

論文篇

栗野螟蛾の卵寄生蜂の寄生相に関する量的研究

Quantitative Studies on the Parasitism of *Trichogramma dendrolimi*, an Egg-parasite of European Corn Borer

彌 富 喜 三 Kisabu IYATOMI

静岡縣立農事試験場

Shizuoka Agricultural Experiment Station

I. 緒 言

栗野螟蛾 (*Pyrausta nubilalis* HÜBNER) は世界に廣く分布し、其の幼蟲は頗る多食性にして粟、玉蜀黍、藍、大豆、小豆、甜菜等の基幹或は種實に蠹入喰害し、又近來棉作の害蟲としても警戒せられつゝあり。之等の作物の單位面積當りの粗収入は概して僅少なを以て其の栽培に要する害蟲防除費も從つて低廉ならざる可からざるに、栗野螟蛾幼蟲の蠹入喰害の習性は著しく之が防除を困難ならしめ殺蟲劑撒布も充分なる効果を發揮し得ざるため、僅に其の防除は被害部の切除焼却或は堆肥堆込等の極めて消極的なる方法に依る現状なり。從つて自然界に於ける栗野螟蛾の發生の抑壓は環境抵抗の増大に期待する所多く特に天敵に依存する所尠からず、静岡地方に於ては栗野螟蛾の繁殖を抑壓する生物的因子として卵寄生蜂 *Trichogramma dendrolimi* MATSUMURA は最も重要な役割を演じ其の寄生率は 50% 以上に達す。著者は昭和 12 年 (1937) の夏静岡縣立農事試験場に栽植せる玉蜀黍に栗野螟蛾が大發生せる際、葉裏、葉鞘等に産附せられたる卵塊を採集し、卵寄生蜂と寄主相互間の數量的關係に就き多少調査するところ有りたり。本務の余暇を利して行ひたるを以て、固より不備の點尠からざるも、今や將に進展の緒に就かんとする群聚生態學 (synecology) に多少なりとも貢獻するを得ば著者の本懐と存じ敢て茲に叙述する事とせり。

本文に入るにあたり終始懇篤なる鞭撻を賜りたる上野場長竝に材料の採集、調査に絶大な援助を與へられたる山下俊平氏に對し滿腔の謝意を表すると共に、寄生蜂の同定を賜りたる東京高等農林學校石井教授竝に本稿の校閲を仰ぎたる東京帝國大學楠木教授及び農林省農事試験場木下技師に對し深甚の敬意を表す。

II. 寄生蟲の寄生相及び分布様式

栗野螟蛾と其の卵寄生蜂 *Trichogramma dendrolimi* の數量的關係を論ずるに先立ち或る種の寄主に對し或る 1 種の寄生蟲が採る可き寄生相竝に分布様式に就き少しく論述すべし。

1 個體の寄主に寄生蟲が只 1 頭寄生する場合これを單寄生 (monoparasitism) と云ひ、2 頭又はそれ以上寄生する場合これを多寄生 (polyparasitism)¹⁾ と呼ぶ。今若し單寄生の場合に

¹⁾ 動物學雜誌, 第 51 卷, 第 7 號, 佐々木忠次郎博士記念號, 昭和 14 年 (1939)

於ても寄主を充分倒し得る能力を有する寄生蟲が多寄生を行へば或る一定數の寄生蟲が倒す寄主の數は減少し、寄生蟲が寄主を倒す効率、所謂寄生效率 (efficiency of parasitism) は低下すべし。殊に多寄生せる寄生蟲が全部完全なる發育を遂げる完寄生 (hicanoparasitism) なければ兎に角、過剰に寄生せるため寄生蟲の一部又は全部が完全なる發育を遂げ得ずして死滅する過寄生 (hyperparasitism) の場合は寄生蟲の蕃殖は却つて減退するに至る事あり。従つて寄生蟲を以て害蟲の蕃殖を抑壓せんとする所謂生物學的防除法を行はんとするに當りて、寄生蟲の寄生相竝に分布様式を先づ究明する事は最も重要な事と云はざるべからず。

扨て多寄生を明確に定義し且これを數學的に取扱ひたるは W. F. FISKE (1910) を以て嚆矢とす。彼は多寄生現象が起るか否かは寄生蟲が健全なる寄主と既に寄生を被りたる寄主とを辨別し前者のみを寄主として選擇する能力を有するか否かに懸るとし、若し寄生蟲が完全なる辨別能力を有すれば總て單寄生を行ふ可く、斯る能力を全然缺如すれば多寄生は全く機會律 (law of chance) に従つて起る可しと述べたり。FISKE は此の觀念に基き一定數の寄生蟲が分布する場合に起る可き寄生率を確率論的に計算し、之と實際の寄生率と比較せる結果、僅か數種の寄生蜂に於て微弱なる辨別能力を認めたるも一般には此の能力を缺くと結論せり。

次で W. R. THOMPSON (1924) は寄生蟲卵の寄主間に於ける分布は全く機會に支配せらるゝ事象とし、FISKE の理論を數式化して次の公式を立てたり。

$$y = N(1 - e^{-x/N}) \dots \dots \dots (1)$$

〔茲に N は寄生數、 x は寄生蟲卵數、 y は被寄生寄主數〕

THOMPSON's formula は嚴密に云へば寄主數が極めて多く無限大に近き場合にのみ成立し、且被寄生寄主數のみを算出し得るに過ぎざる故其の寄生相を明らかにし得ざる憾みあるを以て、其後 R. H. STOY (in SALT 1932) は一定數の寄生蟲が一定數の寄主に全く at random に分布する場合に起り得べき寄生相を確率論的に次の公式に依りて表現せり。

$$z = N \cdot C_p \left(\frac{1}{N} \right)^p \left(1 - \frac{1}{N} \right)^{x-p} \dots \dots \dots (2)$$

〔茲に N は寄主數、 x は寄生蟲數、 p は 1 寄主に寄生する寄生蟲數、 z は p 頭の寄生蟲の寄生を受けたる寄主數。〕

THOMPSON's formula は寄主數が有限數の場合は近似値を算出し得るに過ぎざれども、STOY's formula は正確なる數値を算し得、且 $p=0, 1, 2, 3 \dots$ と置く事に依り其の寄生相をも知り得るを以て前者より遙に進歩せるものと云はざる可からず。即ち $p=0$ と置けば寄生を受けざる寄主數を、 $p=1$ と置けば單寄生を受けたる寄主數を、又 $p=2, 3, 4$ と置けば夫々 2, 3, 4 頭の寄生蟲の多寄生を受けたる寄主數を算出し得べし、近時英國より相續いて發表せらるゝ G. SALT の論述は STOY's formula を基礎として進展せるものにして、*Collyria calcitrator*, *Ibalia leucospoides*, *Limnerium validum* 及び *Trichogramma evanescense* の寄生相を此の公式に依り吟味し、之等の寄生蜂は健全なる寄主と既に寄生を被りたる寄主とを辨別す

