

林業薬剤の環境に及ぼす影響と合理的使用法

I 林業薬剤散布地における追跡調査

I-1 試験担当者

林業薬剤第2研究室

大々保 良治 田畠 勝洋

I-2 試験目的

森林においては、マツ類の枯損防止のためのM E P剤散布など、病害虫等の防除のために農薬散布が行われて効果を上げてきている。一方これとともに環境汚染や自然界への影響などが重大な関心事となっており、とくに、一部住民に対しその不安感が増大していることも見逃すことのできない事実といえる。このため、昭和48年より、マツの枯損を防止するためM E P剤の散布がおこなわれている広島県宮島地区を選び、自然環境上での薬剤の残留の状態を、連年散布による薬剤の蓄積を考慮に入れ、昭和49年に引きつづいて調査をおこなった。

I-3 試験の経過と得られた結果

マツノザイセンチュウによる被害防除のため、広島県宮島地区において国有林、民有林合計約1,000haの面積にM E Pを主剤とした農薬を年2回空中散布をおこなっている。この地域での植物、土壤、流水等のM E Pの残留量を経時的に調べた。

a) 敷布条件

表-1 のとおりである。

表1 薬剤散布条件

年度	供試薬剤	希釈倍数	散布量	散布面積	薬剤散布日
48	スミバークE乳剤 (M E P 10%, EDB 10%)	×10	180 l/ha	(632ha(国) 341ha(県))	6月1日-6月6日 6月19日-6月24日
49	スミバークE乳剤 (M E P 40%, EDB 20%)	×32	90 l/ha	632ha(国)	5月27日-5月30日
	スミチオン乳剤 (M E P 50%)	×36	90 l/ha	341ha(県)	6月18日-6月21日
50	スミチオン乳剤 (M E P 50%)	×36	90 l/ha	(632ha(国) 341ha(県))	5月27日-5月30日 6月19日-6月23日

b) 試料採取方法

昭和49年試料採取地点(昭和49年度報告書参照)のうち適当な地点を選んで本年の採取地点とした。

採取試料は昨年同様土壤、下草(アセビの葉)流水の他に本年は特に土壤表面の落葉層についてもおこなった。海泥については第1回散布前に昨年度の残留についておこなったのみで経時的の調査はおこなわなかった。

表2 落 下 量

場 所	1	2	3	4	5	6	7	
一 回 目 散 布	タカノス A	2.05	1.63	2.41	1.75	2.59	3.62	2.95
	多々良 A	1.32	2.03	2.55	1.70	2.00	2.24	
	多々良 B	1.04	1.10	0.88	0.76	0.80	0.79	1.38
	タカノス B	2.33	1.57	1.89	2.65	2.06	1.89	2.00
	つばき谷	1.83	2.18	2.06	1.92	2.03	2.32	2.15
	青海苔	2.82	2.68	2.92	3.33	2.23	3.02	3.30
二 回 目 散 布	大 元	1.95	1.74	1.24	1.88	1.61	2.07	2.09
	大 元	3.08	3.49	3.59	3.96	4.06	4.86	5.08
	包が浦	1.76	1.32	1.53				
	多々良 A	1.01	1.53	0.89	0.30	0.64	0.46	0.53
	藤が浦	1.49	1.83	1.32	1.36			
	タカノス B	1.01	1.27	1.39	1.11	1.20	0.71	
	青海苔	1.43	1.53	1.23	1.20	0.56		
	多々良 B	2.85	2.31	1.95	2.22	2.32	3.95	3.66
	つばき谷	1.77	1.54	2.96	1.65	2.12	2.46	2.08
	タカノス A	1.92	1.98	2.18	1.76	1.30	1.73	2.40

c) 分析方法

流水はクロロホルムで、下草はアセトニトリルで土壤、海泥はジクロルメタン：アセトン(2:1)で、汎紙はアセトンで抽出し、いずれもガスクロマトグラフ(FTD)法により分析をおこなった。落葉については下草と同じ方法で分析をおこなった。

d) 調査結果

地上落下量は表2のとおりである。

量

(MEP換算 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

8	9	10	11	12	13	14	15	16	平均
2.23	1.81	0.90	1.14	3.50					2.21
									1.97
1.16	0.86	1.14							0.99
2.06	2.22	2.06	2.33	2.27	2.27	2.22	2.44		2.15
2.09	1.92	1.71							2.02
3.06	2.75	1.27	2.31	2.99					2.73
2.21	2.30	2.46	2.68	2.49	2.46				2.09
5.82	5.14	3.96							3.91
									1.54
0.35	0.44	0.30	0.27	0.29	0.33				0.56
									1.50
									1.12
									1.19
3.68	3.31								2.92
2.27	2.66	1.61	2.73	2.08	2.23	2.35	2.15	2.66	2.20
2.25	2.49								2.00

