

墓地のアカダナに注入した DDT の残効性について*

長崎市中央保健所 (所長: 大利茂久博士)

大 利 茂 久 ・ 下 釜 勝
お ぶ り しげ ひき しも がま まさる

長崎大学医学部医動物学教室 (主任: 大森南三郎教授)

前 田 理
まえ だ ゐさむ

On the Residual Effect of DDT Injected into the Graveyard Container for the Control of Aedine Mosquitoes. Shigehisa, ORI and Masaru, SHIMOGAMA. Nagasaki City Health Center (Head: Dr. S. ORI). Osamu, MAEDA. Department of Medical Zoology, Nagasaki University School of Medicine (Director: Prof. N. OMORI).

緒 言

1952年以来3ケ年にわたって墓地の諸容器から発生する蚊の撲滅研究を行なった結果、満水した時の諸容器中のDDT濃度が100ppmとなるように年3—4回DDT乳剤を注入すれば殆んど完全な駆除効果をあげうることを知った。1954年(実験開始第3年目)以後長崎市の全墓地の諸容器に上記濃度で年3—4回DDTの注入を続けてきたが、7年経過した今日においてもなお同じ方法で良好な駆除効果を収めている。この事実は市内の溝や下水溜から発生するアカイエカに対する駆除では3—4年で駆除薬剤を変えねばならなくなった事と比較して興味深い。アカイエカとヤブ蚊類とは抵抗性発達に難易の差があるかも知れないが、それを調べる以前に容器内に注入されたDDTがどの程度の期間効果を持続するかを確かめることは、ヤブ蚊類のDDT淘汰の程度を知るために、また実験的に適正な注入濃度、注入間隔を知る上に極めて重要である。そこでDDT注入後ある間隔で墓地のアカダナから採取した水のDDT濃度をネツタイシマカ幼虫を用いた生物試験の結果から推定したので、その成績を報告する。

本文に入るに先立ち、終始御指導と原稿の校閲を賜った大森南三郎教授に深甚なる謝意を表する。

実験場所及び方法

1961年、長崎市を取巻く丘陵地帯の4墓地内のそれ

ぞれ2ヶ所で、10分間に飛来した蚊成虫を手網で採集し、毎週1回の調査を続けた結果、各墓地での1年間の総採集数は第1表の通りで、周りに殺虫剤無注入の発生場所の存在する墓地では飛来数がやや多かったが、他の墓地では良好な駆除効果をあげている。これらの4墓地の中から広さにおいて最も大きい寺町墓地の中央部に位置する大音寺墓地内に約50m×40mの実験区を選んだ。この地域の諸容器には1954年以来年4回のDDTの注入を続けており、1960年10月に最後の注入を行なった後1961年春には注入を行なわず蚊の発生状況の調査を続けたところ、1961年8月中旬に若干の容器にヒトスジシマカの発生を認めた。そこでこの実験区内のアカダナ93ヶについて同月下旬にその容積を測定し、各容器の調査時の水量に関係なく容積に対して100ppmとなるようにDDT乳剤を注入した。実験区内の他の諸容器には引き続きDDTの注入を行なわずに放置したので、若干の容器から蚊が発生して特に9月以後に採集成虫数が多く、従って第1表にみられるように年間の捕獲数が他の地区に比較して多かった。

DDT注入直後、1日後、2日後、1、2、3、5、7、10、15、20週間後に毎回5ヶ所のアカダナを任意抽出し、溜水の有無、日照の程度、落葉の堆積及びくさりの程度、藻類発生の有無を調査後満水してよく攪拌し、採水した。従来蚊幼虫を用いた殺虫剤の生物試験の方法としてはNolan & Wilcoxon (1950)が植物体から抽出したパラチオン残査をネツタイシマカ幼虫

*長崎大学風土病研究所業績 第390号

長崎大学医学部医動物学教室業績 第98号

Table 1 Total number of adult mosquitoes caught within ten minutes weekly in graveyards of Nagasaki City in 1961

