[農化 第 42 卷, 第 5 号, p. 267~272, 1968]

界面活性剤の生物活性に関する研究 (第 2 報)

p, p'-DDT 乳剤のアカイエカの幼虫に対する致死毒力
およびノックダウン速度に及ぼす非イオン性
界面活性剤の影響について

松 原 弘 道

(岐阜大学農学部農芸化学科)

昭和 42 年 9 月 9 日 受理

Studies on the Biological Activity of Surface-Active Agents Part II. On the Effect of Nonionic Surface-Active Agents upon the Lethal Toxicity and Knockdown Speed of *p, p'*-DDT Emulsion against Larvae of the Common House Mosquito, *Culex pipiens pallens* Coquillett

By Hiromichi MATSUBARA

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Gifu University

The influences of 29 kinds of nonionic surface-active agents upon the lethal toxicity and knockdown speed of *p, p'*-DDT emulsions against larvae of the common house mosquito were evaluated by means of petri dish method which was previously proposed by the author.

The most surfactants tested increased the lethal toxicity and knockdown speed of *p, p'*-DDT against mosquito larvae and both properties were closely related to the characteristics of surfactants. In other words, the peak of the former property and those of the latter were at 15.0~16.5 and 12.5~14.0 of HLB, respectively; therefore, it was presumed that the more lipophilic site than the lethal action was necessary for the rapid paralysis of insect.

The knockdown speed was not related to the surface tension of surfactant alone, yet lethal toxicity was closely correlated with the same; also the lethal toxicity of surfactant alone was not related to the lethal toxicity of *p, p'*-DDT emulsion, but the knockdown speed of emulsion was closely correlated with the same.

p, p'-DDT emulsion which was added in various proportions of polyoxyethylene oleyl ether as an emulsifier indicated the maximum of knockdown speed and minimum of lethal toxicity almost at the starting point of solubilization of emulsifiable concentrate.

(Received September 9, 1967)

緒 言

殺虫剤の補助剤として用いられる界面活性剤が、その殺虫効果に及ぼす影響は極めて重要な問題であるので、これらに関しては多数の研究があるが、供試殺虫剤、界面活性剤、昆虫の種類、あるいは適用方法の相違によって種々異なった結果が得られており、多くの場合、界面活性剤と殺虫剤とは、共力的あるいは拮抗的に働くもの

である⁽¹⁾。

DDT 製剤についても polyoxyethylene (POE) nonyl-phenol ether⁽²⁾, POE *p*-chlorophenyl ether⁽³⁾, 石鹼⁽⁴⁾ および POE sorbitan monooleate⁽⁵⁾ を併用した場合、その殺虫効力に強い影響を及ぼすことが報告されているが、POE の縮合度の異なる広範囲の各種非イオン性界面活性剤についての研究は極めて少なく、また DDT の

昆虫に対するノックダウン速度に及ぼす各種界面活性剤の影響についてはほとんど研究がないので、著者はこの点を明らかにする目的で、29 種の非イオン性界面活性剤を併用した *p,p'*-DDT 乳剤のアカイエカの幼虫に対する致死毒力、ならびにノックダウン速度を著者⁽⁶⁾の提案によるベトリー皿法を用いて測定し、両生物活性と各界面活性剤の特性との関係について新知見を得たのでここに報告する。

実験材料および方法

(1) 供試薬剤

p,p'-DDT は日本曹達株式会社製 mp 108.8~109.3°C の純結晶、乳化剤としては前報⁽⁷⁾で用いたと同じ界面活性剤のうち、Table I に示す 29 種の POE 系非イオン性活性剤を取りあげた。記号の末尾の数字は oxyethylene の縮合モル数を示す。これらのうち CA, LL, NP および OL 系の薬剤はすべて竹本油脂株式会社で合成した純品で、その品質をも付記した。しかし L 系, P 系, LT, OT および ST (日本油脂製) ならびに Triton X-100 はいずれも市販の工業製品である。HLB は Griffin⁽⁸⁾ の方

