

報 文

フィリッピンザイノキクイムシ *Xyleborus perforans*
(Wollaston) の蛹, 成虫に対する γ 線照射の影響*

吉田忠晴**, 深見順一, 福永一夫, 松山 晃

理化学研究所

(昭和52年4月19日受理)

Effects of Gamma Radiation on *Xyleborus perforans* (Wollaston)
Pupae and Adults

Tadaharu YOSHIDA, Jun-ichi FUKAMI, Kazuo FUKUNAGA and Akira MATSUYAMA

The Institute of Physical and Chemical Research, Wako, Saitama 351, Japan

For radiation disinfestation of harmful insects in imported timbers, the radiosensitivities of ambrosia beetles, such as *Xyleborus perforans*, *Xyleborus atratus*, and *Xyleborus semiopacus*, which have been frequently found in timbers from Southeast Asia were studied. These three species of ambrosia beetles were reared by an artificial medium composed of lauan sawdust, starch, dried yeast powder, sucrose, and distilled water with a small amount of streptomycin. Lethal doses on 3 to 4-day-old female adults were determined on the 12th day after gamma irradiation. The LD₅₀ and LD₉₉ of *X. perforans* were 57 krad and 90 krad, respectively. Dose required for inhibition of adult emergence from pupae of *X. perforans* was more than 8 krad. The sterilizing dose to pupae of *X. perforans* was 3-5 krad. When male adults which had emerged from irradiated pupae were mated with unirradiated female, only male adults emerged in the following generation. This observation suggests that the dose enough to inactivate the sperm of this parthenogenetic insect is 3-5 krad. The sterilizing doses to mated female adults of *X. perforans*, *X. atratus*, and *X. semiopacus* were 4 krad, 4 krad, and 2 krad, respectively. Irradiation of female adults of *X. perforans* with 5-10 krad produced only male adults in the following generation. In cases of irradiation of both female pupae and mated female adults, propagation of ambrosia fungus was retarded with increasing doses.

緒 言

輸入木材の害虫であるキクイムシ, カミキリムシ, ゾウムシ, タマムシ, キバチ類などは, 植物防疫法にもとづく検疫のため燻蒸処理, 殺虫剤散布, 水中浸漬などによる防除がなされている。著者らは, これら輸入木材害虫のうち, まずキクイムシ科 Scolytidae の数種について, 放射線の不活性化作用による防除効果の可能性の検討を

行ってきた。現在まで植物防疫法により輸入木材害虫の供給は困難であったため, 国内産樹皮下穿孔虫のキイロコキクイムシ *Taenioglyptes fulvus* (Niijima)¹⁾, およびアンブロシア穿孔虫²⁾ のハンノキキクイムシ *Xylosandrus germanus* (Brandford), シイノコキクイムシ *Xylosandrus compactus* (Eichhoff), サカクレノキクイムシ *Xyleborus semiopacus* Eichhoff について γ 線照射による影響を報告してきた。

今回輸入木材検疫の際に南洋材より最も発見頻度, 個体数の多い^{3), 4)} アンブロシア穿孔虫 *Xyleborus perforans* グループ⁵⁾ の1種でインドネシア, フィリピン, マレーシア産のフィリッピンザイノキクイムシ *Xyleborus*

* 放射線照射による木材害虫の防除 (第3報)
Control of the Harmful Insects in Timbers by
Irradiation (Part 3)

** 現在 (株) ナチュラルフーズ開発部

perforans (Wollaston) の飼育許可***がえられたので、蛹、成虫について ^{60}Co γ 線の照射による殺虫線量、羽化阻止線量、不妊化線量を測定した。また日本国内だけでなく、インドネシア、マレーシア、ボルネオなどに分布し、南洋材より発見されているサカクレノキクイムシ⁶⁾、および同様にわが国だけでなく、台湾、フィリピン、ボルネオなどにも分布しているクワノキクイムシ *Xyleborus atratus* Eichhoff⁶⁾ の成虫について不妊化線量を求め、フィリピンザイノキクイムシと放射線感受性を比較するとともに、前報²⁾ の日本産3種のアンブロシア穿孔虫との比較検討を行なった。

実験方法

1. 飼育方法

実験に用いたフィリピンザイノキクイムシ、サカクレノキクイムシ、クワノキクイムシを Fig. 1 に示した。

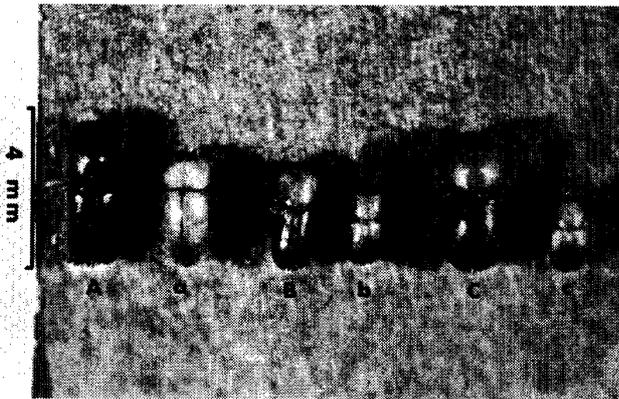


Fig. 1 Three species of ambrosia beetles.

A. *Xyleborus atratus* female, a. *X. atratus* male,
B. *X. perforans* female, b. *X. perforans* male,
C. *X. semiopacus* female, c. *X. semiopacus* male.