Name of graveyard	Period of inspection	Times of inspections	Catches of adults				
			Species	♀	♂	Total	
Daionji	A	Apr. 19—Nov. 22	26	<i>Ae. albopictus</i>	4	9	13
	B*	Apr. 19—Nov. 22	26	<i>Ae. albopictus</i>	76	29	105
				<i>Ar. subalbatus</i>	1	4	5
Shuntokuji	A	Apr. 25—Nov. 22	24	<i>Ae. albopictus</i>	7	12	19
	B	Apr. 25—Nov. 22	24	<i>Ae. albopictus</i>	14	6	20
				<i>Ar. subalbatus</i>	0	2	2
Kanzenji	A**	June 1—Nov. 22	23	<i>Ae. albopictus</i>	36	26	62
	B	June 1—Nov. 22	23	<i>Ae. albopictus</i>	1	1	2
Choshoji	A**	June 22—Nov. 22	19	<i>Ae. albopictus</i>	30	35	65
	B	June 22—Nov. 22	19	<i>Ae. albopictus</i>	13	8	21

* The breeding of larvae was found in some of the containers left untreated with DDT.

**Some breeding places were found outside the treated yard.

を用いて推定しており、また Burchfield ら (1952) はネツタイシマカ幼虫の生死を判別する一方法として Photomigration method を考案している。これらの方法を参考にしてネツタイシマカ幼虫の DDT に対する感受性を目安としてそれに対する供試液の殺虫力を調べることににより採取液の DDT 濃度を推定した。すなわちアカダナから採取した供試液の殺虫力を調べるために稀釈液全量が 250cc となるように供試液を 5 倍、25 倍等 5 倍毎に 4—5 段階にうすめ、一方供試幼虫の DDT 感受性を調べるために 0.005, 0.01ppm 等 2 倍毎に 8 段階の濃度の DDT 乳剤稀釈液を作った。それぞれの稀釈液には 2 ケずつの繰返しをとり、25 匹ずつの孵化後 2—4 日目のネツタイシマカ幼虫を入れた。幼虫投入後 48 時間目における死虫数、仮死虫数、生存虫数から、

$$\frac{\text{死虫数} + \text{仮死虫数}}{\text{供試虫数}} = \text{死亡率}$$

として死亡率を計算した。各稀釈倍率及び濃度における死亡率から濃度死亡率回帰直線を Finney の簡易法により計算し、各供試液の中央致死稀釈倍率 A 及び供試虫の中央致死濃度 B を計算した。供試液を A 倍に薄めた稀釈液中には供試幼虫を 50% 殺すに相当する濃

度すなわち B ppm の DDT を含むと考えられるから、

$$\text{供試液の DDT 濃度} = A \times B$$

の式から DDT 濃度を推定しうる。但し B の値は供試幼虫の発育程度により異なるが常に同年令の幼虫を用いることが困難なため、試験の都度供試幼虫の DDT 感受性を調べてその時の B の値を求めた。

結果及び考察

生物試験によって得られた結果から、各アカダナからの採取液の DDT 濃度を推定すると、第 2 表及び第 1 図の通りになる。DDT 注入後第 1 週目において採取液の DDT 濃度が著しく減少して約 1/10 になった。特に空のアカダナに薬液を注入してそれが乾燥した時には採取液の DDT 濃度の減少の程度が甚だしかった。DDT は殺虫剤の中でも化学的に安定で、熱、酸等によっても分解されにくく、また蒸気圧が低く拡散性が小さいと言われており、DDT のこのような化学的性質から考えて DDT のこの急激な減少は不可解であるが、或いは空のアカダナに注入された場合には短時間が乾燥して一部の DDT はアカダナの底部に固着して採水の際に注水後攪拌しても一部は残るであろうし、採取液中の DDT 粒子は荒くなり殺虫効力が低下するの

