

大気汚染に由来する環境汚染物質の 陸生節足動物に及ぼす影響

3. 工業汚染地における大気汚染とクスノキの潜葉蛾の分布*

山崎 正敏**・杉 妙子**

1. はじめに

前報^{1,2)}において、汚染物質が個々の陸生節足動物に蓄積されることを明らかにした。しかし、汚染が自然界の陸生節足動物の動態、分布、生活などに及ぼす影響については検討しなかった。過去においても影響についての報告は植物に比べ少ない。これは陸生節足動物に見られる分布、移動分散などの特性が定量的な影響評価を困難にするためと考えられる。しかし、これらの難点を避けて、ある種の動物を環境汚染の指標生物として利用できるならば、環境汚染の人間に対する影響に関して植物からよりも更に直接的な情報を得ることができるものと思われる。そこで、著者らは普遍的に分布し、かつ移動分散の少ない節足動物として、福岡県内に広く植栽されているクスノキの葉に寄生する潜葉蛾の一種 (*Calophyllia* sp.) (大阪府立大学農学部黒子 浩教授同定) を選び、その幼虫個体群と大気汚染の関連について調査した。調査地点の大気汚染状況に関しては、クスノキの葉面、葉内硫黄量、葉内重金属量を測定した。なお、本研究のうち1976年の成績は環境庁による国立機関公害防止等試験・研究のうち“微量汚染物質の酵素活性に与える影響の解明に関する研究”(国立予防衛生研究所、衛生昆虫部担当)にかかると昭和51年度研究協力の一部である。

2. 方 法

2・1 調査場所及び調査時期

1976年には、図1に示すように、福岡県大牟田市内の新道、尾尻、深倉、田隈、日の出町、通町、笹林町、諏訪町、昭和町、四ツ山町の計10地点で、6月から11月にかけて計8回検体採取を行った。これらの地点を大気中硫黄酸化物濃度の測定値(福岡県³⁾)によって区分すると、通町、日の出町、笹林町、昭和町、諏訪町では大気中硫黄酸化物濃度が $0.5 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2/\text{日 PbO}_2$ 以上となり、他の5地点では $0.5 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2/\text{日 PbO}_2$ 未

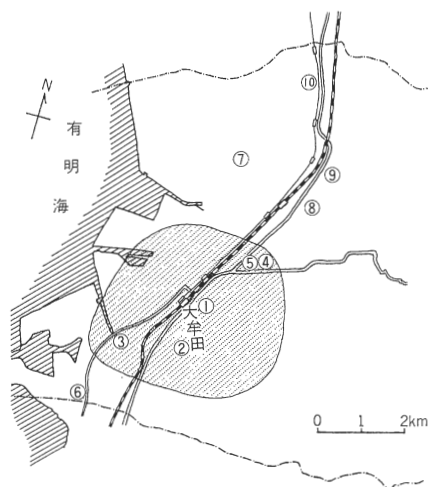


図1 大牟田市内における調査地点

1. 笹林町, 2. 昭和町, 3. 諏訪町, 4. 通町,
 5. 日の出町, 6. 四ツ山町, 7. 深倉, 8. 田隈,
 9. 尾尻, 10. 新道
- 点刻部は大気中硫黄酸化物濃度が $0.5 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2/\text{日 PbO}_2$ 以上の地帯

満となった(図1)。神奈川県公害センター⁴⁾の区分に準ずれば大気中硫黄酸化物濃度が $0.5 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2/\text{日 PbO}_2$ 以上の地点は汚染地帯とみなされる。

1978年には、大牟田市内の通町、笹林町、昭和町と直方市、柳川市、久山町、玄海町に所在する環境指標の森(福岡県指定)及び太宰府町において、7月から8月にかけて各々1回検体採取を行った。

2・2 調査方法

各地点ごとに、任意に1本のクスノキを選定し、地上5mの高さの枝を先端から50cmの長さに、四方位から2検体ずつ計8検体ずつ採取した。なお、1976年には8回検体採取したが、毎回同一木から採取した。

採取した検体は、室内に持ち帰ったのち、検体すべて

* Effects of air-borne pollutants on terrestrial arthropods in field.

