

ササラダニの生活史研究

誌名	Edaphologia
ISSN	03891445
著者	金子, 信博
巻/号	39号
掲載ページ	p. 1-9
発行年月	1988年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



[総 説]

ササラダニの生活史研究

金子 信博*

[REVIEW]

A REVIEW OF LIFE HISTORY STUDIES ON ORIBATID MITES

Nobuhiro KANEKO*

Synopsis Life history studies on oribatid mites were reviewed with special reference to development, regeneration, and dynamics of field populations in temperate forest soils. Developmental rate of higher oribatid mites was faster than that of primitive oribatid mites. Egg deposition mainly occurred in spring and summer rather than in autumn and winter. One or two generations per year were common in oribatid mites. Relatively slow developmental rate and shorter regeneration period seemed to cause rather few numbers of generations.

ササラダニは各種の土壌に生息し、森林土壌や草地土壌はもとより海岸の潮間帯 (SCHULTE, 1976; SCHUSTER, 1979) や池の縁に沈んだ落葉の上 (AOKI, 1964)、あるいはヒマラヤの高山帯 (CHOU DHURI & PANDE, 1979)、南極のコケ群落 (BLOCK, 1980) まで広く分布している。おそらく、海洋や流水中を除く、あらゆる枯死有機物、デトリタスのあるところに出現するものと考えられる。このような分布の広さと、種数の多さ、あるいは有機物の分解との関連から分類学的、生態学的研究が数多くなされてきている。しかしながら、野外での生活史については明らかとなっている種が少ない。野外個体群の動態を調べる上で、それぞれの種の発育過程や速度、産卵数といった生活史に関する知見は重要である (MITCHELL, 1979)。

ササラダニの野外での生活史の研究が遅れていることの原因として、ササラダニの体サイズが小さいこと、土壌という隠れた環境中に生息していることが考えられる (WALLWORK, 1983) が、その他に、ササラダニの幼若虫は成虫と形態が異なり、分類記載が進んでいないので、正確に同定できる種が少ないこと、また、幼若虫は土壌試料からの抽出効率が悪く、野外個体群の齢構成の推定

* 島根大学農学部

* Faculty of Agriculture, Shimane University

がしにくいこと、さらに成虫は、たとえば成虫となってからも脱皮を繰り返し生長するトビムシと違って、成虫となってからは脱皮せず、齢査定ができないので寿命が推定できないこと、といった問題点が考えられる。

