピラト*	ND	ND	134	ベンズリト*	0.299	0.112
88	ニトクローイソプロピル	0.171	0.049	135	ベンフルラリン	0.495	0.114
89	ノルフルゾン	0.109	0.054	136	ホスファミソ	0.015	ND
90	ピフェメックス	0.332	0.115	137	ホスメト	0.128	0.049
91	ビヘロホス	0.316	0.105	138	マラチオン	0.095	0.028
92	ヒラゾホス	0.210	0.065	139	メチダチオン	0.166	0.056
93	ピリタフェンチオン	0.364	0.135	140	メチルダイムロ	0.054	0.015
94	ピリプロチカルブ*	0.276	0.086	141	メキシクロー	0.285	0.102
95	ピリプロキシフェン	0.309	0.107	142	E-メミノストロピン	0.058	0.017
96	ピロキロン	0.045	0.012	143	Z-メミノストロピン	0.040	0.010
97	ピンクロバリン	0.216	0.061	144	メフェナセト	0.189	0.081
98	フェナミホス	0.115	ND	145	モノクロホス	0.015	0.005
99	フェントロチオンオキシソ	0.026	0.003	146	モリネート	0.061	0.018
100	フェノチオカルブ*	0.195	0.063				

表3 エラ含有濃度の減少量確認試験結果

No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)	No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)
1	ジクホルホス	0.002	86.3	61	クホルピリホス	0.420	27.2
2	フェノフカルブ	0.043	45.0	62	クホルピリホスメチル	0.178	31.0
3	ペンシクロン	0.484	23.8	63	クロナブ	ND	-
4	シマジン	0.067	50.0	64	シアノホス	0.068	37.8
5	プロピザミト	0.221	35.8	65	ジクホップメチル	0.003	55.1
6	ダイアジノン	0.230	30.8	66	ジクホニル	0.048	51.7
7	クロタロニル	ND	-	67	ジクロナン	0.124	30.7
8	イプロベンホス	0.175	27.8	68	ジスルホトン	0.139	25.2
9	メタラキシル	0.041	43.7	69	ジフェナミト	0.032	44.7
10	ジチオピル	0.440	31.5	70	ジメタメリン	0.230	27.6
11	フェニトロチオン	0.275	21.1	71	ジメトエート	0.009	35.3
12	プロシアミン	0.218	18.9	72	シメリン	0.033	43.6
13	チオベンカルブ	0.181	24.6	73	ジメヒペレート	0.275	25.7
14	ペンディメタリン	0.408	23.5	74	ダイアジノンオキソン	ND	145.7
15	フルトラニル	0.226	28.8	75	テルブカルブ	0.247	33.5
16	イソプロチオラン	0.373	28.8	76	テクナゼン	0.083	31.3
17	チフルザミト	0.184	25.6	77	テトラクホルピホス	0.185	36.7
18	イソキサチオン	0.545	20.9	78	テトラジホソ	0.190	36.3
19	メフロニル	0.189	29.4	79	テニルクロール	0.054	32.7
20	クホルニトロフェン	0.204	21.5	80	トリアジメホソ	0.036	41.0
21	プロピコナゾール-2	0.141	23.6	81	トリアレート	0.118	35.7
22	トリフロキシストロピン	0.427	26.9	82	トリブホス	0.121	34.2
23	テブコナゾール	0.159	20.5	83	トリフルラリン	0.178	30.5
24	EPN	0.211	23.6	84	トリクホルピル-2-フトキシエチル エステル	0.026	31.3
25	ナフロハミト	0.265	30.3	85	トルクホルホスメチル	0.427	24.0
26	ヘキサコナゾール	0.198	16.3	86	トルクホルホスメチルオキソン	0.064	41.1
27	XMC	0.030	46.6	87	トルフェンピラト	ND	-
28	アサコナゾール	0.051	34.5	88	ニトロタールイソプロピル	0.120	29.8
29	アセトクロール	0.034	39.6	89	ルフルラジン	0.074	32.4
30	アトラジン	0.060	44.3	90	ビフェノックス	0.214	35.5
31	アニコホス	0.190	19.6	91	ヒペロホス	0.255	19.2
32	アメトリン	0.053	38.0	92	ヒラソホス	0.159	24.4
33	アラクロー	0.049	37.8	93	ヒリタフェンチオン	0.278	23.4
34	アレスリン-4	0.121	39.6	94	ヒリブチカルブ	0.204	26.3
35	イサゾホス	0.064	33.0	95	ヒリプロキシフェン	0.228	26.3
36	イソキサチオンオキソン	0.034	31.3	96	ヒロキロン	0.023	49.0
37	イソフェンホス	0.160	27.0	97	ピンクローリン	0.149	31.2
38	イソフェンホスオキソン	0.174	41.0	98	フェナミホス	0.082	29.4
39	イソプロカルブ(MIPC)	0.032	43.0	99	フェニトロチオンオキソン	0.010	61.9
40	イプロシオン	0.264	26.4	100	フェノチカルブ	0.144	26.4
41	イマザメタベンズメチルエステル	ND	-	101	フェノリン-2	0.075	58.7
42	エスプロカルブ	0.170	26.0	102	フェンチオン	0.191	24.3
43	エディフェンホス	0.130	25.0	103	フェンチオンスルホキシト	0.029	41.6
44	エチオン	0.145	37.4	104	フェンチオンスルホソ	0.047	33.2
45	エトフェンプロックス	0.188	40.2	105	フェンチオンオキソン	0.051	36.4
46	エトメセート	0.079	37.1	106	フェンチオンオキソンスルホキシト	0.001	23.5
47	エトリジアゾール	0.025	46.7	107	フェンチオンオキソンスルホソ	0.005	38.2
48	硫酸エンドスルファン	0.271	23.3	108	フェントエート	0.131	29.1
49	オキサジアゾン	0.179	36.5	109	フェンブコナゾール	0.214	19.0
50	オキサジキシル	0.005	36.8	110	フェンプロピモルフ	0.056	29.0
51	オキシフルオルフェン	0.137	36.7	111	フサライト	0.194	13.1
52	カルフェントラジンエチル	0.027	37.9	112	ブタミホス	0.338	11.2
53	カフェンストール	0.010	56.7	113	ブヒリメート	0.138	28.9
54	カルホフラン	0.015	53.2	115	フラムプロップメチル	0.109	31.3
55	キノキシフェン	0.196	33.6	116	フルアクリリム	0.118	44.6
56	キノクラミン	0.019	48.6	117	フルトリアホール	0.027	43.0
57	キャブタン	ND	-	118	フルミオキサジン	0.109	19.2
58	キントゼン	0.062	36.3	119	フルミクロラックベンチル	ND	-
59	クローマジン	0.042	41.3				
60	クローラシメチル	0.211	33.4				