Table 2 Estimation of DDT residue in water-containers at certain intervals, by the biological assay method using *Aedes aegypti* larvae

Date inspected (Days after injection)	Water-containers				LC50 for test water 1)	LC50 for DDT emulsion ²⁾	DDT concentration in ppm	
	Number	Capacity (cc)	Contents*	In the sun (+)			of each test water	Average
Aug. 28, 1961 (0)	No. 16	510	E	+	1350	0.0562	75.9	61.6
	No. 17	1100	E	+	1460		82.1	
	No. 20	340	C	-	741		41.6	
	No. 28	540	B	+	512		28.8	
	No. 43	770	D	--	1420		79.8	
Aug. 29, 1961 (1)	No. 59	930	B	+	104	0.575	59.8	34.0
	No. 71	160	A	+	14.6		8.40	
	No. 73	920	E	+	131		75.3	
	No. 78	450	B	-	39.0		22.4	
	No. 19	680	C	+	7.23		4.16	
Aug. 30, 1961 (2)	No. 39	460	A	+	40.6	0.0458	1.86	6.67
	No. 69	720	A	+	387		17.7	
	No. 35	1320	C	+	28.1		1.29	
	No. 37	690	C	+	32.5		1.49	
	No. 93	520	A	+	240		11.0	
Sept. 4, 1961 (7)	No. 46	580	D	-	1.33	0.176	0.23	7.94
	No. 72	920	E	+	14.2		2.50	
	No. 7	950	E	+	9.03		1.59	
	No. 23	760	A	-	69.1		12.2	
	No. 84	1320	E	+	132		23.2	
Sept. 11, 1961 (14)	No. 3	650	C	+	15.3	0.0349	0.54	1.98
	No. 4	800	A	+	46.3		1.62	
	No. 14	720	A	+	141		4.92	
	No. 52	1060	D	-	64.9		2.27	
	No. 92	420	A	-	15.2		0.53	
Sept. 18, 1961 (21)	No. 33	920	E	+	85.0	0.0627	5.33	1.56
	No. 77	100	D	-	≤ 5.0		-	
	No. 38	460	A	-	2.85		0.18	
	No. 61	1820	D	+	15.6		0.98	
	No. 86	780	E	+	20.5		1.29	

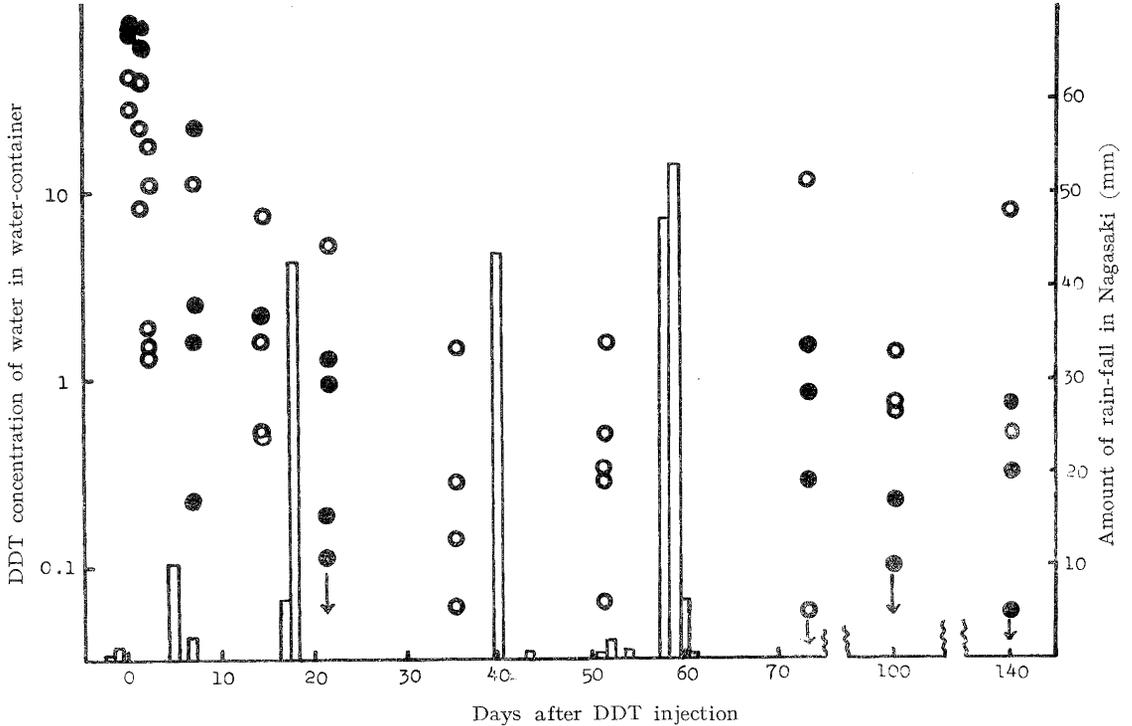
Table 2 (continued)

