

# タイ国の森林土壌における物質量とその循環

— 無機養分について —

堤 利夫 ・ 菅 誠 ・ Choob KHEMANARK

## The Amount of Plant Nutrients and Their Circulation in the Forest Soils in Thailand

— the Amount of Bases, Phosphorus and their Circulation —

by

Toshio TSUTSUMI, Makoto KAN and Choob KHEMANARK

### は じ め に

タイ国森林土壌についての2, 3の物理性と炭素, チッ素量については前に報告した。<sup>16)</sup> この報告はそれに引続き, 土壌中の無機養分量を中心としてとりまとめたものである。

調査地や調査方法などについては前報にのべたとおりである。

### 1 置換性塩基の濃度について

土壌の置換性塩基の含有率を Peech 法に基づき, 酢酸アンモンを用いる方法で抽出し,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  は EDTA 滴定法,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  は炎光分析によって定量した。

分析結果を乾土 100g あたりのミリグラム当量で示したものが表 1 である。また,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  の合計量 (me/100g) の多少を森林型ごとにまとめたものが図 1 である。

塩基の含有率は同じ種類の森林であっても違いが大きく, 両者の間にはっきりした関係はみられない。

PTC\* 地区だけについてみると, 斜面上部の PTC 3, 7 では斜面下部の PTC 5, 6, 12, 20 に比べて塩基含有率が極めて低い。しかも森林の種類の違いをこえて, 斜面上下の差がみられる。すなわち, PTC 7, 5, 6 は DDF, PTC 3, 12, 20 は DEF であった。このような斜面上部,

\* 森林の種類および調査地の略号については本誌第 4 巻第 2 号に掲載の拙稿を参照されたい。

表1 置換性塩基含有率 (me/100g)

PTC 3	0-5cm	5-10	10-20	20-30	30-50	50-70	PTC 5	0-5cm	5-10	10-20	20-30	30-50	50-70
Ca <sup>++</sup>	0.96	0.55	0.55	0.45	0.50	0.50	Ca <sup>++</sup>	4.76	3.09	1.31	0.78	0.65	0.60
Mg <sup>++</sup>	0.45	0.25	0.15	0.21	0.21	0.30	Mg <sup>++</sup>	1.97	1.62	0.44	0.36	0.44	0.44
K <sup>+</sup>	0.37	0.26	0.20	0.20	0.23	0.28	K <sup>+</sup>	0.25	0.23	0.20	0.18	0.18	0.17
Na <sup>+</sup>	0.15	0.15	0.18	0.22	0.21	0.47	Na <sup>+</sup>	0.12	0.12	0.15	0.18	0.13	0.18
計	1.93	1.21	1.08	1.08	1.15	1.55	計	7.10	5.06	2.10	1.50	1.40	1.39
PTC 6							PTC 7						
Ca <sup>++</sup>	6.73	1.74	0.66	0.59	0.59	0.86	Ca <sup>++</sup>	1.33	0.59	0.56	0.54	0.51	0.51
Mg <sup>++</sup>	3.75	2.30	1.43	0.99	0.94	0.59	Mg <sup>++</sup>	0.67	0.17	0.10	0.07	0.08	0.08
K <sup>+</sup>	0.60	0.42	0.31	0.21	0.24	0.23	K <sup>+</sup>	0.28	0.26	0.26	0.20	0.31	0.34
Na <sup>+</sup>	0.24	0.20	0.15	0.23	0.26	0.26	Na <sup>+</sup>	0.13	0.16	0.26	0.21	0.24	0.24
計	11.32	4.66	2.55	2.02	2.03	1.94	計	2.41	1.18	1.18	1.02	1.14	1.17
PTC 11							PTC 12						
Ca <sup>++</sup>	7.19	3.89	2.41	1.58	1.15	2.06	Ca <sup>++</sup>	12.6	6.94	2.86	2.50	2.65	0.50
Mg <sup>++</sup>	2.98	2.56	1.89	1.42	1.04	0.62	Mg <sup>++</sup>	4.87	2.93	2.35	2.09	1.94	1.85
K <sup>+</sup>	0.31	0.30	0.30	0.31	0.26	0.34	K <sup>+</sup>	0.61	0.48	0.31	0.28	0.22	0.25
Na <sup>+</sup>	0.18	0.13	0.18	0.22	0.23	0.22	Na <sup>+</sup>	0.16	0.19	0.20	0.22	0.19	0.21
計	10.66	6.88	4.78	3.53	2.68	3.24	計	18.24	10.54	5.72	5.09	5.00	2.81
PTC 20							NPN 1						
Ca <sup>++</sup>	7.63	4.03	2.20	1.41	0.77	0.71	Ca <sup>++</sup>	1.67	1.50	1.62	2.60	3.16	—
Mg <sup>++</sup>	4.29	4.08	3.32	3.60	2.35	2.15	Mg <sup>++</sup>	1.35	1.18	1.62	1.63	3.39	—
K <sup>+</sup>	0.46	0.34	0.23	0.21	0.26	0.26	K <sup>+</sup>	0.18	0.18	0.25	0.39	0.50	—
Na <sup>+</sup>	0.19	0.19	0.20	0.19	0.18	0.16	Na <sup>+</sup>	0.13	0.14	0.16	0.27	0.38	—
計	12.57	8.64	5.95	5.41	3.56	3.28	計	3.33	3.00	3.65	4.89	7.43	—
MKD 1							MKD 2						
Ca <sup>++</sup>	4.83	2.74	2.09	1.13	1.02	1.17	Ca <sup>++</sup>	1.28	0.69	0.69	0.53	0.58	0.53
Mg <sup>++</sup>	1.50	1.73	1.55	1.13	0.59	0.53	Mg <sup>++</sup>	1.12	0.48	0.27	0.27	0.21	0.32
K <sup>+</sup>	0.20	0.18	0.18	0.22	0.18	0.20	K <sup>+</sup>	0.12	0.11	0.09	0.10	0.12	0.19
Na <sup>+</sup>	0.10	0.07	0.05	0.08	0.08	0.08	Na <sup>+</sup>	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05
計	6.63	4.72	3.87	2.56	1.87	1.98	計	2.56	1.31	1.08	0.95	0.96	1.09
MKD 3							SNI 2						
Ca <sup>++</sup>	1.94	0.59	0.53	0.59	0.53	0.53	Ca <sup>++</sup>	0.75	0.48	0.48	0.53	0.64	0.59
Mg <sup>++</sup>	0.54	1.08	0.27	0.16	0.27	0.16	Mg <sup>++</sup>	0.32	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11
K <sup>+</sup>	0.17	0.21	0.14	0.15	0.11	0.12	K <sup>+</sup>	0.17	0.11	0.09	0.14	0.12	0.13
Na <sup>+</sup>	0.07	0.07	0.03	0.07	0.08	0.07	Na <sup>+</sup>	0.07	0.05	0.03	0.06	0.06	0.06
計	2.72	1.95	0.97	0.97	0.99	0.88	計	1.31	0.80	0.71	0.84	0.93	0.89
SNI 4							SNI 3						
Ca <sup>++</sup>	1.08	0.64	0.59	0.59	0.53	0.43	Ca <sup>++</sup>	0.53	0.48	0.37	—	—	—
Mg <sup>++</sup>	0.32	0.11	0.11	0.11	0.11	0.21	Mg <sup>++</sup>	0.11	0.06	0.13	—	—	—
K <sup>+</sup>	0.16	0.17	0.17	0.18	0.16	0.17	K <sup>+</sup>	0.13	0.12	0.09	—	—	—
Na <sup>+</sup>	0.09	0.07	0.05	0.10	0.05	0.05	Na <sup>+</sup>	0.04	0.04	0.03	—	—	—
計	1.65	0.99	0.92	0.98	0.85	0.86	計	0.81	0.70	0.62	—	—	—

堤他：タイ国の森林土壌における物質量とその循環

PBL	0-5cm	5-10	10-20	20-30	30-50	50-70	PKD 1	0-5cm	5-10	10-20	20-30	30-50	50-70
Ca <sup>++</sup>	1.50	0.80	0.69	0.53	0.50	0.42	Ca <sup>++</sup>	0.74	0.56	0.43	0.43	0.43	0.43
Mg <sup>++</sup>	0.21	0.16	0.11	0.16	0.13	0.27	Mg <sup>++</sup>	0.62	0.22	0.33	0.21	0.21	0.21
K <sup>+</sup>	0.10	0.09	0.07	0.12	0.12	0.19	K <sup>+</sup>	0.40	0.27	0.18	0.16	0.10	0.12
Na <sup>+</sup>	0.09	0.08	0.08	0.12	0.05	0.05	Na <sup>+</sup>	0.16	0.10	0.05	0.10	0.10	0.08
計	1.90	1.13	0.95	0.93	0.80	0.93	計	1.92	1.15	0.99	0.90	0.84	0.84
PKD 2							PKD 6						
Ca <sup>++</sup>	1.24	0.75	0.64	0.53	0.51	0.51	Ca <sup>++</sup>	13.8	13.9	14.0	16.8	21.8	33.8
Mg <sup>++</sup>	0.27	0.11	0.11	0.11	0.07	0.07	Mg <sup>++</sup>	4.41	4.44	4.00	3.46	2.34	1.44
K <sup>+</sup>	0.17	0.15	0.12	0.12	0.07	0.06	K <sup>+</sup>	0.59	0.63	0.55	0.47	0.29	0.20
Na <sup>+</sup>	0.11	0.08	0.05	0.09	0.04	0.04	Na <sup>+</sup>	0.19	0.20	0.20	0.23	0.27	0.31
計	1.79	1.09	0.92	0.85	0.69	0.68	計	18.99	19.17	18.75	20.96	24.70	35.75
PKD 7							PKD 9						
Ca <sup>++</sup>	0.96	0.48	0.43	0.46	0.41	0.43	Ca <sup>++</sup>	13.5	10.2	7.83	5.99	5.89	12.7
Mg <sup>++</sup>	0.85	0.48	0.75	0.51	0.67	0.98	Mg <sup>++</sup>	3.30	2.30	1.53	1.31	1.32	2.33
K <sup>+</sup>	0.10	0.09	0.10	0.12	0.12	0.10	K <sup>+</sup>	0.27	0.21	0.18	0.20	0.20	0.23
Na <sup>+</sup>	0.10	0.08	0.07	0.12	0.13	0.30	Na <sup>+</sup>	0.13	0.10	0.09	0.11	0.10	0.11
計	2.01	1.13	1.35	1.21	1.33	1.81	計	17.2	12.81	9.63	7.61	7.51	15.37
TSL							DCI						
Ca <sup>++</sup>	2.76	0.65	0.54	0.54	0.49	0.61	Ca <sup>++</sup>	6.69	2.95	1.84	1.47	1.38	1.57
Mg <sup>++</sup>	2.83	0.98	0.65	0.48	0.44	0.61	Mg <sup>++</sup>	4.25	3.59	2.94	3.02	3.21	3.69
K <sup>+</sup>	0.60	0.36	0.23	0.26	0.23	0.32	K <sup>+</sup>	0.38	0.28	0.22	0.26	0.26	0.24
Na <sup>+</sup>	0.10	0.09	0.07	0.09	0.07	0.08	Na <sup>+</sup>	0.07	0.04	0.04	0.09	0.08	0.08
計	6.29	2.08	1.49	1.37	1.23	1.62	計	11.39	6.86	5.04	4.84	4.93	5.58
LPN 1							LPN 3						
Ca <sup>++</sup>	16.2	15.4	13.7	11.7	10.7	10.4	Ca <sup>++</sup>	2.92	2.19	1.69	1.83	1.65	2.48
Mg <sup>++</sup>	5.44	2.64	2.36	2.17	1.60	1.70	Mg <sup>++</sup>	1.41	1.27	1.04	1.18	1.09	1.19
K <sup>+</sup>	0.52	0.31	0.25	0.22	0.22	0.20	K <sup>+</sup>	0.21	0.24	0.22	0.23	0.24	0.24
Na <sup>+</sup>	0.09	0.09	0.18	0.09	0.07	0.08	Na <sup>+</sup>	0.08	0.08	0.07	0.09	0.09	0.09
計	22.25	18.44	16.49	14.18	12.59	12.38	計	4.62	3.78	3.02	3.33	3.07	4.00
LPN 6							CMI						
Ca <sup>++</sup>	5.09	3.92	2.73	1.59	1.04	0.82	Ca <sup>++</sup>	8.58	4.77	3.08	2.17	0.57	0.52
Mg <sup>++</sup>	2.37	1.82	1.36	0.91	0.72	0.63	Mg <sup>++</sup>	2.67	1.52	0.79	0.49	0.19	0.14
K <sup>+</sup>	0.33	0.30	0.24	0.26	0.26	0.26	K <sup>+</sup>	0.69	0.58	0.51	0.44	0.38	0.32
Na <sup>+</sup>	0.10	0.09	0.07	0.08	0.07	0.07	Na <sup>+</sup>	0.11	0.09	0.06	0.07	0.05	0.05
計	7.89	6.13	4.40	2.84	2.09	1.78	計	12.05	6.96	4.44	3.17	1.19	1.03
KCG 2							KCG 4						
Ca <sup>++</sup>	2.65	1.14	0.64	0.59	0.59	0.50	Ca <sup>++</sup>	1.23	0.69	0.55	0.51	0.51	0.51
Mg <sup>++</sup>	1.18	0.41	0.18	0.18	0.18	0.14	Mg <sup>++</sup>	0.50	0.23	0.28	0.32	0.18	0.16
K <sup>+</sup>	0.42	0.39	0.32	0.24	0.23	0.24	K <sup>+</sup>	0.39	0.28	0.27	0.29	0.24	0.23
Na <sup>+</sup>	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	Na <sup>+</sup>	0.07	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07
計	4.32	2.01	1.19	1.06	1.05	0.95	計	2.19	1.24	1.14	1.17	1.00	0.97
STL													
Ca <sup>++</sup>	0.64	0.50	0.50	0.45	0.50	0.50							
Mg <sup>++</sup>	0.18	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14							
K <sup>+</sup>	0.28	0.43	0.23	0.26	0.34	0.39							
Na <sup>+</sup>	0.08	0.09	0.05	0.08	0.09	0.09							
計	1.18	1.16	0.92	0.93	1.07	1.12							

