47, 507 (1954).
4) Metcalf, R. L., R. B. March and M. G. Maxon: *Ann. Ent. Soc. Am.*, 48, 222 (1955).
5) Kanehisa, K.: *Bull. Lab. Appl. Entomol., Fac. Agric.*, Nagoya Univ., Aichi, Japan, No. 2, 11 (1961).
6) Casida, J. E.: *Biochem. J.*, 60, 487 (1955).
7) Mehrotra, K. N.: *Adv. Acarol.*, 1, 209 (1964).
8) Voss, G.: *Naturwiss.*, 47, 400 (1960).
9) Dauterman, W. C. and K. N. Mehrotra: *J. Insect Physiol.*, 9, 257 (1963).
10) Voss, G. and F. Matsumura: *Can. J. Biochem.*, 43, 63 (1965).
11) Sakai, M.: *Appl. Ent. Zool.*, 2, 111 (1967).
12) Hestrin, S.: *J. Biol. Chem.*, 180, 249 (1949).

Effectiveness of BHC Emulsifiable Concentrate on Adults of *Cryphalus fulvus* Niijima Living Beneath the Bark of Pine Tree. Studies on the Control of Forest Insects. III. Sumio Nagasawa, Shoji Asano, and Shizue Fushimi (Ihara Agricultural Chemicals Institute, Shimizu). Received June 24, 1968. *Botyu-Kagaku*, 33, 80, 1968 (with English Summary, 85)

12. マツの樹皮下に穿入したキイロコキクイムシに対する BHC 乳剤の有効度. 林業害虫の防除に関する研究. 第3報.

長沢純夫・浅野昌司・伏見静枝（イハラ農薬研究所）

林木の樹皮下に穿入して食害する，いわゆる穿孔害虫の駆除を目的に調製された，殺虫剤の有効度を見積るための，ひとつの方法として，薬剤を処理して一定期間後に脱出した成虫の数をかぞえるだけの記録を，プロビット法によって解析し，その中央有効値をもとめる試みをおこなった．キイロコキクイムシの食害をうけた，クロマツの樹枝部を実験材料に，薬剤には BHC 乳剤をもちいて，まず，この虫の樹枝上における羽化数が，負の二項分布にしたがうことをたしかめた．その平均値と供試本数とで，各濃度段階においてえられた総羽化成虫数を割ることによって生存率をもとめ，普通のプロビット解析法の適用を可能ならしめた．なおこのときの重み係数は標本が負の二項分布にしたがっているときに適用される Anscombe の式によって算定した．

林木の樹皮下に喰い入って加害する，いわゆる穿孔害虫の薬剤による駆除試験は，通常所定量の薬剤を被害木に撒布し，一定期間経過した後に，その樹皮を剥離して，その中の生死の虫数を記録することによってなされている．しかしこの方法によって，満足するにたる殺虫率をえるための個体をあつめるには，とくに個体の分散が大きい，大型のカミキリムシなどにおいては，きわめて困難である．こうした不都合を，ある程度少なくして，最もたしからしい薬物の有効度を見積るひとつの試案として，筆者ら[6]はさきに，クロマツを加害していたマツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* Hope の駆除に用いた，ホリサイド乳剤の有効度の評価に，少数例を用いる個体別記録の解析法を応用した．しかしこれとても，樹皮の剥離に多大の労力を要する欠点があり，また観察者による生死判定の誤差が大きく，ときに妥当な有効度の評価ができない場合がないでもない．筆者らは，そうした労力と誤差を排除して，より能率的に正確な薬剤の効果を判定することを目的に，薬剤を撒布して一定期間後に，供試木から脱出する成虫の数だけをかぞえる方法によって，有効度の評価をおこなうことをこころみた．そうしたことを意図した理由は，撒布した薬剤の濃度と脱出した成虫の数との関係がえられれば，無処理対照区における脱出成虫数にもとづいて，各濃度段階における致死率を推定し，これからプロビットを用いる最尤法によって，濃度-致死率曲線の方程式が算定できるからである．この最尤推定法は Wadley[7] によって最初にのべられ，Finney[4] によってその直後詳細に体系づけられたもので，最近長沢ら[5] によって，昆虫の化学不妊剤の実験結果の解析にそのまま応用された．ところで Wadley[7] の方法は，一供試単位あたりの虫の数が，ポアソン分布にしたがっているときに適用できるが，もしこれが負の二項分布にしたがっている場合は，かけるべき重みの計算に，Anscombe[1] の modification が必要である．それ故，林木の穿孔害虫の駆除薬剤の試験結果を，最尤推定法によって整理する場合は，まずそれらの供試木上における分布様式を，あらかじめ詳細に調査検討しておくことがのぞましく，上記のいずれの分布にしたがっているかを決定した上で，計算に入らなければならない．ところでもし脱出する成虫の数が，負の二項分布にしたがう場合は，その分散の指標である母数 k の計算がまためんどうで，Bliss and Fisher[3] の最尤法によった場合などは，とくにわずらわしく，そのために多大の時間を要する．しか

