

タイ国の森林の土壤動物相に関する一研究

渡 辺 弘 之 ・ Pairath SAICHUAE

Forest Soil Animals in Thailand

by

Hiroyuki WATANABE and Pairath SAICHUAE

緒 言

熱帯地方の森林あるいは草原などの落葉層や土壤中の動物相に関する研究は温帯地方にくらべて、極めて少なく、われわれの熱帯森林の土壤動物についての知識は非常に乏しい。とはいえ、森林土壤動物の個々の種類については多くの分類学的研究 (Aoki, J.³⁾, Imadaté, G.²⁴⁾, Yosii, R.⁵⁹⁾) はある。一方、土壤中に棲息する非常に多くの種類と個体数の動物達が、環境因子に支配されながら、菌類やバクテリアと複雑な関係を保ちつつ、落葉・落枝の分解に大きな役割をはたし、土壌や humus に物理・化学的な影響を与えていることはよく知られていることである。このような観点から土壤動物の個体数、種類組成、現存量などをとりあげ、それらが森林生態系の中でもつ、物質循環面での役割について、森林生態学的に解析しようとした研究はまだ少ない。

Balogh, J.⁴⁾ は土壤動物に関する Colloquium のまとめとして、現在の土壤動物学における欠点は同定の困難さ、国際的協力の不足、そして熱帯森林における調査の不足を指摘している。今回の調査はすでに述べた土壤動物の役割が、熱帯森林の生態系においていかにはたされているかという問題の解決のため——一般に熱帯森林の生産力は大きく、落葉の分解も早いといわれる——の一つの手がかりを与えてくれるとともに、一方では温帯、亜寒帯などの森林における調査結果と比較することによって、より一般的な広い知識を得ることに役立つものと考ええる。また、タイ国は高温地帯でありながら、モンスーンの影響を受けて水分条件が年を通じて異なり、植生も地方によって、極めて多様である。このような生活環境の違いが土壤動物にどのような影響を与えるかなどの問題の解決にも役立つものと思う。

本報告においては、タイ国の各種の森林での土壤動物の構成、個体数、現存量と植生、土壌の性質などとの関連について、われわれの調査の結果について述べる。

1 研 究 史

温帯地方においては多くの土壤動物についての報告があり、またいくつかの総括^{17,26,30,35)} が

出版されている。しかし、東南アジア、さらに中南米、アフリカを含めての広い熱帯地方における土壤動物の調査、研究は極めて少なく、それも断片的で、調査者によって目的や方法、調査の時期や採集した動物の範囲、抽出の方法などが違い、相互の比較もむづかしい。熱帯地方といっても、その植生は極めて変化のあるものであるから、より多くの場所で土壤動物の調査がなされるべきであり、また棲息している動物の生活史、摂食量などの調査も1年を通じて行なわれ、同定の困難さを打開するために分類学者と、現地調査のためには現地の研究者との協力はぜひとも必要なことである。

熱帯における土壤動物に関する量的な調査について述べると、まず最初の業績は Beebe, W.⁷⁾ のブラジルの rain forest におけるものであろうが、この他、中南米では Allee, W.C.^{1,2)}, Williams, E.A.⁵⁴⁾ のパナマ、Strickland, A.H.^{47,48)} のトリニダード、Goodnight, C.J. ら²⁰⁾ のメキシコと di Castri Liviero, F.¹⁰⁾ のチリ、Wolcott, G.N.⁵⁵⁾, Golley, F. *et al.*¹⁹⁾ のプエルトリコなどがあげられよう。

アフリカでは主として草原を対象としたものが多いが、Salt, G.⁴³⁾ のケニア、タンガニーカ、ウガンダ、Belfield, W.⁸⁾ の西アフリカと最近の Meyer, J. ら³⁴⁾, Maldague, M.E. ら^{32,33)} のコンゴでの調査があげられる。

この他、特殊なものを対象としたものでは Deitz, H.F. ら¹⁵⁾ のパナマと Hesse, P.R.²¹⁾ のタンガニーカ、ウガンダ、ケニアでのシロアリ、および van Zwaluwenburg, R.H.^{56,57)} のハワイでの sugar cane field の土壤動物を扱ったものがある。

われわれの調査と比較できる東南アジアでの土壤動物についての調査はどうであろうか。調査はすべて種類数と個体数を調べたものであるが、量的な研究を行なったものは Dammerman, K. W.^{12~14)} のインドネシア、Corbet, A.S.¹¹⁾ のマレー、Pendleton, R.L.⁴⁰⁾ のタイと最近行なわれた Imadaté, G. & T. Kira²³⁾ および Ogino, K., P. Saichuae & G. Imadaté³⁸⁾ のタイ国での調査があるにすぎない。われわれの調査の一部は菊沢・渡辺・P. Saichuae・四手井²⁷⁾, Watanabe, H., P. Saichuae & T. Shidei⁵⁴⁾ にすでに報告した。

今後の東南アジアにおける土壤動物の調査を進めるために、広く熱帯地方で行なわれた業績を参考にすることも必要であろう。簡単な調査地の記載だけで、比較することは無理かもしれないが、これら今までの報告との比較をも試みた。研究史については、すでに渡辺⁵³⁾ に解説した。

2 調 査 期 間

1963年11月から、1964年1月まで、京都大学東南アジア研究センターの計画として、京都大学、タイ国 Chulalongkorn Univ., Kasetsart Univ. の合同でタイ国の森林および土壌調査を行なった。著者らは土壤動物を担当し、タイ国での主要な森林のタイプでの土壤動物の調査を

森林植生および土壌調査と協同して行なった。

調査を森林植生, 土壌の諸調査と協同して行なったことは, それらとの関連を知るうえでたいへん有益であった。

3 調 査 地

タイ国の森林の主要なタイプである Deciduous dipterocarps forest (略号 DDF), Dry evergreen forest (DEF), Tropical evergreen forest (TEF) を主とし, この他 Hill evergreen forest (HEF), Mixed deciduous forest (MDF), Pine forest (PF), Shifting cultivation 跡地 (Fallow land [FL]) でも調査を行なった。(以後森林タイプは略号を用いる) 調査地は図 1 に示した。

森林タイプ, 場所, 調査期間, プロット番号などは表 1 に示した。

1) Pakthongchai

東北タイ Khorat (Nakhon Ratchasima) から南へ約 60 km, Kasetsart Univ. の演習林で DEF 地帯であるが, DDF と入り混っている。Shifting cultivation の跡地がわずかにある。母材は Khorat series に属する砂岩・礫岩で, 海拔約 500m の丘陵性の地形である。

2) Phu Kradung

東北タイ Khon Khaen から Loei への中間, Phu Kradung (標高約 1,200 m) の山頂の HEF, PF と標高約 600 m 付近の竹を混じた MDF で調査を行ない, また, 山麓の海拔約 300m の Ban Si Tan および Pha Nok Kao 付近の DEF, DDF でも調査した。この Phu Kradung は急な斜面と平坦な頂部をもち石灰岩を母材とするが, 山頂部, 山麓では砂岩と石灰岩とが入りま

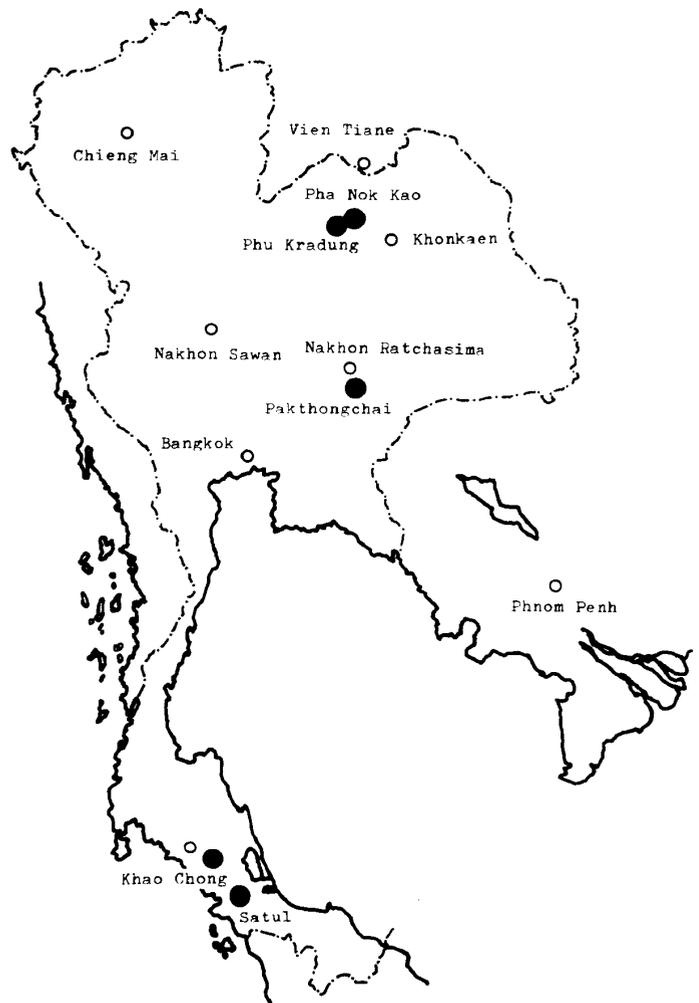


図 1 調 査 地

表 1 調査地一覧表

Forest type	Collection site	Term of research	Plot number
Deciduous dipterocarps (DDF)	Pakthongchai Pha Nok Kao	24, xi~10, xii, 63 18~19, xii, 63	PTC 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16 PKD 7, 8
Dry evergreen (DEF)	Pakthongchai Pha Nok Kao	24, xi~10, xii, 63 18~19, xii, 63	PTC 1, 2, 3, 4, 12, 17, 18, 20 PKD 9, 10
Fallow land (FL)	Pakthongchai	24, xi~10, xii, 63	PTC 13, 14
Hill evergreen (HEF)	Phu Kradung	14~15, xii, 63	PKD 1, 3
Pine (PF)	Phu Kradung	14~15, xii, 63	PKD 2, 4
Mixed deciduous (MDF)	Phu Kradung	16, xii, 63	PKD 6
Tropical evergreen (TEF)	Khao Chong Satul	28, xii, 63~3, i, 64 3, i, 64	KCG 2, 3, 4, 5, 6 STL 1

じている。山頂では *Pinus merkshii* の疎林と溪流沿いに成立した HEF とがまじっており、中腹では MDF、山麓では DEF または DDF となっている。母材別にみると PKD 1~4, 7, 8 が砂岩、6, 9, 10 が石灰岩である。

3) Khao Chong

Trang から約 20km 西方、Patthalung への途中の国立公園。TEF でおおわれている。Rattaphum から Satul への途中でも調査した。花崗岩の砂質壤土である。

森林タイプについては Royal Forest Department⁴²⁾ の分類に、一応従っているので、森林についての説明は、これと、われわれの調査隊の植生班の調査研究報告を参照されたい。

また、土壌については、すでに堤^{49,50)}、堤・菅・Choob Khemanark⁵¹⁾ の報告があるので参照されたい。

4 調査方法

それぞれの森林内において、落葉の堆積および地表植生の中庸なところに、木の根元や林内にしばしば見られるアリ、シロアリの巣などをさけて、1m×1m のワクを設定し、堆積する落葉・落枝をすべてビニールシートに移し、このシートの上で棲息していたすべての大型動物 (macro-animals) (トビムシ・ダニ類などを除いた肉眼で容易にみつけれられるもの) をピンセットで採集した。生きている植物や小石などを除いた後、落葉層量を測定し水分量測定用のサンプルをとった。さらに、このワク内を小さなクマデで深さ 10cm まで掘り、土壌中に棲息する動物を採集した。

このワクに隣接して、トビムシ・ダニ、Protura などの小型動物 (micro-animals) を対象に 25cm×25cm のワクを設定し、この落葉層と深さ 10cm までの土壤試料を採取した。これらについては日光を利用した Berlese funnel (図 2) にかけて、棲息する動物を抽出した。抽出時間は24時間であった。

調査プロットは DDF で 12プロット、DEF で12プロット、TEF で 9プロットであったが、その他のタイプの森林、すなわち HEF, PF, FL, MDF では 1~2プロットで、比較のためには不十分である。

採集された動物はすべてアルコールに保存し、京都大学に持ち帰った。その試料について種類分けし、そのおのおのについて個体数および湿重量を測定した。大型動物の重量測定には化学天秤 (1/10mg 読みとり) を使用し、個体ごとの重量測定が可能であったが、25cm × 25cm のプロットから抽出されたダニ、トビムシなどの小型動物については個体ごとの湿重量の直接測定ができないので、平均個体重トビムシ 0.055mg, ダニ 0.065mg を使用し、その他のものについては直接、個体ごとに湿重量を測定した。

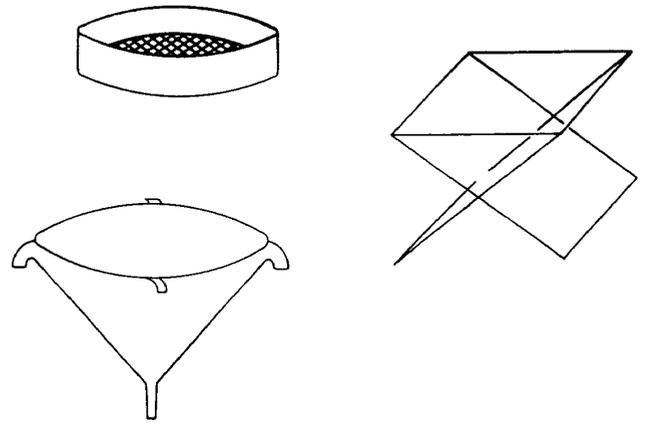


図 2 Berlese funnel (直径 30 cm)

5 採集された土壤動物

採集された動物は order を単位とした別表のようなグループに分けた。others は少なかった種類、unknowns としたものは幼虫・蛹などで同定できなかったものである。

なお、採集できた動物の種類、個体数、湿重量は、いずれ刊行される英文報告に掲載する。

Oligochaeta : ミミズ, 土壤動物のうち、最も重要なものであるが、PTC の DEF にわずかと、PKD の HEF において採集された。記録すべき大量の出現は PKD の PF と KCG の TEF にみられ、KCG では 42/m² にも達し、現存量の大部分はミミズによって占められている。DDF, MDF, FL からは採集されないか、または極めて少なかった。

Hirudinea : ヒル, KCG の TEF で採集され、また、わずかに FL でも採集された。湿度の高いことを好むようである。落葉層から採集された。

Gastropoda : マイマイ, 土壤動物として主要なメンバーの一つであって、PTC, PKD の DEF では比較的多く、PKD の HEF, KCG の TEF でも採集されたがわずかであった。DDF MDF など明るい乾燥している森林からは全く採集できなかった。ほとんどが落葉層から採集され、土壌中からは少なかった。