アンブロシア穿孔虫は、樹皮下穿孔虫のように直接樹皮下形成層を食害するのではなく、材部深く穿孔した孔道内にアンブロシア菌を繁殖させ、幼虫はこの菌を摂食して成長する⁷⁾。したがって、非常に多くの樹種で繁殖することができ、フィリピンザイノキクイムシは40科の植物につくことが知られている⁸⁾。しかし木材を用いての飼育は非常に困難であるため、竹森ら⁹⁾ のラワンのご屑を基材とした人工培地にて累代飼育を行なった (Table 1)。サカクレノキクイムシは前報²⁾ でクリの滅菌材にて飼育し、照射実験を行なったが、竹森ら⁹⁾ の人工培地を改良した組成 (Table 1) で、またクワノキクイムシはフィリピンザイノキクイムシと同じ培地で飼育可能であった。なお風乾したラワンのご屑 (水分含量 14.1

Table 1 Composition of artificial rearing medium.

	<i>Xyleborus perforans</i> ⁹⁾ <i>X. atratus</i>	<i>X. semiopacus</i>
Distilled water	125 ml*	140 ml*
Lauan sawdust	100 g	100 g
Starch	50 g	80 g
Dried yeast powder	15 g	15 g
Sucrose	10 g	10 g

* Added streptomycin 70 mg/liter.

%) に対するフィリピンザイノキクイムシ、クワノキクイムシの人工培地の水分含量は 48.6%、サカクレノキクイムシの培地は 49.2% であった。

各人工培地は飼育容器 (200 ml 牛乳ビン) および試験管 (2.4 cm ϕ × 20 cm) に分詰して加圧滅菌 (125°C, 30 分間) を行なった。

3種のキクイムシは雌虫に比較して雄虫の少ない雌雄比 (一夫多妻性) を示し、サカクレノキクイムシの不受精雌が産雄単為生殖を行なうことを報告した²⁾ のと同様に、フィリピンザイノキクイムシ、クワノキクイムシについても産雄単為生殖を認めた。また羽化後 2~3 日の雌成虫はすべて既交尾であり、したがって、単為生殖を示す雌成虫は認められなかった。羽化雌成虫は 50% アルコール溶液で 750 倍に希釈した昇コウ水 (アルコール・昇コウ水) に 30 秒間浸漬し、虫体の表面を殺菌した後、滅菌した人工培地に各 1 頭、無菌状態で接種して当研究所インセクトロンの約 27°C, 60~70% RH の条件下で飼育した (Fig. 2)。

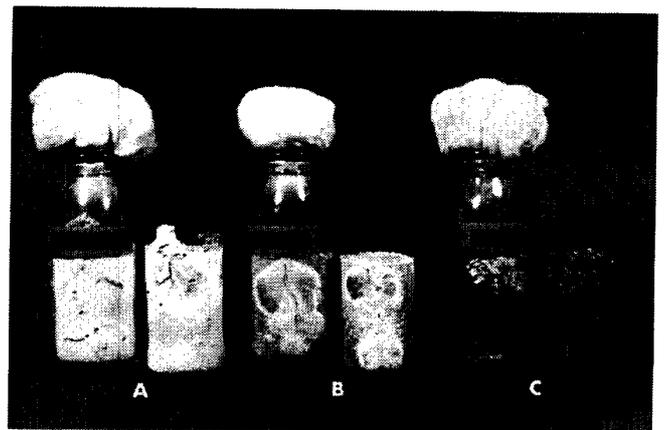


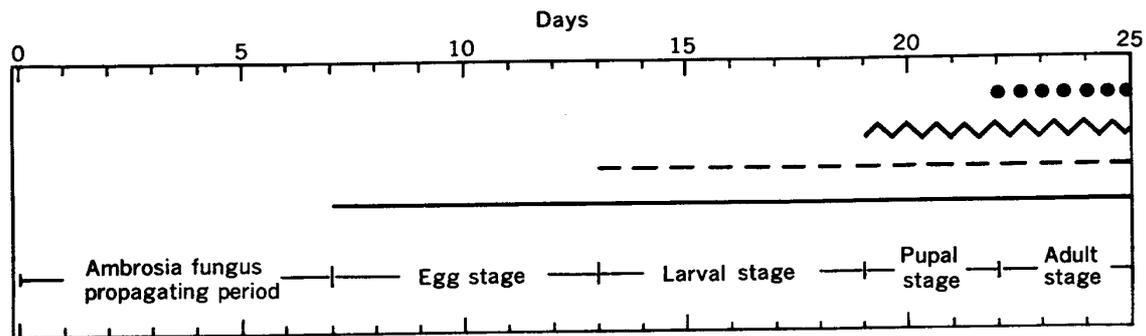
Fig. 2 Rearing status and artificial medium from vessels.

A. *Xyleborus atratus*, B. *X. perforans*,
C. *X. semiopacus*.

2. 照射方法

まず最初にフィリピンザイノキクイムシ次世代成虫

*** 農林省指令 47 門植第 1794 号の特別許可による。

Fig. 3 Life cycle of *Xyleborus perforans*.