Date inspected (Days after injection)	Water-containers				LC50 for test water 1)	LC50 for DDT emulsion 2)	DDT concentration in ppm	
	Number	Capacity (cc)	Contents*	In the sun (+)			of each water	Average
Oct. 2, 1961 (35)	No. 41	1100	B	-	115.3	0.0125	1.44	0.49
	No. 42	580	B	-	22.8		0.29	
	No. 85	1000	B	+	11.2		0.14	
	No. 6	680	A	+	5.36		0.07	
Oct. 18, 1961 (51)	No. 34	620	A	+	22.6	0.0383	0.87	0.53
	No. 50	170	A	-	8.54		0.33	
	No. 88	810	C	-	7.60		0.29	
	No. 56	1320	C	-	1.56		0.06	
	No. 22	480	C	+	28.9		1.11	
Nov. 9, 1961 (73)	No. 2	770	E	+	53.2	0.0280	1.49	2.84
	No. 10	850	E	+	10.4		0.29	
	No. 25	270	A	+	413		11.56	
	No. 48	250	B	-	<2.0		-	
	No. 91	520	D	-	30.0		0.84	
Dec. 8, 1961 (102)	No. 65	460	D	+	1.20	0.126	0.15	0.59
	No. 90	720	A	+	11.2		1.41	
	No. 30	560	B	-	6.20		0.78	
	No. 63	170	C	+	5.14		0.65	
	No. 75	2030	D	+	≪2.0		-	
Jan. 16, 1962 (141)	No. 8	860	D	+	≪2.0	0.0173	-	1.89
	No. 29	720	A	-	28.9		0.50	
	No. 32	500	A	-	458		7.92	
	No. 55	1240	D	+	18.0		0.31	
	No. 83	420	E	+	41.4		0.72	

- * A: Empty with a few fallen leaves
- B: Empty with many fallen leaves
- C: Empty with many decayed leaves
- D: Rain-water with a few fallen leaves
- E: Rain-water with decayed leaves

1) The figure is represented by a diluent of test water by which 50% *Ae. aegypti* larvae were killed.
 2) The figure is represented by a concentration in ppm of DDT by which 50% *Ae. aegypti* larvae were killed.

Fig. 1 Biological assay of DDT residue of water-containers using *Aedes aegypti* larvae, with the record of rain-fall during the investigation period (●: Water contained, ○: Empty)



ではなかろうか。しかし水の溜っているアカダナに注入された場合には DDT 粒子は時間の経過と共に沈降して効力の減少が緩慢となるのではないかと考えられる。このような意味で生物試験によって得られた採取液の DDT 濃度は DDT の殺虫力を基準とした生物学的な意味を持つもので、化学的又は物理的な濃度又は残留量を意味するものではない。

