

- O. and Ottar, B., *ibid.*, **45**, No. 10, 1 (1942);  
 Hassel, O.: *Tids. Kjemi Bergvesen Met.*, **3**,  
 32 (1943).
- 11) Kojima, K.: presented at the Meeting of  
 Chem. Soc. Japan, July 8, (1950).
- 12) Beckett, C.W., Pitzer, K. S. and Spitzer  
 R.: *J. Am. Chem. Soc.*, **69**, 2488 (1947).
- 13) van Vloten, G.W., Kruissink, Ch. A.,  
 Strijk, B. and Bijvoet, J.M.: *Nature*, **162**,  
 771 (1948).
- 14) Amble, E. and Hassel, O.: *Research* **3**,  
 Suppl. 52 (1950).
- 15) Cristol, S. J.: *J. Am. Chem. Soc.*, **71**, 1891  
 (1949).
- 16) Hassel O. and Taarland, T.: *Tids. Kjemi  
 Bergvesen Met.*, **2**, 6 (1942).
- 17) Bastiansen, O., Ellefsen,  $\phi$ . and Hassel,  
 O.: *Acta Chem. Scand.*, **3**, 918 (1949).
- 18) Oiwa, T., Yamada, R. and Ohno, M.:  
 this Bulletin, **15**, 86 (1950).

## 綜 説

Mechanism of intoxication of pyrethrum insecticides. I. Problems of insect  
 toxicology, I. Seiroku SAKAI *Botyu Kagaku* **15**: 189, 1950.

### 31. 除虫菊剤の毒作用機構 I. 昆虫毒物学の諸問題 I. 酒井清六

#### 緒 論

除虫菊剤は DDT 及び BHC その他の新有機合成殺虫剤の出現に拘らず、農薬として又防疫用殺虫剤として多大の利用価値を持つている。除虫菊有効成分 Pyrethrins の毒作用機構は Juillet, Everlange et Ancein (42) が昆虫に対して神経筋肉毒として作用し痲痺作用を有すると結論して以来、幾多の学者により病理組織学的、機械電気描寫実験的に、或いは薬劑を局部に処理することに依つて研究されたが今尙不明な點が多い。

特に除虫菊剤の組織化学的な同定が確立されていないので毒作用機構に関する生化学的な知見は皆無に等しい。それ故、化学者に依つて除虫菊の微量分析が確立されることを希望する。

#### (1) 病理組織学的研究

昆虫に対する除虫菊毒作用は主に細胞学的研究より組織学的に研究されている。その障害は表皮、筋肉、神経等に認められ、神経球に於ける空胞、凝集、破壊、Tigrolysis 等の傷害が毒作用の一次的要因と考えられている。しかしこれらの組織変化は除虫菊剤の濃度によつて異つてゐる。

#### 研究方法

Krüger (46) は蚊の 1 種 *Corethra plumicornis* の幼虫及びゴミムシ *Tenebrio molitor* の成虫を除虫菊剤で処理し、その切片の病理組織学的研究をした。その処理昆虫を Alcohol に浸漬し、更に染色し切片を作つてカナダバルサムで封じた。Hartzell & Wilcoxon (30), Wilcoxon & Hartzell (31), Hartzell (24), Klinger (44), Hartzell (25) はゴミムシ *Dama*,

マイマイガ *Porthetria dispar* の幼虫、イエバエ *Musca domestica*、セミの 1 種 *Tibicen pruinosa* 及びバツタの 1 種 *Melanoplus femur-rubrum* の夫々の成虫に対して、人体の痲痺の探知の際に用いる Krause (45) の toluidine blue で染色した。Klinger (44) はマイマイガの幼虫の切片を Sudan III; eosin で染色し、Hartzell & Scudder (26) はイエバエの組織障害を鉄 Haematoxylin 及び Erythrsin で染色し、腦の切片は Delafield の Silver albumos (Mallory (49)) や Bodian (2) の Gold chloride 法を用いた。Wigglesworth (79) はサシガメの 1 種 *Rhodonius prolixus* の成虫の切片を Haematoxylin で染色した。Hartzell (25) はイエバエの成虫に対して Haematoxylin と eosin-y との染色法を神経、筋肉に使用した。しかしこの方法は大体適當な方法であつたが Bodian 法の様に良く神経纖維を認め難かつた。Toluidine blue はこの両法より劣る染色法なることを証明した。固定法は古く Krüger (46), Wilcoxon & Hartzell (81), Hartzell (23) 等は一般的な技術を用いた。それらの中の代表的な数例に就いて述べる。