— egg, - - - larval, ~~~ pupal, ●●●● adult stage

羽化がみられるまでの生活史を検討した (Fig. 3). 雌成虫は長期間にわたって産卵し, 約 27°C, 60~70% RH の条件下で雌成虫接種後 22 日目には次世代の卵, 幼虫, 蛹, 成虫の生存がみられる. 接種後 1~7 日目まではアンブrosia菌の繁殖が十分に行なわれ, その後産卵を開始する. したがって, 成虫羽化がみられるまでを便宜上アンブrosia菌繁殖期, 卵期, 幼虫期, 蛹期, 成虫期として表わした. このような生活環の検討により供試材料が比較的容易にえられ, 年令もはっきりする蛹, 成虫に対して, 当研究所の 17 kCi ^{60}Co γ 線照射装置を用いて, 20°C の室温で次のような照射を行なった.

1) 蛹

接種後 22 日目にガラス製の飼育容器を割って人工培地を取り出し (Fig. 2), その中から羽化 2~3 日目の蛹を集めた. 雌雄蛹を各線量区ごとにガラス製容器 (1.4 cm ϕ × 4 cm) に入れ, 線量率 650 rad/min で ^{60}Co γ 線照射を行なった. 実験に用いた線量は 1~5 krad であった.

2) 成虫

成虫についての照射実験は, フィリッピンザイノキクイムシ, サカクレノキクイムシおよびクワノキクイムシについて行なった. 3種の羽化3~4日以内の既交尾雌成虫を各線量区ごとに上記のガラス容器に入れ, γ 線照射した. 線量率は蛹の場合と同じであるが, 線量は 1~10 krad であった. またフィリッピンザイノキクイムシ雌成虫の殺虫線量については, 羽化 3~4 日以内のものを飼育容器に各 50 頭接種して, 直接飼育容器を線量率 2,650 rad/min で γ 線照射した. 線量は 40, 60, 80, 100 krad であった.

3. 放射線効果の判定

アンブrosia穿孔虫と共生菌の関係について Francke-Grosmann¹⁰⁾ は共生菌胞子貯蔵器官 mycangia を発見し, その存在部位から六つの型に分けた. アンブrosia菌は

子のう菌, 担子菌, 不完全菌などの総称で, キクイムシと菌の種類に関する全般的な関係についての結論はまだ出ていない^{11)~13)}. Takagi & Kaneko¹⁴⁾, Kaneko & Takagi¹⁵⁾ のハンノキクイムシについての詳細な研究によると, 胞子貯蔵器官の存在する部位は前・中胸背板で, 共生菌の取り込みは蛹から羽化した直後に行なわれる. まだ黒化しない雌虫の胞子貯蔵器官開口部から粘液を伴った膜が反転突出して, 共生菌の取り込みが行なわれる. 取り込みに失敗したものは孔道を掘るだけで, 産卵しないことが認められている. 本研究においてフィリッピンザイノキクイムシの蛹を培地より取り出し, シャーレ内で羽化したものを人工培地に接種したところ,

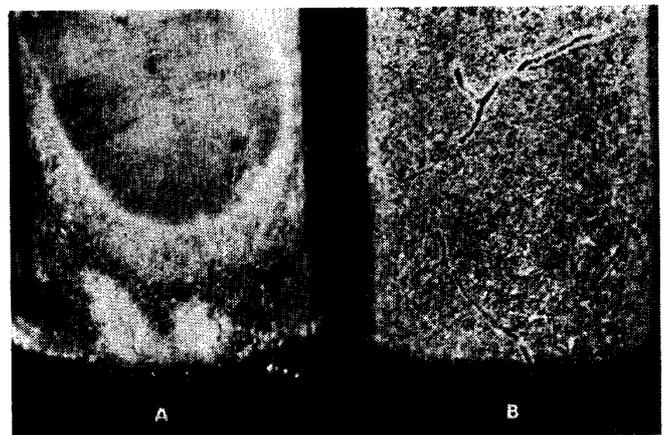


Fig. 4 Propagation of ambrosia fungus in the artificial medium.

- A. Normal propagation along the galleries made by a female adult carrying ambrosia fungus.
B. No propagation (only galleries made by a female adult carrying no ambrosia fungus are observed).

Fig. 4 にみられるように, アンブrosia菌の繁殖, 次世代の育成はまったく認められなかった. これらの事実はアンブrosia穿孔虫の産卵, 繁殖に共生菌の取り込みが

必要であることを示している。上記のことから、蛹、成虫照射における判定は次のように行なった。

1) 蛹に対する羽化阻止効果と不妊化効果

雌雄蛹は照射処理後、照射雄 (I♂) × 非照射雌 (U♀), 非照射雄 (U♂) × 照射雌 (I♀), 照射雄 (I♂) × 照射雌 (I♀) および対照区として非照射雄 (U♂) × 非照射雌 (U♀) の組み合わせを行ない、人工培地を入れた試験管 (2 cmφ × 7 cm) にアンブロシア菌だけを繁殖させ、成虫が羽化した際の共生菌の取り込み、交尾を考慮して、1個の雄蛹に対して雌蛹5個の割合で菌上に置いた。その共生菌上での成虫羽化により羽化阻止効果を判定した。羽化した成虫は3~4日間試験管内に保ち、その後各線量、各組み合わせにより雌成虫を各1頭人工培地のはいった試験管 (2.4 cmφ × 20 cm) に接種して、接種後35日目に次世代生存虫数を調べ、不妊化効果を判定した。

