

放射性物質 Cobalt-60 照射による蛔虫卵 殺滅に関する研究

II 発育時期による感受性の差

齋 藤 昭 三

慶応義塾大学医学部寄生虫学教室 (主任 松林久吉教授)

(昭和 31 年 11 月 7 日 受領)

人工放射性同位元素は近年わが国でも医学のみならずあらゆる学問分野で使用され、大きな進歩をもたらしている。

これらの放射性同位元素 (radioactive isotope) を使用して、食品主に野菜に附着する寄生虫卵を容易に殺滅出来れば公衆衛生的意義は大きく、その点でも将来に於けるかゝる radioactive isotope の実用化が大いに期待される。

私たちは寄生虫卵中最も抵抗力の強いと云われている蛔虫卵を対象として、cobalt-60 照射によるその殺滅に関する基礎実験を行つて来た (浅見・小林・齋藤1955)。その第一報に於いては、発育期の卵より比較的抵抗性の強いと思はれる単細胞期卵に対し cobalt-60 を照射して、発育に及ぼす影響を観察し、単細胞期卵の仔虫形成阻止線量、発育異常卵並びに変性卵について報告した。

今回は引き続き単細胞期より蛭蚪期に至る発育途上にある虫卵を対象として、前回と同様 γ 線の殺卵線量決定を目標に夫々の仔虫形成阻止線量を求め、 γ 線に対する蛔虫卵の発育時期による感受性の差を比較検討した。

材料及び実験方法

1. 虫卵材料

虫卵材料は屠殺場より得た豚蛔虫の新鮮子宮内 (下部 1.5 cm) 卵で、試料による差を小さくするため、各実験毎に夫々十数四分の材料を充分攪拌混合して用いた。

2. 照射前の虫卵培養

上記の虫卵材料を 5% アンチホルミン液に 40~50 分間浸漬し、蛋白膜を除去した後、蒸留水洗滌を 3 回行い、

Shozo Saito: Observations on the effects of irradiation with cobalt-60 on the development of *Ascaris lumbricoides* ova. II. Differences of sensitivity in various developmental stages. (Department of Parasitology, School of Medicine, Keio University, Tokyo,)

均一な虫卵懸濁液としたものを 0.5% ホルマリン加 2% 寒天平板上に置き、27~28°C の孵卵器内に収めて照射前に培養を行つた。

3. γ 線源

cobalt-60 は当医学部所有の 40 curie のものを使用し、一定の強さの線源より照射される γ 線量は照射時間に比例し、距離の 2 乗に反比例することがわかっているため、実験における各線量は線源から一定距離、一定時間内に照射せられる実測線量を基準として算出することによつて簡単に求めることが出来る。

4. 照射の方法

実験区分を 1) 単細胞後期卵, 2) 2 細胞期卵, 3) 数細胞期卵, 4) 早期桑実期卵, 5) 桑実期及び早期蛭蚪期卵, 6) 蛭蚪期及び桑実期卵の 6 期にわけた。各実験共照射直前にホルマリン加寒天平板上の虫卵を夫々ポリエチレン製小袋に移して、前後に薄く圧平したものを作り、これを被照射材料とした。実験毎にこの被照射材料を数個乃至十数個作成し、これを線源に対して一定距離、垂直方向に正しく設置した。照射時間は主として 15 時間 (午後 6 時より翌朝 9 時迄) に統一したが、一部は 39 時間 (午後 6 時より翌々朝 9 時迄) 照射も行つた。

尚対照卵として被照射材料と同様ポリエチレン製小袋に移した虫卵を研究室におき室温に放置した。

5. 照射後の虫卵培養

照射を完了した虫卵は第一報と同様直ちに研究室にもち来り、ポリエチレン製小袋より再びホルマリン加寒天平板に移して (対照卵も同様)、27~28°C の孵卵器に収めて培養を継続した。

6. 虫卵の γ 線による被曝効果の観察

被曝効果の指標を主として照射後継続培養による仔虫期卵形成率において、対照卵が 97~98% の仔虫期卵形成を認める培養第 14 日頃より観察を始め、照射後毎週一回第 4 週まで行つた。

こゝで問題になるのは卵の生死鑑別である。今回は發育途上にある虫卵を対象として、cobalt-60 照射を行ったので、死滅虫卵の判定方法を後続培養による仔虫期卵形成の如何においた。しかしγ線の長時間の照射によく耐えて仔虫期卵まで發育したものでも、その後直ちに死滅するもの或いは徐々に変性死滅して行くものもあると考えられ、この場合観察所見のみでは生死を決定出来ないが、一応明かな変性像の認められない仔虫期卵の百分比をもつて観察を進めた。

