

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

4. 工場周辺の粘管目(昆虫綱)群集にみられる環境汚染物質の影響*

杉 泰 昭**・北 森 成 治**・柳 川 正 男**

1. はじめに

前3報においては主として汚染物質の個体内への蓄積¹⁾²⁾、あるいは汚染物質量の空間的変動と特定の指標種個体群の分布密度との関係³⁾について検討した。本報においては土壤中に棲む粘管目昆虫(トビムシ)をいくつかの生活型に分け、それぞれの生活型に属する種の個体数の多少と環境汚染の程度との関連を把握することを試みた。環境汚染が土壤動物群集にどのような影響を及ぼしているかということはほとんど明らかにされていないようである。したがって、まず種々の環境汚染地域における土壤動物相の種類相、個体数を調査し、汚染物質の土壤動物への影響の実態を明らかにすることを目的とし、工業汚染の著しいといわれる福岡県大牟田市において工場周辺の土壤中に棲息する粘管目昆虫の分布状況を調査するとともに棲息土壤中の汚染物質濃度を測定し、両者の関連を検討した。

なお、本研究のうち、環境汚染地における粘管目昆虫相の調査は、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)にかかる昭和50年度研究協力として、同部から器具・器材の援助を受けて実施したものである。

2. 方 法

2・1 調査地の概要

汚染地調査地点は大牟田市内の5箇所の工場周辺に設け、対照調査地点は同市内の周辺部で工場のない地域に1箇所および福岡県筑紫郡大宰府町のセンター周辺の草地に1箇所を設定した。調査時期は昭和50年10月～12月であった。大牟田市内における調査地点は図1に示す。本調査における汚染地とは極度に濃厚な環境汚染が推定

される場所で、工場煙突など大規模汚染源から200m以内の場所であり、一方対照地として選定した地点はこれら大規模汚染源から1,500m以上離れた場所であった。なお、各調査地点の概況は表1に示すとおりであった。

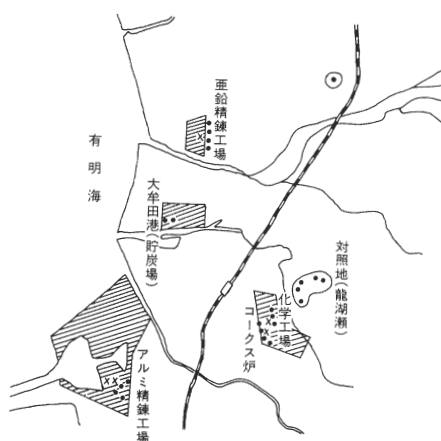


図1 大牟田市略図と調査地点
斜線部：工場地帯、かけ印：汚染源、黒丸：調査点

2・2 土壌試料採集および土壤動物の抽出

土壌試料採集：各調査地点では、その場所の植生、落葉層の厚さを記録し、また地表面から深さ5cmまでの土壌約200gを採集するとともに、底面積20cm²(5×4cm)、深さ5cmのブリキ容器を使用、これを1コアとし、調査ごとに土壌表面を無作為に5～10ポイントサンプリングした。各地点別採集コア数は表1に示すとおりであった。

土壌動物の抽出：20W白熱電球を光源とするツルグレン装置を用いて抽出した。抽出時間は48時間、土壌採集から抽出操作までの経過時間は3時間以内であった。

** Effects of air-borne pollutants on terrestrial arthropods in field. 4. Collembolan faunae in the contaminated zones around industrial plants.

