

野鼠の駆除に関する研究 V

二三殺鼠剤の野外試験

宇田川 龍 男⁽¹⁾
水野 武 雄⁽²⁾
関 勝⁽³⁾

1956年の春から夏にかけて、長野・岐阜・愛知3県下にわたり笹が開花結実し、それにともなつてハタネズミ *Microtus montebelli* が大発生した。この駆除にあつて、各種の殺鼠剤がとりあげられたが、その正確な効果については不明な点が多かつたので、これらのうちから林野ですでに使われているモノフロール醋酸ナトリウム（市販名フラトール）、ならびに実用期に入つた磷化亜鉛、また近い将来に用いられると思われるエンドリンについて、おのおのの野外での効力を確かめる目的で、この試験を行つた。

従来、この種の野外試験は、野鼠が自由に行動のできる開放地で行つたため、毒殺前に記号放逐法によつて記号した個体が、毒殺によつて再捕獲されないのか、それとも試験区の外に出たためなのか明らかでないで、毒殺の効力を判定する場合の盲点となつていた。今回の試験では、この欠を補うため、あらかじめ1haにわたる試験区の周囲をトタン板で囲い、彼らの出入を遮断し、自然の生活状態には近い条件で、毒殺の効力をより正確に判定することができるように設計した。

この試験は、昭和31年度の農林水産技術試験費による研究の一部で、実施にあつては長野営林局の絶大なる御協力によるものである。特に試験地の設定、ならびに試験の実施にあたり、飯田営林署の全面的な御援助を得た。ここに深甚なる謝意を表するものである。この試験の計画・設計に直接参画され、終始適切なる指導と激励を賜わり、かつ本文の御批判をいただいた今関六也保護部長に対し、また木曾分場長渡辺録郎、同保護研究室長伊藤武夫の諸氏に対しても深い感謝の意を表する。棲息数の算定については、立教大学教授佐藤良一郎博士、ならびに長里繁仁氏の御協力によつた。ここに厚く御礼を申し上げる。

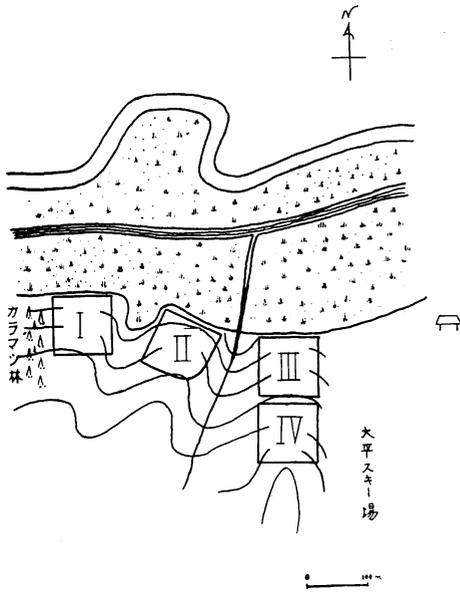
試験地の概要

試験地は長野営林局の飯田営林署が所管する兀岳（はげたけ）国有林の飯田経営区第197林班い小班に設けた。現地は飯田市から木曾谷の三殿野に通ずる県道に沿つた標高1,250mの地点で、大平スキー場に隣接している。

この造林地は1952年の秋に火入れ地拵えを行い、翌53年の春にカラマツを植栽した。そのカラマツはすでに50~60cmに成長している。この若い造林地は約30haに及び、その外周には40年生のカラマツ林があり、林内の地表は厚い笹 *Sasa phymatonodesa* Koiz.*¹ におおわれ、野鼠のよい棲み家となつている。試験地は造林地の北西部を占め、1haずつ4試験区を設けた（第1図）。そのおのおのにつ

