

タイ国森林土壌における物質量とその循環

2, 3 の物理性と炭素, チッ素量——

堤 利夫・菅 誠・Choob KHEMANARK

The Amount of Plant Nutrients and Their Circulation in the Forest Soils in Thailand—Carbon and Nitrogen Contents and Some Physical Properties of the Forest Soils—

by

Toshio TSUTSUMI, Makoto KAN and Choob KHEMANARK

はじめに

1963年11月から1964年2月にわたり、タイ国の Kasetsart 大学、Chulalongkorn 大学と共同して、タイ国の森林植生とその土壌の性質に関する生態学的調査を行なった。本報告はそのうち土壌に関するものをまとめたものである。

タイ国は半島部の北緯約 6° から北は約 20° にわたり、普通半島部（南部）、南東部(Chanthaburi 地方)、中央平野部、東北部、(Khorat 地方)、北部の5つに区分されており、気候、地形などの自然条件もそれぞれ異なっている。このような自然条件の違いを反映して各種の森林がみられ、またこれらの変化に応じて土壌の性質もまたそれぞれ異なっている。

一方で、タイ国の森林土壌についての調査結果は乏しい。森林はタイ国の重要な資源の一つであり、その利用開発が期待されるが、その基礎として、森林土壌についての調査が今後さかんに行なわれる必要があると考える。

この報告はタイ国各地の森林土壌について、その2, 3の物理的性質と土壌中の物質の蓄積量とについてとりまとめたものの一部である。

野外調査は筆者たち3名が共同で行なったが、分析、とりまとめは堤が担当した。

I 調査地の概要

I—1. 森林の種類

各調査地を説明する前にまず森林の種類について簡単にのべておこう。

タイ国の森林の種類や命名についてはいくつかの説があって必ずしも一定してはいないようである。ここではタイ国森林局の分類¹⁶⁾に従うことにし、それぞれを()内に記した略号でよぶことにする。

- A. Evergreen Forest (全森林面積の30%)
 - a. Tropical Evergreen Forest (TEF)
 - b. Hill Evergreen Forest (HEF)
 - c. Coniferous Forest
 - d. Mangrove Forest
 - e. Dry Evergreen Forest (DFE, a の亜型)
- B. Deciduous Forest (全森林面積の70%)
 - f. Mixed Deciduous Forest (MDF)
 - g. Deciduous Dipterocarps Forest (DDF)
 - h. その他

降水量が多く、ほとんど乾季のみられない南タイでは TEF が支配的である。乾季の認められるモンスーン地帯でも水分の供給が多いと常緑の DEF がみられるが、乾燥がはげしくなるにつれて落葉樹の混交した MDF となり、ついに Savanna 様の DDF となる。また、海拔高の増加にともなう温度の低下にともなって HEF がみられる。

これらの森林はそれぞれその組成や生産力に違いがあるため、そのこと自体が土壌の性質に影響すると同時に、それぞれ異なった気候条件をも反映している。それ故に、結果のとりまとめにおいては森林の種類の違いを基準として整理した。

1-2. 各調査地の位置

図1は各調査地のおおよその位置を示したものである。

A. Khorat (東北タイ) 地方

総体に極めてゆるやかな波状地形の準平原であって、低い丘陵や浅い湖が散在している。降水量は一般にすくないが、この地方の西縁をなす山地が南西モンスーンをさえぎるので、この影響をうける地帯はとくにすくない。母材は主に砂岩、礫

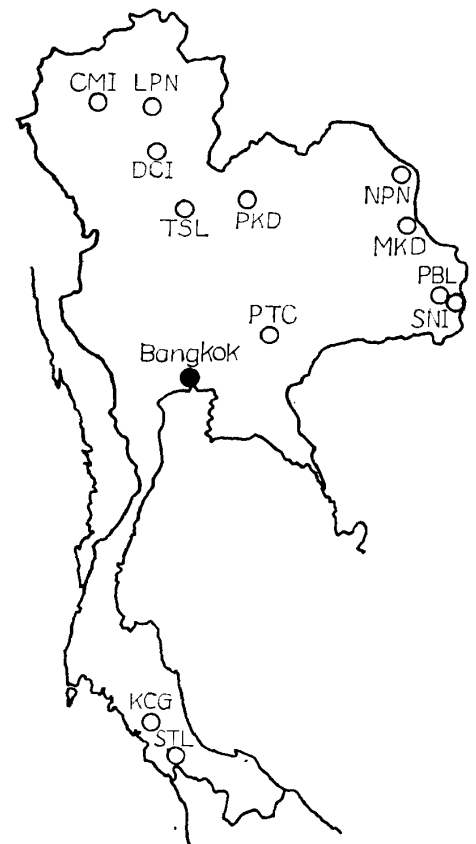


図1 調査地の位置図

岩よりなり、Pendleton¹⁴⁾ のいう fine sandy loam が支配的である。一般に瘠悪で乾燥しやすいため、森林は最も乾燥型の DDF が広く分布し、この地方の森林面積の70%を占めるとい²⁾う。しかし、山地では地形の影響による気象、土壌条件の違いを反映して MDF や DEF が発達している。今回の調査地は主にこのような山地を対象とするつぎの5地区である。

A-1. PTC 地区 (Pakthongchai)

Khorat からほぼ南へ約 60km の山地で DEF 地帯であるが、DDF と接し、入り混っている。

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。傾斜はある一方方向に向かって急な斜面をつくるが、他の面ではゆるやかで、山頂部は平坦ないしゆるやかな円味をもっている。このような地形は同じ砂岩、礫岩よりなるこの地方の山地で多くみることができる。

調査地を中心として、これより北は地形がずっとゆるやかで、主に DDF が農地となり、平野部に移行する。南ではより急峻となり、次第に山地形になり、DEF の占める割合が多くなる。調査地はちょうどこの移行部にあたり、地形、森林の種類の違いを考慮して20の地点をとった。

A-2. NPN (Nakhon Phanom) 地区

Khorat 地方の東北部、Nakhon Phanom の西方には広大な DDF が分布している。調査地はこの町から約 60km 西方の海拔約 150m の極めてゆるやかな波状地形の台地の上に成立した DDF で、砂岩、礫岩を母材とし、ほとんど平坦である。

A-3. MKD (Mukdahan) 地区

Mukdahan と Sakhon Nakhon を結んだ線上には、高くはないが、一連の山地が分布しており、主に MDF でおおわれている。Mukdahan の周辺でこの山地の山麓地帯に発達した MDF を3点で調査した。

母材はともに砂岩であるが、MKD 1 は Huai Bang Sai 河辺、MKD 2 はこれに隣接するゆるい斜面上部で、DDF に近く、MKD 3 は平坦地にあった。

A-4. SNI (Sae Noi) 地区

Ubon から東方へ約 70km、ラオスとの国境に近く、海拔 150~200m のゆるい丘陵で、地形の変化は乏しい。各調査地点はほとんど平坦といってよい。森林は主に MDF であるが、DDF を介在している。母材は砂岩、礫岩である。ここで MDF について3点、DDF について1点の調査を行なった。

A-5. PBL (Phibul) 地区

上記の SNI 地区と Ubon との中間にあり、平地の DDF で、母材は砂岩である。

A-6. PKD (Phukradung) 地区

Phukradung (海拔 1,200m) の山頂部からその山麓の Phanokkao (海拔約 300m) を含む

地区である。この山地は急な斜面と平坦で台地状の頂部をもち、石灰岩を母材とするが、山頂部では砂岩、山麓では砂岩と石灰岩とが入り混っている。

山頂では *Pinus merkshii* の疎林と溪流沿いに成立した HEF とが混っており、中腹では MDF、山麓部では DDF または DEF となっている。

PKD 1, 3 は山頂部の HEF, PKD 2, 4 は山頂部の Pine Forest, PKD 6 は中腹の MDF, PKD 7, 8 は山麓の DDF, PKD 9, 10 は同じく山麓の DEF であって、これを母材別にみると PKD 1~4, 7, 8 が砂岩, 6, 9, 10 は石灰岩である。

B. 北タイ

北タイの山地は Chaophraya 河の上流である西から Ping, Wang, Yom, Nam 河をはさみ、ほぼ平行して南走する山脈よりなっている。これらの山脈のうち Ping, Wang 流域では風化に抵抗的な花崗岩山地が多くて高度が高い。石灰岩も所々に分布し、切りたった断崖が発達して奇観を呈する。地形、地質は一般に東北部とは対象的に複雑である。

降水量は多くはなく、Chiangmai で 1340mm であるが、冬季昼夜の温度差が他地方に比して大きく、気候は大陸的であり、山地が多くて地形は複雑であって、DDF の占める割合は東北部よりずっと小さく、MDF や DEF が多く、海拔 1,000m をこえると HEF が発達するようになる。

B-1. TSL (Thung Salaeng Luang) 地区

Lomsak と Phitsanulok の中間にある海拔約 700m の山頂付近の MDF である。母材は砂岩、礫岩よりなり、地形は起伏に乏しく、調査地付近は約 5° の緩傾斜面であった。

B-2. DCI (Denchai) 地区

Denchai 近郊の MDF で、調査林分に Teak (*Tectona grandis*) を含まなかったが、付近には数多く Teak の混交がみられた。母材は確認できていないが Kanchanaburi and Phuket series に属する頁岩と推定される。斜面下部で傾斜約 30° であった。

B-3. LPN (Lampang) 地区

Ngao から Lampang に向かって約 20km のところに Teak の人工林が多く、これを管理する Station がある。人工林面積は約 2,100ha で、林令22年生までの各令階を含み、付近には Teak が混交する MDF 天然生林もみられる。

母材は砂岩と石灰岩が交錯している。砂岩地帯はゆるやかな起伏をもつ丘陵性の地形をなし、Teak 人工林の多くの部分はここに造成されていた。石灰岩は切りたった断崖となり、その下部に僅かな平地がみられた。LPN 1, 2 はともに石灰岩地で Teak を主体とする天然生林であり、LPN 3~7 は Teak の人工林で砂岩を母材とする土壌であった。

海拔は約 300m で、各調査地点は平坦ないし緩傾斜面であった。

B-4. CMI (Chiangmai) 地区

Chiangmai の西方の Doi Sutep 山頂付近から Doi Pui の間、海拔約 1,400m の HEF が調査した林分である。この山地で海拔約 1,000m 以上は HEF になる。母材は花崗岩で、調査地は約 15° の傾斜をもつ南斜面であった。

C. 南タイ

半島部は巾せまくほぼ南走し、中央を走る山脈によって東西両海岸にわけられている。この山地の地質は一樣ではないが、花崗岩も多くみられ、地形も急峻であることが多い。東海岸と西海岸で降水量の月別分布が異なるが、ともに降水量が多く明確な乾季をもたない。気温の年間の変化も極めて乏しく、全般に TEF が発達している。

C-1. KCG (Khao Chong) 地区

西海岸の Trang から約 20km 西方、Patthalung との間にあたる。花崗岩を母材とする山地で比較的急峻、複雑な地形をもち、TEF でおおわれている。この地区で地形の異なる 7 点について調査した。

表 1 調査地一覧表

地方	森林の種類	地区名	略称	Plot No.
東	Deciduous Dipterocarps Forest (DDF)	Pakthongchai	PTC	5~11, 15~16, 19
		Nakhon Phanom	NPN	1, 2
		Sae Noi	SNI	3
		Phibul	PBL	1
		Phukradung	PKD	7, 8
北	Mixed Deciduous Forest (MDF)	Mukdahan	MKD	1, 2, 3
		Sae Noi	SNI	1, 2, 4
		Phukradung	PKD	6
タ	Dry Evergreen Forest (DEF)	Pakthongchai	PTC	1~4, 12, 17, 18, 20
		Phukradung	PKD	9, 10
イ	Hill Evergreen Forest (HEF) Pine Forest	Phukradung	PKD	1, 3
		Phukradung	PKD	2, 4
北	Mixed Deciduous Forest (MDF)	Thung Salaeng Luang	TSL	1, 2
		Denchai	DCI	1
		Lampang	LPN	1, 2
タ	Teak Plantation	Lampang	LPN	3~7
イ	Hill Evergreen Forest (HEF)	Chiangmai	CMI	1
南 タイ	Tropical Evergreen Forest (TEF)	Khao Chong	KCG	1~6
		Satui	STL	1

C-2. STL (Satul) 地区

Rattaphum から Satul への間であり、KCG 地区と同じく花崗岩を母材とする TEF で、斜面下部の緩斜地を調査した。

これらの各調査地をまとめて表示したものが表1である。

I-3. 調査地付近の気象条件

各調査地付近の観測所の記録から降水量と気温について表示したものが表2である。最近10カ年の平均値のえられないところについては、最近3カ年の平均値を示した。気温は年による変化がすくなく比較的安定しているが、降水量は変化が大きく不安定であるので3カ年の観測値では平均値の精度はかなり低いと思われる。

表2 調査地付近の気温、降水量

観 測 所	年 降 水 量 mm	月降水量50mm 以下の月の数	年平均気温 °C	月平均気温の 最高 °C	月平均気温 の最低 °C
Khorat	1,192	5	27.2	29.6	23.2
Nakhon Phanom*	2,600	4	26.1	28.9	20.7
Roi Et	1,551	4	27.1	29.8	23.3
Mukdahan*	1,696	4	26.1	29.1	21.1
Ubon	1,679	5	26.8	29.4	23.9
Loei*	1,222	5	25.7	28.8	20.6
Udon	1,485	5	26.7	29.3	22.5
Phitsanulok	1,345	5	28.1	30.5	24.8
Phrae	1,199	5	26.7	29.5	22.2
Lampang	1,061	5	26.2	28.8	21.9
Chiangmai	1,336	4	25.9	28.8	21.7
Phuket	2,423	1	27.5	28.2	26.8
Trang*	2,221	2	27.2	28.8	26.4
Kagoshima**	2,156	0	16.6	27.1	6.4

Climatological Data (1943-1952) Vol. 7, Meteorological Department, Royal Thai Navy, Bangkok による。

* 3年平均, 同上 (1960~1962)

** 理科年表による

気温についてみると、観測所がひろくタイ全土にわたっているにかかわらず、年平均気温は26°C~28°C のせまい範囲内にあつて、全国的にその差はすくないといえよう。月平均気温の最高も 28°C~30°C でたいてい4~5月にあらわれる。一方、月平均気温の最低は東北、北タイの各地で大差はないが、南タイではかなり高く、気温の較差がずっとすくないという違いを示している(図2)。

なお、調査地のうち観測所と海拔高において著しい差のあるものについては、気温減少率0.55°C/100m を用いて気温の修正を行なった。

高海拔地の HEF 地帯では年平均温度で 20°C 前後、月平均の最低が 16°C 程度と推定される。これを日本の鹿児島市の値と比べると、表 2 のように、鹿児島の方がはるかに気温の較差が大きく最低気温が低いことがわかる。

降水量は表 2 のように、東北、北タイでは Nakhon Phanom の例を除いてともに 1100~1500mm 程度であって、両地方の間に著しい差異はなく、乾季の長さにおいても大差はない。

一方で最も乾燥型とみられる DDF は東北タイに多く分布し、ここでは全森林面積の約 70% を占めるのに対し、北タイでは DDF の分布割合はすくない。DDF の成立には野火や土壌条件が重要な要因として関係しているが、東北タイが起伏に乏しい準平原であり、北タイはより複雑な山地であるといった両地方の地形の違いが実際の降水量や水分環境にかなりの違いを与えているのではないかと想像される。

山地における実際の降水量を推定することはできないが、Pendleton¹⁴⁾ も指摘しているように降水量の増加が充分予想される。

なお、降水量として記録されないが、森林では乾季に露の形での水分供給が行なわれている可能性がある。乾季におけるこのような形での森林への水の供給が森林の分布や土壌の性質にどれほどの影響をもつかは不明であるが、山地の森林ではしばしばはげしい樹雨がみられる。そしておそらく内陸に向かい、または山地であるほど樹雨の発生に有利となるであろう。Pendleton もこれを“night rain in the forest”¹⁴⁾ とよんでいる。

南タイの TEF 地帯は年降水量が明らかに多く、しかも東北や北タイにくらべ乾季もあいまいで短い。

II 調査結果と考察

森林土壌の性質は気候、母材、植生、地形、人為など多くの要因の影響の下に決定される。今回の調査では DDF から HEF, TEF までの種々の森林を、母材では砂岩、石灰岩、花崗岩を含み、気温、降水量は各調査地ごとに異なっており、同時に地形も一定していない。それ故、これら各調査地の土壌の性質は決して一様ではない。