本論ではこれまでの生活史に関する研究をまとめ、さらに著者が京都府北部の京都大学農学部附

表 1. 恒温条件下でのササラダニの発育日数。カッコ内の数字は卵から成虫までの日数を示す。右肩の数字は引用文献の番号を示す。

20°C							
日数	40	80	120	140			
Macropylina					<i>Platynothrus peltifer</i> ¹⁶⁾ (-150)		
					<i>Nothrus palustris</i> ²³⁾ (262.5)		
Gymnonota	<i>Oppiella nova</i> ²¹⁾ (34.1)	<i>Oppia nitens</i> ⁴²⁾ (45.2)			<i>Steganacarus magnus</i> ⁵⁰⁾ (400)		
	<i>Oppia concolor</i> ³⁰⁾ (33)	<i>Belba kingi</i> ¹³⁾ (63-76)			<i>Hermannia scabra</i> ¹⁹⁾ (184)		
		<i>Metabelba montana</i> ¹⁴⁾ (65)					
		<i>Eremobelba nervosa</i> ¹⁴⁾ (65-79)					
		<i>Damaeus clavipes</i> ²⁴⁾ (76-84)					
Poronota		<i>Neoribates gracilis</i> ⁴⁷⁾ (49-53)		<i>Ceratozetes gracilis</i> ¹⁵⁾ (119-149)			
		<i>Galumna nervosus</i> ³⁹⁾ (63)					
25°C							
日数	30	60	100				
Macropylina				<i>Palaeacarus kaminskii</i> ⁴³⁾ (91)	<i>Camisia spinifer</i> ⁴⁰⁾ (125.6)		
					<i>Hypochothonius rufulus</i> ⁴⁰⁾ (122)		
					<i>Nothrus silvestris</i> ⁴⁰⁾ (152.5)		
Gymnonota	<i>Oppia sticta</i> ⁴⁴⁾ (♂ 11, ♀ 16)		<i>Damaeus clavipes</i> ⁴⁰⁾ (64.0)		<i>Nanhermannia nana</i> ¹¹⁾ (111.3)		
	<i>Multioppia wilsonii</i> ⁴⁴⁾ (♂ 18, ♀ 21)		<i>Belba meridionalis</i> ⁴³⁾ (♂ 46, ♀ 61)		<i>Damaeus onustus</i> ⁴⁰⁾ (130.3)		
	<i>Oppia nodosa</i> ⁵⁾ (20-22)		<i>Eremobelba geographica</i> ⁴³⁾ (♂ 56, ♀ 74)		<i>Tectocephus spp.</i> ²⁹⁾ (102)		
	<i>Oppia concolor</i> ³⁰⁾ (21)		<i>Spatiodamaeus subverticillipes</i> ⁴³⁾ (♀ 62, ♂ 75)				
	<i>Oppiella nova</i> ²¹⁾ (23.4)						
Poronota	<i>Scheloribates parabilis</i> ⁵¹⁾ (14-24)		<i>Ceratozetes jeweli</i> ³⁵⁾ (53)		<i>Protoribates lophotricus</i> ¹⁷⁾ (-150)		
		<i>Ceratozetes cisalpinus</i> ⁵²⁾ (32)		<i>Scheloribates laevigatus</i> ⁵²⁾ (64)			
		<i>Minunthozetes semirufus</i> ⁴⁰⁾ (38)		<i>Galumna longipluma</i> ³⁹⁾ (60.9)			
		<i>Galuma parva</i> ⁵¹⁾ (33-41)		<i>Allogalumna longiplumus</i> ⁴⁰⁾ (65.8)			
		<i>Pergalumna omniphagous</i> ³⁵⁾ (42)			<i>Galumna elimatus ithacensis</i> ³⁹⁾ (87.3)		
		<i>Galumna nervosus</i> ³⁹⁾ (47.1)					
		<i>Rostrozetes flavus</i> ⁵¹⁾ (35-45)					

属芦生演習林で1981年から1985年にかけて行った調査の結果をまじえて、ササラダニの生活史のうち、発育と生殖の面から野外での個体群動態について考察する。

本論に入るに先だって、とりまとめに有益なご意見をいただいた京都大学農学部堤利夫教授、武田博清博士、貴重な論文の閲覧に快く応じて下さった横浜国立大学の青木淳一教授にお礼申し上げる。

1. 発 育

ササラダニの発育段階は卵—幼虫—第1若虫 (protonymph) —第2若虫 (deutonymph) —第3若虫 (tritonymph) —成虫の順で、stage (stase) が進むほどその stage に要する時間が長くなる (LUXTON, 1981a)。また、それぞれ次の段階に進む前に脱皮前休止期 (pre-ecdysial resting stage) を持ち、全発育期間の30%が休止期であるという (LUXTON, 1981a)。脱皮前休止期には抽出装置により土壌から抽出できないので、このことがササラダニの幼若虫の抽出効率を低くしている原因のひとつといえる。

ササラダニについては多くの飼育例があるが、発育速度は温度やエサなどの条件により変化し、エサについては飼育例によって異なるので、20°C と25°C での飼育例のみを表1にまとめた。発育速度は温度が高いほど早く、体サイズが大きいほど遅くなる傾向があるとされている (LEBRUN, 1970; LUXTON, 1981a)。芦生での優占種のひとつ、*Oppiella nova* (OUDEMANS) は25°C では20°C に比べて発育日数が2/3と短くなっていて (KANEKO, 1988)。また、ササラダニのなかでは小形の種であり、表1からササラダニのなかでも発育の早いグループに入ることがわかる。ササラダニは大まかには系統的に、下等 (primitive) と高等 (higher) の2つの主要なグループに分けられており、Macropylina はより下等であり、Gymnonota、Poronota の2者のほうがより高等であると考えられている (WALLWORK, 1969; BALOGH, 1972)。表1から下等ササラダニ (Macropylina) の方が高等ササラダニ (Gymnonota, Poronota) に比べ発育が遅い傾向があることがわかる。このことは今後、ササラダニの系統進化と生活史特性との関係を考えるうえで興味深い。