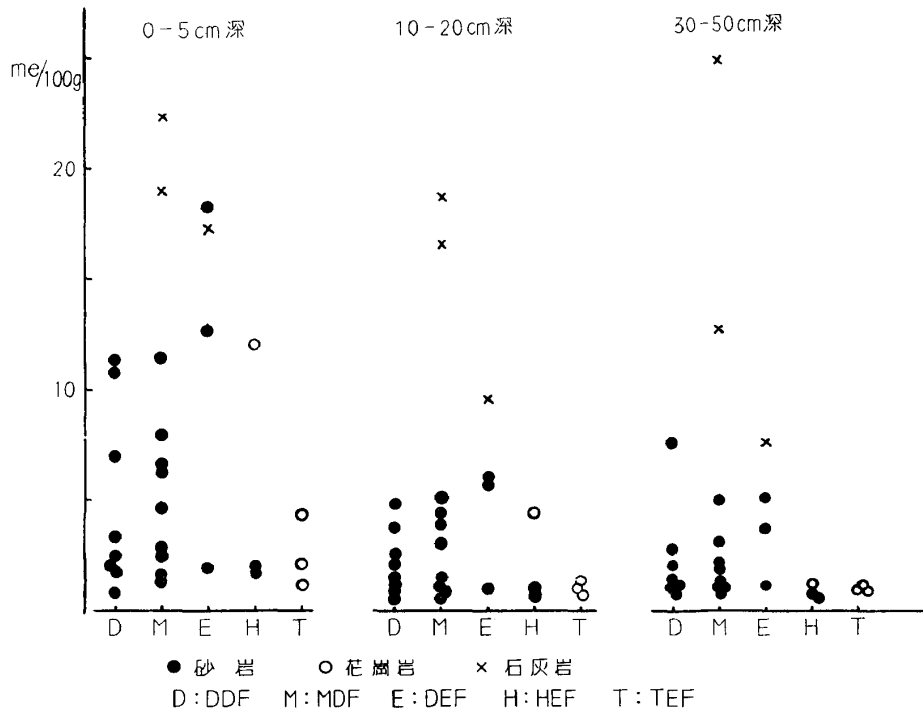


図1 置換性塩基量 (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> の合計量)

下部の違いは表層土に著しく、斜面下部のものほど表層土における含有率が高いといえる。

このような地形の違いに応ずる塩基量の違いは LPN 地区、KCG 地区でもみられる。すなわち、LPN 3 (上部) は LPN 6 (下部) より、KCG 4 (上部) は KCG 2 (下部) より表面の含有率が低い。

これらの傾向は地形が塩基の含有率、とくに表層土におけるそれに大きな関係をもっていることを示している。わが国の褐色森林土においても、斜面下部のものは上部のものより塩基にとみ、飽和度も高いことが知られている。<sup>2,18)</sup> 斜面下部では適潤性ないし弱湿性の土壤が発達し、上部のものと様々な性質において差異がみられるが、それは主に、地形の違いに応ずる水分環境の相違によるものと解されている。同じような傾向が南西諸島の林地でも認められている<sup>12)</sup>。

本調査結果も同じ傾向を示すものと考えられ、タイ国の林地においても地形が局地的な塩基量の違いをひきおこす一つの重要な要因となっているものと考えてよいであろう。

PTC 地区でみられたように、土壤の塩基含有率には地形の影響が著しく、森林の種類の違いによる差異は目立たない。斜面上部にある DEF (PTC 3) と DDF (PTC 7) との間には採取時水分量や物理的な性質において幾分異なっていた<sup>16)</sup>が、塩基含有率においてはほとんど違いがないようである。斜面下部の DDF (PTC 5,6) は DEF (PTC 12,20) に比して幾分乏しい傾向を示しているが、これが森林の種類による違いであるといいきれるほどははっきりしたものではない。

なお、PTC7と同じく斜面上部にあつて砂岩、礫岩を母材とする、かたく浅く、有機物やチッ素に乏しく、乾季にはげしい乾燥にさらされている NPN 1, PKD 7 などの DDF ではないずれも塩基含有率が小さいから、このような土壌に成立している DDF は一般に塩基にも極めて乏しい土壌となっているであろう。

表1に明らかなように、PKD 6, PKD 9, LPN 1 では塩基含有率が他に比して多い。これらは石灰岩を母材とする土壌であつて、後にのべるように、 $Ca^{++}$  の含有量が極めて多かった。母材の性質が土壌中の塩基量に大きな関係をもつことはよく知られており、竹原<sup>14)</sup>も南西諸島で石灰岩土壌に置換性石灰が著しく多いことを報告している。

花崗岩を母材とする CMI, KCG 地区のものは砂岩を母材とするものに比べ、合計量においてとくにはっきりした違いはないが、後にのべるように  $K^+$  の含有割合が大きい傾向を示した。

これらのことからタイ国の林地においても母材料の違いが土壌中の塩基量に大きな関係をもっているものと考えられる。

東北タイ東部 MKD 地区、SNI 地区の MDF 地帯では塩基量は一般に乏しく、PTC 地区の斜面上部のものとほぼ同じ程度にすぎなかった。これを北タイの TSL, LPN 3, 6 など同じく砂岩を母材とする MDF と比較すると、表1に明らかなように、北タイのものの方が多いためである。資料がすくない故、これをもって地方差とみるわけにはいかないが、東北タイ東部のものは採取時水分量、有機物、チッ素においても乏しく<sup>16)</sup>、同時に塩基にも乏しい土壌であるといえるようである。

HEF や TEF については資料が極めてすくない。高海拔地にある HEF については PKD 1, 2 で塩基に乏しく、CMI 地区でも有機物が著しく多かったことを考慮すると、とくに多いとはいえないのではないかと思われる。HEF では低地のものに比し、有機物の分解がおくれ、水分にも恵まれているので<sup>16)</sup>、塩基の流亡が助長される可能性がある。

TEF のものもいずれも塩基に乏しかったといえる。ここでは高温で有機物の分解がすすみ、土壌は有機物に乏しい一方、乾季が短かく、強雨にさらされることが流亡を助長しているものと思われる。

このようにみてくると、土壌の塩基量は土壌の有機物量や降水量などと密接な関係をもっているように見える。そこでタイ国でえた結果をこの観点からまとめてみよう。

林地の表層土は一般に有機物にとみ、有機物は塩基置換容量が大きいので、有機物量と置換容量との間に密接な関係があり、山谷<sup>18)</sup>もヒバ林土壌について、とくに表層土において腐植のもつ意味が大きいことを示した。ここでは置換容量を測定していないので、置換性塩基の含有率と炭素含有率との関係を表層土(0-5cm 深)についてみると図2のようである。

すなわち、全体としては一定の傾向を示さないが、石灰岩土壌(図中v印)の3点を除く

と、有機物量がすくなく塩基量もまたすくなくという関係が認められる。このうち、SNI 地区、MKD 3, PTC 3,7, TSL, HEF, TEF, のものは他のものに比して同じ炭素量に対する塩基量がすくない。TSL は海拔約 700 m であったから、東北タイ東部とくに SNI地区、HEF を含む高海拔地、TEF, PTC 地区斜面上部では塩基含有率が低いばかりでなく、単位炭素量あたりの塩基量もまたすくないといえる。

石灰岩土壌では単位炭素量あたりの塩基量が他のものよりいくらか多いようであった。

なお、PTC 地区について 70cm 深までの各深さのものについて炭素含有率と塩基含有率との関係を図にしたものが図 3 である。

この図では、斜面下部の PTC 5, 6, 12, 20 では深さに無関係にほぼ同一の直線関係を満足し、斜面上部のものはこれよりずっと下方にずれ、斜面中腹の PTC 11 は両者の中間にある点が注目される。

このように土壌の置換性塩基量は有機物量の

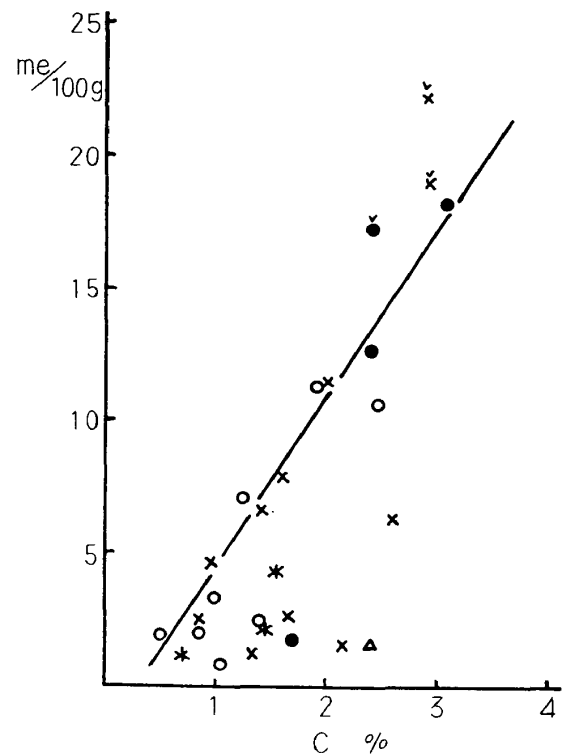


図2 表層土の炭素含有率と置換性塩基 (Ca<sup>++</sup>, Hg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>の合計量)