尚感染可能な仔虫期卵に及ぼすγ線の作用については別の機会にゆづる。

実験成績

1. 単細胞後期卵（培養第2日）の実験

本実験に於いて使用せる虫卵は培養第2日の100%単細胞期卵であり、これを単細胞後期卵として扱った。摘出直後の単細胞期卵に於ける実験成績（第一報）より考へて、単細胞後期卵に於いても恐らくその仔虫形成完全阻止限界線量は10万レントゲン（rと略記す）前後にあるのだららと思われたので、一応照射線量を7,000 r~227,000 rの範囲にし、各線量間の中は出来るだけ小さくとつた。第1表は単細胞後期に於ける各線量被曝卵の培養経過にともなつて形成される仔虫期卵の比率を示したものである。この結果によると、仔虫形成完全阻止限界線量は培養第14日（照射後12日）の観察では70,000 r以上であり、照射後2週末、3週末、4週末では夫々98,200 r以上となつており、単細胞後期卵に対する仔虫形成阻止の限界線量はほぼ70,000 rから98,200 rの間にあると考えられ、前回の成績（110,000 r~153,000 r）と比べて明かに減少を認めた。又各線量照射卵について培養日数にともなう仔虫期卵の比率をみると、照射後12日と2週末との間では末だ増加がみとめられているが、2週末以後の比率の間には殆んど差がみとめられない。このことは摘出直後の単細胞期卵の実験と同様、照射後2週末までは被曝の程度に応じて遅延しつゝも發育をしめし、以後はほぼ均齊にその發育を停止したものと考えられる。

2. 2細胞期卵（培養第4日）の実験

本実験に於いて照射した虫卵は培養第4日の主として2細胞期卵（75%）であるが、その他わずかに単細胞期卵（8%）、3細胞期卵（6%）、4細胞期卵（11%）等を含む程度に發育したものである。照射線量は7,000 rより126,400 rまでとし、前回と同様各線量間の中は出来るだけ小さくとつた。第2表は本実験に於ける各線

第1表 単細胞後期卵（培養第2日）に対する照射線量とその仔虫期卵形成率

No.	概算線量 (レントゲン)	線距離 源離 から (cm) の	照射 時間 (hr)	仔虫期卵百分比			
				照射後 12日 培養 第14日	2週 16日	3週 23日	4週 30日
1	22.68×10 ⁴	5.0	15	0	0	0	0
2	16.85×10 ⁴	5.8	〃	0	0	0	0
3	12.63×10 ⁴	6.7	〃	0	0	0	0
4	9.82×10 ⁴	7.6	〃	0	0	0	0
5	7.00×10 ⁴	9.0	〃	0	2	2	2
6	5.79×10 ⁴	9.9	〃	6	7	8	8
7	4.32×10 ⁴	11.5	〃	20	28	27	28
8	2.70×10 ⁴	14.5	〃	65	68	67	65
9	2.10×10 ⁴	16.4	〃	76	80	81	78
10	1.71×10 ⁴	18.2	〃	81	84	86	85
11	1.38×10 ⁴	20.3	〃	83	87	90	90
12	0.93×10 ⁴	23.5	〃	89	94	95	94
13	0.85×10 ⁴	25.8	〃	93	96	96	96
14	0.70×10 ⁴	28.4	〃	94	96	98	97
15	0	/	0	98	99	99	99
16	0	/	0	97	99	98	98

第2表 2細胞期卵（培養第4日）に対する照射線量とその仔虫期卵形成率

No.	概算線量 (レントゲン)	線距離 源離 から (cm) の	照射 時間 (hr)	仔虫期卵百分比			
				照射後 10日 培養 第14日	2週 18日	3週 25日	4週 32日
1	12.64×10 ⁴	10.8	39	0	0	0	0
2	9.29×10 ⁴	12.6	〃	0	0	0	0
3	7.02×10 ⁴	14.5	〃	0	0	0	0
4	7.00×10 ⁴	9.0	15	0	0	0	0
5	5.79×10 ⁴	9.9	〃	0	2	2	1
6	5.28×10 ⁴	16.4	39	0	2	2	2
7	4.32×10 ⁴	11.5	15	2	3	3	3
8	2.70×10 ⁴	14.5	〃	9	12	12	11
9	2.10×10 ⁴	16.4	〃	19	21	22	20
10	1.71×10 ⁴	18.2	〃	27	41	40	42
11	1.38×10 ⁴	20.3	〃	33	52	51	51
12	0.93×10 ⁴	23.5	〃	45	70	69	68
13	0.85×10 ⁴	25.8	〃	52	80	79	77
14	0.70×10 ⁴	28.4	〃	61	86	84	82
15	0	/	0	97	98	98	98
16	0	/	0	99	100	97	97