空散時における落下量は気象条件等による影響が大きく、一定量散布しても常に一定量が落下付着しないのは当然であり、残留経過を見る上で必要な条件と考えられる。

昨年度は $0.5 \sim 2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲で大部分が散布されており、平均して約 $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。本年度は $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以下の中はすくなく、特に多い所では $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ に及ぶ所もあったが、平均して約 $2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、昨年に比較し、2倍程度の薬量が落下しており、散布が昨年より効果的に行なわれたものと思われる。特に第1回散布は均一に散布されている。

土壤におけるM E Pの残留量の経時変化は表3に示したように全体的にすくないのが目立つ。宮島土壤は花コウ岩土壤であり腐蝕層がすくなく、このことが残留に影響しているはずである。これ等については昨年と同様であり、また前年度迄の蓄積が本年度の残留に影響するほど蓄積されることはないといえる。しかし完全に消失はされていないようである。

表3 土 壤 残 留 量

ppm

月日		散布前	5.27	5.28	5.29	6. 9	6.19	6.21	6.23	7. 3	7.14	7.23	8.20	9.25	12.25
土 壤	多々 良	0.00		0.16		0.05		0.49		0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
	タカノス	0.00			0.15	0.04			0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	大元公園	0.00	0.03			0.05	0.01			0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	つばき谷	0.00			0.02	0.03			0.04	0.11	0.00	0.05	0.03	0.03	0.02

深さ 10 cm迄

下層植生へのM E Pの残留は表4の通りである。空散地内の下層植生といつても数多く存在するが、長期的にわたって分析に供し得てどの地点にも一様に分布している植物として昨年同

表4 下 層 植 生 残 留 量

ppm

月日		散布前	5.27	5.28	5.29	6. 9	6.17	6.19	6.21	6.23	7. 3	7.14	7.23	8.20	9.25	12.25
下 草	大元公園	0.00	0.54 (20.98)			0.05	0.15	0.14			0.04	0.01	0.00	0.06	0.12	0.02
	タカノス	0.00			0.83	0.39	0.02			6.27	0.03	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00
	つばき谷	0.00			0.14	2.89	0.04			2.14	0.98	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00
	多々 良	0.00		1.18		0.89	0.00		0.81		0.07	0.07	0.10	0.00	0.00	0.00

植生 アセビの葉

() 内は上部に被蔽物のない場合

様アセビを選んだ。第一回および第二回散布共アセビの葉への付着量は部分的には決してすぐなくはない。ことに直接薬剤が落下付着すれば相当多量の薬量が付着し、野生鳥獣や昆虫への危険性は全くないとはいえないが、この薬量も急激に減少し、土壤の場合と同様1ヶ月後には 0.1 ppm 以下になっている。このことは昨年と同様である。

流水中での薬量は表5のようである。空散直後にのみごく微量が検出されることがあるが24時間以内にほとんど消失している。

林地における土壤表面の腐蝕層は薬剤がもっともよく吸着される所である。宮島地区では腐蝕層がすくなく、地表面でまだ完全に腐蝕されない落葉層があり、その落葉について分析をおこなった。その結果は表6のとおりである。落下直後の薬量は下層植物同様直接薬剤が落下付着したと思われる所には高濃度の薬量が検出されている。この薬量も経時に減少し、1ヶ月経過すると数 ppm になる。しかし、この調査範囲内ではもっともよく残留が認められる。

海泥については本年度は特に調べなかった。ただ、散布前に前年度迄の残留について調べた結果、大元公園付近、包が浦共にM E Pは検出されなかった。

以上のことから、3年連続散布をおこなっても自然界への蓄積はそれ程多くはなく、この程度の残留が直ちに生態系に重大な影響を与える原因となるとは考えられない。しかし、落葉層への残留等から考えると、そこに生息する生物への影響は全くないとはいきれない。これ等については今後の課題であり、早急にデーターの蓄積が必要である。