*¹ 室井緯氏の鑑定による。同氏に厚く感謝する。

(1) 保護部鳥獣研究室長 (2) 木曾分場保護研究室員 (3) 保護部鳥獣研究室員



第 1 図 試験地の見取図



第 2 図 試験地の全景



第 3 図 第 2 試験区

いては次に述べる。

第 1 試験区

造林地の北西端にあつて、ほぼ 100 m の正方形をなし、北西に向つて約 30 度の傾斜をなし、その西側は 40 年生のカラマツ林に接している。この試験区の北側、すなわち傾斜面の下方は小黒川に接し、県道をへだてて公有林の大カラマツ造林地と相對している。東と南は同年生のカラマツ造林地である。

試験区内は、植栽の当初に寄せ焼きを行つており、なお枯れた笹や枝条が残つているが、試験区のうちでは清掃が最もよい。

第 2 試験区

第 1 試験区の東南にあつて、峯を境にして東南に面した 35 度ぐらいの傾斜地で、やや不正形である。その下方は小川をへだてて第 3、4 試験区に相對している。林内には雑草やキイチゴが密生し、第 1 試験区に

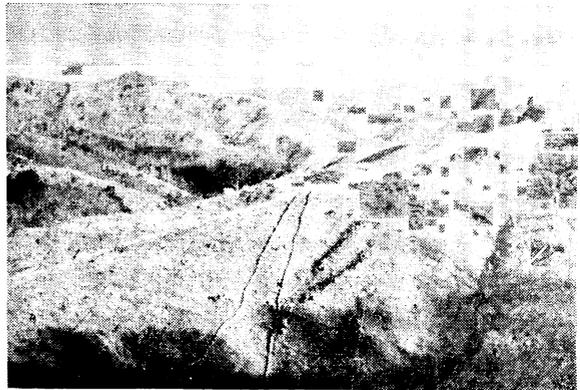
比して清掃はあまりよくない。地表には巢穴、通路などが認められ、昼間でも活動する個体が多く観察された。

第 3 試験区

第 2 試験区の東側にある 25 度ぐらいの傾斜地で、西向きである。試験区は峯筋に沿つて約 140 m、谷に向つて約 70 m の矩形である。ここは試験区のうちで最も清掃がよい。ただ下部にあたる西側にスゲ *Carex* sp. が密生している。そこには巢穴がやや多く見られた。

第4試験区

第3試験区の南側にあつて、峯筋からほぼ100mの正方形で、西向きに設けた。傾斜は第3試験区よりやや急で、約30度の勾配をなしている。ここの清掃もあまりよくなく、枯枝や枯れた笹などが散在したり、キイチゴが密生していた。またその西側にはスズが密生し、巣穴が多く見られた。ここでも昼間に活動する個体が認められた。



第4図 第3, 4試験区

試験区を含む造林地一帯は、試験を行う約2カ月前の9月中旬にフラトールによる駆除を行つている。しかし、10月中旬に実施した予備試験では、すでに1haあたり100匹ぐらいが棲息していると算定された。

試験の方法

1. 試験区の設定

1haの各試験区は、まずその周囲を高さ50cmのトタン板で囲い、その10cmぐらいを地中に埋め、野鼠が出入しないようにした。支柱は長さ60cm、太さ3cmの杭を用い、風の強い峯筋は1mおきに、その他は2mおきとし、これにトタン板を釘でとめた。1試験区に要したトタン板は長さ2m、幅50cmのもの220枚、すなわち普通のトタン板にすると110枚であつた。この構築に要した人夫は、1試験区について10人弱であつた。

試験区をトタン板で囲つたことについては、前にも述べたが、野鼠は一晚に直線距離で20~30mの活動を示すのが普通であり、このため殺鼠剤をまく前に記号放逐を行つた個体が、毒殺されたために再捕獲されないのか、それとも試験区の外に移動したためなのか、その間の判定ができないので、確実な毒殺数をつかむことがむずかしかつた。この欠を補うために、1haの広い範囲の面積を囲い、彼らの生活をそのままの状態に保つたまま試験を行えば、ほぼ正確な数値を知ることができると考えられたので実施したものである。