Hartzell (23) は *M. femur-rubrum* の成虫及びゴミムシ *Dama* の幼虫の中樞神経系その他の障害を探究するため、6 匹の昆虫を斃死後 Acetone で洗滌し、95% Alcohol 中で解剖した。又对照区の昆虫は除虫菊乳剤の代りに管を切つて殺した。被験昆虫は Wax を底に充した解剖皿に固定し、曲缺を以て氣門線に沿つて切り開いた。更に切開面から消食管を除去し、腹神経索を露出させた。この神経束を齒科用の針で摘出した。腦は頭部を切開し、複眼から視神経に沿つて摘

出し、食道下神経球は下唇、下顎を分離した頭部を腹面に向けて解剖摘出した。これらの脳、食道下神経球、胸部神経球、腹部神経球は16時間95% Alcoholで固定し、0.5~5時間 Krause 法の0.1% Toluidine blueで染色し、再び95% Alcoholで洗滌し、Absolute alcoholで脱水し、Xylolにならした後 Paraffinで埋没し、5 $\mu$ の厚さの切片とした。Wilcoxon & Hartzell (81)に依れば、AlcoholとXylolとの組合せ及びXylolとParaffinとの組合せは組織が柔軟なため、漸次その組合せの割合を移行させることを注意した。Wigglesworth (79)は*R. prolixus*の成虫の触角に除虫菊の液体Paraffin溶液を処理し、Carnoy溶液で固定して神経障害を観察した。Hartzell (25)はKerosene (Deo-base) 精製の除虫菊溶液やDDT, Rotenone 剤等8種類の殺虫剤とそれらの添加剤に対する羽化5日後のイエバエ成虫♀の神経、筋肉の病理組織学的変化を研究した。

Peet-Grady法を用いて、10, 20, 60分及び4時間の間隔で撒布し、撒布後直ちに腹部を針で止め、被検組織は10% Formalin溶液で16~24時間固定し、2時間95% Alcoholに浸漬し更に2時間Absolute alcoholで脱水し、1時間Chloroformに浸漬し、更に16時間ChloroformからParaffinに漸次その割合を変じて移行させた。Paraffinはmp. 60°~62°のものを用い、切片は4~10 $\mu$ に切り染色は前述の方法を用いた。

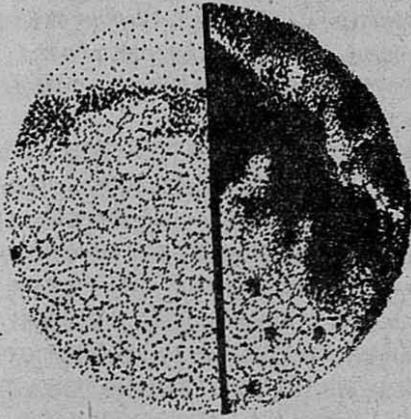
#### 除虫菊剤の病理組織的变化

Weed (78), Metcalf (53)は殺虫剤の毒作用型に就いて綜説したが、Hartzell (25)は殺虫剤に依る基本的な病理組織的变化の3型を認めた。即ち1), 神経繊維束の溶解。2), 神経繊維中の繊維以外の細胞構成要素の溶解。3), 大型の神経細胞の空胞化であり、除虫菊溶液(0.1% Pyrethrins)に対するイエバエの10分間撒布の障害は1), の場合に空胞化及び神経繊維の溶解が副付け加えられるものである。更に今日に於ける神経障害に対する2見解を指摘した。第1は、神経障害を第2次的な毒作用の原因と考察する学派で、中樞神経系の呼吸活動が神経障害に依つて低減を来たすと考えることである。Mc Clure et al. (51)は高等動物の外科用麻酔薬による中樞神経系に無酸素性Anoxiaを証明し、昆虫に就いてRichards (58)はいくらかの神経毒殺虫剤の毒作用が神経細胞又はその附近の結実脂肪鞘の破壊が主因なる見解を報告した。第2は神経障害を第1次的な毒作用の原因と考察する学派である。斃死は中樞神経系の細胞の破壊に起因し、それが生活器官の機能的障害を起すと考える。Hartzell (25)はKlinger (44), Hartzell (23)等の結果を論じて第1の学説を支持した。Richards & Cut-