法で算出し、水分はカールフィッシャー法、pH は 1% 水溶液についてガラス電極 pH メーターを用いてそれぞれ測定したものである。溶剤としては市販 1 級のキシレン (bp 138.5~141.5°C) を用いた。

(2) 供試昆虫

ノックダウンならびに致死試験に使用したアカイエカ *Culex pipiens pallens* Coquillett の幼虫は前報⁽⁷⁾に用いたと同様の終令虫である。

(3) 実験方法

生物試験に用いた乳剤原液の基準組成は *p,p'*-DDT 20%, 界面活性剤 20%, キシレン 60% としたが、*p,p'*-DDT の致死毒力ならびにノックダウン速度におよぼす乳剤原液中の OL-20 の含量の影響をみる場合は、*p,p'*-DDT およびキシレンは前者と同量とし、OL-20 の添加量を基準量の 1/4~32 倍量に変化させた乳剤原液を調製した。このようにして調製した *p,p'*-DDT 乳剤のアカイエカの幼虫に対する 24 時間後の致死毒力はベトリー皿法によって求めた。実験は 15 回に分けて行ない、毎回基準として Triton X-100 を配合したものとの比較を行

ない、それぞれの毒力の換算を行なった。実験によって得られた各薬液の濃度 (ppm) を対数に、致死率 (%) を probit に置き換え、Bliss の薬量-反応率一次変換操作を施してその回帰方程式を求め、Triton X-100 を含む薬液を基準とした LC₅₀ 比を算出した。この際 *p,p'*-DDT の薬量-致死率回帰線は常に 2~3 線分に分れるが、LC₅₀ の算出には probit 5.0 と交わる線分をとった。次いでアカイエカの幼虫に対する *p,p'*-DDT のノックダウン速度に及ぼす各界面活性剤の影響をみるため、著者⁽⁶⁾が先に提案したベトリー皿法を適用した。すなわち、上記の実験によって得られた各薬液のアカイエカの幼虫に対する LC₅₀ 比に配合した等毒力の各乳剤原液を調製し、その薬

Table I. Code Sign, Chemical Names and Characteristics of Agents Studied

Code sign	Chemical names	HLB	Water (%)	pH
CA-15	Polyoxyethylene (15~150) castor oil ether	8.4	0.6	7.35
CA-25		11.0	0.5	5.70
CA-30		11.9	0.8	7.10
CA-50		14.0	0.2	6.25
CA-90		16.3	0.2	4.20
CA-150		17.6	0.3	3.70
L-2	Polyoxyethylene (2~15) monolaurate	9.5	—	—
L-4		13.1	—	—
L-6		14.1	—	—
L-15		14.9	—	—
LL-7.5	Polyoxyethylene (7.5~13) lauryl ether	12.8	0.1	6.25
LL-10		14.0	0.1	5.65
LL-13		14.6	0.3	7.20
NP-8	Polyoxyethylene (8~15) nonylphenol ether	12.8	0.4	4.80
NP-11		13.8	0.5	5.30
NP-15		15.0	0.1	5.05
OL-5.5	Polyoxyethylene (5.5~50) oleyl ether	9.0	1.7	6.00
OL-10		12.4	0.3	6.70
OL-15		14.0	0.1	6.40
OL-20		15.3	0.2	5.30
OL-30		16.5	0.9	7.00
OL-50		17.8	0.6	7.40
P-8	Polyoxyethylene (8~25) cetyl ether	11.9	—	—
P-13		14.1	—	—
P-25		16.4	—	—
LT-21	Polyoxyethylene (21) sorbitan monolaurate	16.7	—	—
OT-21	Polyoxyethylene (21) sorbitan monooleate	15.0	—	—
ST-21	Polyoxyethylene (21) sorbitan monostearate	14.9	—	—
Triton X-100	Polyoxyethylene (9~10) <i>p</i> - <i>t</i> -octylphenol ether	13.5	—	—