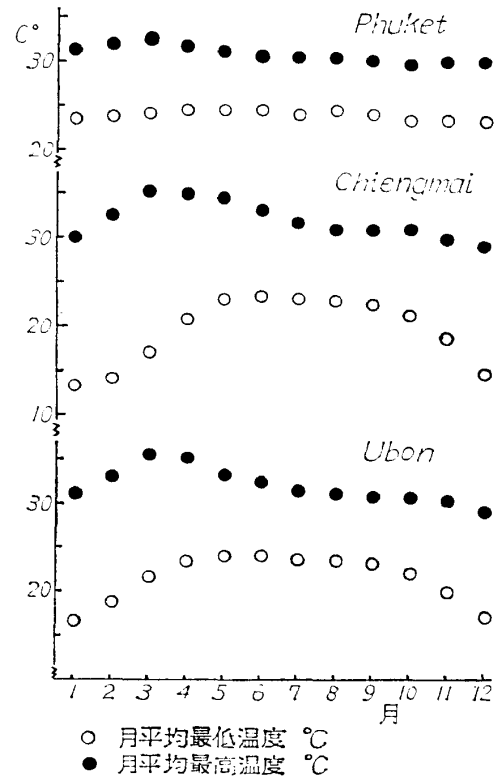


図 2 各地の最低、最高気温の比較

わが国では主に水分環境の違いに重点をおいた森林土壌の分類が行なわれている¹³⁾。前述したように、タイ国では気候条件の違いを反映してそれぞれ異なった森林がみられるので、森林の種類ごとに区分してまずその断面形態を説明しておこう。

II-1. 土壌断面形態について

(i) DDF にみられる土壌

(a) NPN 1

海拔約 150m の波状地形の上部，平坦。

A₀：部分的に新鮮な落葉落枝があるのみで裸出している。甚しく乾。

A₁：0～3cm，灰褐 (7.5YR 5/4)，fine sandy loam，乾燥してかたい，粒状構造弱度，小円礫多，細根多。

A₂：3～15cm，灰橙 (7.5YR 6/4)，fine sandy loam，乾燥してかたい，B層との境は判，小円礫多。

B：15～，上部灰橙 (5YR 6/6)，下部 (5YR 7/6) fine sandy loam，小円礫多，30cm 以深はほとんど固結。

PTC 7, 8, 15, 16, PKD 7, 8 はほぼこれと共通した性質をもっている。いずれも砂岩，礫岩を母材とし，斜面上部ないし台地上のほとんど平坦地に成立した DDF の土壌である。

A₀ 層の発達不良で林床が裸出することが多く，僅かに腐植を含んだ A 層がみられるが著しく乾いており，かたい。B層との境界は一般に比較的明瞭である。B層では下層に向かって次第に赤味を増し，ある深さから急に礫岩に含まれていたものと推定される小円礫が多くなる。しかもこの層で甚しく固結する。この層のあらわれる深さは場所によって異なるが，これらの土壌では一般に浅く，10～30cm に認められた。

(b) PTC 5

PTC 地区，山麓平地，農耕地と接する。

A₀：新鮮な落葉が部分的に地表面をおおう。

A₁：0～5cm，黒褐色 (10YR 2/1)，fine sandy loam，粒状構造弱度，A₂へ漸変，軟，乾，細根多。

A₂：5～13cm，黒褐色 (7.5YR 2/2)，fine sandy loam，B層との境は判，乾，軟，細根多。

B：13～，上部淡灰褐 (7.5YR 7/2)，下部 (7.5YR 8/2) fine sandy loam，軟。

PTC 6, PBL の断面は土色において PTC 5 と幾分異なるが，その他ではよく似ている。いずれも前者に比してずっと軟かく，小円礫を含まず，粘着性や可塑性に乏しい。構造はほとんど発達しない。いずれも平野部にあって農耕地と接している。

(ii) MDF にみられる土壌

(c) MKD 1

Huai Bang Sai 河の河辺に近い平坦地で、母材は砂岩。

A₀：新鮮な落葉が全面をおおう程度，F，H 層はみられない。

A₁：0～10cm，黄褐灰色 (10YR 4/2)，fine sandy loam，もろい粒状構造弱度，A₂ へ漸変，軟，乾。

A₂：10～25cm，灰黄橙 (10YR 6/4)，fine sandy loam，B 層へ漸変，やや軟，乾。

B：25～ ，明橙褐 (7.5YR 6/8)，fine sandy loam，塊状構造弱度，もろい，軟，乾。

東北タイ東部の砂岩を母材とする丘陵性の地形にみられるその他の MDF では，土色において異なるが，いずれも fine sandy loam で粘着力に乏しく，A・B 層界は漸変する。B 層ではもろい塊状構造が弱度にみられ，下層に向かって赤味を増すことが多い。軟かく，NPN 1 にみられたような小円礫を含む固結層はみられない。

PTC 5 とは A・B 層の推移状況に違いがあるが，その他の点でとくに著しく異なった特長は認められない。

北タイの砂岩を母材とする Teak 人工林の土壌 (LPN 3～7) もおおよそこれらに近いといえる。

(d) LPN 1

LPN 地区で石灰岩を母材とする MDF，Teak を主とする，平坦。

A₀：新鮮な落葉，全面をおおわず，乾。

A：0～40cm，黒褐色 (上部 2.5YR 2/2，下部 2.5YR 3/2)，clay loam，塊状構造，B 層へ漸変，乾，かたい，地表面に亀甲状の割目がみられる。

B：40～ ，赤橙 (10R 4/6)，clay，極めて緻密，重粘，かたい，やや潤。

この土壌は砂岩を母材とするものに比べ極めて重粘でかたい。

(iii) DEF にみられる土壌

(e) PTC 3

PTC 地区，海拔約 450m の丘陵頂部，ほとんど平坦，砂岩，礫岩を母材とし，地表面に砂岩塊の露出がみられた。

A₀：新鮮な落葉が全面をおおう。F，H 層なし。

A：0～10cm，褐色 (7.6YR 4/6)，fine sandy loam，粒状構造弱度，もろい，B 層へ漸変，軟，乾。

B₁：10～55cm，赤褐色 (5YR 4/6)，fine sandy loam，塊状構造弱度，もろい，やや硬，乾。

B₂：55～ ，赤褐色 (5YR 4/8)，小円礫多く，かたい，やや粘着性を増す，岩塊あり。

(i)-(a) に示した NPN 1 に比べると，DEF のものは A・B 層の推移が比較的漸变的である。また，小円礫を含む層が概して DDF では浅く，そのうえ甚しくかたく固結していたのに対し，DEF ではやや深く，かたいが DDF のように固結しない。この違いは土壌の深さに関係しており，生態学的に重要な問題である。

(f) PTC 20

PTC 地区，山脚部平地，母材は砂岩。

A₀：新鮮な落葉が全面をおおう，F，H 層なし。

A₁：0～10cm，黒赤褐色 (2.5YR 3/2)，団粒構造弱度，軟，潤。

A₂：10～25cm，暗赤褐色 (2.5YR 3/4)，loam，やや硬，B層へ漸変，潤。

B：25～ ，赤褐色 (2.5YR 4/6)，loam，塊状構造，やや硬，潤。

これを斜面上部の PTC 3 のそれと比べると，A層に僅かに団粒構造がみられたこと，土性がやや重粘であること，A層がやや厚いこと，水分が多いようにみえることなどの点で異なっていた。

(iv) HEF にみられる土壌

東北タイの PKD 地区山頂部のものと CMI 地区の 2 地区 3 点のみの調査であるが，CMI の土壌は有機物量や容積重などにおいて他の土壌に比して著しく異なった値を示したので，この土壌について説明しておこう。

(g) CMI

海拔高約 1,400m，約 15° の傾斜をもつ南斜面で，母材は花崗岩である。

A₀：新鮮な落葉のほか F 層が部分的にみられた。

A：0～44cm，黒色 (7.5YR 1/1)，下部では黒褐色 (5YR 2/1) に漸変する。sandy loam，団粒構造，潤，粗しょう，B層への移行は判，表面に細根多し。

B：44～ ，赤褐色 (2.5YR 4/8)，sandy loam，礫，岩塊を混ざる，軟，潤。

(v) TEF にみられる土壌

TEF については KCG で 7 点，STL で 1 点の調査を行なったが，いずれも花崗岩を母材とする土壌であった。

(h) KCG 2

KCG 地区の斜面下部，約 5° の緩斜面，地表に花崗岩塊が露出する。

A₀：新鮮な落葉，全面をおおわず。

A：0～20cm，黒色 (10YR 2/1) から下部で暗褐色 (10YR 3/3) に漸変，sandy loam，B層へ漸変，軟，潤。

B：20～ ，黄褐色 (10YR 5/6)，sandy loam，やや粘着性あり，塊状構造弱度，もろい，軟，潤，50cm 深より岩塊を混ざる。

B層の色は地形によって異なり，斜面上部では赤褐色，下部では黄褐色となる。また層の推移は斜面上部ほど判然としてくるようである。

II-2. 2, 3 の物理的性質

(i) 採取時水分量

採取時含水率は短期間の天候に強く支配されるから、その値は長い間の平均の水分条件を反映するものではないが、本調査では東北部、北部の各地はすでに乾季に入っており、ほとんど降雨をみななかった。このような条件下での採取時含水率はごくおおまかに、乾季に入ってから土壌の乾燥の度合の違いを示しているものとみてよいであろう。

採取時含水率を最大容水量（容量%）に対する百分率で示したものが表3である。これを地形や地方に無関係に森林の種類ごとに区分して図示すると図3のようである。

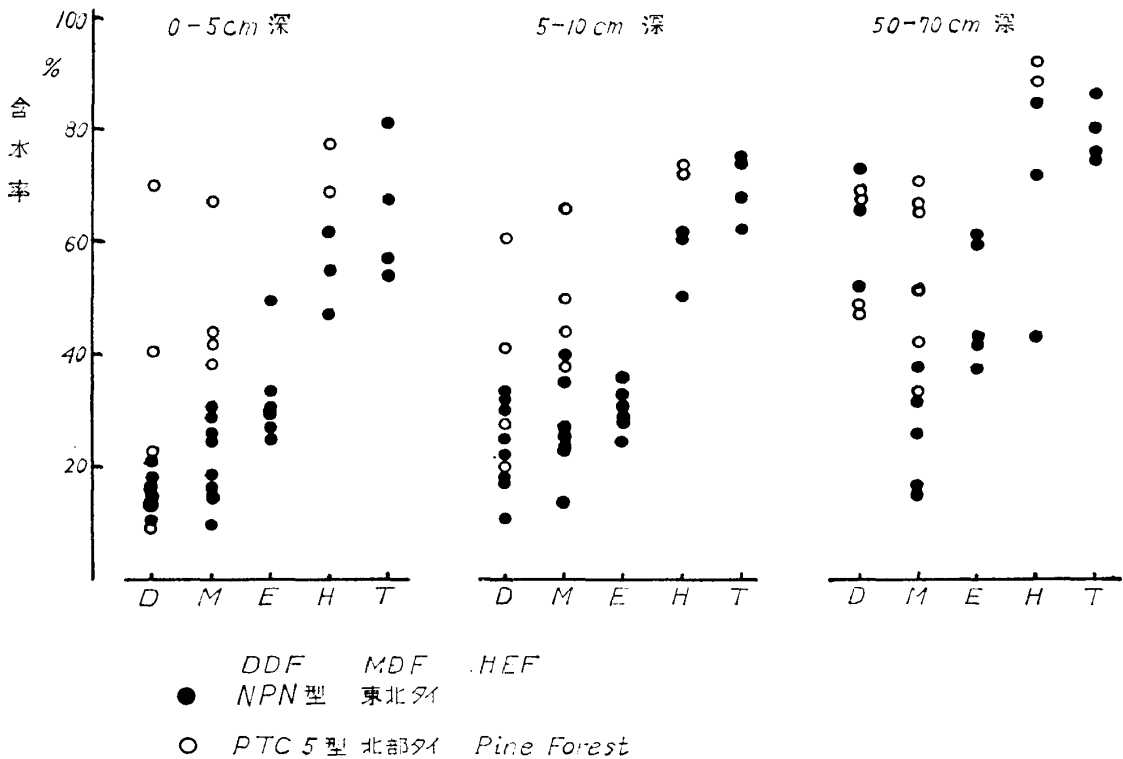


図3 採取時含水率（最大容水量に対する%）の森林の種類による違い
D : DDF, M : MDF, E : DEF, H : HEF, T : TEF

同じ森林に属していても地形、母材、土壌の性質、地方などの違いがあるため、バラツキは大きい。表層土についてみると、DDFでは一般に強く乾燥して水分がすくなく、ついでMDF、DEFであり、HEFやTEFでは50%以上の高い含水率を示し、植生が乾性になるほど表層土の乾燥がよりよく進んでいることを示している。

同じ傾向が同一地域内で海拔高の違いに応ずる気候、従って植生の違いによっておこっていることが認められる。すなわち、PKDでは海拔1,200mの山頂部のHEFではいずれも50%以上の含水率を示したのに対し、山腹中部以下のMDFやDEFでは約30%、DDFでは約13%にすぎなかった。

このように乾季12月～1月の表層土の含水率には気候条件の違い、従って森林の種類の違い

表 3 採取時含水率（最大容水量に対する%）と 0~70cm 深の水分量 (ton/ha)

調査地 深さ	調査地												
	PTC3	PTC4	PTC5	PTC6	PTC7	PTC11	PTC12	PTC15	PTC16	PTC20	NPN1	NPN2	MKD1
0—5 cm	29.7	24.4	40.5	69.7	18.0	23.1	33.3	16.7	16.7	49.7	21.0	14.5	18.2
5—10	24.4	27.8	41.5	61.2	25.2	27.3	33.0	33.7	18.8	29.5	30.4	32.7	23.8
10—20	42.5	33.4	45.7	74.0	32.5	27.1	40.9	30.9	22.0	25.6	38.2	34.7	29.0
20—30	40.5	38.9	46.2	69.5	42.2	38.7	39.4	41.3	32.4	36.2	49.5	31.5	24.1
30—50	53.3	38.0	47.4	65.3	59.1	37.7	56.0	39.1	24.2	46.0	48.7	—	30.2
50—70	43.5	38.0	68.0	68.7	52.4	48.1	60.3	—	—	42.3	—	—	26.2
水分量 0—70	1,285	1,096	1,418	2,233	1,315	1,177	1,497	755	437	1,242	816	359	804
調査地 深さ	調査地												
	MKD2	MKD3	SNI1	SNI2	SNI3	SNI4	PBL	PKD1	PKD2	PKD3	PKD4	PKD6	PKD7
0—5 cm	9.6	16.2	29.2	26.2	10.2	25.7	9.5	47.3	68.9	61.7	77.4	30.1	12.9
5—10	13.7	25.4	27.0	35.1	21.9	23.4	20.0	50.5	73.5	61.2	73.8	39.7	11.2
10—20	—	19.7	28.4	21.8	13.5	—	10.9	53.9	76.8	61.0	66.4	39.3	19.9
20—30	—	23.5	29.4	30.3	—	—	19.9	75.3	74.0	65.8	71.9	75.7	33.0
30—50	—	19.1	30.0	34.9	—	—	29.3	57.0	74.2	64.3	85.9	44.4	58.0
50—70	52.3	15.5	32.2	38.3	—	—	48.5	85.1	92.9	71.9	89.4	16.5	66.6
水分量 0—70	635	509	864	940	149	954	733	1,940	2,317	1,978	2,397	1,051	1,171
調査地 深さ	調査地												
	PKD8	PKD9	PKD10	TSL	DCI	LPN1	LPN3	LPN6	CMI	KCG2	KCG3	KCG4	STL
0—5 cm	13.5	27.2	29.4	38.2	66.7	43.0	14.5	42.5	55.0	67.4	81.0	57.3	54.5
5—10	17.9	36.2	31.0	44.2	66.4	49.7	25.5	37.8	61.7	74.5	75.7	62.6	67.9
10—20	25.0	45.8	35.7	41.7	63.5	58.3	30.9	43.0	58.5	73.4	82.0	82.4	75.7
20—30	28.4	44.9	45.7	52.6	62.0	62.6	40.3	55.6	54.0	70.2	77.5	85.0	73.8
30—50	37.5	53.5	52.4	65.3	64.5	63.0	38.2	58.5	47.0	72.7	79.0	88.1	78.7
50—70	73.6	61.3	—	65.3	70.7	66.7	32.4	66.3	43.6	76.6	76.2	87.8	81.0
水分量 0—70	1,182	1,404	774	1,627	2,359	2,098	981	1,598	2,024	1,919	2,203	2,508	2,003