2) 成虫に対する殺虫効果と不妊化効果

照射したフィリッピンザイノキクイムシ雌成虫に対する殺虫効果を調べるため、各50頭はいった飼育容器をその後の飼育期間中に順次割り、成虫の生死を判定した。生き残ったものは再び新しい飼育容器に接種して飼育をくり返した。照射後14日目までは2日間隔で、14日以降は3日間隔で行なった。不妊化効果については、照射処理後各1頭を飼育容器に接種して、フィリッピンザイノキクイムシは35日目、サカクレノキクイムシは40日目、クワノキクイムシは50日目に次世代生存虫数を調べ、雌成虫または雌雄両成虫の羽化阻止により判定した。

実験結果

1. 蛹に対する羽化阻止線量と不妊化線量

1~5 krad を照射した羽化2~3日前のフィリッピンザイノキクイムシ雌雄蛹は、ともに100%の羽化率を示し、さらに8 krad 照射においても羽化率は90%以上を認めた。したがって、羽化を阻止するためには8 krad 以上の線量を必要とする。

上記の照射雌雄蛹および非照射の雌雄蛹より羽化した成虫について、4組の交配組み合わせを行ない、次世代での平均生存虫数を Table 2 に示した。

対照区における1雌当りの平均生存虫数の合計は55.8であり、その内訳は雌成虫13.1, 雄成虫1.1, 雌蛹7.2, 幼虫22.4, 卵12.0であった。各組み合わせにおいて I♂ × U♀ 区では、卵の生存は対照区と同じような数を示したが、幼虫数は減少し、線量の増加に伴って未孵化卵が多くみられた。また雌成虫の羽化数は1および2 krad で明瞭に減少した。3 krad 以上では雌成虫の羽化は認められず、雄成虫の羽化だけが認められ、蛹も同様に雄蛹

Table 2 Sterilizing effects of gamma irradiation on *Xyleborus perforans* pupae.

Cross** & dose (krad)	Avg No. of survival F ₁ generation*						Total
	Adults		Pupae		Larvae	Eggs	
	♀	♂	♀	♂			
U♂ × U♀							
0 (cont.)	13.1	1.1	7.2	0	22.4	12.0	55.8
I♂ × U♀							
1	2.7	1.5	0.7	1.0	1.7	13.7	21.3
2	2.2	1.2	1.5	0.2	3.7	13.2	22.0
3	0	1.6	0	1.3	2.3	13.0	18.2
4	0	2.7	0	0.7	1.9	12.0	17.3
5	0	1.3	0	0.6	0.6	12.0	14.5
U♂ × I♀							
1	4.1	1.1	3.0	1.5	5.7	4.3	19.7
2	3.0	1.2	3.0	0.7	12.6	4.2	24.7
3	3.3	1.0	1.3	0	8.6	6.3	20.5
4	0.1	0.3	0	0.1	0.5	0.3	1.3
5	0	0	0	0	0	0	0
I♂ × I♀							
1	5.1	1.1	4.1	0.8	4.9	17.4	33.4
2	2.2	1.4	1.2	0	3.9	23.0	31.7
3	0.4	1.1	0.4	0.5	0.7	3.8	6.9
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0

* For each dose 10-11 rearing tubes were used.

** I=irradiated, U=unirradiated.

だけがみられた。U♂ × I♀ 区では I♂ × U♀ 区に比較して卵の生存数が著しく減少し、4 krad 照射においては生存数の合計は1.3, 5 krad 照射では雌雄成虫および他の発育段階の生存はまったく認められなかった。I♂ × I♀ 区では1および2 krad で卵の生存数が多い傾向を示しているが、3 krad 照射で卵および他の生存虫の減少は著しく、4 krad 照射では生存虫はまったく認められなかった。上記の結果と関連して、Fig. 5 に示したように、アンブロシア菌の繁殖についても差がみられた。Fig. 5(A) の I♂ × U♀ 区ではアンブロシア菌は1~5 krad 照射において対照区と同様の繁殖を示しているが、Fig. 5(B) の U♂ × I♀ 区、Fig. 5(C) の I♂ × I♀ 区では4および5 krad でアンブロシア菌の繁殖は低下を示している。このことは Table 2 に示した生存虫が認められない結果と一致しており、アンブロシア菌の繁殖と相関がみられることがわかる。

