

(6) 長沢純夫: 防虫科学 15, 79-85 (1951).

(7) 長沢純夫: 防虫科学 19, 100-3 (1954).

Résumé

In this paper, the writer discussed on the relation between the lethal effects of pulverized dusts of Kawamata felsper, Mitsuishi clay and Murakami clay to adults of the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* L., and the

relative humidities of the environment. It showed that the lower the relative humidity the higher is the lethal effect of dust to the azuki bean weevil. But the tendency of this lethal action was not equal in all dusts. This difference is considered to be due to the rate of loss of body water through the epicuticle greatly influenced by the abrasive rate of dust; the shape of wound or the desiccating action of dust.

Application of Aerosol for Insecticides. I. Determination of Aerosol Concentration for Pest-Control. Waichiro FURUBAYASHI, Akira MOTONO (Nasu-Bussan-Kaihatu Co. Ltd.) Received Oct. 4, 1954, *Botyu-Kagaku* 19, 130-1954 (with English résumé 134)

23 殺虫剤としての煙霧質の利用 I. 防疫煙霧剤の使用量決定について 古林和一郎, 本野晃 (那須物産開発株式会社) 29, 10, 4 受理

リンデンを煙霧質として使用する際の使用量については、害虫の種類、室容積以外に煙霧質の渦動拡散速度も考慮に入れるべきであつて害虫の生存環境に応じて実用殺虫濃度に有効濃度倍数を乗じて使用する事が必要である。

最近農業、防疫剤の新しい使用形式として aerosol (煙霧質) で使用する事が広く行われる様になった。aerosol というのは気体の中に固体又は液体の微細な粒子が浮遊してある物質系である。一般に一つの相が微粒子で他の一つの相の中に浮遊して居る様な状態は colloid (膠質) と呼ばれるので気膠質と呼ぶ事もある。

次に煙霧質の特性を挙げると、1. 煙霧質では分散系である気体と分散相である微粒子との間の密度の差が著しく⁽¹⁾安定度が悪く気体が静止して居る場合には粒子が重力によって漸次沈降して行く傾向が強い。

2. 煙霧質では気体の分子と分子との距離が液体のそれに比べて大きいので微粒子の Brown 運動が活潑である。そして微粒子相互の衝突、微粒子と壁面との衝突が起る機会が多くこのために粒子が互に附着して大きくなり又は壁面に附着する。従つて粒子の数が速かに減少して数時間もすれば無くなるのが普通である。

3. 霧煙質の微粒子の直径は普通 $1 \sim 0.1 \mu$ 程度であるが 10μ 程度のものもある。4. 微粒子の密度は同一物質の固体又は液体の密度の約 $1/10$ 程度である。これは煙微粒子が最初に出来た粒子の結合で多孔質の絮状のものであること⁽²⁾を示して居る。5. 微粒子は相対した二つの壁があつて一方の壁が低温度にある時その間を通すと冷い方の壁に附着する。又煙の中に熱い物体を入れると周囲に無煙の空間が出来ると。6. 微粒子の大気中の拡散は主として大気中の渦動によつて

支配される。分子運動による拡散は之に比べると極めて少ない。7. 微細な屈折路を通過せしめると煙霧粒子は気体分子より通過し易い傾向⁽³⁾がある。

次に最近市販の煙霧生成剤に於てはその使用量は単に害虫の種類と室容積とによつて定めて居るが、之に對し大阪府衛生部の藤戸氏⁽⁴⁾はナンキンムシ、イエダニ等の駆除の場合にこの方法で使用量を決定すると有効な薬剤を無効と誤認する危険のある事を述べて居る。これに對し筆者等は(1)露出して居る対象害虫を死滅せしめるに足る煙霧濃度 (g/m^3) を決め次に(2)対象害虫が存在して居る処に到着する煙霧の濃度と室内全般の濃度との関係を調べて、その環境で虫体に確実に前項の殺虫濃度の煙霧を接触せしめるために構成しなければならない煙霧濃度 (g/m^3) を決定する。更にこれに(3)煙霧の拡散を予期する容積を乗じて使用量を決定する。(4)必要があれば更に煙霧の流失その他を考慮して薬量の増減を行うという方法を探つて居る。

