

蛔虫卵の経気道感染に関する研究

(1) 蛔虫卵の気膠質としての性状—特に水中沈降速度について

中山クニ子

国立予防衛生研究所寄生虫部

(昭和30年12月21日 受領)

まえおき

蛔虫症の感染は、その虫卵が附着した野菜などによつて経口的に成立する。これは疑う余地のない常識でさえあるが、しかし蛔虫症の疫学がすべてこれによつて説明され得るとは限らない。小林(1954)、松崎(1954)、矢島(1955)による蛔虫症発生の季節的変動や、Coldwell(1930)、Fueki(1952)、西村(1952)、今園(1953)、小林(1955)による蛔虫卵分布に関する衛生学的な調査などによれば、風塵による感染も決して否定出来ない。風塵による感染は、経口感染として食品におけるときと同じように取扱える場合と、経気道感染の場合とに区別して考察できよう。前者の場合是一般的に論じられるが、疾病発生論からみて特に興味あるのは、後者の場合であろう。風塵による経気道感染が果して起りうるものであろうか。

この問題を解決する手順としては、蛔虫卵がどの程度の風速によりどの位まで遠く飛散するか、風が止んだらどの位の速度で落下するか、また飛散している蛔虫卵は虫卵単独か、土壌粒子などに附着しているものか、などのことを追求しておくべきであろう。

それにはまづ、蛔虫卵が気膠質(aerosol)として取扱える性状のものかどうかを明らかにしておかねばならない。蛔虫卵の落下速度は一般物体落下の法則に従うものか、または気膠質の落下方式例えば Stokes の式に適合するものか、これを調べてみて、もし Stokes の式に適合すれば、蛔虫卵はその落下速度の面からみて気膠質と

しての性状をもつものと見做し得よう。この見地から蛔虫卵の水中沈降速度の測定を行つてみたので、その成績と結論をこゝに報告する。

実験材料

(イ) 糞便中の人蛔虫卵

蛔虫卵保有の成人糞便を長野(1954)の蛔虫卵分離採集法で分離し、更に微細な夾雑物を除去するため蒸溜水でよく洗い、解剖顕微鏡下に一個宛純粹に取出して蒸溜水に浮遊させたものを用いた。

(ロ) 人工腸液に浸漬した豚蛔虫卵

本実験の目的は人蛔虫卵の沈降速度測定であるが、人蛔虫卵は随時入手することが容易でなく、しかも純粹に多量を分離するには非常な労力と時間を必要とする。これに反して豚蛔虫卵は、随時に多量入手することが容易であり、一定の処理をして人蛔虫卵に近い理想的な状態にすることができれば、実験材料として甚だ好適である。そこで前処置として、エオチン Y 95% アルコール溶液、生理的食塩水、各種濃度の豚胆汁などそれぞれに浸漬し、これらについて蛋白膜の形態やしまり具合を観察した結果、人工腸液に浸漬したものが最も人蛔虫卵に近い形態を示したので、人蛔虫卵の対照としてこれを使用することにした。即ち豚蛔虫子宮末端部 2 cm 迄の部位より採取した虫卵を人工腸液に浸漬し、30°C の孵卵器に 5 日間入れたのち、3 回水洗して蒸溜水に浮遊させる。

人工腸液の処方	パンクレアチン	2 g
	胆汁(豚胆嚢中)	5 cc
	ペニシリン	2 万単位
	蒸溜水	100cc

(重曹で pH. 7.6 とする)

実験方法

イ) 測定装置

直径 4.5 cm、高さ 38 cm のガラスシリンダーに蒸溜水を満し、予め準備した蛔虫卵浮遊液を血洗用注射器に 0.4

Kuniko Nakayama: Studies on experimental ascariasis infection through respiratory tract.

1. The Aerosol-like physical properties of ascariis eggs with special reference to its velocity of settling through water. (Department of Parasitology, National Institute of Health, Tokyo, Japan.)

第 1 表 落下虫卵数を異にする A,B,C 群の沈降時間

沈降虫卵数	沈降時間 (sec/10cm)	摘 要	
		測定回数	測定時の水の温度 (C)
A 群 (1~2個)	158.3	50	20~21
B 群 (40~50個)	94.2	50	23~24
C 群 (200~300個)	83.0	50	21~23

(蛋白膜除去虫卵)

ccとり、針先端を水面直下に静かに挿入して、ごく自然に蛔虫卵が沈降するようにした。(蛔虫卵を水中に沈降させる際には充分の注意を要するが、約七百回の練習を行った。)以上の装置で蛔虫卵を50回沈降させ、毎cmごとの時間を測定したところ、10cm以上ではすべて終末速度となったので、針先端より10cm以下での速度を測定することにした。そこで二個のストップウォッチを用いて第1のものでは5cm落下する時間を、第2のものでは10cm沈降するに要する時間を計った。つぎに一回の沈降試験に用いる蛔虫卵の数の問題であるが、第1表のごとく3群に分けて実験を行ったところ、3群の間には明らかに有意差がみとめられ、特にB、C両群はA群に比し速度が大となっている。これは限られた容器中の水量に多数の蛔虫卵が群をなして落ち対流を生ずるためと考えられる。そこでA群即ち1~2個の蛔虫卵を1回の沈降試験に用いて測定を行うことにした。