注入後 1 週間目後の DDT 濃度の減少はゆるく、20 週後においても採取液の DDT 濃度は平均 0.5ppm 以上で、その後もかなり長期間大部分のアカダナには 0.1ppm 以上の DDT が残るだろうと想像される。しかし各アカダナによる残留濃度の変異が大きく、毎回の試験において最大と最小とでは 10 倍以上の差がみられる。このような残留濃度の変異はアカダナの条件による違いによって起るものではないかと考えられたので、第 3 表に示すようにその内容物の状態でアカダナを次の 5 段階に類別して吟味した。

A: 空かまたはごく僅かの落葉などの有機物の入ったアカダナ

B: 多数の落葉が溜っているが、底部は比較的乾燥した状態にあるアカダナ

C: 多数の落葉が溜り下層は腐熟して湿った状態にあるアカダナ

D: 水が溜っているが有機物が少なく採取した水が透んだ状態にあるアカダナ

E: 落葉など多量の有機物が水につかった状態にあるか、あるいは多量のアオミドロなど藻類が発生し水が濁った状態にあるアカダナ

また、アカダナのある場所の日当りの程度によって日向と日蔭に分けて検討もしてみた。上記諸条件下における残留濃度の差異をみるために、残留濃度の減少程度のゆるやかになった第 2 週以後の採取液について諸条件下毎の残留濃度の平均値で比較してみると、第 3 表に示すように空のアカダナ (A + B + C) と水の溜ったアカダナ (D + E) の間では空のアカダナの方が残留濃度が高く、また日向と日蔭にあるアカダナの間では乾燥が早いと思われる日向の方が高いようであるが、アカダナによる変異が大きく何れも 5% 水準では

Table 3 Difference in residual DDT in water-containers under various conditions

Contents		No. of containers examined	Residual DDT in average during the observation period after 14 days of injection	
Empty	with few fallen leaves	11	2.72	1.68
	with many fallen leaves	5	0.53	
	with many decayed leaves	5	0.53	
Rain-water	with fallen leaves	8	0.57	0.93
	with decayed leaves	5	1.53	
Sunny place		20	1.67	
Shady place		14	1.10	

有意差は認められない。それにしてもこのことはDDT注入直後のDDT濃度が空のアカダナにおいて著しく低かった事と矛盾するようであるが、DDT注入時に水が溜っていたものでもその後空になりDDTが乾燥固着して再び水が溜った時には採取液の濃度が低くなることによって第2週目以後には有意差がみられなくなったものと考えられる。有機物の多少によるDDT濃度の差異をみると、空の場合には有機物の多いアカダナの方に有意的に濃度が低く、これに対して水の溜ったアカダナでは逆に有機物の多い方にやや高かったが、その差は有意ではなかった。有機物の少ないアカダナの中には清掃によってDDTが流失したと思われるものも若干含まれているので、この事を考慮すると有機物の多い方がやや低くなると考えられ、腐熟した有機物がDDTの分解に何らかの影響を及ぼしているのではないかと推測される。

注入されたDDTの降雨による影響をみるために、第1図に調査期間中の降雨量を示した。注入後10週間に40mm以上の雨が3回降ったが、降雨直後においてDDT濃度にさほど減少がみられなかった。注入されたDDTはアカダナが空の場合には上述したように乾燥し底部に固着し、水中に注入された場合でも底部に沈降しあるいはその後の乾燥で固着して雨水によって流失し難い状況にあるのではないかと想像される。

この実験地区は町に近く参詣人が比較的多い方向のように思われるが、参詣人によるアカダナの清掃が

DDTの消失の原因となった例を11月9日に採水したNo. 91, 12月8日のNo. 75, 1月17日のNo. 8の3アカダナで認めた。このうち後2者ではDDT濃度の推定ができない程度に少なく、No. 91のアカダナでは僅かのDDTが認められた。これ以前にもDDT濃度の極端に少ない場合(例えば9月18日のNo. 77)があったが、恐らく同様の原因によるものと想像される。このように参詣人によるアカダナの清掃がそれらのアカダナでのDDT濃度の減少に重要な役割を演じていることは明らかで、参詣人の多い所と季節には殺虫剤の注入回数を考慮する必要があると考える。