しここでいわゆる共通の k_c を，あらかじめ求めておくことができる場合は，一度その値をきめておくだけで，以後の実験においては，それをそのまま使うことができるから，k をきめるための調査と計算をはぶくことが可能である．それ故共通の k_c の算定が可能であるか否かは，省力の問題を大きく左右する重要なひとつの事項であるといえよう．

また一方，Wadley[7]，Finney[4] いずれの方法による場合でも，最尤推定法では，薬量の対数 x，致死率のプロビット y，重み w' の他に，さらにひとつの補助変数 x' を用意して，以後の計算に入らなければならない．それ故ここにまた計算のわずらわしさがあり，実験を簡単化しえても，常法のプロビット法以上に，以後の計算に労力を要する欠点が残されている．補助変数 x' を省いて計算を簡単化することは，つぎにのぞましいひとつの措置である．

今回，マツの樹皮下に穿孔して喰害するキイロコキクイムシ *Cryphalus fulvus* Niijima の駆除を目的に調製された BHC 乳剤の効力を評価する実験を，上にのべた様な事項を考慮においておこなった．その結果のひとつをかかげ，穿孔害虫駆除剤の有効度を評価するためのひとつの試案をのべる．

本文に入るに先立ち，数値解析の上に種々の御教示をあたえられた Edinburgh 大学，統計学教室の Dr. D. A. Williams に謝意を表する次第である．

実験材料および方法

キイロコキクイムシの穿入加害によって枯死した供試木は，静岡県清水市駒越の日本平山麓に自生していた，約50年生のクロマツの樹枝部から，1967年1月中旬に採取した．これらの直径2から6 cm の部分を，前報同様 10 cmの長さに切断して，これを調査単位とした．この様にしてえられた調査木の数は，都合 398 本であった．

ところで，筆者ら[2] はさきに，その喰害によって枯死したマツの樹枝部から，羽化脱出するキイロコキクイムシ成虫の，個体数の分布は過大分散で，負の二項分布によく適合することを報告した．しかし調査日別の脱出成虫数の分布，また調査木別の脱出成虫数の分布記録の間には，共通の k_c をもとめることができなかったことを併せ報じた．このことは，薬剤散布実験の記録を整理する場合に，供試木を採取した調査日，あるいは調査木ごとに，無処理対照区をもうけて k をきめておくことの必要性をしめすものである．すなわち自然状態において，加害をうけて枯死した，マツの樹枝部を供試材料とした場合は，おおむね共通の k_c はきめがたく，省力の見地からのぞましいとおもわれる条件のひとつを，まずここで見送らなければならない．

この様な事実がすでにあきらかにされていたので，今回筆者らは供試木の約半数の 190 本をもちいて，あらかじめその分布型が負の二項分布にしたがうことをあきらかにし，その平均値 $\bar{x}$ と，過大分散の指標である母数 k の値をきめることをおこなった．すなわち材部の乾燥をふせぐために，まず両切断面にパラフィンを塗布し，一本ずつポリエチレンの二重袋に入れて，温度 25°C，関係湿度60%の，常時 130 lux 螢光灯照明条件下におき，それから脱出する成虫の数を封入後7日目にかぞえた．

