

# 蛔虫卵の経気道感染に関する研究

## (3) 蛔虫卵の附着力測定について

中山クニ子

国立予防衛生研究所寄生虫部

(昭和 33 年 2 月 14 日受領)

### まえがき

さきに私 (1958) は、蛔虫卵が土壌粒子に附着しやすいという実験的観察の結果を報告し、併せて実際問題を考察する場合には、その附着力を計測してみる必要があるであろうと述べておいた。ここに改めて、蛔虫卵の附着力測定について論及する所以である。

ある粒子が他の物体に附着する力を直接測定することは非常に困難であり、現在まだ適当な方法が見出されておらない。従つて一般には、物体に附着した粒子を剪断力 (Shearing force) によつて分離させ、この剪断力を測定することにより、間接的に粒子の附着力を知ろうとする方法がとられている。

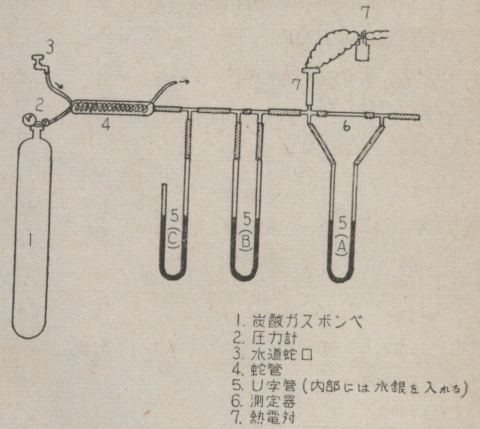
蛔虫卵の附着力測定についても、この方法を採用するよりほかはない。即ち一定の毛細管内に蛔虫卵を附着させておき、この管内に気流を通じて蛔虫卵を飛散させ、その際の飛散率と剪断力とをもつて蛔虫卵の附着力を表現することにした。以下私の行つた実験成績の概要について述べてみたい。

### 実験方法

#### (1) 測定装置について

第 1 図に示したような装置を使用する。即ち主要部は測定管、圧力計、温度計、炭酸ガスボンベ、蛇管よりなる。測定管には長さが 10 cm で内径が正しく 3 mm の毛細ガラス管を使用する。そのため内径 3 mm と称する約 50 本の毛細管につき、水銀量による測定から内径を計算して厳密に選んだ。この測定管はクロム硫酸で清浄にしてよく水洗し、乾燥してデシケーター内に保存して

おく、温度計は熱電対を使用する。蛇管は水を還流して炭酸ガスの温度を水温にまで高めるためのものである。



第 1 図 蛔虫卵附着力測定装置

#### (2) 蛔虫卵について

附着力測定には不純物を混えない純粋な蛔虫卵が多量に必要とされる。この目的に好適な材料として、私 (1958) の方法により処理した豚蛔虫子宮内卵を使用した。このものは糞便中の人蛔虫卵に酷似した形態となつており、仔虫形成能力も失つていない。そしてすでに私 (1958) が土壌粒子に対する附着実験の結果から報告したとおり、附着力の点においても糞便中の人蛔虫卵と同じように取り扱えるのではないかと考えられる。なお念のために糞便中の人蛔虫卵も、これを長野 (1954) の方法により採集し対照の意味で用いた。蛔虫卵は濾紙の上にてできるだけ薄く拭き、デシケーター内で一定期間保存乾燥する。附着力測定の際に、一部を使用して重量法によりその乾燥率を計つておく。デシケーター内での保存が長期になると当然のことながら、蛔虫卵はその仔虫形成能力を失つてくるから注意しなければならない。大体 10 日以上 6 ~ 10% の湿度のもとに保存するとほとんど全

KUNIKO NAKAYAMA: Studies on experimental ascariasis infection through respiratory tract. (3) On the determination of the adhesion intensity of ascaris eggs (Department of Parasitology, National Institute of Health, Tokyo)

部のもが変性卵となるが、8日間8~12%の湿度のもとに保存すると約50%のもがまだ仔虫形成能力をもっている。実際問題としては、仔虫形成能力を有し感染可能な状態にある蛔虫卵について、その附着力を知ることが必要なわけであるから、この意味においても乾燥度については充分慮慮を払わなければならない。

(3) ビニール球について

すでに土壤附着実験に使用したものと同じで、直径平

均80ミクロン、比重1.190である。公衆衛生院寄生虫部で、蛔虫卵の代用として実験的に経口投与するために試作されたものの一部を分与してもらった。

(4) 測定の仕事について

デシケーターより測定管と蛔虫卵を出してできるだけ手早く解剖針の先で蛔虫卵を測定管内壁の入口部より約1cmの部位に附着させる。このとき各虫卵をなるべく平等な状態に附着させることが望ましいが、その手技

