

鉤虫 Carrier に関する公衆衛生学的研究

(2) 地域鉤虫感染率の推測について

矢 島 ふ き

千葉大学医学部公衆衛生学教室 (主任 柳沢利喜雄教授)

(昭和33年11月5日受領)

特 別 掲 載

緒 言

農村地域の鉤虫予防対策を行うに当つては、先づ第一に地域鉤虫感染状況を把握することが強く要請される。しかし之を適確・迅速に把握することは仲々困難である。正確に把握する為には、全住民検便を実施すれば、個人の感染の有無が判定され、同時に地域感染率が明瞭となる。しかし個人に就いての知識を得るという重要な目的を除けば、全数検査は全員採便の困難性と同時に検査費用(時間・労力・材料費等を換算して)が嵩んでくる欠点がある。即ち公衆衛生の立場より対策の基礎資料例えば対策に必要な予算額の見積り等を求むる為には、必ずしも個々人の検便結果を必要としない。かゝる時には、一部の標本調査によつて全地域感染率が推測されるなら好都合である。

水野(1953)は純農村の鉤虫感染率を推測するに当つて、小学6年生児童及びその家族の検便をする時には、その鉤虫感染率はその村の鉤虫感染率に一致することを、群馬・長野の三農村の資料より結論した。小宮等(1956)は検卵が比較的容易な小・中学生の検卵成績から、その地の青壮年層の鉤虫感染率を推算することを目的として、幼少年層の鉤虫感染率と青壮年層のそれとの比の存在様式を検討し、*A.d.* 優占地区と *N.a.* 優占地区とではその様式が異なることを指摘したが、当初の目的については言及するところがなかつた。

一般に標本抽出法には、不偏性並びに精度及び費用等の基準から満足すべき各種の方法がある。従つて今当面するこの問題に対しても、原理的には標本抽出法の示す

ところに従つて、標本抽出を行えば母集団の母数推定が可能である。

しかし理論的に優れた方法でも、これを利用するに当つては実際面よりの制約が生じる。又全地域(全村)を鉤虫感染に関する単一の抽出単位と見做すことにも問題がある。即ち鉤虫感染については全地域が単純な構成ではなく、質の異つた種々の生態学的小集団が混在していると考えられ、標本抽出の為には母集団内の個体を層(stratum)又は集落(caluster)の各種の小集団に分かつ必要がある。それには既知の寄生虫の生物学乃至疫学知識を十二分に整理し活用することが望まれる。

著者は(1)篇に述べた如き結果より、検査対象を年齢別に層化して標本抽出を行い、年齢と鉤虫感染との函数関係を利用すれば、概括的な地域感染率が推定し得ると思われるので報告する。

検 討 結 果

1) 年齢別鉤虫感染曲線の実験式

年齢別鉤虫感染曲線は、幼少年に於いては年齢の増加に伴つて急速に上昇し、壮年では増減なく、老年に僅かに減少の傾向が認められる。両鉤虫種の優占地区別にその平均値及び不偏分散を計算すると第1表の如くて、虫種間の差は認められない。そこで両地区を併せて平均及び分散($E\{u^2\}=\sigma^2$)を算出し同表に掲げた。之を作図してみると、この曲線は生物現象に屡々見られる指数函数の如くである。そこで指数函数 $y=ae^{-bx}-ce^{-dx}$ で近似してみた。今感染比率を y とし、年齢を x とし、簡単にする為年齢を5歳等間隔とし、 $x \sim (x+5)$ 歳は $\frac{2x+5}{2}$ 歳、61歳以上は62.5歳を以つて代用した。計算の経過を第2表に示した。

$\log y, x$ で作図すると $x=42.5$ の辺より先はゆるやかな減少を示す直線である。 $y'=ae^{bx}$ として、 $a=1.70$, $b=-0.0057$ を決定し、之から y' を計算し(4)に示した。次に $y'-y$ を(5)に求め、 $\log(y'-y)$ を作図す