** Yasuaki SUGI, Shigeji KITAMORI & Masao YANAGAWA (福岡県衛生公害センター) Fukuoka Environmental Research Center.

表1 調査地点の概要と採集コア数

区分	場所名	主な植生	落葉層の厚さ (cm)	土壌酸性度 (pH)	採集コア数
汚染地	化学工業	ススキ・セイタカアワダチソウ	0.5-5.0	4.9	13
	大牟田港(貯炭場)	ススキ・セイタカアワダチソウ	2.0-3.0	6.2	10
	アルミ精錬工場	ススキ・セイタカアワダチソウ	1.0-3.0	7.5	16
	コークス炉	ススキ・ササ	4.0-6.0	4.2	22
	亜鉛精錬工場	ススキ・セイタカアワダチソウ	1.0-6.0	7.5	16
対照地	龍湖瀬	ススキ・ササ・セイタカアワダチソウ	1.0-5.0	5.2	40
	大宰府町	ススキ・セイタカアワダチソウ・メヒシバ	1.0-2.0	5.4	9

同定：土壌試料から装置の集中びん中に抽出された昆虫，ダニ類のうち粘管目昆虫だけに限定し，集中びん中でアルコール固定された標本をガムクロラルで封入，プレパラート標本として鏡検した。粘管目昆虫の分類，同定は主として Uchida⁴⁵⁾ に従った。

2・3 土壌資料の酸性度および汚染物質濃度の測定

酸性度：各地点で採集した約200gの土壌試料は採取後24時間以内に所定の方法によりガラス電極 pH メーター（東亜電波製モデル HM-SA）を用いて測定した。

汚染物質：ツルグレン装置によって土壌動物を抽出したあとの同一調査地点の土壌試料はプールし，2週間風乾，分析用節（1mmメッシュ）を通過させた風乾細工を四分法で縮分し，その約100gを重金属（Cd, Cu, Zn, Pb）分析用試料として，また他の100gをベンツ(a)ピレン濃度分析用試料として保存した。保存試料からさらにその一部（約5g）を抽出，105℃，24時間乾燥後，デシケータ中で放冷，乾重を精秤した。このように処理した土壌試料の乾重秤量，分解および原子吸光法による4種重金属濃度の測定方法，条件は前報¹⁾と同様であった。他方，ベンツ(a)ピレンの分析は，汚染地試料では5～15gを，非汚染地試料では20～25gを保存試料から正確に秤量し，松下から⁷⁾の方法に準じ，ベンゼン150mlでソックスレー抽出，抽出液を減圧濃縮（40℃以下），二層一次元薄層クロマトグラフィーにより分離，DMSO 4mlを加えて超音波装置処理後遠心分離，上澄を蛍光分光器（日立 MPF-4型）で分析した。定量はベースライン法によった。クロマトグラフィーにおけるA層はキーゼルゲルG，B層は26%酢酸セルローズを用い，展界剤は1回目ではエタノール：エーテル：水（4：4：1，v/v），2回目ではメタノール：エーテル：水（4：4：1，v/v）であった。

3. 結果および考察

各調査地点において測定された土壌酸性度は，調査地点の概況および採集コア数とともに表1にまとめた。

各種の環境汚染に対するそれぞれの種の反応は，その生活を通じて表現されると思われる。したがって，出現種類数，総個体数のほか，生活型別の個体数についても比較検討した。すなわち，それぞれの種の生活型は青木⁸⁾の示した Bockemühl⁹⁾ の分類体系を基礎として，図2に示すように，鈍重型上部土壌生活者，鈍重型下部土壌生活者，活発型地表生活者および活発型土壌生活者に分類し，それぞれの生活型の生態的特性を考慮しながら各生活型に所属する粘管目昆虫と環境汚染との関連を考察した。

	鈍重型	<i>Tomocerus, Lepidocyrtus, Entomobria, Sphrotheca, Homidia</i>	地表生活者
上部土壌生活者	<i>Pseudachortes, Hypogastrura, Lobella, Neanura</i>	<i>Proisotoma, Folsomia, Sminthurus, Isotoma, Sinella, Arrhopalitis, Megarothorax, Isotomiella, Oncopodura, Neelus</i>	土壌生活者
下部土壌生活者	<i>Friesea, Odontella, Kenyura, Onychiurus, Turbergia</i>		活発型

図2 粘管目の生活型(Bockemühl⁹⁾による)