実験結果

以上の方法で蛔虫卵の沈降時間を50回測定した結果は第2表の通りで、人蛔虫卵、豚蛔虫卵ともに正規型をとる。

考 按

実験により得られた平均沈降速度を Stokes の式に当てはめて、蛔虫卵の直径を逆算してみた。

Stokes の式は微細粒子の大きさとその沈降速度との関係を式示したもので、この関係は

$$D = \sqrt{\frac{18\mu V}{(S-s)g}}$$

として表わされている。

Stokes の式の各記号の意味するところは次の如くである。

D = 粒子の直径 (cm)

μ = 媒体溶液の絶対粘度 (absolute viscosity)

V = 沈降速度 (cm/sec)

S = 粒子の比重

s = 媒体溶液の比重

g = 重力の加速度

人蛔虫卵では比重 1.140 として計算すれば 91.8 μ 比重 1.120 とすれば 99.1 μ の値を得た。(蛔虫卵の比重としては Sawitz (1942) の比重を使用した。また実際に実験に用いた材料を蔗糖液に浮遊させて比重を測定したところ、Sawitz の比重の範囲内の値を得た。)

実験に供した人蛔虫卵30個の長径及び短径の平均実測値は長径 62 μ 、短径 51 μ であった。実測平均沈降速度 (0.0675 cm/sec) を Stokes の式に入れて逆算した理論的な粒径は、この実測粒径 (62 μ) を 29.8~37.1 μ 上廻つたものとなる。換言すれば、平均沈降速度は実測粒径を Stokes の式に入れて算出した理論値よりも大きくなっている。この“くいちがい”は何に起因するのであろうか。そもそも Stokes の式は球型の落下粒子を想定した式であり、これに反して蛔虫卵は楕円型である。この楕円型の蛔虫卵が沈降する際には、抵抗の少いように長径を垂直軸にして落下する場合が最も多いことが想定される。もしそうであれば、実測平均沈降速度が Stokes の式よりの理論値より大きくなることは当然考えられるところである。

つぎに蛔虫卵に特有の蛋白膜の存在という問題がある。蛋白膜は粘着性が大でしかも凹凸をもっているので、一見沈降時の抵抗を増し沈降速度がおそくなるのではないかと考えられる。この点について、蛋白膜除去虫卵と無処理子宮内虫卵の沈降速度及び平均長径の実測値について次のような比を求めてみた。即ち、

第 2 表 人蛔虫卵及び豚蛔虫卵の水中沈降速度並びにその大きさ

沈降時間及び虫卵の大きさ	沈降時間 (sec/10 cm)				大きさ (μ)				摘 要	
	平均値	標準偏差	最大値	最小値	長 径		短 径		測定回数	測定時の水の温度 (C)
					平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
糞便中人蛔虫卵	148.2	16.9	182.0	120.0	62.0	2.6	51.0	1.6	50	19~23
腸液浸漬豚蛔虫卵	137.7	19.4	174.0	100.0	64.2	1.7	48.0	2.0	50	16~20

平均沈降速度 (cm/sec) ... $\frac{\text{無処理子宮内卵}}{\text{蛋白膜除去虫卵}} = 1.2$

平均長径 (μ) $\frac{\text{無処理子宮内卵}}{\text{蛋白膜除去虫卵}} = 1.2$

て両式とも殆ど等しい値を得たので、この事実からしても蛋白膜が沈降速度に及ぼす影響は無視しても差支えないように思われる。以上の事情を考慮に入れつゝ、蛔虫卵の長径の実際値とその理論値とを比較してみるとはこの両者はむしろかなりよく適合していると考えられる。

つぎに蛔虫卵個々の沈降速度の“ばらつき”について検討してみたい。第2表の如く標準偏差は両蛔虫卵でそれぞれ 148.2 (± 16.9), 137.7 (± 19.4) であつて、この類のものとしてはこれは決して大きいとは思へない。一応ばらつきの原因としては、蛔虫卵の大きさの個体差と、蛔虫卵沈降時の向きの状態、及び“Wand effect”などが考えられるが、これらの因子を考慮に入れれば、この程度の“ばらつき”は当然であろう。

また、人蛔虫卵と豚蛔虫卵との沈降速度には、有意差は認められなかつたので、人工腸液浸漬の豚蛔虫卵は形態的のみならず沈降速度の面からも人蛔虫卵に近い状態で、材料として甚だ好適なものであると考えられる。