FUKI YAJIMA: Studies on hookworm carriers in views of public health (2) On the previous estimation of total incidence of hookworm infection in an area (Department of Public Health, School of Medicine, Chiba University)

第 1 表 年齢別鉤虫感染比率の平均値及び分散

年 齢		0~5	6~10	11~15	16~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~
A.d. 優占地区	\bar{x}	0.26	0.64	0.75	0.96	1.33	1.29	1.31	1.24	1.22
	$\pm u$	0.11	0.24	0.21	0.12	0.21	0.18	0.22	0.20	0.27
N.a. 優占地区	\bar{x}	0.28	0.60	0.73	1.00	1.29	1.31	1.37	1.26	1.16
	$\pm u$	0.15	0.29	0.21	0.08	0.18	0.13	0.15	0.14	0.27
合 計	\bar{x}	0.27	0.62	0.74	0.98	1.31	1.30	1.34	1.25	1.19
	$\pm u$	0.13	0.26	0.21	0.09	0.19	0.15	0.18	0.16	0.27

第 2 表 計 算 表

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
x	y	log y	y'	y'-y	log(y'-y)	(y'-y) _c	y _c	y-y _c
2.5	0.27	1.43136	1.678	1.408	0.14860	1.608	0.070	0.20
7.5	0.62	1.79239	1.630	1.010	0.00432	1.039	0.591	0.03
12.5	0.74	1.86923	1.584	0.844	1.92634	0.671	0.913	-0.17
17.5	0.98	1.99123	1.539	0.559	1.74741	0.434	1.095	-0.12
22.5	1.15	0.06070	1.496	0.346	1.53908	0.280	1.216	-0.07
27.5	1.31	0.11727	1.453	0.143	1.15534	0.181	1.272	0.04
32.5	1.30	0.11394	1.412	0.112	1.04922	0.117	1.295	0.00
37.5	1.31	0.11727	1.372	0.062	2.79239	0.076	1.296	0.01
42.5	1.33	0.12385	1.333			0.049	1.333	0.00
47.5	1.32	0.12057	1.296			0.032	1.296	0.02
52.5	1.27	0.10380	1.259			0.020	1.259	0.01
57.5	1.27	0.10380	1.223			0.013	1.223	0.05
62.5	1.19	0.07555	1.189			0.009	1.189	0.00

ると之も略直線をなすことが認められるので、即ち $y' - y = ce^{dx}$ として、 $c=2.00$ 、 $d=-0.0874$ を決定し、それより計算した $(y' - y)_c$ を (7) に示した。次に $y' - (y' - y)_c$ を求め y_c として (8) に示した。之が求める計算値である。実測値と計算値の誤差 $y - y_c$ を (9) に掲げたが結局実験式として $y = 1.70e^{-0.0057x} - 2.00e^{-0.087x}$ が求められた。即ち年齢に伴う鉤虫感染曲線の推移は、年齢の指数函数と見做すことが出来る。然も漸次減少する部分と、漸次上昇する二つの部分の結合現象と考えられる。云うまでもなく上式において b は減少の恒数、 d は増加の恒数である。この実験式を用いれば、 x (年齢) の値を知つて y (感染比率) を得ることが容易である。

2) 年齢別鉤虫感染曲線を用いての地域感染率の推測法

第1表にみる如く分散の最も小さい年齢層は16~20歳で、分散の最も大きい年齢層は61~の層である。各村の

年齢別鉤虫感染比率の分布は略正規型であると見做されるので、今最小の分散を示す16~20歳に例をとると、この資料よりすれば、一定地域の16~20歳の鉤虫感染率の全地域鉤虫感染率に対する比率は 0.98 ± 0.09 であつて、即ち0.89~1.07の間に母集団資料の約68%が入ることになる。

今この比率曲線が、我国一般農村の鉤虫感染の年齢様式をよく代表するものであると仮定するならば、ある地域の16~20歳の感染率を予め検査し、之を0.89及び1.07で除せば、商として示される範囲内に、そこの全地域感染率が68%の確率で入ってくる。分散の2倍 ± 0.18 を用い、0.80及び1.16で除せば、その範囲内に全地域感染率が入る確率は95%に増大する。