いろいろな工場周辺での土壌表面から深さ5cmまでに棲息する粘管目昆虫の出現種類数，生活型別個体数，総個体数は表2にまとめる。工場周辺では粘管目昆虫の出現種類数，および総個体数は対照地のそれらよりもかなり低い。生活型別にみると鈍重型，活発型とも土壌表面近くに棲息する種の個体数減少の割合はより深い土壌層に棲息する種のそれらよりも大きい傾向がみられた。この事実は地表近くに棲息する種は大気汚染の影響を直接的に受けていることを示すのではないと思われる。特に鈍重型上部土壌生活者は工場周辺ではほとんど出現していない。鈍重型は移動器管である発達した又状器をもたない。したがって，この生活型の種は又状器が発達し，移動力の大きい活発型の種に比べて特に被害を受けやすいのではないと思われる。他方，被害程度の小さかつ

表2 単位容積当り出現種類数, 総個体数, 生活型別個体数(個体数/100ml)

区分	場所名	出現種類数	総個体数	鈍重型上部土壌生活者個体数	鈍重型下部土壌生活者個体数	活発型地表生活者個体数	活発型土壌生活者個体数
汚染地	化学工業	7	7.61	0.00	1.38	0.31	5.92
	大牟田港(貯炭場)	8	7.40	0.40	3.50	0.10	3.40
	アルミ精錬工場	16	7.50	0.06	2.19	0.94	4.31
	コークス炉	17	15.59	0.18	6.05	1.77	7.59
	亜鉛精錬工場	22	26.88	0.31	14.00	3.69	8.88
対照地	龍湖瀬	37	40.41	3.48	11.48	5.55	19.90
	大宰府町	24	63.39	8.88	11.11	13.31	30.09

た土壌深部に棲息するものうち、亜鉛精錬所周辺における鈍重型下部土壌生活者(大部分はトビムシモドキ属の一種 *Onychiurus* sp.) の個体数は対照地のそれよりも大きかった。このことは、*Onychiurus* sp. が他の種よりも種々の環境変化に耐性であり、他種が減少した場合には資源を独占、個体群が増大することによるのではないかと思われる。

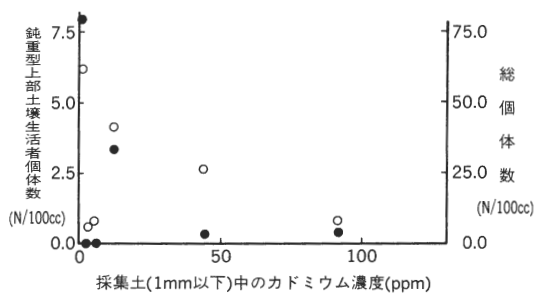


図3 粘管目の個体数と採集土中のカドミウム濃度との関係
●: 鈍重型上部土壌生活者個体数, ○: 総個体数

に、また、土中のベンツ(a)ピレン濃度との関係を図4に示した。なお、測定した重金属 Cd, Pb, Zn, Cu は相互によく類似した地域の変動を示したので、粘管目の総個体数、および鈍重型上部土壌生活者の個体数は、カドミウム濃度との関係だけを考察した。図3、図4から明らかのように、土壌中の汚染物質濃度が高いほど粘管目昆虫の個体数は減少している。特に、ベンツ(a)ピレン濃度が0.4 ppm以上のところでは移動力が小さく土壌表面近くに棲む鈍重型上部土壌生活者はほとんど出現していない。これらの結果から、重金属のほかベンツ(a)ピレンによって指標されるような汚染物質群が土壌動物のうちでも移動力の小さい土壌表面近くに棲む種に対して、土壌汚染として特に影響を及ぼすらしいことが示唆された。