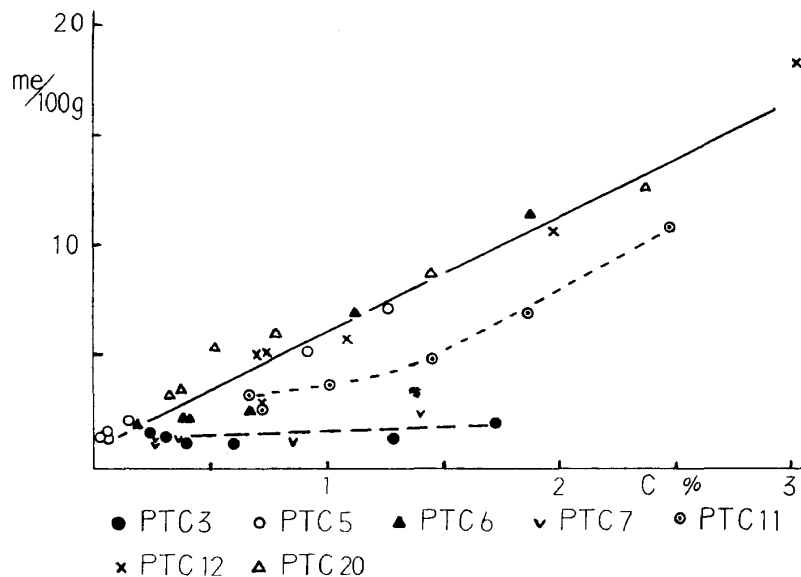


図3 炭素含有率と置換性塩基(Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>)との関係(PTC 地区)

関数としてあらわすことができるとしても、それは土壌によって異なっており、塩基含有率の低い林地では有機物量に対する相対値もまた低い。

降水量の多少は土壌の塩基量に密接に関係している。<sup>4)</sup> 各調査地は山地にあって、平地における降水量の観測値をそのまま使用できないので、ここでは乾季のはじめにあたる採取時含水率を乾季における乾燥のすすみ方の度合をあらわすものとして取扱い<sup>16)</sup>、塩基量との関係をしらべた。その結果を図4に示した。

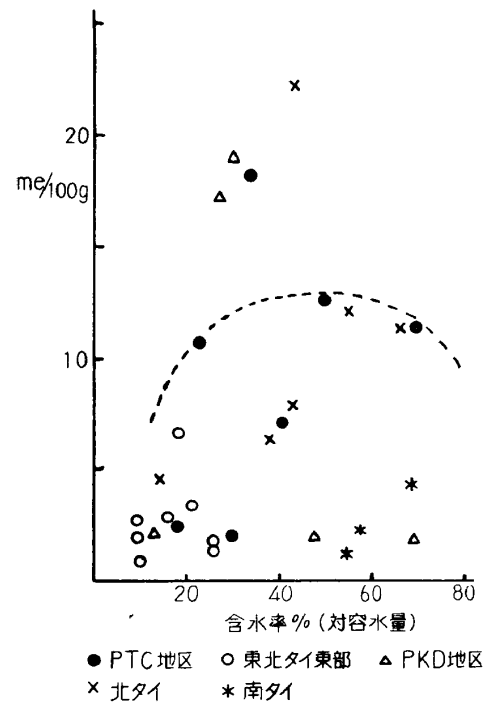
この図によれば、両者の間に一定した関係は認め難いようである。しかしなお、DDFでは一般に乾燥がすすみ、塩基量がすくなく、TEFやHEFでは土は充分湿っていて、しかも塩基に乏しいから、図中点線で示したように、採取時含水率が中庸のところでは塩基量が最も多くなるという関係を期待することはあながち無理とはいえないであろう。

Scott<sup>6)</sup>はアフリカで土壌の塩基飽和度は降水量と粘土量とに密接に関係しており、年降水量についてみると、著しい少雨地帯を除いて、年降水量で46 in. のとき塩基飽和度は最大となり、これ以下でも以上でも低下する傾向を認めた。山地では降水量のほかに地形による局地的な水分環境の変化が著しいため、与えられた場所の水分環境を定量的にあらわすことが難しく、Scottの認めたような降水量との間のきれいな関係を期待し難いが、年降水量が他の地域より多いTEF地帯では塩基に乏しくなる可能性があり、水分環境が土壌中の塩基量の決定に対してもつ役割は大きいものと考えられる。

本調査の範囲内では、タイ国の森林土壌の置換性塩基量は母材料によって異なり、局所的には地形または地形を通じてあらわれる水分環境の違いに影響されているといえよう。森林の種類は当然、水分環境の違いを反映しているものではあるが、ここで森林の種類との関係がはっきりしなかったのは塩基量に及ぼす地形の影響が局地的であるため、同じ種類の森林に属していても場所による違いが大きく、森林の種類による違いを打消してしまうことによっているであろう。

## 2 置換性塩基の量比について

塩基合計量の中でそれぞれの塩基の含有割合を求め、そのいくつかを図5に示した。



● PTC地区 ○ 東北タイ東部 △ PKD地区  
× 北タイ \* 南タイ  
図4 表層土(0~5cm)の採取時含水率と置換性塩基(Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>)との関係

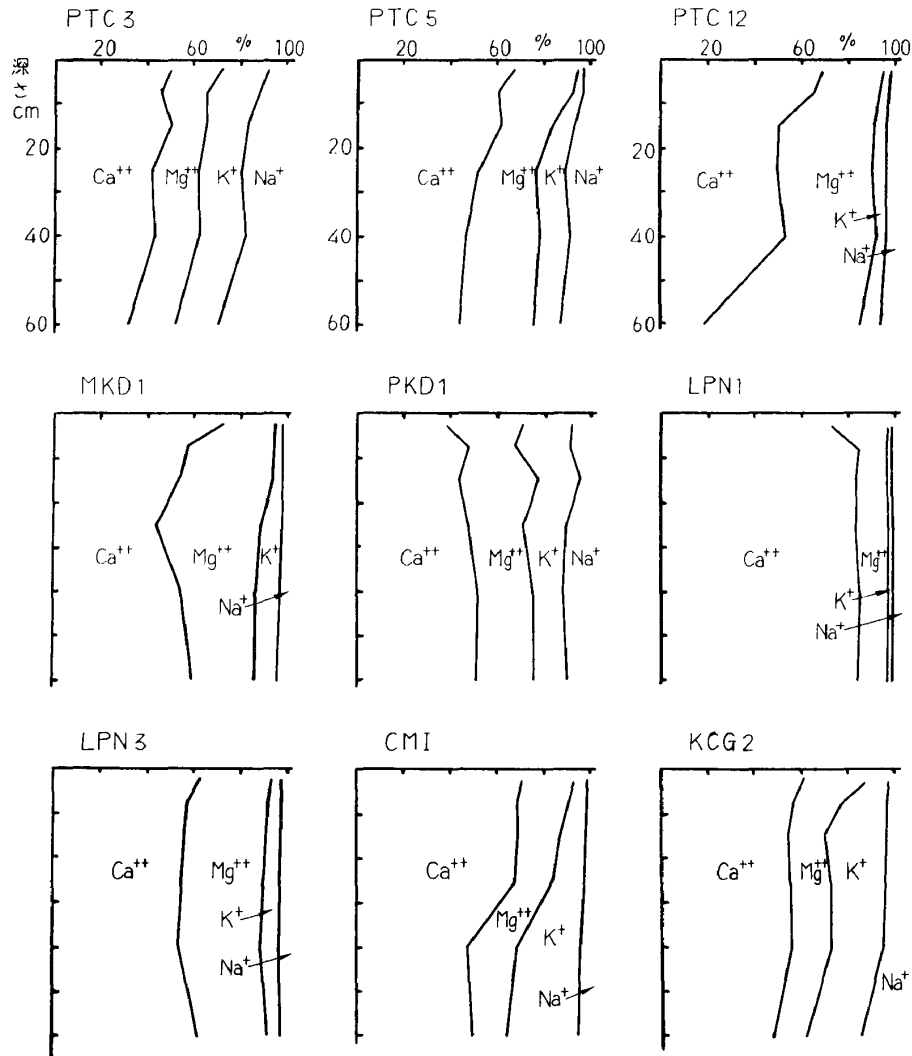


図5 置換性塩基相互の量比とその垂直分布

一般的にみて  $\text{Ca}^{++}$  が最も多く、とくに LPN 1, PKD 9 などの石灰岩土壌では70%以上に達している。これに  $\text{Mg}^{++}$  を加えると2価イオンの占める割合は1価イオンのそれより大きく、90%をこえ、1価イオンは10%以下にすぎない。逆に、花崗岩を母材とする CMI, KCG 地区のものでは1価イオンの占める割合が比較的大きく、30~50%に達している。このほか砂岩、礫岩を母材とする PTC 3, 7 でも1価イオンの割合が例外的に大きい値を示している。しかし、花崗岩を母材とする土壌では1価イオンのうち  $\text{K}^+$  が多く、PTC 3, 7 ではむしろ  $\text{Na}^+$  が多いことが目立っている。

また、一般には表層土から深さを増すにつれて2価イオンの占める割合が減少し、1価イオンの占める割合が増大する傾向を示している。同じ傾向がヒバ林でも認められ、山谷<sup>18)</sup>は腐植の垂直分布が大きな役割をもっていると考えている。



### 3 置換性塩基の垂直分布

置換性塩基含有率の土壌中での垂直分布を2価のものと1価のものにまとめて、いくつかの例で示すと図6のようである。

一般に1価イオンの濃度が低いこと、試料を採取した深さが充分でないことなどのために、とくに1価イオンの垂直分布をみるうえに適當ではないが、これをおおまかにまとめるとつぎのようである。

NPN 1 では2価のものも1価のものも下層に向って漸増している傾向がみられる。同じような傾向は PTC 3, PKD 7, PKD 9, TSL などにおいてもわずかに認められる。これらの土壌では共通して下層に小円礫を含む固結層があり、または母岩となっていた。従って、おそらくこの層で塩基の移動が制限されて濃度が高められているものと思われる。