2. 毒殺前の棲息数の算定

トタン板の囲いが完成すると同時に、生捕り用の捕鼠器を配置した。すなわち、第1, 第2試験区では15mの間隔で7×7、計49個を、第3試験区では地形に応じて、同じ間隔で5×10、計50個を、そして第4試験区では6×8、計48個を配置し、サツマイモを餌とした。捕獲されたものは、趾の爪を切つて記号とし記録した。

この作業は、第1, 3試験区では11月14~21日に、第2, 4試験区では11月15~21日に行つた。

3. 毒餌の散布

11月22日に、第1試験区にフラトールを、第2試験区に燐化亜鉛の小麦粒製剤を、第3試験区にエンドリンを、そして第4試験区に燐化亜鉛のダンゴ製剤のものをまいた。その性状は別項のとおりである。

4. 散布後の棲息数の算定

毒餌を散布してから3日間は、そのままとし、11月25日からバチンコ式トラップを捕鼠器の位置に、1箇所3個ずつ仕かけた。餌はサツマイモを用いた。この作業は第1, 2, 3試験区では29日までの5日間、第4試験区では30日までの6日間に行つた。

殺鼠剤の性状

1. フラトール

モノフロール醋酸ナトリウムの100mg, すなわちフラトールとして市販する100g入りのものをトウモロコシ粒の1kgに吸収させたものを用いた。この場合にトウモロコシの1粒は、おおむね0.025mgのモノフロール醋酸ナトリウムを含んでいる。これを試験区内の200箇所に20粒ずつ置いた。その所要量はおおむね1kgであつた。この量は駆除の実施にあつて、1haあたりに使われる基準になつている。

2. 燐化亜鉛の小麥粒製剤

強力ラテミンの名で市販されているものを用いた。このものは小麦粒に糖蜜などとともに燐化亜鉛を塗布したもので、灰黒色を呈している。その説明によると、ネズミの体重100gにつき、0.165g(約5粒)で致死させるという。これから計算すれば、1粒には約0.033gを含んでいることになる。したがつてハタネズミの場合は、1~2粒で目的を達することができる。室内試験でも、この量で十分に致死させることができた。今回はこの製剤の使用書にしたがつて、ほぼ15mの間隔で64箇所に10粒ずつを地上に置いた。

3. エンドリン

この薬剤は殺虫剤としてアメリカで合製されたもので、残効性が強いので知られている。近年になつて、これがネズミに著しい効果のあることをドイツのSCHINDLER(1956)が報告している。

今回は同博士の実験と同じ方法で行い、日本のハタネズミに対する効果を比較してみた。すなわち、19.5%のエンドリン乳剤3,000gを水400lにうすめ、これを背負式の噴霧器で地上、特に巣穴の入口、倒木の下および彼らの通路などに多く噴霧した。これによつて1haの試験区にエンドリンの有効成分として588gを使用したことになる。この散布に要した人夫は1.5人弱であつた。

4. 燐化亜鉛のダンゴ製剤



第5図 エンドリンの噴霧

同じく強力ラテミンの名で、林野用として販売されているものである。この製剤はトウモロコシ粉、小麦粉などを基材として、その表面に糖蜜などとともに燐化亜鉛を塗り、それが被膜となつている。この1粒に含まれている燐化亜鉛の量は、明記されていないけれども、室内試験の結果からみると、おおむね前記の小麦粒のものと同量と考えられる。これを説明書にあるとおり15mの間隔で、64箇所に10粒ずつ置いた。

試験の成果

1. フラトール

第1試験区で11月14日から同月

21日まで記号放逐を行つた。その結果は第1表に示すとおりハタネズミが主で、これにアカネズミ3匹、スミスネズミ2匹が捕獲された。

毒餌を散布した後に捕殺されたものは、第2表のとおりである。

2. 燐化亜鉛の小麥粒製剤

第2試験区で11月15～21日まで、記号放逐を行つた。ここで捕えたものは、すべてハタネズミであつた。その成績は第3表のとおりである。

毒餌散布後の捕殺成績は、第4表に示すとおりである。

3. エンドリン

第3試験区で11月14～21日まで、記号放逐を行つた。その成績は第5表に示すとおりである。

毒剤散布後に捕殺した個体数は、第6表に示すとおりである。

4. 燐化亜鉛のダンゴ製剤

第4試験区で11月15～21日に記号放逐を行つた。その成績は第7表のとおりである。

毒餌の散布後に捕殺した個体数は、第8表に示すとおりである。

考 察

さきに田中・宇田川(1954)は、富士山麓の被害地でフラトールの効力試験を行つた。このときに毒餌を散布する前後におけるハタネズミの棲息数の変動を算定するために、田中によつて新たに設けられた推定式を用いた。

第1表 記号放逐の成績

Table 1.