が密接に関係しているようにみえるが、一方図3に明らかなように、同じ森林のうちでもバラツキが大きい。この違いは地形、地方、母材などの違いによって生じているのであろう。

DDF でとくに大きな含水率を示したのは PTC 5, 6 であって、ともに山脚の平地にあり、軟く深い土壌であった。これに対し、斜面上部ないし台地上の NPN 1 型の土壌では、含水率は10~21%で、前者に比しすくなかった。このことは地形または土壌の性質が土壌の乾燥のすみかたに密接に関係していることを示している。

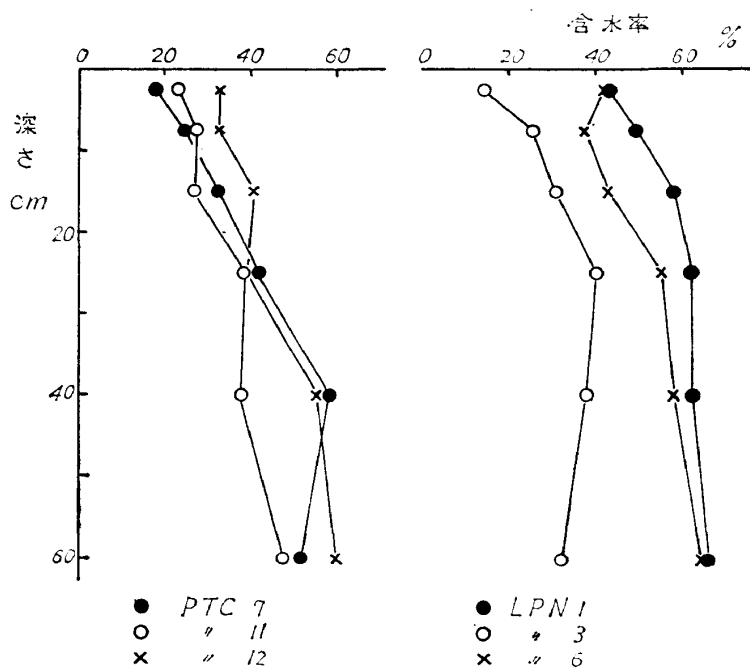


図4 採取時含水率の垂直分布

地形の違いによる含水率の違いは LPN 地区でもみられる。図4はこれを図示したもので、斜面上部の LPN 3 は下部の LPN 6 に比し乾燥の度合がはげしかった。

すなわち、地形の違いは乾季における土壌水分に重要な関係を持ち、従って土壌の性質や植生または林分生長もまた地形の影響をうけることが考えられる。

MDF におけるバラツキには地方差が密接に関係していたようにみえる。すなわち、東北タイ東南部の MKD, SNI 地区のものは表層

土の含水率が10~30%であったのに対し、北タイの MDF では LPN 3 で約14%と低かったのを除くと、他は38%以上で東北タイのものより高かった。各調査地はおおよそ斜面下部、平坦地のものが多く、LPN 1 が石灰岩土壌であったのを除くとすべて砂岩を母材とするから、両地方にみられる違いは地形や母材の違いによるものというよりは東北部と北部の地方差、いかえると気候条件の違いによるのではないかと思われる。同じ MDF であっても東北部のものと北タイのそれとは乾季における土壌の乾燥の進みかたがかなり違うものようである。

DEF でみられるバラツキもまた地形の違いによるものとみられる。山脚部平坦地の PTC 20 では約50%と高い値を示したのに対し、その斜面上部の PTC 3, 4 では約25~30%にすぎなかった。

なお、PTC 3, 4 の含水率を隣接した DDF (PTC 15, 16) と比較すると、DDF ではともに約17%で DEF のそれより低かった。DDF は疎林で地表面が裸出することが多く、林地は日光の直射をうけ乾燥にさらされる。これに対し、森林が密で複雑であるほど地表面の乾燥を防

ぎ、また水蒸気を捕捉しやすく、Pendleton のいう “night rain” をつくるのに適しているであろうことがその原因と考えられる。

これは森林を伐採するとこれらの機能を失ない、乾季における表土の乾燥をよりはげしくするおそれのあることを示している。

HEF ではすべて高い含水率を示した。これは多分、高海拔地で気温の低いこと、山岳地で実際の降水量が多いことなどの影響によって、低海拔地よりずっと水分条件に恵まれていることを示すものと考えられる。

TEF では調査当時ほとんど毎日降雨があり、土壌の含水率は高かった。KCG 4-2 は斜面上部のものであり、KCG 2, STL などは下部のものであるが、DDF などでみられた地形の違いによる含水率の差はみられなかった。すなわち雨季における含水率には地形差はみられず、斜面下部で過湿になるという傾向もみられなかった。

なお、含水率の土壌中での垂直分布をみると、深さを増すにつれて含水率は次第に高まり、森林の種類や地形による差は次第に失なわれていくようである（表3，図3）。

ただし、MKD, SNI 地区では下層の含水率も一般に小さかった。これには土壌の性質や気候などが関係しているのであろうが、乾季が長く続くと次第に深くまで乾燥が進行していくことが予想される。

70cm 深までの水分量を求めると、表3に示したように、50~250mm の範囲内にあった。このうち東北タイ東部 (MKD, SNI など) でとくに小さく 50~100mm にすぎなかった。これらを除くと他はすべて 100mm 以上で、HEF, TEF では 200mm 以上であった。DEF や北タイの MDF ではおおよそ 100~200mm の間にあった。

南タイの TEF では毎日降雨があり、土は充分湿った状態にあった。従って、ここでえた値、200~250mm はこれらの土壌が自然に含みうる水分量の最大を示すものであろう。

日本の各地の林地で 70cm 深までの土壌の含む水分量は ¹⁹⁾²¹⁾²²⁾²⁴⁾²⁶⁾ およそ 100~400mm であったから、タイの森林の方がいくらかすくない方にかたよっている。これは乾季に採取したことが関係しているであろう。

(ii) 最大容水量

各調査地の土壌の最大容水量は表4に示したとおりで、これを森林の種類ごとにまとめ図示すると図5のようである。

同じ森林のうちでも違いが大きいのが、表層土においては DDF から HEF までの森林の種類の変化に対応して、僅かではあるが最大容水量も全体として大きくなっていく傾向がみられる。一方で採取時含水率の高かった TEF での最大容水量は大きくはなかった。

最大容水量に関係する要因は多いが、まず容積重との関係を見ると、図6のように、表層土については森林の種類に関係なく、おおよそ容積重が小さくなれば最大容水量が大きくなると

表4 最大含水量% (対容量)

調査地		PTC3	PTC4	PTC5	PTC6	PTC7	PTC11	PTC12	PTC15	PTC16	PTC20	NPN1	NPN2	MKD1
深さ	cm													
	0—5	59.0	57.5	47.9	57.8	51.8	58.5	60.1	45.0	48.0	74.5	40.5	42.7	47.7
	5—10	45.6	50.5	49.6	41.2	52.2	55.0	55.9	45.2	42.1	60.3	41.7	49.0	37.4
	10—20	47.8	48.0	38.7	44.2	51.0	75.4	55.0	47.0	41.7	43.7	40.4	40.4	40.8
	20—30	43.7	41.1	41.8	45.8	43.3	40.8	45.3	42.6	37.0	39.2	37.6	34.3	44.8
	30—50	40.6	42.7	39.9	46.0	36.7	40.1	39.8	41.0	29.7	41.7	38.0	—	43.0
	50—70	38.0	41.1	34.5	48.0	42.0	38.5	37.8	—	—	39.0	—	—	44.0
調査地		MKD2	MKD3	SNI1	SNI2	SNI3	SNI4	PBL	PKD1	PKD2	PKD3	PKD4	PKD6	PKD7
深さ	cm													
	0—5	38.7	38.8	48.0	39.3	51.0	44.4	37.0	66.4	61.5	52.2	55.4	46.5	40.2
	5—10	41.7	39.4	36.3	35.8	57.6	41.1	35.0	60.4	50.6	45.1	47.8	45.6	36.6
	10—20	—	44.2	37.7	42.2	44.5	—	39.3	48.8	44.0	42.3	44.6	45.3	40.6
	20—30	—	40.0	35.4	41.6	—	—	38.7	35.2	48.0	36.6	35.6	30.9	37.3
	30—50	—	34.0	40.7	43.8	—	—	41.0	46.5	38.8	42.0	35.4	36.0	36.0
	50—70	31.5	37.3	45.0	40.5	—	—	33.0	33.6	35.0	44.5	47.3	47.9	37.5
調査地		PKD8	PKD9	PKD10	TSL	DCI	LPN1	LPN3	LPN6	CMI	KCG2	KCG3	KCG4	STL
深さ	cm													
	0—5	31.8	51.5	42.5	48.5	51.1	50.9	46.8	47.8	64.3	46.0	47.3	53.9	41.8
	5—10	39.6	47.0	43.5	44.8	52.0	51.8	44.3	48.2	62.7	39.2	41.1	46.8	42.0
	10—20	40.0	41.5	35.0	42.9	50.8	47.9	43.4	45.6	52.9	37.5	41.4	42.5	35.0
	20—30	38.4	40.8	41.4	42.2	48.6	49.5	45.2	39.4	64.9	35.2	39.9	46.5	34.3
	30—50	48.0	37.6	31.5	38.9	53.7	50.0	40.5	39.7	56.6	36.6	35.9	42.1	37.5
	50—70	37.8	38.7	—	38.8	49.4	48.0	40.7	38.2	53.2	36.8	42.0	41.0	39.4

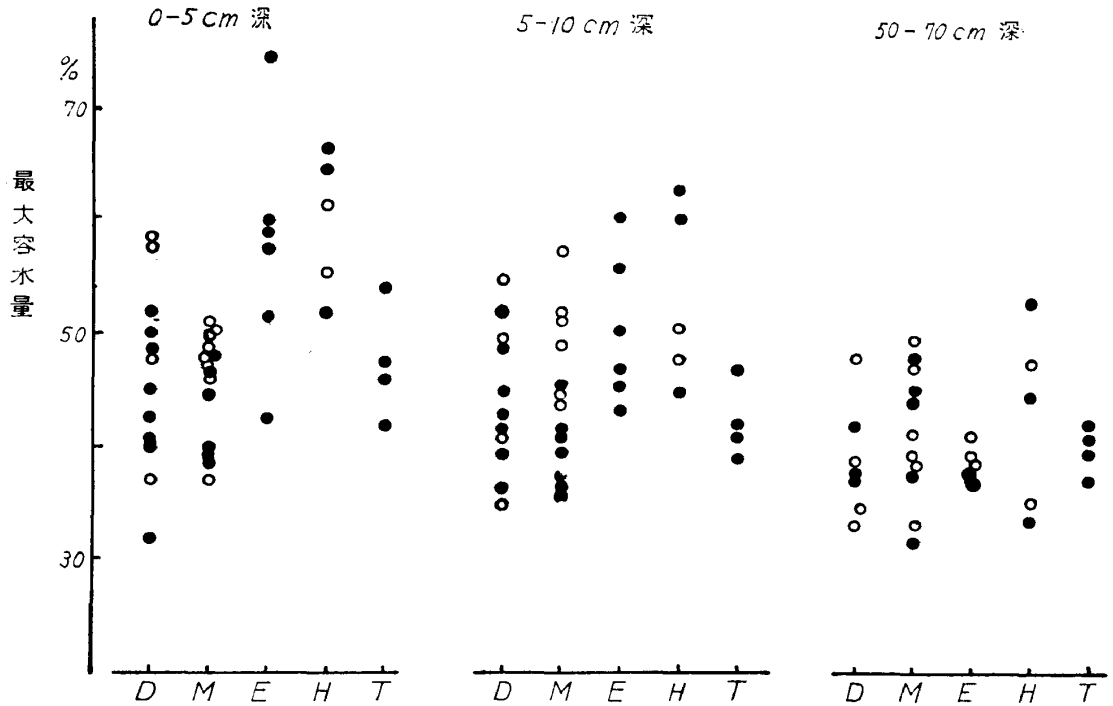


図5 最大容水量（容量%）の森林の種類による違い
（凡例は図3に同じ）

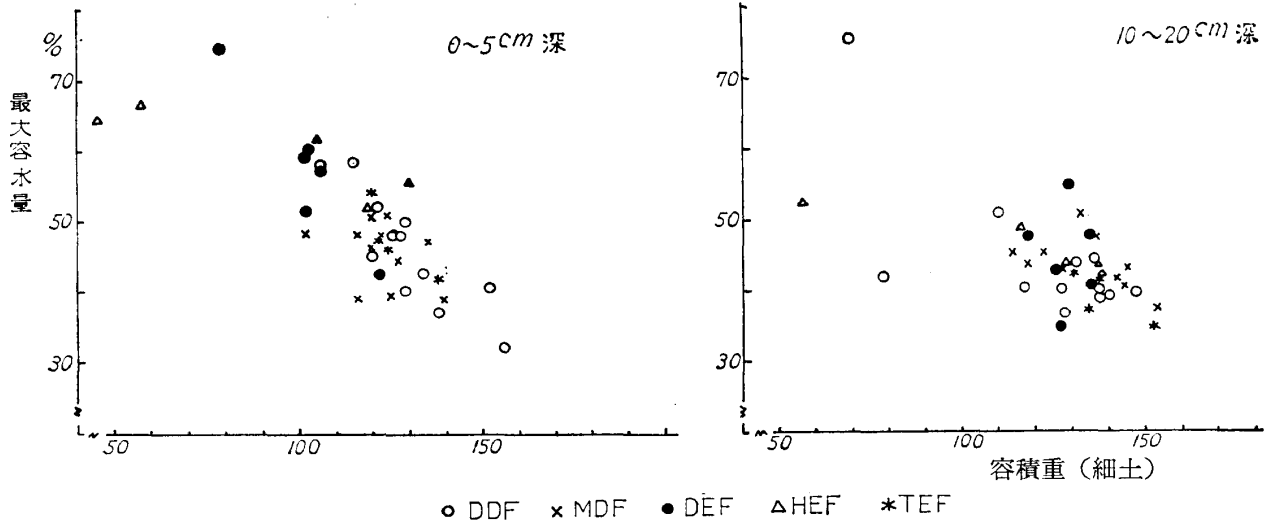


図6 容積重 (g/100cc) と最大容水量 (容量%) との関係

いう関係が成立するようである。容積重は後述するように有機物量と関係し、有機物が多くなると容積重が小さくなる傾向があるから、密な森林におおわれ、水分環境がよくなるに従って、土の有機物量も増し、構造が発達し、堆積も粗になり、その結果最大容水量も大きくなるという一連の因果関係を認めることができよう。

このような傾向は同一地区内の地形の違いによる水分環境の差によってもおこっている。たとえば PTC 地区の同一斜面の頂部、中部、下部でとった PTC 7, 11, 12 を比較すると、最

大容水量はそれぞれ 52, 59, 60 と下部に向かって大きくなり、同時に容積重は 121, 111, 104 と小さくなり、炭素含有率は 1.4, 2.5, 3.0 と大きくなっていった。採取時水分量も斜面下部に向かって大きくなっており、地形が水分環境、植生を通じて表土の性質に大きな影響をもっていることがわかる。