Isopoda : ほとんどはダンゴムシであるが、わずかにワラジムシも出現した。Evergreen

<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	
	<i>Hirudinea</i>	
<i>Mollusca</i>	<i>Gastropoda</i>	
<i>Arthropoda</i>	<i>Crustacea</i>	<i>Isopoda</i>
	<i>Chilopoda</i>	
	<i>Symphyla</i>	
	<i>Diplopoda</i>	
	<i>Arachnida</i>	<i>Acarina</i>
		<i>Opiliones</i>
		<i>Araneina</i>
		<i>Cheriferidea</i>
		<i>Uropygi</i>
		<i>Scorpionida</i>
	<i>Insecta</i>	<i>Protura</i>
		<i>Thysanura</i>
		<i>Collembola</i>
		<i>Orthoptera</i>
		<i>Isoptera</i>
		<i>Thysanoptera</i>
		<i>Hemiptera</i>
		<i>Neuroptera</i>
		<i>Lepidoptera</i>
		<i>Coleoptera</i>
		<i>Hymenoptera</i>
		<i>Formicidae</i>
		<i>Diptera</i>
	others	
	unknowns	

forest type において採集されるが、乾燥している Deciduous forest type の森林においては採集されなかった。多くは落葉層中に棲息しているが、現存量は大きくない。

Chilopoda : ムカデ, 落葉層中にはイシムカデ, オオムカデ類が, 土壌中にはジムカデが棲息している。ゲジもわずか採集されている。Predator として重要なもので, どのプロットからも, 普通に採集されたが, Evergreen forest type に個体数, 現存量とも多かった。KCG ではミミズの大量の出現と同時に, 大きなムカデの出現があった。ミミズ類を捕食しているのであろう。

Symphyla : ナミコムカデ, Evergreen forest type の森林に, 時々出現したが, 小さなもので, 重量的に現存量にとって重要でない。落葉層, 土壌中の両方から採集された。Belfield, W.⁸⁹によれば土壌の深いところにおいて dominant であったという。

Diplopoda : ヤスデ, Evergreen forest type の森林と FL ではほぼ, どのプロットからも採集されたが, DDF には出現しなかった。KCG の TEF の落葉層中では大型のフトヤスデが採集された。これは体長 30cm, 体巾 2cm にも達するとびぬけて大きいものであった。

Acarina : ダニ, 落葉層あるいは土壌中に多数棲息していて, 一定面積あたりの土壤動物の個体数の大部分は, このダニ類とトビムシ類によって占められている。個体数はトビムシ類よりも多い。Aoki, J.⁹⁰ の分類学的研究がある。

Araneina : クモ, 捕食性の動物として主要であるが, クモ類と *Opiliones* がほとんどで, メクラグモは少なかった。どのタイプの森林においても common なものであり, 現存量も大きい。落葉層中での個体数が多いが, 土壌中においても dominant である。

Cheriferidea : カニムシ, 小型の predator であるが, DDF, FL などの乾燥している森林の落葉層中に多く, funnel の利用によって効果的に採集できた。

Scorpionida : サソリ, 熱帯森林における特徴的な肉食動物である。われわれの調査では PTC と PKD の DEF の落葉層中から, それぞれ 1 個体を採集したのみである。

Protura : カマアシムシ, funnel の使用によって抽出された。Evergreen forest の落葉層から採集された。Imadaté, G.²⁴ の研究がある。

Collembola : トビムシ, ダニ類とともに個体数の多いものであるが, 個体数は Evergreen forest に多く, Deciduous forest に少なかった。HEF には多いが, 隣接する PF では土壌表面にのみ分布し, 土壌中からは採集できなかつた。Yosii, R.⁵⁹ の研究がある。

Thysanura : ハサミコムシ, ヒメハサミコムシを主とし, わずかにシミ, イシノミが採集できた。ヒメハサミコムシは Evergreen forest の土壌中から採集された。

Orthoptera : コオロギとゴキブリが多く, これにカマキリ, バッタ, ナナフシがつけ加えられる。最も顕著なものはゴキブリで, どのタイプの森林にも common であって, わが国の暖温帯の森林と比較して, ゴキブリの個体数と現存量の大きいのは特徴的である。とくに, TEF のゴキブリは大型であった。

Dermaptera : ハサミムシ, 個体数は少ないが, DDF, FL などにおいて採集できた。

Isoptera : シロアリ, これも熱帯森林を代表するものであろう。明るい DDF, MDF には, しばしばアリの塔 (termite mould) がみつけられ, また, 地表に横たわる倒木にもたくさんついている。これらのアリの塔や地表を通行する行列を避けて, プロットは設定されたが, 土壌中には, シロアリの穴が走っている。Evergreen forest においてもシロアリは主要なメンバーであったが, PKD の高標高の HEF, PF には出現しなかった。

Thysanoptera : アザミウマ, 落葉層中から funnel の使用によって, しばしば出現し, その個体数も, ダニ, トビムシについて多い。とくに PTC の DEF や KCG の TEF の落葉層中に common であった。

Hemiptera : カメムシの幼虫, アリマキ, アワフキ, ウンカ, セミ類など多くの種類が採集された。セミ類は PTC の DEF の土壌中から採集されたが, このセミ類の個体重は大きい。funnel の使用によって, アリマキ, ウンカ類など小さなものが, Evergreen forest から採集された。

Neuroptera : アリジゴクであるが, PTC の DDF の落葉の堆積のない土壌の露出しているところに, たくさん見つけられた。Evergreen forest には全く出現しなかった。

Lepidoptera : ガ, 採集されたほとんどは幼虫あるいは蛹であった。食葉性のものであるが, HEF, DEF の落葉層および土壌中から採集された。しかし, TEF には全く出現しなかった。越冬, 蛹化などのために, 樹上からおりてくることが知られているが, 熱帯地方においても, 乾期の休眠などのためにおりてくるのかも知れない。土壌中からは時々大型の蛹がみつげられた。

Coleoptera : 土壌動物の主要なメンバーであるが, きわめて多くの種類を含み, その食性, 生活型は極めて異なる。主要なものはハネカクシ, ゴミムシ, コメツキムシなどの幼・成虫の捕食性のもので, コガネムシの幼虫・蛹, キクイムシ, ナガキクイ, ハムシ, ゾウムシ類などの食植性のものであろう。土壌中で幼虫期をすごすものが多く, 幼虫態が多かった。コガネムシ, ゴミムシなどの現存量は大きい。funnel を利用してキクイムシ, ナガキクイ, アリズカムシが採集できた。

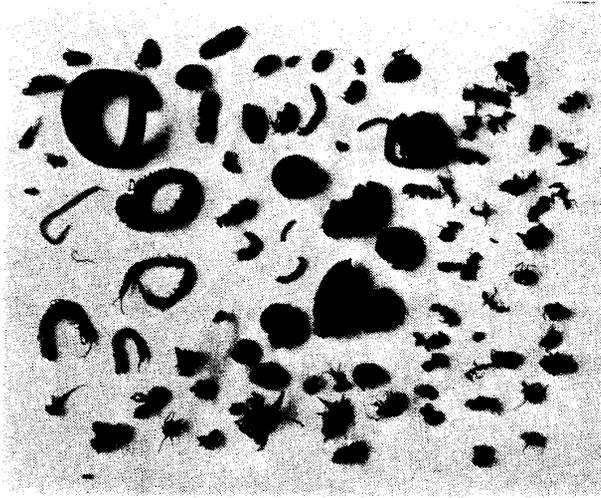
Hymenoptera : アリ類を除いたもので, ハチ類の成虫が採集されたが, 個体数は少ない。

Formicidae : アリ, どの森林にも地表にたくさんのアリ類が歩きまわっている。設定したプロットはアリ, シロアリの巣を避けているのに地表を歩きまわっているものや地中の孔道から, かなりたくさんのアリが採集された。DDF の現存量の大部分はこのアリ類によって構成される。採集されたアリ類は非常に多くの種類のものを含んでいる。

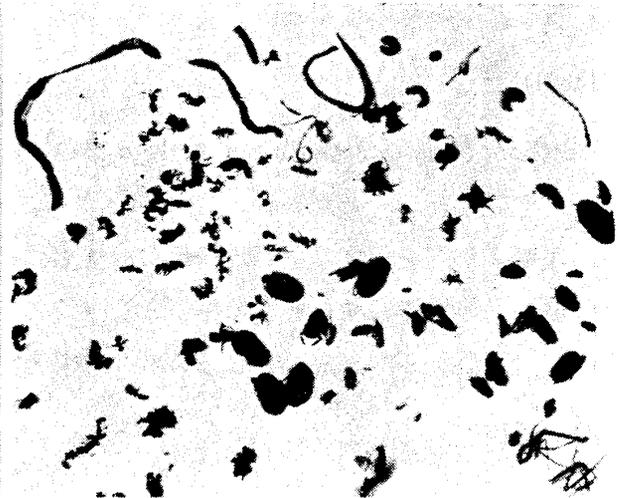
Diptera : 主として幼虫であった。ガガンボ (*Tipula*) など現存量の大きなものの個体数は少なかった。

これら採集されたすべての動物は, それぞれの専門家に標本を送付し, 同定を依頼中であるが, 未調査の地域であるので, 同定はまだ完了していない。

このように採集された動物についてみると, 森林の種類によって出現してくる動物に違いがあり, それはほぼ Evergreen forest に主としてみられるものと Deciduous forest に主としてみられるものとの二つに分けられそうである。ここに各タイプの森林の代表的な動物をまと



Pakthongchai DEF



Pakthongchai DDF



Phu Kradung HEF



Pha Nok Kao DEF



Khao Chong TEF



シロアリの種類も多い

写真 1 採集された土壤動物

めてみると次のようになる。

1) DEF

Pakthongchai および Pha Nok Kao のこのタイプの森林ではミミズ類は少ないが、マイマイ、ワラジムシ、ダンゴムシ、ヤスデ、クモ、ナミコムカデ、*Protura*, *Thysanura*, バッタ類、ゴキブリ、シロアリ、*Thysanoptera*, 蛾類、甲虫類、アリ、双翅類など、たくさんの種類が出現し、動物相は最も豊富であった。サソリはこのタイプの森林からのみ採集された。HEF はこれに類似するが、標高による変化が少し加わり、シロアリなどが出現しない。

2) DDF

しばしば DEF と境を接するのに、その動物相の構成は極めて貧弱で、個体数、現存量とも著しく小さい。採集された動物の中ではクモ、バッタ類、シロアリ、アリ類の個体数が多い。このほか、この森林に特徴的にみられるものとしてはアリジゴク、カニムシ、ハサミムシであって、これらはこのタイプの森林に限られ、他の森林にはみられなかった。FL, MDF はこれに類似するものとしてよかろう。

3) PF

HEF に隣接するこのマツ林は、地表は禾本科の草本植物によって覆われていて、マツの立木本数が少なく、疎林で PF というより、草原と言った方がむしろ妥当なところであったが、そのうち1プロットからは大量のミミズの出現があった。クモ、ウンカ、アリなどわずかしか出現しなかった。

4) TEF

南タイ Khao Chong のこのタイプの森林ではミミズはすべてのプロットから大量に出現し、ヒル、マイマイ、ダンゴムシ、クモ、ムカデ、ヤスデ、ゴキブリ、シロアリ、アリ類など、たくさんの種類が採集できたが、DEF よりも種類数は少ないようである。ともかく、落葉層中の大型のヤスデと土壌中の大量のミミズの棲息が特徴的である。

6 個 体 数

FL, HEF, PF, MDF では 1~2プロットしかとれなかったので、比較のためには不十分である。とくに、PF のように二つのプロット間に大きな差がある場合、比較することは難しいが、ここにはわれわれのデータを示し、今後の調査を期待したい。

個体数は 25cm×25cmの プロットから、funnel によって抽出されたダニ、トビムシ類によって構成されるが、これを m² に換算し、1m×1m のプロットで採集された大型動物を加えて、m² 当りの総個体数とした。

表 2 総個体数/m² (深さ 10cm)

Forest type	Plot no.	Individual no.	Forest type	Plot no.	Individual no.
DEF	12	17155 ~ 3971	PF	2	2193 · 354
DDF	12	3099 ~ 692	MDF	1	598
FL	2	947 · 810	TEF	9	8586 ~ 1041
HEF	2	4871 · 4779			

表 3 熱帯地方での土壤動物の調査

Researcher	Vegetation	Ind.no./m ² Biomass g/m ²	Plot size extraction
van Zwaluwenburg, R.H. (1926,31) Hawaii	sugar cane field fallow ground of sugar cane	17792 14085	1 sq. ft., 9inch
Strickland, A.H. (1945) Trinidad	forest reserves cacao estate	27084~34587 16470~37149	3.6 inch dia., 9inch flotation
Strickland, A.H. (1947) Trinidad	cacao estate savanna	26047~49745 9547~18849	3.6 inch dia., 9inch Berlese funnel
Salt, G. (1952) Tanganyika Uganda	grassland coffee plantation pasture cassava plantation fallow ground	3085~48002 12952~32811 39472~128654 18749~35401 14802~40706	4 inch dia., 6inch flotation
Belfield, W. (1956) Gold Coast	pasture	9632~36879	4 inch dia., 18inch flotation
Maldague, M. E. <i>et al.</i> (1963) Congo	Gilbertiodendron forest Brachystegia Scorodophloeus insular forest	42264 63734~75591 63603 60273	6 inch Berlese-Tullgren funnel
Ogino, K. <i>et al.</i> (1965) Thailand	botanical garden	3005~19582	50 cm sq., 10cm Berlese funnel
Goodnight, C.J. <i>et al.</i> (1956) Mexico	tropical rain forest	870~170	(大型動物のみ by hand)
Golley, F. <i>et al.</i> (1962) Puerto Rico	mangrove	67/m ² 6.4g(乾重)	sq. m by hand

個体数は m² に換算, 土壤の深さはそのまま

個体数はわが国での調査や熱帯地方で行なわれた調査にくらべて、著しく小さい値を示している。これは調査が乾期に行なわれたことが関係しているかも知れない。それでも DEF, TEF, HEF など Evergreen forest に多く、DDF, FL, PF, MDF などに個体数が少ない傾向を示している。

表3に示したように Salt, G.⁴³⁾ のタンガニーカなど東アフリカの調査, Belfield, W.⁸⁾ の Gold Coast の pasture での季節変動の調査, van Zwaluwenburg, R.H.⁵⁷⁾ のハワイの sugar cane field での調査でも, また森林についての Strickland, A.H.^{47,48)} のトリニダードの調査でも落葉層中に 11893/m², 土壌中に 13783/m², Total 25676/m² を記録し, coffee, cassava plantation, grassland, cacao plot でも, いずれも大きい値を示しており, Maldague, M.E. *et al.*³²⁾ のコンゴの森林の調査でも, われわれの調査と比較して著しく大きな値を示している。

これらの違いは, もちろん, 調査地の気候, 植生, 土壌, 調査時期や調査面積, 抽出方法などの違いによるものであるが, われわれの用いた抽出方法, Berlese funnel の効率が十分でないということも原因の一つと考えられる。

乾期での調査結果であるために個体数が少ないことが考えられるので, 同時期または季節を通じての調査と比較することが必要になってくる。しかし, 1年を通じての季節変動を調査したものは, わずかに著者らの前回の調査³⁸⁾ のタイと Belfield, W.⁸⁾ の二つしかない。

Ogino, K., P. Saichuae & G. Imadaté³⁸⁾ の, タイ国の Saraburi の植物園での8月から5月までの調査では, 8月から次の年3月まで, とくに乾期に少なく, 5月の雨期の始まりとともに, 急激な個体数の増加があることを述べている。これを m² に換算してみると, 8月3005, 10月3291, 12月5476, 3月5989, 5月19582で, この値は今回のわれわれの DEF の値とほぼ一致している。

