

京都付近のアカマツ林における 節足動物の現存量について

菊 沢 喜 八 郎 ・ 四 手 井 綱 英

On the Biomass of Arthropods of the Japanese Red Pine
Forest in the Vicinity of Kyoto

Kihachiro KIKUZAWA and Tsunahide SHIDEI

| 目 | 次 |
|------------------|---|
| 要 旨..... | 1 |
| まえがき..... | 1 |
| 調査地および調査方法..... | 2 |
| 調査結果..... | 2 |
| (1) 個体数・現存量の季節変化 | |
| (2) 個体の大きさと同体数 | |
| 考 察..... | 7 |
| 引用文献..... | 8 |
| Résumé..... | 8 |

要 旨

京都付近のアカマツ林において、林内特に樹冠層に棲息する節足動物の単位面積当りの個体数と現存量を知るために、BHC 燻煙法を用いて調査を行なった。

調査は1966年4月から、1967年3月まで、10回行なった。

調査結果をまとめると次のようになる。

1) 採集された動物はそのほとんどが節足動物であり、3綱・16目に属するものが採集された。個体数の多かったのは、粘管目・半翅目・双翅目・真正クモ目などのものであり、現存量の多かったのは、鞘翅目・半翅目・真正クモ目などのものであった。

2) これら節足動物は、季節的に種類組成も数量もともに変化しており、その変化の型は種によって異なるものと考えられるが、全節足動物を対象とした場合には、7月に数、量ともに最も多く、1月に最も少なくなった。

3) 動物群集をその個体重量によって、グループに分けた場合、重量の大きなグループのものでは個体数が少なく、重量の小さなグループのものでは個体数が多く、いわゆる数のピラミッドを形造る。重さグループを10mg毎に分けた場合について、どの重さグループでもそのグループとしての代謝量は等しいと仮定したときの理論式と実際との比較を行なった。またこの仮定を容れた場合の群集代謝量の推定式についても考察した。

ま え が き

森林生態系における生産構造を研究するためには、まず単位面積内に生存する生物量を推定することが必要であるが、森林内特に樹冠層に棲息する動物の現存量を推定することは方法的に諸種の困難

Contributions from JIBP-PT No. 7

この研究は文部省科学研究費・特定研究「生物圏の動態」によった。

があり、これに関する研究は近年まであまり行なわれていなかった。最近わが国においては小野ら¹⁾によりこの方面の研究が急速に推し進められているが、未だ樹冠層の節足動物群集を推定する方法は確立されていないのが現状である。著者らは先に BHC 燻煙剤を使用しての樹冠層に棲息する節足動物現存量の推定法を考案したが、この方法にも幾多の難点があり、特にその殺虫効率については多くの問題が未解決のままである。これらの問題点については現在も継続して検討中であり、稿を改めて論議する予定であるが、とりあえずここでは1966年度に京都付近のアカマツ林で行なった現存量調査の結果を報告したい。

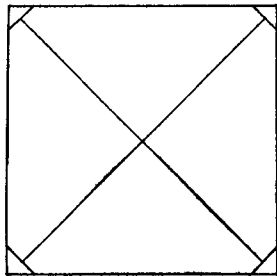
調査の方法・器具等については、九州大学理学部小野勇一助教授はじめ研究グループの方々の研究成果に負うところが多い。京都大学理学部森下正明教授には終始御指導を賜った。また、京都大学教養部沢田高平講師には標本作製、同定についての御指導を得た。調査に際しては、京都大学上賀茂試験地伊佐義郎講師、農学部森林生態学研究室の各位の御助力を得た。以上記して厚く感謝の意を表する。

調査地および調査方法

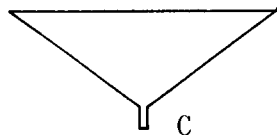
調査は京都市内の北部に位置する京都大学上賀茂試験地のアカマツ林で行なった。

この林分は樹高約10~14mのアカマツを主林木とする天然生林で、林令は約35年である。下層および林床植生は、ソゴ・アセビ・ヒサカキ・モチツツジ・イヌツゲ・カクミノスノキ・サルトリイバラなどからなる。