このような傾向はしかし、せいぜい 10cm 深までにみられ、それ以下では明らかではないようである。

(iii) 容積重

土壌の容積重を表 5 (1) および (2) に、これを森林の種類ごとに区分したものを図 7 に示した。

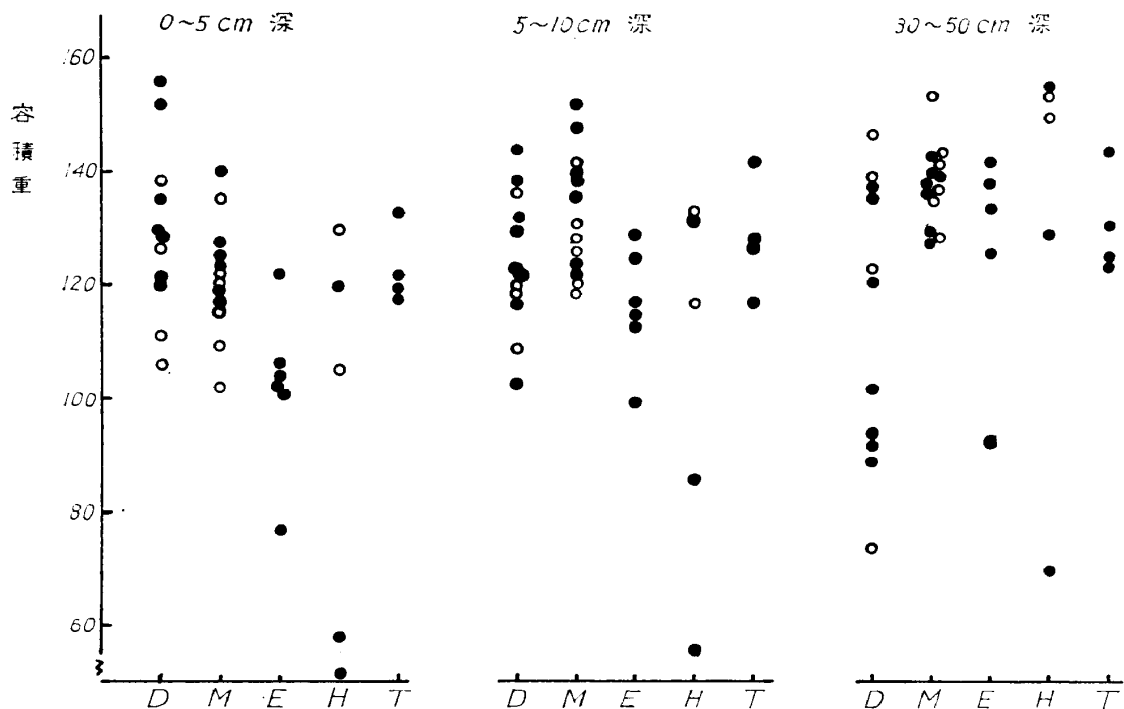


図 7 容積量 (細土 g/100cc) の森林の種類による違い
凡例は図 3 に同じ

細土の容積重は一般に 100 をこえる大きな値を示した。日本の各地の林地ではほとんど 100 をこえないのに比べ著しく大きいといえよう。これには有機物含有率が小さいうえに、砂岩に由来する fine sandy loam などでは構造がほとんど発達していないことなどが関係していると思われる。ただし、CMI の土壌は他に比し容積重が著しく小さかった。これは後述するように土壌の有機物含有率がとびぬけて大きかったということによるものと思われる。

図 7 にみられるように、容積重の森林の種類による違いは明らかではなかった。しかし、PTC 地区内で DDF と DEF の表層土の容積重を比較すると、斜面上部の DEF で 102, 106 であるのに対し、DDF では約 120 に達しており DDF の方が大きかった。疎林でしかも林床の

表 5 (1) 容 積 重 (g/100cc, 細土基準)

調査地		PTC3	PTC4	PTC5	PTC6	PTC7	PTC11	PTC12	PTC15	PTC16	PTC20	NPN1	NPN2	MKD1
深さ	cm													
	0—5	102	106	126	106	121	111	104	120	121	77.2	152	135	123
	5—10	125	115	119	120	117	109	113	130	103	99.3	122	144	136
	10—20	135	118	136	131	110	69.3	129	128	78.4	126	117	127	144
	20—30	126	124	140	143	125	95.1	135	124	83.0	134	106	102	131
	30—50	126	92.5	147	123	121	73.5	142	94	89.0	134	92.4	—	129
	50—70	92.4	88.5	165	133	89.1	67.2	137	—	—	138	—	—	136

調査地		MKD2	MKD3	SNI1	SNI2	SNI3	SNI4	PBL	PKD1	PKD2	PKD3	PKD4	PKD6	PKD7
深さ	cm													
	0—5	140	116	116	125	129	127	138	57.2	105	120	130	119	129
	5—10	139	124	148	140	122	152	137	85.4	117	132	133	122	132
	10—20	144	118	153	142	136	192	140	116	128	138	137	114	137
	20—30	148	128	140	138	—	204	132	140	133	138	151	142	137
	30—50	143	141	138	137	—	141	139	155	150	129	154	129	138
	50—70	144	141	136	146	—	150	152	164	153	125	135	38.9	142

調査地		PKD8	PKD9	PKD10	TSL	DCI	LPN1	LPN3	LPN6	CMI	KCG2	KCG3	KCG4	STL
深さ	cm													
	0—5	156	102	122	102	122	120	135	116	45.2	122	120	118	133
	5—10	137	117	129	119	131	128	141	120	55.3	127	127	117	142
	10—20	147	136	127	127	132	136	145	122	55.8	134	136	130	152
	20—30	133	128	94.5	130	136	139	147	148	58.5	139	142	133	158
	30—50	136	138	65.5	129	135	137	143	142	69.6	131	124	124	144
	50—70	148	132	—	70.8	135	128	140	154	70.9	142	128	131	127

表 5 (2) 容 積 重 (g/100cc, 石礫を含む)

調査地 深さ	PTC										MKD										PKD																		
	PTC3	PTC4	PTC5	PTC6	PTC7	PTC11	PTC12	PTC15	PTC16	PTC20	NPN1	NPN2	MKD1	MKD2	MKD3	SNI1	SNI2	SNI3	SNI4	PBL	PKD1	PKD2	PKD3	PKD4	PKD6	PKD7	PKD8	PKD9	PKD10	TSL	DCI	LPN1	LPN3	LPN6	CMI	KCG2	KCG3	KCG4	STL
0—5	102	106	126	106	121	115	103	120	127	79.0	172	134	122	139	116	116	125	128	156	138	57.6	104	119	130	120	129	156	102	122	102	124	120	135	116	45.7	124	122	120	133
5—10	125	115	119	120	117	110	113	129	141	101	170	150	138	138	124	148	139	122	174	136	85.4	116	131	133	122	132	137	117	129	119	135	128	141	120	55.3	130	129	120	148
10—20	131	117	136	131	114	109	129	132	124	127	176	146	146	144	117	153	142	148	227	140	115	128	138	137	116	137	147	136	147	128	134	136	145	122	59.1	133	140	132	162
20—30	127	124	141	143	137	173	136	146	132	135	191	195	130	148	128	140	137	—	193	132	140	131	138	151	144	137	133	128	146	132	142	139	147	148	63.6	144	150	136	169
30—50	128	157	148	123	164	159	142	135	164	139	192	—	129	143	141	138	137	—	197	139	155	150	156	141	138	136	147	147	133	139	137	143	142	92.4	139	132	126	159	
50—70	157	149	161	133	163	161	137	—	—	148	—	—	136	144	141	136	146	—	180	152	164	160	136	141	142	—	—	—	—	140	128	140	154	102	151	137	133	145	

裸出した DDF では表土でさえ著しくかたく、土壌の物理性が DEF のそれより悪いことがうかがえる。

容積重は一般に表土で小さく、深さを増すにつれて大きくなる傾向がある。そして下層では礫の量の多少が容積重に関係している。NPN 1 の例で示したように、小円礫をある深さから多量に含み、しかもそこで固結している土壌では礫をも含めた容積重は著しく大で、190にも達し、礫の量は重量比で約80%にまで達していた。

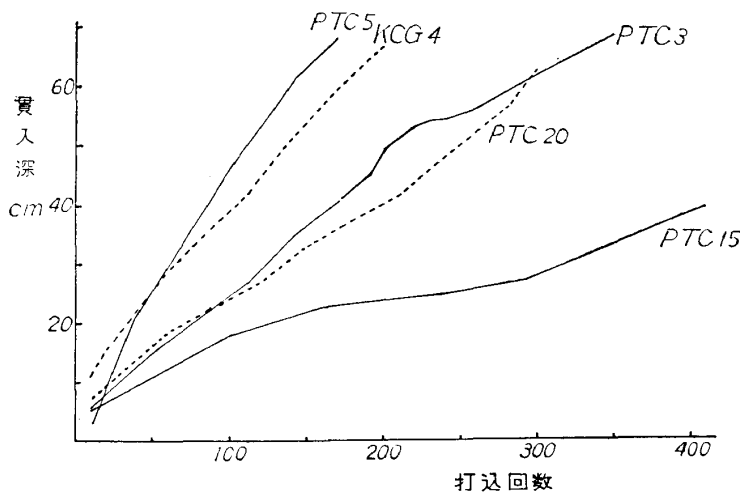


図8 コーン・ペネトロメーターによる土の硬さの比較
(1.18kgの錘を20cm落下させた衝撃で角度30°の円錐を打込む方法で測定した。)

これらの土壌のかたさをコーン・ペネトロメーターを用いて測定した結果を図8に例示した。

PTC地区の斜面上部のDDF (PTC15) とDEF (PTC3) との土のかたさを比較すると、DEFでは徐々に貫入し約300回の打込みで70cm深まで達したのに対し、DDFでは貫入の速度がおそく、20~30cm深でほとんど貫入しなくなってしまう。この深さはちょうど礫を含んだ固結層のあらわれる深さに相

当している。DEFでは同じような礫層があってもDDFのようにかたく固結しない。

斜面下部の軟かい土壌ではPTC5、KCG4などで例示したように、約200回の打込みで70cmまで貫入しPTC15やPTC3など斜面上部のものに比較してずっと軟かいことを示している。また、斜面下部のPTC20はかなり重粘で貫入の速度は斜面上部のPTC3とほぼ同様であった。

容積重は日本の林地に比べてずっと大きい、容積重の大きい割合に、砂岩、花崗岩を母材とする土壌では土はかたくないようである。

II-3. A₀層における物質質量

各調査地を通じて一般にA₀層の発達はやや貧弱でL層のみよりなり、F、H層の発達はほとんどみられなかった。

A₀層量は1m²の方形枠2~3コについて測定したものの平均値であり、また倒木や太い枝を除外しているため精度は高くない。

各調査林分での測定結果をとりまとめたものが表6であり、これを森林の種類ごとに区分して図示したものが図9である。

DDFでは0.5~2.1ton/haの間にあり、平均値は1.2ton/haである。MDFでは2.5ton/ha

表 6 A₀ 層の物質量

	% (O. D. base)					ton/ha			kg/ha			
	Nitrogen us	Phosphor- us	Kalium	Calcium	Magnesi- um	Moisture	dry matter	Nitrogen us	Phosphor- us	Kalium	Calcium	Magnesi- um
PTC 3	1.20	0.068	0.27	2.71	0.39	35	4.29	51.5	2.92	11.6	116	16.7
PTC 5	0.84	0.044	0.07	0.92	0.42	13	1.70	14.3	0.74	1.2	15.6	7.1
PTC 8	0.97	0.057	0.14	0.79	0.25	39	1.04	10.1	0.64	1.5	8.2	2.6
PTC11	1.01	0.060	0.16	1.07	0.37	12	0.73	7.4	0.43	1.2	7.8	2.7
PTC12	1.17	0.072	0.29	1.05	0.64	20	3.85	45.0	2.77	11.2	40.4	24.6
PTC20	1.23	0.094	0.33	1.58	1.53	17	3.83	47.1	3.60	12.6	60.5	58.6
NPN 1	0.80	0.046	0.25	1.26	0.68	16	1.01	8.1	0.46	2.5	12.7	6.9
MKD 1	1.07	0.058	0.22	1.11	0.37	13	2.09	22.4	1.20	4.6	23.2	7.7
MKD 2	0.78	0.046	0.23	0.95	0.31	15	2.13	16.6	0.97	4.9	20.2	6.6
MKD 3	1.01	0.042	0.32	0.95	0.37	13	2.09	21.1	0.87	6.7	19.9	7.7
SNI 2	0.96	0.025	0.18	0.91	0.22	19	4.90	47.0	1.23	8.8	44.6	10.8
SNI 3	0.63	0.011	0.34	0.56	0.14	13	1.65	10.4	0.19	5.6	9.2	2.3
PBL	0.69	0.025	0.20	0.81	0.34	12	1.50	10.4	0.38	3.0	12.2	5.1
PKD 1	1.14	0.029	0.13	0.61	0.11	56	5.98	68.2	1.72	7.8	36.5	6.6
PKD 2	0.56	0.027	0.06	0.39	0.12	31	1.66	9.3	0.44	0.9	6.5	2.0
PKD 6	0.85	0.194	0.41	0.79	0.66	13	1.91	16.2	3.71	7.8	15.1	12.6
PKD 7	0.91	0.050	0.16	1.05	0.38	12	2.06	18.7	1.03	3.3	21.6	7.8
PKD 9	1.11	0.070	0.28	1.07	0.97	24	4.54	50.4	3.16	12.7	48.6	44.0
TSL	0.98	0.076	0.31	1.53	0.93	22	5.15	50.5	3.91	16.0	78.8	47.9
DCI	1.16	0.085	0.38	1.40	0.97	44	0.76	8.8	0.64	2.9	10.6	7.4
LPN 1	0.80	0.074	0.27	0.94	0.77	23	0.65	5.2	0.48	1.8	6.1	5.0
LPN 3	0.52	0.043	0.28	0.69	0.38	19	1.42	7.4	0.62	4.0	9.8	5.4
LPN 6	0.81	0.066	0.27	0.76	0.38	12	0.60	4.9	0.39	1.6	4.6	2.3
CMI	1.08	0.056	0.21	1.15	0.40	45	4.62	49.9	2.61	9.7	53.1	18.5
KCG 2	1.00	0.044	0.28	1.14	0.34	58	4.19	41.9	1.86	11.7	47.8	14.2
KCG 4	0.98	0.042	0.25	1.46	0.42	46	3.28	32.1	1.38	8.2	47.9	13.8
STL	0.90	0.033	0.26	0.90	0.18	42	3.60	32.4	1.19	9.4	32.4	6.5

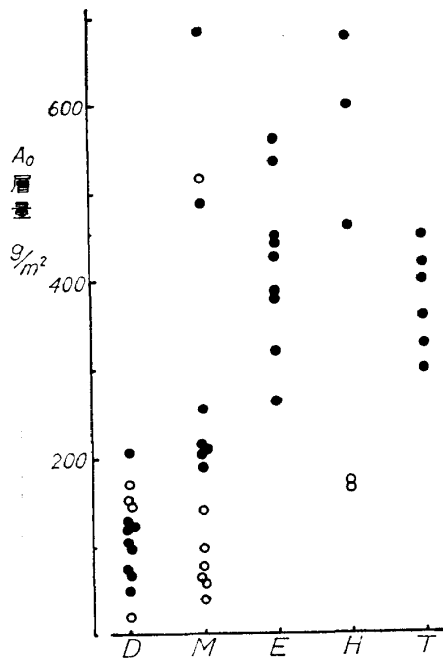


図9 A₀層量の森林の種類による違い
(凡例図3に同じ)

以下のものが多いのに対して DEF, HEF, TEF では概して 2.5ton/ha 以上であって、A₀層量が前二者より多い傾向がみられた。MDF では北タイのものがとくに小さかった。これらは LPN 地区の Teak の人工林であったから除外すると、MDF の A₀層量はおおよそ 2ton/ha 以上となり、DDF のそれよりやや多くなる傾向がある。

DDF では他の森林に比べて A₀層量がすくなく、林地表面は裸出している場合が多い。しかしその他の森林では試料数がすくなく、しかも変異が大きいので、森林の種類別の明らかな差異を見出しにくい。

なお、PKD 山頂部の Pine Forest は隣接してあらわれる HEF に比し A₀層量が極めてすくなく、Pine Forest は疎林で林床は草本類でおおわれており、林分構造としては DDF に酷似している。

A₀層量は有機物の供給量と分解量との釣合によって決まる。従って分解に関する条件が不良なほど、供給量が多いほど A₀層量は多くなるはずである。

DDF や MDF などでは長い乾季をもち、前項でのべたように乾きやすい条件下にある。従って供給量に差がなければ、他の森林より A₀層量は多くなってよいと推定される。しかし実際にはすくなく、これは一つには供給量のすくないことと、二つには毎年野火で林床が焼かれてしまうことが A₀層量をすくなくすることの原因となっているものと思われる。このほか、DDF や MDF では乾季に落葉が集中しておこるとみられるが、調査が落葉前に行なわれたので、A₀層量としては年間を通じてすくない時期にあたっていたのではないと思われる。

なお、前述したように A₀層量が 2 ton/ha 以下の DDF や MDF では落葉が林地全面をおおうに到らないで裸出している部分が多く、林内においても林地表面の侵蝕がおこっているものようである。