2. 生 殖

ササラダニの性比については、GRANDJEAN (1941) が(1)メスのみか、あるいはほとんどメスだけ、(2)オス：メス=1：1、(3)両者の中間で性比が地理的に変動するという3つの場合に分けている。また、LUXTON (1981a) は下等ササラダニで単為生殖が多く、OLIVER (1983) はササラダニの単為生殖には雄産単為生殖 (arrhenotoky) と雌産単為生殖 (thelytoky) とがあるとしている。LUXTON (1981a) は、それまでの文献データとデンマークのブナ林での調査結果から、89種のうち34種がほとんどメスのみの種で、55種が1：1の性比をもつとしている。また、このうち4種では、オスが見られない場合もあり、さらに地中性の種で単為生殖とみなされる種が多いとしている。芦生では *O. nova*, *Epilohmannoides esulcatus* OHKUBO, *Eohypochthonius magnus* AOKI, *Archoplophora villosa* AOKI はメスのみから成っており、thelytoky と考えられた。*Ischeloribates lanceolatus* AOKI はわずかにオス個体がみられたが、ほとんどがメスであった (KANEKO, in prep.)*。これら4種のうち *E. magnus* は表層に多いが、L層性というわけではなく、あとの3種は地中性と呼べる種であった。地表性の種に比べて地中性の種で単為生殖が多いことはすでにトビムシの場合に知られており (PERTERSEN, 1980)、ササラダニの場合もおそらく同様のことがみられると考えられる。

ササラダニは成熟卵を一度にまとめて産むとされている (LUXTON, 1981a)。したがって、蔵卵数

* KANEKO, N.: Life history of oribatid mites in mull type soil in Japan. (in prep.)

が1回の産卵数に相当すると考えられる。図1に芦生での斜面上下部の両プロットにおけるササラダニ群集構成種の各月の平均蔵卵数のうち、それぞれの最大値の頻度分布を示した。上部プロットでは1-17卵、下部プロットでは1-11卵とかなりの幅があったが、1-4卵の種がほとんどであった。上部プロットの方が頻度の幅が広く、1983年に5-6卵の種が多いことを除くと、上下部両プロットでの頻度分布はよく似ていた。これらのデータから、ササラダニが一度に産下する卵数はきわめて少ないといえよう。

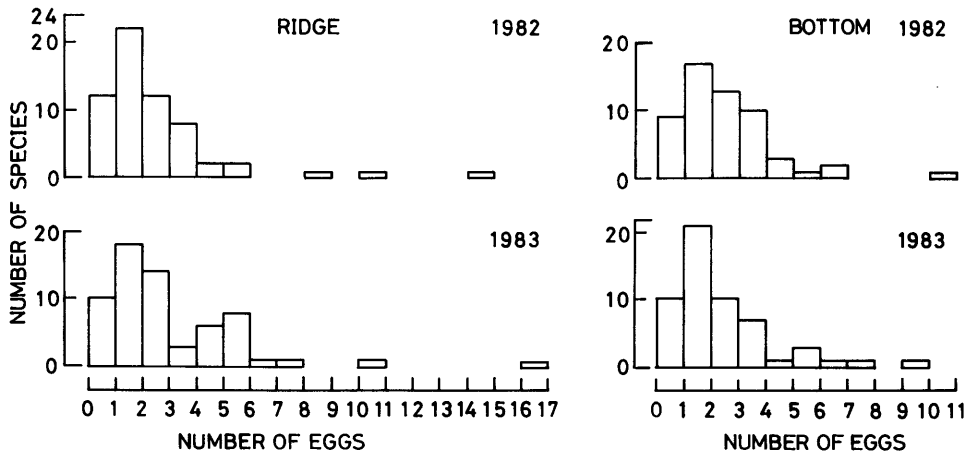


図1. ササラダニの蔵卵メス1個体あたりの蔵卵数の月ごとの平均値のうち最高値の種数頻度分布（京都大学芦生演習林内の落葉広葉樹林の斜面上部と下部）。

O. nova は25°C、60日間で連続して88卵産卵したのを観察した。実験室で十分な食物を与えて、適温で飼育した場合には連続して産卵することが多く、*Platynothrus peletier* (KOCH) で250卵 (GRANDJEAN, 1950)、*Belba* spp. で40-70卵 (PAULY, 1956)、*Nothrus biciliatus* KOCHで6-36卵 (SAICHUAE *et al.*, 1978) などの記録がある。1回の産卵数の少なさを補うためには繁殖期間中に繰り返して産卵することが必要となる。特に蔵卵数が1-2卵のように極端に少ない *O. nova*、*E. magnus*、*A. villosa*、*E. esulcatus* といった種は一つの繁殖期間中に産卵を繰り返しているものと考えられる。