調査は燻煙法によって行なった。この方法は BHC キルモス筒を林内で燻煙し、それによって死亡・落下する動物を受布で受けて採集するものである。使用した燻煙剤は商品名マルリンキルモス筒である。これは γ -BHC40% 150g を使用しており、発煙継続時間は約10分である。通常1回の調査に5筒使用し、そのうち2筒はアカマツの枝(高さ6~8m)に丈夫なひもで吊り下げて燻煙し、3筒は林床から燻煙した。



A



B

受布としては図1のような布製のものをを用いた。表面積は1m²(1m×1m)であるが四角錐形になるように工夫し、その下にアルコールを入れた管ピンを取り付け落下した動物が入るようにした。1回の調査に10~30個用いた。

燻煙した翌日の午後より、各受布の管ピンをとりだしたが、その際に管ピンに落ち込まずに布壁に附着している小動物はピンセットを用いて採集した。管ピンは研究室に持ち帰り動物とゴミを選別し、各動物の個体重量(湿重量)を測定した。その際、個体重量の測定不可能な1mg以下のものについては、数個体をまとめて測定した。

調査は1966年4月より、1967年3月までの間に10回行なった。

調査結果

(1) 個体数・現存量の季節変化

採集された動物はそのほとんどが節足動物であり、3網・16目に属するものが採集されたが、その多くは昆虫綱に属するものであった。これらの1m²当りの個体数および現存量は、多いとき(7月)には平均約600/m²、400mg/m²に達した。これら全部をこみにした

Fig. 1 A Diagram of sampling device to catch the fallen arthropods A; Plane figure B; lateral view C. Tube with alcohol

個体数および現存量の季節変化を図2・3に示した。図からもわかるようにこれらの変化は、夏期に最も多く冬期に最も少くなり年一峰型の比較的はっきりした変動を示している。以下に、主な目別に

みてみよう。

(a) 粘管目 (Collembola)

トビムシ類であり、いずれも個体重1mg以下の微小な昆虫であるため現存量は僅かではあるが個体数ではもっとも豊富なグループである。特に6月・7月には全体の60%以上がこのグループによって占められている。これらはHypogastruridae, Entomobryidae, Sminthuridae, Isotomidae, Neanuridaeの5科に属するものが含まれているが、多かったのは前3科に属するものであり、特にもっとも多かったのはムラサキトビムシの1種 (*Hypogastrura* sp.) であった。トビムシ全体としては、7月に最も多く、9月にまたやや多くなる傾向が認められる。しかし *Hypogastrura* sp. は年一峰型(7月)の変化をしている。これらの変化の解析は産卵数・令構成などについての知識が不十分である現在ではほとんど不可能である。