3. Densities of the camphor leaf miner in relation to the air-pollution levels in a contaminated area.

** Masatoshi YAMASAKI and Taeko SUGI (福岡県衛生公害センター) Fukuoka Environmental Research Center.

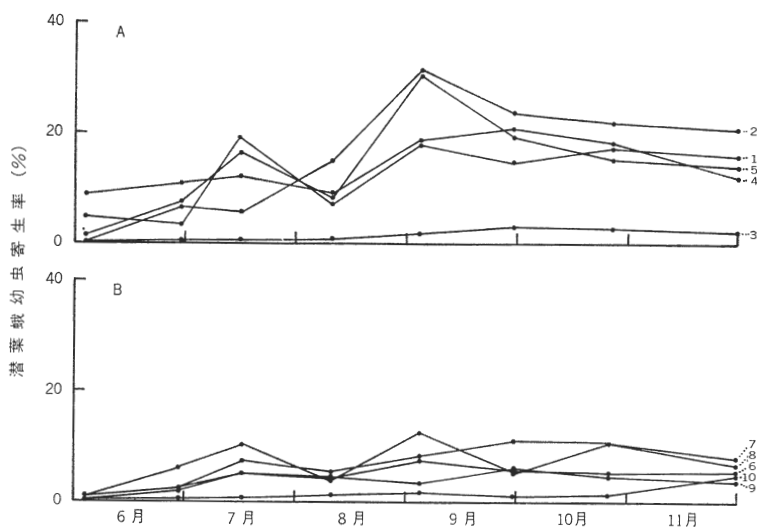


図2 クスノキの潜葉蛾幼虫の寄生率の季節的消長

A. 汚染地帯（大気中硫黄酸化物濃度 $0.5 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2/\text{日}$ PbO_2 以上），B. 非汚染地帯（大気中硫黄酸化物濃度 $0.5 \text{ mg SO}_2/100 \text{ cm}^2/\text{日}$ PbO_2 未満），

1. 笹林町，2. 昭和町，3. 諏訪町，4. 通町，5. 日の出町，6. 四ツ山町，7. 深倉，8. 田隈，9. 尾尻，10. 新道

の葉について1976年では解剖顕微鏡下で本蛾幼虫の寄生の有無（潜孔の有無）を調べ、検体全葉当りの寄生率を求め、大気汚染との関連について調べた。1978年では、同じく解剖顕微鏡下で本蛾幼虫の寄生の有無を精査、寄生葉については潜孔を切開、潜葉蛾幼虫の生死、死亡原因、令期などを検し、本蛾幼虫の生命表を作製、地域による死亡要因の相違を判断するための資料とした。

クスノキの葉面硫黄量、葉内水溶性硫黄量、葉内全硫黄量並びに葉内重金属量は、1976年11月に採取した葉について測定した。硫黄の分別定量は神奈川県農業試験場の方法⁵⁾を準用した。なお、全硫黄定量の場合は硝酸-過塩素酸による湿式分解を行った。葉内の重金属の定量は、硝酸分解したのち原子吸光光度法により行った。

3. 結果と考察

大牟田市内における汚染地帯と非汚染地帯での潜葉蛾幼虫の寄生率の消長は図2に示すとおりで、両地帯とも各調査時点における調査地点間の変動が大きかった。しかし、汚染地帯では諏訪町を除けば、寄生率は非汚染地帯よりも高かった。特に9月以降ではその差が顕著であった。なお、同一木の各方位から採取した検体間では、特定の傾向が認められなかったため、寄生率の消長は4方位からの検体の平均値で図2に示した。

次に潜葉蛾幼虫が寄生している葉の大気汚染の影響を

知るために、寄生葉の硫黄量、重金属量を検討した。大気汚染地帯と非汚染地帯とにおけるクスノキの葉面、葉内硫黄量の比較は図3のとおりであった。葉面硫黄量、葉内全硫黄量、葉内水溶性硫黄量のいずれも平均値で見れば、汚染地帯における方が非汚染地帯におけるよりもわずかに多かったが、その差は有意ではなかった。葉内の重金属量は表1に相対濃度で示した。この相対濃度は真室・溝畑⁶⁾によれば、対象調査地域内において1より大きな値をとる地点はそうでない地点より汚染されており、1より小さな値をとる地点はそうでない地点より清浄であることを示唆するものである。諏訪町では、金属類のすべての検出値が >1 であったが他の地点ではおおよそ ≤ 1 であった。