Belfield, W.⁸⁾ は12月の乾期に 7121/m² であったものが, 5月の雨期とともに 21506/m² に急激にふえたことを示した。Goodnight, C.J. *et al.*²⁰⁾ は大型動物の調査で雨期の始まりの

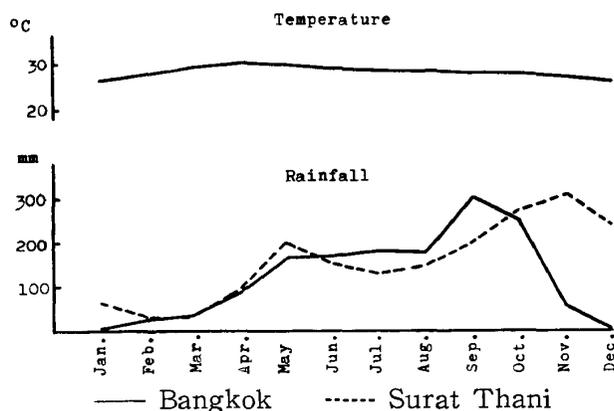


図3 Bangkok と Surat Thani の気温降水量

表4 調査地付近の気温降水量

	年降水量 mm	年平均気温 °C
Khorat	1192	27.2
Loei	1222	25.7
Trang	2221	27.2

雨のあと 380/m² が 870/m² になったという。しかし, Ogino, K.ら³⁸⁾ の調査で雨期の最中の 8月に個体数の少ないのは疑問に思われる。

これらのことから, われわれの調査が11月から1月の乾期に行なわれたことは, 個体数の最も少ない時期に調査を行なったもので, このような小さな個体数を示したものと考えられる。しかし, PKD 1~4 の標高の高いところの表層土の含水率は大きいし, 半島部ではまだ降水量は多い。今後, いろいろなタイプの森林や地方で1年を通じての調査が望まれる。

図3, 表4に調査地付近の気温降水量を示した。

7 大型動物の個体数

1m×1m の quadrant で採集できた大型動物が現存量のほとんどを占めるが, この大型土壤動物の個体数を図4に示した。Evergreen forest は Deciduous forest より大型の動物の個体数が多い。Evergreen forest では DEF の方が TEF よりやや多いようである。

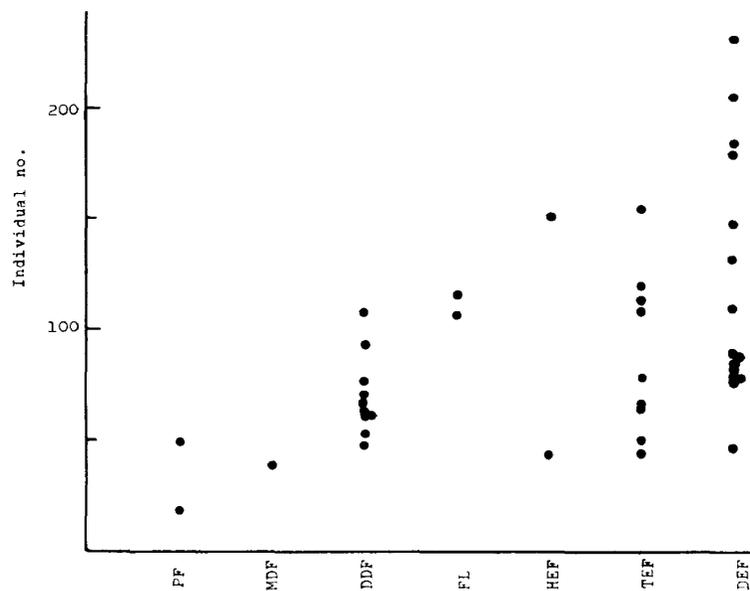


図4 大型動物の個体数/m²

Dammerman, K.W.^{12,14)} のインドネシア各地での調査は同じく大型動物を対象としたものであるが, 約200カ所の調査で, その個体数は季節, 植生によって異なり, 6~1167/m² にもバラついている。標高 1,850m の Ongap-Ongap の森林, Casuarina plantation, grassland では, 個体数は森林に多く, grassland に少なかった。

Goodnight, C.J.²⁰⁾ のメキシコでの調査によれば 170~870/m² にもなり, 平均 407/m² という大きな値を示し, Williams, E.A.⁵⁵⁾ もパナマで 294/m² という結果を示したが, 大型動物として, どのくらいの大きさの動物まで採集したかが不明で, 今回の調査結果と直接比較で

きないだろう。

8 落葉層と土壌中との動物の分布の違い

わが国で調査したいろいろなタイプの森林の土壌動物を落葉層と土壌中に分けてみると、個体数は一般に土壌中にくらべて落葉層に多く、土壌中では表層に多く、深さを増すにつれて急激に減少するようである。

表5に示したように、わが国の高山針葉樹林では個体数にして80%以上が落葉層中に棲息しており、広葉樹林でも40—70%が落葉層中に見出される。しかし、タイ国の森林においては地表に堆積する落葉は少なく、とくに DDF などでは裸地のところもあった。このことのために落葉層中における動物の個体数の割合は日本での結果ほど大きくない場合が多く、バラツキも大きい。もちろん、個々の種類によって、棲息する場所は決まっているので、出現した動物の項でミミズなどは土壌中に多いことなどを述べておいた。

図5に明らかなようにトビムシ・ダニを主とする funnel で抽出された micro-animals についてみると土壌中に棲息する個体数の方がやや多く、その全個体数に対する比が50%以上になり、落葉層中には50%以下しかみられない場合がかなり多いことを示している。この中でも動物の種類によって、その分布割合は異なり、図6に示したように、トビムシは落葉層に多いようである。しかし、DEF では一定しない。最も個体数の多いダニ類では、図7に示したように TEF ではすべてのプロットで土壌中に多く、HEF では逆に落葉層に個体数が多いようである。DDF では、落葉層量は極めて少なく、乾燥していたためか個体数は土壌中にやや多い。もとより、動物の種類によって棲息する環境に違いがあり、例えばミミズは落葉層中には普通

表 5 落葉層と土壌中（深さ 10cm）の動物の分布

	Elevation	Vegetation		Litter	Soil (10cm)	%	
Mt. Kisokoma	2800	Dwarf Siberian Pine	21, viii, 64	18975	4750	80.0	(Kikuzawa, K., H. Watanabe, P. Saichuae & T. Shidei 1965)
	2600	Maries fir	21, viii, 64	23791	5125	82.3	
	700	J. red pine	21, viii, 64	18510	3875	82.7	
Mt. Odai	1640	spruce	4, viii, 64	18603	1689	91.7	
	1520	Nikko fir	4, viii, 64	7231	3301	68.7	
	1500	beech-fir	4, viii, 64	33899	4679	87.9	
		beech-fir	4, viii, 62	15157	4662	76.5	
Mt. Hiei	640	fir	viii, 62	18970	6770	73.7	(Watanabe, H. & T. Shidei 1963)
Kashiwagi	360	evergreen	6, viii, 64	10152	5002	67.0	(Kikuzawa, K. <i>et al.</i> 1965)
				16031	7440	68.3	
Mt. Daimonji	200	mixed broad leaf	13, viii, 64	7505	7587	49.7	

(凡例 ○ DDF ● DEF △ FL × PF □ MDF ⊕ HEF ⊙ TEF)

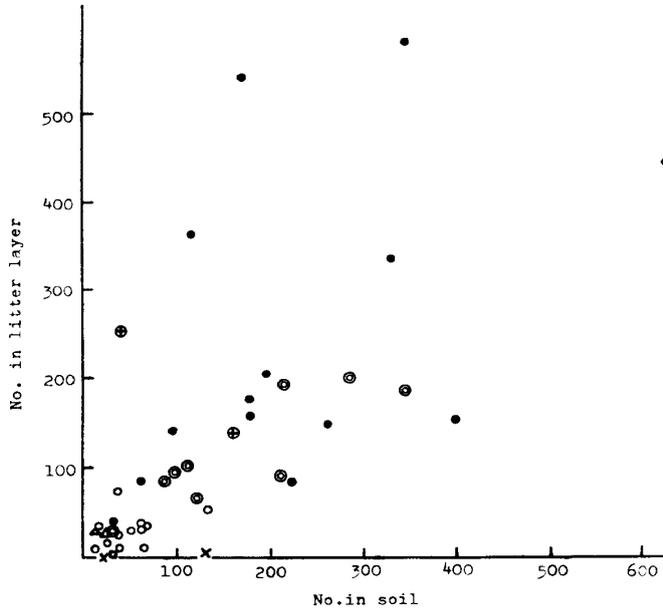


図5 Micro-animals の落葉層と土壌中の分布 /sq. 25cm

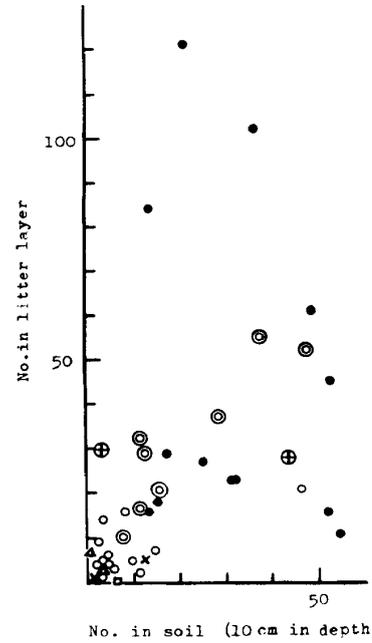


図6 トビムシの落葉層と土壌中の分布 /sq. 25cm

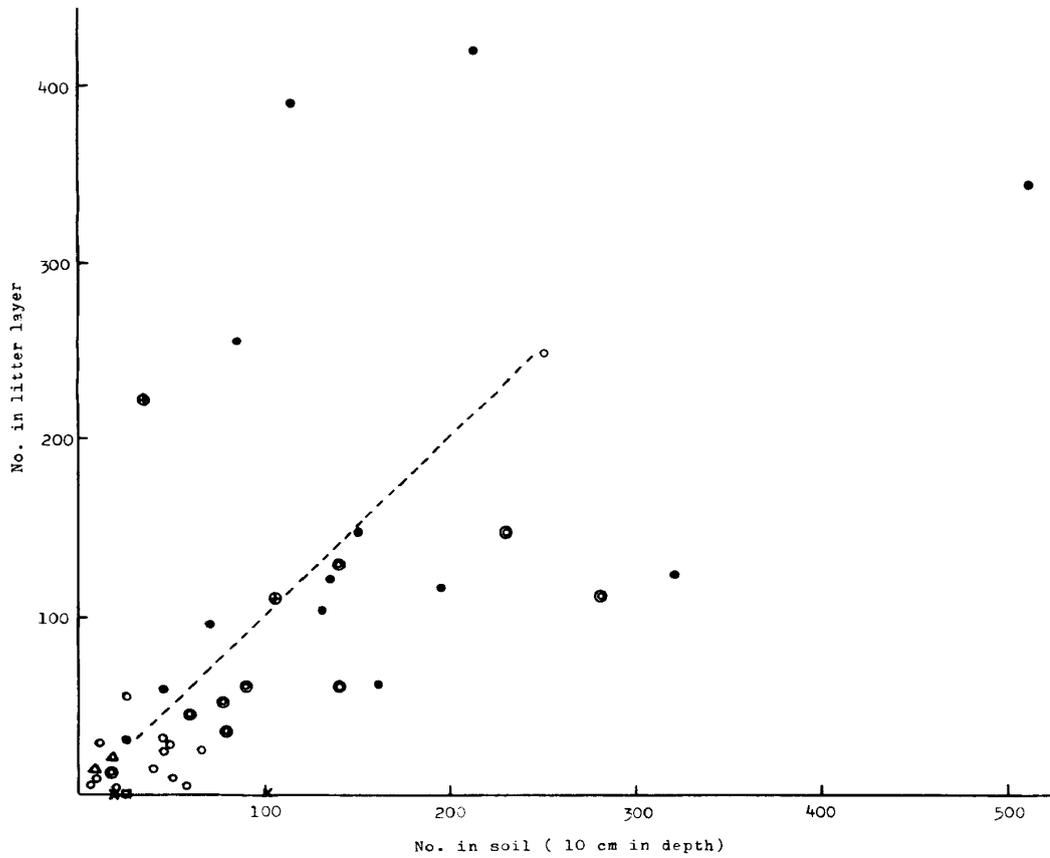


図7 ダニ類の落葉層と土壌中の分布 /sq. 25cm

みられず、もっぱら土壤中に棲息する。しかし、全個体数についてみると、タイ国の林地では土壤動物は概して、落葉層中よりも土壤中により多く棲息している傾向があるといえよう。

すでに述べた日本国内での調査でも高山の針葉樹、落葉広葉樹、平地の常緑樹、混交広葉樹の順に落葉層に棲息する小型動物の個体数は減少する傾向があった。これは落葉層の堆積量と密接な関係をもっているであろう。従って、タイ国の林地の動物の分布を考えるにも落葉層量のもつ意味が大きいと推定される。このことについては後に述べる。

Belfield, W.⁸⁾ は12月には 6~12 inch の深さのところにも最も個体数が多いが、2~5月には表層 6 inch に急激にふえる。とくにトビムシは雨量とともに増加し、土壤の含水率に影響されていると述べ、Ogino, K. *et al.*³⁸⁾ のタイの調査でも落葉層中よりも土壤中に多いが、5月には雨期とともに両層とも急激に増加している。Imadaté, G. & T. Kira²⁹⁾ はトビムシ、ダニなどの micro-animals は深さとともに指数関数的に減少することを述べている。Strickland, A.H.^{47,48)} はある種のグループでは降雨量が少なくなり、乾期が始まるとともに、より深くへ移動すること、ダニ、トビムシ類が11月には個体数の71%が落葉層に分布していたが、2月の終りには、わずか41%の動物しかいなかったことを述べた。また Strickland, A.H.⁴⁷⁾ は表層 2~3 inch 以下では個体数は急にへり、6 inch 以下では極めて少なかったこと、さらに明るい砂質の土壤では移動は 9 inch まで行なわれていることを述べている。

Salt, G.⁴³⁾ はイギリスの pasture では動物の大部分は表層土中に多いが、これは通気状態のよいこと、食物が地表に多いこと、また土壤中に大きな空間があり、ダニ、トビムシにすみかを与えていることなどによるものとし、熱帯では地表は高温にすぎため、食物が不足して、通気も不良となるにもかかわらず、地中深いところへ移動すると説明している。

われわれの調査結果はすでに述べたようにタイ国の森林において、多くのプロットで落葉層中よりも土壤中に土壤動物は多かった。これは Salt, G.⁴³⁾ も述べているように地表が高温すぎることや、地表に堆積する落葉層量が少ないこと、長い乾期の間、落葉層のきびしい乾燥などが、その原因となったものであろうが、落葉層から土壤中への動物の移動の割合はあまり多くないものと考えられる。すなわち、落葉層に主として棲息するトビムシ・ダニ類が卵などの状態になっているのではないかと考える。