第1表 各種蛔虫卵およびビニール球の飛散率について

実験群号	測定日	測定室		蛔虫卵			Pressure drop (ΔP) (U字管 A)	測定管		測定管内附着虫卵数		飛散虫卵数	飛散率	剪断力 $\tau = \frac{R}{2l} \Delta P$
		温度	湿度	種類	仔虫形成率	乾燥率		管内温度	番号	剪断力を加える前	剪断力を加えた後			
A	1957 27/V	24.0 °C	53 %	糞便中 人蛔虫卵	100 %	0 %	1.0	20.4	22	19	9	10	52.6%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	20.0	17	21	9	12	57.1%	199.9 "
							3.0	19.2	14	25	8	17	68.0%	299.8 "
							4.0	19.0	18	22	6	16	72.7%	399.8 "
B	27/V	24.0 °C	53 %	浸漬液 処理豚 蛔虫卵	100 %	0 %	1.0	20.0	3	70	37	33	47.1%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	19.5	8	81	39	42	51.8%	199.8 "
							3.0	19.2	55	59	23	36	61.0%	299.8 "
							4.0	19.0	20	87	23	64	73.0%	399.8 "
C	30/V	24.5 °C	66 %	同上	62 %	53.2 %	1.0	19.5	55	43	19	24	55.8%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	19.2	22	65	28	37	56.9%	199.8 "
							3.0	19.2	20	66	21	45	68.1%	299.8 "
							4.0	19.0	14	73	17	56	76.5%	399.8 "
D	1/VI	25.5 °C	64 %	同上	49 %	56.1 %	1.0	20.0	3	73	30	43	58.2%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	20.0	18	37	22	15	60.7%	199.8 "
							3.0	20.0	14	59	14	45	76.7%	299.8 "
							4.0	20.2	20	46	10	36	78.2%	399.8 "
E	3/VI	25.0 °C	42 %	同上	7 %	65.4 %	1.0	20.0	8	51	17	34	66.6%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	19.0	17	42	10	34	80.9%	199.8 "
							3.0	19.0	3	61	8	54	86.8%	299.8 "
							4.0	19.2	22	56	7	49	88.1%	399.8 "
F	7/VI	21.0 °C	65 %	同上	0 %	66.3 %	1.0	16.1	22	61	22	39	63.9%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	16.1	17	63	17	46	71.7%	199.9 "
							3.0	16.0	20	59	14	43	75.4%	299.8 "
							4.0	15.8	3	52	11	41	80.5%	399.8 "
G	7/VI	21.0 °C	65 %	同上	0 %	76.7 %	1.0	15.8	14	74	15	59	79.7%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	16.0	18	59	12	47	79.1%	199.9 "
							3.0	15.7	55	78	16	62	83.3%	299.8 "
							4.0	15.5	8	82	13	69	84.1%	399.8 "
H	1/VI	25.5 °C	64 %	ビニール球			1.0	20.3	22	64	18	46	71.8%	99.9ダイソ/cm <sup>2</sup>
							2.0	20.1	55	45	11	34	75.5%	199.8 "
							3.0	20.0	8	36	8	28	77.7%	299.8 "
							4.0	20.0	17	76	13	63	82.9%	399.8 "

については一応の熟練を要する。即ち測定管に蛔虫卵を附着してこれを 3 cm の高さから木の台上に垂直に落下させ、その衝撃により蛔虫卵が測定管壁から離れ落ちる率を凡そ一定にし得るまでに練習しておくといよい。蛔虫卵を測定管内壁に附着させたら、解剖顕微鏡下で虫卵数を素早く計算する。それが済むと直ちにデシケーターに入れて 2 時間保存したのちに、これを測定装置にかけて炭酸ガスボンベより各種の圧力で炭酸ガス気流を通じる。通気の時間とともに蛔虫卵の飛散は多くなるが、15 秒経過すると飛散すべき蛔虫卵はすべて飛散して、それ以上の飛散はもはやおこらなくなる。よつて通気時間は 15 秒とする。このとき測定管入口部と出口部の圧力差即ち Pressure drop を U 字管(A) の読みから、また通気ガスの温度を温度計の読みから、いづれも記載する。送気量は Pressure drop が水銀柱にして 1 cm のとき、1 l の排気に要する時間が 18 秒となる程度である。送気が終ると測定管を装置からはづし、解剖顕微鏡下に残存附着せる虫卵数を計算し、次式によつて飛散率を求める。