量被曝卵の培養経過に伴う仔虫期卵形成率を示したものである。この場合も前者と同様照射後 2 週以後はほゞ一様の發育停止が認められる。仔虫形成完全阻止限界線量は培養第 2 日の単細胞後期卵より更に減少し、照射後 2 週～4 週末の観察では 57,900 r より 70,000 r の間にあると考えられる。

3. 数細胞期卵 (培養第 7 日) の実験

本実験に於いては、培養第 7 日の数細胞期 98% と単細胞期並びに 4 細胞期夫々 1% とを含む發育途上にある虫卵に cobalt-60 照射を行った。実験成績は第 3 表に示す通りである。これによると前 2 者と同様照射後 2 週までは發育を示していると考えられる。しかしこの場合第 3 週以後は徐々に仔虫期卵百分比は減少している。これは前述した如く、照射後継続培養により一旦仔虫期迄發育した虫卵が照射後 3 週頃より徐々に変性を始め、培養日数の経過にともなうてその変性は増加し、逆に変性像のみとめられない正常仔虫期卵の百分比は減少していることを示している。又仔虫形成完全阻止限界線量は 2 細胞期卵より更に減少し、照射後 2 週～4 週末の観察では 43,200 r より 52,800 r の間にあると考えられる。

4. 早期桑実期卵 (培養第 9 日) の実験

第 3 表 数細胞期卵 (培養第 7 日) に対する照射線量とその仔虫期卵形成率

No.	概算線量 (レントゲン)	線距離 源離 から (cm)	照射 時間 (hr)	仔虫期卵百分比			
				照射後 1 週 培養 第 14 日	2 週 21 日	3 週 28 日	4 週 35 日
1	12.64×10 ⁴	10.8	39	0	0	0	0
2	9.29×10 ⁴	12.6	〃	0	0	0	0
3	7.02×10 ⁴	14.5	〃	0	0	0	0
4	7.00×10 ⁴	9.0	15	0	0	0	0
5	5.79×10 ⁴	9.9	〃	0	0	0	0
6	5.28×10 ⁴	16.4	39	0	0	0	0
7	4.32×10 ⁴	11.5	15	0	1	1	1
8	2.70×10 ⁴	14.5	〃	0	2	2	2
9	2.10×10 ⁴	16.4	〃	3	8	9	5
10	1.71×10 ⁴	18.2	〃	11	17	15	12
11	1.38×10 ⁴	20.3	〃	24	39	36	24
12	0.93×10 ⁴	23.5	〃	56	64	53	36
13	0.85×10 ⁴	25.8	〃	77	78	73	62
14	0.70×10 ⁴	28.4	〃	86	86	85	78
15	0.63×10 ⁴	30.0	〃	94	92	92	85
16	0	/	0	99	99	98	99
17	0	/	0	96	99	98	99

本実験で早期桑実期卵として扱ったものは、細胞分裂の完了せる所謂桑実期卵になる直前のもので、細胞分裂の最盛期にあると思はれるものである。

実験に使用せる虫卵は培養第 9 日の早期桑実期卵 85%、数細胞期卵 14%、単細胞期卵 1% の比率に發育したものである。

前回までの実験に於いて仔虫形成完全阻止限界線量をみると、細胞分裂の進行につれて減少しているのが、本実験に於いては更に減少するだろうと想像されたが、照射線量は一応 6,300 r より 98,200 r の範囲で実験を試みた。第 4 表はその実験成績である。これによると早期桑実期卵の仔虫形成完全阻止限界線量は照射後 5 日～4 週末の観察共すべて 27,000 r 以上となつて居り、21,000 r から 27,000 r の間にあると考えられ、前 3 者の実験のそれに比して更に減少を示した。又各線量照射卵に於ける培養日数に伴う仔虫期卵の比率については、照射後 5 日目と 2 週末との間には殆んど差をみとめなくて、3 週以後に於いては徐々に減少している。これは照射後 5 日目頃よりほゞ一様に發育を停止したものと考えられ、3 週以後は前述した如く変性卵による正常仔虫期卵百分比の減少を示している。