野淵・石井⁷⁾は本蛾を大気汚染指標生物として利用することを試み、本蛾幼虫の寄生率は汚染地ほど増加するが、一定程度以上に汚染が進んだ箇所では、逆に減少、更に、汚染度が極端に高くなれば死滅すると報告した。本調査においても、諏訪町を除けば、本蛾幼虫の寄生率は大気汚染地帯では高かった。寄生率の極端に低かった諏訪町では、葉内の重金属濃度が他のいずれの地点よりも高かった。浜野・向山⁸⁾は重金属類が家蚕の酵素活性を阻害することを報告しており、同じ鱗翅目に属する本蛾幼虫にも悪影響を及ぼすことは十分考えられる。したがって、汚染地帯内である諏訪町において寄生率が低い原

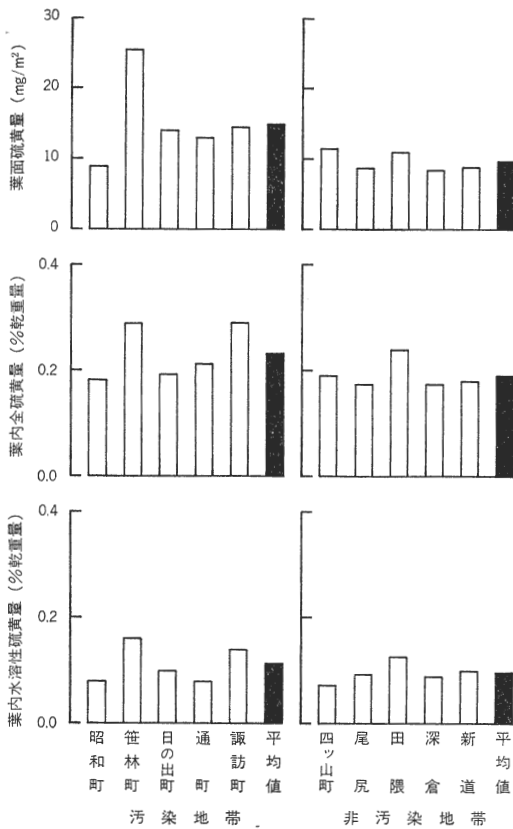


図3 大気中硫酸化物濃度からみた調査地点の大気汚染の程度とクスノキの葉面硫黄量, 葉内全硫黄量, 葉内水溶性硫黄量
黒色部の値は平均値を示す

図は、寄生率の調査で9月以降生存幼虫が認められなかった事実と照らしあわせると、重金属汚染による幼虫の発育障害、死亡が疑われる。なお、この重金属汚染が、

大気汚染に由来するか土壌汚染に由来するかは明らかでないが、大気中のばいじんには表1に示した重金属が検出され、これら重金属が樹木に吸収されるという報告(前野⁹⁾)もあることから、これらの葉内重金属は大気汚染に由来した可能性が大きい。

大気中の硫酸化物濃度と樹木の葉の硫黄量とは相関があり、葉の硫黄量は大気汚染指標として利用可能であるといわれる(神奈川県公害センター⁴⁾)。が、本調査では、クスノキの葉の硫黄量と大気中硫酸化物濃度とは特に強い関係は認められなかった。このことから、本調査を実施した地点における程度の大気汚染の値(大気中の硫酸化物濃度最高値 1.72mg SO₂/100cm²/日 Pb₀₂)の範囲内では、大気中の硫酸化物濃度と樹木の葉内硫黄量とは必ずしも比例的ではないように思われる。これに対し、潜葉蛾幼虫の寄生率は、大気中硫酸化物濃度が上記の範囲内であっても、同濃度の高低に応じて図2のように変化している。したがって、樹木の葉内硫黄量よりも、潜葉蛾幼虫の寄生率の方がより鋭敏な大気汚染指標と考えられる。ただし、寄生率が低い場合、それが環境が良好なためか、極端に悪いためか、また重金属汚染等の要因によるものか判別する方法を考える必要があるが、総合的な環境汚染の指標として評価できるであろう。