つぎに殺虫試験をおこなうために，のこりの 208 本の両端を，同様パラフィンで封じ，これらを16本ずつ13等分し，その1群を対照区として水に約30秒浸漬した．そして他の12群を，それぞれ所定の濃度に水で稀釈した BHC 乳剤に同一時間浸漬した．1週間戸外においた後，前と同様2重のポリエチレン袋に入れて，実験室の環境条件下においた．羽化脱出するキイロコキクイムシの成虫の数の記録は，封入後7日目におこなった．なおここでもちいた BHC 乳剤の処方は，γ-BHC 10%，トキシマル500 5%，キシロール85%で，第2表にしめした浸漬薬液の濃度は，有効成分 γ-BHC の濃度である．

実験結果と考察

供試木の半数 190 本をもちいて，それから羽化脱出する成虫の数を記録し，平均値 $\bar{x}$ と分散 s^2 の比は，$s^2/\bar{x}=24.590451>1$ となり，明らかに過大分散で，負の二項分布にあてはめうるであろうことをしめしている（第1表）．集中度の指標である母数 $\hat{k}_1$，$\hat{k}$ は，それぞれ $\bar{x}^2/(s^2-\bar{x})$ の式，および Bliss and Fisher[3] の最尤法によってもとめた値である．

第1表は $\hat{k}_1$ および $\hat{k}$ の値をもちいて計算した負の二項分布へのあてはめの結果で，χ^2 試験の値は，ともにこの分布型に適合することをしめしている．$\hat{k}_1$，$\hat{k}$ のうち最尤法できめた $\hat{k}$ の値によるあてはめの方が，はるかに高いことがしめされている．そこで以下の実験結果の整理には，最尤法でもとめた $\hat{k}=0.47240$ をもちいることとする．

つぎに殺虫試験の結果をしめしたのが第2表である．ここでえられた水処理対照区における平均値は261/16 =16.3125 で，さきに無処理の供試木の半数をつかってきめた平均値 13.9842 と大体おなじで，水に浸漬した影響はないものと考えられる．

ところで Wadley[7] の最尤法によって，この濃度と致死率の関係を計算する場合の第一歩は，無処理対照区の数値と，最低濃度段階あたりの脱出成虫数とから，暫定的な N の値をえらび，$p=1-s/N$ として致死率をきめていくのであるが，これでは先にのべた様に，

Table 1. Distribution of adults of *Cryphalus fulvus* Niijima emerged from dead pine branches (Obs. f) and expected frequencies for the negative binominal (ϕ).

Beetles per unit of 10cm x	Obs. f	$\hat{k}_1=0.59279$ ϕ	$\hat{k}=0.49240$ ϕ	Beetles per unit of 10cm x	Obs. f	$\hat{k}_1=0.59279$ ϕ	$\hat{k}=0.49240$ ϕ
0	32	28.47	35.95	18	1	2.74	2.45
1	24	16.19	17.10	19	1	2.57	2.31
2	13	12.37	12.33	20	1	2.42	2.17
3	14	10.25	9.89	21	1	2.28	2.05
4	4	8.84	8.34	22	0	2.14	1.93
5	5	7.79	7.24	23	1	2.02	1.83
6	8	6.96	6.40	24	1	1.90	1.73
7	6	6.29	5.74	25	2	1.80	1.63
8	4	5.73	5.19	26	0	1.70	1.55
9	7	5.25	4.73	27	0	1.60	1.47
10	6	4.83	4.34	28	2	1.52	1.40
11	7	4.46	4.00	29	3	1.43	1.33
12	5	4.13	3.70	30	2	1.36	1.26
13	2	3.84	3.43	31+	34	26.16	26.93
14	0	3.58	3.20	N	190	190.00	190.00
15	0	3.34	2.98	χ^2	-	39.488	34.156
16	3	3.12	2.79	n	-	29	29
17	3	2.92	2.61	P	-	0.094	0.237

$\bar{x}=13.984211$, $s^2=343.878056$,
$s^2/\bar{x}=24.590451$, $k_1=\bar{x}^2/(s^2-\bar{x})=0.592791$,
$\hat{k}=0.492404$ (Bliss and Fisher).