5. 桑実期一早期蛹蚪期卵 (培養第 9～10 日) の実験

本実験に於いては培養第 9～10 日の桑実期卵 85%、早

第 4 表 早期桑実期卵 (培養第 9 日) に対する照射線量とその仔虫期卵形成率

No.	概算線量 (レントゲン)	線距離 源離 から (cm)	照射 時間 (hr)	仔虫期卵百分比			
				照射後 5 日 培養 第 14 日	2 週 23 日	3 週 30 日	4 週 37 日
1	9.82×10 ⁴	7.6	15	0	0	0	0
2	7.00×10 ⁴	9.0	〃	0	0	0	0
3	5.79×10 ⁴	9.9	〃	0	0	0	0
4	4.32×10 ⁴	11.5	〃	0	0	0	0
5	2.70×10 ⁴	14.5	〃	0	0	0	0
6	2.10×10 ⁴	16.4	〃	3	3	2	2
7	1.71×10 ⁴	18.2	〃	7	8	6	4
8	1.38×10 ⁴	20.3	〃	16	18	14	12
9	0.93×10 ⁴	23.5	〃	41	41	35	32
10	0.85×10 ⁴	25.8	〃	68	64	59	50
11	0.70×10 ⁴	28.4	〃	83	83	81	73
12	0.63×10 ⁴	30.0	〃	92	89	85	77
13	0	/	0	97	97	98	97
14	0	/	0	99	98	98	98

期蛸蚪期卵15%のものに照射した。ここに早期蛸蚪期卵として扱ったものは卵内容の一側に於いて極めてわずかな陥凹を生じ始めた位のごく初期の蛸蚪期卵である。実験成績は第5表に示す通りである。こゝで注目すべきことは、仔虫形成完全阻止限界線量が早期桑実期卵のそれと比べて急激に増加を示したことである。即ち照射後4日目~2週末の観察では168,500 r 以上であり、3週末では126,300 r 以上となつており、本時期に於ける仔虫形成完全阻止限界線量は126,300 r から168,500 r の間にあるものと考えられる。又各線量照射卵について培養日数にともなう仔虫期卵の比率をみると、照射後4日目最高で2週以後は減少している。このことは照射後2週頃より仔虫期卵の変性が始つてを示し、17,100 r~ 98,200 r 照射卵の4週末の観察では仔虫形成卵の約半数が変性を示している。しかし早期桑実期の同線量照射の仔虫期卵百分比と比べると、本時期に於いては著明に増加して居り抵抗力の増強を示している。

間に一定して照射直後に観察して仔虫期卵を形成していないものを用いた。第6表に示した如く、本時期に於ける虫卵の cobalt-60 r 線に対する抵抗力は桑実期一早期蛸蚪期卵より更に増強し、最大量280,000 r 照射しても、なお仔虫期卵形成を完全に阻止出来ず、照射後3日目の観察で仔虫期卵形成率は14%を示した。しかしこの14%の仔虫期卵もその後の培養経過に伴つて変性を始め、照射後3週末の観察では完全に変性を呈し、正常仔虫期卵百分比は0となつた。又各線量照射卵について培養日数に伴う仔虫期卵の比率をみると、照射後3日が最高で1週以後は減少して居り、このことは前述の如く仔虫期卵の変性を示している。

第5表 桑実期・早期蛸蚪期卵 (培養第9~10日) に対する照射線量とその仔虫期卵形成率

No.	概算線量 (レントゲン)	線距離 (cm)	照射時間 (hr)	仔虫期卵百分比			
				照射後4日 培養第14日	2週 24日	3週 31日	4週 38日
1	22.68×10 ⁴	5.0	15	0	0	0	0
2	16.85×10 ⁴	5.8	〃	0	0	0	0
3	12.63×10 ⁴	6.7	〃	4	2	0	0
4	9.82×10 ⁴	7.6	〃	5	3	2	2
5	7.00×10 ⁴	9.0	〃	8	5	5	4
6	5.79×10 ⁴	9.9	〃	13	7	6	5
7	4.32×10 ⁴	11.5	〃	22	15	10	9
8	2.70×10 ⁴	14.5	〃	60	36	24	22
9	2.10×10 ⁴	16.4	〃	72	43	38	33
10	1.71×10 ⁴	18.2	〃	79	63	48	40
11	1.38×10 ⁴	20.3	〃	87	83	70	63
12	0.93×10 ⁴	23.5	〃	95	91	86	81
13	0.85×10 ⁴	25.8	〃	96	94	92	87
14	0.70×10 ⁴	28.4	〃	98	98	96	95
15	0	/	0	99	100	99	99
16	0	/	0	99	99	98	99