9 標高によるちがい

Phu Kradung の山麓の Pha Nok Kao は DEF, DDF が混じり、Phu Kradung への登り口の Ban Si Tan では、ほとんどが DDF であった。この DDF は次第に竹を混じて、6~700m 付近では再び常緑樹が入ってきて MDF となる。さらに標高が高くなると HEF となる。しかし、山頂は平坦で *Pinus merksii* の疎林と草原になっている。

標高、植生の変化と落葉層 (A₀) 量、大型動物の現存量を図 8 に示した。

特異な PF を除いて, 山麓の DEF 山頂付近の HEF に現存量の大きいことを示している。

10 Ap, Cp diagram

Imadaté, G. & T. Kira²³⁾ は土壤中の動物の個体数のほとんどを占めるダニ, トビムシ類の全個体数に占める割合, ダニ, トビムシの比率は土壤動物群集の生態学的特徴を示すのに役立つことを述べ, タイ国の主要な森林タイプごとに, その割合が異なることを述べた。

われわれの日本における調査^{27,52)}, 図9, でも高山の針葉樹(トウヒ, ハイマツ, モミなど)ではトビムシの占める割合が多くなり, 低地の常緑樹林ではダニ類の占める割合が多いことを述べ, また常緑樹林ではダニ, トビムシ類以外の動物の個体数が多くなることを指摘した。したがって, ダニ, トビムシの個体数比(Ap, Cp diagram)は森林の立地条件の違いを反映しているものとも考えられよう。

今回のわれわれのタイ国での調査結果から Ap, Cp diagram を描いてみると, 図10に示したように, いずれもダニ類の占める割合が大きく DEF, TEF では, ほぼ一定の比率を示し,

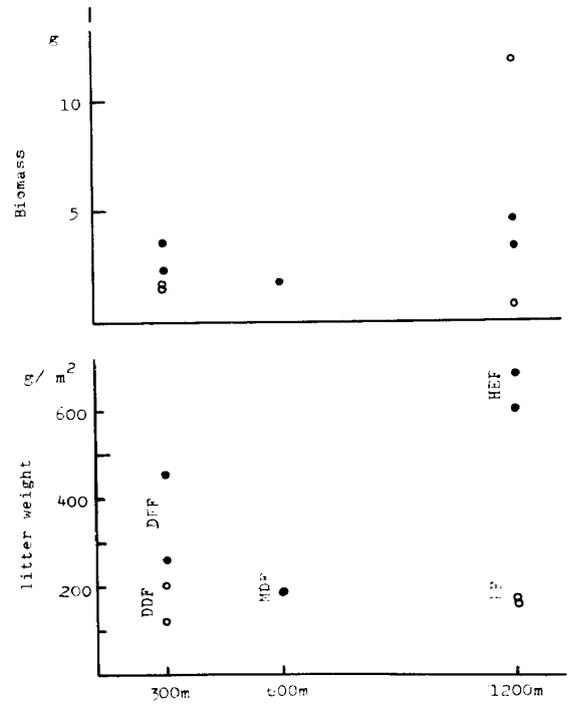


図8 Phu Kradung における植生変化と大型動物の現存量

(凡例 ○ DDF ● DEF △ FL × PF □ MDF ◎ HEF ⊕ TEF)

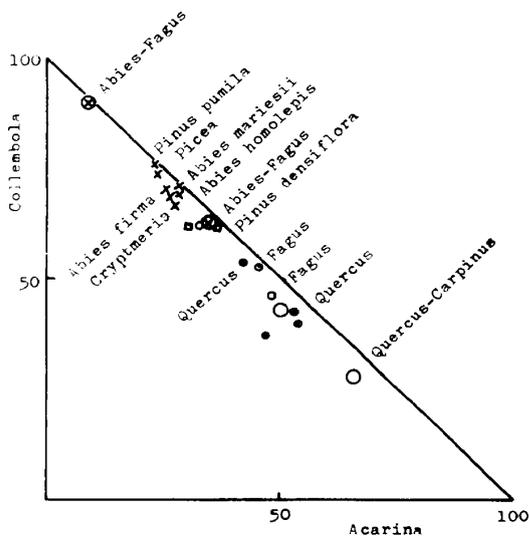


図9 日本における Ap, Cp diagram

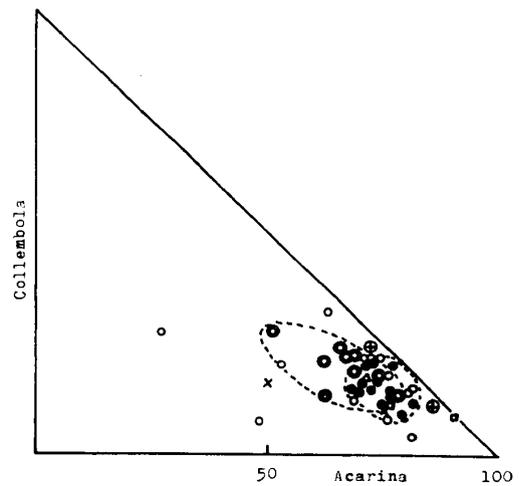


図10 タイ国の調査結果による Ap, Cp diagram

TEF ではダニ類は総個体数の62~78%, DEF では68~82%を占める。DDF ではプロットごとのバラツキが大きく、トビムシあるいはその他の動物の占める割合が高いものもある。その他の森林についてはプロット数が少ないが、いずれもダニ類の個体数が多いことを示し、わが国での結果とは極めて異なっている。

次に、直接、ダニ、トビムシそれぞれの個体数の比を図11に示した。DEF TEF ではほぼ同じ比率をもっているが、DDF ではプロットごとで、たいへん異なった比率を示している。

もちろん、これらの比率が季節によって異なることが考えられる。すでにダニ、トビムシの比とその他の動物の割合については Imadaté, G. & T. Kira²³⁾ は総個体数の中に占めるトビムシ、ダニの割合は森林ごとにちがひ、トビムシは DDF→rain forest→moist monsoon forest→northern evergreen forest の順に増加すること、Ap+Cp が rain forest において最も小さく northern evergreen forest に最も高いことを述べている。

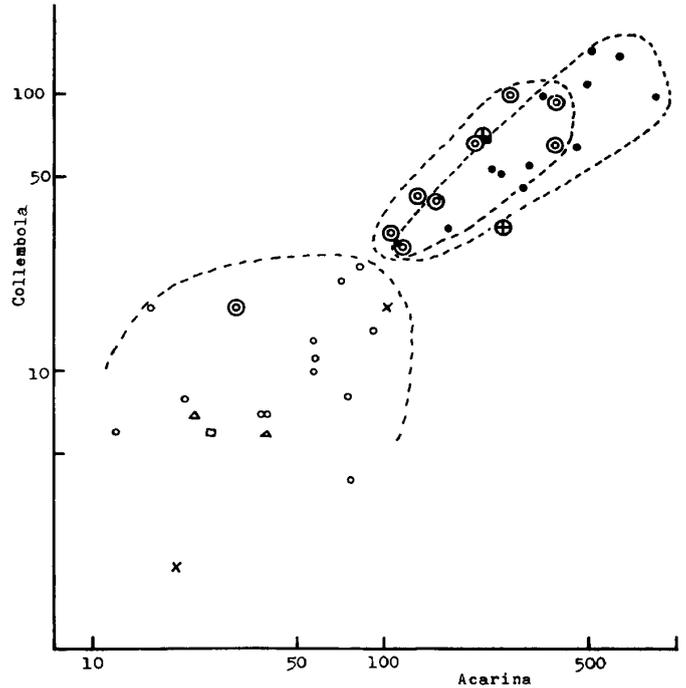


図11 トビムシ、ダニの個体数 /sq.25cm
(凡例 ○ DDF ● DEF △ FL × PF)
□ MDF ⊕ HEF ⊙ TEF

われわれの調査では Imadaté, G.²⁸⁾ らの結果と同じく、TEF に Ap+Cp が最も小さく、その他の動物の割合が多いことを示している。TEF, DEF でダニ、トビムシの比率がほぼ一定したのに、DDF において極めてバラツキの大きかったのは、やはり落葉層の堆積が場所によって極めて変化があったことなども、一つの原因と考えられる。

このほか、

		Cp %	Ap %
Belfield, W. ⁸⁾	W. African pasture	30.6	49.5
Salt, G. ⁴³⁾	E. African pasture	17.0	69.9
Strickland, A.H. ⁴⁷⁾	Savanna	19.0	59.0
Strickland, A.H. ⁴⁸⁾	Cacao estate	20.0	47.0

の記録がある。

11 現 存 量

熱帯森林で土壤動物の現存量を調べたものは Golley, F. *et al.*¹⁹⁾ のプエルトリコの mangrove におけるもの以外、全くないが、われわれの調査は図12のような結果をえた。

タイ国半島部 Khao Chong の TEF の現存量の著しく大きいことを示している。TEF の落葉層には大型のヤスデが、土壌中にはたくさんのミミズが棲息していたため、個体数としては多くないが、現存量としては他の森林にくらべて大きな値を示したものである。

1個体あたりの重量の大きいものはミミズ、ヒル、マイマイ、ムカデ、ヤスデ、甲虫類、直翅類、時としてセミ類、蛾類幼虫などである。日本の温、暖帯林の動物相と比較してゴキブリ類、シロアリ、アリ類の common で現存量の大きいことが特徴のように思える。

DEF, HEF, と DDF のうち数プロットが $4\text{g}/\text{m}^2$ 以上の現存量を記録しているが、DDF の多くと FL, MDF は $3\text{g}/\text{m}^2$ 以下で、DDF には $0.5\text{g}/\text{m}^2$ という値を示したところさえある。

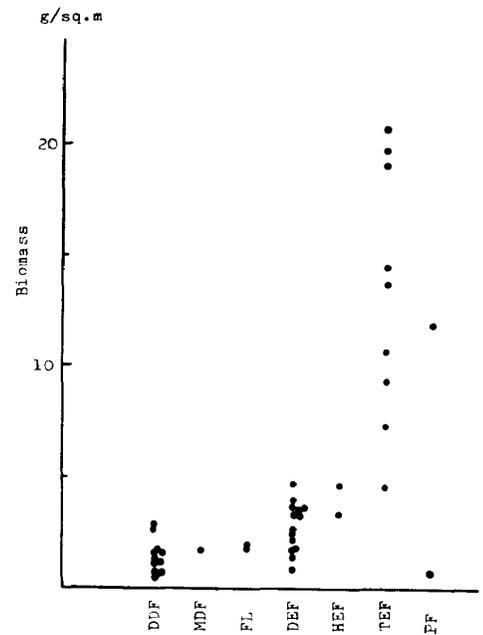


図12 森林タイプと現存量

しかし、これらの現存量は温帯地方での結果と比較してそれほど大きくはない。調査が乾期に行なわれていることは、個体数と同じように、現存量がそれほど大きくならなかったことに関係しているかも知れない。モンスーン地帯では雨期あるいは年を通じての現存量の調査が望まれる。

Golley, F. *et al.*¹⁹⁾ のプエルトリコの mangrove での結果では現存量は主にカニ、エビなど特殊な動物よりなりたっているが、76個体、 $6.4(\text{dry weight})\text{g}/\text{m}^2$ である。森林での現存量の調査は全くないので、温帯地方での調査と比較してみよう。

grassland, pasture に現存量の大きいことはよく知られており、Stöckli *et al.*⁴⁶⁾ は Swiss meadow で、ミミズのみで $400\text{g}/\text{m}^2$, Macfadyen, A.³¹⁾ は grassland で 189.5g , upland limestone grassland 191.1g , upland Juncus moor 78g , 北海道開発局²²⁾ の北海道の採草地で $186.8, 141.1\text{g}$, Barley, K.P.⁶⁾ の Australia の牧草地で $152, 121\text{g}/\text{m}^2$ などの大きな値がある。これらはほとんどミミズの現存量である。

森林では Bornebusch, C.H.⁹⁾ の oak forest $76.8\text{g}/\text{m}^2$, beech forest $70.7\sim 5.3\text{g}$, spruce forest $12.2\sim 9.8\text{g}$, Edwards, C.A. *et al.*⁸⁾ の oak forest 36.7g , oak and beech forest 39.1g

などの結果があり、これらの値とくらべると TEF の動物の現存量は大きくないことを示している。北沢ら²⁹⁾の九州の常緑広葉樹林で8月に 15~19g/m², われわれの冬12月の調査²⁷⁾では 0.9~5.7g/m², 平均 3g/m² の値と比較すると TEF の動物の現存量は大きい。森林タイプと現存量の関係をみた北沢ら²⁹⁾, 著者ら²⁷⁾の調査では常緑広葉樹林に多く、ついで落葉広葉樹林で、針葉樹林に現存量は少ないという結果を得ている。

タイ国での調査結果は個体数の場合とちがって、TEF に現存量は最も多く、ついで DEF で、FL, DDF, MDF に小さかった。PF は二つのプロットで値が大きくひらいている。

大型動物の個体数が DEF, HEF に多く、TEF にやや少なかったのに、現存量は TEF に大きいという結果をえたが、これは1個体あたりの重量の大きいミミズ、ヤスデ類が TEF に棲息しているためである。

図13に PTC の DEF, DDF, KCG の TEF の大型土壌動物の平均個体数と個体重を示し、森林タイプごとの動物の体重構成をみると、DDF は DEF にくらべて、構成は類似するも個体数の少ないことを示しているが、TEF では個体重 200~499mg のミミズと、500mg 以上のヤスデが出現する特異な構成状態を示している。

図14に森林タイプごとに現存量とそれに占める動物の割合を示した。DEF では *Coleoptera*, *Orthoptera*, *Gastropoda* など、いろいろな動物によって構成されるが、DDF では *Formicidae*, *Orthoptera*, *Araneina* などわずかなものによってのみ構成される。さらに TEF では *Oligochaeta*, *Diplopoda* が現存量の大きな割合を占めている。