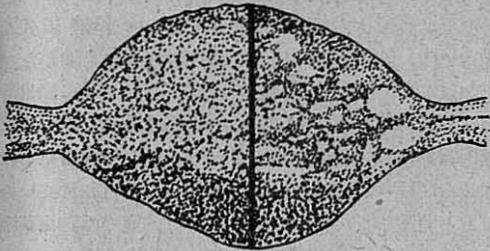
komp (59)は殺虫剤の毒作用を病理組織学的及び神経束の電気刺激的研究の両面から追究し、蚊及びゴキブリの病理的な変化を色々の種類に識別することを試みたが正確には区別出来なかつた。昆虫の神経は大抵病理組織的变化を認め、その変化は自家消化Autolysis様の型が認められると結論した。

Krüger (46)は*C. plumicornis*の幼虫の表皮に対する除虫菊溶液の影響を検討した。正常の個体では、表皮は一般に均一な光沢を有しているが除虫菊剤が作用した後は、斑点様な表皮になつた。Chitin層下の真皮細胞には空胞を認めることが出来た。Hartzell (23)は*M. femur-rubrum*の成虫の脳の外面域に顕著な細胞変化を認め、その脳組織には顕著な空胞とTigrolysisとを認めた。Szent-Györgi (73)に依れば、一般にTigrolysisとは神経に対するNissl顆粒の病理変化を指すもので神経細胞のGlycogenの様な多糖類の蓄積に起因すると考えられているが、その化学性質は不明である。しかし形態学的な見地から、Tigrolysisは一般に核と何等かの関聯を有すると考えられ核の染色粒の凝集を起すとされている。致死直後のモルモットの脳をAlcoholで固定し、Paraffinで埋没し、Toluidine blueで染色すると、細胞に多数のTigrolysisを認めることが出来る。しかし染色する前に、この切片を30分間唾液に処理すると、細胞にはもはやTigrolysisを認められなかつた。この事実から、Tigrolysisは神経細胞中にGlycogen様の多糖類の蓄積を意味すると考えられたが、度度に反応しないから、その多糖類はGlycogenと同一のものではない。神経組織が機能的活動をしている際には、Tigrolysisは認められない。即ち、昆虫の神経細胞が除虫菊によつて麻痺されると機能活動が低下し、細胞中に多糖類が蓄積し、結果としてTigrolysisが起ると考えられるが、この種の研究は今後の生化学者の課題である。Hartzell & Scudder (26)は0.1%除虫菊石油乳剤に対するイエバエ成虫♂の中樞神経系及びその連絡系に顕著な影響を認めた。除虫菊によつて、イエバエの体組織は一般に核の染色粒の凝集を示し、その凝集は核膜の内側から離れた核質の内部に見られ、恰もその凝集染色粒はいくつかの染色体の様に観察された。脳の神経束にはBodian法染色の助けにより顕著な障害を認めることが出来、神経繊維は不規則に暗く線状に染つた。又複眼の支配組織にも障害が認められた。

食道下神経球の障害はWilcoxon & Hartzell (81), Hartzell (23)等に依つて観察された。*M. femur-rubrum*の成虫、ゴミムシダマシの幼虫は対照の昆虫のToluidine blue染色が青色に染まるのに対して、紫色に染まるTigrolysisの組織変化や空胞を表わし



第1図 バッタの一種 *Melanoplus femur-rubrum* の胸部神経球，左：斬頭屍死個体，右：除虫菊による斃死個体 (Hartzell 1934 より改寫)



第2図 除虫菊による蚊の1種 *Corethra plumicornis* の腹神経球の空胞，左は正常神経球 (Krüger 1931 より改寫)

た。しかしこの食道下神経球の障害は脳の傷害程ではなかつた。胸部神経球の障害は Hartzell (23) Hartzell & Scudder (26) 等に依り観察された。Hartzell (23) に依れば、*M. femur-rubrum* で表層の背面は明瞭に組織変化を起し、脳程でないとしてもやはり Tigrolysis と空胞とを認め、ゴミムシダマンの幼虫の腹部神経球にも Tigrolysis と空胞とを認めた。

一般に腹神経球、神経束、その他、神経の連絡系には空胞化と Tigrolysis の傾向が観察され、これらは Krüger (46), Wilcoxon & Hartzell (81), Wigglesworth (79), Hartzell (23, 25) 等に依り報告された。