TEF の A₀層量は 4 ton/ha 前後に集中しているので、いま TEF の A₀層の動的平衡量を 4 ton/ha と仮定しよう。一方で落葉量はアフリカで 10.5 ton/ha⁹⁾、北米南部で 8.5 ~ 12.1 ton/ha⁵⁾ に対し、吉良らはタイ国の KCG 地区で 23.3ton/ha⁷⁾ であるという。吉良の値のうち落枝量を除いて落葉量のみをみると 11.9ton/ha であるから、ここで落葉量を 12 ton/ha と仮定すると、A₀層での有機物の平均分解率は 300% となり、新鮮な落葉は約 4 カ月で分解されてしまうことになる。

わが国の暖温帯の常緑広葉樹林（鹿児島県下）で A_0 層量が 11.2ton/ha、林分葉量が 8.6 ton/ha²⁶⁾ でこの全部が落葉するとしても平均分解率は100%をこえない。同じ常緑広葉樹林でも尾根筋では A_0 層量が 28ton/ha¹⁹⁾ に達している例がある。

これらの例に比べると TEF での分解は極めて活発に行なわれていることがわかる。つぎに A_0 層の養分量についてみよう。結果は表 6、図10に示した。

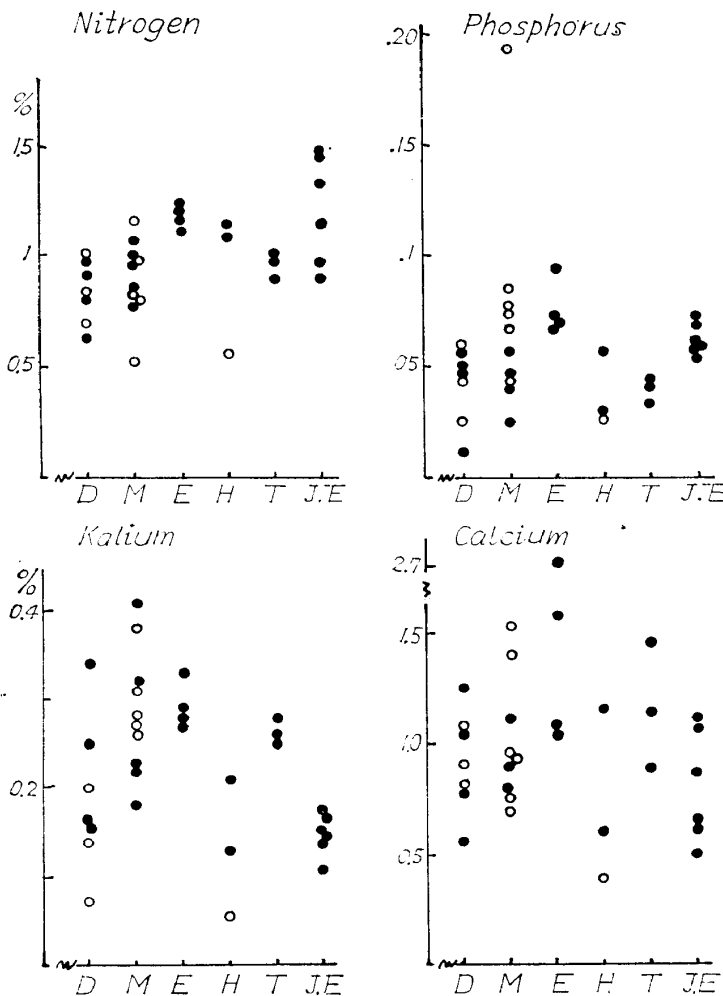


図10 A_0 層の物質含有率（乾物%）
（凡例は図3に同じ，J. E：日本の常緑広葉樹林）

図10をみると、DDF の A_0 層のチッ素、リンの含有率は他のものに比し、やや低いようであるが、バラツキが大きいため森林の種類ごとの違いは明らかではない。ただし、PKD 地区の Pine Forest の A_0 層の各養分含有率は他に比して著しく低い傾向があった。

日本の常緑広葉樹林の結果をあわせて示してあるが、それはチッ素においてやや大きい、カリウム、カルシウムではむしろ小さい傾向を示している。

同じ種類の森林内での違いには数多くの条件が関係しているであろうが、DDF の場合についてみると、PBL, SNI 地区のものはチッ素、リン、カルシウムにおいて最も小さいが、カリウムにおいては SNI 3 が逆に最も多く、マグネシウムにおいては PBL がかな

り多かった。また、PTC 地区の斜面中腹の PTC 11 ではチッ素、リン、カルシウムにおいて常に大きい値を示すが、逆にカリウムでは SNI や PBL のものより低い。このように A_0 層の養分含有率は立地条件の影響で変るとしても、その反応は物質の性質によって一様ではない。

分析した全試料についてみると、 A_0 層の養分含有率はチッ素（0.5~1.2%）、カルシウム（0.5~1.5%）で最も多く、ついでマグネシウム（0.1~1.0%）、カリウム（0.1~0.4%）であり、リン（0.02~0.09%）が最も小さかった。

前述したように A_0 層量は多いもので約 6ton/ha 程度にすぎないから、 A_0 層の養分量は多

くはない(表6)。

DDF ではチッ素で 7.4~18.7kg/ha, リンで 0.2~1.0kg/ha, カリウムで 1.2~5.6kg/ha, カルシウムで 8~22kg/ha で, 平均するとそれぞれ 11, 0.6, 2.6, 13kg/ha となる。また, TEF ではチッ素で 32~42, リンで 1.2~1.9, カリウムで 8.2~12, カルシウムで 32~48 (kg/ha) である。TEF は DDF より A₀ 層量が多いので養分量もそれにもなって多いが, 後述するように, 土壌中の養分量と比較すると A₀ 層に蓄積されている養分量は極めてすくない。

なお, A₀ 層の採取時の含水率は表層土のそれと同様の傾向を示し, 乾性のものほど採取時の含水率は低かった。すなわち, DDF で19%, MDF で21%, DEF で27%, HEF で47%, TEF で48%で, DDF や MDF の A₀ 層はほとんど風乾状態にあったといつてよい。

II-4. 土壌中の炭素, チッ素量

土壌試料は層位に無関係に表面からの深さに従って 0~5cm, 5~10cm, 10~20cm, 20~30cm, 30~50cm, 50~70cm の 6 試料をとった。

細土部分について炭素はチューリン法, チッ素はキュールダール法によって分析した。

表7(1)~(3)は炭素, チッ素の含有率を, 表8(1), (2)は単位容積あたりの量を示したものである。

(i) 炭素量

炭素含有率は表層土でも一般に小さく, 3%をこえるものはまれである。深さを増すにつれて含有率はさらに低下し, 50~70cm 深では1%をこえるものはほとんどなく, 大部分のものは0.5%以下となってしまう。

Richards¹⁵⁾も熱帯降雨林地帯で土壌は有機物に乏しく, 表層に集中しているとのべており, 一般に炭素含有率が低いことは事実のようである。

しかし, 前述したように土の容積重がかなり大きいので, 含有率における比較は量を問題とするとき充分ではない。

一定容積中の炭素量はその含有率に土壌量を乗じてえられるから, まず含有率と容積重との関係をタイ国と日本の林地について比較してみよう。図11はこの関係を土壌の性質や深さに無関係にプロットしたものである。

タイ国の林地での結果は容積重が大きく, 含有率の小さい方に集中するのに対し, 日本での結果は逆に容積重が小さく含有率の大きい方にかたよる傾向がある。しかし, 両者は連続して共通の上限をつくっている。しかもこの上限は容積重を逆数にとると, ほぼ直線関係を満足する傾向がある。このことはタイ国の林地の炭素濃度は低いとしても, 一定容積中の量においては日本の林地に比べすくないとはいきれないことを示している。

炭素含有率が小さいから, タイ国の森林土壌の炭素量がすくないとするのは誤りであつて, 日本の林地に比べ容積重が大きいということが炭素含有率の低いことを補償しているとみてよい。

表7 (1) 炭素, チッ素の含有率 (%), C/N

Carbon contents %		PTC3	PTC4	PTC5	PTC6	PTC7	PTC11	PTC12	PTC15	PTC16	PTC20	NPN1	NPN2	MKD1
調査地														
深さ	cm													
	0—5	1.72	2.16	1.27	1.88	1.40	2.47	3.03	1.65	1.74	2.38	1.02	1.03	1.42
	5—10	1.29	1.48	0.92	1.12	0.85	1.86	1.98	1.14	1.13	1.45	0.70	0.64	0.80
	10—20	0.61	0.61	0.15	0.67	0.36	1.45	1.09	1.00	0.78	0.78	0.64	0.50	0.66
	20—30	0.39	0.43	0.051	0.39	0.26	1.01	0.75	0.77	0.70	0.53	0.45	0.29	0.50
	30—50	0.30	0.46	0.041	0.40	0.30	0.72	0.71	0.90	0.65	0.38	0.39	0.34	0.28
	50—70	0.24	0.34	0.015	0.19	0.26	0.67	0.72	—	—	0.33	—	—	0.18
Nitrogen contents %														
深さ	cm													
	0—5	0.16	0.19	0.079	0.13	0.082	0.15	0.23	0.11	0.099	0.20	0.054	0.066	0.10
	5—10	0.13	0.15	0.056	0.080	0.058	0.13	0.18	0.080	0.070	0.15	0.046	0.047	0.076
	10—20	0.082	0.075	0.022	0.055	0.042	0.11	0.12	0.060	0.057	0.11	0.041	0.036	0.071
	20—30	0.059	0.060	0.017	0.041	0.037	0.085	0.083	0.059	0.059	0.065	0.037	0.036	0.046
	30—50	0.059	0.058	0.013	0.041	0.034	0.076	0.076	0.062	0.059	0.050	0.040	0.040	0.035
	50—70	0.055	0.042	0.013	0.033	0.033	0.075	0.075	—	—	0.050	—	—	0.023
C/N														
深さ	cm													
	0—5	10.8	11.4	16.1	14.5	17.1	16.5	13.2	15.0	17.6	11.9	18.9	15.6	14.2
	5—10	9.9	9.87	16.4	14.0	14.7	14.3	11.0	14.3	16.2	9.67	15.2	13.6	10.5
	10—20	7.4	8.13	6.82	12.2	8.57	13.2	9.08	16.7	13.7	7.09	15.6	13.9	9.30
	20—30	6.6	7.17	3.00	9.51	7.03	11.9	9.04	13.1	11.9	8.15	12.2	8.06	10.9
	30—50	5.1	7.93	3.15	9.76	8.82	9.47	9.34	14.5	11.0	7.60	9.75	8.50	8.00
	50—70	4.4	8.10	1.15	5.76	7.88	8.93	9.60	—	—	6.60	—	—	7.83

表7 (2)

Carbon contents %		MKD2	MKD3	SNI1	SNI2	SNI3	SNI4	PBL	PKD1	PKD2	PKD3	PKD4	PKD6	PKD7
調査地														
深さ	cm													
	0-5	0.87	1.67	1.14	1.36	1.11	2.13	0.50	7.69	2.39	2.41	1.81	2.91	0.84
	5-10	0.38	0.95	0.57	0.80	0.96	0.99	0.17	4.33	1.58	1.90	1.37	2.54	0.42
	10-20	0.22	0.65	0.33	0.32	0.30	0.70	0.09	1.42	1.42	1.73	0.90	2.11	0.34
	20-30	0.16	0.49	0.19	0.26	—	0.44	0.07	0.71	0.66	1.36	0.13	1.43	0.34
	30-50	0.076	0.36	0.16	0.25	—	0.10	0.06	0.37	0.29	1.42	0.09	0.77	0.28
	50-70	0.13	0.36	0.21	0.18	—	0.066	0.12	0.23	0.18	1.54	0.13	0.49	0.25
Nitrogen contents %														
深さ	cm													
	0-5	0.050	0.10	0.087	0.090	0.081	0.14	0.064	0.50	0.13	0.16	0.10	0.18	0.079
	5-10	0.031	0.066	0.060	0.060	0.069	0.093	0.024	0.30	0.096	0.15	0.074	0.17	0.040
	10-20	0.024	0.049	0.033	0.027	0.038	0.059	0.019	0.11	0.073	0.13	0.055	0.12	0.031
	20-30	0.022	0.037	0.024	0.027	—	0.039	0.016	0.062	0.049	0.097	0.021	0.11	0.031
	30-50	0.018	0.027	0.024	0.026	—	0.019	0.013	0.039	0.024	0.083	0.015	0.072	0.029
	50-70	0.021	0.020	0.023	0.021	—	0.015	0.016	0.029	0.021	0.082	0.028	0.043	0.030
C/N														
深さ	cm													
	0-5	17.4	16.7	13.1	15.1	13.7	15.2	7.8	15.4	13.4	15.1	18.1	16.2	10.6
	5-10	12.3	14.4	9.5	13.3	13.9	10.6	7.1	14.4	16.5	12.7	18.5	14.9	10.5
	10-20	9.17	13.3	10.0	11.9	7.8	11.9	4.7	12.9	19.5	13.3	16.4	17.6	11.0
	20-30	7.27	13.2	7.9	9.6	—	11.3	4.4	11.5	13.4	14.0	6.2	13.0	11.0
	30-50	4.22	13.3	6.7	9.6	—	5.3	4.6	9.4	12.1	17.1	6.0	10.7	9.7
	50-70	6.19	18.0	9.1	8.6	—	4.4	7.5	8.0	8.7	18.8	4.6	11.4	8.3

表7 (3)

Carbon contents %		PKD9	PKD10	TSL	DCI	LPN1	LPN3	LPN6	LPN7	CMI	KCG2	KCG3	KCG4	STL	
調査地															
深さ	cm														
0-5		2.41	2.04	2.59	2.02	2.89	0.97	1.61	1.59	15.01	1.53	1.89	1.43	0.69	
5-10		1.38	0.94	1.31	1.12	2.02	0.76	0.99	1.16	11.63	1.11	1.09	1.05	0.59	
10-20		0.86	0.62	0.96	0.78	1.67	0.49	0.69	0.92	9.76	0.65	0.60	0.78	0.20	
20-30		0.60	0.60	0.84	0.62	1.35	0.42	0.43	0.66	6.25	0.42	0.53	0.55	0.20	
30-50		0.45	0.52	0.80	0.52	1.16	0.39	0.37	0.45	2.85	0.36	0.50	0.50	0.20	
50-70		0.44	—	0.79	0.44	0.77	0.30	0.38	0.37	1.19	0.36	0.50	0.47	0.21	
Nitrogen contents %															
深さ	cm														
0-5		0.21	0.16	0.20	0.20	0.19	0.079	0.10	0.10	1.07	0.13	0.15	0.14	0.070	
5-10		0.13	0.10	0.12	0.14	0.15	0.076	0.083	0.083	0.94	0.12	0.11	0.12	0.067	
10-20		0.097	0.088	0.082	0.12	0.13	0.062	0.068	0.061	0.67	0.078	0.077	0.085	0.033	
20-30		0.061	0.076	0.068	0.092	0.11	0.047	0.047	0.052	0.46	0.053	0.054	0.070	0.027	
30-50		0.050	0.073	0.062	0.082	0.11	0.046	0.042	0.044	0.21	0.042	0.052	0.056	0.027	
50-70		0.049	—	0.073	0.082	0.076	0.042	0.035	0.037	0.083	0.044	0.056	0.047	0.028	
C/N															
深さ	cm														
0-5		11.5	12.8	13.0	10.1	15.2	12.3	16.1	15.9	14.0	11.8	12.6	10.2	9.9	
5-10		10.6	9.4	10.9	8.0	13.5	10.0	11.9	14.0	12.4	9.3	9.9	8.8	8.8	
10-20		8.9	7.0	11.7	6.5	12.8	7.9	10.1	15.1	14.6	8.3	7.8	9.2	6.1	
20-30		9.8	7.9	12.3	6.7	12.3	8.9	9.1	12.7	13.6	7.9	9.8	7.9	7.4	
30-50		9.0	7.1	12.9	6.3	10.5	8.5	8.8	10.2	13.6	8.6	9.6	8.9	7.4	
50-70		9.0	—	10.8	5.4	10.1	7.1	10.9	10.0	14.3	8.2	8.9	10.0	7.5	

表8 (1) 炭素, チッ素量 g/1000cc (* ton/ha/70cm 深)