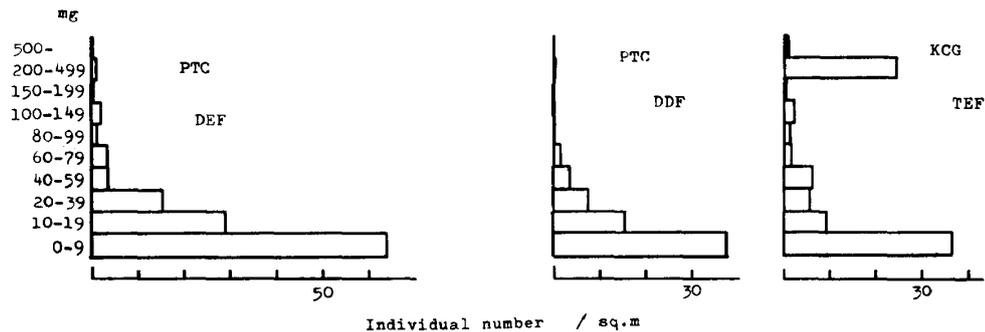


図 13 個体重と平均個体数

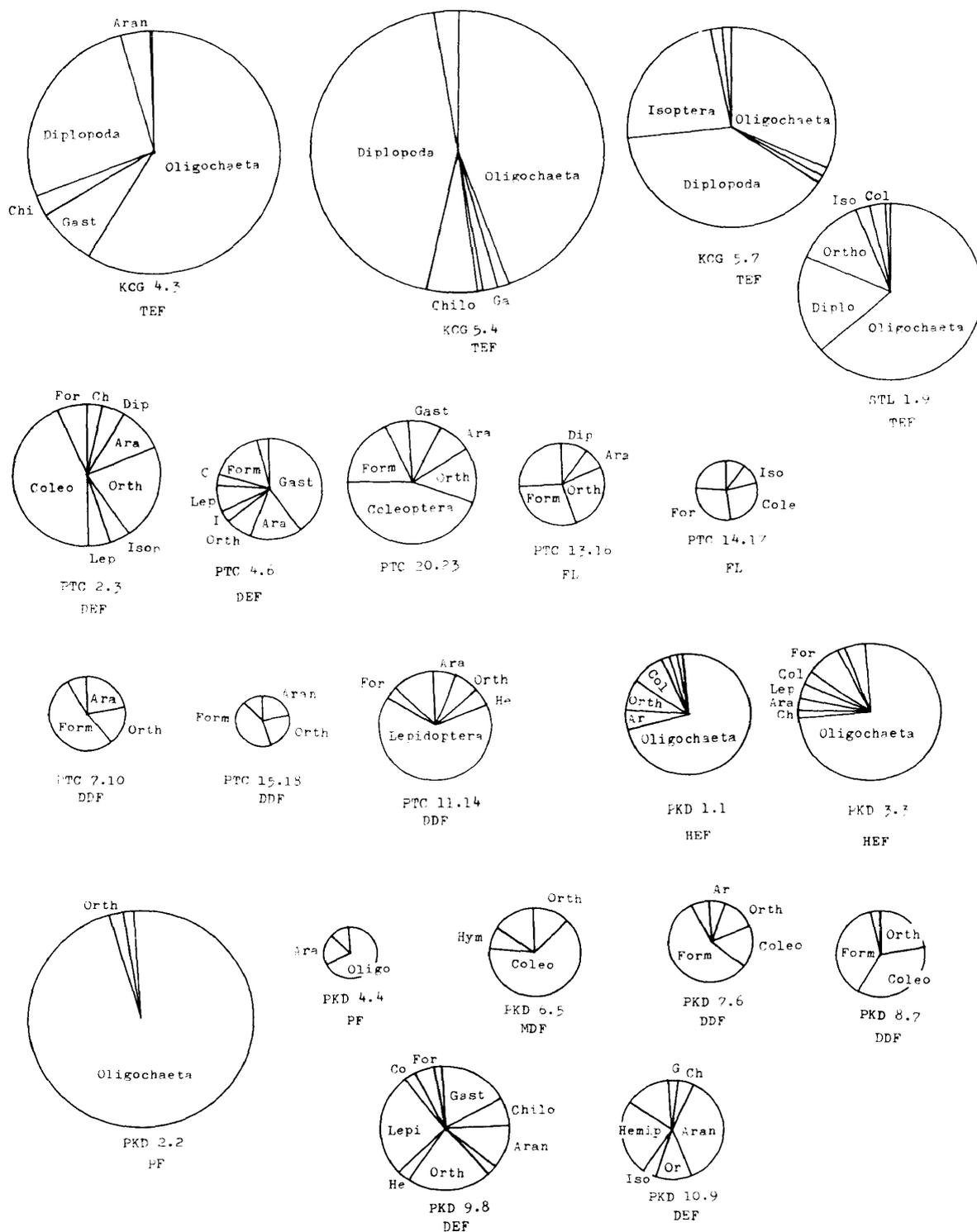


図 14 現存量とそれに占める動物の割合

12 落葉層の含水率と個体数、現存量

各森林タイプごとに落葉層の含水率と個体数との関係を図15に示した。図16に示したように、A₀層、土壌の含水率は DDF→DEF→TEF の順に大きくなっているようである。また図17にプロットごとの土壌の含水率の変化を示した。半島部はほぼ1年を通じて降雨があり、HEF は高標高による霧などによるものである。また、DEF では Pendleton, R.⁴⁰⁾, 堤ら⁵¹⁾によって指摘された night rain が関係しているかも知れない。

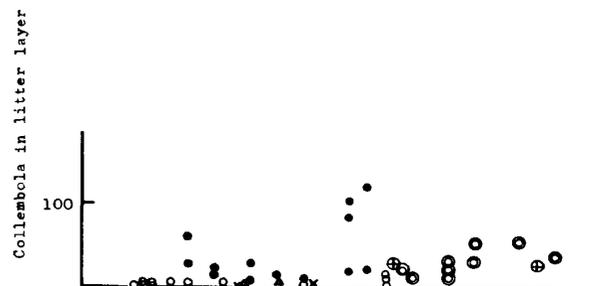
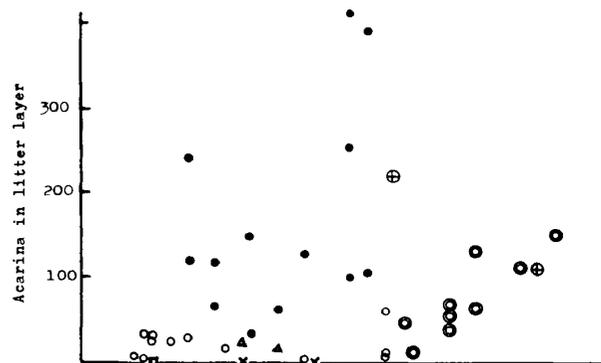
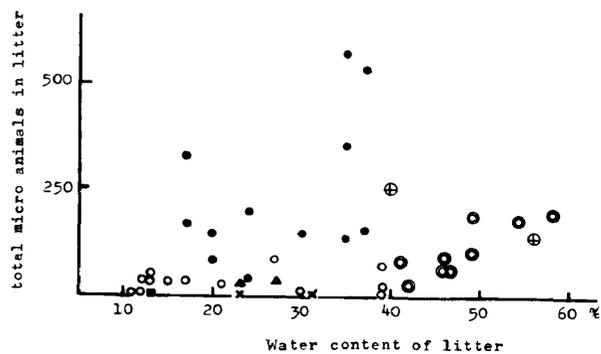
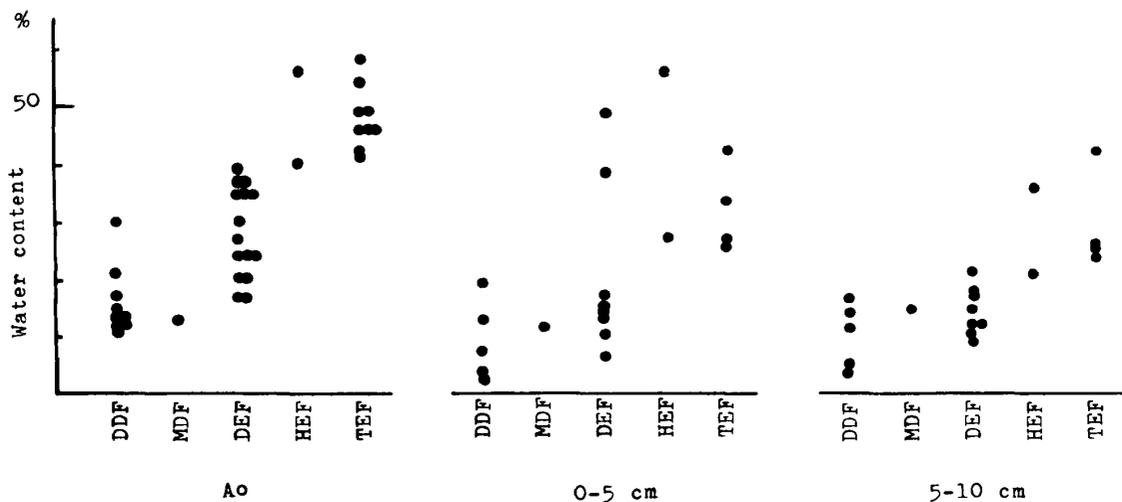


図15 A₀層の含水率と A₀層のトビムシ、ダニ、および micro-animals/sq.25cm (凡例 ○DDF ●DEF △FL ×PF □MDF ⊙HEF ⊕TEF)



↓図16 森林ごとの含水率



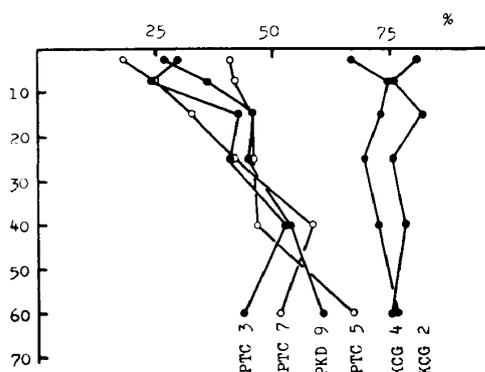


図17 土壌の含水率の変化
土壌の水分量(最大容水量に対する)%

図15のように PTC, PKD の DDF では落葉層の含水率は10~40%, DEF では17~37%で、この二つの森林をくらべると、同じ含水率でなら、落葉層中の動物の総個体数, ダニ, トビムシとも DEF に多い。KCG の TEF では含水率は40~60%を示し、この森林タイプではより高い含水率を示すプロットに個体数が多いことがわかる。

また、図18に落葉層の含水率と落葉層および土壌中の動物すべての関係を示した。DDF では含水率が比較的大きくても個体数の少ないこと、KCG の TEF では含水率にほぼ比例していることを示している。

落葉層の含水率と現存量をみると、図19のように落葉層の含水率の高い TEF に現存量が大きいことを示しているが、すべての森林を考慮に入れると含水率と現存量の関係は明瞭でない。すなわち、TEF においては落葉層の含水率が個体数、現存量に大きく影響すると思われるが、DEF, DDF などにおいてプロットごとの差が大きいことは、さらに他に大きな原因があるのかも知れない。

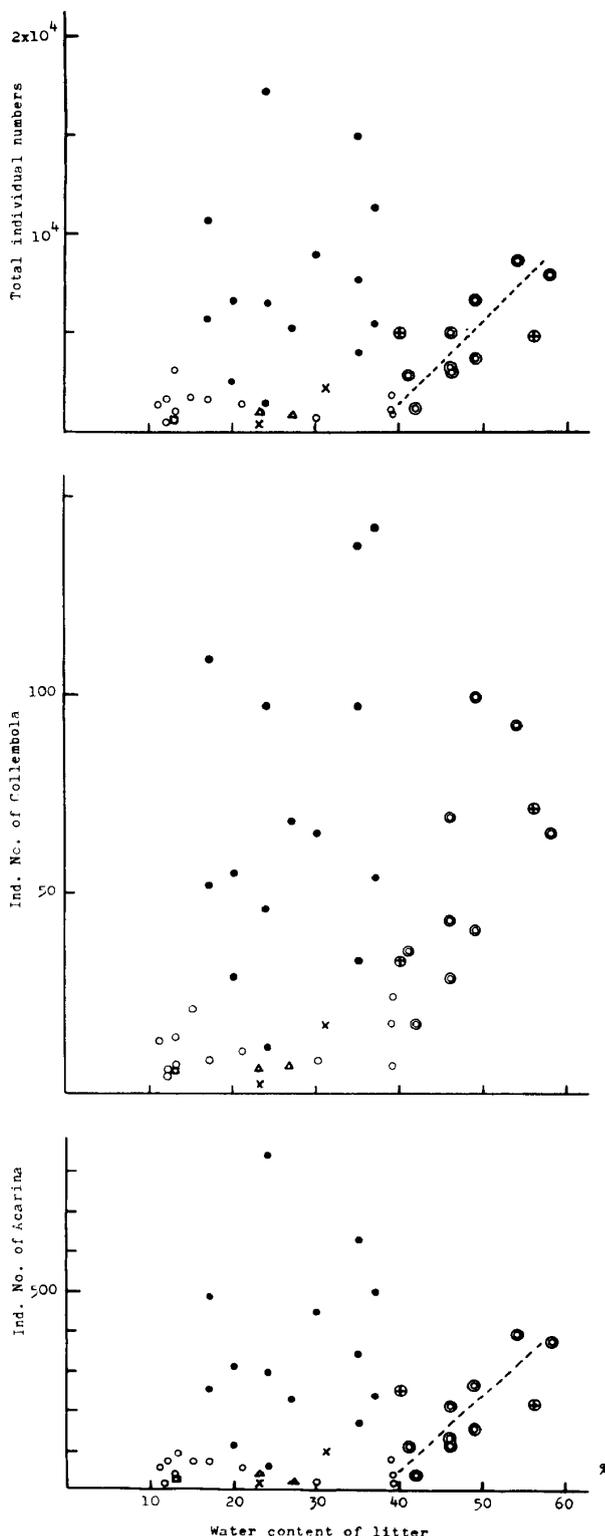


図18 A₀ 層の含水率と落葉層+土壌中の動物の個体数 total number/m² Collembola, Acarina/sq. 25cm

(凡例 ○DDF ●DEF △FL ×PF)
□MDF ⊕HEF ⊙TEF)