筋肉組織に対する殺虫剤の毒作用は Hartzell (25) に依り簡単に研究されている。筋肉組織は除虫菊剤や DDT により、核の染色粒の凝集、Node や Krause 氏膜の硬化、核膜の崩壊を表わす。Krüger (46) は *C. plumicornis* の幼虫の筋肉質、筋繊維束に就いて、除虫菊乳剤を撒布1時間後、組織の破壊や空胞化が認められ、その2,3日経過した個体では認められないと報告した。Hartzell & Scudder (26) に依れば、イエバエの脳後部の筋肉は核の凝集、空胞化が起り、筋肉

は一般に染色性の消失及び活動力の低下を招来する。

同時に Hartzell & Scudder (26) はイエバエ頭部の脂肪細胞の変化を報告し、脂肪体の脂肪細胞は離れ離れになり、一般的な核内の凝集を認めた。頭部の脂肪細胞は非常に脳の障害と相関して組織病理的な特殊な指標となる。

神経系、筋肉以外のイエバエの体組織の病理変化は唾腺、マルビギー氏管及び消化管の絨毛にも認められ、殊に、消化管の絨毛傷害は除虫菊剤の消化中毒剤効果と考え合わせて興味ある問題である。除虫菊剤が気管系に作用することを吟味する必要がある。

Krüger (46) は気管系に対する毒作用を除去するため、*C. plumicornis* の幼虫やガムシの成虫の様な水棲昆虫を実験に供した。除虫菊懸濁液をガムシに作用させた場合、ガムシは水棲昆虫なる故、その気管系に水が侵入することは考えられず、除虫菊剤がこの経路より侵入することは困難である。又気門には複雑な開閉装置があり、除虫菊懸濁液の分子が気管に侵入することは先ず不可能であろう。仮りに、除虫菊剤が気管系に侵入すると考えるならば、気管は体表の様 Chitin で被覆されているが気管系には表皮で観察された様な組織変化が認められる筈であるが、Krüger はそれを証明し得なかつたし、除虫菊懸濁液はガムシに毒作用を示したこの事実から、Krüger は彼の研究結果を通じて、除虫菊剤が環節間膜の様な体表の薄膜を通して体内に侵入し、神経系を傷害すると推測した。Krüger (46) の気管系から侵入することの否定結果は Ginsburg (18) の除虫菊剤の燻蒸作用否定研究からも背かれる。Ginsburg は空気が流通している実験場所を除虫菊粉や抽出液を蜜蜂に作用させたが、その循環気流の影響は蜜蜂にあらわれなかつたと報じている。

Wilcoxon & Hartzell (80) は石鹼の様な濕潤性物質の添加の影響を除いて、除虫菊剤が昆虫の気管に侵入しないことを指摘した。

Hartzell & Wilcoxon (29) は気管侵入で除虫菊剤が毒作用を演ずるのでないことを知つて、除虫菊が体壁を通して作用することを証明した。又、Klinger (44) も同様なことを証明し、O'kane et al (56) Hockenyos (36) 等は除虫菊剤が径口的又は気門より侵入しなくとも麻痺を起すことを観察している。Wigglesworth (79) は除虫菊剤による致死原因が未だ明確になつていないことを指摘し、*R. prolixus* の成虫等を用いて、除虫菊剤による致死の原因が少なくとも気門開閉調節機能の障害でないことを証明した。除虫菊処理昆虫の体重と正常昆虫の体重との差を処理後観察したが差異は認められなかつた。又直接に気門括約筋の運動を観察した。*R. prolixus* の場合には、除虫菊麻痺の昆虫の水分蒸散は死後まで促進されなかつた。除