PTC 7 は NPN 1 に近似した立地にあるが、2価イオンの下層での増加が明らかにはみと

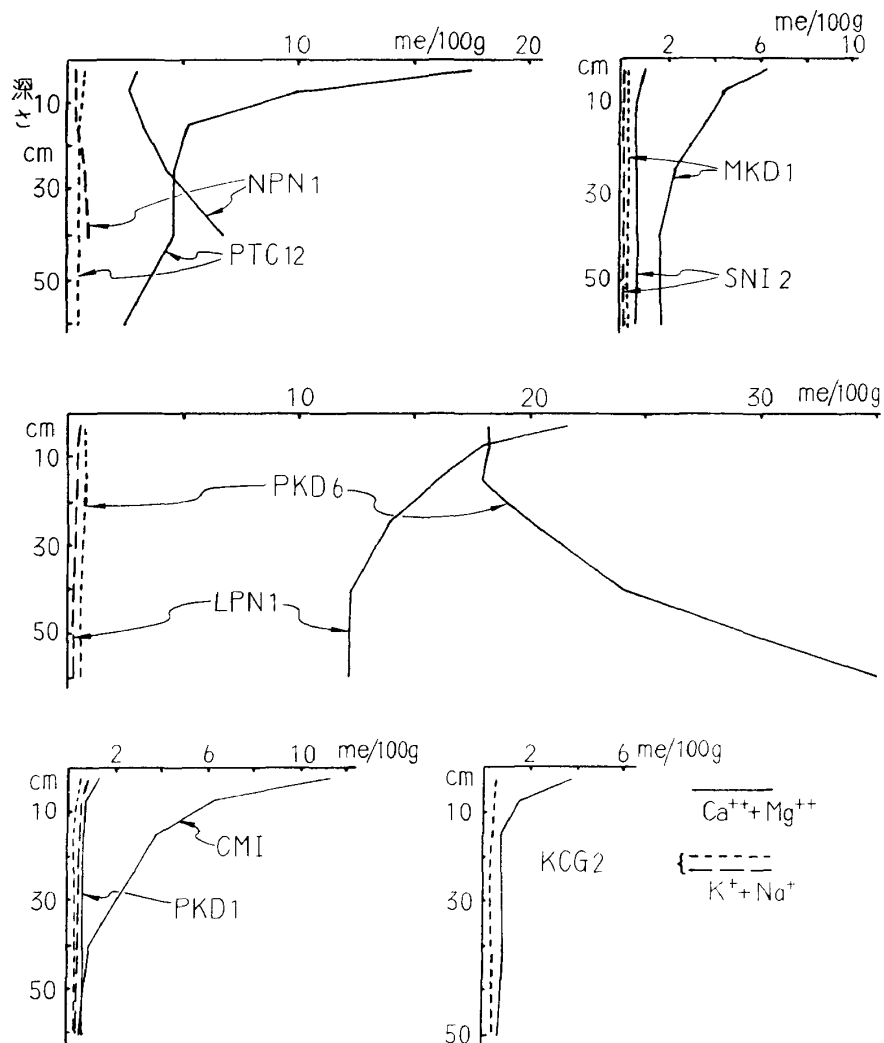


図6 置換性塩基の土壌中での垂直分布

められていない。また、石灰岩を母材とする PKD 6 は2価イオンは下層で増加しているが、1価イオンの増加を伴っていなかった。

また、PTC 12, 20, PKD 1, 2, LPN 1, CMI などでは2価、1価の両イオンともに下層に向かって漸減していく傾向を示した。この垂直分布の様子はヒバ林では適潤性褐色森林土のようなポドソル化のほとんどおこっていないものにみられるという。<sup>18)</sup>

その他のものでは2価イオンは漸減するとしても、1価イオンの垂直分布の形の決定が困難である。あるものでは70cm深まで量的な違いに乏しく、ほとんど一定した変化を示さない。あるものでは表層土にのみやや多くて、それ以深では一定した変化を示さないもの、または50~70cm深でやや増加するものなどがあるが、これらの資料の範囲内ではこれを細分することは危険である。山谷<sup>18)</sup>のいうように、2価イオンは漸減し、1価イオンは下層でふたたび増加するという弱ポドソル土壤にみられる垂直分布の型を明らかに示すことはできないようである。

#### 4 0.2 N 塩酸可溶の塩基量

0.2 N 塩酸抽出(40°C, 5時間)によるカルシウム、マグネシウム、カリウムについてそれぞれ分析した。カルシウム、マグネシウムはそれぞれ EDTA 滴定法、カリウムは炎光分析によった。

この方法でえられた塩基量を置換性のそれと比較しておこう。日本の林地でのわれわれの結果はすべて0.2 N 塩酸可溶物について測定しているので、これらと比較するうえに両者の量的関係を知っておくことが必要だからである。図7はこの関係を示したものである。

すなわち、カルシウムにおいては置換性のものと0.2 N 塩酸可溶のものとは量的にほぼ等しく、しかも森林の種類や土壌の深さに無関係である。マグネシウムについてはおよそ両者は正の比例関係にあることを示してはいるが、カルシウムの場合ほど密接ではなく、とくに10mg/100g以下ではこの関係は乱れてしまう。ここで DDF の各点は置換性のものに対して0.2 N 塩酸可溶のものがやや多い方に片寄っている傾向がある。カリウムにおいても両者の間に正の比例関係が成立しているが、DDF と他の森林型との分離がはっきりしており、0.2 N 塩酸可溶のものが多くの方へ集中している。その他の森林ではとくに明らかな分離はみられない。

このように DDF 林下においてやや置換性塩基の方が0.2 N 塩酸可溶のものよりすくないという傾向があるが、その他のものでは精粗の差が幾分あったとしても、おおまかに両者は量的にみて大差がないといって差しつかえないものと思われる。

#### 5 土壌中の置換性塩基の蓄積量

##### 5-1) カルシウム量

土壌中の置換性塩基量は、まとめて表2、図8に示した。

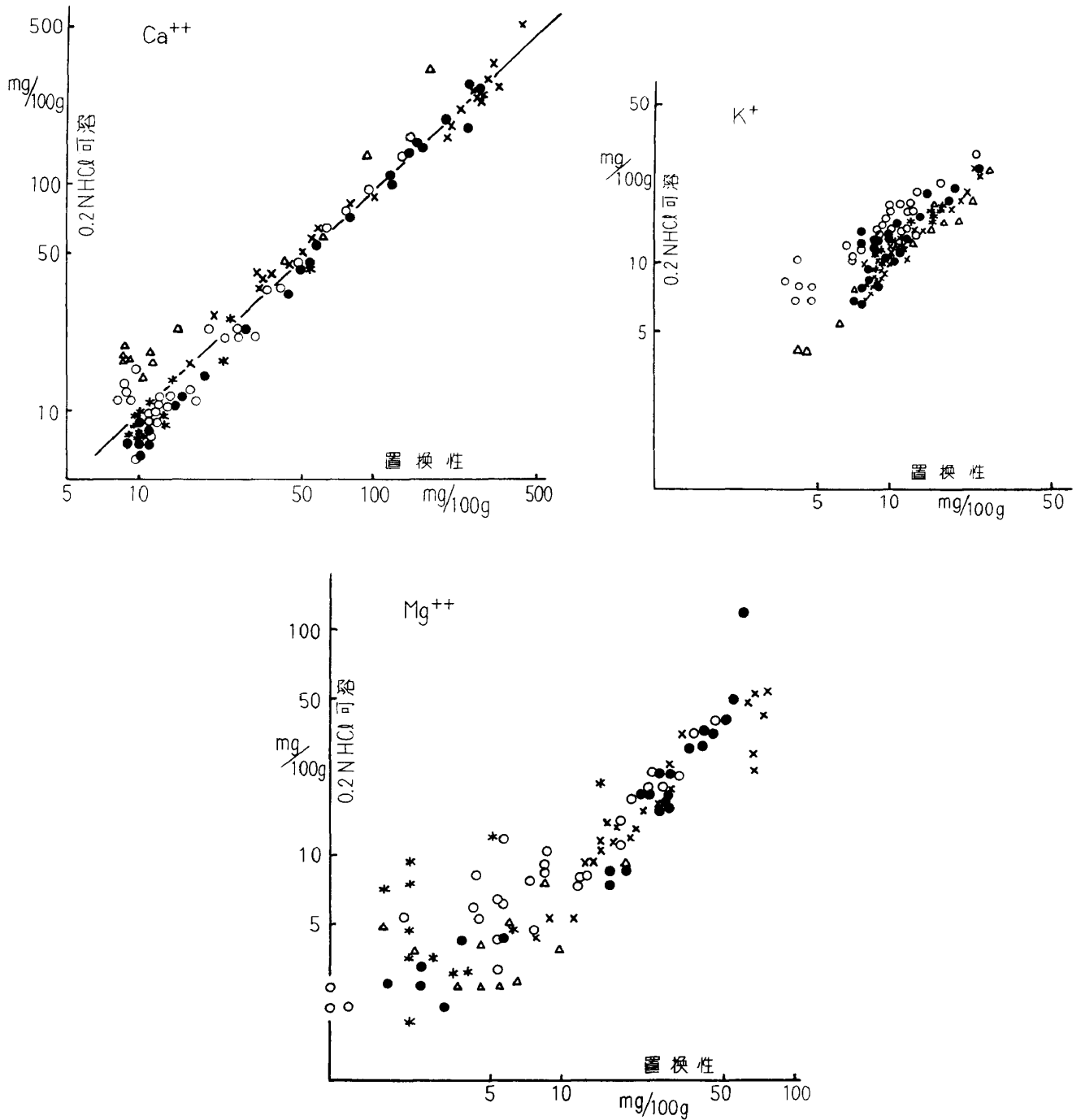


図7 置換性塩基と0.2 N 塩酸可溶塩基との量的な関係(凡例図2に同じ)

前述したように置換性カルシウムの濃度と森林の種類の間には一定の傾向はなかった。70cm 深までの総量においても同様で、同じ種類の森林においても場所によって著しい違いがある。

石灰岩を母材とする PKD 9 (DEF), PKD 6 (MDF), LPN 1 (MDF) では 10,000kg/ha・70cm をこえ、砂岩、花崗岩を母材とする砂質な土壤に比して著しく多い。一方、花崗岩土壤と砂岩土壤とではカルシウム量において違いがあるかどうかは明らかではなかった。すなわち、砂岩

表 2 置換性塩基量 mg/1000cc

Plot 深さ cm	PTC 3	PTC 5	PTC 6	PTC 7	PTC 11	PTC 12	PTC 20	NPN 1	MKD 1	MKD 2	MKD 3	SNI 2	SNI 4	SNI 3
<b>Ca<sup>++</sup></b>														
0-5	195	1193	1411	319	1519	2593	1163	421	1181	356	451	186	212	136
5-10	138	738	407	136	832	1557	793	239	747	192	145	133	147	118
10-20	145	358	174	119	263	738	548	220	602	200	125	136	113	91.0
20-30	114	217	170	120	160	671	373	250	294	158	150	147	64.3	—
30-50	124	188	146	86.5	91.9	327	199	241	264	167	150	174	81.2	—
50-70	57.6	187	230	52.0	143	137	183	—	320	152	149	172	93.7	—
0-70	789	2291	2005	744	2068	4412	2663	1282	3028	1270	1171	1135	707	218
<b>Mg<sup>++</sup></b>														
0-5	55.8	300	477	97.2	383	607	397	207	223	189	76.6	48.3	38.3	16.5
5-10	38.4	234	328	24.3	332	399	488	114	286	81.4	161	27.7	14.9	8.5
10-20	23.6	72.1	228	12.8	125	368	502	134	272	47.5	38.5	18.4	12.5	19.4
20-30	31.5	61.2	171	10.0	87.7	340	578	95.0	178	48.8	25.4	17.8	7.1	—
30-50	30.8	76.1	140	8.5	50.5	180	369	157	92.9	37.1	46.2	17.7	9.9	—
50-70	21.1	81.9	95.8	8.5	26.1	306	334	—	88.4	56.0	27.9	18.9	28.3	—
0-70	206	716	1273	118	723	2183	2929	704	1067	418	331	147	123	31.9
<b>K<sup>+</sup></b>														
0-5	148	121	246	132	130	244	138	89.5	93.9	63.9	75.4	82.9	59.9	64.8
5-10	124	108	191	117	126	212	132	56.4	96.6	60.7	99.8	60.9	74.6	54.7
10-20	99.6	103	160	108	64.3	157	109	65.3	102	51.8	64.2	50.9	62.4	43.7
20-30	95.8	97.3	115	85.5	61.9	147	108	73.9	113	59.2	74.9	79.6	38.7	—
30-50	111	100	113	103	40.6	123	131	74.5	91.6	65.6	61.6	62.7	48.6	—
50-70	61.6	102	121	66.8	46.3	131	130	—	105	106	65.6	72.8	70.9	—
0-70	677	719	962	658	428	1040	874	361	704	517	481	473	407	103
<b>Na<sup>+</sup></b>														
0-5	34.5	35.0	57.5	34.8	43.3	37.9	32.7	39.1	26.8	13.9	17.4	18.6	19.6	12.7
5-10	42.2	33.3	52.7	41.6	33.1	48.2	42.3	26.2	21.8	11.0	18.5	16.6	17.2	12.2
10-20	55.0	46.2	45.9	62.8	22.3	57.8	55.9	25.2	17.3	8.6	9.3	11.3	11.5	9.7
20-30	63.0	58.4	75.5	54.4	25.9	68.3	56.7	29.3	23.4	17.8	19.1	19.2	13.1	—
30-50	59.0	43.1	72.6	46.6	21.1	60.8	52.8	33.1	23.2	17.1	25.2	19.1	9.1	—
50-70	28.5	64.9	78.5	28.1	17.7	66.6	47.3	—	24.5	17.2	20.9	20.4	13.1	—
0-70	331	355	479	305	164	424	350	153	160	107	139	127	77.4	22.2