推算にはどの年齢層からしてもよいが、採便及び検査の容易な、且つ比率の分散の小さい年齢層を用うことが望ましい。上記の計算は次の式によつて示される。

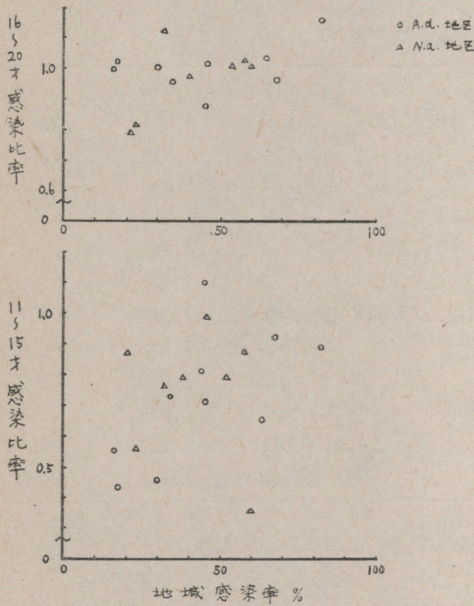
$$H\% = H_x\% \div (R \pm u_x)$$

但しH%は求めるところの全地域感染率、 $H_x\%$ はX歳における実測鉤虫感染率、 $(R \pm u_x)$ はX歳における感染比率及びその分散の期待値である。

3) 青少年層感染率の地域感染率に対する回帰

年齢別鉤虫感染比率と全地域感染率との関係には特別の相関が認められなかつた。例えば16~20歳と、11~15歳を用いてそれぞれ両者の相関図を第1図に示したが、分布虫種別にも差がなく、相関は認められない。

年齢別鉤虫感染率から推定して青少年層感染率と全地域感染率の間には密接な相関が予想されるので、16~20



第1図 地域感染率と青少年層感染比率

歳と11~15歳の感染率と、地域感染率の相関図を描いて第2図とした。之によると、明瞭な順相関が認められ、YのXへの回帰直線は図中に示した如き a, b によつて定まる。6~15歳の感染率を用いた場合は11~15歳のその場合と大差なかつた。又回帰直線の周りにおけるYの分散(自由度n-2)を附記した。成人(20歳以上)と以上の如き青少年層の感染率の関係も同様な順相関が成立した。以上によつてX(この場合青少年層感染率)に対応するY(この場合全地域感染率)の推定値が近似的に求められる。