液によって幼虫が 15~48 分の間にその 50% がノックダウンするように適宜稀釈し、それがアカイエカの幼虫に示す時間-ノックダウン虫率を求め、時間(分)を対数に、ノックダウン虫率(%)を probit に置き換え、おのおの時間-ノックダウン虫率回帰線を描き、その線上から KT_{50} を求めた。

この場合、乳化剤自身が p, p' -DDT の致死毒力ならびにノックダウン速度に増進あるいは抑制効果を示すか否かを試験することが必要であるので、 p, p' -DDT のキシレン溶液を水を分散媒とする乳濁液とするため、所定濃度の p, p' -DDT キシレン溶液を一定量の水面上に浮かし、超音波を照射(出力 150 W, 25 kc で 1.5 分)乳化し、それと Triton X-100 を用いて乳化した p, p' -DDT 乳剤との比較換算を行ない、さらに各界面活性剤の致死毒力増進度(超音波乳化乳剤の LC_{50} /供試界面活性剤を併用した乳剤の LC_{50})、ならびにノックダウン速度増進度(超音波乳化乳剤の KT_{50} /供試界面活性剤を併用した乳剤の KT_{50})を算出した。

なお、各供試界面活性剤の表面張力の測定は、その 0.05, 0.025 および 0.005% の水溶液について Traube の滴数計を用いて 25°C で測定した。乳剤の安定性は各界面活性剤 0.1 g を 30 cc の試験管にとり、10 cc の水道水を加えてよく振盪し乳濁液となし、常温で 24 時間静置後、クリーム分離の状態および下層を肉眼で観察して判定した。なお実験時の水温は 25~30°C であった。

実験結果および考察

(1) p, p' -DDT 乳剤のアカイエカの幼虫に対する致死毒力ならびにノックダウン速度に及ぼす各種界面活性剤の影響

前項に述べた実験法に従い、29 種の界面活性剤を補助剤として併用した p, p' -DDT 乳剤のアカイエカの幼虫に対する致死毒力ならびにノックダウン速度増進度を超音波処理乳剤を基準として Table II に示した。

なお、表中には供試各界面活性剤の単剤のアカイエカ幼虫に対する LC_{50} (Triton X-

100 基準)、ならびに 0.05~0.005% 水溶液の表面張力をも付記した。

(i) p, p' -DDT 乳剤への致死毒力増進度と界面活性剤の化学構造, HLB, 表面張力あるいは単剤の致死毒力との関係: 先に上杉ら⁽³⁾はアズキゾウムシに DDT 乳剤を適用した場合、乳化剤の存在は殺虫力を抑制する傾向にあると述べているが、著者の得た Table II の結果では、供試化合物中 L-4, NP-8 および NP-11 の 3 者のみは p, p' -DDT の致死毒力をわずかに減退せしめるが、他の大部分のものはそれを増進せしめる傾向にあり、そのうちでも CA, OL および P 系の界面活性剤はその増進度が高く、特に CA-90 の如きは超音波乳化の 4.43

Table II. The Degrees of Increasing of the Lethal Toxicity and Knockdown Speed of p, p' -DDT Emulsions Against Mosquito Larvae by Surfactants used, and Relative Lethal Toxicity and Surface Tension of Surfactants Alone