¹⁾ Polyparasitism なる語句は FISKE, SALT, IMMS 等の用ゐたる superparasitism と略同義なり。寄生相に關する用語は便宜上次の文獻に依れり。

江崎梯三 (1933) : 多數寄生に關する用語に就いての一提案, 昆蟲, 第 7 卷, 第 3 號, 110—114 頁。

湯淺八郎, 江崎梯三 (1934) : 昆蟲寄生の諸相に關する用語, 昆蟲, 第 8 卷, 第 1 號, 48—50 頁。

る能力を有し多寄生を避くる習性ありと結論せり。

其後著者 (1937) は FISKE 並に SALT の學說を基礎とし寄生蟲の寄主間に於ける分布様式を次の如く分類せり。

1. 完全分布 (perfect distribution)
2. 中間型分布 (intermediate type of distribution)
3. 機會分布 (random distribution)
4. 集中分布 (concentrating distribution)

寄生蟲が健全なる寄主と既に寄生を被りたる寄主とを完全に辨別する能力を有し寄主間に均一に分布するとせば、寄生蟲数が寄主数より小なる時は總て單寄生のみを行ひ従つて被寄主数は寄生蟲數と全く等しかる可く、又寄生蟲数が寄主数より大なる時は寄生率は常に 100% にして假令多寄生を行ふとも 1 寄生に寄生する寄生蟲數は極端に多少なく寄生蟲數を寄主數にて除したる數値に略等しかる可し。即ち

$$x \leq N \text{ のときは } Q = x \dots\dots\dots (3)$$

$$x > N \text{ のときは } Q = N \text{ 且 } p = \frac{x}{N} \dots\dots\dots (4)$$

〔茲に Q は被寄生寄主數、 N は寄主數、 x は寄生蟲數、 p は 1 寄主内の寄生蟲數〕

斯くの如く寄生蟲が寄主間に完全に均一に分布する場合を完全分布と稱す。又寄生蟲が健全なる寄主と既に寄生を被りたる寄主とを辨別する能力を缺き、全く機會律に支配せられて at random に寄主に寄生せば、其の寄生相は確率論的に Stoy's formula に依つて表現せらる可く、斯かる分布様式を機會分布と稱す。今此の場合の被寄生寄主數 R を Stoy's formula に依り算出すれば次の如し。

$$R = N \left[1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^x \right] \dots\dots\dots (5)$$

此の式に於て N が極めて大なる時には (1) の THOMPSON'S formula と同様となるべし、即ち

$$\lim_{N \rightarrow \infty} N \left[1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^x \right] = \lim_{N \rightarrow \infty} N \left\{ 1 - \left[\left(1 - \frac{1}{N} \right)^N \right]^{\frac{x}{N}} \right\} = N \left(1 - e^{-\frac{x}{N}} \right)$$

然るに多くの寄生蜂は後述する如く完全分布と機會分布の中間の分布様式を採るもの多し。之を中間型分布と稱し此の場合の被寄生寄主數は完全分布と機會分布に於ける被寄生寄主數の中間の數値を採る。即ち

$$x \leq N \text{ のときは } x > Q > N \left[1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^x \right] \dots\dots\dots (6)$$

$$x > N \text{ のときは } N \geq Q > N \left[1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^x \right] \dots\dots\dots (7)$$

〔茲に Q は被寄生寄主數、 N は寄主數、 x は寄生蟲數〕

又寄生蟲が健全なる寄主と既に寄生を被りたる寄主とを辨別する能力を缺き且一部の寄主にのみ偏在して寄生し極端なる多寄生を行ふ事あり。斯かる分布様式を集中分布と稱す。此の場合の被寄生寄主數は常に機會分布の場合の夫れより小なる數値を採る。即ち

$$Q < N \left[1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^x \right] \dots\dots\dots (8)$$

茲に寄生蟲が機會分布をなすと假定せる場合の被寄生寄主數 R を以て實際の被寄生寄主數 Q を除したる數値を α とせば

$$\alpha = \frac{Q}{R} = \frac{Q}{N \left[1 - \left(1 - \frac{1}{N} \right)^x \right]} \quad (9)$$

α は寄生蟲の分布指數とも稱す可きものにして、此の數値の如何に依り寄生蟲の採る分布様式を知り得べし、即ち $\alpha < 1$ なるときは集中分布、 $\alpha = 1$ なるときは機會分布、 $\alpha > 1$ なるときは完全分布又は中間分布にして、此の兩分布は寄生蟲が完全に均一に分布するか否かに依り容易に區別し得べし。又寄生の寄生效率は完全分布 > 中間型分布 > 機會分布 > 集中分布の順となるを以て、 α 値の大小に依り其の寄生效率の如何をも略推知し得て便なり。

扱て *Trichogramma dendrolimi* の雌成蟲が卵を栗野螟蛾卵に産附寄生せしむる時、寄生蜂卵が如何なる様式を以て分布し、且如何なる寄生相を示すかに就きて、以上に述べたる處に基き數量的に少しく考察を試みん。

III. *Trichogramma dendrolimi* の栗野螟蛾卵に於ける分布様式

栗野螟蛾は被害植物の葉裏に數粒乃至百數十粒を卵塊として産卵する習性あり。本報告の調査材料は昭和12年の夏當場圃揚に栽植せる玉蜀黍より採集せる卵塊にして、採集當時既に栗野螟蛾幼蟲の孵化せるもの及び卵寄生蜂の羽化せる卵塊を除き、略、寄生卵粒の黒變せる頃卵塊を75%酒精に浸漬保存し隨時調査に供せり、調査に當つては先づ1卵塊宛試験管に入れ、之に5—10%の苛性加里水溶液約10ccを加へて煮沸すれば、臍て卵塊剝離し次いで個々の卵粒に分離するを以て之をスライドに竝べ1粒宛精密に檢鏡して卵寄生蜂の寄生の有無竝に寄生卵粒にありては1卵粒に寄生せる寄生蜂の頭數を調査せり。斯くて各卵塊毎に其の卵粒數 N 、被寄生卵粒數 Q 及び寄生蜂數 x を求め、