虫菊で麻痺したトコジラミの成虫では、氣門は閉塞したが、炭酸瓦斯をその後作用させると反応する事実を觀察し、除虫菊剤の作用による昆虫の氣門調節機能の衰退のための昆虫体の乾燥（水分欠乏）が斃死の主因と考えられないと結論した。氣管系への作用は組織病理的な否定結果ばかりでなく、体表等の局所処理の実験に依つても二・三の学者により否定されている。しかしこれらの否定的研究に反して、Roy, Ghosh & Chopra (64) はゴキブリに対する除虫菊剤の作用を研究した。除虫菊剤の有効成分 Pyrethrin は水に不溶性であるがゴキブリの体液には可溶することを見出し、除虫菊剤はゴキブリの神経球に対して選択作用を有し、神経細胞の破壊が致死を招來する原因なることを指摘した。粉剤型、又は Kerosene 溶液の場合に、或いは直接体内に作用させた場合、循環系を通して神経球に到達することを觀察した。又氣門を通して氣管に除虫菊 Kerosene 溶液を作用させると、溶液は血腔内に迅速に拡散した。乾燥した粉剤を氣管に挿入する場合でも液剤処理の場合と類似していたが乾燥粉剤から液剤への使用形態の変更は氣管内部侵入の可能性を持つている。ここで、体液と類似した液剤を作製使用することは体液が存在する場所と同じ部位に除虫菊剤を見出す手段であることを指摘した。これは氣管侵入の可能性の問題ばかりでなく、全般の液体殺虫剤の將來の課題として、化学者の注意を望むものである。結局、除虫菊剤の毒作用は病理組織学的観点から、神経球神経束、神経繊維の原形質破壊、空胞化、Tigrolysis が主因と考えられる。しかし、これまでの靜的研究は除虫菊剤に毒された昆虫の体組織のある一定時間後に於ける病理組織学的研究に過ぎない。それ故、作用開始より麻痺状態を経て斃死する時までの一連の組織変化を連続的に研究する必要がある。この動的観点から病理組織学的研究を見た時は未だその緒に着いたばかりと言つても過言でない。又除虫菊剤の組織変化が除虫菊剤に特定の変化が否かを他の殺虫剤と比較吟味する必要がある。

#### 除虫菊剤と他藥剤の病理組織的变化の比較

昆虫に対する病理組織的变化は毒物に依り、その濃度により相違する。McIndoo (54) は Nicotine 剤の撒布又は熏蒸で致死した昆虫の氣管、食道下神経球、視神経、腦の表層に隣モリブデン酸を用いて Nicotine を沈澱させたがその存在に依る神経系の病理組織的变化を觀察出来なかつた。Wilcoxon & Hartzell (81) はゴキブリの幼虫が除虫菊剤処理で腹神経球や神経束に空胞化や Tigrolysis を認めたと反し、Nicotine 及び砒酸鉛ではそれを觀察出来なかつた。然し Nicotine 及び砒酸鉛にこの病理組織的变化が認められなかつたと言つて空胞化や Tigrolysis が除虫菊剤

特有のものとは決定されない。更にこの幼虫の食道下神経球に就いて、除虫菊剤と Nicotine 剤とを比較したが何れも Tigrolysis を觀察出来なかつた。これは頭蓋が硬いため適當な解剖が出来なかつたからとも言える」と報告した。

Hartzell (23) は最初除虫菊剤と低濃度の Rotenone とに因る昆虫の病理組織的变化を比較し、Rotenone で殺した昆虫には Toluidine blue 染色で現れる障害を認めることが出来なかつた。其後 Hartzell (25) はイェバエを用い、Haematoxylin と eosin-y で染色した脳組織には 0.025% Rotenone 溶液を 10 分間撒布したとき、神経纖維束の局所溶解を認め、60 分間撒布でやはり除虫菊剤で認めた様な空胞と神経組織の崩壊を認めた。又 Bodian 法に依つた場合には 0.025% Rotenone 溶液 10 分間撒布で神経束の溶解と空胞化とを認めた。然し低濃度の 0.00625 Rotenone 溶液を 10 分間撒布したとき僅かな変化又は細胞に全然変化が認められなかつた。0.05% 及び 0.025% Rotenone 溶液 10 分間撒布では、筋肉組織は何れの濃度の場合にも僅かな変化か又は全く変化が認められなかつた。一般に除虫菊剤は神経麻痺を起させ、Rotenone は呼吸に關聯した細胞組織の酸素利用を妨害させ漸進的に体内窒息を起させる [Haag (22), Klinger (44)] と言われていることと關聯して、Rotenone 剤が低濃度では除虫菊剤の変化を示さず、高濃度ではじめて除虫菊様の障害が認められる事實は神経に対する Tigrolysis、空胞化が除虫菊剤特有のものと考えることに検討を加える課題である。DDT 剤との比較は Hartzell (25), Richards & Cutkomp (59) の綜合的研究や、胸部神経、起動神経に關する Roeder & Weiant (62), Tobias & Kollros (75) 等の多數の DDT に關する研究から得られる。Hartzell (25) に依れば、イェバエは 0.1% Pyrethrin 溶液、0.1% DDT 溶液 10 分間撒布で局所的な神経纖維の溶解を起す。然し DDT 剤の変化は除虫菊剤の様なものでない。0.2% DDT 溶液 10 分間撒布では核変化が認められ、60 分間撒布では神経細胞の周囲に空胞が出来、神経纖維の障害が認められた。0.2% DDT 溶液 10 分間撒布で、筋纖維の核は凝集した。この凝集及び小さな透明な斑点に見える空胞は Pyrethrin 0.12% 溶液 10 分間撒布の場合にも觀察された。