而して上記と同じく推定のたしからしきは分散を用いた場合は、約68%、2倍の分散を用いた場合は約95%で

推定値の中はYの分散の大きさによつて定まることになる。

4) 所謂「幼年層鉤虫感染率に対する青壮年層のその比率の存在様式」

小宮等(1956)は表記の比率の存在様式が、A.d.及びN.a.優占地区によつて異なることを指摘した。

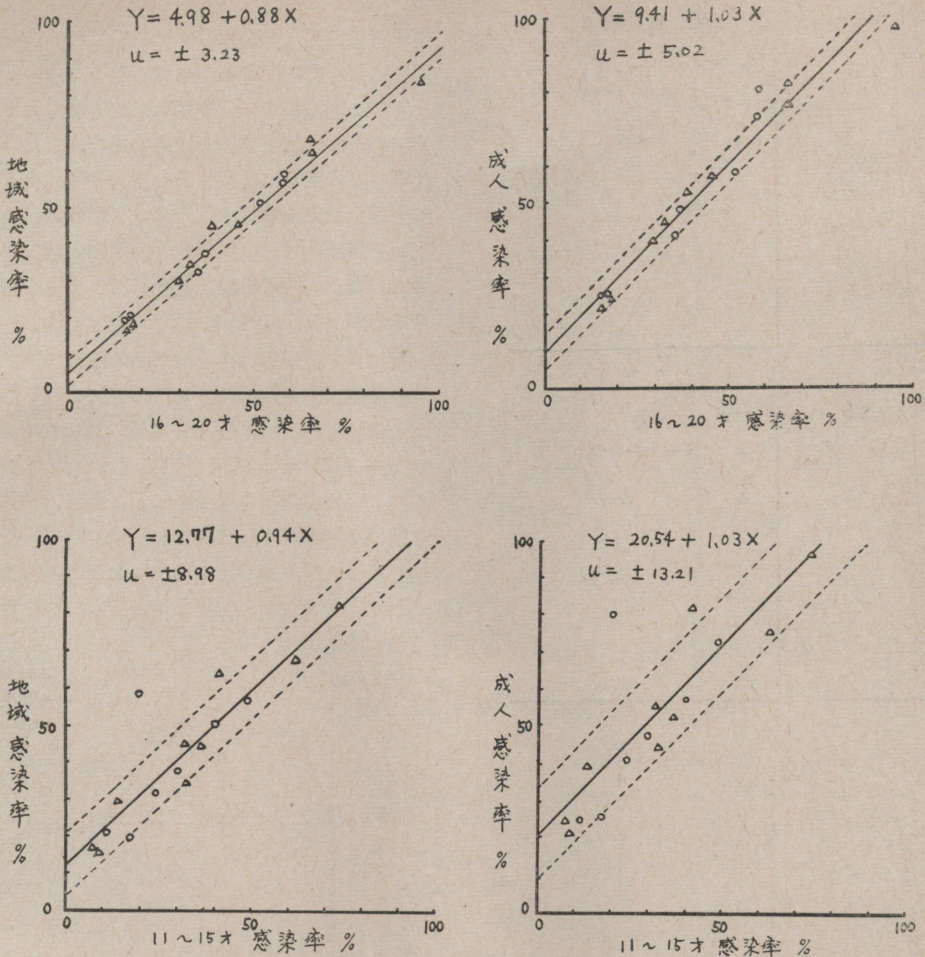
而してその相違は、両種の感染経路の相違より生じることを示唆するとした。そこで著者は本篇で扱つた資料を用いて、表記比率を計算し、全住民鉤虫感染率との関係において第3図に図示した。既に明らかな如く幼年層は感染増加が著明な時期で、上記比率の算定に當つて、どの年齢層を用いるかは結果に大きい変動を与える。そこで小人(0~15歳)、学童(6~15歳)、11~15歳、16~20歳の4群と成人とのそれぞれの表記比率を算出してみた。およその傾向を見る為比率の全住民感染率に対する回帰直線を図示してある。両虫種共直線で近似した点は再吟味の必要があらうが、一応今はこうした。又両種共に大きく離れた値が回帰直線に影響を与えているが、それら各点の資料について積極的に棄却すべき根拠がないので、そのまま採用してある。

こゝに於いて小宮等の指摘した如く両虫種間の比の存在様式は相異なるものゝ如くである。而して幼年層の年齢範囲によつて、多少傾向線が異なり、両虫種共 $X = a + bY$ において、年齢範囲が幼年より青年に近づくにつれて、aが小さくなり、N.a.種においてはbも小さくなり、従つて直線が垂直に近づいている。ところが16~20歳の感染率と成人のそれとの上記比率に於いては、A.d.種とN.a.種とは殆んど同一の傾向を示し、感染率の大小に拘わらず略一定の値を示し変動が極めて小さい。

考 察

水野(1953)は全村の鉤虫感染率の推測に當つて、組織化の充分な学童を Index case としてその家族を検査すれば、略その感染率は、その村の感染率に一致すると述べた。この方法は組織を利用する点では優れているが集落化法のもつ制約を同時にもつ。又標本の抽出比及び標本の再現性、推測の誤る確率等について今後更に検討を要すると思われる。

著者は全国的に A.d. 優占地区10カ所、N.a. 優占地区10カ所の既存の成績に基いて、年齢別鉤虫感染率の全地域感染率に対する比率が、年齢に対する指数函数で近似されることを見出し、又その比率の変動範囲を算定した。之は我国農村における鉤虫感染の特徴と見做される