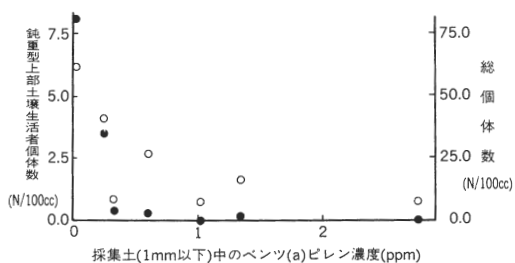


図4 粘管目の個体数と採集土中のベンツ(a)ピレン濃度との関係
●: 鈍重型上部土壌生活者個体数, ○: 総個体数

なお、図3、4に示される関係は、これら汚染物質が土壌動物に直接的な生理障害をもたらすということも必ずしも意味しない。たとえば、汚染物質がまず土壌微生物に影響し、そのことが土壌構造を変化させ、粘管目昆虫等に影響する場合も考えられる。したがって、これら汚染物質の土壌動物への影響の機序を把握するために、室内あるいは野外条件下において、汚染物質に中・大型土壌動物あるいは土壌微生物を暴露し、その影響のあらわれかたを追求する必要があるだろう。

次に、粘管目昆虫の総個体数、および鈍重型上部土壌生活者の個体数と土中のカドミウム濃度との関係を図3

4. まとめ

工業汚染地の工場周辺における粘管目昆虫の出現種類数、個体数は対照地におけるそれらに比べてはるかに少なかった。

生活型別にみると、鈍重型上部土壌生活者の被害の程度は他の生活型の種のそれに比べて著しかったが、鈍重型下部土壌生活者である *Onychiurus* sp. は工場周辺の一部においてむしろ増加する傾向がみられた。しかし、一般的な傾向としては、土壌中の汚染物質濃度が高い場所ほどそこに生息する粘管目昆虫の個体数は減少するこ

と、また環境汚染の影響は同じ粘管目昆虫でも生活型の異なる種によって明らかに差があるらしいことがわかった。

(謝 辞)

つねづね環境科学全般に関し、有益な御指導を賜わり、また本研究にさいしては、研究スタッフの構成に特別の便宜を計っていただき、かつ研究成果の公表を許可していただいた当所所長猿田南海雄、副所長高橋克巳、前環境科学部長木藤寿正各博士ならびに現環境科学部長森彬氏に深謝し、あわせてこの研究課題を示唆、原稿の作製にさいし特に指導していただいた環境生物課長山本英穂博士および粘管目の分類、同定にあたって助言していただいた九州大学理学部生物学教室田中慎悟氏に謝意を表す。

— 引用 文 献 —

- 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上節足動物に及ぼす影響，1. 工業汚染地における陸上節足動物の重金属濃度，全国公害研究会誌，Vol. 4，No. 2，111-117，1979.
- 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上節足動物に及ぼす影響，2. オオミノガ幼虫の虫体重金属とその宿主植物との関係，全国公害研究会誌，Vol. 5，No. 1，51-55，1980.
- 3) 山崎正敏，杉妙子：大気汚染に由来する環境汚染物質の陸上節足動物に及ぼす影響，3. 工場汚染地における大気汚染とクスノキの潜葉蛾の分布，全国公害研究会誌，Vol. 5，No. 2，67-70，1980.
- 4) Uchida, H. Tentative key to the Japanese genera of Collembola, in relation to the world genera of this order I. Sci. Rep. Hirosaki Univ., Vol. 18, No. 2, 64-76, 1971.
- 5) Uchida, H. Tentative key to the Japanese genera of Collembola, in relation to the world genera of this order II. Sci. Rep. Hirosaki Univ., Vol. 19, No. 1, 19-42, 1972.
- 6) 日本工業標準調査会審議：「工場排水試験法，JIS KO 102-1971」p.108, 37. 2 備考(3), 1973.
- 7) 松下秀鶴，岡谷奎一，小谷野道子：土砂中の多環芳香族炭化水素の簡易分析法. 大気汚染研究，Vol. 11, No(4), 48-55, 1977.
- 8) 青木淳一：「土壌動物学」814 p, 東京，北隆館，1973.
- 9) Bockemühl, J. Die Apteryoten des Spizberges bei Tubingen eine faunistisch-Ökologische Untersuchung. Zool. Jb. (Syst), Vol. 84, 114-194, 1956. (青木⁸⁾から引用)