野外個体群で蔵卵している個体が見られる時期は繁殖期にはほぼ等しいと考えることができる。斜面上下での蔵卵個体がみられた種数の季節変化を図2に示す。蔵卵種数は春から夏にかけて多く、9-10月に最も少なくなっていた。優占種のほとんどは図2と同じく、春から夏にかけて蔵卵していた。

蔵卵個体が出現するきっかけとして HARDING (1973) は春先の土壌表層の温度上昇を挙げており、MITCHELL (1977) は土壌湿度の低下と温度の上昇を挙げている。芦生の例では土壌水分率の季節変化が少なく (KANeko, 1985)、調査期間中には特に土壌が乾燥する時期は認められなかったの、土壌温度の上昇が蔵卵個体出現のきっかけとなっている種が多いのではないかと考えられる。

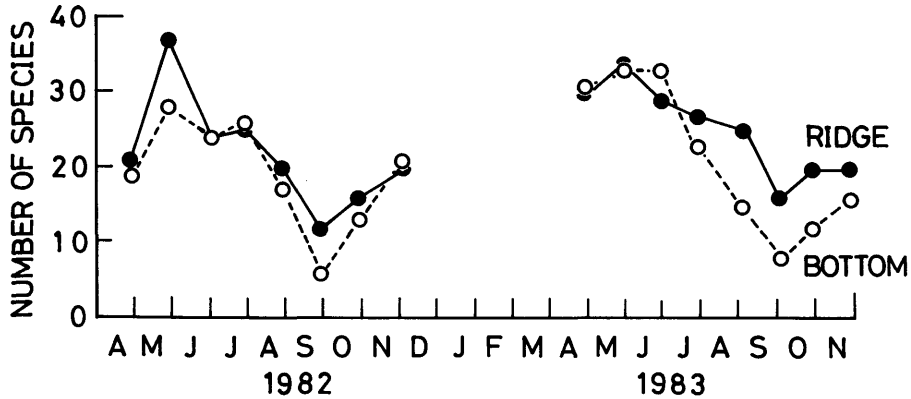


図 2. 蔵卵を認めたササラダニ種数の季節変化 (芦生演習林)。

3. 野外個体群の動態

野外での生活史を明らかにするためには、長期にわたる定期調査によって出生と死亡の過程を調べる必要がある。一般に下等ササラダニの種は成虫と幼若虫の形態差が少なく、発育段階を容易に知ることができる。したがって、これまでに明らかとなってきた種は下等ササラダニに属するものが多い。

ササラダニの個体群動態の特徴として、年間の世代数の少なさを挙げることができる。芦生では生長が早いグループに属していた *O. nova* でも 2 世代 (KANEKO, 1988)、*E. magnus*、*A. villosa* は 1 世代のみであった (KANEKO, in prep.)。

デンマークのブナ林土壌で LUXTON (1981a) は *O. nova* は年間 1 世代であり、6 月から 8 月にかけて産卵し、夏には成虫個体数の減少が見られるとした。また、イギリスの石炭鉱滓の表層では *O. nova* の個体数は秋に最大となった (LUXTON, 1982)。REEVES (1969) は北アメリカの広葉樹林で *O. nova* の幼虫が 7 月から 9 月にかけて出現したことを観察している。このことは産卵が 6 月から 8 月にかけて行われたことを示唆している。実験室の 25°C の恒温条件では年間 6-7 世代が観察されている (WOODRING & COOK, 1962)。LEBRUN (1965) はベルギーの広葉樹林土壌で成虫個体数の変動から年に 3-5 世代をもつと推定したが、蔵卵率の変化を調査していないため、個体数の変動と世代数を単純に結び付けるには無理があるといえよう。