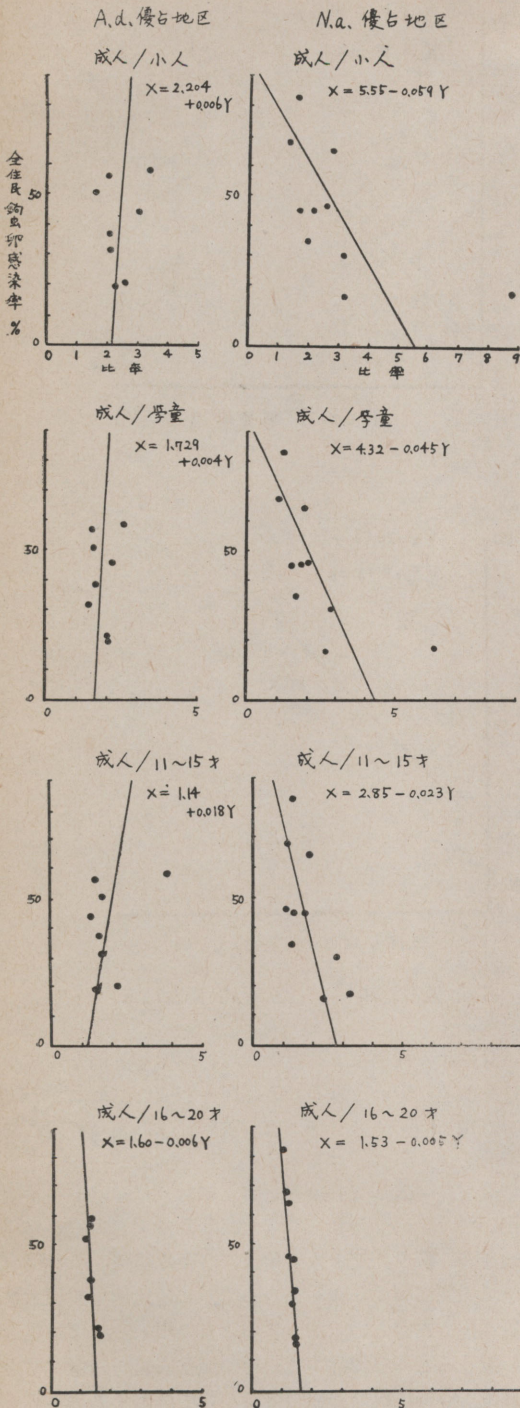
第 2 図 地域感染率と青少年層感染率の関係

○ A.d. 優占地区 △ N.d. 優占地区

が、一方この函数関係を用いれば、概括的ではあるが、全村鉤虫感染率の推測にも役立つと思われる。即ち標識となる年齢層を定め、その層中の無作為抽出標本を検便し、その感染率より第 1 表の年齢別感染比率及び分散を用いて推算することが容易である。又他の年齢層の夫をも推算することが出来る。勿論推算であるから誤差を伴うことが予測されるが、著者の成績に基づけば、おおよそ推算の誤る危険が明らかである。若し得られた値が、附近の農村との比較、或は寄生虫学の知識からみて、ひどくかけ離れていたならば、再び同一年齢層より無作為標本をとり出すか、又は他の年齢層より同様標本を求めて確かめればよい。それでは一体どの年齢層より推算するのが妥当か。比率の変動中の最も小さい年齢層は 16~20 歳

で、且つその比率は 1 に近いので、他の年齢層からするよりも誤差が少いと思われる。16~20 歳を標本とする時には、青年団・4 日クラブ等の青年団体の組織を用うれば採便が比較的容易となる。

精度を多少落しても検査を容易に行うには、小中学生を用いればよい。それらの場合、変動の大きい層から標本数を多く採り、又 1 人の検便に必要な経費（この場合啓蒙や採便に要する費用を含めて）に逆比例して標本数を適宜定めればよい。即ち各層よりの標本抽出は、統計学の教うるところに従つて、その無作為性を確保すべきである。今後広汎な範囲の資料を得て推論の基礎を固くし、推定値の誤差を小ならしめ度いと考える。なお特定の年齢層に対して鉤虫対策を行つた場合にこの比率が異