これらの結果より、雌成虫羽化および雌雄成虫羽化のいずれによって判定しても、蛹照射における不妊化線量は3~5 krad と結論される。

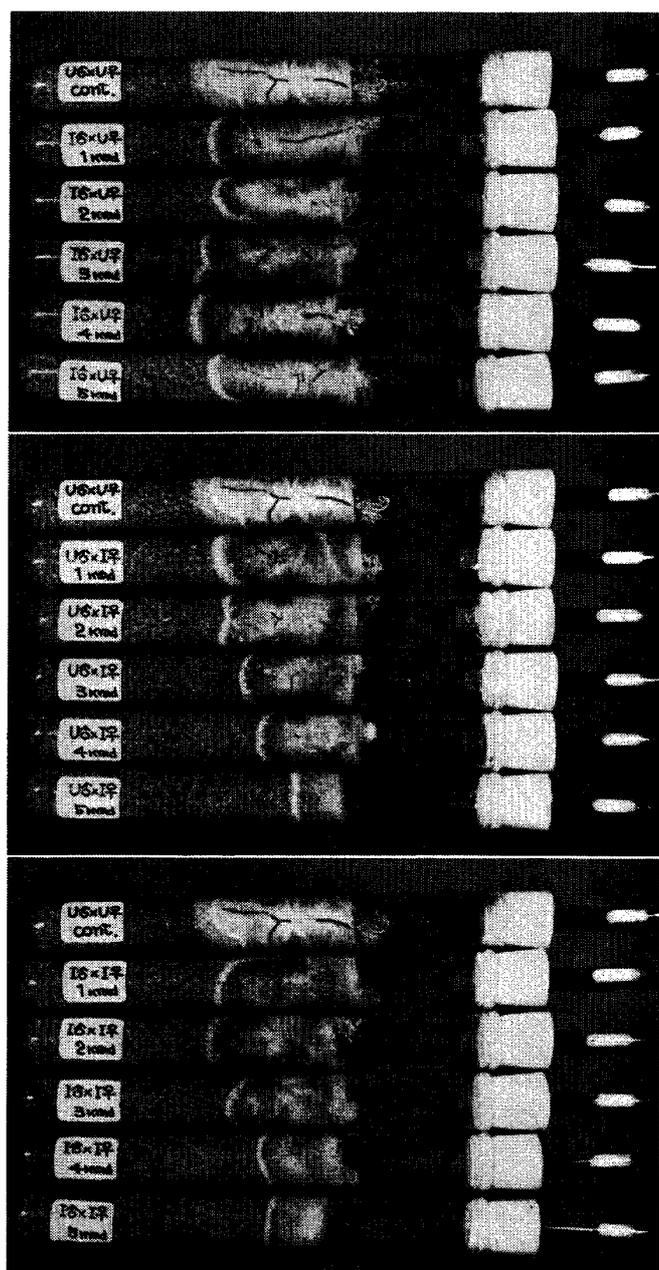


Fig. 5 Effects of different mating sets of *Xyleborus perforans* adults on ambrosia fungus propagation. Irradiation was carried out at a stage of pupae.

- A. irradiated male (I ♂) × unirradiated female (U ♀),
 B. unirradiated male (U ♂) × irradiated female (I ♀),
 C. irradiated male (I ♂) × irradiated female (I ♀).

2. 成虫に対する殺虫線量と不妊化線量

1) フィリピンザイノキクイムシ成虫の殺虫線量
 40~100 krad の γ 線照射を行なったフィリピンザイノキクイムシ雌成虫の経過日数と生存率の関係を Fig. 6 に図示した。生存率曲線からわかるように、100 krad 照射では 8 日、80 krad では 14 日ですべて死亡した。しかし 40 krad 照射では 23 日、60 krad では 20 日を

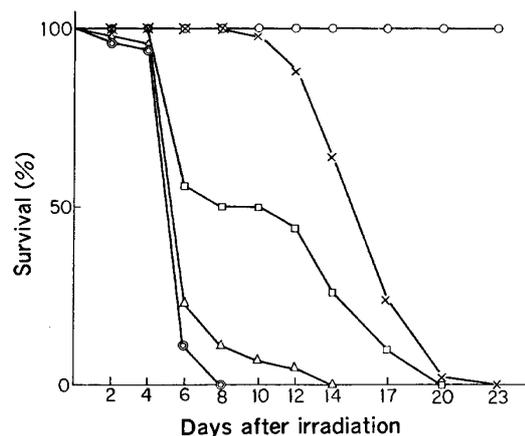


Fig. 6 Survival curves of *Xyleborus perforans* adults for gamma rays.

○ control, × 40 krad, □ 60 krad,
 △ 80 krad, ◎ 100 krad.

要した。これらの結果は 14 日目までは 2 日間隔で、14 日以降は 3 日間隔で飼育容器を割り生死を判定して、生き残ったものは新しい飼育容器に接種する方法で行なった。この際、対照区では 2 日の間に新しい人工培地にすべて穿孔するのに対して、40 krad、60 krad では照射後 10 日目、80 krad では 6 日目、100 krad では 4 日目から人工培地に穿孔できない雌成虫が多くみられた。この結果のうち、線量-死亡率の関係を最もよく表現していると判断された照射後 12 日目の死亡率をプロビットに変換して、Fig. 7 に図示した。

Fig. 7 より照射後 12 日目における LD_{50} は 57 krad, LD_{99} は 90 krad であり、後述の不妊化線量よりかなり高い線量である。

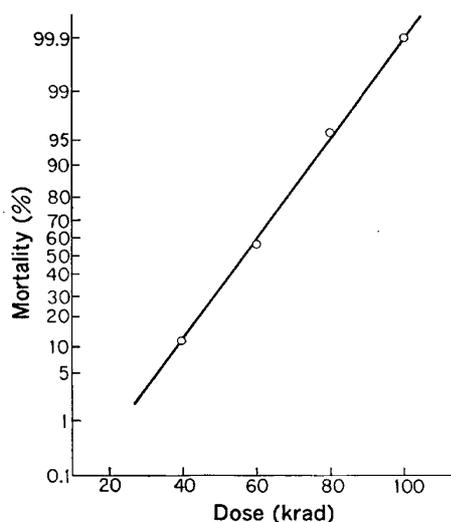


Fig. 7 Mortality of *Xyleborus perforans* adults on the 12th day after exposure to gamma radiation.

2) フィリッピンザイノキクイムシ成虫の不妊化線量本種の既交尾雌成虫に γ 線照射した場合の次世代平均生存虫数を Table 3 に示した。

Table 3 Sterilizing effects of gamma irradiation on *Xyleborus perforans* adults.