表 3 (続き)

No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)	No	農薬名	濃度 ($\mu\text{g/g}$)	減少率 (%)
120	ブレチラクロール	0.073	26.5	134	ベンスリド	0.219	26.7
121	フロハクロール	ND	-	135	ベンフルラリン	0.311	37.2
122	フロハニル	0.151	23.8	136	ホスファミド	0.009	40.3
123	フロハルキット-2	0.151	49.6	137	ホスメット	0.092	28.0
124	フロフェノホス	0.180	28.1	138	マラチオン	0.059	38.0
125	フロモフチド	0.117	37.7	139	メチダチオン	0.111	32.8
126	フロホキスル	0.016	52.8	140	メチルタタイムロン	0.039	28.1
127	フロマシル	0.027	28.5	141	トキシクロール	0.167	41.3
128	フロメリン	0.077	33.6	142	E-メトミノストロピン	0.037	36.9
129	フロモフロレイト	0.214	35.7	143	Z-メトミノストロピン	0.026	36.3
130	フロモホスメチル	0.186	36.4	144	メフェナセット	0.147	21.8
131	ヘキサジノン	0.008	50.0	145	モノクロホス	0.009	39.3
132	ヘナラキシル	0.140	26.8	146	モリネート	0.034	43.5
133	ヘノキサコール	0.012	54.8				