第6表 蛸蚪期・桑実期卵 (培養第11日) に対する照射線量とその仔虫期卵形成率

No.	概算線量 (レントゲン)	線距離 (cm)	照射時間 (hr)	仔虫期卵百分比			
				照射後3日 培養第14日	1週 18日	2週 25日	3週 32日
1	28.00×10 ⁴	4.5	15	14	7	5	0
2	22.68×10 ⁴	5.0	〃	24	20	15	5
3	20.52×10 ⁴	5.3	〃	47	36	26	13
4	16.85×10 ⁴	5.8	〃	65	63	32	18
5	15.75×10 ⁴	6.0	〃	76	73	34	29
6	12.63×10 ⁴	6.7	〃	82	79	58	39
7	9.82×10 ⁴	7.6	〃	85	80	65	53
8	7.00×10 ⁴	9.0	〃	87	86	78	67
9	5.79×10 ⁴	9.9	〃	88	86	84	79
10	4.32×10 ⁴	11.5	〃	92	87	86	83
11	2.70×10 ⁴	14.5	〃	95	91	91	88
12	1.71×10 ⁴	18.2	〃	96	93	93	91
13	0	/	〃	98	98	97	98
14	0	/	〃	98	99	98	98

7. 发育時期による感受性の差

各実験に於ける各線量被曝卵の培養経過にともなつて形成される仔虫期卵の比率をみると、単細胞後期卵、2細胞期卵、数細胞期卵、早期桑実期卵の各実験に於いては、夫々照射後2週の観察で最高値を示しており、以後の比率の間には殆んど差がないか、或いは徐々に減少しているに過ぎない。又桑実期一早期蛸蚪期卵、蛸蚪期一桑実期卵の実験に於いては夫々培養14日目(照射後4日~3日)の観察で仔虫期卵の比率は最高値を示し、以後1週~4週末の観察では漸次減少して居る。そこでその仔虫形成率の最高値をもつて发育時期による感受性を比較

6. 蛸蚪期一桑実期卵 (培養第11日) の実験

培養第11日の蛸蚪期卵80%、桑実期卵20%のものに照射した。蛸蚪期卵に於いては長時間照射すると照射中にすでに仔虫期卵を形成してしまうので、照射時間を15時

しようと試み、各実験成績を第7表に一括した。

これより各发育時期に於ける仔虫形成完全阻止限界線量を比べると、摘出直後の単細胞期卵は既報の如く 110,000 r~153,000 r の間であつたが、単細胞後期卵は 70,000 r~98,200r 間、2細胞期卵 57,900 r~70,000 r 間、数細胞期卵 43,200 r~52,800 r 間、早期桑実期卵 21,000 r~27,000 r 間、桑実期—早期蛭蚪期卵 12,600 r~168,500 r の間にあり、早期桑実期までは虫