Dose (krad)	Avg No. of survival F ₁ generation*						Total
	Adults		Pupae		Larvae	Eggs	
	♀	♂	♀	♂			
0(cont.)	13.0	1.5	7.5	0	28.0	16.7	66.7
1	5.6	1.0	4.5	0.3	9.4	16.6	37.4
2	4.0	1.2	2.0	0.1	7.5	21.8	36.6
3	0.7	1.1	0	0.2	3.0	4.0	9.0
4	0	0.6	0	0.4	0	0.6	1.6
5	0	1.0	0	0	0	0	1.0
6	0	0.3	0	0	0	0	0.3
7	0	0.3	0	0	0	0	0.3
8	0	1.0	0	0	0	0	1.0
9	0	0.6	0	0	0	0	0.6
10	0	0.6	0	0	0	0	0.6

* For each dose 10-12 rearing vessels were used.

対照区における1雌当りの平均生存虫数の合計は66.7であり、各発育段階の生存数は、蛹を人工培地より集め、羽化成虫をアンブロシア菌上で交尾させた場合 (Table 2) の対照区と同じ傾向であった。1~2 krad 照射での卵数は対照区と同程度か、やや多い値を示しているが、3 krad 照射では卵数4.0および生存数の合計は9.0と減少を示した。3 krad までの生存数減少の傾向は、Table 2 に示した蛹照射でのI♂×I♀区とよく類似しているが、4 krad で雄成虫、雄蛹、卵がわずかに認められる点は相違している。5~10 krad では雄成虫だけが対照区よりやや少ない羽化を示しているが、雌成虫や他の発育段階での生存虫は、まったく認められなかった。雄成虫だけが羽化するという結果は、蛹照射におけるI♂×U♀区でみられるが、雄蛹、幼虫、卵の生存も認められている。既交尾雌成虫照射の場合、とくに雄成虫の羽化が放射線抵抗性である。

これらの結果より成虫の不妊化線量は雌成虫の羽化阻止により4 krad であると結論される。また7~10 krad 照射の雌成虫は、接種後15日目には人工培地上に出てくる成虫が多くみられた。

3) クワノキクイムシ成虫の不妊化線量

本種の既交尾雌成虫に γ 線照射した場合の次世代平均生存虫数を Table 4 に示した。

対照区における1雌当たりの平均生存虫数の合計は

Table 4 Sterilizing effects of gamma irradiation on *Xyleborus atratus* adults.

Dose (krad)	Avg No. of survival F ₁ generation*						Total
	Adults		Pupae		Larvae	Eggs	
	♀	♂	♀	♂			
0(cont.)	13.0	1.5	6.7	0	22.4	44.2	87.8
1	7.2	1.8	4.0	0.4	16.2	34.8	64.4
2	1.3	1.6	3.3	1.0	7.9	20.0	35.1
3	0.2	0.2	0.4	0.2	4.0	7.2	12.2
4	0	0	0	0	0	0	0

* For each dose 10-12 rearing vessels were used.

87.8 であり、成虫の雌雄比はフィリッピンザイノキクイムシと同程度と思われる。感受性においても同様な傾向を示し、3 krad 照射では著しく生存数の低下がみられた。4 krad 照射では、フィリッピンザイノキクイムシと異なり、生存虫がまったく認められなかった。したがって、不妊化線量は4 krad と結論される。

4) サカクレノキクイムシ成虫の不妊化線量

本種の既交尾雌成虫に γ 線照射した場合の次世代平均生存虫数を Table 5 に示した。

Table 5 Sterilizing effects of gamma irradiation on *Xyleborus semiopacus* adults.

Dose (krad)	Avg No. of survival F ₁ generation*						Total
	Adults		Pupae		Larvae	Eggs	
	♀	♂	♀	♂			
0(cont.)	23.6	2.3	14.8	1.3	28.6	0	70.6
1	6.5	3.0	2.5	1.0	6.0	0	19.0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0

* For each dose 10-12 rearing vessels were used.

サカクレノキクイムシの場合、前述の2種のキクイムシのように産卵が長期間にわたって行なわれるのではなく、数日の間に産卵が行なわれてしまうため、判定時には卵の生存はみられなかった。1 krad 照射では生存数は低下し、2 krad で生存虫はまったく認められなかった。この結果はクリを寄生材とした場合²⁾と同結果であり、このことから不妊化線量は2 krad と結論され、フィリッピンザイノキクイムシ、クワノキクイムシよりやや放射線感受性が高い。

考 察

実験に用いたフィリッピンザイノキクイムシは、ラウ

ン、アピトンなどのフタバガキ科、キョウチクトウ科、ナンヨウスギ科、その他の南洋材を寄生樹種としている。Kishi *et. al.*¹⁶⁾ はインドネシア東カリマンタン州を中心に行なった調査で、立木伐倒後の丸太を剥皮した場合、剥皮丸太の表面が乾燥し始めると（雨季には剥皮後約 30 分、乾季には約 20 分）、フィリッピンザイノキクイムシなどのアンブロシア穿孔虫類が心材、辺材を直接加害することを認めた。大野⁹⁾ はフィリピン、ボルネオ、スマトラ、ニューギニアなどの地区から輸入した木材からの発見頻度が最も高いキクイムシはフィリッピンザイノキクイムシであり、このような広範囲にわたって、しかも密度高く生息する種類こそ検疫上重視しなければならないと指摘している。アンブロシア穿孔虫はアンブロシア菌さえ繁殖できる樹種であれば、成育することができ、東京港でラワン材に穿孔していたフィリッピンザイノキクイムシが、この材での成育条件が悪くなり、北洋材のグイマツに再寄生しているのが観察されている⁹⁾。