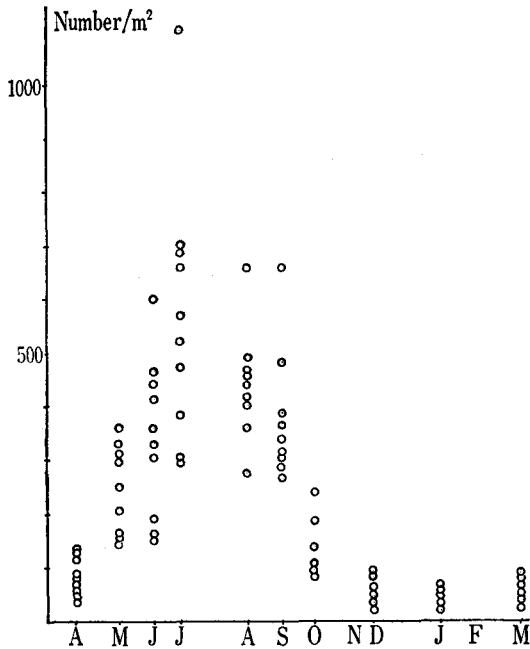


Fig. 2 Seasonal changes in number of arthropods/m²

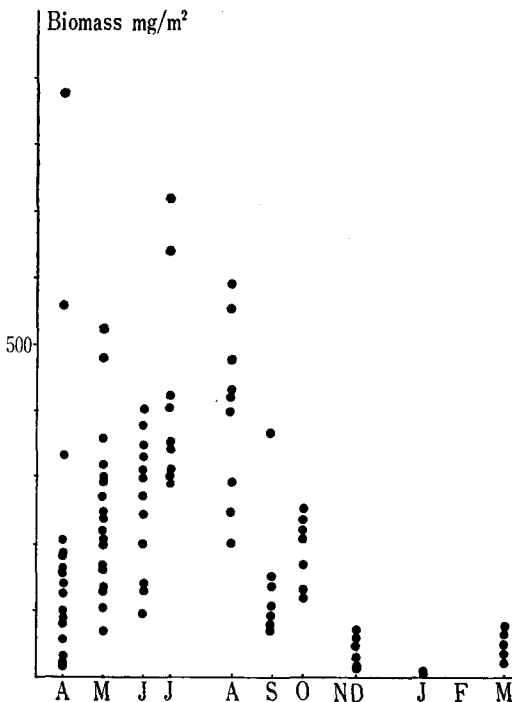


Fig. 3 Seasonal changes in biomass of arthropods mg/m²

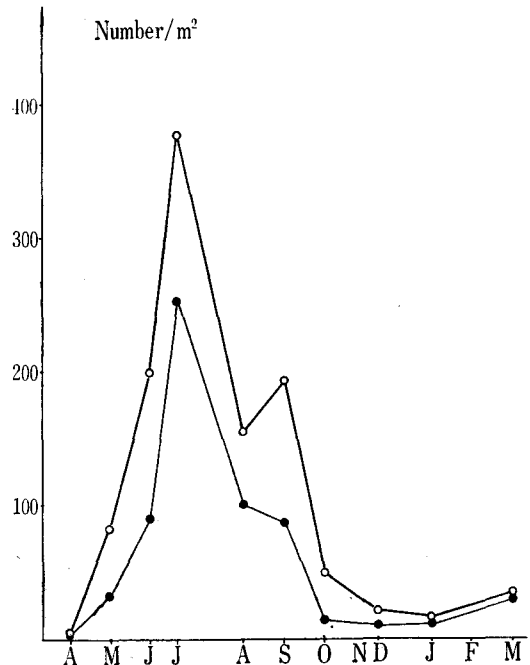


Fig. 4 Seasonal changes in number of Collembola/m²

○ Total Collembola
● *Hypogastrura* sp.

(b) 嚙虫目 (Psocoptera)

チャタテムシ類で、これらも平均個体重は1mg

前後であり多くはないが、個体数では全体の1~10%程度を占めている。これらは8月・9月に最も多いが、5月にも1つのピークがあり年2峰型の変動をするようである。

(c) 総翅目 (Thysanoptera)

アザミウマ類で、個体数は全体の1%程度であり多くはない。最も多かった種はネギアザミウマ (*Thrips tabaci*) であった。

(d) 半翅目 (Hemiptera)

個体数・現存量ともに比較的多く、アカマツ林の第2次生産者として重要な位置を占めているものと考えられる。個体数では全体の3~41%を占めており、現存量では全体の10~41%を占めている。図5に個体数および現存量の季節による変化を示した。図でみられるように4月と8月の2回ピークがあり、年2峰型の変化を示す。4月のピークはマツノホソアブラムシ (*Protolachnus thumbergii*)、マツオオアブラムシ (*Cinara piniformosana*) が多く、8月のピークは、マツアワフキ (*Tilophora flavipes*)、その他多くの種の出現によるものである。