むすび

1. 糞便中の人蛔虫卵及び人工腸液浸漬の豚蛔虫卵の水中沈降時間を終末速度を以つて測定した。前者に於いては 14.8 sec/cm (± 1.6) 後者では 13.7 sec/cm (± 1.9) で、両者の間には有意差が認められなかつた。
2. この沈降速度の値を Stokes の式に当てはめて、逆算した蛔虫卵の大きさは、実測値とかなりよく合つた。
3. 水中沈降速度の面から、蛔虫卵は気膠質として取扱う物理的性状をもつていていると考えられる。

稿を終るにあたり、終始御懇篤な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、種々御助言を頂いた公衆衛生院労働衛生学部興重治氏及び予研寄生虫部先輩各位に厚く謝意を表します。

文 献

1) F. C. Caldwell, E. L. Caldwell and G. E. Davis (1930): Some aspects of the epidemiology of infestation with *Trichuris* and *Ascaris* as revealed in a study at the hospital for the insane and the home for mentally defective children in the State of Alabama Amer. J. Hyg.

Vol. 11. 619~651. —2) D. E. Cummings (1929): Studies on experimental Pneumokoniosis IV. The separation of particulate matter smaller than screen size into grades fractions J. Ind. Hyg. Vol. 11 (No. 7) 245~256. —3) 藤井満 (1955): 京都府下一農村に於ける寄生虫問題, 第4報, 土壤中蛔虫卵の消長について, 寄生虫雑誌, 3 (1), 219. —4) K. Fueki (1952): On the modes of *Ascaris* infection in Japan, Keio. J. Med. 1 (1), 21~34. —5) W. H. Headlee (1933): Epidemiological studies of Helminth infection in an Egyptian village soil pollution and soil infestation. Amer. J. Hyg. Vol. 18, 695~711. —6) W. H. Headlee The epidemiology of human Ascariasis in the Metropolitan area of New Orleans, Louisiana Amer. J. Hyg. Vol. 24, 479~521. —7) 今園義盛 (1953): 蛔虫感染経路に関する研究, 最新医学, 8 (6), 718~729. —8) 石川知福 (1928): 塵埃衛生の理論と実際, 第1版, 金原書店, 東京. —9) 小林昭夫 (1954): 群馬県地方に於ける蛔虫自然感染様式に関する研究, 第3報, 特に耕作地土壌内蛔虫卵数の季節的消長に就いて, 北関東医学, 4 (3), 54~66. —10) 小林昭夫 (1955): 群馬県地方に於ける蛔虫自然感染様式に関する研究, 第5報, 特に農耕地風塵内蛔虫卵数の季節的消長, 北関東医学, 5 (2), 50~56. —11) 小林昭夫 (1954), 群馬県地方に於ける蛔虫自然感染様式に関する研究, 第1報, 群馬県地方に於ける蛔虫自然感染の季節的消長について, 北関東医学, 3 (4), 44~49. —12) 松崎義周他 (1954): 蛔虫感染速度並びにその季節的消長 (完), 寄生虫学雑誌 3 (1). —13) 西村猛 (1952): 自然界に於ける蛔虫卵の分布に関する研究, 第I報, 各季節の耕作地土壌に見られる蛔虫卵の調査とこれが發育経過に関する実験的觀察, 大阪大学医学雑誌, 4 (2, 3) 125~132. —14) 西村猛 (1952): 自然界に於ける蛔虫卵の分布に関する研究, 第II報, 銭湯及学校の床上に於ける蛔虫卵並びに蟻虫卵の検出と塵埃内蛔虫の發育について, 大阪大学医学雑誌, 4 (4), 283~289. —16) G. F. Otto, W. W. Cort (1934): The distribution and epidemiology of human Ascariasis in the United States. Amer. J. Hyg. Vol. 19, 657~712. —15) 長野寛治 (1954): 蛔虫卵の分離採集法, 衛生動物, 4 (特別号), 15~16. —17) W. Sawitz (1942): The Buoyancy of certain Nematode egg. J. Parasit. 28 (2), 98~152. —18) 高崎寿市 (1936): 人体寄生虫の感染源に関する研究, III 編, 家屋内に於ける腸寄生虫卵の存在について, 実験医学, 19 (5), 680~692. —19) 矢島敏夫 (1955): 蛔虫の自然感染及び実験的感染に関する研究, (1) 蛔虫の自然感染, 寄生虫学雑誌, 4 (1), 23~29.

Summary

1) The terminal velocities of *A. lumbricoides* and *A. suilla* ova settling through water were measured. The former was 14.8 sec/cm. (± 1.6) and the latter, 13.7 sec/cm. (± 1.9). There was no significant difference in velocity between them.

2) The diameters of *Ascaris* eggs calculated by Stokes' law from these values fitted in considerably well with the actual diameters measured.

3) *Ascaris* eggs were found to have physical properties as aerosol from the view point of the velocity of settling through water.