Triorthocresyl phosphate は高等動物の神経障害を起し、所謂 Ginger paralysis を生ずる。一般に phenol ester は高等動物の神経細胞と親和性を有し、特に運動神経を侵害する。Orthocresol は神経纖維を侵害する。この点に關聯して、昆虫の神経系に対する Triorthocresyl phosphate の影響を高等動物の場合や昆虫の除虫菊剤処理の場合と比較することは興味あることである。Triorthocresyl phosphate の昆虫に

対する研究は Hartzell (23), Richards & Cutkomp (59) に依つてなされている。Hartzell (23) に依れば、ゴミムシダマシの幼虫の病理組織的变化は除虫菊剤と同様な神経球の空胞化と Tigrolysis とであつた。Hartzell (24) に依れば、この種の病理組織的变化はジガバチの1種 *Sphacius speciosus* の刺傷で麻痺したセミの1種 *Tibicen pruinosa* の成虫にも認められた。セミの中樞神経系はセミより下等な昆虫に比較して頭胸部に集り、腹部神経球は発達していない。その脳は正常のセミに比し、明瞭な Tigrolysis 空胞を生じ、胸部神経球は表層の背面に Tigrolysis と空胞とを生じたが脳程ではなかつた。食道下神経球の両者も胸部神経球程明瞭でなかつた。Richards (58), Richards & Cutkomp (59) は石油で殺した蚊 *Culex* の幼虫の中樞神経系に就いて、Hartzell 等が除虫菊で証明した核染色粒の凝集を観察した。

除虫菊剤の協力剤の病理組織学的研究は Hartzell & Scudder (26), Hartzell & Strong (27), Hartzell (25), Hartzell & Wexler (28), Hoskins & Craig (37) 等に依つてなされ、除虫菊剤の障害と比較された。Hartzell & Scudder (26) の協力剤 Isobutylundecylene amide のイエバエに対する研究では、除虫菊剤が染色粒の凝集を生ずるに反し、協力剤は染色質分散を起すことが指摘された。Krüger (46) は蚊の1種 *C. pluvicornis* の幼虫に対する除虫菊剤の神経障害が除虫菊剤特有のものなるか否かを確かめるため、Curare 溶液及び Ether 溶液を作用させて見た。

Curare 溶液は障害を受けず Ether 溶液の方も神経系に小さな空胞を認めただけであつた。その他の実験と共に、Krüger (46) は除虫菊剤が神経組織に直接作用すると結論した。

この証明をなすために、Hartzell (23) もゴミムシダマシの幼虫を高周波や熱に曝露させ、その障害を病理組織学的に除虫菊剤の障害と比較研究した。

高周波は波長 1m, 2.9 アンペアを用い、又 30 分間 52° の熱に幼虫を曝露死させ、その腹神経球を摘出、Toluidine blue で染色したが、何れも染色に失敗した。高周波を用いると、腹神経球に空胞が出来、52° の熱で殺した幼虫の神経組織には空胞が認められなかつたが細胞は凝集した。

これらの変化と除虫菊剤による空胞、Tigrolysis 細胞や核の染色粒の凝集とを比較考察する時、除虫菊剤のこれらの障害がそれ自身が昆虫に対して特有なものとして結論することは尙幾多の研究が今後成された後である。

## (2). 描写実験的研究

殺虫剤の昆虫に対する薬理作用を定量的に描写する意義は種々の実験条件下の曲線を比較分析することに

依つてその薬理作用の機構を攻究することである。描写実験法による研究は我國に於いて浦本(77), 林(33), (34), (35), Hatai (32), 最近の研究では山崎, 及び石井(83)により行われている。従つて此處では電磁氣的描写実験法に関する論議はそれらの論文に譲り、除虫菊剤の機械曲線、電磁氣曲線の結果を論議する。