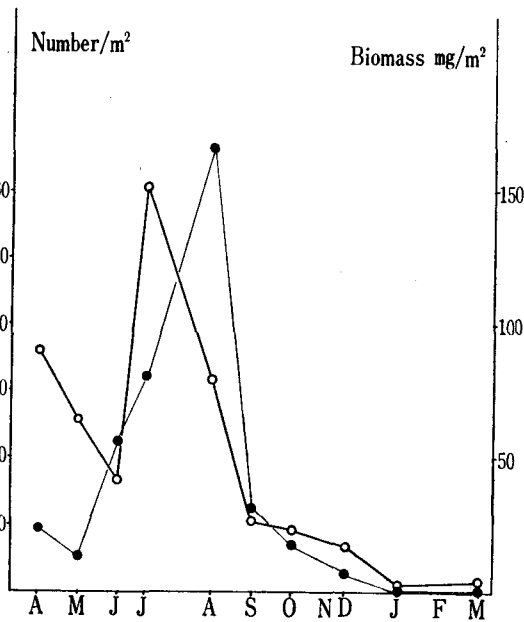


Fig. 5 Seasonal changes in number and biomass of Hemiptera

○ Number/m²
● Biomass mg/m²

ては燻煙時刻によってかなり採集個体数が左右されると思われるので、方法的に今後問題が残される。

(g) 双翅目 (Diptera)

このグループは、個体数で全体の5~30%とかなり多くの部分を占めている。図7に示すように個体数は5月と8月にピークのある2峰型の変化を示している。キノコバエ科・タマバエ科・ショウジョバエ科・ミバエ科・ユスリカ科等に属するものが多かったが、採集されるのが

(e) 鞘翅目 (Coleoptera)

個体数では全体の2%程度を占めるにすぎないが、現存量では1~30%程度を占めている。ハムシ科・ハネカクシ科・ゾウムシ科の3科に属するものが大部分を占めているが、種類組成はブナ林に比して貧弱であり、個体数も少ないようである。

季節的には5月および8月に多かったが、採集された個体の多くが成虫であるために、くわしい解析は不可能である。

(f) 膜翅目 (Hymenoptera)

個体数では冬期を除いて全体の5%前後を占めている。アリ科・ヒメバチ科・コマユバチ科・タマバチ科・コバチ上科に属するものが出現しているが、ほとんど大部分はコバチ上科に属するものであった。図6に個体数の季節による変化を示した。図にみられるように8月にもっとも多くなっている。アリ科に属するものについ

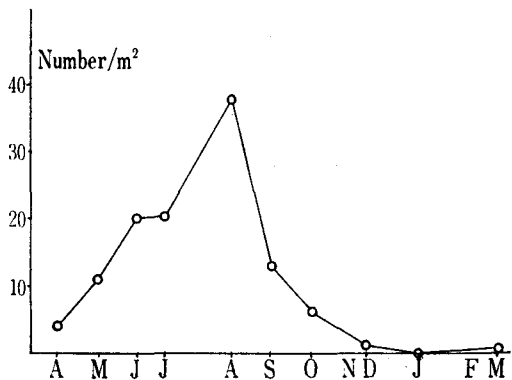


Fig 6 Seasonal changes in number of Hymenoptera

成虫のみでありまた季節的に種類組成がかなり変わっているので、くわしい解析は困難である。

(h) 真正くも目 (Araneina)

個体数では全体の3~16%, 現存量では全体の10~30%を占めており, 捕食者としてもっとも重要なグループであると考えられる。図8に示すように個体数・現存量ともに8月にもっとも多くなっている。

以上のほかにダニ目 (Acarina), メクラグモ目 (Opiliones), 鱗翅目 (Lepidoptera), 積翅目 (Plecoptera), 直翅目 (Orthoptera) 等に属するものが採集されているが, その数はいずれも多くはなかった。