Tabel 2. Relation between concentration of BHC emulsifiable concentrate and number of emerged beetles

Concentration of BHC E.C. (% in γ-BHC)	Number of emerged beetles per units								Total number of emerged beetles
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	1	0	
$4\times(0.5)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	
$4\times(0.5)^2$	0	0	0	1	0	0	0	1	3
	0	1	0	0	0	0	0	0	
$4\times(0.5)^3$	0	0	0	0	0	0	1	9	11
	0	0	1	0	0	0	0	0	
$4\times(0.5)^4$	0	0	0	1	0	0	0	0	5
	1	1	0	2	0	0	0	0	
$4\times(0.5)^5$	1	2	6	7	4	0	0	3	25
	0	0	0	0	0	1	0	1	
$4\times(0.5)^6$	0	12	8	2	0	0	0	7	131
	16	4	51	0	1	18	5	7	
$4\times(0.5)^7$	3	12	3	0	0	0	7	1	82
	0	0	24	6	14	2	0	10	
$4\times(0.5)^8$	62	6	0	1	0	0	0	19	127
	29	2	0	0	0	0	8	0	
$4\times(0.5)^9$	25	0	0	0	1	40	0	0	155
	0	23	1	28	19	0	10	8	
$4\times(0.5)^{10}$	46	0	3	22	4	7	16	51	229
	4	14	2	0	10	23	0	27	
$4\times(0.5)^{11}$	58	36	24	16	25	0	44	68	374
	9	1	1	8	26	39	16	3	
Controls	18	0	50	13	29	22	46	4	261
	1	14	28	12	0	1	15	8	

補助変数 $x'=-Q/Z$ が入ってくるから，計算が複雑になり，労力を要することとなる．この煩雑さをなくする措置として，今回第2表，第3欄の数値，すなわち第4表第2欄の数値を 16m で割って，これを生存虫率（第4表第3欄）とし，常法のプロビット計算に移る方法をとった．ここで16は供試木の数で，mは平均値$\bar{x}$の値，すなわち 13.984211 である．この生存虫率を100からひいて，致死率pになおし（第4欄），この値をプロビットの表をもちいて実験値のプロビットy'（第5欄）におきかえ，濃度の対数x（第1欄，負数をなくして計算を便利にするために，実際の対数値に4.0000を加えてある）との関係をグラフの上に打点し，これを満足する様にひかれた予備回帰直線（第1図破線）から，期待プロビットY'（第6欄）をもとめ，さらに補正プロビットyを計算することは常法のそれと全くおなじである．

つぎに，重み係数wの計算であるが，Wadley[7] の方法では $w=Z^2/Q$ の形をとり，Probit Analysis には表VIIIとしてその値がしめされている．しかしもしここで標本が負の二項分布をしめしている場合は，wはつぎの形をとるべきであることが Anscombe[1] によって指摘された．

$$w=\frac{kZ^2}{Q(Qm+k)}$$

Table 3. Calculation of weights by Anscombe's formula with $m=13.9842$ and $\hat{k}=0.492404$

Y'	Q	Z^2	Z^2/Q	$k\times Z^2/Q=$(A)	Qm	$Qm+k=$(B)	(A)/(B)	$w'=$(A)/(B)$\times 16m$
7.9	0.00187	0.00004	0.021390	0.0105325	0.026150	0.518554	0.020311	4.5446
7.5	0.00621	0.00031	0.049919	0.0245803	0.086842	0.579246	0.042435	9.4948
7.1	0.01786	0.00193	0.108063	0.0532107	0.249758	0.742162	0.071697	16.0422
6.7	0.04456	0.00885	0.198609	0.0977959	0.623136	1.115540	0.087667	19.6155
6.3	0.09680	0.02937	0.303409	0.1493998	1.353671	1.846075	0.080928	18.1076
5.9	0.18406	0.07080	0.384657	0.1894066	2.573932	3.066336	0.061770	13.8210
5.6	0.27425	0.11104	0.404886	0.1993675	3.835167	4.327571	0.046069	10.3079
5.2	0.42074	0.15291	0.363431	0.1789549	5.883712	6.376116	0.028066	6.2798
4.8	0.57926	0.15291	0.263975	0.1299823	8.100488	8.592892	0.015127	3.3847
4.4	0.72575	0.11104	0.153000	0.0753378	10.149033	10.641437	0.007080	1.5842
4.0	0.84134	0.05855	0.069591	0.0342669	11.765467	12.257871	0.002796	0.6256
3.6	0.91924	0.02242	0.024390	0.0120097	12.854836	13.347240	0.000900	0.2014