### 機械的描写研究

Krüger (46) は *C. pluvicornis* の幼虫背脈管の除虫菊麻痺に就いて肉眼観察をした。透明な幼虫の背面から心臓部の搏動は明確に認められ、しかも正常個体では1分間約 21—24 搏動だが、除虫菊処理幼虫の搏動は痙攣開始後 1 時間では、21—24 であつたが、翌日の朝は、1分間 15 に低下し、更に 2—3 日後では 4—) しか数えられなかつた。此等の数値は個体により変るが、除虫菊剤の作用が間接的に心臓の搏動を低下し幼虫の痙攣による衰弱と搏動数との間に相関があろうと報じた。Hutzel (39, 40) は O, T, I 公定試験殺虫剤の 100 cc 中の Kerosene に 100 mg の Pyrethrins を含有する液剤及び除虫菊粉剤、Nicotine (Black leaf 40, 及び 50), *N*-butyl carbitol thiocyanate (Lethane 384), Rotenone 及び石油剤 (AR-50-S) を用い、これらの致死量以下の殺虫剤に対するチャバネゴキブリ *Blattella germanica* の独自の機械的描写実験を行つた。即ち 1. 歩行の痕跡を見る痕跡法、2. 栗鼠籠法 Squirrel cage method、3. 改良昆虫曲線法 Modified entomograph method、4. Leg jerk 法を用いた。栗鼠籠法は直径 5cm, 幅 0.6 cm の醜酸セルロイド製の車を用いる方法である。その車の中で昆虫が走ると車は回転し、車の回転は車に突出して取り付けられた十字に交叉した 2 本の 34 番針金によつて記録される。車が回転すると突出した針金は 1/4 回転する毎に車の下に設置してある電池に連絡した容器中の水銀に接触し、電流を通じた回路がそのために閉じ、記録磁石によつて回転中の Kymograph に縦に、櫛状に直線が並行して描かれる方法でその直線数、直線と直線との距離を考察するのである。改良昆虫曲線法 Hutzel (39) は Yeager & Swain (84) 法を改良した装置を考案した。脚を充分活動出来る様に保持し、脚の索引力を記録した。醜酸セルロイド製の車の前後にスポークを突出させ、前後のスポークの角を水平に保ち、更にスポークには夫々針金のバネを取付け、一方のスポークの先は書櫃の書突となつているバネの他の附着点は車の上部の 2 本の平行した太い針金で保持され、針金は水銀を入れた硝子管をその上に乗せて固定させた。更にゴキブリの翅をテープでこの硝子管に密着させ、ゴキブリの脚が丁度、車の上を歩行出来る様に固定した。更に薬剤はゴキブリの腹部にピペットで滴下したり、粉剤で処理したりして、その反応を記録した。薬

剤処理後、ゴキブリが運動すれば、車は前後に回転し、そのために、書楯は Kymograph に曲線を記録する。歩行を休止すればバネの弾力で書楯は元の高さに帰る様になっている。Leg jerk 法はゴキブリを反対向けにして、被検体の後脚以外の各脚と翅とをテープで顕微鏡用のスライドグラスに固定し、その関節を毛髪で結び、毛髪は書楯の軸より 90° に上方に突出した棒の先端に連絡した。ゴキブリが脚を引けば、毛髪は後方に引かれ、毛髪に連絡した棒の先は後方に回転し、従つて書楯の軸が後方に回転し、書突は上方にあがり Kymograph に曲線が記述される様にした。時間記録は普通の描写法と同様にした。これら 4 法の結果は夫々特徴を持ち、痕跡法では薬量増加と共に縮込まつた姿勢で腹部を曳きつた。栗鼠筋法では、液剤の潜伏期間が 2 秒以下なるに反し、粉剤は平均 55 秒であつた。正常個体の平均走行率は 1 秒当り 3.0 cm であつたが、除虫菊処理個体では平均 11 cm で活発になつた。これに反し、Nicotine や Lethane 384, Rotenone, AR-50-S は活動が促進しなかつた。改良昆虫曲線法の結果では、対照区曲線は頻度や振幅が略々一定であつたが、被検体に液剤を投与すると、最初その機械的刺戟で高く振れ、その後の曲線は除虫菊の場合、正常と顯著な相違が認められ、敏感な前進運動を行い、その曲線は他の Nicotine, Lethane 384 に比し、高