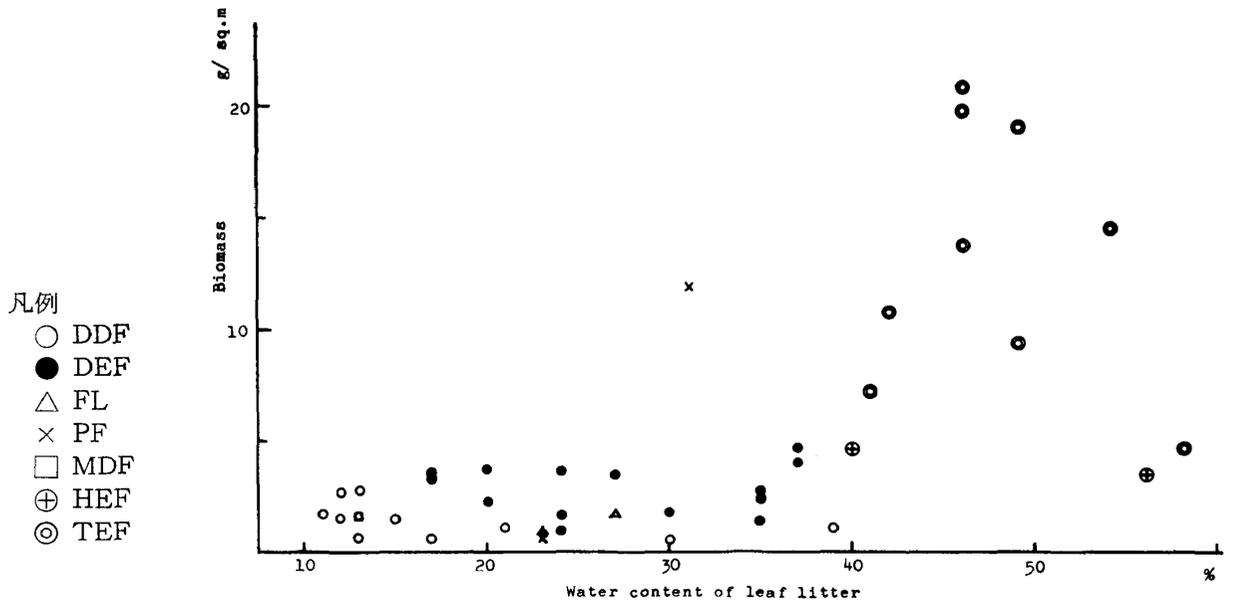


図 19 A₀ 層の含水率と現存量

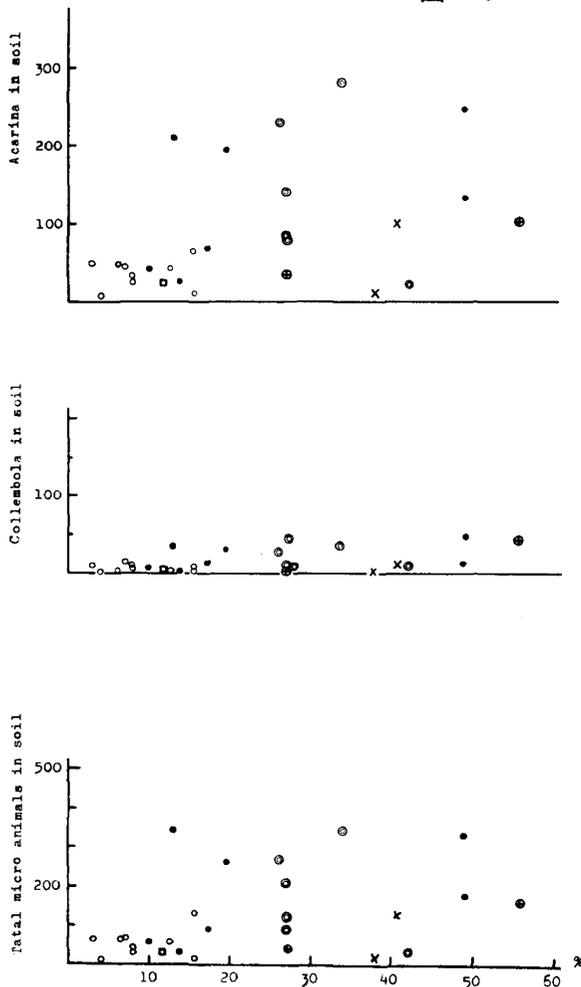


図20 土壌の含水率と土壌中の動物の個体数 /sq. 25cm

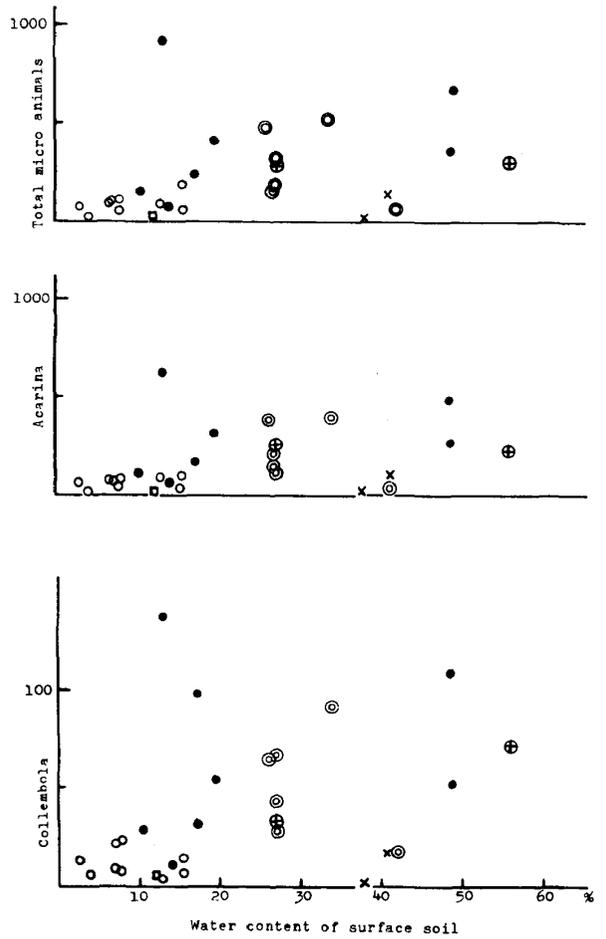


図21 土壌の含水率と落葉層と土壌中(深さ10cm)の動物の個体数 /sq. 25cm

13 土壤の含水率と個体数, 現存量

土壤の含水率はすでに図16に示したように DDF→DEF→TEF の順に高くなるが, 土壤の含水率と土壤中の micro-animals の総個体数, トビムシ, ダニおよび土壤中と落葉層中の動物の関係を図20, 21に示した。含水率の高いところに多くの個体数が棲息する場合が多いことを示しているが, 落葉層の含水率にくらべて明瞭ではなく, とくに, TEF は, ほぼ同じ含水率であるのに, プロットごとでちがいが大きかった。

現存量は図22に示したように TEF に最も大きいのであるが, 現存量と土壤の含水率の関係ははっきりしない。とくに含水率の高いプロットの現存量が小さい。

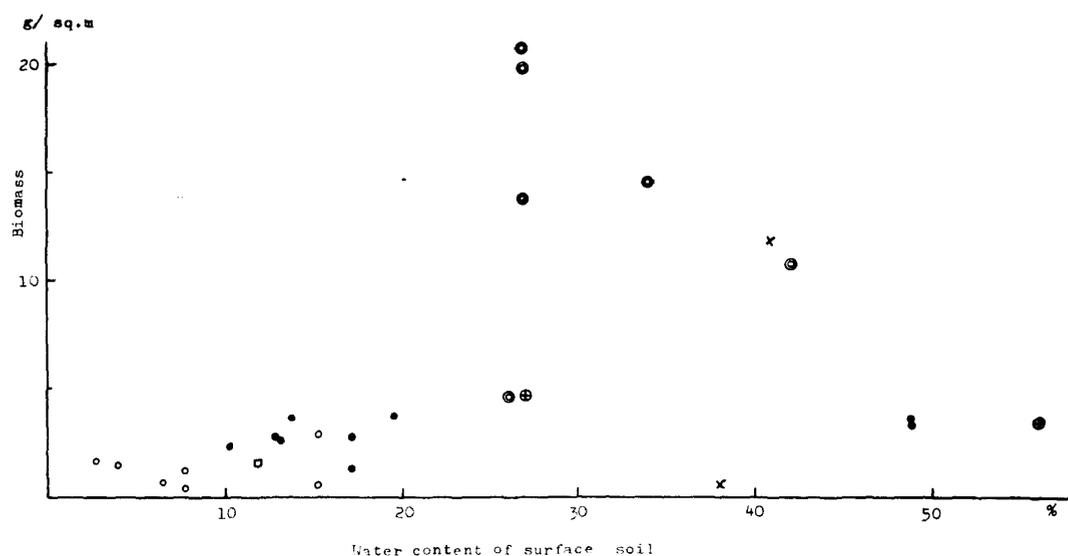


図 22 土壤の含水率と現存量
(凡例 ○ DDF ● DEF △ FL × PF □ MDF ⊕ HEF ⊙ TEF)

14 落葉層量と個体数, 現存量

土壤動物の落葉層と土壤中の分布は落葉層 (A₀) 量に関係しているようだとすでに述べたが, 食物, すみかとしての落葉, 落枝の存在は大きな意味をもっている。DDF あるいは MDF の林床には, 落葉は極めて少なく, それも新鮮な落葉のみで, 林床には *Arundinaria* 属のササが繁茂しているか, 表土が裸出しているところもあり, 落葉層量は 18~260g/m², Evergreen forest は地表は新鮮な落葉, 落枝で覆われており, DEF で 320~1105g/m², TEF で 270~451g (乾重)/m² で, HEF を除いて, FH 層は認められなかった。

落葉層量と個体数の関係は図23に示した。ダニ, トビムシを含めた落葉層と土壤中の総個体数は森林のタイプに無関係に落葉層量と密接な関係があり, 落葉層量が多いほど, 個体数も多

いようにみえる。個体数のほとんどを占めるダニ、トビムシ類の棲息が落葉の存在に大きく依存していることを示している。しかし、大型動物と落葉層量との関係(図24)は明瞭ではない。

落葉層量と現存量の関係を図25に示した。DDF, FL, MDF, PF などの A₀ 層量は少なく, DEF, HEF の A₀ 層量の多いところの現存量が大きい。TEF では A₀ 層量は 300~400g/m² であるのに, 現存量は大きい。しかし, A₀ 層の多いプロットに現存量が小さいようにも思える。これは大型のヤスデ, ミミズなどの出現がある動物群集構成のちがいによるものであろう。またこれら大きな動物はより大きい移動空間を持つであろうから, プロットの大きさ (m²) での調査が問題になるかも知れない。

図23 落葉層 (A₀) 量と総個体数
(土壌深さ 10cm) →

(凡例 ○ DDF ● DEF △ FL × PF)
□ MDF ⊕ HEF ⊙ TEF

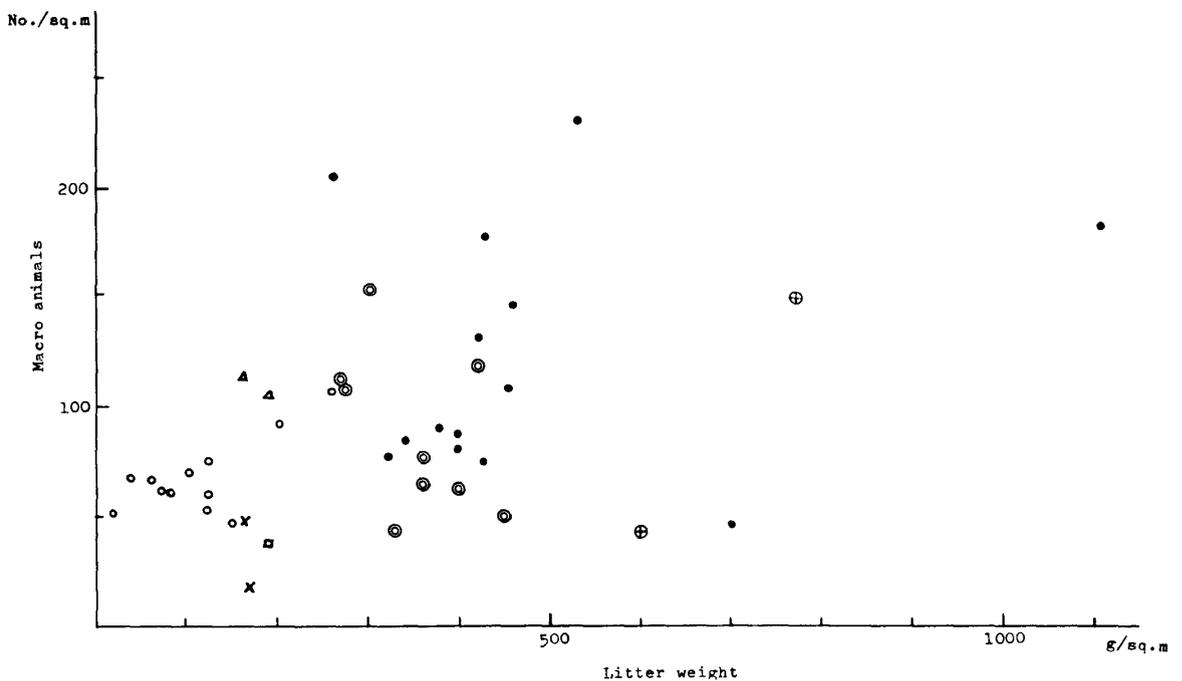
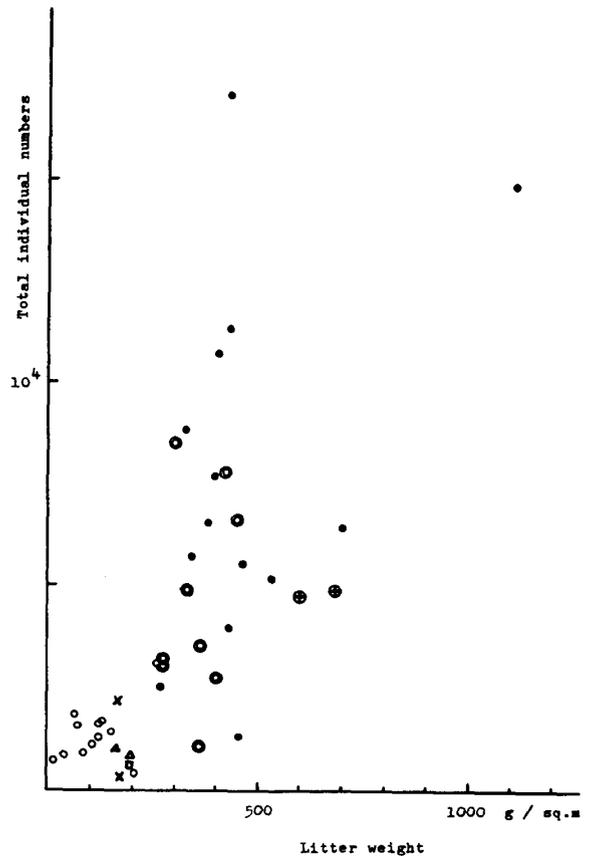


図 24 落葉層量と macro-animals

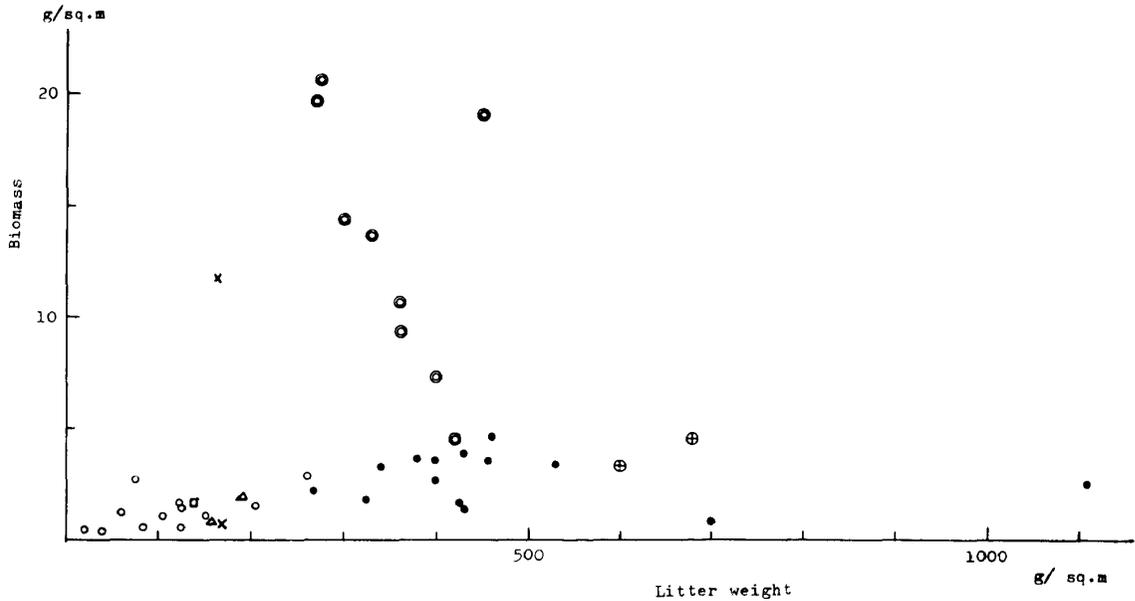


図 25 A₀ 層量と現存量 (凡例 ○DDF ●DEF △FL ×PF □MDF ⊕HEF ⊙TEF)