表 5 流 水 中

での残留量

p pm

表5 落葉層での残存量

月日 散布前	ppm											
	5.2.7	5.2.8	5.2.9	6. 9	6.1.7	6.1.9	6.2.1	6.2.3	7. 3	7.2.3	10.3.1	12.2.5
大元公園	0.88	6.87.50		17.70	3.62			5.810	0.72	0.05	0.18	
タカノス つばき谷				9.05	1.58			1.78		0.01	0.09	
多々良	4.07		38.54	7.29	21.5		24.594	21.92	1.71	0.05	0.07	
落葉層				1.62	3.77		29.43		17.33	0.25	0.07	0.24

II ブナ丸太の防虫防菌

II-1 試験担当者

保護部菌類研究室・昆虫研究室、東北支場樹病研究室・昆虫研究室

II-2 目的

ブナ丸太の防虫・防菌のためBHC・PCPに代る有効にして毒性のない薬剤を開発する。

II-3 試験の経過と得られた成果

1960年、丸太保護研究班は「ブナ丸太の防虫防菌に関する研究」の結果、防菌剤としてPCP 2%乳剤、防虫剤としてBHC 1%の1m²あたり1.8ℓ 1回散布によってほぼ2ヶ月間効果が持続することを明らかにした。この防除法は国有林および民間において広く用いられてきたが、近年の農薬規制によってPCP、BHCに代る新たな薬剤の開発が必要となった。

防菌試験—PCP-Na塩に代り得る薬剤二十数種のスクリーニングを行ない、48年度までに著効のあるPCP-Phenyl-acetateが得られた。この薬剤はPCP-Na塩よりはるかに効果が認められ、しかも急性毒性は $1/10$ であり、有望な薬剤として期待を持ったが慢性毒検査を待たずメーカー側が薬剤の中止を申し出た。

49年度は新たに数種の薬剤の追加スクリーニングを行なったが、トップジン-Mベーストの著効を認めた。その他T-7473およびHI-645もかなりの効果を示した。トップジン-Mベーストは農薬登録を申請中である。

50年度はこれら3薬剤と2種の水和剤によって試験した。2種の水和剤は期待される効果は得られなかった。3薬剤は1ヶ月以内の効果は認められるが、2ヶ月間の効果の持続は困難であった。T-7473およびHI-645は農薬登録を申請中である。

防虫試験—BHCに代り得る薬剤二十数種のスクリーニングを行ない、49年度までに1ヶ月間の防虫効果のあるものとしてMPP 0.25%およびMEP 1%が、2ヶ月間の効果を期待できるものとしてMEP 1%+EDB 1%およびMEP 2%が得られた。

50年度は防菌剤に防虫剤を加えて殺虫効果の試験をした。その結果MBCP 0.6%は1ヶ月、MPP 1.6%はほぼ2ヶ月間の効果が認められた。トップジン-MベーストにMEP 2%を加えたものに2ヶ月間の効果は得られなかった。

第1-1表 防菌試験結果(伐倒48時間後散布)

上段 第1回調査Bブロック(1ヶ月後)
1975-7-16日散布 下段 第2回調査Aブロック(2ヶ月後)