筆者等は(1)の濃度を実用殺虫濃度と呼び(2)の實際に構成を要する濃度が実用殺虫濃度に対する倍数を有効濃度倍数と呼んで居る。対象害虫が大気中に露出して居る場合には有効濃度倍数は1である。

本報告は筆者等がリンデン煙霧質⁽⁵⁾について上記の方法⁽⁶⁾を用いて得た結果の概要と将来向う方向を述べ

(5) γ -BHC の煙霧化にはリンデン煙霧剤「ネオ・キルモス」及び「キルモス」筒を用いた。

(6) この方法は古林が瓦斯防護のための気象の研究に當つて一時瓦斯 (気体又は煙霧質の毒瓦斯) の効力の判定に用いたものである。

(1) 標準状態で空氣の密度は $0.0012 g/cm^3$ であるが γ -BHC の結晶は約 $2 g/cm^3$ である。

るものである。

実用殺虫濃度

これは煙霧内に露出して居る対象害虫に殺虫効力を及ぼす煙霧質濃度の濃度であり、その決定には実用上害虫の個体差を考えなくてもよい程度に大きく見積つておく必要がある。又これは実験的に決定するものであつて推計学的処理を必要とする。現在までに得た実用上支障の無い数値は第1表の通りである。

Table I. Practical insecticidal concentration of Lindane aerosol.

Test species	Concentration	Remarks
*Cockroach	0.005 g/m ³	>3 hrs.
Flea, Louse	0.005	3—4 //
Bed bug	0.005	3—4 //
Tick	0.005	
Plant louse	0.0028	>2 //
Golden beetle	0.003	>2 //
**Rice stink bug	0.0025	>2 //
**Longicorn	0.005	>2 //
**Ground beetle	0.003	>2 //
**Hairy catapillar	0.005	>2 //
Fly, Mosquito	0.002	>15 min.
Rice crane fly	0.0028	>20 //
Rice weevil	0.001	>30 //

*This was controlled within a metal net cage.

**These were put in a metal net cage (0.4 mm meshes) in a vinyl house for 2 hrs. under the control of "Neo-Kilmos"-smoke.

麦ガ幼虫は 0.5 g/m³, 2 時間で 1/2 が死滅し

0.05 g/m³, 2 時間で 3/8 が死滅した。但し 5/8 は逃亡した。テントウムシダマシは 0.005 g/m³ で 1/10 が死滅した、何れも尙試験を続行中で確実な数値を得て居ない。アカダニにはリンデンは全く効力が認められなかつた。こゝで注意すべきは同じ γ -BHC でも使用形態により実用殺虫濃度が異なる事である。これを第2表に示した。

本表で明かな様に耕地平方米当りの殺虫に必要な γ -BHC の量は撒粉剤の場合は水和剤よりも少く煙霧質ではさらに少くて済む。しかし撒粉剤ではアブラムシはコガネムシより多量の薬量を要するが煙霧質では逆に少く、水和剤では同量になつて居り、その理由については今後実験的検討を進める必要がある。又 0.5% 撒粉剤反当 3 kg で死滅するといわれて居るテントウムシダマシが煙霧質では 1.5 g/m³ を用いても 1/10 しか死滅しなかつたこと等も再検討の余地があると思われる。

γ -BHC の昆虫に対する作用は神経毒であり接触毒及び食毒として作用する以外に蒸気の作用もあるといわれて居る。 γ -BHC 煙霧剤ではそれ等の中の何れが最も大きい効果をもつかが問題である。煙霧化後 3—4 時間以内煙霧内に在つたために効力が発生した場合には煙霧質自体の一次的接触が考えられるが、それ以後に於て効力が認められた場合には主として附着残存した γ -BHC による接触毒、食毒の両効果によるものと考えられる。又全期間を通じて γ -BHC の蒸気による効力が併存して居ることも考えられる。従つて自然の状態に近い条件即ち煙霧化後の時間及び対象害虫と共存させておくべき物体の種類と量が問題となる。今回の試験では煙霧質の直接接効力を重視したので煙内に置く時間を約2時間と定めて行つた。

Table II. Practical insecticidal concentration of Lindane in various states.