土壌では 700~4,400kg/ha・70cm, 花崗岩土壌では 900~1,500kg/ha・70cm の範囲内にあった。

塩基量は地形によって変わるが, PTC 地区でみると, 斜面上部にある PTC 3 (DEF), PTC 7 (DDF) では 790, 750kg/ha・70cm であったのに対し, 斜面下部の PTC 5, 6 (DDF), PTC 12, 20 (DDF) では最もすくないものでも 2,000kg/ha・70cm をこえる値を示した。

なお, 東北タイ東部の MKD, NPN, SNI, PBL 地区では 700~1,300kg/ha・70cm であった。

堤他：タイ国の森林土壌における物質量とその循環

0-70cm 深は kg/ha

PBL	PKD 1	PKD 2	PKD 6	PKD 7	PKD 9	TSL	DCI	LPN 1	LPN 3	LPN 6	CMi	KCG 2	KCG 4-2	STL
413	83.3	249	3255	247	2749	559	1595	3888	767	1177	774	633	284	158
216	94.9	174	3387	127	2387	155	758	3942	619	939	525	283	156	131
193	99.8	165	3175	118	2123	137	479	3740	490	666	336	166	142	138
141	122	140	4721	127	1525	139	379	3267	539	482	247	158	133	129
139	135	154	5126	113	1607	123	364	2932	470	296	70.6	146	125	128
129	143	147	1431	124	3193	55.8	410	2675	693	252	62.4	134	131	112
1185	867	1119	24331	906	15816	991	3583	22136	4048	3302	1499	1342	1007	892
35.8	42.8	33.0	630	133	408	347	615	794	231	332	146	171	70.2	27.2
27.0	22.9	15.0	656	77.9	328	142	559	411	219	264	102	62	31.6	22.3
18.1	45.9	16.6	552	125	251	100	465	390	184	202	52.5	28.6	43.4	23.5
26.4	36.3	17.0	590	84.5	202	75.9	473	367	211	164	34.1	29.3	50.7	24.0
22.2	40.2	13.5	334	113	218	66.3	516	267	190	125	14.1	27.0	26.9	21.6
50.2	42.7	12.9	36.9	169	354	33.8	585	265	203	118	10.1	22.6	25.7	18.8
221	281	110	2527	879	1965	621	3727	2424	1406	1150	259	274	250	153
55.0	88.4	65.0	271	52.5	106	238	175	244	109	150	121	196	177	137
45.9	88.9	68.1	300	47.6	97.1	165	140	154	130	139	125	188	122	221
36.3	82.6	60.2	245	54.9	97.3	112	109	132	126	113	109	161	133	126
60.7	86.7	60.3	259	64.1	99.1	131	131	117	129	149	98.4	124	147	146
63.9	63.5	38.9	134	64.9	108	111	135	118	131	144	91.5	108	114	168
112	74.0	31.4	16.7	58.2	113	57.1	121	102	129	155	74.3	125	114	169
499	533	328	1091	415	740	781	910	888	895	1005	662	943	886	1125
27.5	20.3	25.0	51.7	28.2	29.5	23.2	19.0	25.2	24.2	25.4	11.3	17.9	17.3	22.2
24.3	19.5	20.8	55.8	23.8	26.9	23.8	12.8	26.9	25.4	23.9	11.0	18.6	11.3	26.3
25.1	13.8	15.4	52.2	20.6	28.4	19.0	13.0	57.1	21.8	18.2	7.1	15.6	12.8	16.6
37.0	32.2	26.2	74.3	38.2	31.8	25.7	25.7	29.2	29.4	26.6	9.1	16.0	15.6	25.4
16.7	35.6	15.0	71.6	42.8	31.3	18.8	23.7	21.9	28.5	21.3	6.8	14.7	18.3	25.4
18.2	29.6	14.3	15.0	96.6	31.3	8.7	24.7	24.3	28.0	23.1	6.5	19.9	20.6	22.1
158	196	123	353	364	214	123	151	205	189	158	54.0	119	121	161

PTC 地区で斜面上部のものを除くと 2,000~4,000kg/ha・70cm であり、LPN 地区（北タイ）では石灰岩土壌である LPN 1 を除いて 3,300~4,000kg/ha・70 cm であった。従って、東北タイ東部の各調査地では母材や地形に著しい違いがないのに塩基の蓄積量においては乏しかったといえよう。

図 2, 図 3 において塩基含有率と炭素含有率との関係を示したが、ここでは 0~70 cm の炭

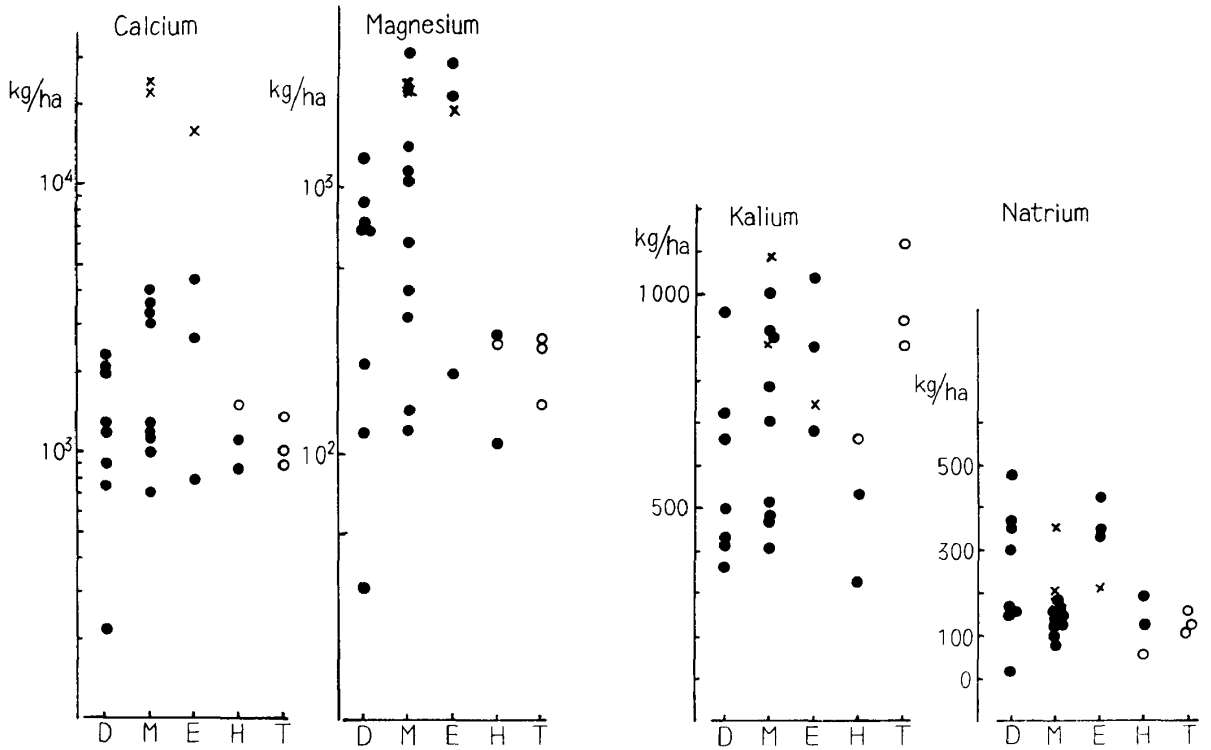


図8 置換性塩基量の森林の種類による違い(凡例図1に同じ)

素量とカルシウム量との関係を図9に示した。

すなわち、両者の関係は図2、図3の場合とほぼ同様で、タイ国の森林では土壤中に有機物の蓄積が多いときには同時に塩基量も多いといえるが、両者の関係は林地によって異なっており、本調査の範囲内では HEF を含む高海拔地、TEF、斜面上部などではその他のものに比し単位炭素量あたりの塩基量に乏しいといえそうである。

図7に示されているように、置換性カルシウム量は 0.2 N 塩酸可溶のものとほぼ等しいとみ

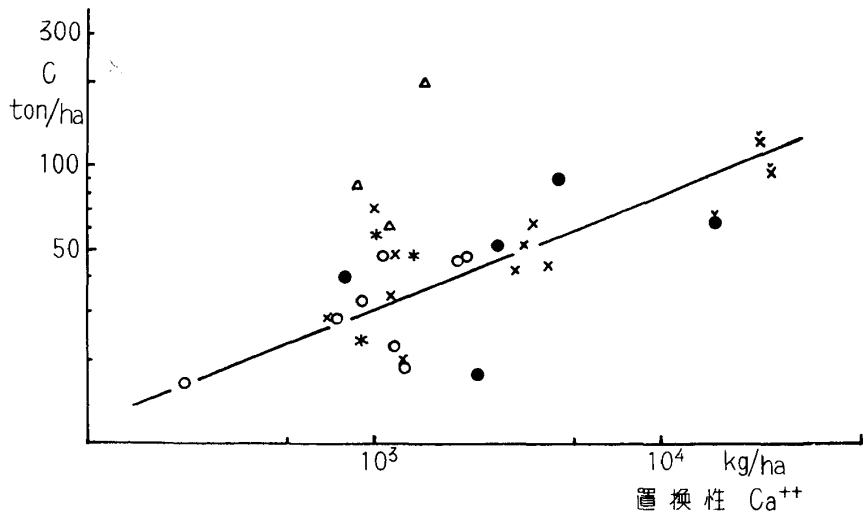


図9 置換性カルシウムと炭素含有量との関係(凡例図2に同じ)

られるから、日本の各地の林地でえた 0.2 N 塩酸可溶のカルシウム量<sup>9,10,13,14,17)</sup>と比較すると、日本では 100~4,000kg/ha・70cm であったのに対し、タイ国では 700~25,000kg/ha・70cm, このうち石灰岩土壌の特例を除外すると 700~4,500kg/ha・70cm となる。従って、タイ国の林地で可給態のカルシウムに乏しく、日本のそれより低いとはいきれない。