	I 区			II 区			III 区			全区
	E	W	平均	E	W	平均	E	W	平均	平均
T-7473	2.8	1.3	2.0				1.5	1.3	1.4	1.7
	11.5	10.5	11.0	13.3	16.3	14.8	15.6	13.7	14.7	13.5
ホスキニM水和剤 50倍	2.8	1.6	2.2				8.9	6.4	7.6	4.9
	16.0	14.7	15.3	18.3	25.0	21.6	23.9	22.5	23.2	20.0
ホスキニM水和剤 200倍	3.0	1.1	2.0				9.2	8.3	8.8	5.4
	15.2	22.5	18.9	20.8	20.8	20.8	17.0	19.8	18.4	19.3
ホスキニM水和剤 500倍	2.0	2.1	2.1				12.7	8.7	10.7	6.4
	17.5	18.0	17.8	24.9	28.1	26.5	24.6	20.4	22.5	22.3
トップジンM水和剤 100倍	1.4	1.8	1.6				7.3	7.7	7.5	4.6
	10.9	12.8	11.9	22.8	21.6	22.2	23.1	24.3	23.7	19.3
トップジンM水和剤 500倍	2.7	2.9	2.8				3.5	5.3	4.4	3.6
	18.2	12.8	15.5	19.9	19.9	19.9	20.1	23.8	22.0	19.1
トップジンM水和剤 1,000倍	1.7	3.5	2.6				4.9	6.5	5.7	4.2
	20.5	18.2	19.3	24.3	19.3	21.8	25.2	24.0	24.6	21.9
HI-645水和剤	2.4	2.6	2.5				2.9	2.8	2.9	2.7
	18.8	17.9	18.3	23.3	27.3	25.3	25.5	27.3	26.4	23.3
トップジンMペースト 0.5	1.5	1.0					5.6	2.9	4.3	2.7
	11.9	17.9	14.9	16.9	15.9	16.4	19.5	12.1	15.8	15.7
無処理	5.1	5.5	5.3				5.5	5.2	5.4	5.4
	32.5	27.7	30.1	17.8	14.5	16.2	11.6	14.5	13.1	19.8
無処理	5.0	3.8	4.4				6.4	9.3	7.9	5.2
	23.8	25.7	24.8	20.2	28.5	24.4	22.0	23.0	22.5	23.9
無処理	6.7	7.7	7.2				4.2	5.7	5.0	6.1
	29.3	31.4	30.4	29.0	28.3	28.7	14.5	12.4	13.5	24.2

トップジンM水和剤区はMEP 10%EDB 10%乳剤10倍液と混合

トップジンMペースト区はMEP 2%乳剤を加用

第1-2表 防菌試験結果(伐倒72時間後散布)

1975年7月16日散布 第1回調査 Bブロック
(1ヶ月後)

	II 区		
	E	W	平均
T-7473	1.5	2.5	2.0
ホスキニM水和剤 50倍	8.5	8.1	8.3
ホスキニM水和剤 200倍	11.0	7.1	9.1
ホスキニM水和剤 500倍	8.5	11.8	10.1
トップジンM水和剤 100倍	6.3	7.3	6.8
トップジンM水和剤 500倍	7.2	9.0	8.1
トップジンM水和剤 1000倍	3.1	4.2	3.6
HI-645水和剤	3.7	2.4	3.0
トップジンMペースト	3.1	2.4	2.7
無処理	16.7	17.3	17.0
無処理	4.5	5.0	4.8
無処理	1.5	1.2	1.3

第2表 防虫効果総括表

B 31日目調査

1975. 7~9

薬剤名	表面積 m^2	生存虫数		穿入中止(死亡)虫		木口 穿入孔数	備考 (樹皮中止虫) $1 m^2$ 当り
		実数	$1 m^2$ 当り	実数	$1 m^2$ 当り		
T - 7 4 7 3	3.919	0	0	2	0.51	0	1.02
ホスキンM水和 50	3.730	0	0	2	0.54	6	0.80
" 200	3.673	1	0.27	0	0	15	0.82
" 500	3.806	2	0.53	0	0	28	2.10
トップジンM水和 100 +M E P . E D B 10	3.957	0	0	0	0	2	0
" 500	4.051	0	0	0	0	7	1.23
" 1000	3.713	1	0.27	0	0	6	1.89
H I - 6 4 5 水和	3.448	1	0.29	4	1.16	0	4.06
トップジンMベースト M E P 2%	3.335	0	0	0	0	11	0.60
無処理	9.289	90	9.688	0	0	60	2.15

III 殺そ剤 Zn_3P_2 のイタチに及ぼす影響

III-1 試験担当者

北海道支場 鳥獣研究室

樋口 輔三郎

III-2 試験目的

林野のネズミ駆除に、主要な殺そ剤として Zn_3P_2 が、航空機散布あるいは手まきによって用いられている。この殺そ剤は毒作用が急性であり、致死量も少なく、また残留性も少ないとされ比較的使いやすいので広く用いられている。

残留性の少ない理由として、 Zn_3P_2 は摂取ネズミの胃内の塩酸と化合し、フォスフィン (PH_3) と塩化亜鉛 ($ZnCl_2$) に変化する。そのフォスフィンは中毒作用をおこすが、気体であるため、変化後には、無毒の塩化亜鉛が残るとされている。