Test species	Aerosol	Dust	5% Wettable powder
Louse	0.005 g/m ³	0.22 g/m ² 0.057 (1.5% 3.8 g/m ²)	— g/m ²
Golden beetle	0.003	0.026 (1% 2.5 kg/991 m ²)	0.145—0.072 (125 times)
Plant louse	0.0028	0.0183×2 (0.5% 3.5 kg/991 m ²)	0.145—0.072 (125 times)
Pear stink bug	0.0025	—	—
Rice stink bug	—	0.03×2, 0.09×2 (1—3% 2 times 3 kg/991 m ²)	0.109—0.054 (165 times)
Black rice bug	—		
Lazy beetle	no effect	0.016 (0.5% 3 kg/991 m ²)	

これについて古林、五月女が行つた一実験例では 1.6 g/m^3 の発煙後 12 時間ビニールハウス内に置いた白米と共に新しコクゾウ 5 匹を金網籠内に入れてハウス外に置いたところ 3 時間でコクゾウは全部死滅した。ところが同一試料、同一方法で交ガ幼虫 1 匹について試みたところ 72 時間後でも死しなかつた。又古林、中原の千葉大学に於ける実験例では 12.5 g/m^3 の γ -BHC の煙（噴霧孔から 50 cm）を 1 秒間噴霧すると柿のコナカイガラムシが死滅した。これに類似した実験を中原、本野が水田のスリツプスに対して行つて相当の効果を挙げて居る。

以上の事実を綜合して γ -BHC を有効に使用するには次の様に考えるのがよいと思う。(1) 煙霧粒子が虫体に接触する機会を多くするために煙霧濃度は成るべく高い方がよい。(2) 発煙させた室内に長時間置いて虫に対する効力は或程度の増大は認められるが必ずしも計算されない様である。又煙霧濃度が或程度以下になると幾ら長時間置いて効力が表れない。附着残存する煙霧粒子による効力を期待する場合にはその直接接効力を考えた場合よりも使用薬量を増加する必要がある。この場合は寧ろ使用薬量を別の観点から決定すべきであるといえよう。化学戦では一般に呼吸によつて体内に這入る中毒瓦斯に対して F. Haber の毒性係数を用いて居る⁽⁷⁾。即ち同一の動物に対する中毒効果は瓦斯濃度 (mg/m^3) と作用時間 (min.) との積に正比例するといふのである。従つて瓦斯濃度が或程度以上であれば稀薄でも作用時間さえ長ければ同一の中毒効果を得ることになる。従来の研究では γ -BHC に関しこの点は明瞭でない。現用の γ -BHC 製剤の様に作用時間が長きに亘るものではその間に煙霧粒子の老化沈降が起るから発煙後数時間になると附着粒子による接効効果及び蒸発瓦斯の効果が主となつてきて初期とは条件が變つてくると考えられる。(8) γ -BHC 煙霧質では現在迄のところ特別な被害は認められない。胡瓜等に対して濃厚な瓦斯を用いても被害が認められない。(4) 同じ γ -BHC を用いても煙霧質の場合と撒粉剤、水和剤として使用した場合とによつて同一の害虫に対する効力が異なるから新たに実用上害虫を煙霧質の効力の観点から数個のグループに区分して実験研究を進める必要がある。

有効濃度倍数

室内に煙霧質の或る濃度を構成した場合にその室内に在る容器の内部の煙霧質の濃度は必ずしも室内全般の濃度に等しくならない。もし無限に長い時間室内全般の濃度を一定に保つならば遂には容器内の濃度は室内全般の濃度に等しくなるが室内全般の濃度が漸減する場合に於ては容器内の濃度は初期の室内全般の濃度より

低くなり室内全般の初期の濃度とその減少速度及び煙霧質の容器に出入することの難易によつて決定される⁽⁸⁾。この場合煙霧質の容器内への出入は主として渦動拡散による。

今室内全般の濃度の減少速度を一定と仮定すれば容器の構造に応じて初めの室内全般の濃度と容器内の最高濃度との比を概定することが出来る。これを利用したのが有効濃度倍数である。

等者等は古林の瓦斯防護に関する研究成果を参考⁽⁹⁾にして逆に容器内の煙霧濃度を 1 と仮定しその濃度を保つに必要な室内全般の濃度の値を実験的に求めてみた。試標とする対象害虫には実用殺虫濃度の既知のもので且つ入手し易いイエバエ、菜種アブラムシ、コクゾウ等を主として用いた。容器としては自然状態に近いものとして家具と壁面との隙間、植物体の分枝部、割目、隙間、苞の内部、俵の内部等を用い通風条件としては自然換気によるものを選んだ。