第7表 照射卵の時期による線量と仔虫期卵形成率との関係

No.	概算線量	線源の距離 (cm)	照射時間 (hr)	照射時の卵期						
				単細胞後期	2細胞期	数細胞期	早期桑実期	桑実期—早期蛭蚪期	蛭蚪期—桑実期	桑実期
1	28.00×10 ⁴	4.5	15	/	/	/	/	/	/	14
2	22.68×10 ⁴	5.0	"	0	/	/	/	/	0	24
3	20.52×10 ⁴	5.3	"	/	/	/	/	/	/	47
4	16.85×10 ⁴	5.8	"	0	/	/	/	/	0	65
5	15.75×10 ⁴	6.0	"	/	/	/	/	/	/	76
6	12.64×10 ⁴	10.8	39	/	0	0	/	/	/	/
7	12.63×10 ⁴	6.7	15	0	/	/	/	/	4	82
8	9.82×10 ⁴	7.6	"	0	/	/	0	5	85	
9	9.29×10 ⁴	12.6	39	/	0	0	/	/	/	/
10	7.02×10 ⁴	14.5	"	/	0	0	/	/	/	/
11	7.00×10 ⁴	9.0	15	2	0	0	0	8	87	
12	5.79×10 ⁴	9.9	"	7	2	0	0	13	88	
13	5.28×10 ⁴	16.4	39	/	2	0	/	/	/	/
14	4.32×10 ⁴	11.5	15	28	3	1	0	22	92	
15	2.70×10 ⁴	14.5	"	68	12	2	0	60	95	
16	2.10×10 ⁴	16.4	"	80	21	8	3	72	96	
17	1.71×10 ⁴	18.2	"	84	41	17	8	79	/	
18	1.38×10 ⁴	20.3	"	87	52	39	18	87	/	
19	0.93×10 ⁴	23.5	"	94	70	64	41	95	/	
20	0.85×10 ⁴	25.8	"	96	80	78	64	96	/	
21	0.70×10 ⁴	28.4	"	96	86	86	83	98	/	
22	0.63×10 ⁴	30.0	"	/	/	92	89	/	/	
23	0	/	0	99	98	99	97	99	98	
24	0	/	0	99	100	99	98	99	98	

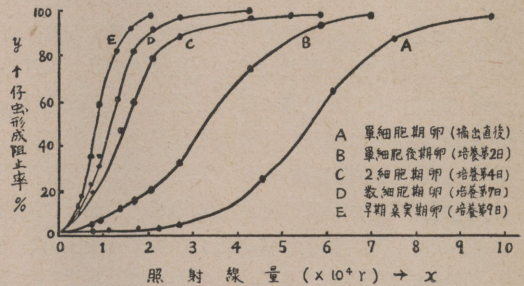
(註) 単細胞後期~早期桑実期迄は照射後2週末、桑実期—早期蛭蚪期及び蛭蚪期—桑実期は夫々培養2週末(照射後3~4日)の観察であり、凡て最高の仔虫期卵形成率を示す。

* 此の項の数字は全て形成された仔虫卵の%を示す。

卵の发育が進むに従い減少し、桑実期—早期蛭蚪期に於いては再び増加し、蛭蚪期—桑実期に於いては280,000 r 照射に対し培養第14日の観察でなを仔虫形成を完全に阻止することが出来ず、14%の仔虫形成率を示した。

第1図は第7表を基にして照射線量(X)と、仔虫形成阻止率(Y)との関係を示したものである。今回の実験に於いても前回と同様夫々S字状曲線となつた。これより各发育時期に於ける夫々の仔虫形成50%阻止線量を求めてみると次の如くなつた。即ち摘出直後の単細胞期卵は既報の如く 58,000 r、単細胞後期卵(培養第2日)は 33,000 r、2細胞期卵(培養第4日)は 15,000 r、数細胞期卵(培養第7日)は 13,000 r、早期桑実期卵(培養第9日)は 9,000 r、桑実期—早期蛭蚪期卵(培養第9~10日)は 30,000 r、蛭蚪期—桑実期卵(培養第11日)は 190,000 r である。この仔虫形成50%阻止線量に於いても早期桑実期に於いて最低を示しその前後に於いて増加している。

第1図 各種照射線量と仔虫形成阻止率



前述の仔虫形成完全阻止限界線量とこの仔虫形成50%阻止線量を基準にして、cobalt-60 に対する虫卵の发育時期による感受性の差をみると、単細胞期より早期桑実期までは发育の進むに従い感受性は高まり、細胞分裂の最盛期と思われる、早期桑実期に於いて感受性は最高に達した。しかし桑実期—早期蛭蚪期に於いては再び感受性は低下の傾向を示し、蛭蚪期—桑実期になるとその感受性は突然著しい低下を示した。

考 按

近年米国では cobalt-60 を食品の殺菌及び保存に利用して相当な成果をあげていると云う(尾崎・山田1954)。更に同国民の約25%が感染しているという *Trichinella spiralis* の予防に cobalt-60 の利用が試みられて居り、Gould et al. (1953) によるとγ線の照射により極めて容易に食肉内の *Trichinella* の幼虫を殺滅することが出

来、これまで知られている衛生対策のうち最良のものであると云う。

しかし乍ら cobalt-60 照射による蛔虫卵殺滅に関する実験は殆んど行われて居らず、その報告も前回の私たちのもの以外には見当らない。今回私の行った実験は前回と同様蛔虫卵殺滅の基礎実験であり、各發育時期卵の仔虫形成阻止線量を追求したものであるが、将来の cobalt-60 等 radioactive isotope 使用による蛔虫卵殺滅の實際面に一つの手がかりになるだろうと考える。