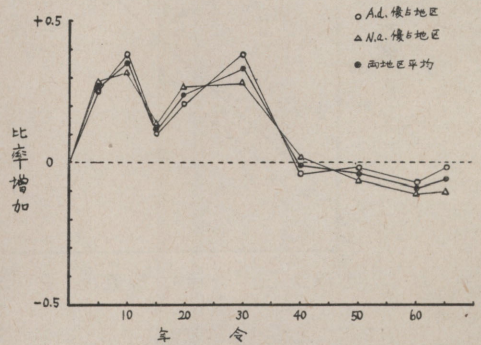


第3図 所謂「幼少年層鉤虫卵感染率に対する青壮年層のそのの比率」と全住民鉤虫卵感染率

つてくることは当然考えられるので、この推算は鉤虫対策未実施地区又は全年齡層に亘つて均等な対策を行つた地区において適用されるべきである。

又第2図に従つて青少年層感染率から全村又は成人の感染率を回帰推定する方法も簡便で、上記の年齢別感染比率よりの推算に比較すると推測の中が小さい。即ち年齢別感染比率を算定するのに、変動する二つの標本値を用いて居るので、この場合より推測の精度が低くなると考えられる。特に学童より推算する場合の精度はこの場合の方がはるかに高い。

次に各年齢層毎の感染比率の増加について述べれば、年齢別鉤虫感染比率は、その年齢における累積感染状況をも示している。x と x+5歳の感染比率の差は、xよりx+5歳に至る期間の感染増加の指標と一応解される。この比率増加を第4図に示したが、幼年層に高く、壮年以後は増加がみられずむしろ減少していることが明らかである。若年層の比率増加はおよその新感染の比率を表わすと考えられ、幼年と青年層の二つの新山型がみら



第4図 各年齢区間に於ける感染比率の増加

れる。両虫種間には差が認められない。二つの山型は、之を人と環境との関係で解するならば、幼年の山は生活圏の拡大による、青年の山は農作業、農地への立入り等による、それぞれ感染曝露量の増大と見做されよう。年齢によつて新感染者の増加が異なることは、逆に新感染頻度を把握する為には、年齢の要素を無視すべきでないことを示唆する。即ち、一定地域の新感染率の把握、他地区との比較等に当つては少くとも如何なる年齢層よりの新感染率であるか吟味する必要がある。同じ鉤虫卵陰性者と雖も壮年の陰性者は感染機会の絶無の者、或は鉤虫感染に対する抵抗力の強大の者等々を含み、若年の陰性者とはその陰性の意義が異つている。陰性群を対象とし

て新感染者率の推移を追う場合にもこの年齢要素を重視すべきである。

小宮等の所謂「幼年層鉤虫感染率に対する青壮年層のその比率の存在様式」を同一の資料を用いて各幼年層の年齢区分毎に計算してみたところ、必ずしも小宮等の想定図と一致しないが、しかし兩種分布地区間において差異が認められる如くである。小宮等はこの差を感染経路の差によつて容易に説明し得られるとした。著者は(1)篇に述べた如く、一般に我国の野外における鉤虫の自然感染経路は兩種共経皮主道と考えるが、*A.d.*における経口感染を否定するものではないので、上述の説明を必ずしも不当とは思わないが、しかし更に兩種鉤虫種の産卵量の差による検出誤差の問題を併せて考慮すべきと考える。*N.a.*の産卵は普通 *A.d.*の産卵量の約 $\frac{1}{2}$ とされている。従つて、*N.a.* 稀薄感染地区では幼少年感染者の見落しは増大すると思われるからである。なお16~20歳との比になると両虫種共殆んど等しい直線上に並び、全く差がなくなっていることは誠に興味ある所見である。上記存在様式の差が感染経路による差であるとしても、経皮感染の機会の少い比較的幼年に於いて問題となり、長ずるにつれて経皮感染の機会の増大に掩われて、兩種の差が消失するのではあるまいか。而してかゝる比の算定に当つては、幼年層の年齢区分を一定にして論ずべきであると思われる。