A、アブラムシについては 0.0028 g/m^3 に次の倍数を乗じて 2~6 時間で死滅した。即ち葉面に密集して居るものには 1.5~3 倍、層状に密集して居るものには 12.5 倍。

B、イエバエについては 0.0017 g/m^3 に次の倍数を乗じて 1 時間以内に死滅した。即ち家具のある室内のイエバエの全死滅には 4 倍。

C、ゴキブリについては⁽¹⁰⁾ 0.005 g/m^3 に次の倍数を乗じて 12 時間以内に 80% 以上死滅した。即ち家具の多い事務室内（棚の奥、書類の間を含む）では 11.5 倍。

D、ナンキンムシ、イエダニについては大阪府衛生部藤戸氏の実験について実用殺虫濃度を 0.005 g/m^3 として推算すると次の倍数に該当して居る。即ち家具に

(8) 野外に放流された一時瓦斯（気体又は煙霧質）が地上に構築された防禦施設内に流入して作る濃度は毒瓦斯防護上重要な問題であつた。古林はこの見地から 1935—1940 の間に多数の実験を行つて野外の自然状態で流失する一時瓦斯について次の数値を得た。今外部の一時瓦斯の濃度を 1 とすると

- 1 銃眼を開放した掩蔽機関銃座内。1/2
- 2 扉を開いたままの軽掩蔽部内。1/3
- 3 同上入口が風下方向の場合。1/4~1/9
- 4 軽掩蔽部内に防毒幕を施した場合。1/10
- 5 鉄筋コンクリート建築。（シャッター、窓ガラス、鉄扉閉鎖）1/100~1/200
- 6 九五式防毒面。（煙霧質のみ。吸入による強制通風あり）1/1000

(9) 室内では野外に比べて濃度の減少速度が小さく且つ渦動が少いので古林の過去の成果とは当然異なる筈であるが実験の結果は比較的に近似して居た。濃度の減少時間と渦動の多少とが相補うところがあつたのであらう。

Table III. (1) Effective concentration of Lindane.

Test species	Aerosol	Dust
Rice weevil	0.001 g/m ³	0.0067 g/m ²
Fly, Mosquito	0.0017	0.0113
Larvae, Rice leaf miner Plant hopper*	0.0019	0.0126 (0.5% 2.5 kg/991 m ²)
Rice stink bug Cabbage saw fly	0.0023	0.0151 (0.5% 3kg/991 m ²)
Lazy beetle, Plant louse Hairy catapillar Striped flea beetle	0.0028	0.0186 (0.5% 3.5 kg/991 m ²)
Golden beetle Soy bean pod borer Peach curculio	0.0038	0.0252 (1% 2.5 kg/991 m ²)
Flea louse, Bed bug Tick, Cockroach	0.005	0.0333 (1.5% 30 g/3.3 m ²)

* except Green rice leaf hopper.

Table III. (2) Effective concentration factor.

1500		—Heap of straw bags.
1000	Inside of straw bags,	—Army gas mask.
600	closed rooms.	—One straw bag.
400		—Difficult to get in.
300	Inside of tight covers	
100	of clothes,	—Normal.
	closed boxes,	
	closed drawers,	
30	crevices, books.	—Easy to get in.
20		
15	Inside of boxes, doors.	—Plant louse which cover in layers tightly.
10	curtains,	—Normal cover.
	crevices,	
5	light covers	
4	of clothes,	—Light cover.
	half opened drawers.	
3		—Bad ventilation.
2	Open	—Good ventilation.
1		—Leaf surface.
		—Open area.

Under following conditions that room capacity 240 m³, species of insects cockroach, inside the room are there many furnitures, opened drawers, and the door is closed, the necessary Lindane quantity is estimated as follows. From Table III (1) practical Lindane concentration is 0.005 g/m³. From Table III (2) we estimate the factor suited for this condition as 10. Multiplying these and the room capacity, the necessary total quantity of Lindane is $0.005 \times 10 \times 240 = 12$ g. As another example when the room contains many furnitures and the insects gather tightly in a crevice, then choosing the factor 25 we obtain the necessary total quantity of Lindane as $0.005 \times 25 \times 240 = 30$ g.