野外においてDDTがどの程度の濃度にまで減少した時にヤブ蚊幼虫が発生しうるかを知る目安として、アカダナ採取液の各種稀釈液中でのヒトスジシマカ幼虫の発育の可否を次のようにして調べた。すなわち1961年8月、殺虫剤注入直前に実験地区内のアカダナから採集して実験室内で累代飼育中の成虫から得たヒトスジシマカの卵を約100個ずつDDT注入後20週目のアカダナからの採取液の稀釈液に入れ、3日後における孵化生存幼虫数から生存率を求め第4表に示した。その時の採取液のDDT推定濃度を求めて各濃度での生存率を比較すると、発育を許す限界濃度は約0.1ppmにあると推測される。

以上の結果からDDT注入後3週間以後において少数のアカダナでは0.1ppm以下に濃度が減少したのものもあるから、これらのアカダナではヒトスジシマカ幼

Table 4 Residual effect of DDT in the water-containers 20 weeks after the insecticide being injected in 100 ppm

Water-container No.	No. 29		No. 32		No. 55		No. 83	
	E.C. (ppm)	S.R. (%)						
× 5	0.10	14.3	1.54	0	0.062	0	0.14	0
× 25	0.02	19.0	0.31	0	0.012	4.8	0.029	9.5
× 125	0.004	47.6	0.062	4.8	0.0025	19.0	0.0054	33.3
× 625	0.0008	52.3	0.012	38.0	0.0005	100	0.0011	66.7

E.C. : Estimated concentration of DDT in the diluent

S.R. : Survival rate of newly hatched larvae

虫が生存可能と考えられる。しかし注入後20週間を経過した後も半数以上のアカダナでは0.5ppm以上の濃度でDDTが残っているから更にかなり長期間駆除効果が持続すると期待される。たとえ一部容器のDDT濃度が発生可能の程度にまで減少したとしても、本基地のように駆除作業が一斉に徹底して実施されている場合には急に発生個体数の増加を来すようなことは考えられない。実際に1960年10月にDDTを注入して以来1961年春には実験地区の墓地の諸容器にはDDTの注入を行なわなかったが、8月中旬に数ヶ所の容器からヒトスジシマカ幼虫の発生をみた程度であったことを考えると、更に駆除作業が徹底し、墓参人のアカダナの清掃に注意するならば、注入回数を更に減らしても良好な駆除効果を期待しうるのでないかと考えられる。しかし長崎市内で駆除作業を行なっている墓地の中には管理のよく行き届かない墓地もあり周囲に発生源の多い環境の悪い墓地も存在するから、このような墓地では年4回の注入が必要であろう。

摘 要

長崎市では75万平方メートルにも及ぶ墓地の諸容器から発生するヤブ蚊類の駆除のためにDDT乳剤をその容積に対して100ppmとなるよう年3—4回注入して極めて良好な駆除効果を収めているが、注入したDDTの効果の持続性を調べる目的で、DDT注入後ある間隔で墓地のアカダナから採取した水のDDT濃度をネ

ツタイシマカ幼虫を用いて生物試験により推定した。

1) DDT注入後1週目において採取液のDDT濃度が約1/10に著しい減少を示し、特にアカダナ内に水がなく、注入薬液が乾燥固着する場合に減少の程度が著しいように思われる。

2) 2週目以後のDDT濃度の減少はゆるやかとなり、アカダナによる変異が大きく、また水の有無による残留濃度の差も明らかでなくなる。注入3週間後には一部のアカダナでDDT濃度が0.1ppm以下に減少するが、一方20週間後においても半数以上のアカダナでは0.5ppm以上の濃度でDDTが残っており、更に長期間0.1ppm以上の濃度が持続するものと思われる。