Results of mark-and-release method in No. 1 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total	備 考 Notes
11月14日	13	0	13	この外に アカネズミ 2
15日	16	1	17	アカネズミ 1
16日	9	6	15	スミスネズミ 1
17日	12	5	17	スミスネズミ 1
18日	12	12	24	
19日	14	17	31	
20日	9	15	24	
21日	7	11	18	
計	92	67	159	

第2表 毒餌散布後の捕殺成績

Table 2.

Recapture numbers after poisoning in No. 1 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total
11月25日	0	5	5
26日	5	4	9
27日	1	1	2
28日	1	1	2
29日	1	0	1
計	8	11	19

第3表 記号放逐の成績

Table 3.

Results of mark-and-release method in No. 2 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total
11月15日	10	0	10
16日	10	1	11
17日	12	9	21
18日	13	12	25
19日	13	18	31
20日	13	18	31
21日	13	21	34
計	84	79	163

第4表 毒餌散布後の捕殺成績

Table 4.

Recapture numbers after poisoning in No. 2 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total
11月25日	1	4	5
26日	2	1	3
27日	1	1	2
28日	0	0	0
29日	4	0	4
計	8	6	14

第5表 記号放逐の成績

Table 5.

Results of mark-and-release method in No. 3 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total
11月14日	4	0	4
15日	10	2	12
16日	4	3	7
17日	12	3	15
18日	8	7	15
19日	9	12	21
20日	6	12	18
21日	6	18	24
計	59	57	116

第 6 表 毒剤散布後の捕殺成績

Table 6.

Recapture numbers after poisoning in No. 3 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total
11月25日	0	0	0
26日	0	0	0
27日	0	0	0
28日	1	0	1
29日	0	1	1
計	1	1	2

第 7 表 記号放逐の成績

Table 7.

Recapture numbers after poisoning in No. 4 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total
11月15日	9	0	9
16日	8	1	9
17日	8	6	14
18日	8	6	14
19日	7	9	16
20日	7	5	12
21日	4	10	14
計	51	37	88

第 8 表 毒餌散布後の捕殺成績

Table 8.

Recapture numbers after poisoning in No. 4 Plot

月日 Date	未記号個体 Un-marked indls.	記号個体 Marked indls.	計 Total
11月25日	6	7	13
26日	9	5	14
27日	3	2	5
28日	5	0	5
29日	0	1	1
30日	1	0	1
計	24	15	39

すなわち、毒殺前の個体数 N_1 の推定

は、杉山 (1953) によれば N : 個体数,

X : 記号放逐個体の前日までの合計,

Y : 毎日の未記号個体の捕獲数, P :

未記号個体の捕獲率とすれば $Y = (N$

$- X)P$ なる関係式が成りたつ。いま,

X, Y を平面上に目盛つて, X 値に重

みをおいて目測で直線を引くと, 上記

の関係式から P の値が目測によつて

得られる。また, この直線の Y 切片

は $N \cdot P$ であるから $N = \frac{Y}{P}$ が得

られる。

次に毒殺後の個体数 N_2 の推定は,

N_1 : 毒殺前の個体数, M : 毒殺前まで

の記号放逐個体の合計, r : 記号個体

の毒殺による減少率, r' : 未記号個体

の毒殺による減少率とするときに,

$$N_2 = (N_1 - M) \cdot r' + Mr$$

の関係式が成りたつ。 r, r' は次の式

により求められる。

$$r = \frac{\sum X - \{(n-1)Y_1 + (n-2)Y_2 + \dots + Y_{n-1}\} \pi}{nM\pi}$$

$$r' = \frac{\sum Y + \{(n-1)Y_1 + (n-2)Y_2 + \dots + Y_{n-1}\} P}{n(N_1 - M)P}$$