繁殖して居るナンキンムシには80倍; 家屋に繁殖して居るイエダニには40倍。

E, コクゾウについては 0.001 g/m³ に次の倍数を乗じて24時間以内に次の結果を得た。即ち単一の米俵

の内部では600倍⁽¹⁾; 積み重ねてある米俵の内部では1500倍。

以上の実験の結果を使用に便利な様に作製したものが第3表である。

本表 (Table III (2)) を使用して薬量を求めるには対象害虫によって実用殺虫濃度を定め、これに本表によって害虫の生存環境に応ずる倍数を求めて乗ずれば 1 m^3 当りの使用薬量が得られる。中原、古林は本表を用いて千葉大学園芸学部の温室のアブラムシを死滅せしめた。本表は比較的漏洩が少ない室内について作られて居るので漏洩の激しい場合はその損失分を加算しなければならない。これ等については測定が不充分で確実な成果を得て居ないが実用上は普通の木造家屋ではこの種の漏洩損失は 30% 内外と考えてよい様である。

野外に於る殺虫に本表を応用するには静穏時を選ばねばならない。そして気温の接地逆転の高さを測定して (煙を用いて煙頂高を測定するのが便利である) 煙頂高を求め煙霧剤の拡散する体積を算出し使用薬量を決定する。この場合、対象害虫の生存環境により本表の中から適度の倍数を採用すればよい。屋外に於ては室内に比べ煙霧質の流失は大きい渦動拡散が強いから本表を使用しても大きな支障は無い様である。唯煙霧質の流動中に比較的に狭少であるから所要の薬量が全面積に均等に行き渡る様に考慮すべきである。筆者等によれば $100 \sim 200 \text{ m}^2$ に 1 発煙点を設けるとよい様である。

結 論

以上煙霧質を農業や防疫剤として利用する場合の薬量算定方法に関して筆者等の考案と現在迄に得た資料の概要とを述べたが未だ研究途上にあり基礎的研究例えば種々の害虫に対する正確な実用殺虫濃度の決定、野外を含む実用上必要な環境を網羅した正確且つ充分な有効濃度倍数の実験的完成、渦動拡散による煙霧質の細隙通過に関する理論及び実験的研究、煙霧質の薬効的特性及びその老化、沈降、附着等の諸現象の研究等の問題が残つて居る。筆者等は既にその一部に着手して居るが大方の御指導を期待する。唯本報告では従来やゝもすれば陥りがちであつた用量の不足に起因する薬効の誤認の危険性を指摘しておきたい。

本研究に終始協力された千葉大学教授中原孫吉博士、那須物産開発株式会社五月女十寸尺氏に謝意を表する。

文 献

- (2) 古林、本野；未発表
- (3) Hanslian；世界大戦に於ける化学戦，157 (旧陸軍科学研究所訳)

- (4) 薬事日報，第1837号 (昭. 29) 薬局と農薬剤の指導
- (7) 中原、古林；農業及び園芸，29，1023
- (10) 中原；環境衛生，1巻，9号 (昭. 29)
- (11) 古林、本野；未発表

Résumé

Recently, pure γ -BHC (Lindane) has become to be used for pest-control in the form of fog, smoke or gas. The amount of Lindane to be consumed has been determined according to the species of insects, the capacity or area to be controlled and the degree of the propagation of insects, but no attention has been shown to the living environment of insects.

In this paper, we suggest the necessity to consider the latter in addition to the formers. Experimentally, we have researched the smoke concentration (g/m^3) of Lindane necessary to kill insects in open states and called this as "Practical kill concentration". In the next step, we determined the ratio of the general concentration of smoke or gas in the room to that as may attack insects directly, which varied according to the condition of propagation of smoke or the living environment of insects and called it as "effective concentration factor".

In the practical operation of pest-control, at first we make an estimation of the practical kill concentration in the aid of Table I, nextly adopt the value of effective concentration factor suited for the condition of pest-control from Table III, and then multiplying these factors we get the practical quantity of Lindane to be consumed per unit capacity. To multiply the capacity of the room make us get the total necessary quantity of Lindane.

Out in a field, too, this method is applicable when there exists the inversion of atmospheric temperature, and the climate is so still that the smoke screen over the ground.