(9) 式に依りて α を計算せるに左表の如き結果を得たり。因に本調査に供したる卵塊數は155、其

第 1 表

α	頻 度	百 分 率
0.66—0.80	1	$\alpha < 1$ 9.0%
0.81—0.90	3	
0.91—0.99	10	
1.00	2	$\alpha = 1$ 1.3%
1.01—1.10	35	$\alpha > 1$ 89.7%
1.11—1.20	62	
1.21—1.30	23	
1.31—1.40	13	
1.41—1.57	6	

第 2 表

$x \leq N$ 12例	$Q = x$	0例
	$Q < x$	12例
$x > N$ 127例	$Q = x$	46例
	(うち $p = \frac{x}{N}$ のもの0例)	
	$Q < N$	81例

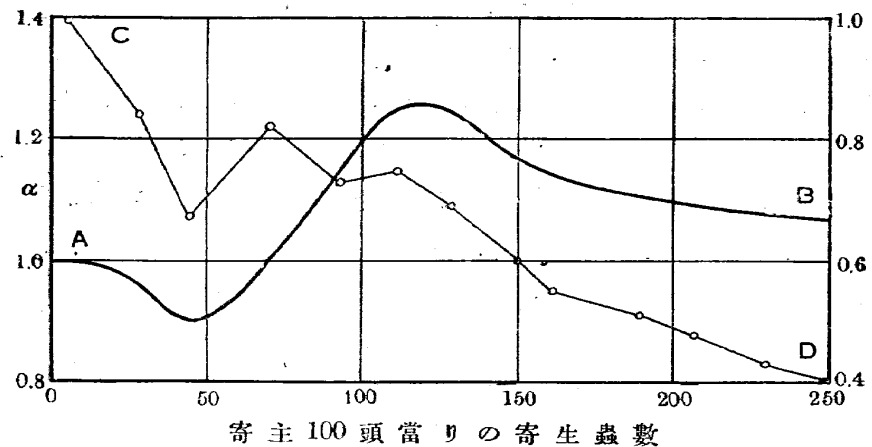
の卵粒數は 6,324 にして、そのうち 5,386 卵粒に寄生蜂 9,315 頭の寄生を見たり。

α の最小値は 0.66、最大値は 1.57 にして平均値は 1.152 ± 0.007 を示せり。若し THOMPSON の假説の如く寄生蜂が機會分布を行へば大多數の α 値は略、1 に等しく且 α 値が 1 より小なる頻度及び 1 より大なる頻度は略、等しき筈なるも、事實は之に反して著しく後者の頻度大にして其の mode は 1.11—1.20 の處にあり。依つて THOMPSON の機會分布の假説は *Trichogramma dendrolimi* には適用し難しと云はざる可からず。次に $\alpha > 1$ なるもの 139 例

に就き完全分布に必要な条件 (3), (4) を満足するものを採るに第2表の如く該当するもの全く無きを以て, *T. dendrolimi* は完全分布を行はざる事明瞭なり。

依つて第1表に於ける $\alpha > 1$ なる 139 例は盡く中間型分布をなすものと認めらるゝを以て, SALT が *Collyria calcitrator*, *Ibalia leucospoides*, *Limmerium validum* 及び *Trichogramma evanescense* に於て認めたるが如く *Trichogramma dendrolimi* も栗野螟蛾卵に對しては大體に於て中間型分布をなすものと認め得べし。

然れども集中分布をなすものも 155 例中 14 例 (9%) に及ぶ事實は看過すべからざる點にして, 寄生蜂の有する辨別能力に依り或る程度多寄生を避け得る結果中間型分布をなすとする SALT の學說を以てしては此の事實は説明に難色あるところなり。



第1圖 寄主100頭當りの寄生蟲數と分布指數並に寄生效率との關係
AB: 分布指數 α CD: 寄生效率 Q/x

次に前述の 155 卵塊に就きて寄主 100 頭當りに換算せる寄生蟲數の多少と α との關係を見たるに第1圖並に第3表に示せる如く寄主 100 頭當りの寄生蟲數が 0~60 頭の場合は α 値の平均は 1 以下にして, 40~60 頭に於て極小値を示し, 寄生蟲數の増加と共に α は急激に増

第 3 表

寄主 100 頭當りの寄生蟲數	頻 度	寄 主 數 (N)	被 寄 主 數 (Q)	寄 生 蟲 數 (x)	α 平均 値	寄 生 率 %	x/N	Q/x
0 — 20	1	19	1	1	1.00	5.3	0.05	1.00
20 — 40	4	267	63	75	0.97	23.6	0.28	0.84
40 — 60	2	98	29	43	0.90	29.6	0.44	0.67
60 — 80	4	274	158	193	1.08	57.7	0.70	0.82
80 — 100	8	306	206	282	1.11	67.3	0.92	0.73
100 — 120	18	800	667	885	1.25	83.4	1.11	0.75
120 — 140	24	965	851	1,238	1.25	88.2	1.28	0.69
140 — 160	24	889	802	1,334	1.16	90.2	1.50	0.60
160 — 180	26	1,080	1,025	1,849	1.15	94.9	1.71	0.55
180 — 200	16	647	615	1,216	1.10	95.1	1.88	0.51
200 — 220	9	349	345	718	1.13	98.9	2.06	0.48
220 — 240	12	430	426	984	1.10	99.1	2.29	0.43
240 — 260	7	200	198	497	1.07	99.0	2.49	0.40
合 計	155	6,324	5,386	9,315	1.152	85.2	1.47	0.58

加して 1 以上となり, 100~140 頭に於て極大値を採り, 更に寄生蟲數が増加せば α は次第

に減少して1に接近す。SALTの説の如くんば寄主より寄生蟲數少き場合は大多數が單寄生を行ひて寧ろ完全分布に近き分布様式を採る可きなるにも拘らず、却つて機會分布の場合に豫期せらるゝ多寄生よりも多數の多寄生を生じ集中分布を行ふ事實は SALT の學說の難點として更に論議するところあるべし。