### 5-2) マグネシウム量

置換性マグネシウム量については表 2, 図 8 に示したとおりである。

カルシウムの場合と同様、同じ種類の森林でも場所による違いが大きかった。

マグネシウムの土壌中における行動はカルシウムとよく似ているとされているが、量的にみても図10に示したようにカルシウムとマグネシウムとの関係は密接である。ただし、カルシウム量の増大にともなって Mg/Ca は次第に大きくなる傾向がある。すなわち、カルシウムで 1,000kg/ha のとき Mg/Ca は1/5であるが、カルシウムが 5,000kg/ha になると約1/2となっている。また、石灰岩土壌では Mg/Ca はその他の土壌と異なった量的関係にあった。

タイでのマグネシウム量は 100~4,000kg/ha・70cm で、日本各地の林地で 100~2,000kg/ha・70cm であったから、タイ国の方が置換性マグネシウムに乏しいとはいえないようである。

### 5-3) カリウム量

表 2, 図 8 に示されているように、70cm 深までのカリウム量と森林の種類との間に一定した関係はみられない。Finck<sup>12)</sup>は Savanna の方が森林よりもカリウムが多いとのべているが、本調査では DDF と他の森林との量的な差異はみられなかった。

本調査地のうちでカリウム量の多いものは PTC 6, 12, 20, PKD 6, DCI, LPN 地区, TEF 地区などである。これらは TEF のものを除いて、カルシウムにも富んでいたから、両者の量的関係を示すと図11のようである。

石灰岩土壌はカルシウムがとび抜けて多く、花崗岩土壌(KCG 地区などの TEF)ではカリウムが相対的に多く含まれていることは前にのべたとおりである。従って、これらの地区のものを除いて主に砂岩を母材とする土壌についてみると、おおよそカリウム量はカルシウム量と正の比例関係にあって、カリウムの多いところはカルシウムにも富むといえよう。

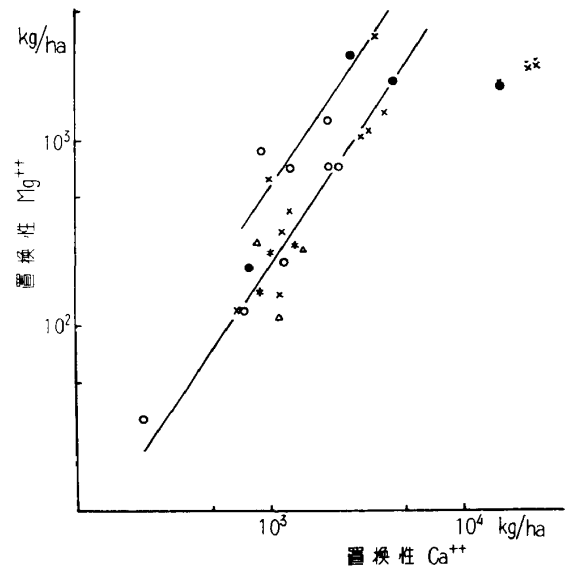


図10 置換性カルシウムに対する置換性マグネシウムの関係(凡例図 2 に同じ)

KCG 地区の TEF でカリウムが比較的多いのは多分花崗岩を母材とすることによっているのであろう。しかし、同じく花崗岩を母材とする CMI 地区の値はとくに多いとはいえないようである。これはおそらく、海拔高地の HEF であるため流亡による損失が大きかったためと思われるが、塩基相互の量比においては KCG 地区のものと大差のないことは前にも説明したとおりである。

また、地形の影響はカルシウムの場合と同様に、斜面上部にある PTC 3 (DEF), PTC 7 (DEF) は斜面下部の PTC 5, 6 (DDF), PTC 12, 20 (DEF) よりカリウム量がすくない。

70cm 深までのカリウム量についてみると、約300~1,100kg/ha である。このうち 500kg 以下のものは主に東北タイ東部の各調査地であって、ここではカリウム量においても乏しいといえる。日本の各地の林地における 0.2N 塩酸可溶のカリウム量は 100~600kg/ha・70cm であるから、カルシウムやマグネシウムの場合と同様に、タイ国の林地ですくないとはいえないであろう。

5-4) ナトリウム量

置換性ナトリウムは表 2, 図 8 に示したように、表層土の含有率で1~5mg/100g, 70cm 深までの総量で 50~500kg/ha であって、カルシウムに比しずっとすくなく、カリウムよりもなおすくない。その蓄積量は図 8 に示されているように森林の種類とは無関係である。

PTC 地区のものは概してナトリウムにとみ、300kg/ha・70cm 以上であり、PKD 6, 7 においても多かった。逆に東北タイ東部の MKD, SNI 地区のものはすくなく、150kg/ha・70cm 以下であった。HEF や TEF のものも少なかった。また、石灰岩土壌でとくに多いということはない。

なお、PTC 地区内では斜面上部のものは下部のものに比してすくないが、LPN 地区や KCG 地区では斜面上部のものの方が多く、地形との関係も不明瞭となっている。

5-5) 0.2 N 塩酸可溶のリン量

0.2 N 塩酸で抽出されたリンをモリブデン青法によって測定した。その結果を表 3, 図12に示した。

表層土におけるリンの含有率は PTC 5, 6 が 5 mg/100g 以上でとび抜けて高く、ついで PKD 6 が大きく約 4mg/100g に達するが、一般には濃度はずっと低く、1mg/100g 以下のものが多い。

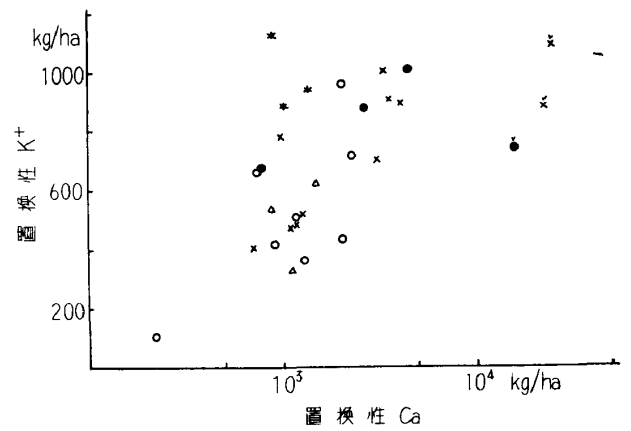


図11 置換性カルシウムに対する置換性カリウムの関係(凡例図2に同じ)



堤他：タイ国の森林土壌における物質量とその循環

表 3 0.2 N 塩酸可溶のリンの含有率と量

含有率 mg/100g										
Plot	PTC 3	PTC 5	PTC 6	PTC 7	PTC 11	PTC 12	PTC 20	PKD 1	PKD 6	
深さ cm										
0-5	0.72	5.03	5.73	1.65	1.44	0.70	1.06	2.80	3.88	
5-10	0.27	5.12	0.65	0.38	0.50	0.42	0.27	1.62	2.21	
10-20	0.12	5.84	0.10	0.09	0.38	0.21	0.12	0.30	1.50	
20-30	0.05	7.93	0.05	0.07	0.23	0.10	0.08	0.09	3.80	
30-50	0.06	7.07	0.04	0.08	0.13	0.05	0.10	0.05	24.0	
50-70	0.06	4.87	0.03	0.08	0.08	0.05	0.09	0.05	28.1	

	LPN 1	LPN 3	LPN 6	CMI	KCG 2	KCG 4-2	STL	PKD 7	PKD 9
0-5	0.19	0.40	0.35	3.14	0.84	0.33	0.60	0.15	0.41
5-10	0.09	0.40	0.23	1.57	0.48	0.14	0.54	0.08	0.16
10-20	0.09	0.15	0.15	1.06	0.19	0.03	0.21	0.03	0.09
20-30	0.07	0.10	0.08	0.72	0.07	0.03	0.14	0.05	0.08
30-50	0.05	0.09	0.08	0.23	0.04	0.02	0.08	0.05	0.06
50-70	0.04	0.06	0.04	0.17	0.04	0.02	0.08	0.06	0.06

含有量 mg/1000 cc, 0~70 cm では kg/ha										
	PTC 3	PTC 5	PTC 6	PTC 7	PTC 11	PTC 12	PTC 20	PKD 1	PKD 6	
0-5	7.31	62.9	59.9	19.8	15.2	7.18	8.06	15.8	45.6	
5-10	3.35	60.9	7.61	4.39	5.34	4.70	2.65	13.7	26.8	
10-20	1.57	79.4	1.31	0.96	2.07	2.70	1.49	3.44	17.0	
20-30	0.63	110	0.71	0.78	1.17	1.34	1.06	1.26	53.2	
30-50	0.74	101	0.49	0.68	0.52	0.71	1.29	0.77	282	
50-70	0.34	75.2	0.40	0.41	0.28	0.68	1.15	0.82	59.3	
0-70	9.69	604	37.6	16.0	15.1	12.8	12.8	22.6	789	

	LPN 1	LPN 3	LPN 6	CMI	KCG 2	KCG 4-2	STL	PKD 7	PKD 9
0-5	2.28	5.38	4.04	14.1	10.0	3.80	7.41	1.92	4.17
5-10	1.15	5.64	2.75	8.64	5.95	1.58	7.10	1.06	1.87
10-20	1.22	2.18	1.82	5.80	2.47	0.38	2.90	0.41	1.22
20-30	0.97	1.47	1.18	4.10	0.93	0.39	1.98	0.68	1.02
30-50	0.69	1.28	1.14	1.41	0.49	0.24	1.02	0.69	0.82
50-70	0.51	0.84	0.61	1.01	0.53	0.26	0.89	0.85	0.75
0-70	6.31	13.4	9.90	26.1	13.4	4.46	16.0	5.66	8.40

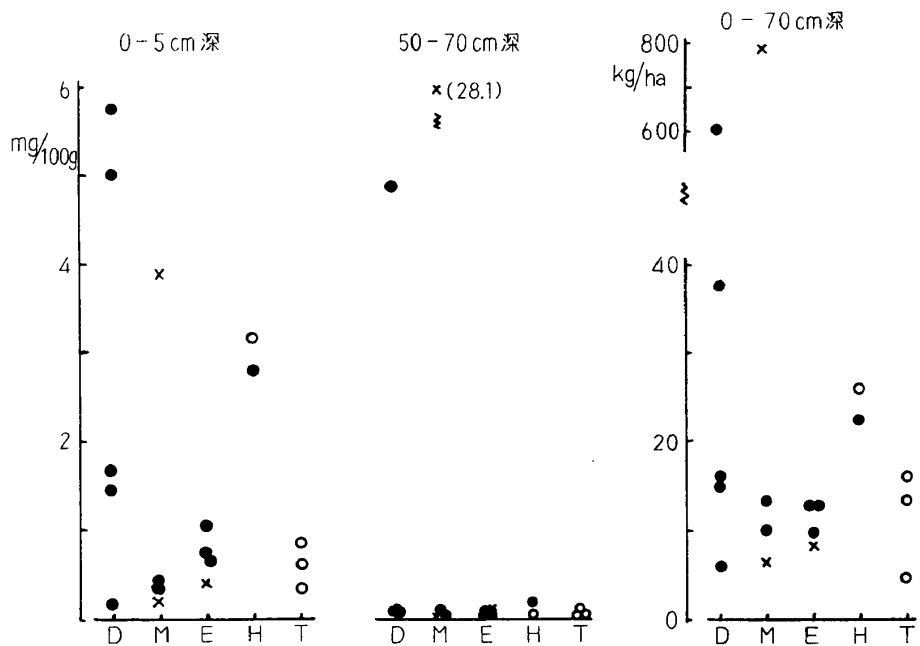


図12 0.2 N 塩酸可溶のリンの含有率と量(凡例は図1に同じ)