Zn_3P_2 はネズミのみならず、哺乳類全般についても、毒物であることに変わりない。ただ、イタチなどの肉食動物は直接に殺そ剤を摂取することがないので、その危険性は少ない。しかし、この毒餌を摂取したネズミをイタチが捕食することが想定され、ネズミの毒餌の消化分解の程度によって残留毒があることも考えられるので、イタチがこの残留毒の2次被害を受けるかどうか問題となるところである。

このようなことから、 Zn_3P_2 毒餌を摂取したネズミをイタチが捕食した場合を想定して、その2次被害について試験を行なった。

供試動物

供試用イタチは宇都宮営林署日光有益獣増殖所より、移管されたニホンイタチ5匹である。

この5匹のイタチは当支場の飼育から慣らし飼いをして、実験に供することにした。飼育餌はほしタラを水で浸したものを与えた、食性の单一化をさけるために、機会のあるごとに、ネズミを与えた。しかし、飼育不慣れのためと、警戒のために、移管後、体力が弱り、間もなく試験に供することなく3匹死亡した。

供試ネズミは札幌近郊で採集したものである。昭和50年度は、全道的に野ネズミの数が少なくて、供試ネズミの補給も思う通りに運ばなかった。

III-3 試験方法および結果

試験 1

野外のネズミが毒餌を摂取し、その死体をイタチが摂食することを想定し、ネズミに Zn_3P_2 毒餌を供与し、その死亡個体をイタチに与え、残留毒による影響をしらべた。

供試毒餌の種類および毒餌の摂取量、死亡時間、および、死亡ネズミのイタチの摂食状況およびその死亡状況は表 1 のようである。

表 1 イタチの毒摂取死亡ネズミの捕食状態とその影響

供試	毒餌摂取ネズミ					イタチの毒餌摂食ネズミの捕食			
	イタチ	体重	毒餌	摂取	死亡	捕食	摂食状態	死亡状態	備考
μ	(g)	種類	粒数	重さ(g)	毒量(mg)	時間			
1	3.2	2P	2	0.45	4.5	1日以内	不食	生	
2	3.2	2P	2	0.45	4.5	2日以内	食	生	
2	3.0	リンカS	1	0.35	3.5	2日以内	不食	生	ネズミ腐敗

毒餌のリンカS、ZPはいずれも Zn_3P_2 1%含有のもので、前者はトウモロコシ粒に Zn_3P_2 を塗布したもの、後者は小麦粉を基剤とし、球型の団子にし、 Zn_3P_2 を塗布したものである。

毒餌摂取ネズミは 24~48 時間に死亡し、その死亡個体をイタチに与えた。 μ 2 のイタチの 1 回目の試験では、死亡個体の摂食をみたが、 μ 1 の個体および μ 2 の 2 回目の試験では死亡個体の腐敗が進行しているものは食べなかった。

試験 2

試験 1 に示されたように、イタチは死亡個体を食べない傾向があるので、イタチが捕食しやすいように半死状態あるいは、まだ毒作用の徴候があらわれていない比較的健康状態を示すネズミを与えることにした。これらの状態にするために、ネズミに毒を直接、経口投与し、投与後 3~4 時間経過させてイタチに与えた。

これらの摂毒ネズミを μ 2 のイタチに 9月 23, 24 日の 2 日間、および 11月 12~15 日間の連日と後日 11月 19 日に与えた。その結果は表 2 のようである。

これらの摂毒ネズミはよく捕食されたが、イタチは死亡することなく、9月の試験では蓄積毒量 8mg、11月では 12mgないし 14mg に達している。

表 2 イタチの毒投与、未死亡ネズミの捕食状態とその影響

供試	毒投与ネズミ			イタチの毒投与ネズミの捕食			備考
	イタチ	体重	投与毒量	投与後	補食月日	捕食 2~4 時間	
μ	(g)	(mg)	経過時間				後の生死状態
2	3.2	4	3		9. 23	生	
2	2.2	4	3		9. 24	生	{ 連日供試
2	2.25	2	2		11. 12	生	
2	4.6	2	3		11. 13	生	
2	1.9	2	3		11. 14	生	
2	2.4	2	2		11. 15	生	{ 2 匹供試
	2.4	2	2		11. 15		
2	2.0	2	2		11. 19	生	