LUXTON (1981b) は、成虫の個体数変動と蔵卵個体数の変化より、*Quadroppia quadricarinata* (MICHAEL) は年 3 世代を持つと推定しているが、幼若虫については不明であり、成虫個体数のばらつきも大きくなっていった。LUXTON のデータでは成虫数は夏に少なく、秋に増加が見られ、6-7 月に蔵卵個体のピークが見られた。芦生でも同様の傾向が見られており、*O. nova* と同様、年 1-2 世代しか成立していないのかもしれない。

SCHUSTER (1986) はスイスの広葉樹林では *Tectocephus velatus* (MICHAEL) が年 2 世代であることを示した。芦生でも同様、*T. velatus* は繁殖のピークが 1 年に 2 つあり (金子、未発表)、このような例は他にも多い (HAALØV, 1960; MURPHY & JALIL, 1964; HARDING, 1969; THOMAS, 1979; LUXTON, 1981b)。LUXTON (1981b) は本種が降雨をきっかけとして産卵する、機会的 (opportunistic) な種であるとしている。

野外での生活史を年齢構成から明らかにした例は比較的少ない。THOMAS (1979) はイギリスのカン

ブリアの落葉広葉樹林で *Hermannia gibba* (KOCH) が4月から6月にかけて産卵し、卵は8—9月に幼虫になり、その年の冬には第1若虫になって越冬すること、そして、次の年の8月には第2若虫になり、さらに、第3若虫になって越冬したのち、翌年の春から夏にかけて成虫になるという生活史を明らかにした。また、*Platynothrurus peltifer* (KOCH) は夏に幼虫がみられ、次の年には成虫になり産卵に参加するようになるとしている。同じ *P. peltifer* は、HARTENSTEIN (1962d) によると卵から成虫まで5カ月かかり、HARDING (1973) によるとスコットランドでは8月に幼虫が出現し、次の年の9月には成虫になり、一部の個体はすぐに産卵を始めるが残りは越冬後に産卵するという。また、JALIL (1965) は *Hermannia scabra* (KOCH) が20°C で飼育すると185日かかって卵から成虫になり、野外では9月に蔵卵個体が最も多く、秋に産下された個体は翌年の9月に第3若虫になり、12月までに成虫になる年1世代の生活史を持つことを示した。さらに MITCHELL (1977) によると、カナダのポプラ林土壌で優占する *Ceratozetes kananaskis* MITCHELL は、夏に産みつけられた卵がその年のうちに幼虫になり、一部は第1若虫になる。翌春第2若虫になった個体は晩夏に第3若虫になり、3年目の夏によく成虫が出現する。しかし、成虫はその年には繁殖に参加せず、翌夏に産卵するので卵から性成熟までまる3年かかるということになる。

これらの研究例はいずれも温帯落葉広葉樹林で行われたもので、土壌の温度条件は芦生の場合と大きく異なると考えられる。これらの結果は芦生での結果と共通していて、野外では年間の世代数が少ないことを示している。その他に LUXTON (1981a, b) の明らかにした *Damaeus clavipes* (HERMANN)、*Belba corynopus* (HERMANN)、*Achipteria coleoptrata* (LINNÉ)、*Ceratozetes gracilis* (MICHAEL)、*Hypochthonius rufulus* KOCH はいずれも6—8月にかけて産卵し、ほぼ1年かけて成虫になりその次の年に産卵する年1世代の生活史を持っており、*E. magnus* や *A. villosa* とよく似ていた。このように年間の世代数の少ないことの理由として、ササラダニの温度依存的な発育、*E. magnus*、*A. villosa* にみられたような発育速度そのものの遅さと、繁殖期が春から夏にかけてなので、成虫になった時にはすでにその年の繁殖期を過ぎていて、翌年によく繁殖に参加する (KANEKO, in prep.) という種が多いことが考えられる。生育期間が短い間に限られる南極では発育段階の進行は年に1回しか起こらず、その結果として *Alaskozetes antarcticus* (MICHAEL) は卵から成虫になるまで5年間を要することが知られている (BLOCK, 1980)。