ただし, P : 未記号個体の捕獲率, π : 記号個体の捕獲数で, $\pi = \frac{\sum \alpha}{\sum \alpha + \sum \gamma}$ なる式が成りたつ。 α :

記号個体の捕獲数, $\gamma = \theta - \alpha$, θ : 記号放逐個体の前日までの合計, X_i : 毒殺後の毎日の記号個体, Y_i :

毒殺後の毎日の未記号個体, n : 日数。

いま, 前記の各試験区で得た数値をこの式によつて計算してみると, 第 9 表に示すとおりである。

第 9 表 毒剤の散布前後における棲息数の変動

Table 9. Population change before and after poisoning in No. 4 Plots

殺鼠剤 Rat-poisons	散布前 Numbers before poisoning	散布後 Numbers after poisoning	減少数 Reduction numbers	百分率 % %	備考 Notes
フラトール Sodium fluoroacetate	133	24	109	87	百分率は 減少数 ÷ 散布前 の個体 数 × 100
磷化亜鉛 (小麦) Zinc phosphide (wheat grain)	232	26	206	89	
エンドリン Enderin	110	3	107	97	
磷化亜鉛 (ダンゴ) Zinc phosphide (dumpling)	82	38	44	54	

この表によつて明らかとなお、最も効果の顯著なのはエンドリンである。ついで燐化亜鉛の小麥製剤、フラトール、そして燐化亜鉛の小麥粒製剤の順になっている。次におのおのの殺鼠剤についての所見を述べる。

1. エンドリン

きわめて即効的で、散布をはじめてから1時間15分後に早くも地上で痙攣をおこして歩行不能になっているものが発見され、2時間目までに3匹の死体を認めた。そして翌朝には9匹、翌々日には2匹、計15匹の死体が地上にあつた。今回の成績はドイツ産のハメネズミ *Microtus agrestis* について行つた SCHINDLER (1956) の実験とほぼ同じ結果となり、その優秀性が立証された。

この薬剤は残効性の強いものであるけれども、乳剤であるため雨量の多い日本では、晴天のつづくときにまかなければ効果があがらないと思われる。これに粉剤もあるが、SCHINDLER (1956) によると、乳剤ほどの効力がないという。この薬剤をまくために1haあたり1.5人弱を要することは、経費を増大させる。また薬価も、目下のところでは他の殺鼠剤の約10倍にもなるから、林野でこれを用いることは経済的ではない。農耕地、果樹園ならびに桑園などの、狭い特殊な地域ならば利用することも考えられよう。ただ魚族に対しては、鋭敏に働くから十分に注意しなければならない。

2. フラトール

田中・宇田川 (1954) は富士山麓での実験により、ネズミと毒餌との出会いを多くするため、なるべく少ない毒粒数を、数多い場所におく必要のあることを認めたので、今回も200箇所につき20粒ずつ置いたが、なおこれでも不十分なことがわかる。このため積雪の直前地上の容器に入れて配置することが許されている地域では、林内に数多く置くのがよい。

3. 燐化亜鉛の小麥粒製剤

この毒餌は室内実験においても喫食率がよく、今回の野外試験でも、おおむね予想したとおりの効果をあげた。試験区内に置いたものは、ほとんど食い残されていなかったから、ネズミはこの毒餌に強い警戒心を示さないものと考えられる。おそらく、さらに数多く配置すれば、十分な効果をあげ得たであろう。

4. 燐化亜鉛のダンゴ製剤

同じ燐化亜鉛の製剤であるが、減少率は54%の低率を示し、小麥粒製剤のものよりも著しく劣っている。しかし、エゾヤチネズミに対しては、同一品質のものできわめてよい成績をあげている(上田・樋口・五十嵐 1956)。この差異がなにによるものであるかは、今後の研究にまたなければならない。