Carbon		PTC3	PTC4	PTC5	PTC6	PTC7	PTC11	PTC12	PTC15	PTC16	PTC20	NPN1	NPN2	MKD1
	cm													
	0—5	17.46	22.81	15.88	19.65	16.80	26.06	31.06	19.22	19.75	18.09	12.85	13.70	17.32
	5—10	16.00	16.87	10.95	13.10	9.82	19.86	22.18	14.48	8.80	14.25	5.57	8.54	10.88
	10—20	7.99	7.14	2.04	8.78	3.83	7.90	14.01	12.27	4.57	9.70	4.35	4.31	9.50
	20—30	4.91	5.29	0.71	5.56	2.89	5.12	10.05	8.08	4.24	6.99	2.16	1.22	6.50
	30—50	3.69	2.64	0.59	4.92	2.54	2.87	10.05	6.30	3.27	4.90	1.48	—	3.61
	50—70	1.37	1.96	0.23	2.53	1.33	2.33	9.79	—	—	4.22	—	—	2.45
	0—70*	39.75	41.47	17.81	45.62	27.77	46.38	90.36	49.80	29.63	51.10	18.68	16.65	42.22
		MKD2	MKD3	SNI1	SNI2	SNI3	SNI4	PBL	PKD1	PKD2	PKD3	PKD4	PKD6	PKD7
	cm													
	0—5	12.09	19.37	13.14	16.84	14.11	20.92	6.88	43.29	23.90	28.17	15.84	34.19	10.75
	5—10	5.24	11.70	8.40	11.08	11.67	11.37	2.30	36.68	18.23	24.89	17.73	30.84	5.55
	10—20	3.17	7.59	5.03	4.53	3.64	6.72	1.26	16.29	18.18	23.86	12.23	23.93	4.66
	20—30	2.37	6.22	2.63	3.57	—	2.40	0.92	9.93	8.65	18.74	1.95	20.03	4.63
	30—50	1.08	5.04	2.21	3.41	—	0.76	0.83	5.73	4.34	18.30	1.35	9.03	3.86
	50—70	1.87	5.02	2.85	2.62	—	0.72	1.82	3.78	2.57	19.14	1.74	1.03	3.55
	0—70*	20.11	49.47	28.55	34.12	16.53	28.23	12.07	85.23	61.72	144.0	37.15	96.60	32.26
		PKD9	PKD10	TSL	DCI	LPN1	LPN3	LPN6	LPN7	CMI	KCG2	KCG3	KCG4	STL
	cm													
	0—5	24.53	24.75	26.13	24.04	34.68	13.05	18.58	17.27	67.55	18.21	21.47	16.46	8.52
	5—10	16.15	12.03	15.59	14.34	25.86	10.72	11.83	14.60	63.97	13.76	13.30	11.87	7.75
	10—20	11.63	6.74	12.16	10.12	22.71	7.11	8.39	12.03	53.39	8.44	7.90	9.95	2.76
	20—30	7.63	3.91	10.80	7.97	18.77	6.17	6.36	9.77	35.56	5.59	7.00	7.15	2.83
	30—50	6.13	1.99	10.00	6.86	15.89	5.56	5.27	6.93	17.50	4.42	5.89	6.11	2.54
	50—70	5.51	—	3.61	5.73	9.86	4.19	5.84	6.28	7.07	4.78	5.98	6.04	2.32
	0—70*	62.88	33.02	71.04	62.46	123.3	44.67	52.23	64.16	203.9	48.42	56.03	55.57	23.45

表8 (2)

Nitrogen		PTC3	PTC4	PTC5	PTC6	PTC7	PTC11	PTC12	PTC15	PTC16	PTC20	NPN1	NPN2	MKD1	
cm		1.62	2.01	0.99	1.36	0.98	1.58	2.36	1.28	1.12	1.52	0.68	0.88	1.22	
0-5		1.61	1.71	0.67	0.94	0.67	1.39	2.02	1.02	0.55	1.47	0.37	0.63	1.03	
5-10		1.07	0.88	0.30	0.72	0.45	0.60	1.54	0.74	0.33	1.37	0.28	0.31	1.02	
10-20		0.74	0.74	0.24	0.58	0.41	0.43	1.11	0.62	0.36	0.86	0.18	0.15	0.60	
20-30		0.73	0.33	0.19	0.50	0.29	0.30	1.03	0.43	0.30	0.64	0.15	—	0.45	
30-50		0.31	0.24	0.20	0.44	0.17	0.26	1.02	—	—	0.64	—	—	0.31	
50-70		5.51	4.62	2.15	4.33	2.61	3.64	9.04	3.37	2.13	6.29	1.29	1.22	4.27	
0-70*															
		MKD2	MKD3	SNI1	SNI2	SNI3	SNI4	PBL	PKD1	PKD2	PKD3	PKD4	PKD6	PKD7	
cm		0.70	1.16	1.00	1.11	1.03	1.37	0.88	2.82	1.30	1.87	0.88	2.12	0.11	
0-5		0.43	0.81	0.88	0.83	0.84	1.07	0.32	2.54	1.11	1.97	0.96	2.06	0.53	
5-10		0.35	0.57	0.50	0.38	0.46	0.57	0.27	1.26	0.93	1.79	0.75	1.36	0.43	
10-20		0.33	0.47	0.33	0.37	—	0.21	0.21	0.87	0.64	1.34	0.32	1.54	0.42	
20-30		0.26	0.33	0.33	0.35	—	0.14	0.18	0.60	0.36	1.07	0.23	0.84	0.40	
30-50		0.30	0.23	0.31	0.31	—	0.16	0.24	0.48	0.30	1.02	0.37	0.09	0.43	
50-70		2.37	3.35	3.50	3.04	1.40	2.60	1.92	6.98	4.10	9.23	3.19	6.85	3.28	
0-70*															
		PKD9	PKD10	TSL	DCI	LPN1	LPN3	LPN6	LPN7	CMI	KCG2	KCG3	KCG4	STL	
cm		2.27	1.94	2.02	2.38	2.28	1.06	1.15	1.09	4.82	1.55	1.70	1.61	0.86	
0-5		1.52	1.28	1.43	1.79	1.92	1.07	0.99	1.04	5.17	1.49	1.34	1.36	0.88	
5-10		1.31	0.96	1.04	1.56	1.77	0.90	0.83	0.80	3.66	1.01	1.01	1.08	0.46	
10-20		0.78	0.50	0.87	1.13	1.53	0.69	0.70	0.77	2.62	0.71	0.71	0.91	0.38	
20-30		0.68	0.23	0.78	1.03	1.51	0.66	0.60	0.63	1.29	0.52	0.61	0.68	0.34	
30-50		0.61	—	0.33	1.07	0.97	0.59	0.54	0.63	0.49	0.53	0.67	0.60	0.31	
50-70		6.57	3.63	5.86	9.13	10.36	5.16	4.83	5.26	14.84	5.44	5.80	6.04	3.01	
0-70*															

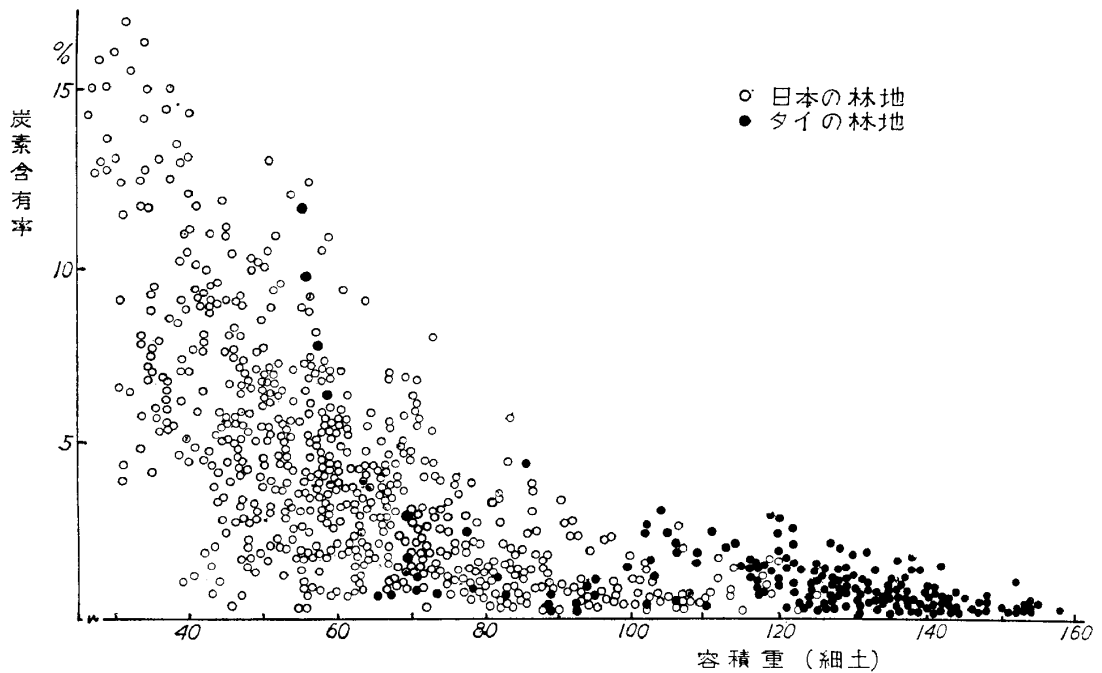


図11 炭素含有率と容積重との関係

(日本の林地での値として文献(19, 21, 22, 24, 26)のほか林野土壤調査報告 No. 1~5の資料を用いた。)

従って、量を中心として考えることにする。有機物量は炭素量に定数(1.724)を乗じて求められるから、炭素量は同時に土壌中の有機物量をもあらわすものである。なお、ここに求め

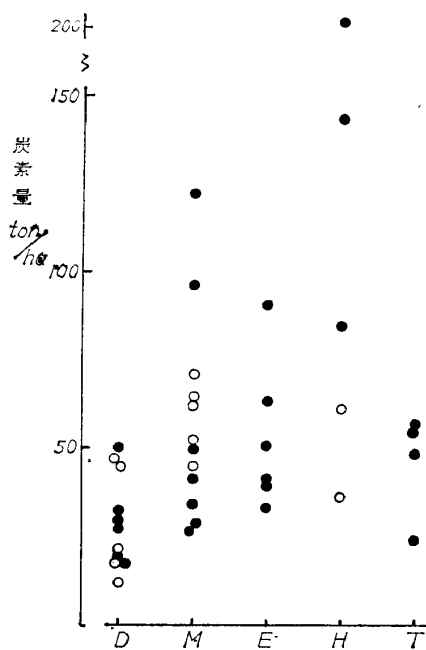


図12 炭素量の森林の種類による違い
(凡例は図3に同じ)

た炭素量は70cm深までのもので、土壌中の全量を示すものではない。

図12は森林の種類ごとに土壌中の炭素量をまとめ図示したものである。

すなわち、DDFにすくなく、HEFで最も多く、降水量に恵まれたTEFではすくなく。しかし、同じ種類の森林においても調査地ごとの違いが大きく、森林の種類による違いはそれほど明らかではない。

土壌中の有機物の蓄積量に気候、とくに気温と降水量とが重要な関係をもっていることはよく知られている。そこで、森林の種類の違いを無視し、温度と水分条件がタイ国林地の有機物量とどのような関係をもっているかをみよう。

高海拔地にあるHEFでは炭素量が最も多く、CMIでは203ton/haに達している。一方、高温多雨のTEFで

は KCG 地区で 50ton/ha 前後，STL 地区で 23ton/ha にすぎず，HEF に比べすくなかった。このような違いには温度条件が支配的に影響しているものと思われる。

各調査地の気温を付近の観測資料から推定し，月平均温度（0°C 以上）の和を積算温度として，これと土壌中有機物と A₀ 層量の合計値との関係を求めたものが図13である。

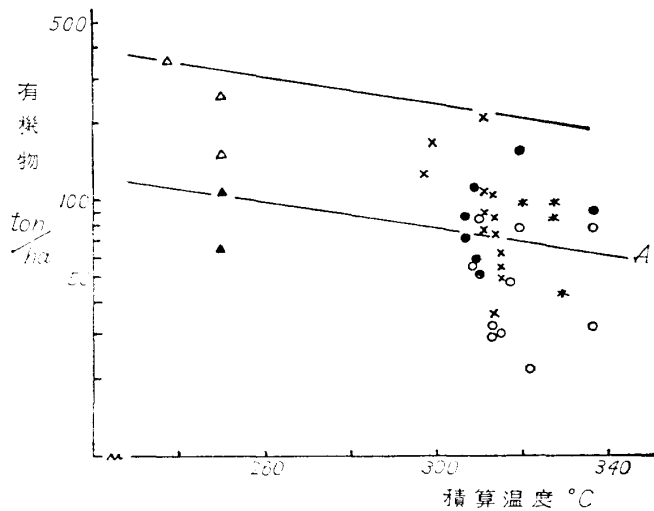


図13 林地の有機物量（A₀ 層と土壌 70cm 深の合計量）と積算温度との関係（凡例は図 6 に同じ）

同じ温度条件の下でも森林の種類や土壌の性質など様々の条件が異なるため差異が大きく，両者の関係は甚だ不明瞭であるが，一般には指数関数的関係が成立することが知られており，日本の林地の有機物量についても，その上限において同じ関係の成立することが認められている⁴⁾。そこで図13においても上限に沿って直線をひくと，多分タイ国の森林土壌が含みうる有機物量の最高に近いものを示すであろう。

この図から推定すると，海拔 1,000m をこえる HEF では A₀ 層をあわせて

300 ton/ha 程度，東北タイ山地の DEF で 200ton/ha 程度，南タイの TEF で 150ton/ha 程度に達する可能性があるものようである。

一方，同じ積算温度の下でも林分によって林地の有機物量に大きな差異があった。このような違いには様々の条件が関係するが，その一つとして水分条件が考えられる。

乾季における乾燥の度合を採取時水分量であらわし，これと炭素量との関係を図示すると図14のようである。

両者の関係はかなりバラツキが大きい，DEF と MDF ではおおよそ採取時水分量がすくないものほど炭素量もすくないという関係が認められた。

前述したように，DDF では有機物量が最もすくなく，炭素量で 20ton/ha 以下の値を示したのは DDF に限られていた。この森林は閉鎖していない疎林であって，林地への有機物供給量もすくないと推定される¹⁰⁾。そのうえ乾季には野火で林床の有機物が焼失し，雨季には表土がはげしく侵蝕されることが，有機物の損失を促進しているものとみられる。これらには直接，間接に乾燥，いかえると降水量のすくないことが関係している。

Jenny はある範囲内で降水量が多くなると林地の有機物量が増える傾向のあることを認めているが，一方で乾燥しやすい立地ほど有機物の分解が抑制されて粗腐植の堆積がおこりやすいこともまた事実であって，降水量の多少が林地の有機物量にどのように影響するかはよく知ら

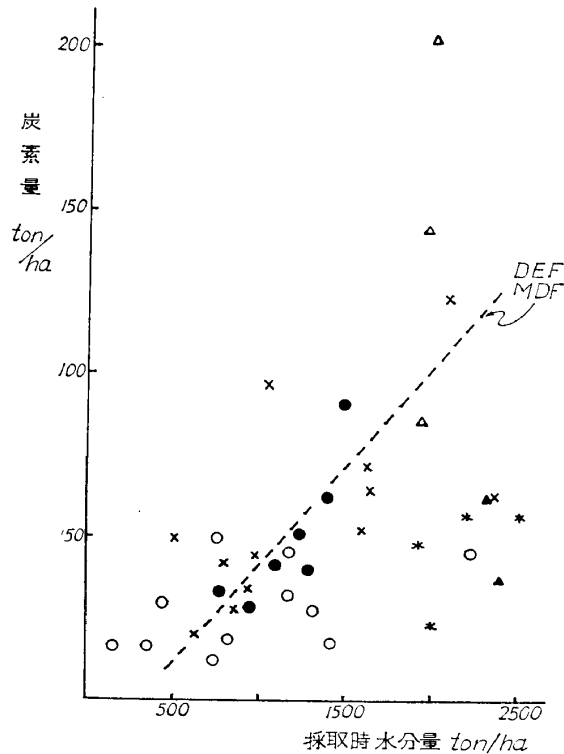


図14 土壌の採取時水分量と炭素量との関係
(凡例は図6に同じ)

有機物量も同様に地形によって変る傾向が PTC 地区でみられた。すなわち、PTC 地区の斜面上部の DEF で 80ton/ha (A₀ 層と土壌中有機物合計量) であつたに対し、斜面下部の DEF で 92ton/ha (PTC 20), 160ton/ha (PTC 12) であつて斜面上部のものの方がすくなかつた。