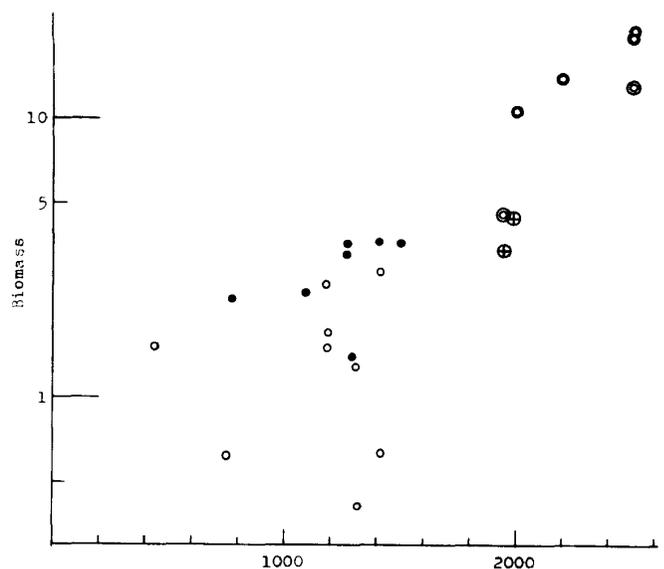
林内に堆積する落葉層量が、食物として、すみかとして、棲息する動物に大きく影響することが考えられるが、堆積する落葉、落枝量と同時に、落葉期という問題がある。われわれの調査は乾期に行なわれているが、DDF, MDF では落葉が始まったばかりの時、堆積量の少ない時期であった。DEF とくに TEF では年を通じて落葉するようである。新鮮な食物源として、落葉期は重要な意味をもっているものと考えられる。

15 土 壌 の 性 質 と 動 物 相

土壤班の堤^{49~51)}の分析によると半島部 KCG の TEF の土壌の pH は 5.4~4.6, PTC の DEF では 5.2~5.6, DDF では 5.4~6.0 で、花崗岩を母材とする TEF の酸度が幾分強い。

採集時の土壌の 0~70cm の水分量と現存量の関係を図26に示した。水分量の

図26 水分量(0-70cm)ton/ha と 現存量 g/m² (凡例 ○DDF ●EFD △FL ×PF) □MDF ⊕HEF ⊙TEF)



大きい TEF に現存量が大きいことを示している。

また落葉層の水分量と土壤動物の総個体数を示すと、図27のように、DDF, DEFと TEF とに分かれる。すなわち、A₀ 層の水分量の少ない DEF に個体数が多いことを示している。

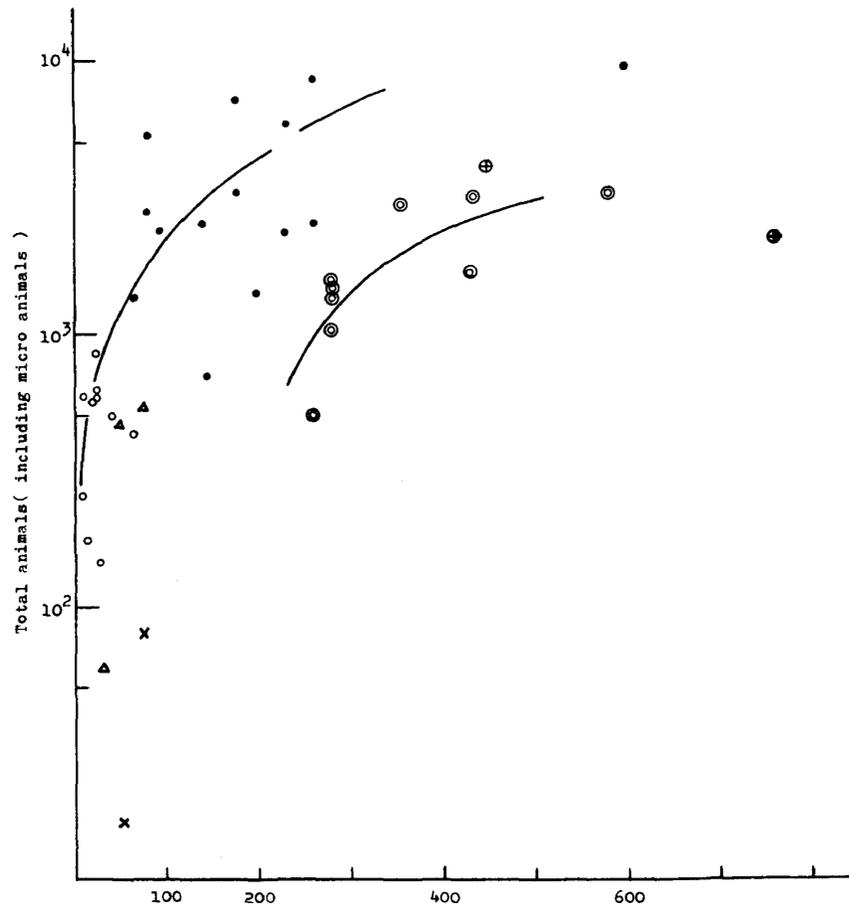


図 27 A₀ 層の水分量 g/m² (A₀ 層量×含水率) と総個体数 /m²
 (凡例 ○ DDF ● DEF △ FL × PF □ MDF ⊕ HEF ⊙ TEF)

16 土壌の N, C content と現存量

堤^{49~51)}によって分析された土壌中の N および C content (0~70cm, g/surface area 100cm²) と動物の個体数現存量の関係を図28, 29に示した。DDF にくらべて、三つのタイプの Evergreen forest に N, C content は高い。N content の高いところに現存量の大きいプロットが多いことを示しているが、N content 5~6g/1000cc くらいの TEF に現存量は最も大きかった。

C content も同じように 50~60g/100cm², 0~70cm の TEFの現存量が最も大きい。Imadaté, G. & T. Kira²³⁾ はダニ、トビムシを主とする micro-animals が土壌の深さに伴う C content の減少に一致することを述べている。KCG の現存量を除いてみると C content の多

い土壤に個体数, 現存量の大きいことがわかる。

同じく, 堤の分析による Mg, Ca, Na, K の含有量と現存量の関係を図30に示したが, Mg, Ca, Na の含有率の低い KCG に現存量は大きいことが興味深い。

土壤の諸性質については堤ら⁴⁹⁻⁵¹⁾ のくわしい報告を参照されたい。

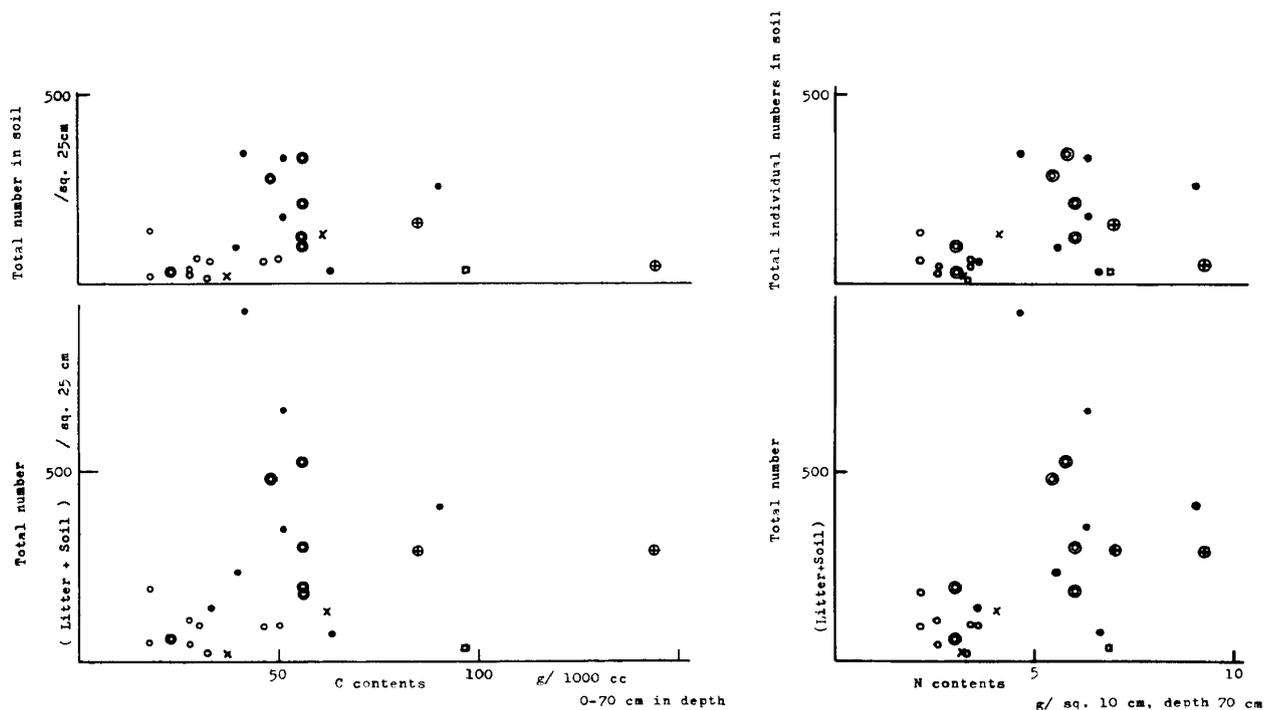


図 28 土壤の N, C 含有量と個体数 /sq. 25cm

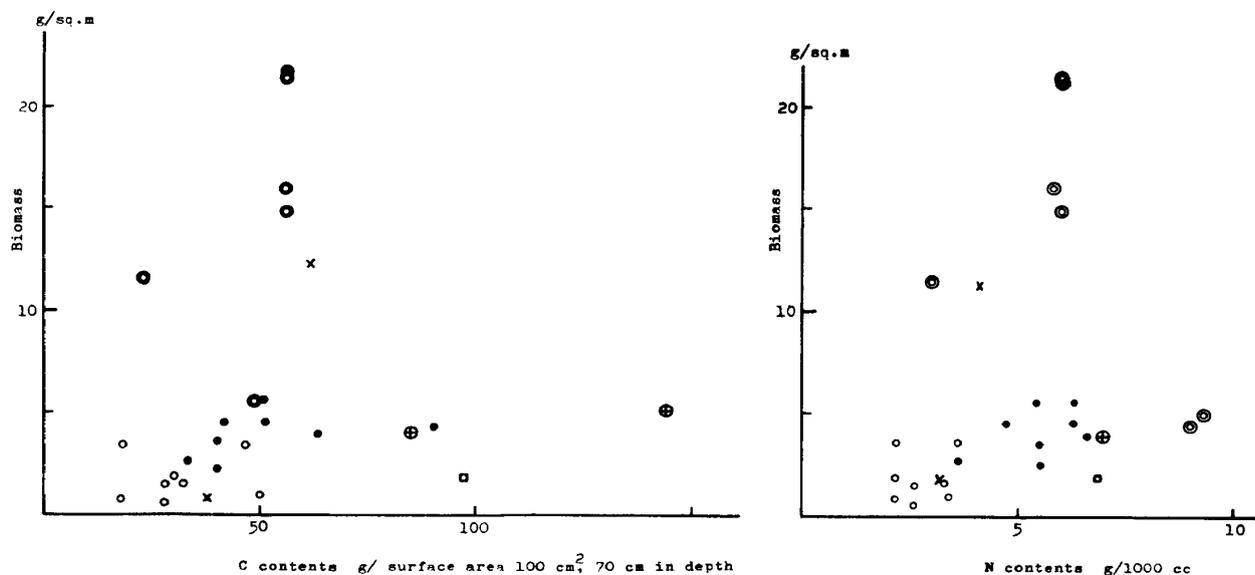


図 29 土壤の N, C 含有量と現存量 N.g/1000cc C.g/100cm², 0-70cm

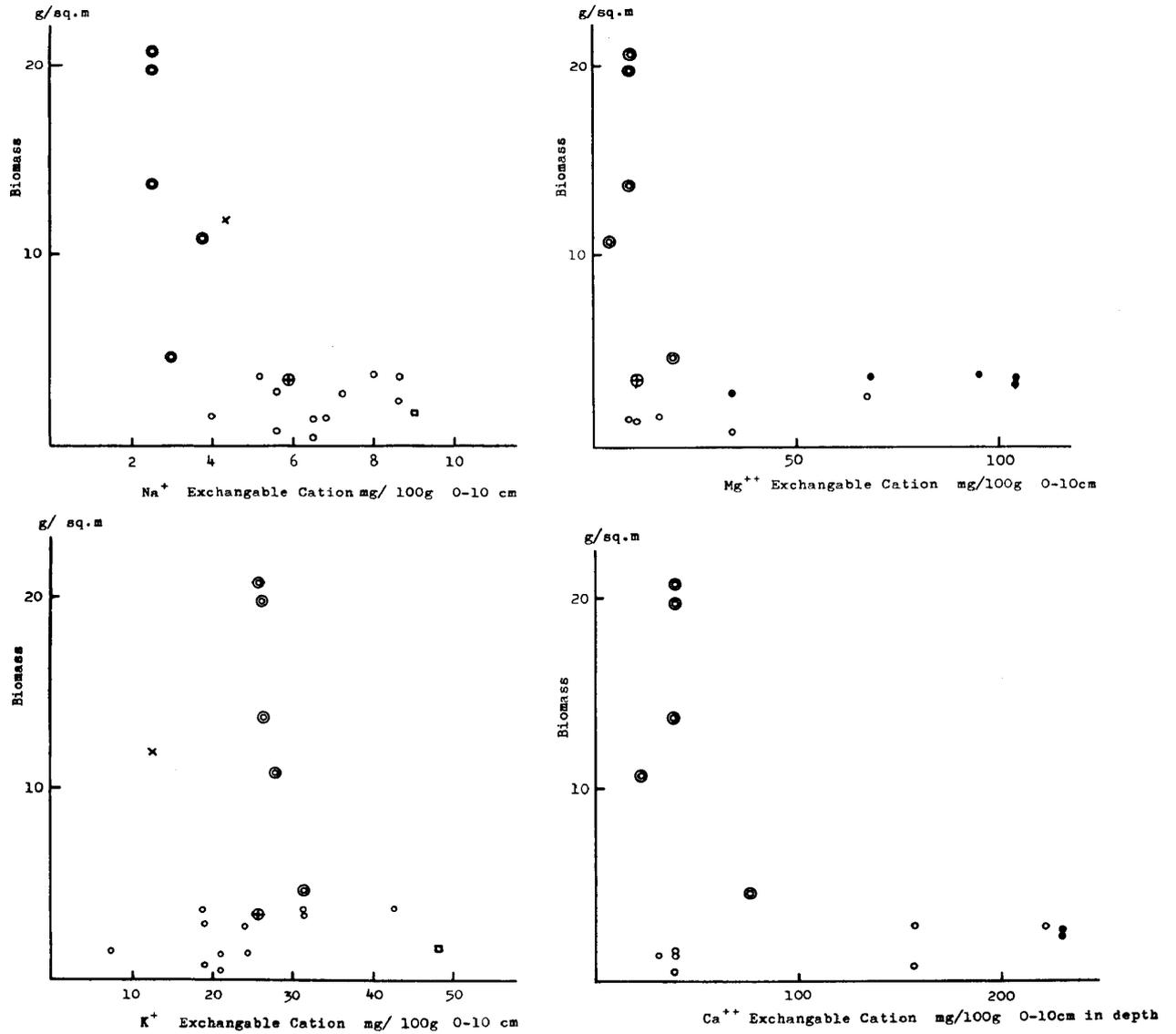


図 30 Mg, Ca, Na, K の含有量と現存量

17 食 性

採集された土壤動物の食性と現存量の関係をみようとして試みたが、アリ類など食性の分け方はむづかしい。食性を食腐性（落葉を食べるもの）、食植性（生きている植物を食べるもの）、捕食性、アリ類に分けて、図31に示した。HEF, PF, DEF, TEF などミミズ類の出現のあった森林以外では、捕食性の動物の重量が大きくなったものもある。