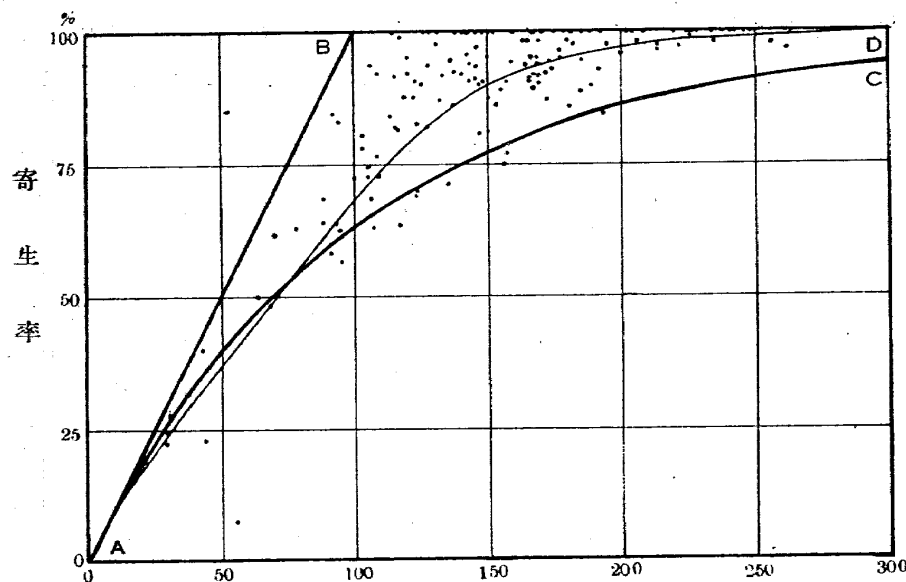
Trichogramma dendrolimi の栗野螟蛾に對する分布様式は大體に於て中間型分布なるを以て、其の寄生效率は完全分布と機會分布の中間にあり、換言すれば或る寄生率を擧ぐるに要する寄生蟲數は完全分布と機會分布の場合に要する寄生蟲數の中間の數値を採る。但し寄生蟲數が寄主數より可成少き場合は前述せる如く集中分布を行ふ傾向あるを以て、50% 以下の寄生率を擧ぐるに要する寄生蟲數は機會分布の場合よりも幾分多くを必要とすべし。寄主100個體に對し或る一定の寄生率を擧ぐるに要する寄生蟲數は完全分布の場合は百分率を以て表現せる寄生率と全く等しく、機會分布の場合は次の方程式に依り求め得。

$$\text{方程式(5)より} \quad x = \frac{\log N - \log(N-R)}{\log N - \log(N-1)} \dots\dots\dots(10)$$

$$(9) \text{ に於て } N=100 \text{ とすれば } x = \frac{2 - \log(100-R)}{0.0043648} \dots\dots\dots(11)$$

[茲に x は求むる寄生蟲數、 R は百分率を以て表はせる寄生率]

斯くて完全分布竝に機會分布に就きて寄主100個體に對し一定の寄生率を擧ぐるに要する寄生蟲數を求め、之と栗野螟蛾卵に對する *T. dendrolimi* の場合の夫れとを比較せるに第2圖及び第4表の如き結果を得たり。



寄主100頭當りの寄生蟲數
第2圖 寄主100頭當りの寄生蟲數と寄生率との關係
直線 AB: 完全分布 曲線 AC: 機會分布
曲線 AD: *T. dendrolimi* の推定曲線
黑點: 栗野螟蛾卵に於ける實測値

第2圖に於て直線 AB は完全分布を、曲線 AC は機會分布を表し、又黑點は栗野螟蛾卵塊155に於ける實測値を表せるものにして、このうち直線 AB 及び曲線 AC にて圍まれたる區域内に存在するものは中間型分布を、曲線 AC より下位に存在するものは集中分布をなせるものなり。尙曲線 AD は調査結果に基き栗野螟蛾100卵粒に對し一定の寄生率を擧ぐるに要する *T. dendro-*

limi の數を推定せる曲線にして、其の數値は第4表に掲げたり。

是に依つて見るに100頭の寄主に100頭の寄生蟲が分布する時は、完全分布の場合は100%

の、又機會分布の場合は 63.4% の寄生率を示すに對し、栗野螟蛾の卵寄生蜂の寄生率は 68% を示せり。即ち *T. dendrolimi* は 1 頭にても充分寄主を倒す能力を有するを以て若し單寄生のみを行へば寄主の全部を倒し得るにも拘らず多寄生を行ふが爲に 32 頭が空しく浪費せらるるを見る。次に 90% 寄生率を 99% に高めるに要する寄生蟲数を第 4 表より算出すれば、完全分布の場合は僅か 9 頭なるに對し、栗野螟蛾の卵寄生蜂は 78 頭を、機會分布の場合は 229 頭の多數を必要とす。此の数値は栗野螟蛾の卵寄生蜂の場合は寄生率を零より 50% に高めるに要する寄生蟲數に相當し、機會分布の場合は實に 90% 高めるに要する寄生蟲數に匹敵す。之に依つて既に相當高率を示せる寄生率を更に高める

第 4 表

寄生率	所要寄生蟲數		
	完全分布の場合	機會分布の場合	栗野螟蛾卵に對する <i>T. dendrolimi</i> の推定數
10 %	10	10.5	11
20 %	20	22.2	24
30 %	30	35.5	39
40 %	40	50.8	54
50 %	50	69.0	70
60 %	60	91.2	87
70 %	70	119.8	105
80 %	80	160.1	122
90 %	90	229.1	147
95 %	95	298.1	177
99 %	99	258.1	225
100 %	100	∞	—

には、低率のものを高めるに比し、如何に多くの努力を必要とするかを窺ひ得べし。方程式 (10) に依り 100% の寄生率を擧ぐるに要する寄生蟲數を算出すれば無限大となる。即ち機會分布を行ふ限り其の寄生蟲を以て寄主を全滅せしむる事は不可能に幾しと云はざるべからず。栗野螟蛾の卵寄生蜂の如く中間型分布をなすものに於ても、前述せる如く寄主に對する寄生蟲數の増加と共に α 値が次第に 1 に接近する傾向あるを以て、100% の寄生率を擧ぐるには莫大なる寄生蜂數を要すべし。本調査の範圍内に於て寄主 100 頭に對し最も多く寄生せる例は 261 頭に於て、而も尙其の寄生率は 96.4% を示せる點より考ふれば、100% の寄生率を擧ぐるには如何に多くの寄生蟲を要するか想像するに難からず。

一般に寄生蟲の棲息密度の増加と共に之が寄主に與ふる生物的抵抗 (biotic resistance) は次第に増大すれども、以上に述べたる如く完全分布を行はざる限り抵抗は必ずしも寄生蟲數に正比例して増大せずして増加の割合は次第に遞減する傾向あり。而も此の傾向は中間分布よりも機會分布に於て著しく、更に集中分布に於ては殊に甚しかる可きを以て、天敵を以て害蟲を抑壓せんとする所謂生物的防除法を施行せんとするに當つては斯る事象に留意し天敵の分布様式を先づ以て明らかにする事極めて必要なり。