このほか、土壌の母材の違いが林地の有機物量の多少と関係があるようにみえる例がある。本調査地のうち、土壌中炭素量の多いのは、HEF を除くと、LPN 1 の 123ton/ha, PKD 6 の 97ton/ha などがとくに多かつた。これらはともに石灰岩を母材とする重粘な土壌であつた。北タイの Teak 林土壌についての結果によつても石灰岩土壌で炭素含有率が高い傾向が認められるし、竹原も西南諸島の亜熱帯林で石灰岩土壌の方が腐植にとむ傾向のあることを認めている。母材料の違いは熱帯土壌の性質の決定に重要な役割をもつことが知られているから、土壌中の有機物の蓄積についても母材料の違いが影響をもつことは考えられてよいことであらう。

このようにタイ国の林地に蓄積されている有機物量は巨視的には温度、水分条件の違い、いかえると森林の種類の違いによって変り、局地的には地形、母材料、野火などの人為などの影響をうけて様々に変るが、前にすこしくふれたように、量的にみると日本の各地の林地と著しく違いがないようにみえる。

わが国の黒色火山灰土壌を除いた各地の資料から推定した積算温度と林地の有機物量の関係

れていない。

タイ国の DDF や MDF の一部では乾燥の影響による林地への有機物供給量がすくないということを当然考慮すべきではあるが、むしろ乾季における野火で林床の有機物が焼失してしまうことが、土壌中の有機物量をすくなくしている最も重要な原因と考えて差支えないであらう。

なお、MDF のうち東北タイの MKD, SNI 地区のものは、同じく砂岩を母材とする北タイの LPN 地区のものに比べてすくなかつた。採取時の水分量においても東北タイのものはすくなく、後述するように土壌中の養分量にも差異があつたから、同じく MDF といつても両地区の立地条件には違いがあるように思われる。

前に同一地区内では地形によって採取時水分量や容積重などに違いがあることを示した。有

機物量も同様に地形によって変る傾向が PTC 地区でみられた。すなわち、PTC 地区の斜面上部の DEF で 80ton/ha (A₀ 層と土壌中有機物合計量) であつたに対し、斜面下部の DEF で 92ton/ha (PTC 20), 160ton/ha (PTC 12) であつて斜面上部のものの方がすくなかつた。

このほか、土壌の母材の違いが林地の有機物量の多少と関係があるようにみえる例がある。本調査地のうち、土壌中炭素量の多いのは、HEF を除くと、LPN 1 の 123ton/ha, PKD 6 の 97ton/ha などがとくに多かつた。これらはともに石灰岩を母材とする重粘な土壌であつた。北タイの Teak 林土壌についての結果によつても石灰岩土壌で炭素含有率が高い傾向が認められるし、竹原も西南諸島の亜熱帯林で石灰岩土壌の方が腐植にとむ傾向のあることを認めている。母材料の違いは熱帯土壌の性質の決定に重要な役割をもつことが知られているから、土壌中の有機物の蓄積についても母材料の違いが影響をもつことは考えられてよいことであらう。

このようにタイ国の林地に蓄積されている有機物量は巨視的には温度、水分条件の違い、いかえると森林の種類の違いによって変り、局地的には地形、母材料、野火などの人為などの影響をうけて様々に変るが、前にすこしくふれたように、量的にみると日本の各地の林地と著しく違いがないようにみえる。

わが国の黒色火山灰土壌を除いた各地の資料から推定した積算温度と林地の有機物量の関係

における上限を延長すると、図13に示したA線となり、今回調査したタイ国の林地の約半数以上はA線より上にプロットされることになる。亜寒帯に属する北海道大雪地方の天然生トドマツ林でさえ 300ton/ha をこえず、CMI 地区でえた値より大きくはない。日本の林地ではおよそ 70ton/ha から 300ton/ha の範囲内にあり、タイ国では 20~350ton/ha, CMI 地区の特異例を除いても 20~250ton/ha である。タイ国では乾季における野火や雨季における侵蝕で荒廃した DDF で有機物量がとくにすくなく、最低値をひきさげているが、温度条件の著しい違いを考慮するとタイ国の林地の有機物量はすくないといえず、むしろ暖温帯、冷温帯に分布するわが国の林地のそれより相対的に大きい値を示しているといえるであろう。

Richards¹⁵⁾ もこの傾向を認め、年平均温度 25°C 以上では土壌中に有機物の集積がおこらないという Mohr の考えから期待されるほど土壌中の有機物量はすくなくないとのべている。今回の調査地のうち、高海拔地を除けば、年平均気温は 25°C 附近にあると推定されるので、Mohr の考えからみれば異常に高い値であるといわねばならない。

Jenny⁶⁾ はアメリカ南部の熱帯森林の下で土壌中に有機物が極めて多量に蓄積されており、A₀ 層をあわせて 50in. 深までに炭素量にして 450ton/ha に達する例を報告した。柴田ら¹⁸⁾ は南ベトナムのダラット高原で土壌の炭素含有率 10~17% という値をえた。この値はタイ国の HEF でえた表層土のそれにほぼ匹敵する値である。

土壌中の有機物量は毎年土壌に加えられる有機物量とその分解速度との釣合で決まる。気温の高い熱帯で土壌中に有機物の蓄積量の高いことの原因として、有機物の供給量とその分解のはやさについて検討してみる必要がある。

落葉量について Bray¹⁾ らは低緯度地方ほど多く、熱帯では 11 ton/ha に達し冷温帯の約 3 倍、暖温帯の約 2 倍に達するとしている。落枝量は全量の約 30%¹⁰⁾ に達すること、根の毎年の枯死量が落葉量の 0.5 倍に達することを考えると、熱帯と冷温帯との差はもっと大きくなる可能性がある。吉良ら⁷⁾ はタイの KCG 地区の TEF で落葉と落枝だけで 23.3ton/ha であるとし、小川ら¹⁰⁾ は北タイの DEF で 25 ton/ha という推定値をえている。

毎年の林地への有機物供給量の正確な値は熱帯森林のみでなく、冷温帯についても乏しいので数量的な比較は困難であるとしても、熱帯の森林は暖温帯や冷温帯のそれよりも落葉落枝量が多い傾向のあることは間違いないことであろう。すなわち、毎年林地に加えられる有機物量が多いということが林地での有機物の蓄積を多くすることの一つの有力な原因と考えられる。

一方で Jenny⁶⁾ は温帯林と熱帯林の土壌有機物量を比較して、熱帯の方が落葉量が多いが、同時に土壌中での分解率が温度差から推定されるほど大きな違いがなかったことから、土壌中で有機物の分解を妨げ、蓄積を多くしている何らかのはたらきがあるものと推定している。

動的平衡状態にある林地では有機物の平均分解率は毎年の有機物供給量を林地の蓄積量で割ったものとして求めることができる。⁵⁾²⁵⁾ いま、熱帯の森林の落葉落枝量を DDF で 3 ton/ha,

MDF で 6.5ton/ha, DEF, HEF で 13.2ton/ha, TEF で 23ton/ha と仮定する。DDF については小川らの値をそのまま用いた。MDF では小川らの林分葉量 5ton/ha に落枝量を考慮して 1.3 を乗じてえた値である。DEF では荻野らの PTC 地区での測定で林分葉量 7ton/ha であった。しかし落葉量は林分葉量より多い傾向がある。吉良らによれば TEF で葉量 8.2ton/ha のとき落葉量 11.9ton/ha をえているので、7ton/ha に 11.9/8.2 を乗じて落葉量とし、さらに 1.3 を乗じて落葉落枝量とした。HEF は DEF の値をそのまま使った。TEF に対しては吉良らの KCG 地区における測定値を使った。

このように仮定した落葉落枝量と林地の有機物量とから平均分解率を求め、これを積算温度との関係で示したものが図15である。

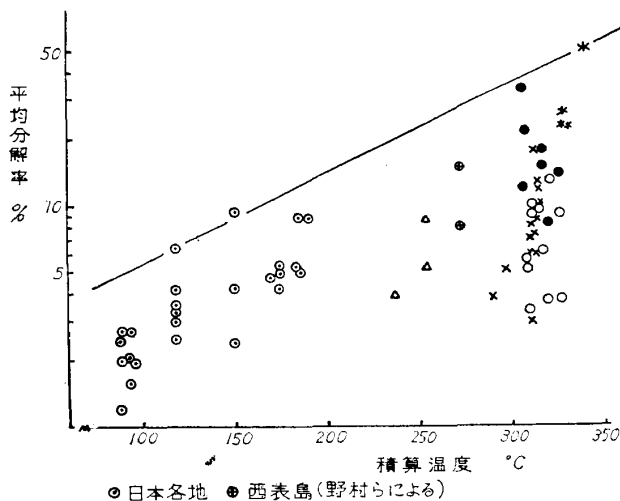


図15 林地の有機物の平均分解率と積算温度との関係 (凡例は図6に同じ)

190°C 前後の暖温帯南部の常緑広葉樹林で 5～9%， 亜熱帯の西表島では約 270°C で 8～15%， タイの KCG 地区の TEF では約 330°C で 25%前後の値を示しており、 積算温度の上昇にともなって平均分解率は指数曲線的に増大する傾向が認められる。

従って、 熱帯の林地で Jenny のように分解速度のおそいことは必ずしも一般的なことではなく、 高温にふさわしい高い分解率をもつと考えられる。とすれば、 熱帯の林地で有機物量が温度の高い割に多いことの理由は分解がおそいというより、 有機物の供給量が著しく多いということに主に支配されているのではないかと思われる。

(ii) チッ素量

土壌のチッ素含有率は一般に表層土で高く、 深さを増すにつれて減少するが、 表層土での値は CMI 地区で 1.07%， PKD 1 で 0.5%であったのを除くと、 他はすべて 0.2%以下であり、 DDF では 0.1%以下のものが多く、 一般に含有率は小さかった。

炭素の場合と同様にこれを 70cm 深までの量として求め、 これを炭素量と比較してみると図 16 のようになる。

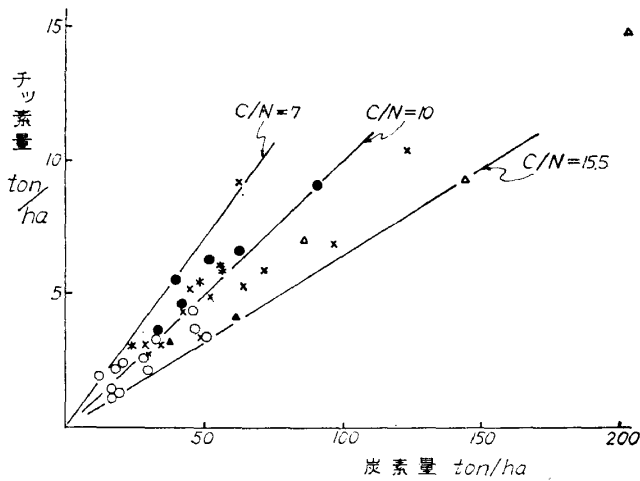


図16 土壌の炭素とチッ素の量的関係
(凡例は図6に同じ)

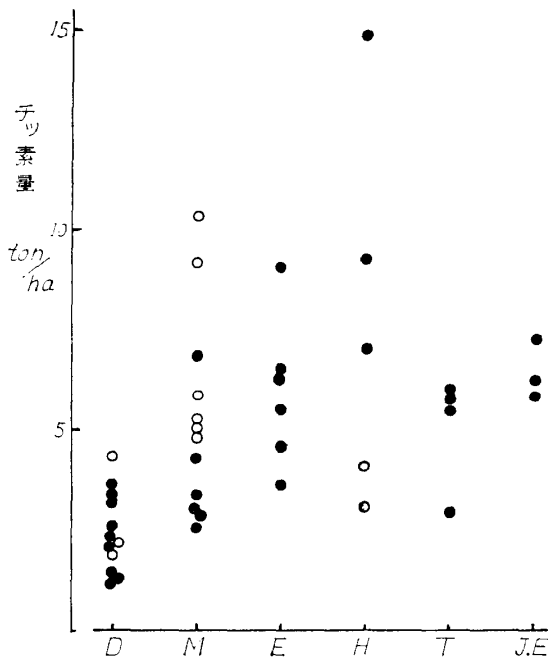


図17 チッ素量の森林の種類による違い
(凡例は図3, 図10に同じ)

概括的にみると、土壌中のチッ素量は炭素量と密接に関係しており、炭素量の多い林地ではチッ素量も同時に多いとみてよい。従って炭素量でみたと同様の関係が林地のチッ素量と種々の要因との間にも成立している。

たとえば、図17に示したように森林の種類別にまとめてみると、炭素量の場合と同様、DDFに最も少なく、HEFに最も多く、TEFでは再び少なくなっている。また、MDFでとびぬけてチッ素量の多い2林地のうちの一つは石灰岩を母材とするLPN1である。

チッ素量の最も多かったのはHEFのCMI地区で約15 ton/haであり、これにつぐものはLPN1(10.4 ton/ha, MDF), PKD3(9.2 ton/ha, HEF), DCI(9.1 ton/ha, MDF), PTC20(9.0 ton/ha, DEF)などである。逆に3 ton/ha以下の小さい値を示したのはほとんどDDFのものであった。DDFでは野火や侵蝕の影響を強くうけており、CMIではとびぬけて多いので、これらを除外すると、タイの林地のチッ素量はおよそ3~10 ton/ha程度の範囲にあった。

なお、この値はA₀層のチッ素をふくんでいないが、後にのべるように、A₀層

のチッ素量は土壌中のそれに比べ無視するほどすくない。

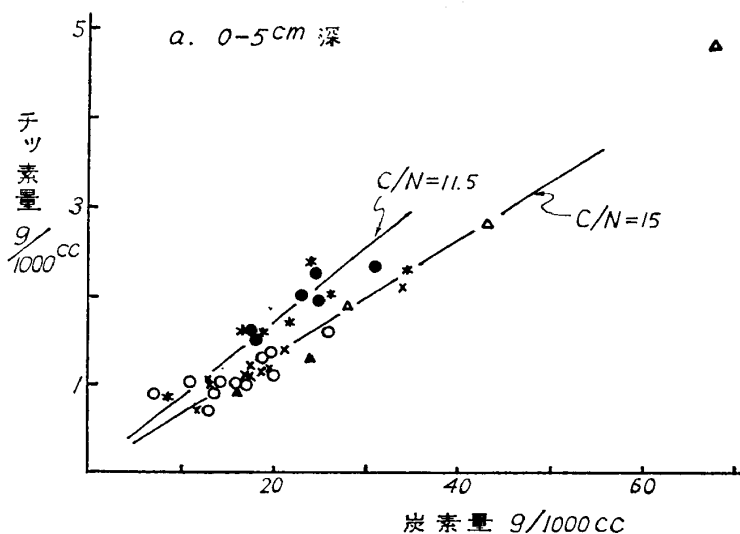
日本の各地の林地でのチッ素量は¹⁹⁾²¹⁾²²⁾²⁴⁾²⁶⁾黒色火山灰土壌を除いて3~12 ton/ha程度であったから、両者の間にほとんど差異はないように見える。

チッ素の平均分解率は有機物のそれと同様の方法で求められるが、毎年の林地への供給量の推定が困難である故さけておき、後に特定の地区(PTC地区)の林分について再びふれることにしよう。

ただし、チッ素の平均分解率は炭素または有機物の分解率と密接な関係があり、日本各地の森林でチッ素の平均分解率は炭素のその約 1/2~1/3 の場合が多く、北タイの各種の森林についての結果¹⁰⁾もおおよそ同じ範囲内にある。従って、落葉落枝の主な部分をなす樹葉のチッ素含有率に著しく大きな差異がなければ、おおまかには前に示した有機物の平均分解率の 1/2~1/3 程度がタイ国の林地におけるチッ素の平均分解率とみて大きな誤りはないであろう。