4. その他の生活史特性

ササラダニの幼若虫は体表のクチクラが薄い種が多く、成虫と比べると捕食者に対する防御が発達していないと考えられる。捕食に対抗する手段として2通りのやり方がみられる。一つは *O. nova* で示されたように比較的急速に生長して危険な若齢期を短縮することである。小形の種は発育速度が早い傾向がみられたので、幼若虫の期間を短縮して捕食の危険を少なくしているといえる。*O. nova* をはじめとして多くのササラダニは体に比して大形の卵を産む。1回の蔵卵数が少ないことは大形の卵を生産することを可能にしているし、大形の卵からふ化する方が小形の卵からふ化するよりも発育期間が短くなると考えられる。成虫が小形であることと大形の卵を産むことにより、発育期間を短くしているのかもしれない。このことは、特に成虫と幼若虫の形態差が大きい高等ササラダニの小形な種についてあてはまると考えられる。

他方、*E. esulcatus* のように腐植層中に穿孔することにより捕食者との接触を避けている種もあると考えられる。このような穿孔性は他にも、*Steganacarus diaphanum* JACOT (HARTENSTEIN, 1962f)、*Steganacarus magnus* (NICOLET) (WEBB, 1977)、*Adoristes ovatus* (KOCH) (GOURBIÈRE et al., 1985) でも示されており、*S. magnus* はマツ球果の鱗片に、*A. ovatus* はモミの針葉中に穿孔している。これらの基質の内部に生活するというハビタット利用は、捕食者を避けるためには有

効であると考えられており (ANDERSON, 1971)、生息場所は生活史との関係において重要であると考えることができる。

ササラダニの生活史研究はササラダニと同様に土壌中に多数生息しているトビムシの生活史研究 (武田, 1982) と比べると、十分明らかになっているとは言えない。今後、ササラダニの種分化や地理的分布、あるいは環境指標性 (AOKI, 1979) などを明らかにしていく上で、生活史に関する情報はますます重要性を増すと思われる。

引用文献

(表1を読むとる都合上、本文での引用とは関係なしに各文献に番号を附した。)

- 1) ANDERSON, J. M., 1971. Observations on the vertical distribution of Oribatei (Acarina) in two woodland soils. In: *IV Colloquium Pedobiologiae, C. R. 4^e Col. Int. Sol.*, pp. 257-272, I. N. R. A., Paris.
- 2) AOKI, J., 1964. A new aquatic oribatid mite from Kauai Island. *Pac. Ins.*, **6**: 483-488.
- 3) AOKI, J., 1979. Difference in sensitivities of Oribatid families to environmental change by human impacts. *Rev. Écol. Biol. Sol.* **16**: 415-422.
- 4) BALOGH, J., 1972. The Oribatid Genera of the World. 188 pp., Akademiai Kiado, Budapest.
- 5) BHATTACHARYA, T., JOY, V. C. AND S. JOY, 1978. Studies on the effect of temperature on the development of *Oppia nodosa*. *Entomon*, **3**: 149-218*.
- 6) BLOCK, W., 1980. Survival strategies in polar terrestrial arthropods. *Biol. J. Linn. Soc. London*, **14**: 29-38.
- 7) CHOUDHURI, D. K. AND T. PANDE, 1979. High altitude soil animals and their relation with soil factors, with special reference to mites. *Rev. Écol. Biol. Sol.*, **16**: 219-226.
- 8) GOURBIÈRE, F., LIONS, J. C. AND R. PEPIN, 1985. Activité et développement d'*Adoristes ovatus* (C. L. KOCH, 1839) (Acarien, Oribate) dans les aiguilles d'*Abies alba* MILL. Relations avec la décomposition et les microflores fongiques. *Rev. Écol. Biol. Sol.*, **22**: 57-73.
- 9) GRANDJEAN, F., 1941. Statistique sexuelle et parthénogenèse chez les Oribates (Acariens). *Acad. Sci. Inst. France*, **212**: 463-467.
- 10) GRANDJEAN, F., 1950. Observations éthologique sur *Camisia segnis* (HERM.) et *Platynothrus peltifer* (KOCH). *Bull. Mus. nat. Hist. natur. Paris, 2^e ser.*, **22**: 224-231.
- 11) HAALØV, N., 1960. Microarthropods from Danish soils. *Oikos, Suppl.*, **3**: 1-176.
- 12) HARDING, D. J. L., 1973. The phenology of *Platynothrus peltifer* (C. L. K.). In: *Proc. 3rd. Int. Congr. Acarol., Prague 1971* (DANIEL, M. AND B. ROSICKY, eds.), pp. 79-83, Prague.
- 13) HARTENSTEIN, R., 1962a. Soil Oribatei II. *Belba kingi* new species (Acarina : Belbidae), and a study of its life history. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **55**: 357-361.
- 14) HARTENSTEIN, R., 1962b. Soil Oribatei III. Studies on the development, biology, and ecology of *Metabelba montana* (KULCZ.) (Acarina : Belbidae) and *Eremobelba nervosa* n. sp. (Acarina : Eremaeidae). *Ann. ent. Soc. Amer.*, **55**: 361-367.
- 15) HARTENSTEIN, R., 1962c. Soil Oribatei-IV. Observations on *Caratozetes gracilis*. (Acarina : Ceratozetidae). *Ann. ent. Soc. Amer.*, **55**: 583-586.
- 16) HARTENSTEIN, R., 1962d. Soil Oribatei V. Investigations on *Platynothrus peltifer* (Acarina : Camisiidae). *Ann. ent. Soc. Amer.*, **55**: 709-713.
- 17) HARTENSTEIN, R., 1962e. Soil Oribatei VI. *Protoribates lophotrichus* (Acarina : Haplozetidae) and its associations with microorganisms. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **55**: 587-591.
- 18) HARTENSTEIN, R., 1962f. Soil Oribatei VII. Decomposition of conifer needles and deciduous leaf petioles by *Steganacarus diaphanum* (Acarina : Phthiracaridae). *Ann. ent. Soc. Amer.*, **55**: 713-716.
- 19) JALIL, M., 1965. The life cycle of *Hermannia scabra* (C. L. KOCH, 1979) (Acarina—Oribatei). *Oikos*, **16**: 16-19.