IV. *Trichogramma dendrolimi* の栗野螟蛾卵に於ける寄生相

前章に於ては寄主數、寄生蟲數及び被寄生寄主數より分布指數を算出し、主として分布様式を中心として論じたるも、本章に於ては更に進めて其の寄生相に就きて吟味を試むべし。即ち卵塊に於ける不寄生卵粒數、單寄生卵粒數及び多寄生卵粒數 (寄生頭數別に) 調査し、一方之より得たる寄主數 N 、寄生蟲數 α より之が機會分布を行ふと假定せる場合に起るべき不寄生、單寄生及び多寄生の寄主數を Sroy's formula に依つて算出し、兩者に於ける單寄生及び多寄生の數を比較検討すべし。

本調査に供せる栗野螟蛾卵 64 卵塊に就き *T. dendrolimi* の分布指數 α を先づ算出せるに

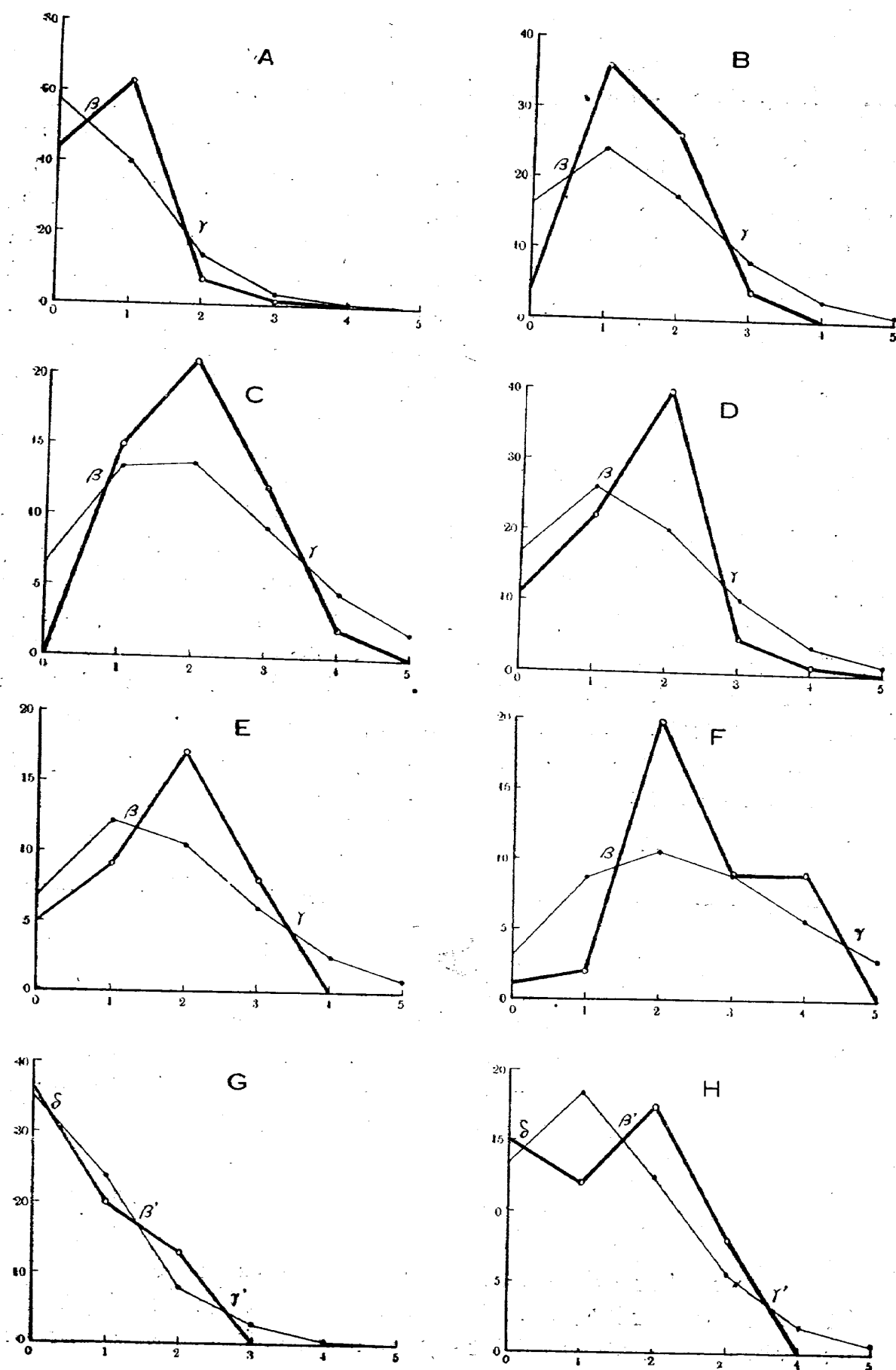
α 値の1より大なるもの58卵塊, 1に等しきもの1卵塊, 1より小なるもの5卵塊ありき。此のうち α 値1なるものは寄主19頭に對し寄生蟲僅か1頭の場合にして, 斯くの如く寄生蟲1頭の場合は寄生蟲の採る分布様式の如何に拘らず常に α は1を示すべきに就き論議より除外すべし。扱て茲に α が1より大なる58卵塊中代表的なるもの6例及び α が1より小なる5卵塊中代表的なるもの2例を表示すれば第5表及び第6表の如し。表中 (A) は栗野螟蛾卵に對する *T. dendrolimi* の寄生相を示す観測値にして, (B) は之が機會分布を行ふと假定せる場合の寄生相の計算値なり。尙縦軸に寄主數を採り, 横軸に1寄主内の寄生蟲數を採りて之を圖示すれば第3圖 (A~H) の如し。