Table 4, Calculation of concentration-mortality curve

Log concentration (+4.0000) x	Total number of emerged beetles N	Per cent survived beetles $(N/16m)\times 100$	Per cent mortality $p=(100-s)$	Empirical probit y'	Expected probit Y'	Corrected probit y	Weight w'	$w'x$	$w'y$
4.6021	1	0.4	99.6	7.65	7.9	7.541	4.5446	20.9147	34.2708
4.3010	0	0	100	-	7.5	7.854	9.4948	40.8371	74.5722
4.0000	3	1.3	98.7	7.23	7.1	7.210	16.0422	64.1688	115.6643
3.6990	11	4.9	95.1	6.65	6.7	6.653	19.6155	72.5577	130.5019
3.3979	5	2.3	97.7	7.00	6.3	6.731	18.1076	61.5278	121.8822
3.0969	25	11.2	88.8	6.22	5.9	6.171	13.8210	42.8023	85.2894
2.7959	131	58.5	41.5	4.78	5.6	4.667	10.3079	28.8199	48.1070
2.4949	82	36.6	63.4	5.34	5.2	5.340	6.2798	15.6675	33.5341
2.1938	127	56.8	43.2	4.83	4.8	4.829	3.3847	7.4254	16.3447
1.8928	155	69.3	30.7	4.50	4.4	4.498	1.5842	2.9986	7.1257
1.5918	229	102.3	−2.3		4.0	3.249	0.6256	0.9958	2.0326
1.2907	374	167.2	−67.2		3.6	−1.427	0.2014	0.2599	−0.2874
						Σ	104.0093	358.9755	669.0375

$\Sigma(w'x^2)=1282.1304$
$\Sigma(wx'y)=2372.4887$
$\Sigma(w'y^2)=4414.5863$
$\bar{x}=\Sigma(w'x)/\Sigma(w')=3.451379$
$\bar{y}=a=\Sigma(w'y)/\Sigma(w')=6.432478$
$[w'x^2]=\Sigma(w'x^2)-\bar{x}\Sigma(w'x)=43.1699$
$[w'xy]=\Sigma(w'xy)-\bar{y}\Sigma(w'x)=63.3867$
$[w'y^2]=\Sigma(w'y^2)-\bar{y}\Sigma(w'y)=111.0173$
$b=[w'xy]/[w'x^2]=1.4683$
$x^2=[w'y^2]-b[w'xy]=17.9466$
$n=n'-2=10$

m と k は第1表の下段にしめされている値 $\bar{x}$ と $\hat{k}$ をもちい，$Q=1-P$ と Z^2 は Probit Analysis の表Vにしめされているから，Y' に対応するその値をよみとり，上の式にあてはめて計算すればよい．第3表がその計算の順序をしめしたもので，第9欄の値が重み w' である．もっとも本実験の場合の様に，各濃度段階において，供試木の数が等しいときは，あえて $16m$ をかける必要がなく，重み係数 w をそのまま重み w' としてもちいればよい．薬液の濃度段階に応じて，供試木数がちがう場合は，それぞれに応じた数をかけて

それを重みとする．

この様にしてx, yおよびw'をきめることができたから，後は普通の方法で計算をすすめて行けばよい．その順序をしめしたのが第4表とその下段の数値である．これからもとめる濃度-致死率回帰直線の方程式は，$Y=6.4325+1.4683\ (x-3.4514)$となった．第1図の実線がもとむる回帰直線である．適合性の検定の結果も，$\chi^2_{cal}=17.947<\chi^2=18.307$ ($n=10$, $P=0.05$) で，もとめる回帰直線は実験値を満足している

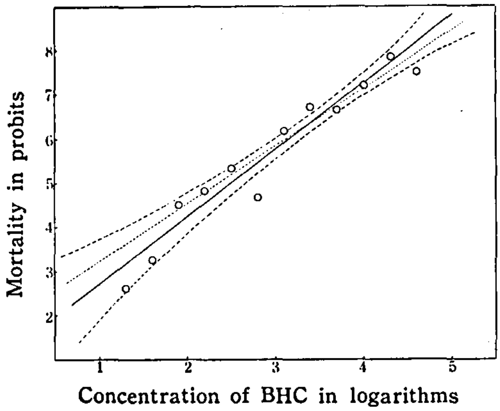

Fig. 1. A transformed concentration-mortality curve, showing the effect upon adults of *Cryphalus fulvus* Niijima to different concentrations of BHC emulsion. The dotted straight line was placed graphically by inspection, the solid one by computation, while the dotted curved lines show the limits within which the solid line has been determined by the data.