X線・ラジウム線・紫外線等の照射による蛔虫卵或いは鞭虫卵の發育に及ぼす影響に関する報告は古くから行われて居り、又その發育時期による感受性の差についても論及している。即ち蛔虫卵にラジウムを照射したものに沢田・大木(1924)、Seide(1925)等がある。沢田・大木はラジウムのγ線照射は蛔虫卵に対し、その少量では發育促進的に大量では發育障碍乃至破壊的に作用することを述べているが、發育時期による感受性の差については論及していない。Seide は馬蛔虫卵にラジウム線・X線を照射し、發育の進んだもの程それらに対する感受性は低下すると述べ、同時に紫外線の照射では發育の進んだもの程それに対する感受性は強いと述べている。又 Holthusen (1920) は馬蛔虫卵にX線を照射し、卵細胞の分裂が進むに従いそれに対する感受性は減少し、卵細胞が2個に分裂する時期に最も著しく障碍されると報告している。尚鞭虫卵については河合(1927)がその種々な時期にX線を照射して、卵細胞が2乃至8個に分裂する時期に最もX線により侵され易く、その前後には感受性は減少し、培養前のものが最も感受性が少いと述べている。

以上の如く發育時期による感受性の差については夫々必ずしも一致した成績が得られていない。このことは虫卵の發育過程が相当長いこと、又各虫卵の發育速度も一樣でないこと、更に各發育時期の虫卵の感受性も亦大いに動搖性を有すること等に、發育時期による感受性の差の決定の困難な原因が存在することによるだろうと考えられる。

今回私の行った実験では、比較的發育速度を一樣にするよう留意して、各發育時期の虫卵に対し、發育抑制の殆んど見られない少線量から、仔虫形成を完全に阻止する大線量に亘り、而も各線量間の中を出るだけ小さくとして cobalt-60 照射を行い、仔虫形成50%並びに100%阻止線量を基準にして發育時期による感受性の差を検討してみたのである。これらの実験成績を私は hit 説(target 説)に関連づけて考えてみたい。

hit 説或いは target 説と呼ばれるものは放射線の生物に対する作用機構に関する学説の一つで、現在最も信用されているものである。この説の根本をなす概念は細胞の中に特に放射線感受性の高い部分(target)がありこの部分を放射線が hit した時のみあたかも的に弾丸が命中したときのようにある変化が生じ、これ以外の部分は放射線の作用に対し直接関係しないと云うのであつて、従つてこの現象は確率の法則に支配されている(江藤1953)。

そこで蛔虫の卵細胞中にも一定数の特に放射線感受性の高い部分(target)の存在を考えると、虫卵の發育が進み細胞数の増加と共に当然虫卵内の target 数も亦増加し、従つて虫卵内で放射線が hit する確率が大きくなり、結局より少線量で蛔虫卵に致命的変化を起すだろうと考えられる。かくして虫卵の發育が進むに従つて cobalt-60 に対する感受性は高まり細胞分裂の最盛期と思われる早期桑実期にその感受性は最高に達したものであらう。

更に虫卵の發育が進み蛻蝻期に入ると今迄の細胞分裂は完了し、こゝに又新しい分化の過程がおこる。即ち器官形成の原基(Anlage)が決定し、其の後それらは外からの干渉から独立して独自の發生運命を辿ることになる。これらの Anlage の一部がたとえ放射線により hit され変化が起つても、もはや仔虫形成には直接関係して来ないものと考へる。かくして蛻蝻期卵に於いては著しい感受性の低下を来したものであらう。

む す び

cobalt-60 照射による發育各時期の蛔虫卵殺滅実験を行い、下記の結果を得た。

(1) cobalt-60 照射による發育各時期の蛔虫卵の仔虫形成完全阻止限界線量は次の如くである。

単細胞後期卵(培養第2日) 70,000 r ~ 98,200 r 間

2細胞期卵(培養第4日) 57,900 r ~ 70,000 r 間

数細胞期卵(培養第7日) 43,200 r ~ 52,800 r 間

早期桑実期卵(培養第9日) 21,000 r ~ 27,000 r 間

桑実期—早期蛻蝻期卵(培養第9~10日) 126,300 r ~ 168,500 r 間

(2) cobalt-60 照射による發育各時期の蛔虫卵の仔虫形成50%阻止線量は次の如くである。単細胞後期卵 33,000 r, 2細胞期卵 15,000 r, 数細胞後卵 13,000 r, 早期桑実期卵 9,000 r, 桑実期—早期蛻蝻期卵 30,000 r, 蛻蝻期—桑実期卵(培養第11日) 190,000 r。