栗野螟蛾卵に對する *T. dendrolimi* の寄生相を不寄生, 單寄生及び多寄生の寄主數を以て表し, 之と機會分布の場合の夫れと比較するに第1~第6例は $\alpha > 1$ なるを以て何れも不寄生寄主數は機會分布の場合より少し。而して第1例 (第3圖 A) に於ては2頭以上の多寄生が機會分布より少き代りに單寄生多く, 第2例 (第3圖 B) に於ては3頭以上の多寄生が機會分布より少き代りに單寄生及び2頭寄生増加し, 第3例 (第3圖 C) に於ては4頭以上の多寄生が機會分布より少き代りに單寄生及び2~3頭寄生の増加せるを見る。第4例 (第3圖 D) に於ては單寄生及び3頭以上の多寄生が機會分布より少き代りに2頭寄生多く, 第5例 (第3圖 E) に於ては單寄生及び4頭以上の多寄生が機會分布より少き代りに2~3頭寄生多く, 第6例 (第3圖 F) に於ては單寄生及び5頭以上の多寄生が機會分布より少きか全く無き代りに2~4頭寄生を多く生ぜるを見る。今 $\alpha > 1$ なる場合 (第3圖 A~F) に於て栗野螟蛾卵に對する *T. dendrolimi* の寄生相曲線 (太線) と之が機會分布を行ふと假定せる場合の

第 5 表

寄主數	第 1 例		第 2 例		第 3 例		第 4 例		第 5 例		第 6 例		
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	
不寄生 (0)	44	57.2	4	16.4	0	6.5	11	16.9	5	6.8	1	3.1	
單寄生 (1)	63	40.1	36	24.1	15	13.4	22	26.2	9	12.1	2	8.1	
多寄生	(2)	7	13.9	26	17.3	21	13.7	40	20.2	17	10.5	20	10.5
	(3)	1	3.2	4	8.2	12	9.2	5	10.3	8	6.0	9	9.0
	(4)	0	0.5	0	2.9	2	4.6	1	3.9	0	2.5	9	5.7
	(5)	0	0.1	0	0.8	0	1.8	0	1.2	0	0.8	0	2.9
	(6以上)	0	0	0	0.4	0	0.8	0	0.3	0	0.3	0	1.8
寄主數 N	115		70		50		79		39		41		
寄生蟲數 x	80		100		101		121		67		105		
被寄生寄主數 Q	71		66		50		68		34		40		
α	1.12		1.23		1.15		1.10		1.06		1.05		
β	0.37		0.51		0.80		1.18		1.32		1.39		
γ	1.77		2.68		3.52		2.79		3.45		4.53		
參照圖	A		B		C		D		E		F		

備 考 (A): 栗野螟蛾卵に對する *T. dendrolimi* の寄生相 (B): 機會分布の場合の寄生相 括弧内數字は1寄主内の寄生蟲數 第6表も同様の符號を用ひたり



第3圖 寄生相曲線

縦軸: 寄主数,

横軸: 1寄主内の寄生蟲数

太線: 栗野螟蛾卵に対する *T. dendrolimi* の寄生相曲線

細線: 機會分布をなすと假定せる場合の寄生相曲線

第 6 表

寄 主 數	第 7 例		第 8 例		
	(A)	(B)	(A)	(B)	
不 寄 生 (0)	36	35.3	15	13.4	
單 寄 生 (1)	20	23.8	12	18.3	
多寄生 {	(2)	13	7.9	17	12.4
	(3)	0	1.7	8	5.5
	(4)	0	0.3	0	1.8
	(5)	0	0	0	0.5
	(6以上)	0	0	0	0.1
寄 主 數 N	69		52		
寄 生 蟲 數 x	41		70		
被寄生寄主數 Q	33		37		
α	0.98		0.96		
β'	1.43		1.58		
γ'	2.75		3.58		
δ	0.16		0.21		
參 照 圖	G		H		

寄生相曲線 (細線) との最初の交點を β とし、之を横軸の數値を以て表現せば、第 1~第 3 例に於ては β は 0 と 1 との中間の、第 4~第 6 例に於ては 1 と 2 との中間の數値を採る。又兩曲線の第 2 の交點を γ とすれば、 γ は第 1 例に於ては 1 と 2 の間に、第 2 例及び第 4 例に於ては 2 と 3 の間に、第 3 例及び第 5 例に於ては 3 と 4 の間に、第 6 例に於ては 4 と 5 の間にあり。

次に第 7 例 (第 3 圖 G) 及び第 8 例 (第 4 圖 H) は $\alpha < 1$ にして、機會分布の場合よりも多寄生を多く生じ單寄生少きを以て不寄生寄主數は多くなり所謂集中分布を行ふものなり。而して第 7 例に於ては 3 頭以上の多寄生無き代りに 2 頭寄生を多く生じ、第 8 例に於ては 4 頭以上の多寄生無き代りに 2~3 頭寄生を多く生ぜるを見る。 $\alpha < 1$ の場合 (第 3 圖 G, H) に於て栗野螟蛾卵に對する *T. dendrolimi* の寄生相曲線

(太線) と之が機會分布をなすと假令せる場合の寄生相曲線 (細線) との最初の交點を δ とし、之を横軸の數値を以て表せば 0 と 1 の間の數値を採る。第 2 及び第 3 交點は $\alpha > 1$ の場合の β, γ に相當するものなるを以て之を β', γ' とすれば、 β' は 1 と 2 の間にあり、 γ' は第 7 例に於ては 2 と 3 との間に、第 8 例に於ては 3 と 4 の間にあり。

茲に α, β, γ 等の數値に依り 64 卵塊を分類すれば第 7 表の如し。

第 7 表

寄 生 様 式			頻 度	百 分 率	例及び参照圖
$\alpha > 1$	$0 < \beta < 1$	$1 < \gamma < 2$	5	7.8 %	第 1 例, A
		$2 < \gamma < 3$	33	51.6 %	第 2 例, B
		$3 < \gamma < 5$	2	3.1 %	第 3 例, C
	$1 < \beta < 2$	$2 < \gamma < 3$	12	18.8 %	第 4 例, D
		$3 < \gamma < 4$	5	7.8 %	第 5 例, E
		$4 < \gamma < 5$	1	1.6 %	第 6 例, F
$\alpha = 1$			1	1.6 %	—
$\alpha < 1$	$1 < \beta' < 2$	$2 < \gamma' < 3$	4	6.3 %	第 7 例, G
		$3 < \gamma' \wedge 4$	1	1.6 %	第 8 例, H

尙 58 卵塊に就き β 値を求めたるに最小値は 0.36, 最大値は 1.39 にして平均値は 0.733 ± 0.029 を示せり。又 γ 値を求めたるに最小値は 1.74, 最大値は 4.53 にして平均値は 2.691 ± 0.042 を示せり。 γ は寄主の寄生蟲受容力を示す指標とも云ふべきものにして、 γ 點を境とし