Surfactant	p, p' -DDT emulsion		Surfactant alone			
	Degree of increasing		LC_{50} ratio	Surface tension dyne/cm (25°)		
	Lethal toxicity	K-D speed		0.05%	0.025%	0.005%
Ultrasonic wave	1.00*1	1.00*2	—	—	—	—
Triton X-100	1.41	1.75	1.000*3	31.58	34.04	51.64
CA-15	1.89	2.12	92.54	45.27	49.12	64.35
CA-25	0.98	2.25	750.8	46.93	51.48	64.32
CA-30	1.51	3.07	447.8	47.85	51.46	60.51
CA-50	2.04	3.08	182.0	43.74	47.28	62.36
CA-90	4.43	2.30	318.9	48.58	51.46	59.50
CA-150	2.90	2.09	326.2	50.27	51.46	60.51
L-2	0.99	1.16	0.2365	33.04	35.83	45.11
L-4	0.64	1.66	9.241	36.55	38.67	54.25
L-6	1.29	1.48	111.5	40.67	42.34	59.53
L-15	2.21	1.48	11.26	37.92	40.92	54.86
LL-7.5	0.94	1.96	0.0864	29.94	31.14	44.13
LL-10	1.07	2.19	0.1586	31.42	31.90	44.63
LL-13	1.27	0.96	4.615	36.84	37.59	49.01
NP-8	0.78	1.98	0.7432	28.83	30.76	44.79
NP-11	0.82	2.37	1.460	31.18	31.42	44.13
NP-15	1.28	2.12	6.478	35.93	37.19	51.47
OL-5.5	1.44	1.78	76.38	66.68	68.72	69.78
OL-10	2.02	1.84	20.00	41.53	46.75	62.36
OL-15	2.10	2.21	43.58	43.15	49.03	59.62
OL-20	2.25	1.78	90.24	44.32	47.97	59.73
OL-30	2.20	1.91	103.3	45.23	50.28	60.55
OL-50	1.22	0.75	166.5	47.33	52.09	64.57
P-8	3.36	3.03	44.57	39.14	49.09	61.46
P-13	2.57	2.83	25.79	39.78	43.73	57.12
P-25	1.88	1.97	114.8	44.70	47.31	55.63
LT-21	1.63	2.03	589.8	45.23	47.92	58.03
OT-21	1.24	2.42	1476	50.92	53.51	62.63
ST-21	1.55	2.20	1341	52.19	53.52	60.54

*1 $LC_{50}=0.109$ ppm as p, p' -DDT

*2 $KT_{50}=46.77$ min in 4.59 ppm p, p' -DDT emulsion

*3 $LC_{50}=166.3$ ppm

倍の効力を示す。このような現象は供試昆虫ならびに適用方法の差異, 特に適用法が浸漬法によるに基づくものと思われる。また広田ら⁽²⁾および上杉ら⁽³⁾は DDT の乳化剤として oxyethylene の縮合度の異なる POE nonylphenol ether を用いた場合, 同一昆虫に対する殺虫力は縮合度の異なるほど劣るという結果を報告しているが, 本実験における同一化合物 NP では, 反対の結果を得た。また同様に L および LL 系でも縮合度の異なるほど効力増進度が大きいという結果が得られていることから, oxyethylene の縮合度と致死効力増進度との間には一定の関係は成立しないように思われる。次にエステルおよびエーテル型活性剤のアルキル基の炭素数と致死毒力増進度との関係をほぼ同一 HLB において観察すると, POE sorbitan monofatty acid ester (HLB 14.9~16.7) ではその増進度は laurate > stearate > oleate, POE alkyl ether (HLB 14.0~14.1) では cetyl > oleyl > lauryl, また POE alkylphenol ether (HLB 13.5~13.8) では *t*-octyl > nonyl の順であり, アルキル基の炭素数と増進度との間には一定の関係を見出しにくい。

界面活性剤の HLB と致死毒力増進度との関係をみるため, 各系活性剤のうち最高の増進度を示す薬剤の増進度を 100 とし, 各薬剤の HLB との関係を図示すれば Fig. 1 の実線のようになる。

すなわち 1, 2 の例外はあるが, 多くの場合 HLB の低い場合は毒力増進度は小であるが, HLB の増加につれて増進度は高まり, HLB が 15.0~16.5 でピークを示し, 後低下する傾向が認められる。このように併用した界面活性剤の特定の HLB で薬剤の殺虫力が最大となる現象は広田ら^(2,9)によりアズキゾウムシに対する DDT ならび

にイネシナガレセンチュウに対する octylchlororesorcinol においても認められている。これは *p,p'*-DDT の生体膜透過あるいは作用点への浸達および受容の難易などに, 界面活性剤の親油性と親水性のバランスが重要な役割を演じていることを示すものと思われる。