なお小宮等はY軸を全住民鉤虫感染率としたが、推測の爲にはY軸に幼年層鉤虫卵感染率を置いて、比率への回帰を求めべきである。表示しなかつたが、16~20歳の感染率よりする回帰は、第3図の同一年齢層のそれと殆んど大差なかつた。即ちこゝにおいても幼年層感染率を明らかにして、比率をある中で推定し、而して全住民感染率を推測する方式が考えられる。

総 括

(1) 篇に於いて報告した年齢別鉤虫感染曲線に基づいて、之を地域鉤虫感染率の推測に用いる為次の検討を行った。

(1) 最近10ケ年間における我国農村の *A.d.* 優占地区10ヶ所、*N.a.* 優占地区10ヶ所の年齢別鉤虫感染曲線の平均値の間に差が認められないので、両地区を併せて次の実験式を求めた。之によれば年齢より感染比率が容易に求められる。

$$y = 1.70e^{-0.0057x} - 2.00e^{-0.007x}$$

但し x は年齢、 y は x 歳における感染率の全地域感染

率に対する比率。

(2) 著者の計算した年齢別鉤虫感染比率の平均及び分散を用いれば、一定年齢層の感染率よりして全村感染率の存在範囲の推定が可能である。分散の最も少い年齢は16~20歳であるから、之の年齢を用いれば推算の誤差が極めて少いと思われる。寒冷地を含まない我国農村に於いて、特に鉤虫対策未実施地区に於いて適用される。

(3) 青少年層鉤虫感染率と全地域(全村)又は成人の鉤虫感染率の間に明瞭な線型相関が認められ、(全地域感染率)の青少年層感染率への回帰及びその分散を用いるところの回帰推定によつても概括的な推定が可能である。

(4) 各年齢層の感染増加は一様でなく、幼少年層に高かつた。新感染を検討するに当つては年齢要因を重視すべきと思われる。

(5) 所謂「幼年層鉤虫感染率に対する青壮年層のその比率の存在様式」を本資料を用いて検討したところ兩種間に差異が存するものゝ如くであるが、16~20歳の感染率との比には全く差が認められなかつた。

稿を終るに当り柳沢利喜雄教授の御指導・御校閲を深く感謝申し上げます。なお千葉県衛生民生部鶴岡博士に種々御教示賜つたことを感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 相崎徳治郎 (1953): 埼玉県三田ヶ谷村・財田村検便成績, 私信による。
- 2) 春田孝正ら (1956): 都内電々公社職員の鉤虫感染とその疫学的考察, 通信医学, 8 (11), 929-933。
- 3) 磯田好康 (1958): 長野県一農村における全村駆虫に関する研究, 第1編鉤虫の予防撲滅対策について, 通信医学, 10 (3), 197-208。
- 4) 春日齊 (1955): 埼玉県所沢保健所管内検便成績, 私信による。
- 5) 小林晴治郎 (1953): 香川県財田村検便成績, 私信による。
- 6) 小宮義孝ら (1952): 埼玉県における鉤虫の蔓延について, 公衆衛生, 11 (3), 33-36。
- 7) 小宮義孝ら (1953): 冬期集団駆虫を繰り返すことによる鉤虫撲滅に関する野外モデル試験, 寄生虫誌, 2 (2), 157-163。
- 8) 小宮義孝ら (1955): 東京都における鉤虫感染, 日本公衆衛生雑誌, 2 (2), 551-554。
- 9) 小宮義孝ら (1956): 幼少年層鉤虫感染率に対する青壮年層のその比率の存在様式について, 寄生虫誌, 5 (3), 338-341。
- 10) 小宮義孝 (1957): 鉤虫と鉤虫症, 續文堂。
- 11) 小宮山新一 (1954): 川崎市登戸地区における鉤虫感染について, 1, 鉤虫卵保有状況と鉤虫の種別について, 寄生虫誌, 3 (3), 197-204。
- 12) 栗林海海 (1955): 鉤虫症の研究—兵庫