以上の結果を他の調査結果と比較してみよう。Martin, J. L.³⁾ はカナダのマツ林動物相を薬剤撤布 (Prentox pyronyl emulsion no, 101) によって調査している。その結果最も多いグループは半翅目・双翅目・ダニ目の3目であり, その他に嚙虫目・粘管目の2目が重要でその他のものは全体の5%以下であるとしている。内田・富岡⁴⁾の札幌の広葉樹林でのスイープ法による調査では, 膜翅目・双翅目・粘管目・鞘翅目・半翅目の順に多いとしている。著者らの芦生ブナ林での調査では, 双翅目・膜翅目・鞘翅目・粘管目等が多い結果を得ており, 最も多いグループはそれぞれに異っている。これらのちがいは, 環境条件のちがいととも, 採集方法・採集季節・採集時刻のちがいということも十分に考えられる。特に, 内田・富岡⁴⁾は膜翅目とくにアリ科のものが最も多い結果を得ているのに, 著者らの調査ではアリはそれほど多くない。このことはとくに採集時刻によるちがいということができよう。これとは逆に, 半翅目のものはマツ林に多いグループといえることができるであろう。

(2) 個体の大きさと個体数

動物群集は, 個体重の大きなものや小さなものから構成されており, 大きなものは少なく小さなものは多く存在し数のピラミッドを形造ることが知られているが, 群集を構成する個体の重量分布は群集の特質を表現する1つの指標となるものと考えられる。このような考えから図9に大きさと個体数の関係を両対数グラフに描いた。たて軸には個体重量を取りそれを 10^2 mg毎にグループにわけ, よこ軸には各重さグルー