潜葉蛾幼虫寄生率が大気汚染地帯で高いことの原因として、野淵・石井⁷⁾は天敵の作用が弱まるためであろうと考え、また河合¹⁰⁾もカイガラムシの分布の環境との関係を調査し、同様のことを報告している。そこで、環境汚染地域大牟田市と対照非汚染地域における本蛾幼虫各令の死亡に占める死亡要因の割合を図4に比較してみた。大牟田市では2令期、寄生蜂の寄生による死亡が見られた以外はすべて死亡虫体が潜孔内に残っており、原因不明の死亡であったが、非汚染地域では1令期を除く

表1 クスノキの葉内重金属の相対濃度

調査地点	重 金 属 の 種 類							
	Pb	Fe	Mn	Cu	Cd	Zn	Ni	Cr
笹林町	1.2 (33.9)	1.3 (252)	0.4 (165)	1.0 (6.62)	1.1 (1.68)	1.8(107.3)	ND	ND
昭和町	0.9 (24.8)	0.9 (177)	0.5 (220)	1.0 (6.45)	1.3 (1.96)	1.2 (72.6)	ND	ND
諏訪町	1.2 (33.9)	1.5 (289)	3.2 (367)	1.8(11.23)	3.9 (5.91)	2.9(175.7)	ND	ND
通町	0.8 (21.6)	1.2 (221)	1.9 (810)	1.1 (7.28)	2.0 (2.99)	1.4 (83.7)	ND	ND
日の出町	0.6 (16.8)	1.1 (198)	1.5 (651)	0.8 (5.20)	0.5 (0.75)	0.8 (47.8)	ND	ND
四ツ山町	1.2 (33.6)	1.0 (179)	0.3 (120)	1.0 (6.23)	1.0 (1.56)	1.3 (78.0)	ND	ND
深倉	0.9 (25.0)	0.6 (107)	0.8 (333)	0.6 (3.90)	0.6 (0.91)	0.7 (40.9)	ND	ND
田隈	0.9 (24.8)	1.0 (185)	2.2 (935)	0.9 (5.44)	0.6 (0.90)	0.7 (40.9)	ND	ND
尾尻	1.2 (32.1)	0.9 (168)	2.5(1096)	1.0 (6.27)	0.8 (1.23)	0.7 (42.9)	ND	ND
新道	1.4 (40.2)	0.8 (155)	0.5 (219)	1.1 (6.90)	0.6 (0.88)	0.3 (18.8)	ND	ND

注1. ()内は実測値(単位: ppm/乾重量)。注2. 相対濃度 = 実測値 / 実測値の幾何平均値

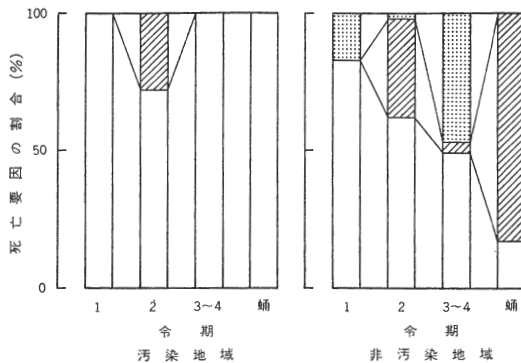


図4 クスノキの潜葉蛾の各令期における死亡要因の割合

斜線部：寄生蜂による死亡，点刻部：捕食者によると推定された死亡，白色部：原因不明の死亡。

各令期に寄生蜂の寄生による死亡が確認された。また蛹期を除く各令期に幼虫体が潜孔内にみられず捕食と思われる例もみられた。死亡要因のうち原因不明の死亡について古田¹¹⁾は幼虫同志のかみ合いの結果であるとしたが、本調査では、1枚の葉に複数の幼虫が寄生していた例はなく、かみ合いの結果死亡したとは考えがたい。通常、本蛾はクスノキの新葉展開期に産卵、葉が硬化するまでに生育を完了する。しかし、環境条件の悪化がクスノキの生育に影響し、新葉展開期が本蛾の産卵期と一致しなかったり、葉の発育が悪く、幼虫が周囲の状況に適應できず死亡したと考える方がこの場合妥当であろう。なお、確認できた寄生蜂の種類は、2令幼虫寄生種はヒメコバチ科4種、蛹期はヒメコバチ科4種とナガコバチ科1種の計9種で、3～4令幼虫寄生種は同定できなかった。