土壤中に棲息する動物たちの働きについて Corbet, A.S.¹¹⁾ はミミズが最も大きな役割をはたすものであるが、それらが役割をはたせない地方では、アリ、シロアリがこれにかわるという。とくに、シロアリは Cellulose を消化し、土壤表面の倒木を分解するという。

堤は KCG の TEF の A₀ 層量がほぼ 4ton/ha であるので, A₀ 層の動的平衡量を 4ton/ha と仮定し, Kira, T. *et al.*²⁸⁾ の KCG の落葉量は 23.3ton/ha 落枝を除くと 11.9ton/ha とし, A₀ 層の有機物の平均分解率は 300%, 新鮮な落葉は約 4 カ月で分解されることを述べている。この KCG の 林床にみられる大きなヤスデ, ミミズ類が これらの分解に大きな役割をはたしているものと想像される。

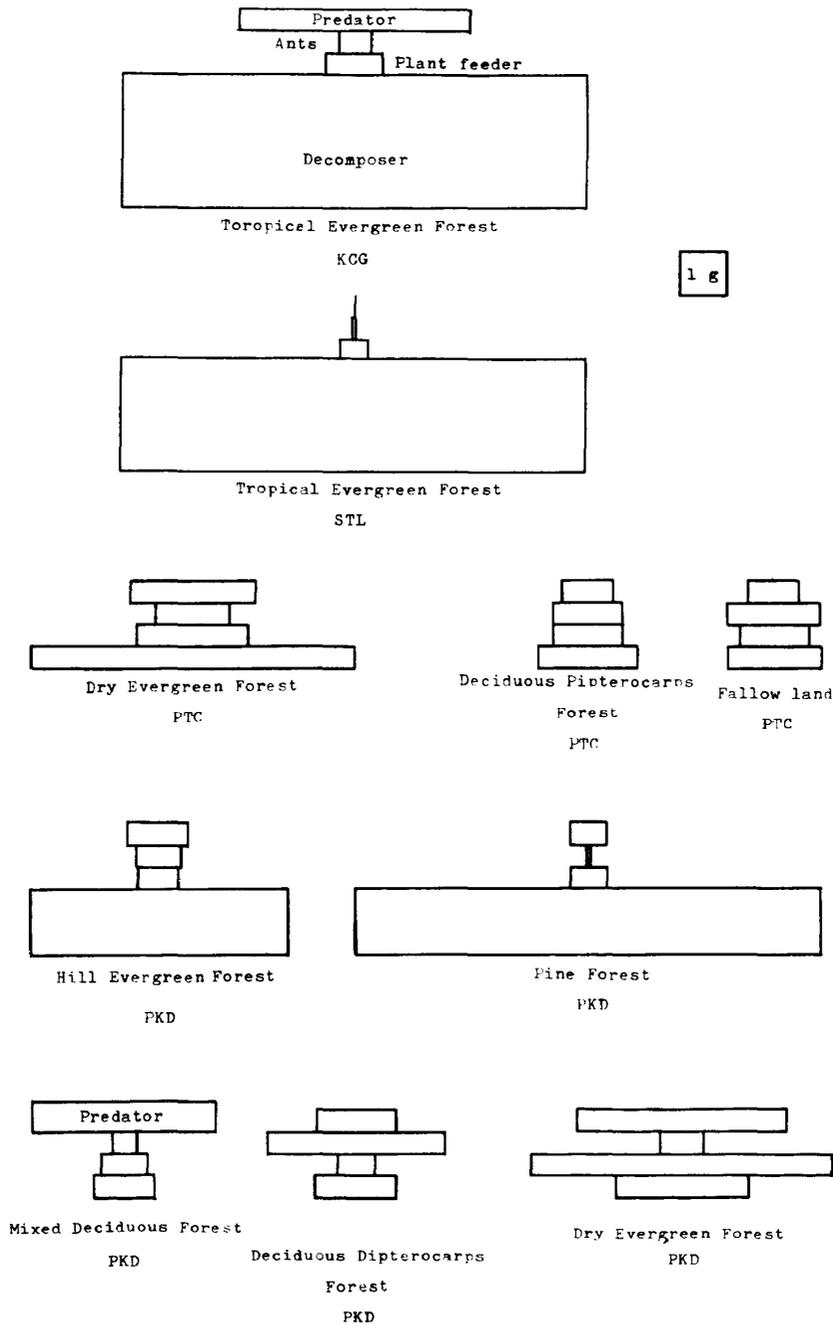


図 31 食 性

謝 辞

われわれの調査は京都大学東南アジア研究センターの1プロジェクトとして行なったものである。このプロジェクトの計画者、京都大学教授四手井綱英、タイ国 Chulalongkorn Univ. Prof. Kloom Vajropala, Kasetsart Univ. Prof. Thiem Komkris および東南アジア研究センター各位に、また調査について、いつもご助言を受けている京大教養部教授吉井良三、東京医歯大助教授今立源太良および京大農学部森林生態学教室のみなさんに厚くお礼申し上げる。

摘 要

1963年11月から、64年1月までタイ国の各種の森林で土壌動物の構成、個体数、現存量を主とした調査を行なった。

動物相は Evergreen forest に豊富で、個体数も TEF, HEF, DEF に DDF, PF, MDF, FL よりも多かった。現存量は大型動物とくにミミズ、ヤスデ類に依存しており、TEF で 5.6 ~ 21.6g/m² を示し、Evergreen forest に大きかった。落葉層および土壌の含水率、落葉層量と個体数、現存量の関係、土壌の物理・化学的性質と動物の個体数、現存量、動物の食性などについて述べた。

文 献

- 1) Allee, W.C. "Measurement of environmental factors in the tropical rain forest of Panama," *Eco.*, vol. 7, no. 3. 273-302 (1926).
- 2) Allee, W.C. "Distribution of animals in a tropical rain forest with relation to environmental factors," *Eco.*, 7. 445-468 (1926).
- 3) Aoki, J. "Oribatiden (*Acarina*) Thailand 1," *Nature and Life in Southeast Asia*, vol. 4, 1. 29-193 (1965).
- 4) Balogh, H. "Summary and conclusions on synecological aspects," *Soil organisms*. edited by Doeksen, J. and van der Drift, J. 446-453. Amsterdam (1963).
- 5) Baniibatama, D. *Brief note on forest and forestry problems in Thailand*. Bangkok (1962).
- 6) Barley, K.P. "The influence of earthworms on soil fertility, 1. Earthworm population found in agricultural land near Adelaide," *Austral. Jour. Agr. Res.*, vol. 10, no. 2. 171-178 (1959).
- 7) Beebe, W. "Fauna of four square feet of jungle debris," *Zoologica*, 2. 107-119 (1916).
- 8) Belfield, W. "The arthropoda of the soil in a West African pasture," *Jour. Anim. Eco.*, vol. 25. 275-287 (1956).

- 9) Bornebusch, C.H. "Das Tierleben der Waldböden," *Forstwiss. Cent.*, Bd. 54. 253-266 (1932).
- 10) di Castro Liviero, F. "Etat de nos connaissances sur les biocoenoses edaphiques du Chili," *Soil organisms*. edited by Doeksen, J. and van der Drift, J. 375-385 (1963).
- 11) Corbet, A.S. *Biological processes in tropical soils with special reference to Malaysia*. Cambridge (1935).
- 12) Dammerman, K.W. "First contribution to a study of the tropical soil and surface fauna," *Treubia*, 6. 107-139 (1925).
- 13) Dammerman, K.W. *The agricultural zoology of the Malay archipelago*. Amsterdam (1929).
- 14) Dammerman, K.W. "Second contribution to a study of the tropical soil and surface fauna," *Treubia*, 16. 121-147 (1937).
- 15) Deitz, H.F. & T.E. Snyder. "Biological notes on the termites of the Canal zone and adjoining parts of the Republic of Panama," *Jour. Agr. Res.*, 24. 279-303 (1923).
- 16) Delamare-Deboutteville, C. "Microfauna du sol des pays tempérés et tropicaux," *Vie et Milieu*, suppl. 1. Paris (1951).
- 17) Doeksen, J. & J. van der Drift. *Soil organisms*. Amsterdam (1963).
- 18) Edward, C.A. *et al.* "The role of soil animals in breakdown of leaf material," *Soil organisms*. edited by Doeksen, J. & J. van der Drift (1963).
- 19) Golley, F., H.T. Odum & R.F. Wilson. "The structure and metabolism of Puerto Rican red mangrove forest in May," *Eco.*, 43. 9-19 (1962).
- 20) Goodnight, C.J. & M.L. Goodnight. "Some observations in a tropical rain forest in Chiapas, Mexico," *Eco.*, 37. 139-150 (1956).
- 21) Hesse, P.R. "A chemical and physical study of the soils of termite mould in East Africa," *Eco.*, 43. 449-461 (1955).
- 22) 北海道開発局『地中動物による草地土壌保全調査報告書』(1965)
- 23) Imadaté, G. & T. Kira. "Notes on the soil microarthropod collection made by the Thai-Japanese Biological Expedition 1961-62," *Nature and life in Southeast Asia*, vol. 3. 81-111 (1964).
- 24) Imadaté, G. "Proturan fauna of Southeast Asia," *Nature and Life in Southeast Asia*, vol. 4. 197-302 (1965).
- 25) Joachim, A.W. & S. Kandiah. "A comparison of soils from termite mounds and adjacent land," *Trop. Agr.*, 95. 333- (1940).
- 26) Kevan, D.K. McE. *Soil animals*. London (1962).
- 27) 菊沢喜八郎, 渡辺弘之, 四手井綱英「森林林床の無脊推動物の現存量」『京大演報』37, 29-43(1965)
- 28) Kira, T., F. Ogawa, K. Yoda & K. Ogino. "Primary production by a tropical rain forest of southern Thailand," *Bot. Mag.*, 77. 428-429 (1964).
- 29) 北沢右三ほか「大隅半島南部の地中動物の生態学的研究」『資源研彙報52/53』
- 30) Kühnelt, W. *Soil biology*. London (1961).
- 31) Macfadyen, A. "The contribution of the microfauna to total metabolism," *Soil organisms*. edited by Doeksen, J. & J. van der Drift (1963).
- 32) Maldague, M.E. & F. Hilger. "Observations faunistiques et microbiologiques dans quelques biotopes forestiers equatoriaux," *Soil organisms*. edited by Doeksen, J. & van der Drift, J. 368-374. Amsterdam.
- 33) Maldague, M.E. "Relations entre microfauna et microflore du sol dans la région de Yangambi (Congo belge)," *Agricultura*, 2. 339-351 (1957).
- 34) Meyer, J. & M.E. Maldague. "Observations simultanées sur la microflore et microfa-

- una de certains sols du Congo belge,” *Pédologie*, 7. 110-118 (1957).
- 35) Murphy, P.W. *Progress in soil zoology*. London (1962).
- 36) Ogawa, H., K. Yoda & T. Kira. “A preliminary survey on the vegetation of Thailand,” *Nature and Life in Southeast Asia*, vol. 1. 21-157 (1961).
- 37) Ogawa, H., K. Ogino & T. Kira. “Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand, 2,” *Nature and Life in Southeast Asia*, vol. 4. 49-80 (1965).
- 38) Ogino, K., Pairath Saichuae & G. Imadaté. “Seasonal changes of soil microarthropod populations in central Thailand,” *Nature and Life in Southeast Asia*, vol. 4. 303-315 (1965).
- 39) Pendleton, R.L. “Some results of termite activity in Thailand soils,” *Thai. Sci. Bull.*, 3. 29 (1941).
- 40) Pendleton, R. *Thailand*. New York (1962).
- 41) Richards, P. W. *The tropical rain forest*. Cambridge (1952).
- 42) Royal Forest Department, *Types of forests of Thailand*. Bangkok (1962).
- 43) Salt, G. “The arthropod population of the soil in some East African pastures,” *Bull. Ent. Res.*, 43. 203-220 (1952).
- 44) Samapuddhi, K. *The forests of Thailand and forestry programs*. Bangkok (1957).
- 45) Soerhardjan, S.R. “Contribution and further researches on the true surface and soil fauna in tropical conditions,” *Idea*, 10. 19-27 (1957).
- 46) Stöckli *et al.* quoted from W. Kühnelt, *Soil biology*. (1963).
- 47) Strickland, A.H. “A survey of the arthropod soil and litter fauna of some forest reserves and cacao estates in Trinidad, British West Indies,” *Jour. Anim. Eco.*, 14. 1-11 (1945).
- 48) Strickland, A.H. “The soil fauna of two contrasted plots of land in Trinidad, British Indies,” *Jour. Anim. Eco.*, 16. 1-10 (1947).
- 49) 堤利夫「タイ国の森林の植生とその土壌」『東南アジア研究』第4号. 57—70(1964).
- 50) 堤利夫「タイ国の森林とその土壌」『森林立地』6, 1. 15—29(1965).
- 51) 堤利夫・菅誠・Choob Khemanark「タイ国森林土壌における物質量とその循環」『東南アジア研究』第4巻第2号. 327—366(1966).
- 52) 渡辺弘之・四手井綱英「京都付近のモミ、スギ、アカマツおよび混交広葉樹林の落葉層および土壌中の動物相」『日生誌』13, 6. 255—242(1962).
- 53) 渡辺弘之「熱帯地方における森林土壌動物の研究について」『東南アジア研究』第3巻第5号. 138—143(1966).
- 54) Watanabe, H., P. Saichuae & T. Shidei. “On the biomass of soil animals found in various types of forests in Thailand,” *Southeast Asian Studies*, vol. 4, No. 1. 133-139 (1966).
- 55) Williams, E.A. “An ecological study of the floor fauna of the Panama rain forest,” *Bull. Chicago. Acad. Sci.*, 6. 63-124 (1941).
- 56) Wolcott, G.N. “Hormigas,” *Circ. P.R. Agr. Exp. Stat.*, 75. 1-11 (1924).
- 57) van Zwaluwenburg, R.H. “The soil fauna of Hawaiian cane fields,” *Hawaii Plant Rec.* 250-255 (1926).
- 58) van Zwaluwenburg, R.H. “The soil fauna of sugar cane fields,” *Handbook of the insects and other invertebrates of Hawaiian sugar cane fields*. edited by Williams, F. X. 339-352 (1931).
- 59) Yosii, R. “On some Collembola from Thailand,” *Nature and Life in Southeast Asia*, vol. 1. 171-198 (1961).