ということができる．必要のあるときは，さらにこのえられた回帰方程式を，予備回帰方程式として，期待プロビットを計算しなおして，2回目の計算に移ればよい．

観測値と理論値とが有意水準0.05において一致することが証明されたので，aおよびbの variance は，

$$V(a)=1/\sum(w')=0.009615,$$

$$V(b)=1/[w'x^2]=0.02316$$

として計算される．したがって $a=6.432\pm0.098$, $b=1.47\pm0.15$ とかきしめされる．回帰線の信頼限界は，XのえられるプロビットYの variance を

$$V(Y)=V(a)+(X-\bar{x})^2\,V(b)$$

$$=0.009615+(X-3.4514)^2\times0.02316$$

によりもとめ，$\pm1.96\sqrt{V(Y)}$を計算することによってえられる．計算の結果が，第1図の破線をもってつらねた相対する2曲線である．

つぎに LC_{50} の対数値は，つぎの式によってもとめえられる．

$$\log LC_{50}=\bar{x}+s(5-\bar{y})$$

ここで $s=[w'x^2]/[w'xy]=0.6811$ で，$\bar{x}$, $\bar{y}$ は第5表の下段にしめすとおりで，それぞれ3.4514, 6.4325である．ゆえに，

$$\log LC_{50}=2.4757.$$

ところで，最初計算を便宜にするために，濃度%の対数値に4をくわえて，負数をなくする措置をとっているから，ここで4をひいて濃度の真の対数値になおすと，その値は -1.5243 となる．実数単位になおした結果は0.0299%である．g criterion を，tの値に危険率$\alpha=0.05$における正規偏差1.96をもちいて，

$$g=t^2V(b)/b^2$$

の式によってもとめると，0.0413となる．この値は0.1より小であるから，$\log LC_{50}$ の variance は，近似的につぎの式によってもとめれば事たりる．

$$V(\log LC_{50})=s^2\left\{s\frac{(5-\bar{y})^2}{[w'xy]}+\frac{1}{\sum(w')}\right\}=0.014686$$

故に，その95%の信頼限界は，

$$m\pm1.96\sqrt{V(\log LC_{50})}=2.4757\pm0.2375$$

$$=2.2382,\ 2.7132.$$

これから4をひくと-1.7618および-1.2868となる．したがってこの逆対数値0.0173%〜0.0517%が，中央致死濃度の95%の信頼限界である．

以上の結果からマツの樹皮下に穿入したキイロコキクイムシに対する BHC 乳剤の，中央致死濃度は，0.0299%で，95%の信頼限界は0.0173と0.0517%であると結論することが可能である．

以上が林木の樹皮下に穿孔して加害する害虫の，防除剤の有効度を評価するための一試案である．さきに筆者ら[6]は，カミキリムシの様な大型の穿孔害虫に対する，殺虫剤の有効度の評価は，樹皮剝離の結果を個体別に記録する方法によって，解析決定しうることをのべたが，今回本文でしるした本法では，樹皮を剝離して生死を記録する過程を省いて，脱出個体だけをかぞえる方法をとっているから，労力はかなり削減されたものといえよう．なおまたこの種の実験記録は，最尤法によって普通解析されるが，その最初の段階において，x'を省いて，普通のプロビット法を適用しうる措置をとることによって，計算も一段と簡単化することができた．こうした事によって応用範囲は，一層拡大されたと考える．本文においては BHC 乳剤の試験例をもちいて計算法をしるすことを主眼としたが，種々の薬剤をもちいた実験結果の解析例については，別にまたのべられるであろう．

摘　要

1. 樹皮下に穿入して食害する昆虫に対する，殺虫剤の有効度を見積るためのひとつの方法として，薬剤

を処理してから一定期間後に脱出する，成虫だけをかぞえ，これをプロビット法によって解析することをこころみた．

2. 供試昆虫には，クロマツの樹枝部に穿入食害していたキイロコキクイムシをもちい，薬剤には BHC 10%乳剤を供試した．薬剤は，これを2.5倍から51,200倍までの対数間隔に水で12段階に稀釈して，浸漬法により処理した．