ダンゴ製剤のものは、野生鳥獣類によつて誤つて食われることを防ぐ目的から、殺鼠効果そのものをやや減殺しても、彼らを保護する目的で特に造られたものである。しかし、1952~1953年に木曾の御岳を中心として発生した大被害の折に、フラトールのダンゴ製剤を使用した地域でカラス、キジバト、キツネ、タヌキなどの死体がかかり発見された。これに反して、フラトールをトウモロコシの粒に浸漬したものをういた地域では、それらしい死体が見あたらなかつたという。この結果については、各種の条件が考えられるが、穀粒とダンゴ形状の毒餌が野生鳥獣類に及ぼす影響については、さらに大がかりな実験が必要であろう。

今回の実験において、ダンゴ製剤の成績がよくなかつたことは、室内実験で喫食率のよくなかつた事実からも予想し得たところである。これについては、いろいろな原因をあげることができるけれども、すくなくとも毒餌の基材そのものに起因することがあげられよう。さきに宇田川 (1954) はダンゴ形状のもの

が、自然の形状である穀粒よりか警戒反応 new object reaction の強いことを報告した。今回の場合も、おそらくこれに該当するのであろう。

ダンゴ製剤の場合に、特に目だつことは、毒餌の崩れるのを防ぐために硬化油を用いるので、今回のような寒冷時には毒餌そのものが著しく硬くなり、毒餌として好ましくない状態になつていた。このためか試験区内に食い残されているものが多くあつた。また硬化油の臭いや、味のために忌避することもあるらしい。これを夏季に使用した場合には、高温多湿な木曾谷では毒餌が一夜にして崩れ、その基材はアリに運ばれ、燐化亜鉛を含んだ被膜だけが残されていて、毒餌としての効果を期待することは望めない。したがつて、この種の毒餌はさらに改良を加える必要が認められる。

結 論

上記の殺鼠剤のうち、林野でどれを用いるのがよいかは、単に効果の面だけでなく、経済的な考慮も加えなければならない。これからみると、エンドリンは目下のところあまりに高価で、林野での使用は特殊な場合のみ限られよう。フラトールと燐化亜鉛の小麦粒製剤とは、ほぼ近い成績であるが、今回だけの実験では、その優劣を決定することはできないから、さらに試験を行う必要がある。また燐化亜鉛のダンゴ製剤は、さらに改良を加える必要が認められる。したがつて、もしフラトールが野生鳥獣の保護の立場から好ましくなく、燐化亜鉛に切りかえるとするなれば、ダンゴ製剤ではなく、小麦粒製剤を用いるのが妥当である。幸に、この殺鼠剤は 2 次被害の少ない特徴をもっているのは好都合である。

摘 要

1956 年に長野・岐阜・愛知 3 県下にわたり笹が結実し、ハタネズミが大発生した。これが防除対策として各種の殺鼠剤があげられたが、その正確な効果については、不明な点が多かつたので、1 ha の試験区を 4 箇所とり、そのおのおのをトタン板で囲い、記号放逐を行つて棲息数を確かめ、ついでフラトール（モノフロール醋酸ナトリウム）、燐化亜鉛の小麦粒製剤、同じくダンゴ製剤およびエンドリンを各試験区に散布し、3 日後からバチンコ式トラップを用いて捕殺し、おのおのの効果を調べた。

その結果はエンドリン区が 97%、フラトール区が 87%、燐化亜鉛の小麦粒製剤区が 89%、同ダンゴ製剤区が 54% の減少率を示した。このうちエンドリンが最も有効であるが、経済的な考慮を加えると実用的ではない。これについては燐化亜鉛の小麦粒製剤か、フラトールである。この両者の優劣を決定するには、さらに実験を必要とする。もし燐化亜鉛製剤を用いるとすれば、ダンゴ形状のものではなく、小麦粒製剤を使うのが妥当である。