フィリッピンザイノキクイムシ成虫の 1 週間以内の殺虫には、約 100 krad の高線量を必要とすることが認められた。照射後 12 日目の殺虫線量 LD₅₀ と LD₉₉ は、それぞれ 57 krad, 90 krad であり、この線量はハンノキキクイムシの 50 krad, 91 krad と同程度の感受性であった。不妊化線量 4 krad で次世代雌成虫の羽化がまったく認められず、5~10 krad では雄成虫だけの羽化がみられた。この傾向は単為生殖をするヒメバチの 1 種 *Habrobracon juglandis* の照射実験¹⁷⁾ やハンノキキクイムシ、シイノコキクイムシの結果²⁾ と同じである。生殖器の機能について Kaneko & Takagi¹⁵⁾ はハンノキキクイムシに共生菌を取り込ませた場合、交尾を行なわなくても生殖器は発達し、産卵すること、また共生菌を取り込まない個体では、交尾しても生殖器の発達は全然みられない事実を明らかにしている。この場合の産卵は受精卵であり、すべて雄虫となる。フィリッピンザイノキクイムシの未交尾雌について行なった予備実験で、産雄単為生殖することが観察されたが、このフィリッピンザイノキクイムシやハンノキキクイムシ、シイノコキクイムシの成虫不妊化線量以上でみられた雄成虫だけの羽化は、受精卵を産下する単為生殖ではなく、対照区での雄数とだいたい一致している。このことから雄成虫を生ずる受精卵の放射線感受性は受精卵よりも低いと考えられる。クワノキクイムシ、サカクレノキクイムシの不妊化線量においては、雌雄両成虫の羽化や他の発育段階での生存虫は認められなかったが、これは前報²⁾ で報告したように、生殖細胞の照射時期の差異によるものと思

われる。フィリッピンザイノキクイムシ蛹照射後、その羽化成虫を I 凸×U 早の組み合わせを行なった場合、3~5 krad 照射区で雌成虫、雄蛹だけがみられることは、正常な受精卵からは雄虫が孵化することが知られているので、照射により精子が不活性化されていることを示している。また蛹の時期に照射した雌からの次世代と非照射雌からの次世代とを比べると、線量の増加に伴って、アンブロシア菌の繁殖に差が認められたことは興味深いことである。雌成虫は孔道を掘り進みながら、口腔内にある mycangia から胞子を出し、繁殖していくと考えられている。Figure 5 にみられるように、3~5 krad の雌蛹照射した場合には、アンブロシア菌の繁殖する範囲が対照区にくらべてせまい。これは接種直後、雌成虫は穿孔してアンブロシア菌をある程度繁殖させることができるが、その後の穿孔能力はかなり衰えてくるためと解される。7~10 krad の成虫照射においてもアンブロシア菌の繁殖は、人工培地の上部だけであり、雌成虫は穿孔せずに人工培地上だけで行動するのがみられた。このことも同様に、照射の穿入阻止効果²⁾ を示すものと思われる。

フィリッピンザイノキクイムシの蛹照射では 3~5 krad、成虫照射では 4 krad で次世代成虫の羽化は認められず、殺虫線量と比較すると、かなりの低線量でも不妊化の効果がある。クワノキクイムシについても 4 krad で次世代の生存虫はまったくみられなかった。サカクレノキクイムシは、クリの滅菌材を用いて照射実験²⁾ を行なった場合と同様に 2 krad であった。これら 3 種のキクイムシの不妊化線量は日本産 3 種のアンブロシア穿孔虫²⁾ と一致しており、キイロコキクイムシ¹⁾ や *Ips confusus*¹⁸⁾ の樹皮下穿孔虫と比較して感受性が高いことが認められた。また木材の穿孔虫であるキボシゾウムシの 1 種 *Pissodes strobi* の不妊化線量は 5~10 krad であり¹⁹⁾、キクイムシ類と同程度の感受性である。

樹皮下穿孔虫とアンブロシア穿孔虫の羽化阻止、不妊化線量および不妊化線量より多い線量の照射によって、フィリッピンザイノキクイムシが人工培地に穿入しにくくなるという照射の穿入阻止効果から判断すると、10~30 krad の照射によって木材害虫を防除できる可能性は十分にある。木材の直接照射法による防除では、完全殺虫には高線量を要するため、川本²⁰⁾ は検疫において殺虫か不妊化かのいずれを目標とすべきかは重要なポイントとなっていると指摘している。殺虫線量を照射することは実用上困難であるが、木材直径 1 m のものに対して、木材中心部の線量を不妊化線量 12 krad とすると、木材表面では数 10 ないし数 100 krad の線量が照射され

ることになり*、木材表層部を食害する樹皮下穿孔虫など、比較的放射線に抵抗性のある害虫の防除に好都合である。実用化のための施設、流通に関する検討を行なった結果においても、放射線照射が新しい木材害虫防除法として十分成立する可能性があると考えられている^{21,22)}。わが国の南洋材輸入の現状を考えると、キクイムシより一般に深く穿孔するナガキクイムシ、カミキリムシ類についての放射線感受性の測定は、今後の重要な課題であろう。