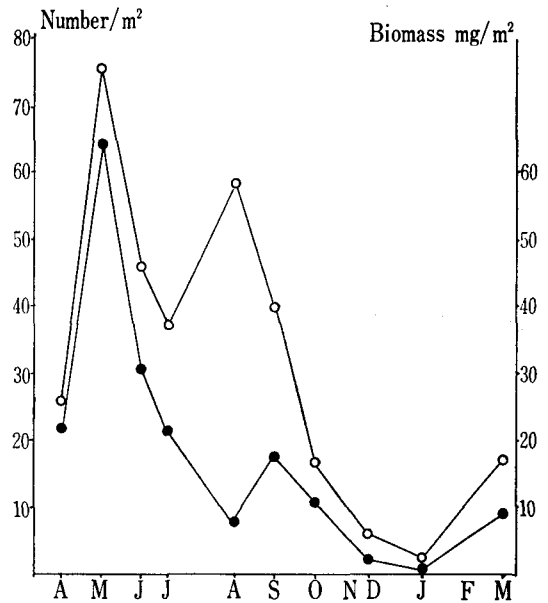


Fig. 7 Seasonal changes in number and biomass of Diptera

○ Number/m²
● Biomass mg/m²

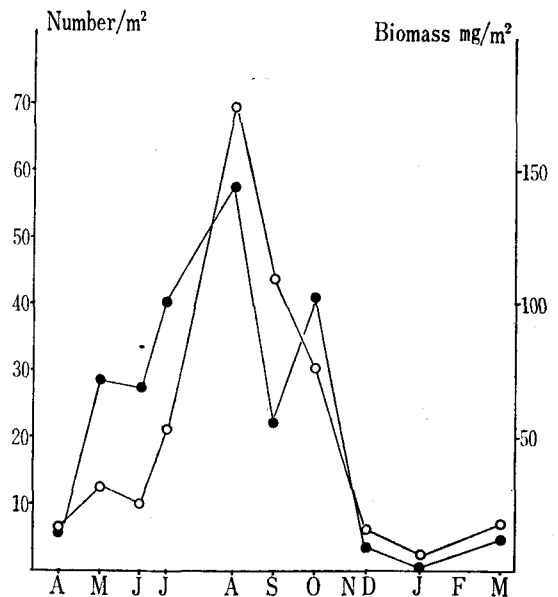


Fig. 8 Seasonal changes in number and biomass of Araneina

○ Number/m²
● Biomass mg/m²

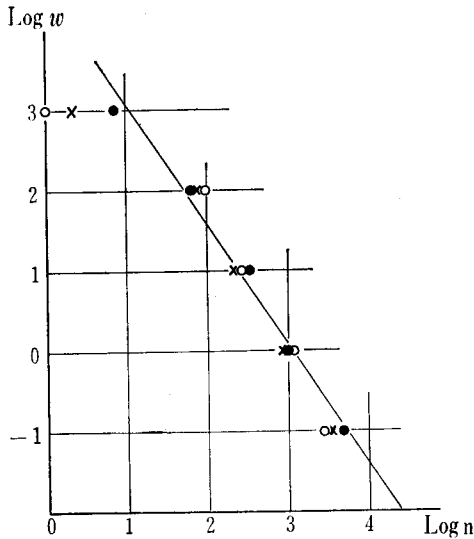


Fig. 9 Relation between weghit and number
× June ● July ○ August

ブに属する個体の数をとった。図に見られるように個体数は個体の重量が小さなグループでは多く、個体重の大きなグループでは少なくなっており、その間に直線的な関係が認められるようである。この事実を以下に動物群集の代謝量という考えから考察してみよう。

一般に動物個体の代謝量は次の式で与えられる。

$$m = aw^b \quad (1)$$

ただし、 m は動物個体の代謝量、 w は個体の重量、 $a \cdot b$ は定数で b は $2/3$ 程度の値になることが知られている。

いま、定数 $a \cdot b$ をどの個体数についても一定であると仮定すれば、群集全体の代謝量は

$$M = a \sum_{i=1}^N w_i^b \quad (2)$$

で与えられる。ここに M は群集全体の代謝量、 N は全個体数である。

ここで、群集を構成する動物をその個体重量毎に

r 個のグループにまとめると

$$M = a \sum_{i=1}^r M_i = a \sum_{i=1}^r w_i^b n_i \quad (3)$$

となる。ここに w_i は各重さグループの平均個体重、 n_i は各重さを有する個体の数である。ここで重さグループのわけかたを 10^i mg毎にわけると

$$w_{i+1} = 10w_i \quad (4)$$

である。(但し、重さグループの番号は個体重の小さなものから順につけることにしておく。)

いまどの重さグループもそのグループとしての代謝量に差はないと仮定する。すなわち

$$\log M_{i+1} - \log M_i = 0 \quad (5)$$

とする。

(3)式より

$$\log M_{i+1} - \log M_i = b(\log w_{i+1} - \log w_i) + (\log n_{i+1} - \log n_i) = b + \log n_{i+1} - \log n_i \quad (6)$$

となる。

したがって、(5)式より

$$\log n_{i+1} - \log n_i + b = 0 \quad (7)$$

となるはずであり、図9のように両対数グラフのたて軸 $\log w_i$ を、よこ軸に $\log n_i$ をとった場合にはこのグラフは直線になりその式は

$$\log w = \frac{1}{b}(\log n_i - \log n) + C \quad (8)$$

となるはずである。 b を $2/3$ とすればこの直線の勾配は $-3/2$ となるはずである。図9にみられるように比較的うまくこの直線関係が成立しているようである。