文 献

- 1) SCHINDLER, U.: Rodent control with toxaphene and enderin in forests in western Germany, . FAO Plant Protection Bulletin 4, 5, (1956), p. 67~68
- 2) 田中英雄・杉山博その他：鼠族の population について（続報），第 5 回日本衛生動物学会総会講演，（1953）
- 3) 田中 亮・宇田川竜男：毒餌撒布によるハタネズミ自然群減少率の研究，林試研究報告，67，（1954）p. 81~92
- 4) 上田明一・樋口輔三郎・五十嵐文吉：林地における燐化亜鉛製剤のノネズミ駆除効果試験について，森林防疫=ニュース，5，（1956）p. 136~137
- 5) 宇田川竜男：殺鼠剤の薬量と形状，林試研究報告，60，（1953）p. 81~88

A Field Experiment on Some Rat-Poisons

Tatsuo UDAGAWA, Takeo MIZUNO and Masaru SEKI

(Résumé)

Sasa phymatonodosa has produced seed for 120 years in the Prefectures of Nagano, Gifu and Aichi in the middle part of Japan proper. It is an extensive area comprising 70,000 ha with regard thereto, the *Microtus montebelli* population has rapidly risen and has begun to cause damage to the plantation of this area. So in order to prevent further damage, the following experiment was planned to estimate the efficacy of several kinds of rat-poisons which could be used in this area.

The writers enclosed an area of 1 ha with sheet-zinc 2 m long and 50 cm high, burying 10 cm of its lower part into the ground, near the Kiso pass in the Kiso mountain-range at 1,300 m altitude. In this way four experimental plots were laid out and later scattered with wheat-grains and dumplings, both covered with zinc phosphide, poisoned corn soaked in sodium fluoroacetate, and subsequently sprayed with endrin emulsion.

The mark-and-release method was carried out for 7 days in each plot, and the population of the voles was estimated as shown in Tables 1, 3, 5, 7. The next day the poisonous baits and fluid were scattered or sprinkled respectively in each of these plots.

The poisonous baits tested were as follows: For the plot No. 1: 1 kg of bait made of corn which was soaked with 1,000 mg of sodium fluoroacetate, each grain containing 0.025 g. Twenty baits each were placed at 200 spots in the plot. For plots No. 2 and 4, 640 wheat grains or dumplings which were smeared each with 0.033 g of zinc phosphide were set at 64 places, each 10 baits per one spot in the plots respectively. And in the plot No. 3, 3 kg of 19.5% endrin emulsion diluted with 400 l water was sprayed throughout the plot.

Three days after poisoning, 150 snap-traps were set up for 5 days (Tables 2, 4, 6, 8). The estimated results are shown in Table 9: the percentage of the reduction of voles was estimated as 97% in the endrin plot, 89% in the zinc phosphide (wheat grain), 87% in the sodium fluoroacetate plot and 54% in the zinc phosphide dumpling plot.

The density of voles before poisoning (N_1) was estimated by SUGIYAMA'S method;

$$Y = (N - X)P$$

N: estimated individuals.

X: numbers of marked individuals until the day before counting.

Y: numbers of un-marked individuals.

P: capture ratio of un-marked individuals.

The density of voles after poisoning (N_2) was estimated by the formulae

$$N_2 = (N_1 - M)r' + Mr$$

$$r = \frac{\sum X \{ (n-1)Y_1 + (n-2)Y_2 + \dots + Y_{n-1} \} \pi}{nM\pi}$$

$$r' = \frac{\sum Y + \{ (n-1)Y_1 + (n-2)Y_2 + \dots + Y_{n-1} \} P}{n(N_1 - M)P}$$

- r: reduction ratio of marked individuals by poisoning.
- r': reduction ratio of un-marked individuals by poisoning.
- X_i : numbers of marked individuals in first day and second day and so on after poisoning.
- Y_i : numbers of un-marked individuals in first day, second day and so on after poisoning.
- M: marked individuals before poisoning.
- π : recapture ratio of marked individuals.
- P: capture ratio of un-marked individuals.
- n: days for mark-and-release method.