県南部における観察一, 京府医大誌, 57 (5), 535-580. —13) 水野哲夫 (1956): 鉤虫の感染経路に関する研究, その推測的考察に就て, 北関東医学, 6 (3), 235-244. —14) 宮川米次 (1956): 最新臨床寄生虫病学, 蠕虫性疾患, I 版, 中外医学社, 東京. —15) 水野哲夫 (1953): 鉤虫卵陽性率検査の爲の被検者選出について, 公衆衛生, 20 (4), 51-54. —16) 牟田口利幸 (1955): 鉤虫感染経路の疫学的研究, 公衆衛生, 18 (4), 39-45. —17) 永吉康祐 (1954): 自然感染の鉤虫多数寄生例の考察, 特に感染経路の問題と鉤虫寄生数及び限界寄生数について, 衛生動物, IV 特別号, 101-113. —18) 永吉康祐 (1956): 鉤虫分布論, 日本医事新報, 1701, 15-19. —19) 西田重衛 (1957): 湿田農村環境における日本脳炎, 蛔虫およびツビ=鉤虫の家族集積性について, 日本農村医学会雑誌, 6 (2), 20-24. —20) 外山寛樹ら (1955): 松江市周辺4カ所に於ける鉤虫を主とする寄生虫調査に就て, 米子医誌, 6 (2), 108-113. —21) 鈴木了司 (1956): 宮城県一農村における鉤虫の疫学的調査とその考察, 日本生態学会誌, 6 (1), 20-24. —22) 鈴木了司ら (1956): ツビ=鉤虫の分布している宮城県一農村の寄生虫の疫学的調査, 日本公衆衛生雑誌, 3 (11), 538-541. —23) 内田昭夫ら (1952): 群馬県宮城村検便成績, 未発表. —24) 内田昭夫ら (1953): 群馬県富永村検便成績, 未発表. —25) 内田昭夫 (1956): 千葉県姉ヶ崎町検便成績, 寄生虫誌, 5 (2), 96. —26) 矢島ふきら (1955): 千葉県高滝村検便成績, 未発表. —27) 山崎幹夫 (1951): 若菜病の実際, 医学書院.

Summary

In order to previously estimate the incidence of hookworm infection in an area from the correlation between each age class and incidence in that age, the statistical investigation were carried out on the basis of data for the last 10 years, obtained from the survey conducted on the rural areas in Japan.

1) There were no differences between means of incidence in each age class, obtained from two kinds of areas with the dominant species, *Ancylostoma* and *Necator*. The following experimental formulae concerning the relation between age and incidence of hookworm infection was obtained,

$$Y = 1.70 e^{-0.0057x} - 2.00 e^{-0.087x}$$

where x is the age of the class tested and y is a ratio of incidence in the age class to the total incidence in all inhabitants in an area when the latter incidence were 1.0. This formulae can, therefore, be used to express the ratio of the incidence in a given age class to the total one in all over the area.

2) Total incidence in an area might be previously assumed from the incidence in a given age class surveyed by means of statistical calculation of means and their variance of the ratio in a given age. As minimum variance was found at 16-20 year age class, it was reasonably considered that the incidence in an area would be previously estimated with the least error from that in 16-20 year age class. This estimation can be applicable in the rural areas, especially in the areas where no mass-treatment of hookworm disease had been undertaken, with exception of cold-weather district, in Japan.

3) Linear correlation was observed clearly between the incidence in younger age class (16-20 years) and that in all inhabitants or in adult age class. So the total incidence in an area may also be previously but roughly estimated by calculation on the basis of the linear correlation above-mentioned.

4) Increase in the incidence in the youngest age (less than 16 years) with age was so remarkable that the age would be considered as an important factor influencing upon the rate of increase in the incidence of hookworm infection.

5) There might be differences between *Ancylostoma* and *Necator* infection in the point of ratios of the incidence in the youngest class to that in adult class but no differences in that of the youngest to the younger class (16-20 years).