この含有率の大小は森林の種類や地形、母材の性質などと一定した関係をもたないようにみえる。すなわち、PTC 5, 6 は斜面下部の DDF であるが、同じく斜面下部にあって塩基量の多い DEF (PTC 12, 20) ではリンの含有率は小さく 0.7, 1.06 mg/100g にすぎない。また、カルシウムが著しく多い石灰岩を母材とする PKD 6 は約 4 mg/100g で含有率が高いが、PKD 9, LPN 1 ではともに低く、ともに 0.5 mg/100g 以下であった。PKD 6 では下層土において著しく多量となり、70 cm 深までの総量で 790 kg/ha であって著しく多く、特異な例である。このほか、PTC 5 もまた下層で著しく多く、70 cm 深までの総量は 604 kg/ha で、PKD 6 に比べて多く、この2点がとび抜けて多い。これら以外のものでは 20 kg/ha・70 cm にすぎない。

HEF の2点は表層土の含有率、70 cm 深までの総量ともに他の種類の森林より高かった。HEF では塩基量がすくなく、リンがここで常に多いかどうかについては今後なお検討を要する問題であるが、有機物量が多かったことと何らかの関係があるかも知れない。

一般に熱帯の土壌では可給態リンは量的に少なく、往々にして欠乏しやすい物質であるとされているが、日本各地の林地での 0.2 N 塩酸可溶のリン量は >5~35 kg/ha・70cm であったから、タイ国の林地でとくに可給態リンに乏しいとはいえないように思われる。

図12から推定されるように、リン含有率の下層土における差異は極めてすくなく、表層土における差が著しい。いいかえると、70 cm 深までの総量の多少は主に表層土における含量の大小で決まるとみられる。この傾向はカルシウムやマグネシウムの場合と同様である。

なお、本分析結果の範囲内ではリン量と炭素、チッ素、カルシウムなどの量との間に一定したきれいな関係を認めることはできなかった。

## 6 PTC 地区における森林生態系の物質現存量について

PTC 地区の斜面上部の DEF と DDF について、その林木地上部の乾物現存量、生産構造などについての調査が本調査とは別に荻野らによって行なわれた。この結果については現在とりまとめ中であるが、このとき採取された樹体部分などの試料について、養分諸元素の分析を行ない、熱帯における森林生態系の物質現存量を推定した。

調査林分は PTC 3 (DEF), PTC 7 (DDF) にそれぞれ隣接しているの、A<sub>0</sub> 層、土壌についての資料は PTC 3, PTC 7 を用い、DEF と DDF の2つの森林についてそのチッ素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムの現存量を求めた。

それぞれの林分で伐倒した供試木から、各直径階を含むようにして DDF では6本、DEF では13本の個体について分析用試料をとった。その葉、枝、幹について養分諸元素の含有率を求めた。下層植生は各林分ごとに一括して葉、枝幹ごとに分析したが、草本類は地上部全部をまとめて分析に供した。

各試料は湿式灰化した後、モリブデン青法でリンを、EDTA 滴定法でカルシウム、マグネシウムを、蛍光分析でカリウムを測定し、チッ素はケールダール法によった。

上層木について、各部分における含有率が個体の大きさに関係があるかどうかをみるため、DBH (胸高直径 cm) との関係を図化すると図13のようである。

これらの森林は多種類の樹種の混交したものである故、種による養分含有率の差異を考慮する必要はあるが、現状では種による分離が不可能である故、これを無視すると、各部分における養分含有率は、すくなくとも同一林分内においては、個体の大小に無関係とみて差しつかえないもののように思われる。同じ傾向が日本のスギ人工林<sup>15)</sup>、カラマツ人工林<sup>8)</sup>、トドマツ天然生林<sup>13)</sup>などでもみられるから、各部分ごとに養分含有率の平均値を用いて林分の養分現存量を求めても大差ないものと考えられる。

ただし、DBH で 5 cm 以下の小径木において一部、含有率の極めて高いものがみられるから、小径木の供試木本数が多いときには平均含有率を高めるように作用することが考えられる。この傾向は DDF において著しい。DDF では一般に厚い樹皮をもっている。樹皮は木部より養分含有率が高いから、とくに小径木で樹皮の占める割合が大きくなると、幹における養分含有率が高められる可能性がある。

各林分での地上部各部の養分の平均含有率は表4のとおりである。なお、供試材料の採取時期は1962年11月から12月にわたる1カ月の間であって、乾季の初期にあたっていた。

樹体各部の養分含有率を2種の森林について比較すると、葉では、チッ素において差がなく、リン、カリウム、マグネシウムでは DDF の方が高い値を示し、カルシウムでは逆に DEF の方が高かった。一般に常緑樹は落葉樹に比し、チッ素、リン、カリウムに乏しく、カルシウム

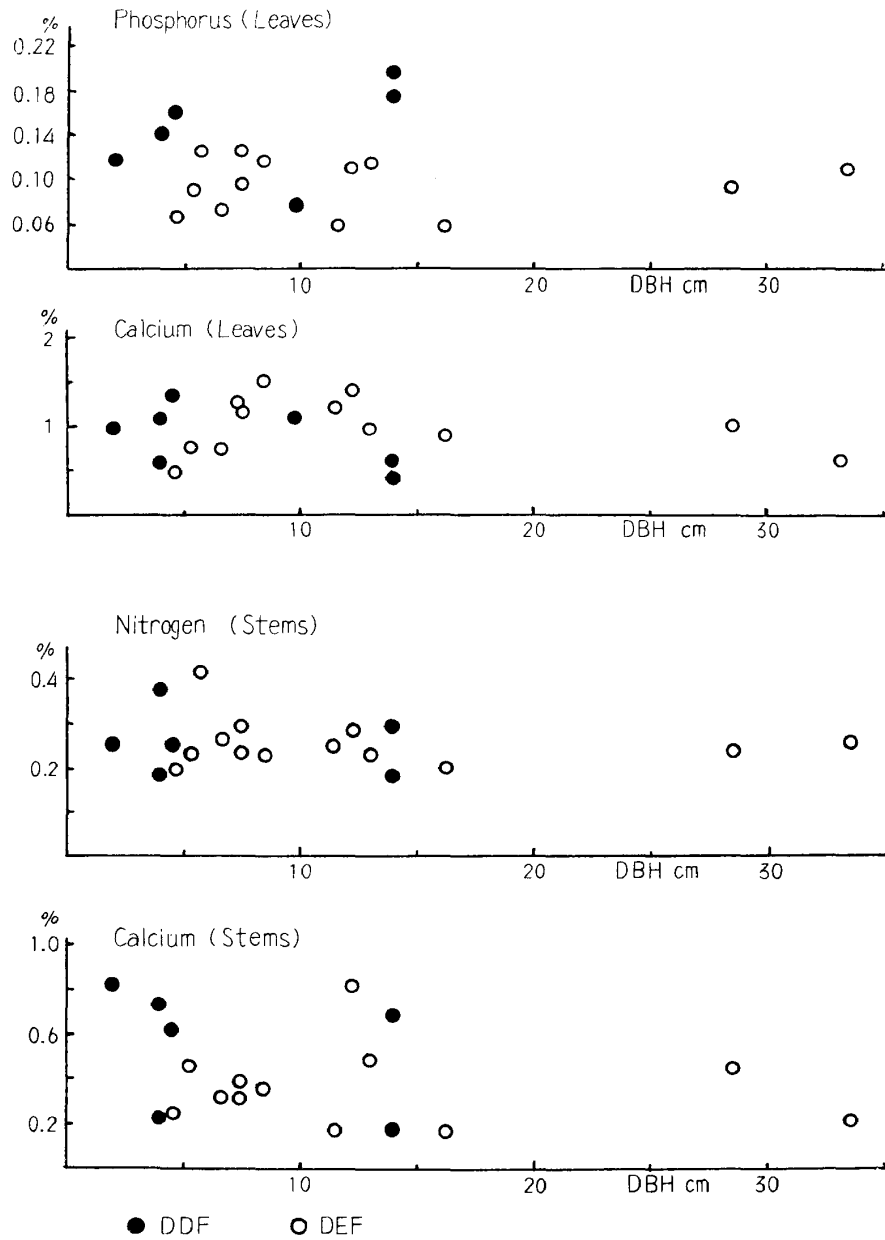


図13 樹体各部の養分含有率と胸高直径(DBH)との関係

にとむ傾向をもつが、この場合、DDF では小径木が多く、含有率の高い個体が多かったということの影響も大きいものとみられる。

DDF は一般に疎林で生産力の低い森林であるとされ、土壌条件も劣悪であるから、葉の養分含有率、とくにチッ素、リンなどにおいても低いことが予想されるが、PTC 地区においては、PTC 7 (DDF) は PTC 3 (DEF) に比較して土壌の物理性において劣るとしても置換性塩基や可給態リンの量において著しい差異がなく、葉の養分含有率においても DEF より低いということとはなかった。

また、DEF の葉の養分含有率を日本の常緑広葉樹林<sup>17)</sup> (九州川内地方、コジイを主とする

表 4 PTC地区樹体各部分の養分含有率（絶乾基準%）

			チ ッ 素	リ ン	カリウム	カルシウム	マグネシウム
DDF	上層木	葉	1.75	0.164	0.96	0.86	0.62
		枝	0.51	0.072	0.45	0.82	0.16
		幹	0.25	0.025	0.27	0.54	0.10
	下層木	葉	1.77	0.203	0.56	0.69	0.39
		枝・幹	0.49	0.15	0.37	0.47	0.23
下草		0.73	0.19	0.79	0.30	0.17	
DEF	上層木	葉	1.78	0.094	0.84	1.16	0.49
		枝	0.61	0.041	0.35	0.76	0.19
		幹	0.25	0.015	0.18	0.44	0.25
	下層木 樹高1~4m	葉	1.80	0.096	1.33	1.25	0.56
		枝	0.69	0.043	0.41	0.74	0.23
	下層木 樹高1m以下	幹	0.39	0.021	0.22	0.61	0.11
		葉	1.52	0.076	1.00	1.15	0.45
		枝・幹	0.64	0.034	0.41	0.56	0.12
九州・川内地方 天然生常緑広葉 樹林	上層木	葉	1.52	0.086	0.83	1.19	0.89
		枝	0.47	0.033	0.50	0.86	0.30
		幹	0.16	0.011	0.23	0.32	0.15

天然生林）と比較すると（表4），川内の方がチッ素，リンにおいてやや低く，マグネシウムにおいて高いが，おおよそ大差はなかったといえそうであって，PTC地区のDEFの葉の養分含有率がとくに低いということはいえないようである。

各林分の各部乾物現存量に平均の養分含有率を乗じて，林分あたりの養分量を求めた。その結果を表5に示した。

DDFはDEFに比し地上部の乾物現存量がすくない。このことの影響をうけて林分としての地上部の養分現存量もDDFの方がずっとすくなくなっている。

各養分元素についてみると，葉ではチッ素が最も多く，DDFで23 kg/ha，DEFでは93 kg/haとなっているが，カルシウムは幹の含有率が他の物質より高いので，幹においてはカルシウムが最も多い。このことのために林木地上部全体でもカルシウムがチッ素をこえて最も多くなっており，DDFで270 kg/ha，DEFで700 kg/haとなっている。