て此の數値以上の多寄生は機會分布の場合より減少するを以て、 γ を便宜上受容力指數 (index of capacity) と名付くる事とせり。

栗野螟蛾卵に對する *T. dendrolimi* の寄生相に於て最も甚しき多寄生は5頭寄生にして、21卵粒に對し50頭寄生せる場合に起れり。一般に3頭以上の多寄生を生ずるとも、其の割合は機會分布の場合より少く、從つて機會分布の場合ならば3頭以上の多寄生を行ふべき寄生蟲の一部が單寄生又は2頭寄生を行ふを以て不寄生數は減少して、其の結果所謂中間分布の分布様式を採るものと思惟せらる。

V. SALT の學說に對する批判

Trichogramma dendrolimi の栗野螟蛾卵に於ける分布様式は、SALT が *Collyria calcitrator*, *Ibalia leucospoides* 及び *Limmerium validum* に於て認めたと同様、大體に於て中間型分布なるを以て THOMPSON の機會分布の假説の適用し難き事は既に述べたる所なり。而して SALT は之等の寄生蜂の野外に於ける寄生相を統計的に分析せる結果、機會分布の場合より常に多寄生を生ずる事少く、單寄生を多く生ぜる事より、寄生蜂が機會分布を行はずして中間型分布を行ふ所以のものは、その雌親に健全寄主と被寄生寄主とを辨別し多寄生を回避する能力あるに依ると説明せり。又卵寄生蜂 *Trichogramma evanescense* に於ても實驗的に同様の辨別能力を認め、本寄生蜂は外部的には嗅覺に依り、内部的には産卵管挿入に依り健全寄主と被寄生寄主とを辨別し多寄生を回避する能力を有し、假令識別の過誤の爲に多少の多寄生を生ずる事あるとも機會分布の場合より遙かに少かるべしと結論せり。然るに著者は栗野螟蛾卵に於ける *T. dendrolimi* の分布様式を SALT の學說を以て説明せんとして、其の寄生相を仔細に吟味せるに次の如き難點あるを認めたり。

- 1) 寄生蜂の有する辨別能力が中間型分布を行ふに第一義的のものなりとすれば、機會分布の場合より常に多寄生を生ずる事少く其の代りに單寄生を多く生ずべきにも拘らず、却つて單寄生が機會分布の場合より少く其の代りに多寄生 (特に2頭寄生) を多く生ぜるもの64例中23例 (36.1%) に及べる事 (第4表参照)。
- 2) 栗野螟蛾卵の受容力指數 γ の最小値は1.43, 最大値は4.53にして γ の2より小なるものは64例中5例 (7.8%) に過ぎず、平均値は 2.691 ± 0.042 を示し、一般に機會分布より3頭以上の多寄生を生ずる事少き代りに、單寄生のみならず2頭寄生をも多く生ぜる事 (第7表参照)。
- 3) 寄生蟲數が寄主數より少き場合には SALT の説の如くんば完全分布に近き分布様式を採るべきに拘らず、事實は然らずして寧ろ集中分布の傾向を示し、寄主100頭に對し寄生蟲數60頭以下の場合の α 値の平均が0.95を示せる事 (第3表参照)。

斯くの如き SALT の學說の難點は寄生蜂の辨別能力を以て其の分布様式を決定する第一義的のものなりとせる所にあり。SALT が述べたる外的辨別能力即ち嗅覺に依る辨別能力は被寄生寄主に附着せる化學物質の蒸散と共に短時間にして消滅すべきを以て、實際野外に於て此の能力に依つて多寄生を回避する事は少かるべし。又內的辨別力即ち産卵管挿入に依り健全寄主と被寄生寄主とを辨別し、後者には産卵を中止すと云ふも、實は寄主が寄生蟲を以て飽和せられ居るを以て之以上寄生する餘地なきため餘儀無く産卵を中止せるものとも解釋し

得べし。*T. dendrolimi* の寄生相より考察するに寄生蜂の分布様式を支配する第一義的のものは寄生蜂の辨別能力に非ずして、寧ろ寄主の寄生蟲受容力の如何にありと思惟せらる。即ち寄生蜂が假令辨別能力を有せずして機會分布或は集中分布を行ふ傾向あるとも、寄主の受容力には限度あるを以て、本來ならば極端なる多寄生を行ふべき寄生蟲が單寄生或は不飽和の多寄生を行ひ、其の結果として中間型の分布様式を示すものと解釋する時は、SALT の學説の以上の難點は容易は解決し得べし。

扱て茲に寄主 100 頭に對し 10 乃至 300 頭の寄生蟲が機會分布をなす場合豫期せらるべき寄生相を示せば第 8 表の如し。

第 8 表

寄主 100 頭に對する寄生蟲數		10	30	50	75	100	150	200	250	300
寄主數	不寄生 (0)	90.4	74.0	60.5	47.1	36.6	22.1	13.4	8.1	4.9
	單寄生 (1)	9.1	22.4	30.6	35.7	37.0	33.6	27.1	20.5	14.9
	(2)	0.4	3.3	7.6	13.3	18.5	25.2	27.2	25.7	22.4
	(3)	0	0.3	1.2	3.3	6.1	12.6	18.1	22.5	22.5
	多寄生 (4)	0	0	0.1	0.6	1.5	4.7	9.0	14.1	16.9
	(5)	0	0	0	0.1	0.3	1.4	3.6	7.0	10.1
	(6 以上)	0	0	0	0	0.1	0.4	1.6	2.1	8.3

然るに栗野螟蛾卵の受容力指數 γ の平均値は 2.691 ± 0.042 なるを以て、3 頭以上の多寄生を行ふべき寄生蟲の一部が健全寄主或は單寄生寄主に寄生して單寄生或は 2 頭寄生を行ふを以て、寄主數に對し寄生蟲數が比較的大なる場合は、*T. dendrolimi* が本來機會分布乃至は集中分布の傾向を有すると、 $\alpha < 1$ となり中間型の分布様式を示すべし。依つて機會分布の場合に比し單寄生及び 2 頭寄生を多く生ずる事は當然にして斯かる事例は 52% を占む (第 7 表参照)。又機會分布の場合に比し却つて單寄生減少し、2 頭寄生のみ増加する事も當然有り得べき事なり。斯くの如く寄主の受容力が寄生蟲の分布様式を支配するを以て、寄主に對する寄生蟲數の多少に依り α を異にすべく、寄生蟲數が寄主數の過半に達せざる時は 3 頭以上の多寄生を生ずる機會少きを以て α 値が 1 より小なるは蓋し當然なりと云はざるべからず。