いま上述の仮定が成立している場合の、群集の代謝量 M の推定方法を考えてみよう。すなわち、(7)式および(4)式から

$$n_i = n_{i-1} \cdot 10^{-b} = n_1 \cdot 10^{-b(i-1)} \quad (9)$$

$$w_i = 10 \cdot w_{i-1} = w_1 \cdot 10^{i-1} \quad (10)$$

が成り立つ。ただし w_1 , n_1 はそれぞれ一番小さなグループの平均個体重および個体数である。

(2) 式に(9), (10)を代入すると

$$M = a \cdot r \cdot n_1 \cdot w_1^b \quad (11)$$

が得られる。

(9)式より n_1 は

$$n_1 = 0.785N \quad (12)$$

で与えられる。

また, r はグループの数であるから, 最大個体重グループと最小個体重グループとの平均個体重から

$$r = 1 + \log w_r - \log w_1 \quad (13)$$

で与えられる。

したがって, 群集の代謝量 M は

$$M = 0.785a \cdot N \cdot (1 + \log w_r - \log w_1) \cdot w_1^b \quad (14)$$

で与えられる。

考 察

森林内の節足動物群集の絶対密度を推定する方法は現在までに種々の方法が試みられているが未だ決定的なものが見出されていない。燻煙法は比較的簡単に密度推定を行ない得るという点ではすぐれた方法であると考えられる。しかし, この方法自体の効率に問題が多く残されているし, またこの方法では採集できる動物の種やステージに制約のあるところから得られた結果の解析に限界があるなどの欠点がある。

先ず前者については, 薬剤の殺虫効果の問題・煙の上昇のしかたが風によって制約をうけること, 残効の問題・燻煙時刻の問題など数多く考えられる。

後者については, 結果の項でも述べたようにこの方法で採集される動物のステージがほとんど成虫であり, 幼虫も僅かに採集されるが卵や蛹はほとんど採集されないことがある。特に一生の期間を通じて森林の樹冠層に棲息している種類は比較的少なく, 半翅目・粘管目・真正くも目などに属する数種に限定される。他のものは幼虫期には土壌中に棲息している(双翅目・鞘翅目等), 水中に生活している(積翅目等), 倒木や材中に生活している(鞘翅目), 他の動物に寄生している(膜翅目)などのものであり, その生活史を通じての解析は燻煙法だけでは行ない得ない。したがって現在開発されつつある他の方法との併用がどうしても必要になってくる。そのためには燻煙法以外の諸方法との効率の比較が今後の一課題となるであろう。

個体数と重量との関係からの代謝量の推定方式を考察したが, この方法にも種々な問題が残されている。先ず前提となる個体数一重量の両対数直線関係がどのような群集についても成り立っているかどうかについては疑問がある。その意味で種々の群集についての調査が今後必要であろう。さらに, (1)式における定数 a , b をどの種についても一定であると仮定していることや, 生活型や食性の異なるグループのものをこみにして扱っていることなどにも問題があり, これについては, 今後の検討が必要であると思われる。

引用文献

- 1) 小野勇一：動物の個体数調査法，「生態学実習書」東京，1967，pp. 336.
- 2) 菊沢喜八郎・四手井綱英：森林節足動物の密度および現存量の推定方法について，日生態会誌 **16**, 1, 24—28, 1966.
- 3) Martin, J. L. : The Insect Ecology of Red Pine Plantation in Central Ontario IV The Crown Fauna, Canad. Ent. **98** 10—27, 1966.
- 4) 内田登一，富岡暢：森林内における昆虫の Population に関する生態学的研究，北大農邦文紀要 **2**, 1, 96—111, 1954
- 5) Macfadyen, A. : *Animal Ecology* pp. 344 London, 1963.

Résumé

The estimation of the density and the biomass of forest arthropods was carried out in a Japanese red pine forest stand at Kamigamo, Kyoto. BHC-smoke was used for capturing the arthropods dwelling in the above ground part of the forest stand. The investigations were carried out 10 times from April of 1966 to March of 1967.

The density and the biomass of whole arthropods reached the highest peak in July and the lowest in January.

Order Collembola, Hemiptera, Diptera and Araneina occupied the large part of the arthropods community.

The individuals consist of arthropods community were assigned to weight group of every 10¹ mg, being arranged into the pyramid of numbers. The linear relation between mean weight of group and the individual numbers of arthropods belonging to each group in log-log scale with gradient of -3/2 implied the nearly equal metabolism of each weight group.