このように、汚染地域では、非汚染地域に比べ、本蛾をめぐる死亡要因数や天敵相が単純であり、このことが汚染地域において本蛾幼虫の寄生率が高まる原因と推察される。

4. まとめ

大牟田市において、大気中硫黄酸化物濃度が0.5 mg SO₂/100 cm³/日 Pb₀₂以上の地帯とそれ未満の地帯でクスノキの潜葉蛾幼虫の寄生率を比較した結果、0.5 mg SO₂/100 cm³/日 Pb₀₂以上の汚染地帯における方が寄生率が高く、大気汚染の指標として利用可能なことが示唆された。その指標性は今回の調査地域における大気汚染の範囲では、植物葉の硫黄量よりも良好であった。また

クスノキの葉内の重金属濃度が高い地点では、潜葉蛾幼虫の寄生率は極端に低く、本蛾寄生率の高低は大気汚染だけでなく総合的な環境汚染の指標として有用であると考えられた。また本蛾の死亡要因数、天敵相は、汚染地域の方が非汚染地域よりも単純であると想定される結果が得られ、これが汚染地域では本蛾幼虫の寄生率が高まる原因の1つであると推察された。

謝辞

本研究にさいし、ご指導、ご校閲を賜った当所猿田南海雄所長、高橋克巳副所長、木藤寿正環境科学部長に感謝し、また、潜葉蛾の同定を仰いだ大阪府立大学農学部黒子浩教授並びに寄生蜂の同定を仰いだ九州大学農学部村上陽三助教授に感謝する。

一引用文献一

- 1) 山本英穂，柳川正男，山崎正敏，杉泰昭，杉妙子：大気汚染に由来する環境汚染物質の陸生節足動物に及ぼす影響。1. 工業汚染地における陸生節足動物の重金属濃度。全国公害研会誌，Vol. 4, No. 2, pp. 47～53, 1979.
- 2) 山本英穂，柳川正男，山崎正敏，杉泰昭，杉妙子：大気汚染に由来する環境汚染物質の陸生節足動物に及ぼす影響。2. オオミノガ幼虫の虫体重金属濃度とその宿主植物との関係。全国公害研会誌，Vol. 5, No. 1, pp. 51～55, 1980.
- 3) 福岡県：「昭和51年度福岡県環境白書」p. 17, 福岡県，福岡，1976.
- 4) 神奈川県公害センター：大気汚染の影響—大気汚染と樹葉のいおう含量との関連性。神奈川県大気汚染調査研究報告，第12報，pp. 72～78, 1969.
- 5) 神奈川県農業試験場：大気汚染の影響—3. 2 樹木に対する大気汚染の影響，第3報 街路樹葉のいおう含量とその分別。神奈川県大気汚染調査研究報告，第11報，pp. 100～113, 1969.
- 6) 真室哲雄，溝畑朗：日本各地の大気浮遊粒子状物質の多元素分析(1)。大気汚染学会誌，Vol. 13, No. 9, pp. 1～8, 1978.
- 7) 野淵輝，石井幸夫：大気汚染とクスノハムグリガ。第84回日本林学会大会講演集，pp. 311～313, 1973.
- 8) 浜野国勝，向山文雄：家蚕幼虫における消化液蛋白分解酵素の二・三の性状および数種蛋白質の分解度とその栄養価との関連。日本蚕糸学会誌，Vol. 39, No. 5, pp. 371～376, 1970.
- 9) 前野道雄：ばいじん中の重金属成分の樹木への影響。公害と対策，Vol. 8, No. 6, pp. 535～542, 1972.
- 10) 河合省三：「環境と生物指標1—陸上編—」(日本生態学会環境問題専門委員会編)，p. 288, 共立出版株式会社，東京，1975.
- 11) 古田公人：クスノハムグリガ個体群の密度調節機構。日本応用動物昆虫学会誌，Vol. 14, No. 2, pp. 64～70, 1970.