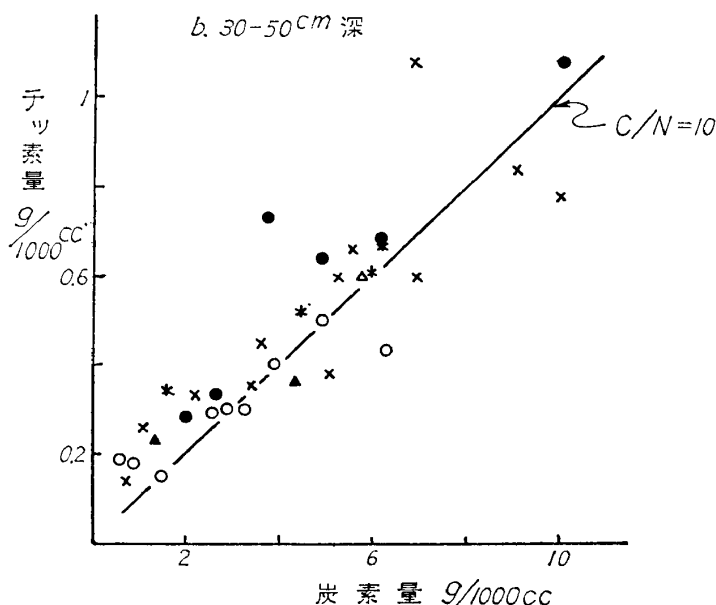
(iii) C/N について

炭素とチッ素の量的関係を示した図16をくわしくみると、おおよそ DEF, TEF ではその



他のものより同じ炭素量に対してチッ素量が多い。いいかえると C/N が小さい傾向がみられる。

さらに、これを深さごとに比較してみよう。図18は0~5cm, 30~50cm 深における C/N を示したものである。同じ種類の森林でも林分による違いが大きいが、表層土においては DEF, TEF のグループとその他のものに大別でき、前者の方がやや C/N が小さくて 11.5 を中心としており、後者はおおよそ15付近にあった。



C/N は一般に深さを増すにつれて小さくなり、チッ素にとんだ形となってくるが、同時に表層土にみられた森林の種類による違いも次第にすくなくなってくるようである。30~50cm 深における C/N はおおよそ 10 または 10 よりやや小さく、森林の種類による違いは明らかではない。

図18 深さ別の炭素、チッ素の量的関係 (凡例は図6に同じ)

タイ国の林地の C/N を日本のそれと比較すると、図19のように、

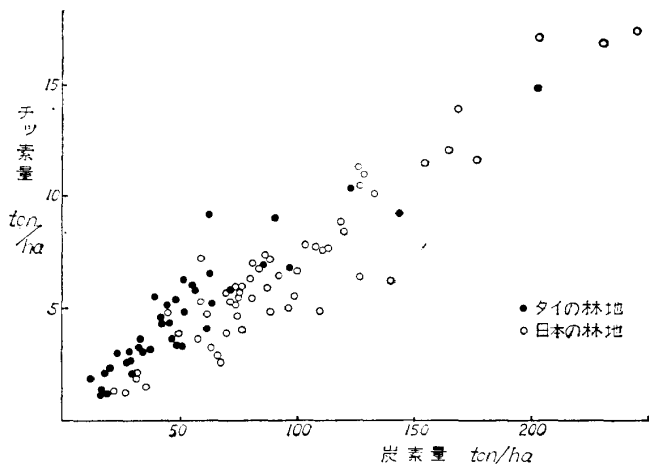


図19 土壌の C/N の日本とタイの林地との比較
(日本の林地の資料として文献19, 21, 22, 24, 26を用いた。)

タイ国の林地の方がいくらか C/N が小さく、とくに DEF, TEF では炭素量に比してチッ素にとんでいることがわかる。このようなチッ素の獲得には Jenny⁶⁾ が指摘したようにマメ科植物の混交の割合の高いこと、雨水によるチッ素の供給量が多いことなどをあげることができよう。

(iv) 炭素、チッ素の土壌中での垂直分布

A₀ 層量はすくないのに対して、土壌中の炭素、チッ素量は意外に多かったから、

A₀ 層と土壌中のものの合計量の中で占める A₀ 層の割合は極めてすくない。

有機物についてみると10%をこえるものはまれで、大部分のものは5%以下であった。新鮮な落葉の分解は極めてはやく、TEF では4カ月程度で分解してしまうと推定されたから、A₀ 層としての有機物の蓄積はほとんどおこらないといってもよい。北海道のトドマツ林で30%程度²⁴⁾にまで達する場合のあることと比較すると、温度の高い地方ほど林地の有機物はより多く土壌中に蓄積される傾向があるようにみえる。

チッ素の場合はこの割合がさらに小さく、1%をこえるものがほとんどなく、A₀ 層としてのチッ素量は無視しうるほど小さいようである。

土壌中での炭素、チッ素の垂直分布の1例を図20に示した。

70cm 深まで指数曲線を満足するものはまれで、大抵のものは20~30cm で折れ曲り、勾配がゆるくなってしまう。

深さにもなう減少の割合について PTC 地区内で DDF (5,7,16) と DEF (3,12,20) とを比較すると、DDF の方がやや勾配が大きいようであった。これは表面の含有量を100として比数の形でかきなおした図21に明らかであろう。

すなわち、DDF は DEF に比して深さにもなう有機物含有量の減少の割合がはげしく、表層土により多く集中する傾向をもつといえる。

このほかでは森林の種類や地形、母材などの違いによる垂直分布のはっきりした違いは見出せなかった。

なお、タイ国での結果を日本各地の林地の有機物の垂直分布と比較する目的で、70cm 深の炭素量に対する 0~10cm 深の炭素量の関係を図22に示した。

Richards は熱帯の林地で有機物が表層土に集中するとのべているが、この図に明らかなよ

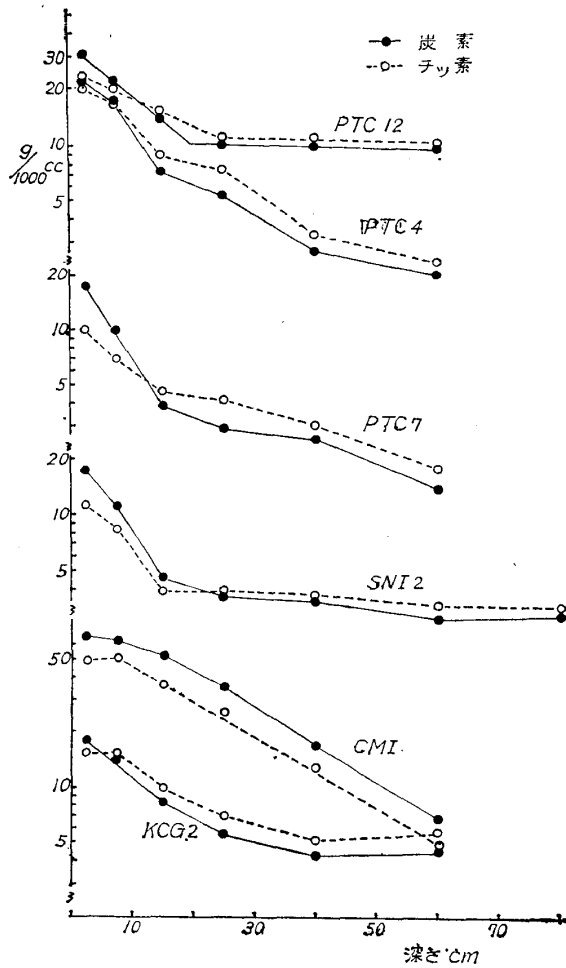


図20 炭素、チッ素の土壤中での垂直分布 (チッ素量: ×10)

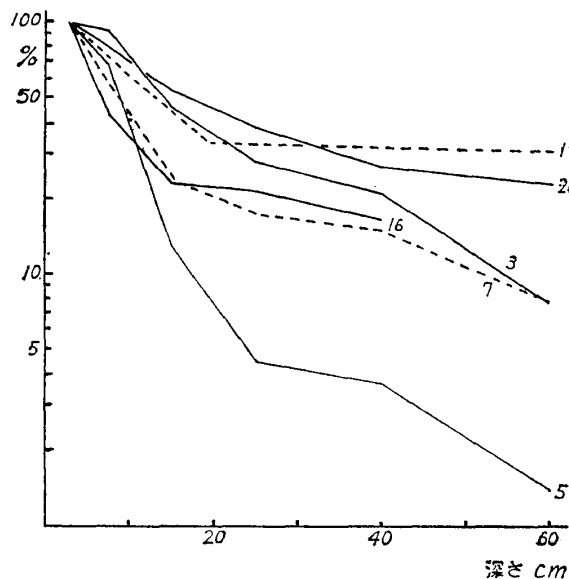


図21 炭素量の垂直分布の比較 (PTC 地区) (それぞれ表層土 [0~5cm 深] の値を 100としたときの比数であらわす。)

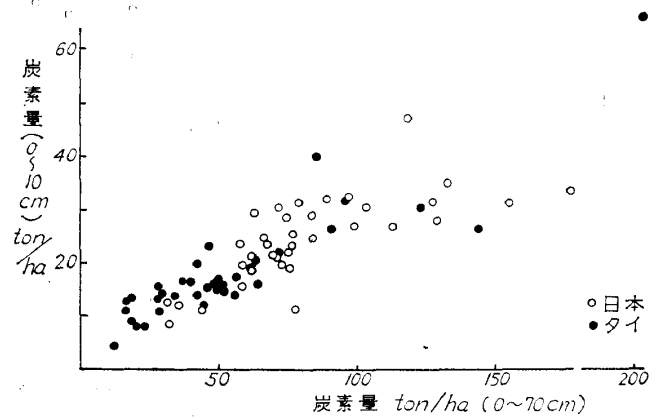


図22 炭素量の表層への集中の度合いについての比較 (0~70cm 深の炭素量に対する0~10cm深の炭素量の割合によって表層への集中の度合いを比較した。日本の林地の資料としては第19図と同様である。)

うに、日本の林地と比較してとくに表層により多く有機物が集中するという傾向はみられなかった。

III ま と め

タイ国の各種の森林について、その土壌の2, 3の物理性と土壌中に蓄積されている物質量についての調査を行なった。調査地は東北タイを主とし、北部、南部の一部を加え、タイ国の主要な各種の森林を含むようにした。

A₀層量は一般にすくない。最もすくなかったDDFで0.5~2.1ton/ha程度、南タイのTEFで4ton/ha程度で、F, H層はほとんどみられなかった。

乾季のはじめの表層土の採取時含水量の多少は森林の種類の違いとよく一致しており、DDFでは著しく乾燥していた。MDF, DEFがこれにつづき、HEFやTEFでは50%以上(最大容水量に対する百分率)であった。土壌が十分に湿った状態にあったTEFでの70cm深までの水分量は200~250mmであった。

容積重は全般に大きく、100をこえるものが多かった。斜面上部や台地上の DDF では極めてかたく固結する層が浅くあらわれ、容積重（石礫を含む）が190にまで達する例があった。

土壌の炭素含有率は3%をこえるものはまれで、一般に低い。とくに DDF で低く、HEF では逆に最も高い値を示した。

一方で、容積重が大きいから容積あたりの炭素量はすくなくはなかった。A₀層をあわせ70cm深までの有機物量は20~350ton/haの間にあった。とびぬけて大きいCMI地区(HEF)を除外しても20~250ton/haである。野火や侵蝕で荒廃したDDFでの値が小さく、最低値をひきさげているが、日本各地での値、70~300ton/haにくらべ著しくすくないとはいえない。

落葉落枝量を推定して求めた平均分解率は気温の支配を強くうけ、気温の上昇とともにほぼ指数曲線的に大きくなる傾向がみられた。南タイのKCG地区のTEFでは平均分解率が25%前後にも達し、亜寒帯のトドマツ林(北海道)での値1~3%にくらべはるかに高い。

一方で、落葉落枝量は低緯度地方ほど多くなる傾向があるから、高温の熱帯で土壌中の有機物の蓄積量が意外に大きいのは、平均分解率が低いというより、主に毎年の有機物供給量が著しく多いということによっているものと推定される。

チッ素量はほぼ炭素量と一定の割合を保っており、70cm深までに3~15ton/ha、CMI地区の特異例を除けば、3~10ton/haであった。日本各地の林地での値が3~12ton/haであったから、両者の間に著しい量的な違いはないようにみえる。しかし、含有率においては大部分が0.2%以下で、炭素の場合と同様に低い。

表層土におけるC/NはDEF、TEFでおよそ11.5、その他のものではおよそ15であった。これを日本各地の林地のC/Nと比較すると、タイの林地の方がいくらかC/Nが小さく、相対的にチッ素にとんでいるように思われる。

謝 辞

本調査は京都大学東南アジア研究センター奥田前所長、岩村現所長ほかの皆様のご配慮により行なわれたものである。調査の実行にあたっては京大農学部の四手井、川口両教授、タイ国Kasetsart大学林学部長Thiem Komkris教授、Chulalongkorn大学Kloom Vajropala教授のほか、Kasetsart大学林学部の皆様のご指導、御協力をえた。ここに厚く御礼申しあげらる。

文 献

- 1) Bray, J. R. and E. Gorham. "Litter Production in Forests of the World," *Advances in Ecol. Res.* II, 1964. pp. 101-159.
- 2) Dusit Baniibatana. *Brief Note on Forest and Forestry Problems in Thailand.* Bangkok : Royal Forest Dept., 1962.
- 3) Greenland, D. J. and P. H. Nye. "Increases in the Carbon and Nitrogen Contents of

- Tropical Soils under Natural Fallows," *J. Soil Sci.* Vol. 10, No. 2, 1954. pp. 284-299.
- 4) Jenny, H. *Factors of Soil Formation*. New York : 1941.
 - 5) Jenny, H., S. P. Gessel and F. T. Bingham. "Comparative Study of Decomposition Rates of Organic Matter in Temperate and Tropical Regions," *Soil Sci.* Vol. 68. New Jersey : 1949. pp. 419-432.
 - 6) Jenny, H. "Causes of the High Nitrogen and Organic Matter Content of Certain Tropical Forest Soils," *Soil Sci.* Vol. 69. New Jersey : 1950. pp. 63-69.
 - 7) Kira, T., F. Ogawa, K. Yoda, and K. Ogino. "Primary Production by a Tropical Rain Forest of Southern Thailand," *The Bot. Mag.* Vol. 77, No. 917, Tokyo : 1964. pp. 428-429.
 - 8) 野村穰, 佐藤治雄「西表島の植生」『八重山群島学術調査報告』1963. pp. 177-196.
 - 9) Nye, P. H. "Organic Matter and Nutrient Cycles under Moist Tropical Forest," *Plant and Soil*. Vol. 13, No. 4. Hague : 1961. pp. 333-346.
 - 10) Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. "A Preliminary Survey on the Vegetation of Thailand," *Nature and Life in Southeast Asia*. Vol. I. 1961. pp. 21-157.
 - 11) Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. "Comparative Ecological Studies on Three Main types of Forest Vegetation in Thailand. II," *Nature and Life in Southeast Asia* Vol. 4. 1965. pp.49-80.
 - 12) 荻野和彦他 "未発表"
 - 13) 大政正隆「ブナ林土壌の研究」『林野土壌調査報告第1号』1951. pp. 1~243.
 - 14) Pendleton, R. *Thailand*. New York : 1962.
 - 15) Richards, P. W. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge : 1952.
 - 16) Royal Forest Dept. *Types of Forests of Thailand*. Bangkok : 1962.
 - 17) Sa-ard, Boonkird, M.D. Dawson and E. L. Stone, Jr. "A Preliminary Study of Teak Soils and Sites in Lampang Province," *J. National Research Council*. Vol. I. 1960. pp.27-75.
 - 18) 柴田信男, 上田弘一郎, 堤利夫「南ベトナムでみた林野土壌の性質について」『日林講』No. 73. 1962. pp. 210-216.
 - 19) 四手井綱英, 堤利夫, 菅誠「人吉事業区コジイ天然生林の調査報告」『住友林業』1962.
 - 20) 四手井綱英, 堤利夫「林地の有機物集積量とその年分解率と気候との関係」『日林誌』Vol. 44. No. 11. 1962. pp. 297-303.
 - 21) 四手井綱英(編)「森林の生産力に関する研究(Ⅰ)」国策パルプ, 1960.
 - 22) 四手井綱英(編)「森林の生産力に関する研究(Ⅲ)」日本林業技術研究会・育林技術研究会, 1966.
 - 23) 竹原秀雄「西南諸島の亜熱帯森林土壌Ⅰ」『日林誌』Vol. 46. No. 12. 1964. pp. 384-388.
 - 24) 堤利夫, 四手井綱英「天然生トドマツ林の乾物, 養分現存量」『日林講』No. 72. 1962. pp. 177-179.
 - 25) 堤利夫. 「森林の成立および皆伐が土壌の2・3の性質に及ぼす影響について(Ⅰ)」『京大演報』No. 34. 1963. pp. 37-64.
 - 26) 堤利夫, 四手井綱英 未発表