- 20) KANEKO, N., 1985. A comparison of oribatid mite communities in two different soil types in a cool temperate forest in Japan. *Pedobiologia*, **28**: 255-264.
- 21) KANEKO, N., 1988. Life history of *Oppiella nova* (OUDEMANS) (Oribatei) in cool temperate forest soils in Japan. *Acarologia*, **29**: 215-221.
- 22) LEBRUN, P., 1965. Contribution à l'étude écologique des Oribates de la litière dans une forêt de Moyenne-Belgique. *Mem. Inst. Sci. nat. Belg.*, **153**: 1-96.
- 23) LEBRUN, P., 1970. Écologie et biologie de *Nothrus palustris* (C. L. KOCH) 3^e note. Cycle de vie. *Acarologia*, **12**: 193-207.
- 24) LUXTON, M., 1981a. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. IV. Developmental biology. *Pedobiologia*, **21**: 312-340.
- 25) LUXTON, M., 1981b. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. VI. Seasonal population changes. *Pedobiologia*, **21**: 387-409.
- 26) LUXTON, M., 1982. The ecology of some soil mites from coal shale tips. *J. Appl. Ecol.*, **19**: 427-442.
- 27) MITCHELL, M., 1977. Population dynamics of oribatid mites (Acari, Cryptostigmata) in an aspen woodland soil. *Pedobiologia*, **17**: 305-319.
- 28) MITCHELL, M., 1979. Effects of physical parameters and food resources on oribatid mites in forest soils. In: *Recent Advances in Acarology* (NAEGELE, J. A., ed.), vol. I, pp. 585-592, Academic Press, New York.
- 29) MURPHY, P. W. AND M. JALIL, 1964. Some observations on the genus *Tectocepheus* (Acari, Oribatei). *Acarologia*, **6**, fasc. hor. ser. (*Proc. 1st Int. Congr. Acarol., Fort Collins, 1963*): 187-197.*
- 30) NANNELLI, R., 1975. Osservazioni sulla biologia di *Oppia concolor* in condizioni sperimentali di allevamento. *Redia*, **56**: 111-116.*
- 31) OLIVER, J. H., 1983. Chromosomes, genetic variance and reproductive strategies among mites and ticks. *Bull. ent. Soc. Amer.*, **29**: 8-17.
- 32) PAULY, F., 1956. Zur Biologie einiger Belbiden und zur Funktion ihrer pseudostigmatischen Organe. *Zool. Jb., Abt. Syst. Ökol. Geogr. Tiere*, **84**: 275-328.
- 33) PETERSEN, H., 1980. Population dynamic and metabolic characterization of Collembola species in a beech forest ecosystem. In: *Soil Biology as related to Land Use Practices. Proc. VII Int. Soil Zool. Colloq. of the I.S.S.S., Syracuse, N.Y., USA July 29—Aug. 3, 1979.* (DINDAL, D. L., ed.), pp. 806-833, EPA, Washington, D.C.
- 34) REEVES, R. M., 1969. Seasonal distribution of some forest soil oribatei. In: *Proc. 2nd. Int. Congr. Acarol., Sutton Bonington, 1967* (EVANS, G. O, ed.), pp. 23-30, Akademiai Kiado, Budapest.
- 35) ROCKETT, C. L. AND J. P. WOODRING, 1966. Biological investigations on a new species of *Ceratozetes* and of *Pergalumna* (Acarina : Cryptostigmata). *Acarologia*, **8**: 511-520.
- 36) SAICHUAE, P., GERSON, U. AND Y. HENIS, 1972. Observations on the feeding and life history of the mite *Nothrus biciliatus*. *Soil Biol. Biochem.*, **4**: 155-164.
- 37) SCHULTE, G., 1976. Zur Nahrungsbioogie der terrestrischen und marinen Milbenfamilie Ameronothridae (Acari, Oribatei). *Pedobiologia*, **16**: 332-352.
- 38) SCHUSTER, R., 1979. Soil mites in the marine environment. In: *Recent Advances in Acarology* (NAEGELE, J. A., ed.), vol. I, pp. 593-602, Academic Press, New York.
- 39) SENGBUSCH, H. G., 1954. Studies on the life history of three oribatoid mites, with observations on other species. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **47**: 646-667.
- 40) SENGBUSCH, H. G., 1958a. Zuchtversuche mit Oribatiden (Acarina). *Naturwissenschaften*, **20**: 1-2.
- 41) SENGBUSCH, H. G., 1958b. The development of *Nanhermannia nana* (NICOLET), (Acarina, Oribatei); life history studies of Oribatei II. *Anat. Rec.*, **132**: 504.
- 42) SENGBUSCH, H. G. AND C. H. SENGBUSCH, 1970. Post-embryonic development of *Oppia nitens* (Acarina : Oribatei). *J. N. York Ent. Soc.*, **78**: 207-214.
- 43) SHEREEF, G. M., 1972. Observations on oribatid mites in laboratory culturers. *Acarologia*, **14**: 281-291.
- 44) SHEREEF, G. M., 1976. Biology of two oribatid species in Giza region. *Acarologia*, **18**: 170-173.