要 約

インドネシア、フィリピン、マレーシア産のフィリッピンザイノキクイムシ、および日本国内だけでなく、インドネシア、フィリピン、ボルネオなどに分布しているクワノキクイムシ、サカクレノキクイムシについて、⁶⁰Co γ 線に対する放射線感受性を測定した結果、(1)クワノキクイムシはフィリッピンザイノキクイムシと同じラワンのご屑を基材とした人工培地で、またサカクレノキクイムシはフィリッピンザイノキクイムシの人工培地を改良した培地で飼育が可能であった。(2)羽化 3~4日以内のフィリッピンザイノキクイムシ雌成虫に対する照射後 12日目の殺虫線量 LD₅₀ と LD₉₉ は、それぞれ 57 krad, 90 krad であり、ハンノキキクイムシと同程度であった。(3)羽化 2~3日前のフィリッピンザイノキクイムシ雌雄蛹に対する羽化阻止線量は 8 krad 以上で、その羽化成虫について、照射、非照射の組合わせを行なった結果、蛹照射における不妊化線量は 3~5 krad であった。(4)フィリッピンザイノキクイムシ蛹に不妊化線量レベルの 3~5 krad を照射した結果、I 舎×U ♀区では雄成虫だけの羽化がみられ、照射による精子の不活性化を認めた。(5)既交尾のフィリッピンザイノキクイムシ雌成虫の不妊化線量は 4 krad であり、5~10 krad 照射では雄成虫だけの羽化がみられ、雌成虫を生ずる受精卵の感受性が高いことが認められた。(6)クワノキクイムシ雌成虫の不妊化線量は 4 krad であり、サカクレノキクイムシは今までの結果と同様に 2 krad であった。(7)蛹照射における照射雌および既交尾雌成虫照射では、線量の増加に伴ってアンブロシア菌の繁殖は抑制されることが認められ、これは放射線の穿入阻止効果にもとづ

くものと思われる。(8)フィリッピンザイノキクイムシ、クワノキクイムシ、サカクレノキクイムシの3種は、ハンノキキクイムシ、シイノキキクイムシと同程度の放射線感受性であった。

本研究を行なうに当たり、照射を担当された当研究所放射線生物学研究室中野和城技師、輸入禁止品のキクイムシの飼育許可にご協力いただいた農林省門司植物防疫所国際課、農林省横浜植物防疫所国際課、キクイムシの飼育についてご教示いただいた農林省門司植物防疫所竹森俊彦技官、大門輝男技官、有益なご助言を賜わった農林省林業試験場野淵輝博士、国立遺伝学研究所村上昭雄博士に厚く御礼申し上げる。また本研究の遂行にご協力、ご援助いただいた大成建設株式会社、三菱電機株式会社、中部資材株式会社に深く感謝する。

引用文献

- 1) 吉田忠晴, 深見順一, 福永一夫, 松山 晃: 応動昆 **18**, 52 (1974)
- 2) 吉田忠晴, 深見順一, 福永一夫, 松山 晃: 応動昆 **19**, 193 (1975)
- 3) 大野静男: 名古屋植物月報 **112**, 1 (1971)
- 4) 大野静男: 名古屋植物月報 **115**, 2 (1971)
- 5) 大野静男: 農林省植物防疫所 植物検疫資料 **2**, 20 (1972)
- 6) 野淵 輝: 森林防疫ニュース **15**, 206 (1966)
- 7) 野淵 輝: 熱帯林業 **24**, 34 (1972)
- 8) 野淵 輝: 熱帯林業 **26**, 1 (1972)
- 9) 竹森俊彦, 大門輝男, 森田征士: 植防研報 **11**, 30 (1973)
- 10) H. Francke-Grosmann: *Ann. Rev. Ent.* **8**, 415 (1963)
- 11) 中島敏夫: 化学と生物 **5**, 364 (1967)
- 12) T. Nakashima: *Appl. Ent. Zool.* **6**, 131 (1971)
- 13) 高木一夫: 植物防疫 **22**, 235 (1968)
- 14) K. Takagi & T. Kaneko: *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **9**, 247 (1965)
- 15) T. Kaneko & K. Takagi: *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **9**, 303 (1965)
- 16) Y. Kishi, N. Ido & T. Murakami: *J. Jap. For. Soc.* **55**, 301 (1973)
- 17) A. R. Whiting: "Strahlenwirkung und Millieu," ed. by H. Fritz-Niggli, Urban-Schwarzenberg, München, 183 (1962)
- 18) D. L. Wood & R. W. Stark: *Can. Ent.* **98**, 1 (1966)
- 19) H. A. Jaynes & P. A. Godwin: *J. econ. Ent.* **50**, 393 (1957)
- 20) 川本 登: *Isotope news* **2**, 6 (1975)
- 21) 山本守之, 津田栄一, 吉田忠晴: 原子力工業 **21**, 41 (1975)
- 22) 津田栄一, 三富至道, 山本守之, 水品知之: 第12回日本アイソトープ会議報文集, 167 (1975)

* 一方向から γ 線照射した場合、われわれの実験データから木材中の γ 線減衰率を $\sim 0.04/50$ cm とすると、直径 1 m の木材中心部が 12 krad のとき、木材表面の線量は ~ 300 krad となる。両方向から照射すると、 ~ 150 krad になる。さらに線源の構造により、この γ 線減衰率はかなり小さくなることも実用化の場合は考慮しなければならない。