3. 被害供試木は 10cm の長さに切断し，これを1調査単位とした．その半数をもちいてそれから羽化脱出するキイロコキクイムシの成虫の分布様式をしらべた結果，これは $\bar{x}=13.984211$, $\hat{k}=0.492404$ を有する負の二項分布に適合した．

4. 各濃度段階においてえられた羽化脱出数の合計を，負の二項分布の平均値と供試本数とで割った値を生存虫率とし，これから致死率をもとめてプロビットに変換し，これに対応する濃度の対数との関係を，常法のプロビット法によって算定した．

5. なお，ここでもちいる重み係数は，供試標本が負の二項分布にしたがう場合の Anscombe[1] の式 $w=kZ^2/Q(Qm+k)$ によって計算した．

6. BHC 乳剤の樹皮下に棲息するキイロコキクイムシに対する，中央致死濃度は0.0299%で，その95%信頼限界は0.0173〜0.0517%であった．

7. 樹皮を剝離してその中の昆虫の生死を記録するわずらわしさをさけ，プロビットをもちいる最尤推定法の補助変数 x' を省く措置によって，常法のプロビット法の適用を可能ならしめ，この種殺虫剤有効度の評価を一段と簡便化することができた．

引 用 文 献

1) Anscombe, F. J. *Ann. Appl. Biol.* 36, 203-5 (1949).
2) 浅野昌司・長沢純夫・伏見静枝 防虫科学 33, 54-61 (1968).
3) Bliss, C. I. and R. A. Fisher *Biometrics* 9, 176-200 (1953).
4) Finney, D. J. *Biometrics* 36, 239-56 (1949).
5) 長沢純夫・篠原 寛・柴三千代 防虫科学 31, 108-113 (1966).
6) 長沢純夫・浅野昌司・伏見静枝 森林防疫ニュース 15, 101-5 (1966).
7) Wadley, F. M. *Ann. Appl. Biol.* 36, 196-202 (1949).

Summary

In order to evaluate the effectiveness of γ-BHC to the bark beetles, *Cryphalus fulvus* Niijima, various concentrations of γ-BHC emulsion were applied to pine branches infested with the beetles. BHC emulsifiable concentrate was diluted with water in logarithmic scale from ×2.5 to×51,200, or at 12 levels of concentration. Test pine branches were cut in 10 cm lengths and both ends were sealed with paraffin to prevent rapid desiccation. Half of the branch samples, 190 units, was used to determine the form of spatial distribution of emerged beetles per unit. The branches were individually enclosed in double polyethylene envelopes and after 7 days the number of emerged beetles per unit was counted. The beetle counts per unit could be well fitted to the negative binominal distribution with the mean $\bar{x}=13.984211$ and the index of dispersion $k=0.492404$. The remaining half of the branches, 208 units, was divided and assigned to each concentration of testing solution. Sixteen branch units were used for each of 12 concentrations. A group of 16 branch units was used as the controls using water. After dipping in the test solution for 30 seconds, the branches were dried for 7 days in the open air, then individually enclosed in double polyethylene envelopes. The number of beetles that emerged was counted 7 days after being enclosed in the envelope. The per cent of living beetles was calculated by dividing the concentration total, the total number of beetles that emerged from the 16 branch units of each concentration, by 16 m. Here, 16 is the number of branch units used for each concentration in this experiment, and m is the average number of emerged beetles per unit obtained in the controls. The weighting coefficient was calculated by Anscombe's formula, $w=kZ^2/Q(Qm+k)$, which is specifically used in a case where the sample follows the negative binominal distribution. The result of calculations showed that the median lethal concentration of BHC 10% emulsifiable concentrate for *Cryphalus fulvus* Niijima living beneath the bark of a pine branch could be estimated as 0.0299% in active ingredient, with fiducial limits of 0.0173 and 0.0517% for 95 per cent probability. It could be said that the new process used to determine the effectiveness of bark beetle controlling agents has proved to be more efficient and accurate than the routine method of peeling the bark after chemical treatment and then counting the dead and living beetles.