い振幅を示した。その後振幅は低減したが頻度は減らなかつた。更に頻度が減少し始めると振幅が増大する傾向があり、除虫菊粉剤の影響も他剤とは異つていた。一般に除虫菊は濃度、個体の感受性、記録法による多少の変異はあるが、それは休止期間と強刺戟の期間との 2 相が認められた。Leg jerk 法では、最初の Leg jerk は最大値になるまで急速に強度を増加し、曲線は階段状になり、次に数秒間振幅を減少するが頻度は略一定で再び頻度の減少に随つて振幅を増加させ不完全な脚筋肉の弛緩を認めた。この傾向は Nicotine や Lethane 384 では認められなかつた。この様に致死量以下の除虫菊剤はゴキブリに賦活作用を有することが認められた。

Hutzel, (40) はゴキブリの頭部をその儘にして、体中から全部の腸を引き出し、摘出腸の反応を記録した。記録に際し、曲つた書楯を後腸に連絡し、腸の収縮の変化を記録した。しかし充分収縮変化を記録出来なかつた。

以上の様な機械曲線の描写は薬剤作用機構を外面からのみ窺うだけで、個体の変異を取り除くことが困難であり、被検体の取付けによる誤差が出易い難点があるが装置が簡単な点で利用されている。これらの欠点は電磁気曲線によりある程度補足出来る。

## 投 稿 規 定

### 編 集 者

武居三吉, 内田俊郎, 大野 稔, 中島 稔  
高野武之助, 河野達郎, 長澤純夫, 濱田昌之  
内 規

1. 防虫科学に関する研究論文などは誰でも投稿出来る。但し原稿の取捨は編集会議で決める。又原稿中の字句については加除修正を行うことがある。原稿は本誌規定の原稿用紙を用いること。
2. 報文は邦文又は欧文とし邦文には欧文の又欧文には邦文の要約を添える。欧文はタイプライター使用の事。表題、著者名及び所属研究機関名等は邦文欧文両者を併記する事。
3. 邦文は平かな、新かな使いとし、欧語音訳には片かなを用いる。但し物質名、人名等は欧文のままとする。寫眞、表及び図の説明は欧文とすること。図は白紙又は青線方眼紙に丁寧に墨書し原稿とは別紙とすること。
4. 動植物の学名の下には——を付ける (イタリク体となる)。和名は片仮名をもちいる。數字はすべてアラビア數字を用い、數量の單位はメートル法による。單位及び術語の略字等は次の例による。m(メートル), cm(センチメートル), mm(ミリメートル),  $\mu$ (ミクロン),  $m^2$ (平方メートル),  $m^3$ (立方メートル), cc(立方センチメートル), L(リッ

トル)g(グラム), kg(キログラム), mg(ミリグラム), °(攝氏度), % (パーセント), pH(水素イオン濃度), bp(沸騰点), fp(凝固点), mp(融点), cal(カロリー), Cal(大カロリー), MW(分子量), V(ボルト), kV(キロボルト), A(アンペア), mA(ミリアンペア), W(ワット), Atm(気圧), N(規定)

5. 句讀点 カッコには I 割を興える。ハイフンは區劃の野線の上に明瞭に書くこと。文献には著者名、雑誌名(書名)、巻數、頁數、年號の順に記し、巻數には——(ゴチツク体)の下線をつけること。

(1) J. Cristol: J. Am. Chem. Soc., 69, 338 (1947)

- 本文中の引用文献番號はカッコをつけて肩に小さく書く、文献は報文の最後に通し番號の順に列記する。邦文雑誌名は日本化学總覽、欧文雑誌名は Chemical Abstracts; Biological Abstracts 規定の略名に従う。
6. 校正は初校に限り著者が行うことを原則とする。
  7. 別刷は 50 部贈呈する。それ以上の希望數に対しては実費を申受く。
  8. 原稿の送付には送状を附し、發送年月日、連絡先、原稿枚數、寫眞及図表數、印刷希望數等を記入する。原稿校正の郵送は書留とし、投稿その他の連絡は下記にする。

京都市左京區区内北白川, 京都大学農学部  
昆虫学研究室 内田俊郎