(3) 上記 (1), (2) の成績より cobalt-60 照射による蛔虫卵の発育時期による感受性の差をみると、細胞分裂の最盛期と思はれる早期桑実期に於いて感受性は最高に達しその前後に於いて感受性は低下を示した。

終りにのぞみ、御指導、御校閲を賜つた松林久吉教授 浅見敬三助教授に深甚なる謝意を表します。

(此の研究に要した費用の一部は厚生省科学研究費によつた。尙お本論文の要旨は昭和31年4月第25回日本寄生虫学会総会に於いて発表した)

文 献

- 1) 浅見敬三, 小林昭夫, 斎藤昭三 (1955): 放射性物質 cobalt-60 照射による蛔虫卵殺滅に関する研究 I. 寄生虫学雑誌, 4 (4), 331~336. —2) 江藤秀雄 (1954): 人体と放射線, 岩波書店, 東京. —3) Gould, S. E., Gomberg, H. G. and Bethell, E. H.: (1953): Prevention of Trichinosis by Gamma Irradiation of Pork as a Public Health Measure. Am. Jour. of Public Health and the Nation's Health, 43 (12), 1550~1557. —4) Holthusen, H. (1921): Beiträge zur Biologie der Strahlenwirkung. Untersuchungen an Ascarideneiern. Pflügers Arch. f. d. gesamte Physiologie, 187, 1~24. —5) 河合一郎 (1927): 鞭虫卵に及ぼす X 線の作用. 慶応医学, 7 (3), 567~601. —6) 尾崎嘉篤, 山田幸孝 (1954): 放射能による食品の殺菌の保存, 公衆衛生, 15 (6), 83~86. —7) 沢田卓, 大木常松 (1924): 蛔虫 (Ascaris lumbricoides) の卵子に対するラヂウム放射線の影響. 愛知医学雑誌, 31 (5), 969~994. —8) Seide, J. (1925): Zur Kenntnis der biologischen Strahlenwirkung. Untersuchungen an Ascaris-Ei mit ultravioletten, Röntgen und Radiumstrahlen. Zeitsch. f. wiss. Zoologie, 124, 252~304.

Summary

Effects of the irradiation of cobalt-60 on ascaris eggs in various developmental stages were investigated. Eggs were obtained from uterus of pig ascaris and were distributed evenly on the surface of a agar plate which was then kept in a 27°C incubator. These eggs were collected in various developmental stages such as uni-cellular,

bi-cellular, multi-cellular, early molular, late molular, early tadpole and late tadpole stages. Eggs of each stages were put into a small polyethylen sack separately and were irradiated by cobalt-60 from various distances for 15 hours or in some cases for 39 hours. After the irradiation eggs were again distributed on the agar plate and kept in the incubator to investigate the further development.

The minimum dosis of irradiation which resulted a complete inhibition and 50 % inhibition in each developmental stages of eggs are shown in the following table. The complete inhibition indicates that not a single egg is able to become embryonated and 50 % inhibition indicates that 50 % of eggs became embryonated.

	Complete (unit 10000 r)	50 % (unit 10000 r)
Unicellular stage	9.82	3.3
Bicellular stage	7.00	1.5
Multicellular stage	5.28	1.3
Early molular stage	2.90	0.9
Molular and early tadpole stage mixed	16.85	3.0
Tadpole and molular stage mixed	impossible even in 28.00	19.0

It is obvious from this table that the sensibility of eggs to the irradiation became higher as the cellular division proceeded, and the molular stage showed the highest sensibility. When the egg attained tadpole stage, sensibility became much lower. These phenomena may be explained according to the target theory. That is to say, as the number of cell increase by division the number of the target may increase also and the probability that the target may be hit by the radio active rays becomes larger. Then the target may be hit even by the irradiation of smaller amount of the rays. After the tadpole stage, the differentiation of the organs takes place and it is conjectured that even if a certain primitive organ may be hit, the embryonation may not be injured. So the tadpole stage gets a higher resistance to the rays.