$$\text{飛散率} = \frac{\text{剪断力により飛散した虫卵数}}{\text{剪断力を加える前に附着していた虫卵数}}$$

また剪断力は Pressure drop の読みから次式によつて与えられる。

$$\text{剪断力} = \frac{\gamma}{2l} 4P$$

$\gamma$  = 測定管半径

$l$  = 測定管の長さ

$4P$  = Pressure drop

実験に使用した剪断力は、 $0.102 \frac{\text{grwt}}{\text{cm}^2}$ ,  $0.204 \frac{\text{grwt}}{\text{cm}^2}$ ,  $0.306 \frac{\text{grwt}}{\text{cm}^2}$ ,  $0.408 \frac{\text{grwt}}{\text{cm}^2}$  の 4 種で、これをダインに換算すると  $99.9 \text{ダイン/cm}^2$ ,  $199.8 \text{ダイン/cm}^2$ ,  $299.8 \text{ダイン/cm}^2$ ,  $399.8 \text{ダイン/cm}^2$  となる。

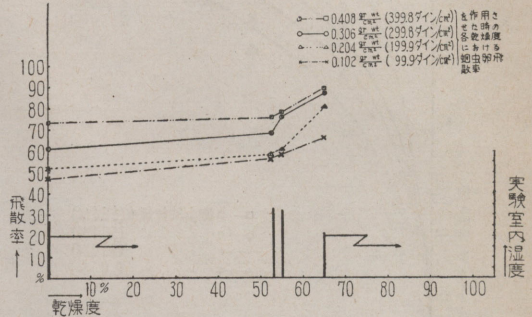
**実験結果**

上記の方法で 4 種類の剪断力を使用して、それぞれの乾燥度の各蛔虫卵およびビニール球につき、その飛散率を求めた結果を総合して示したのが、第一表である。以下この成績について説明し、若干の検討を加えてみたい。

(1) 実験群 A および B を比較してみると、糞便中の人蛔虫卵と浸漬液処理豚蛔虫卵とは同じような強さの附着力をもっていることが知られる。よつてこのような附着力の実験には、糞便中の人蛔虫卵の代りに浸漬液処理豚蛔虫卵を用いて差支えないと判断し、以後の実験には専ら浸漬液処理豚蛔虫卵を使用することにした。その理

由についてはすでに述べたところである。

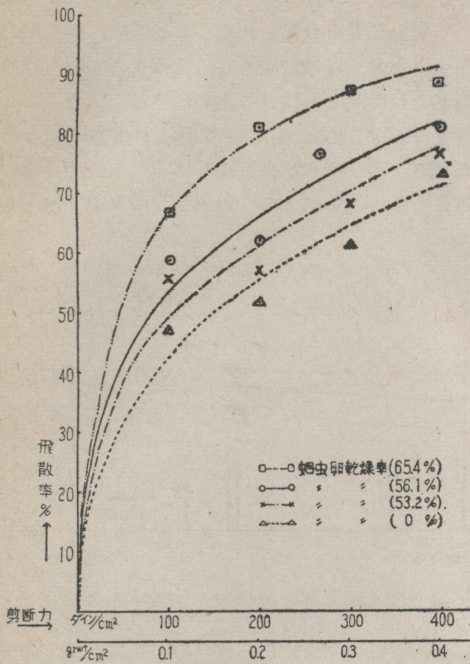
(2) 実験群 B C D E を比較してみると、蛔虫卵の乾燥率の上昇とともに飛散率も高くなることが知られる。実験群 F と G の間でも同じことがいえる。(ただし B C D E 群と F G 群とでは測定時の温度が相当に違うために、これらを同一列に並べて比較することはできない。) このことをグラフによつて表現したのが第 2 図である



第 2 図 蛔虫卵の乾燥度と飛散率との関係

これによると蛔虫卵は、その乾燥率が 50% 以下では大体同じような附着力をもっているが、乾燥率が 50~60% 以上になると次第に附着力を失い飛散しやすくなる。(なお乾燥率 65% のときの実験では、室内湿度も低かつたのでその影響も考慮に入れなければなるまい。) 蛔虫卵の乾燥率が高まるとその仔虫形成能力が失われてくることはすでに述べたが、実地上に必要なことは仔虫形成能力をもつた蛔虫卵の附着乃至飛散についてである。乾燥率との関聯からみると、大部分の蛔虫卵がその仔虫形成能力を失わない乾燥率 50% 以内では、附着力は大体一定しており、大約 100~200 ダインの剪断力で 50~60% が飛散される程度であるということが出来る。このグラフはまた蛔虫卵の乾燥率が同一でも剪断力が大であればより多く飛散されることを示している。