界面活性剤単剤の表面張力と致死毒力増進度との関係を見るため, その 0.05~0.005% 溶液の表面張力と効力増進度との分散図を描き, さらに両者の相関係数を求めると, 0.005% 溶液における相関係数は $+0.917$ ($\phi = 27$) で, 両者は高い正の相関をもつことが明らかとなった。なお 0.05 および 0.025% 溶液においても同様な傾向が認められた。すなわち, 表面張力の低下能の異なる界面活性剤ほど致死毒力の増進度が小となり, 前報⁽⁷⁾の界面活性剤単剤のアカイエカの幼虫に対する毒性の場合と全く逆の関係となる。なお広田ら⁽²⁾は, アズキゾウムシに対する POE nonylphenol ether 加用 DDT 乳剤の致死効力は表面張力が高いほど減少するといっているが, 本実験では全く反対の結果を得ている。これは供試昆虫, 適用方法あるいは薬液濃度などの相違に基づくものと思われる。

Table II に示した界面活性剤単剤のアカイエカの幼虫に対する相対致死毒力 (LC_{50} 比) と *p,p'*-DDT 乳剤の致死毒力増進度との間に相関関係が認められない。これは致死試験の薬液中における界面活性剤の濃度が LC_{50} 付近で 0.2~0.6 ppm であり, このような極めて稀薄な濃度では *p,p'*-DDT の致死毒力へ影響を与え得ないためと考えられる。

(ii) *p,p'*-DDT 乳剤へのノックダウン速度増進度と界面活性剤の化学構造, HLB, 表面張力あるいは致死毒力増進度との関係: 著者⁽⁶⁾の提案による等毒力の薬液によるアカイエカの幼虫に対する KT_{50} から各薬剤のノックダウン速度を測定したところ, Table II に示されるように OL-50 および LL-13 以外の界面活性剤は総てノックダウンを促進することを認めた。すなわち界面活性剤の併用は *p,p'*-DDT の致死毒力を増進せしめると同時に, 薬剤の効力発現の速度を増進せしめることとなる。この原因としては薬剤の生体膜の浸透あるいは作用点への浸達速度の促進などが考えられる。

ノックダウン速度の増進度が 3.0 以上のものは CA-30, CA-50 および P-8 のみで, 大部分の薬剤は 1.5~2.2 の値を示し, 各系間で大差が認められ

Fig. 1. The Effect of HLB of Surfactants upon the Relative Lethal Toxicity and Knockdown Speed of *p,p'*-DDT Emulsion against Mosquito Larvae.
—●— lethal toxicity —○— knockdown speed

ない。また各系の薬剤において oxyethylene の縮合度とノックダウン速度増進度との間にも一定の関係が認められない。次に界面活性剤の化学構造のうち、アルキル基の炭素数とノックダウン速度増進度との関係を、ほぼ同一 HLB において観察すると POE sorbitan monofatty acid ester では oleate>stearate>laurate, POE alkyl ether では cetyl>oleyl>lauryl, また POE alkylphenol ether では, nonyl>*t*-octyl の順で、ほぼ炭素数の増加につれてノックダウン速度増進度も増加する傾向を示す。これはメチレン基の増加に基づく親油性の増加が原因ではないかと相像せられる。

界面活性剤の HLB とノックダウン速度増進度との関係をみるため、致死毒力増進度の場合と同様に、両者の関係を図示すれば Fig. 1 の点線のようになる。すなわち 1, 2 の例外はあるが、ほとんどの薬剤は HLB の低い場合はノックダウン速度増進度は低いが、HLB の増加につれてそれが高まり、HLB 12.5~14.0 でピークを示し、後それが低下する傾向が認められ、このピークは致死毒力増進度のそれ 15.0~16.5 より遙かに親油的方向に片寄っている。この現象は薬剤の昆虫の生体膜透過、さらに作用点への浸達、また DDT の毒作用に対応する生体反応の速やかな発現のためには、より親油的な場が必要であることを示しており、界面活性剤の親油性がこれに密接の関係をもっているものと推定される。