3) 降雨直後においてアカダナ内のDDT濃度の減少は殆んど認められないので、降雨によるDDTの流失は極めて少ないものと想像される。

4) 少数のアカダナでは推定不可能な程度にDDT濃度が低かったが、これは参詣人による掃除によってDDTが流失するものと考えられる。

5) 実験的に推定したヒトスジシマカの孵化直後の幼虫の生存を許す限界濃度が約0.1ppmであることと、実際の注入後20週目においても半数以上のアカダナで0.5ppmの濃度が保たれていることから、一斉駆除と墓参時のDDTの流失の防止、更には墓地周辺の発生場所を整理することによって、現行の注入回数を更に減ずることが可能であると考えられる。

文 献

- 1) **Burchfield, H. P., Hilchey, J. D. and Storrs, E. E.:** An objective method for insecticide bioassay based on photomigration of mosquito larvae. *Contr. Boyce Thompson Inst.* **17** (1): 57-86, 1952.
- 2) **Nolan, K. and Wilcoxon, F.:** Method of bioassay for traces of parathion in plant materials. *Agr. Chem.* **5** (1): 53,74, 1950.
- 3) **大利 茂久:** 蚊族の撲滅に関する実験的並びに
 4) **大利 茂久:** 蚊族の撲滅に関する実験的並びに
 5) **大利 茂久:** 蚊族の撲滅に関する実験的並びに
- 実際の研究 第一篇 墓地に於ける蚊族撲滅の基礎的並びに実際の研究 (其の一) 長崎医学会雑誌 **29** (12): 1025—1033, 1954.
- 実際の研究 第一篇 墓地に於ける蚊族撲滅の基礎的並びに実際の研究 (其の二) 長崎医学会雑誌 **30** (11): 1577—1584, 1955.
- 実際の研究 第一篇 墓地に於ける蚊族撲滅の基礎的並びに実際の研究 (其の三) 長崎医学会雑誌 **30** (11): 1585—1595, 1955.

Summary

In former reports one of the authors, Ori (1955) concluded that the injections of DDT emulsion at a rate of 100 ppm per capacity, for all water-containers of the whole graveyard areas, irrespective of the amount of water at the time of the injection, 3 or 4 times a year resulted in a satisfactory control of Aedine mosquitoes. Since 1955, the above procedures have been continued with the same satisfactory results. In 1961, experiments were projected to examine the persistence of injected DDT, the development of DDT resistance in the main breeding species, *Aedes albopictus* (This will be dealt with on later occasion), and furthermore the propriety of the injection intervals and the concentration of DDT in operation.

The DDT concentration at a certain interval after the injection of 100 ppm, was estimated as the product of the LC50 of *Aedes aegypti* larvae for a test water and the LC50 of those for DDT emulsion, as shown in Table 2. The decrease is larger for a week in containers of being empty on the day of inspection but thereafter the difference in the residue of the test water in containers with and without water becomes indistinct owing to a rather great individual variation among them. On the other hand, the decrease of residual DDT in the test water on and after 14th day of the injection, appears in general to be slightly larger in containers with decayed matter, if a few cases are excluded in which complete or remarkable loss of DDT due to washing off of contents by visitors was found in some of containers having no leaves on the day of the inspection just after the Lantern Festival held on mid-August. The decrease in residual DDT is scarcely observed after rather heavy rain falls.

At any rate in many of containers more than 0.5 ppm of DDT residue are found in test water even 20 weeks after the injection, although in some of them the insecticide is found in only 0.1 ppm or less already 3 weeks later. This seems to be the reason why the present antilarval measure is holding an effective control, as a critical concentration of DDT for the existence of the youngest larvae originated from *Aedes albopictus* larvae collected in some containers in the test area, is being found to be 0.1 ppm or less as seen in Table 4.

The results of the present experiments suggest that the times of DDT injection may be reduced if the containers are kept free of leaves or decayed matter and are prevented from the loss of DDT due to washing off by visitors just before the Festival.