III-4 考 察

野外におけるニホンイタチのネズミの捕獲数は明らかでない。しかし、日光有益獣増殖所では飼育ニホンイタチの成獣 1 匹あたりの飼料(鶏頭 5%, 鹿肉 16%, アジ 8%, ニンジン 7%, キャベツ 7%, 麦粉 7%)として 81.20~14.0g, ♀ 6.0~8.0g が供与されており、また、本試験用に移管されたイタチの飼料として、当試験場で与えられたものは、ほしタラを水で浸漬したものであるが、この喫食量を 10 日ごとに平均してみると表 3 のようである。

表 3 ニホンイタチの干魚(タラ)の 1 日の喫食量(g)

イタチ	喫食期間						
	7.16~20	7.21~25	7.26~30	7.31~8.4	8.5~9	8.10~14	8.15~19
1	5.4	3.8	3.6	2.0	死亡		
2	3.6	3.25	3.8	5.8.3	7.6	4.7.5	6.0
3	4.2	5.3.3		死亡			
4	5.4	5.2	4.6	5.0	6.0	3.0	5.0
5	5.8	5.0	4.0	5.6	6.8	6.2.8	5.5

大体1日に50g前後を食している。これらの喫食量から、ニホンイタチの1日の必要とするネズミの捕獲数を推測すると2~5匹程度のものと考えられる。

イタチのZn₃P₂に対するLD₅₀は明らかでないが、参考までに、食肉動物では、ネコの致死量として、160mg/kgでは効果がなく、200~300mg/kgで死亡結果がみられるが、必ずしも処理後の死亡とはかぎっていない(Johnson Voss)。また、キタキツネについて、芳賀はLD₅₀について、とくに実験を行なってはいないが、致死量についてつきのような試験を行なっている。0.5%ないし0.25%のHClをそえて、各種のZn₃P₂量を6個体について投与し、つぎの結果を得ている。①410mg/kg投与1時間後、死亡 ②291mg/kg+388mg/kg+583mg/kgの3回投与により38日目に死亡 ③236mg/kg+250mg/kg+284mg/kg+486mg/kg+540mg/kgの5回投与で35日目に死亡 ④216mg/kg1回の投与で死亡、ただし、投与時に失敗あり ⑤109mg/kg+116mg/kg+219mg/kg+469mg/kg+688mg/kgの5回投与、死亡せず ⑥296mg/kg+388mg/kg死亡。以上からkg体重当り総投与量は410mg, 1,264mg, 1,797mg, 216mg, 1,600mg, 688mgを示している。Steinigerによると、ネコ2.5kg体重のものは100mgで死亡し、イヌで5kg体重で200~500mgの致死量としている。この結果は前2者のネコ、キツネにくらべ致死量が少量であり、40mg/kgである。この少量の致死量を基準にして、イタチの致死量を想定してみると、ニホンイタチの体重450gとして18mgほどと考えられる。したがって、1毒餌で1匹のネズミが死ぬものとして、4~5匹のネズミを食さねば、この致死量に達しないことになる。実際には、Zn₃P₂がネズミ胃内で分解されるので、より以上の毒餌摂食ネズミ数を食さねば致死量に達しないと考えられる。今回は供試ネズミの都合で、1時に多量のネズミを供与する試験は行なえなかった。

要 約

- 1) 毒餌摂取によって死亡したネズミをニホンイタチは捕食しない傾向がみられた。
- 2) 経口的に毒を摂取させ、また病的状態を呈さないネズミについては、イタチはこれらを捕食するが、毎日1匹づつ4日間連日捕食したイタチは死亡しなかった。その摂取蓄積毒量は最高14mgと考えられる。

参 考 資 料

- 1) 宇都宮営林署、いたち (1969)
- 2) Johnson, H. D. & Voss, E. Toxicological studies of Zinc phosphide Scientific Edition 61 (1952)
- 3) 芳賀良一、上田晃、田村哲。殺そ剤の野生鳥獣に対する一次、二次毒性に関する総合調査報告書 (1975)
- 4) Steiniger Rattenbiologie und Rattenbekämpfung (1952)