表 4 濃度比と Log Pow

No	農薬名	Log Pow	濃度比		No	農薬名	Log Pow	濃度比	
			簡易曝露 試験	減少量確認 試験				簡易曝露 試験	減少量確認 試験
1	ジクロルホス	1.43	0.0003	0.0000	54	カルボフラン	2.32	0.0006	0.0003
2	フェノカルブ	2.67	0.0016	0.0009	58	キントゼン	4.77	0.0019	0.0012
3	ベンシクロン	4.68	0.0064	0.0048	60	クロタルジメチル	3.9	0.0063	0.0042
4	シマジン	2.1	0.0009	0.0004	61	クロルピリホス	4.7	0.0058	0.0042
5	フロヒサミド	2.95	0.0023	0.0015	64	シアノホス	2.65	0.0022	0.0014
6	ダイアジノン	3.42	0.0033	0.0023	66	ジクロベニル	3	0.0020	0.0010
8	イプロベンホス	3.37	0.0024	0.0018	67	ジクロラン	1.8	0.0036	0.0025
9	メタラキシル	1.75	0.0005	0.0003	68	ジスルホトン	3.98	0.0037	0.0028
10	ジチオビル	4.43	0.0064	0.0044	69	ジフェナミド	2.17	0.0012	0.0006
11	フェントロチオン	3.43	0.0035	0.0027	70	ジメタメリン	3.2	0.0032	0.0023
12	フロジアミン	4.1	0.0054	0.0044	71	ジメトエート	0.98	0.0003	0.0002
13	チオベンカルブ	4.23	0.0048	0.0036	72	シメリン	2.14	0.0012	0.0007
14	ベンテイメタリン	5.18	0.0053	0.0041	78	テトラジホス	4.6	0.0060	0.0038
15	フルトラニル	3.77	0.0032	0.0023	81	トリアレート	3.98	0.0037	0.0024
16	イソフロチオラン	2.81	0.0035	0.0025	83	トリフルラリン	5.27	0.0051	0.0036
17	チルサミド	4.1	0.0049	0.0037	84	トリクロピル-2-フット キシエチルエステル	4.3	0.0008	0.0005
18	イソキサチオン	3.88	0.0046	0.0036	85	トルクロホスメチル	4.56	0.0056	0.0043
19	メフロニル	3.66	0.0027	0.0019	94	ピリプチカルブ	4.7	0.0055	0.0041
20	クロルニトロフェン	3.71	0.0052	0.0041	95	ピリプロキシフェン	5.37	0.0062	0.0046
21	フロヒコナゾール	3.72	0.0037	0.0028	96	ピロキロン	1.6	0.0009	0.0005
22	トリフロキシストロピン	4.5	0.0059	0.0043	98	フェナミホス	3.3	0.0023	0.0016
23	テブコナゾール	3.7	0.0040	0.0032	100	フェノカルブ	3.51	0.0039	0.0029
24	EPN	5.02	0.0055	0.0042	102	フェンチオン	4.84	0.0051	0.0038
25	ナフロパミド	3.3	0.0025	0.0018	108	フェントエート	3.52	0.0037	0.0026
26	ヘキサコナゾール	3.9	0.0047	0.0040	112	ブタミホス	4.62	0.0038	0.0034
29	アセトクロール	4.14	0.0011	0.0007	118	フルミオキサジン	2.55	0.0027	0.0022
30	アトラジン	2.5	0.0011	0.0006	120	ブレチラクロール	3.9	0.0020	0.0015
32	アメリン	2.63	0.0017	0.0011	123	フロハルキット	5.7	0.0060	0.0030
33	アラクロール	3.09	0.0016	0.0010	124	フロフェノホス	4.44	0.0050	0.0036
34	アレスリン	4.78	0.0040	0.0024	127	フロマシル	2.14	0.0008	0.0005
39	イソフロカルブ (MIPC)	2.32	0.0011	0.0006	128	フロメリン	3.1	0.0023	0.0015
40	イフロジオン	3	0.0036	0.0026	131	ヘキサジノン	1.9	0.0003	0.0002
42	エスフロカルブ	4.62	0.0046	0.0034	135	ベンフルラリン	5.19	0.0049	0.0031
44	エチオン	5.073	0.0046	0.0029	138	マラチオン	2.74	0.0019	0.0012
45	エトフェンプロックス	6.9	0.0063	0.0038	139	メチダチオン	2.2	0.0017	0.0011
46	エトフメセート	2.7	0.0025	0.0016	142	E-メトミノストロピン	2.32	0.0012	0.0007
49	オキサジアゾン	5.33	0.0056	0.0036	146	モリネート	2.88	0.0012	0.0007
53	カフエンストール	3.21	0.0005	0.0002					

※濃度比 = エラ含有濃度($\mu\text{g/g}$) / (高濃度曝露水濃度($\mu\text{g/L}$))