(3) 実験群 B C D E について剪断力と蛔虫卵飛散率の関係を示したのが第 3 図である。これによると剪断力の作用とともに飛散率は急激に上昇し、剪断力の強さがある程度をこえると飛散率の増加は緩慢になってくることが知られる。この事実は蛔虫卵がその附着力の点でかなり個体差があることを物語るものであろう。このグラフはまた乾燥率の高い蛔虫卵は低いものに較べて弱い剪断力でも飛散されやすいことを示している。



第3図 剪断力と蛔虫卵飛散率の関係

考 按

以上に述べたような実験方法および結果から、蛔虫卵の附着力は、まだ仔虫形成能力を失うに至らないほどの乾燥状態のときには、大約 100~200 ダイン/cm<sup>2</sup>の剪断力でその50~60%が飛散される程度のものであることを知り得た。

このように表現された蛔虫卵の附着力は実感的にみればどのくらいのものであるか、ということが問題となってくる。このことを明らかにするために、附着力が非常に弱いと思われるビニール球を使用して同様の実験を試みこの成績とを比較考察してみた。実験群IIによれば、ビニール球は 100~200 ダイン/cm<sup>2</sup>の剪断力で70~75%の飛散率を示し、蛔虫卵のそれの25~40%、平均約33%増となっている。このビニール球は比重 1.190直径80ミクロンであるから、ビニール球の重量 =  $\frac{4}{3}\pi \times (40)^3 \times 1.190$  一方蛔虫卵は、乾燥率47%のときに長径56ミクロン短径42ミクロン比重 1.015であつたから、乾燥率47%の蛔虫卵の重量 =  $\frac{4}{3}\pi \times 56^2 \times (\frac{42}{2})^2 \times 1.015$ 、この両者の比をとると

$$\frac{\text{乾燥率47\%の蛔虫卵の重量}}{\text{ビニール球の重量}} \approx 6.1$$

即ちビニール球は蛔虫卵より約6倍ほど重いにもかかわらず、その30%を上廻る飛散率を示している。このことを考慮すれば、蛔虫卵はビニール球よりもはるかに附着力があるものと思われる。なお蛔虫卵を浮遊液のまま測定管に注入してこれを30℃孵卵器内で乾燥附着させたときは、400ダイン/cm<sup>2</sup>の剪断力でも全く飛散がみられない。即ち特にこのような条件で凝固附着させた場合は力な附着力を示すというわけである。この点も実地上の問題に対処するときに、充分考慮すべきことであろう。

つぎに、剪断力は実際には風力として与えられる。例えば土壤粒子などに附着している蛔虫卵は、どのくらいの風が吹けば飛散をさせられるか、ということになるから、剪断力を風力に換算してみるが必要になつてくる。これを理論式により求めてみることは一応可能ではあるが、しかし内径3mmの円管内流動の場合のみ適応される値となり、管径が異つたり、或いは平板にガス流が吹きつける場合には他の値となつてくるので、ここでは省略することにした。

要 約

蛔虫卵の附着力を実験的に測定した結果、まだ仔虫形成能力を失うに至らないほどの乾燥状態にある蛔虫卵は 100~200 ダイン/cm<sup>2</sup>の剪断力でその50~60%が飛散される程度の附着力をもっていることを明らかにした。

稿を終るにあたり、終始御指導と御校閲を頂きました予研寄生虫部長小宮博士に心からの感謝を捧げますと共に、特に附着力測定方法について御懇篤な御指導と御校閲を頂きました東京大学工学部助教国井大蔵博士に厚く謝意を表します。

文 献

- 1) 中山ク=子(1958) : 蛔虫卵の経気道感染に関する研究 (2) 蛔虫卵と土壤粒子との関係について, 寄生虫学雑誌, 7(5), 25-28.
- 2) 中山ク=子(1958) : 豚蛔虫卵蛋白質膜を糞便中の 人蛔虫卵蛋白質膜に近似した形態とするための処理法について, 寄生虫学雑誌, 7(4), 53-55.
- 3) 長野寛治(1954) : 蛔虫卵の分離採集法, 衛生動物, 4(特別号), 15-16.

Summary

Experimentally, the adhesion of ascaris eggs was revealed to be of such an intensity that approximately 50 to 60% of the eggs dried, but still hatchable, are blown off by a shearing force of 100 to 200 dynes.