著者は尙ズキムシアカタマゴバチ *Trichogramma japonicum* ASHMEAD の二化螟蛾卵及び粉斑螟蛾卵に於ける分布様式竝に寄生相に於て栗野螟蛾の卵寄生蜂に於けると同様の事實を觀察せるを以て、今後の機會に於て更に SALT の學説に對し検討を加へんと欲す。

摘 要

1. 寄生蟲の分布様式は完全分布, 中間型分布, 機會分布, 集中分布の 4 種に分類するを得。
2. *Trichogramma dendrolimi* の栗野螟蛾卵に於ける分布様式は大體に於て中間分布なり。
3. *T. dendrolimi* の分布指數 α を栗野螟蛾卵 155 卵塊に於て求めたるに、最小値は 0.66, 最大値は 1.57, 平均値は 1.152 ± 0.007 を示せり。
4. 寄生蟲數が寄主數の過半に達せざる場合の α の平均値は 1 以下なり。
5. α が 1 より大なる場合に於て *T. dendrolimi* の寄生相曲線と機會分布の寄生相曲線の

最初の交點を β , 次の交點を γ とし, 栗野螟蛾 58 卵塊に就きて其の數値を求めたるに, β の最小値は 0.36, 最大値は 1.39, 平均値は 0.733 ± 0.029 を示し, γ の最小値は 1.74, 最大値は 4.53, 平均値は 2.691 ± 0.042 を示せり。

6. γ は寄主の寄生蟲受容力の指標とも云ふべきものにして, γ 點を境として此の數値以上の多寄生は機會分布の場合より減少するを以て, γ を受容力指數と名付けたり。

7. *T. dendrolimi* の寄生相と之が機會分布をなすと假定せる場合豫期せるべき寄生相を比較検討せるに, SALT の學說に難點あるを認めたり。

8. 寄生蜂の分布様式を決定する第一義的のものは SALT の云へるが如き寄生蜂の辨別能力に非ず寧ろ寄主の受容力の如何が寄生蜂の分布様式を支配するものと思惟せらる。

文 獻

- FISKE, W. F. (1910) Superparasitism: An important factor in the natural control of insects. J. Econ. Ent., 3, pp. 88-97 石井悌 (1938) 日本産 *Trichogramma* 屬の種類及び生態に就いて (豫報), 應動雜, 10, pp. 139-141 彌富喜三 (1937) 寄生效率に就いて, 應動雜, 9, pp. 173-174 LAING, JOYCE (1937) Host finding by insect parasites I. Observations on the finding of hosts by *Alysia manducator*, *Mormoniella vitripennis*, and *Trichogramma evanescens*. J. Anim. Ecol., 6, pp. 298-317 SALT, G. (1932) Superparasitism by *Collya cecitator*, GRAV. Bull. Ent. Res., 23, pp. 211-216 (1934) Experimental studies on the insect parasitism. I. Introduction and technique. Proc. Roy. Soc., B, 114, pp. 450-454 (1934) II. Superparasitism. Proc. Roy. Soc., B, 114, pp. 455-476 (1935) III. Host selection. Proc. Roy. Soc., B, 117, pp. 413-435 (1936) IV. The effect of superparasitism on populations of *Trichogramma evanescens*. J. Exp. Biol., 13, pp. 363-375 (1937) V. The sense used by *Trichogramma* to distinguish between parasitized and unparasitized hosts. Proc. Roy. Soc., B, 122, pp. 57-75 THOMPSON, W. R. (1924) La théorie mathématique de l'action des parasites entomophages et le facteur du hasard. Ann. Fac. Sci. Marseille, (2), 2, pp. 69-89 (1929) On the effect of random oviposition on the action of entomophagous parasites as agents of natural control. Parasitology, 21, pp. 180-188 (1930) The utility of mathematical methods in relation to work on biological control. Ann. Appl. Biol., 17, pp. 641-648

Résumé

The present paper deals quantitatively with the parasitism of *Trichogramma dendrolimi* MATSUMURA, an egg-parasite of the European corn borer.

R.H. STOKY has shown that, if the parasite progeny are distributed at random, one at a time, among the hosts, the probable number of hosts that will receive any given number of parasites can be calculated by the formula

$$z = N^x C_p \left(\frac{1}{N} \right)^p \left(1 - \frac{1}{N} \right)^{x-p}$$

where N represents the number of hosts, x the number of parasites distributed, and z the number of hosts containing p parasites. This formula is valid only when the distribution is entirely random, and if such factors as discrimination or selection, play a rôle it does not hold good. Comparing the observed numbers of each degree of

polyparasitism (=superparasitism) with the values calculated by this formula G. SALT has recognized that ovipositing females of *Trichogramma evanescens* are able to distinguish healthy hosts from those already parasitized, and that two different faculties perform the discrimination, one recognizes an external odour and inhibits attacks, the other distinguishes an internal difference and inhibits oviposition in already parasitized hosts. If SALT's opinion is tenable, comparing the observed figures with those values calculated, the number of host with only one parasite (monoparasitism) should be higher, and the numbers of unparasitized hosts and those with two or more parasites (polyparasitism) should be lower than the calculated values.

According to statistical analysis of 155 egg-masses of the European corn borer parasitized by *T. dendrolimi*, the values of α , index of distribution of parasites among hosts, are on the average 1.152 ± 0.007 with a minimum of 0.66 and a maximum of 1.57. Hence the distribution of the parasites is considered to be of an intermediate type between perfect and random distribution. When the number of the parasites is not more than half that of the hosts, the observed number of polyparasitism shows a tendency to exceed that of random distribution. If we take the numbers of hosts as the ordinates, and the numbers of parasites in a host as the abscissa, abscissa values of β , the first cross-point of two curves, of which one represents the observed numbers of hosts containing 0, 1,5 parasites, the other, the calculated numbers on the hypothesis of random distribution (Fig. 3, A-F) are on the average 0.733 ± 0.029 with a minimum of 0.36 and a maximum of 1.39. And abscissa values of γ , the second cross-point of the two curves, are on the average 2.691 ± 0.042 with a minimum of 1.74 and a maximum of 4.53, γ should be called the index of capacity of host for parasites, because the observed numbers of hosts containing more than γ value are much lower than the calculated numbers.

The above observed data do not necessarily stand in favour of SALT's opinion of discrimination. To me it appears that the principal factor which exerts influence upon the distribution of parasites among hosts is the capacity of host itself for parasites but not the discriminative ability of ovipositing female of parasites.