界面活性剤の単剤の表面張力とノックダウン速度増進度との関係は薬剤の浸透速度に関係が深いので、興味あるところであるが、適用時における界面活性剤の濃度が極めて低いため、両者の間に特別の関係を見出せなかった。

また致死毒力増進度とノックダウン速度増進度との関係をみると、両者は密接の相関関係があり、相関係数を求めると $+0.910$ ($\phi=27$) で、致死毒力の増進度の大なる界面活性剤ほど、ノックダウン速度の増進度も大となる結果を得た。

(2) *p,p'*-DDT 乳剤のアカイエカ幼虫に対する致死毒力ならびにノックダウン速度に及ぼす乳剤原液中の POE oleyl ether 含量の影響

一般に殺虫剤の原乳剤に界面活性剤を加用すると、活性剤の濃度の増加につれて効力が増加する場合、逆にそれが減少する場合、さらに特定濃度で効力が増加するという場合が知られている⁽¹⁾。上杉ら⁽³⁾は POE (5.8) *p*-chlorophenyl ether と POE (10) nonylphenol ether の含量を変えた DDT 乳剤をアズキゾウムシに適用したところ、前者では乳化剤の量による殺虫力の変化は少なかったが、後者では乳化剤が多くなるほど殺虫力が低いのを観察している。

ここでは致死毒力ならびにノックダウン速度に対して中程度の促進度を有し、かつ乳剤の安定度が最も大である OL-20 を試料とし、乳剤原液中におけるその含量の変化が乳剤の生物活性に如何なる影響を及ぼすかを検討した。

すなわち、5.88~88.89% の OL-20 を含む 10 種類の乳剤原液について、前述と同様の方法によって、そのアカイエカの幼虫に対する致死毒力、ノックダウン速度および 0.005% 溶液における表面張力を測定し、Table III に示すような結果を得た。

Table III の結果から、乳剤原液中の OL-20 の量を基準量(20%)より減量するときは致死毒力は少しく増大し、反対に増量するときは乳剤の最も安定な 33.33% で最高 1.6 に達し、さらに増量すれば徐々に毒力を減じ、60% で最低に達し、後再び毒力を増強する傾向にある。上杉ら⁽³⁾の研究では乳剤原液中における POE nonylphenol ether の含量は 10~25% の範囲であるが、本実験でも

Table III. Effect of the Composition of Emulsifiable Concentrate upon the Lethal Toxicity, Knockdown Speed and Characteristics of *p,p'*-DDT Emulsion

Content of OL-20 in emulsifiable concentrate (%)	Relative lethal toxicity	Relative knockdown speed	Surface tension of 0.005% solution dyne/cm (25°)	Stability of emulsion
5.88	1.35	0.34	65.28	unstable, cream separate
11.11	1.11	0.75	64.33	//
20.00	1.00	1.00	60.67	//
33.33	1.64	1.06	55.01	most stable
50.00	1.43	1.64	49.68	stable
60.00	0.97	2.03	42.74	somewhat unstable
66.67	1.05	1.51	40.24	solubilization begin
75.00	1.42	1.23	40.26	somewhat solubilize
80.00	1.25	1.21	40.28	solubilize perfectly
88.89	1.38	0.90	40.31	//

この濃度の範囲では氏らの結果と一致する。

一方、ノックダウン速度は基準量より減量すれば急激に減少し、増量すれば漸次増加し、含量 60% で最高に達し、後、含量の増加につれて減少の傾向にあり、致死毒力と全く逆の関係が認められた。このように薬剤の含量が 60% の点で致死毒力が最低、ノックダウン速度が最高を示すのは興味あるところで、この点を過ぎると乳剤原液に加水すればいかなる濃度でも直ちに透明の溶液となるいわゆる可溶化現象をおこすことから、この付近でミセル間隙へ DDT 微粒子が拡散してゆき膠質溶液となり始めるものと考えられ、このため DDT 分子がミセル中に抱合され致死効果を十分に発揮しにくい状態となるものと推定される。また前項の実験によって示されたように、ノックダウン速度のピークよりも親水性側に致死毒力のピークが現われるべきであるが、本実験において OL-20 の含量が 60% 以上の部位に致死毒力最高のピークが現われないのも上記の理由によるものではないかと想像せられる。このような現象と殺菌剤⁽¹⁰⁾においてミセル形成臨界濃度 (cmc) 付近でみられる特異的な生物活性と対比して注目すべきことと考えられる。