- 45) 武田博清, 1982. 野外でのトビムシ個体群の生活史 (I) 季節的多型, 休眠の現象を中心に. *Edaphologia*, (27): 23-36.
- 46) THOMAS, J. O. M., 1979. An energy budget for a woodland population of oribatid mites. *Pedobiologia*, 19: 346-378.
- 47) TRAVÉ, J. AND F. DURAN, 1971. Développement et comportement en laboratoire de *Neoribates gracilis*. *Vie et Milieu*, 22: 79-89.*
- 48) WALLWORK, J. A., 1969. Some basic principles underlying the classification and identification of cryptostigmatid mites. In: *The Soil Ecosystems* (SHEALS, J. D., ed.), pp. 155-168, The Systematics Association, London.
- 49) WALLWORK, J. A. 1983. Oribatids in forest ecosystems. *Ann. Rev. Entomol.*, 28: 109-130.
- 50) WEBB, N. R., 1977. Observations on *Steganacarus magnus*. General biology and life cycle. *Acarologia*, 19: 686-696.
- 51) WOODRING, J. P., 1965. The biology of five new species of oribatids from Louisiana. *Acarologia*, 7: 564-576.
- 52) WOODRING, J. P. AND E. F. COOK, 1962. The biology of *Ceratozetes cisalpinus* BERLESE, *Scheloribates laevigatus* KOCH, and *Oppia neerlandica* OUDEMANS (Oribatei), with a description of all stages. *Acarologia*, 4: 101-137.

* 直接参照できなかった。