p, p'-DDT 乳剤原液中の OL-20 の含量とその 0.005% 溶液の表面張力との関係をみると、その含量が最少の 5.88% で最高の表面張力を示し、その増量に従い漸次表面張力を減少し、それが 66.67% 付近で表面張力低下能が最大となり、可溶化が完全になればほぼ一定値を示す。この低下能最大の点は、前述のように致死毒力最低ならびにノックダウン速度最高のピークに近い点で、可溶化開始と密接の関係があるものと推定される。なお、可溶化が始まるまでは表面張力低下能が大なるほどノックダウン速度も大であるが、可溶化が始まるとそのような関係が成り立たなくなる。

従来、殺虫剤に併用される界面活性剤の種類および量は、もっぱらその乳化性、浸透性、付着性あるいは経済性などから決定されてきたが、以上の諸実験結果から、対象害虫に対するその致死毒力ならびにノックダウン速度増進性からも考慮して決定さるべきものと考えられる。

要 約

p, p'-DDT 乳剤のアカイエカの幼虫に対する致死毒力

ならびにノックダウン速度に及ぼす 29 種の非イオン性界面活性剤の影響を、著者が先に提案したベトリー皿法によって研究した。

供試界面活性剤の大部分は致死毒力ならびにノックダウン速度に対して増進作用を示し、その増進度と界面活性剤の特性との間には密接の関係が認められた。すなわちエステルおよびエーテル型の界面活性剤において、分子中のアルキル基の炭素数の増加につれてノックダウン速度は増進する傾向がある。界面活性剤の HLB と両性質とは密接の関係があり、致死毒力増進度は HLB 15.0 ~ 16.5, ノックダウン速度の増進度はその 12.5 ~ 14.0 においてそれぞれ最高値を示し、昆虫への速やかな効力の発現のためにはより親油的の場が必要と推定される。界面活性剤の単剤の表面張力とノックダウン速度の増進度とは関係がないが、致死毒力増進度とは高い正の相関関係がある。

界面活性剤の単剤の致死毒力とそれを混用した *p, p'*-DDT 乳剤の致死毒力増進度とは関係がないが、乳剤の致死毒力増進度とそのノックダウン速度の増進度との間には高い正の相関関係が認められる。

乳化用補助剤として種々の量の POE oleyl ether を併用した *p, p'*-DDT 乳剤は乳剤原液の可溶化開始濃度付近に、それぞれ致死毒力の最低とノックダウン速度の最高のピークをもっている。

本報告の一部は昭和 39 年 7 月 20 日、日本農芸化学会大会（北海道大学）において発表した。本研究にあたり実験に助力せられた吉田博史君に感謝します。

- (1) 広田幸喜：油化学, **6**, 90 (1957).
- (2) 広田幸喜, 竹内 正：防虫科学, **20**, 1 (1955).
- (3) 上杉康彦, 鈴木照磨：農薬生産技術, **5**, 27 (1961).
- (4) D. K. O'Neil and A. E. Alexander: *J. Sci. Food Agr.*, **14**, 442 (1963).
- (5) M. Sherman and M. Hayakawa: *Jap. J. Appl. Ent. Zool.*, **6**, 150 (1962).
- (6) 松原弘道：防虫科学, **27**, 100 (1962).
- (7) 松原弘道, 伊藤兵吾：農化, **41**, 599 (1967).
- (8) W. C. Griffin: *J. Soc. Cosmetic Chemists*, **1**, 311 (1949).
- (9) 広田幸喜, 山田隆保：防虫科学, **23**, 227 (1958).
- (10) 広田幸喜, 角 博次, 吉村成芳, 桑田五郎：日植病報, **18**, 33 (1953).