下層木や下草は乾物現存量がすくないので，そこに含まれる養分量も当然すくなく，系全体の中で占める割合も小さい。

土壌中の物質量を有機物は炭素量を1.72倍したもの，チッ素は全チッ素，無機養分は置換性塩基および0.2 N塩酸可溶物，熱塩酸可溶物として求め，これにA<sub>0</sub>層，地上部のものを合計してえた系全体の量を表5に示してある。A<sub>0</sub>層，地上部では乾物量を有機物量として取扱った。正しくは灰分量を差し引く必要があるが，地上部乾物現存量のうち大きな部分を占める幹

表 5 熱帯森林生態系の物質現存量 (PTC地区)

DDF	有機物 ton/ha	チ ッ 素 kg/ha	リ ン kg/ha	カリウム kg/ha	カ ル シウム kg/ha	マグネ シウム kg/ha
上層木 葉	1.3	22.8	2.1	12.5	11.2	8.1
枝	9.2	46.9	6.6	41.4	75.4	14.7
幹	33.3	83.3	8.3	89.9	180	33.3
小計	43.8	153	17.0	144	267	56.1
下層木 葉	0.26	4.6	0.5	1.5	1.8	1.0
枝・幹	0.48	2.4	0.7	1.8	2.3	1.1
小計	0.7	7.0	1.2	3.3	4.1	2.1
下草	0.47	3.4	0.9	3.7	1.4	0.8
地上部合計	45.0	163	19.1	151	272	59.0
A <sub>0</sub> 層	1.04	10.1	0.64	1.5	8.2	2.6
土壌70cm深 a	47.9	2610	16.0	658	744	118
〃 b	—	—	1011	3074	2656	1086
合計 a	93.9	2783	35.7	811	1024	180
〃 b	—	—	1031	3227	2936	1148

DEF	有機物 ton/ha	チ ッ 素 kg/ha	リ ン kg/ha	カリウム kg/ha	カ ル シウム kg/ha	マグネ シウム kg/ha
上層木 葉	5.2	92.6	4.9	43.7	60.3	25.5
枝	26.5	162	10.9	92.8	201	50.4
幹	99.3	248	14.9	179	437	248
小計	131.0	503	30.7	316	698	324
下層木 葉	0.52	9.4	0.5	6.9	6.5	2.9
樹高1~4m 枝	0.67	4.6	0.3	2.7	5.0	1.5
幹	3.40	13.3	0.7	7.5	20.7	3.7
小計	4.6	27.3	1.5	17.1	32.2	8.1
下層木 葉	0.49	7.4	0.4	4.9	5.6	2.2
樹高1m 以下枝・幹	2.05	13.1	0.7	8.4	11.5	2.5
小計	2.5	20.5	1.1	13.3	17.1	4.7
地上部合計	138	550	33.3	346	747	337
A <sub>0</sub> 層	4.3	51.5	2.9	11.6	116	16.7
土壌70cm深 a	68.5	5510	9.7	677	789	206
〃 b	—	—	939	2852	3829	1179
合計 a	211	6112	45.9	1035	1652	560
〃 b	—	—	975	3210	4692	1533

土 壤 a : 無機塩類は置換性, リンは 0.2 N 塩酸可溶物

〃 b : 無機養分は熱塩酸可溶のもの

合 計 a, b : それぞれ土壌部分として a, b を用いたもの

の灰分含有率は一般に小さいから、大きな差異をひきおこすことはないと思われる。

表5によれば有機物が圧倒的に多く、DEFでは210ton/haである。これについてチッ素が多かった。無機養分の中ではカルシウムが最も多く、ついでカリウム、マグネシウムであり、リンは最もすくなくて、50 kg/haに達していない。土壌中のチッ素のうち可給態のものはせいぜい数パーセントにすぎないとされているから、可給態のものを対象とすればチッ素量はずっとすくなくなるであろう。

表5に明らかのように系のもつ物質のかなりの部分は土壌中にあった。各物質について全量を100として各部の含有量の比較値を求めたものが表6である。

土壌に含まれる割合はDDFの方がDEFより各物質とも多かった。土壌中の絶対量についてみるとDDF(PTC 7)の方が有機物、チッ素、マグネシウムにおいてすくなく、カリウム、カルシウムはほぼ同量であって、DEF(PTC 3)より多かったのはリンだけであったから、割

表 6 熱帯森林生態系の各部での物質量比(%)

DDF		有機物	チッ素	リン	カリウム	カルシウム	マグネシウム
上層木	葉	1.4	0.8	5.9	1.5	1.1	4.5
	枝	9.8	1.7	18.5	5.1	7.4	8.2
	幹	35.5	3.0	23.2	11.1	17.6	18.5
	小計	46.7	5.5	47.6	17.7	26.1	31.2
下層木	葉	0.3	0.2	1.4	0.2	0.2	0.6
	枝・幹	0.5	0.1	2.0	0.2	0.2	0.6
	小計	0.7	0.3	3.4	0.4	0.4	1.2
下草		0.5	0.1	2.5	0.5	0.1	0.4
地上部合計		47.9	5.9	53.5	18.6	26.6	32.8
A <sub>0</sub> 層		1.1	0.3	1.8	0.2	0.8	1.5
土壌(a)		51.0	93.8	44.7	81.2	72.6	65.7
DEF		有機物	チッ素	リン	カリウム	カルシウム	マグネシウム
上層木	葉	2.5	1.5	10.7	4.2	3.7	4.6
	枝	12.6	2.7	23.7	9.0	12.2	9.0
	幹	47.1	4.1	32.5	17.3	26.5	44.3
	小計	62.2	8.3	66.9	30.5	42.3	57.9
下層木	葉	0.2	0.2	1.1	0.7	0.4	0.5
	樹高1~4m 枝	0.3	0.1	0.7	0.3	0.3	0.3
	幹	1.6	0.2	1.5	0.7	1.3	0.7
	小計	2.1	0.5	3.3	1.7	1.9	1.5
下層木	葉	0.2	0.1	0.9	0.5	0.3	0.4
	樹高1m以下 枝・幹	1.0	0.2	1.5	0.8	0.7	0.4
	小計	1.2	0.3	2.4	1.3	1.0	0.8
地上部合計		65.5	9.0	72.6	33.5	45.2	60.2
A <sub>0</sub> 層		2.0	0.9	6.3	1.1	7.0	3.0
土壌(a)		32.5	90.1	21.1	65.4	47.8	36.8

合にして多くなることは DDF で地上部に含まれる量が DEF よりずっとすくないということによっている。いいかえると DDF では DEF より土壤中の無機養分の一定量に対する地上部量がすくないということになる。

物質ごとに比較すると有機物は土壤に含まれる割合が比較的小さく、DEF では33%にすぎない。日本の各地でとった資料のうち地上部乾物現存量が著しく違わない林分について、土壤に含まれている有機物の量比を求めると、三重県の天然生ツバキ林で42~49%、長野県下のアカマツ林で42%、67%、北海道サロベツのトドマツ林で42%であって、PTC地区での結果がやや小さい値を示している。吉良たち<sup>3)</sup>は地上部乾物現存量がほぼ等しい森林について比較し、低緯度地方ほど土壤に含まれる割合が小さくなるとのべている。それは土壤中の有機物量が低緯度地方ほど少なかったということによっている。上に示した例では PTC 地区での値がやや小さいとしても、日本各地での値に変化が大きく、亜寒帯のトドマツ林でさえ42%程度にすぎなかった。前にも述べたように<sup>16)</sup>、土壤中の有機物量自体はタイ国と日本の林地とで著しい違いがみられなかったから、タイ国の DEF, MDF, HEF 地帯の森林では日本の森林より土壤中に含まれる割合が常に小さいとはいきれないのではないかと思われる。

チッ素は土壤に90%以上が含まれており、最も土壤に多い物質となっている。これは土壤の全チッ素を対象としているからであって、無機塩類の場合のように、可給態のものを対象とすればこの値はずっと小さくなるものと思われる。

そのほかでは概してカルシウム、カリウムが土壤中に多く、リンが最もすくない傾向があった。

A<sub>0</sub>層の各物質の占める割合は DEF で10%をこえるものがなく、DDF では2%以下であって、系全体の物質質量の中で占める量的な役割は極めて小さい。

下層木、下草も量的にすくなく、リンで約6%に達するのが最大で、その他のものでは5%以下にすぎない。従って地上部の大部分は上層木によって占められているが、その中でも幹の占める割合が最大であった。幹の物質含有率は葉や枝に比して小さいが、幹の乾物量が他の部分に比して圧倒的に大きいため、絶対量としては葉や枝より多く、DEF のリンでは全体の33%が幹に蓄積されているという結果を示した。幹に含まれている割合は地上部乾物現存量の小さい DDF でも、チッ素を除いて、10%をこえ、DEF では20%ないしそれ以上であるから、皆伐によって幹材のみが持出された場合でも、系全体としての損失の割合は意外に大きい。

## 7 林木による養分の吸収量

別に計算された林分の生長量の結果を利用して林分の1年間の養分吸収量を計算した。幹、枝についてはその現存量の増分にそれぞれの平均の含有率を乗じてえたものを、幹、枝の生長のために土壤から吸収された養分量とした。葉は DEF においても1年で全部落葉すると仮定



して、葉の乾物現存量をその年に生産された葉量とし、それに養分含有率を乗じて葉の生産のために吸収された養分量とした。なお、これに下層木の葉、下草も全部1年で交代するものと仮定し、それぞれに含まれている養分量はその年に吸収したものとし、これらの非同化部分の生長を無視すると、上記2林分が1年間に土壌から吸収したと推定される養分量は表7のようになる。

表 7 林分生長量と養分吸収量 (PTC地区)

DDF		有機物 ton/ha	チッ素 kg/ha	リン kg/ha	カリウム kg/ha	カルシウム kg/ha	マグネシウム kg/ha
上層木	葉	1.3	22.8	2.1	12.5	11.2	8.1
	枝	0.91	4.6	0.7	4.1	7.5	1.5
	幹	2.36	5.9	0.6	6.4	12.7	2.4
下層木・草	葉	0.73	8.0	1.4	5.2	3.2	1.8
合計		5.30	41.3	4.8	28.2	34.6	13.8
DEF		有機物 ton/ha	チッ素 kg/ha	リン kg/ha	カリウム kg/ha	カルシウム kg/ha	マグネシウム kg/ha
上層木	葉	5.2	92.6	4.9	43.7	60.3	25.5
	枝	0.90	5.5	0.4	3.2	6.8	1.7
	幹	2.13	5.3	0.3	3.8	9.4	5.3
下層木	葉	1.01	16.8	0.9	11.8	12.1	5.1
合計		9.24	120	6.5	62.5	88.6	37.6

葉の現存量は年間の落葉量あるいは生産量と必ずしも一致しない。前に土壌有機物の平均分解率の計算に際してはこのことを考慮にいたしたが<sup>16)</sup>、ここでは修正しなかった。それは落葉前に葉の養分の一部は樹体の他の部分へ回収され、回収された養分は再びつぎの生長に際して使われることが知られている。従って、この点についての修正を行なわれなければ表7の値は養分過剰になるおそれがある。回収の割合についてはいくつかの資料があるが、熱帯の林木の落葉においても同じであるという保証がないため、この点についての修正を行なうことは困難である。それ故、1年間につくられる葉量についてのみ修正を行なうと、より過大に推定するおそれが大きいと考えられるため、とくに修正を行なわなかったのである。

乾物としての生長量はDEFで8 ton/ha、下層木の葉を含めても9 ton/haにすぎない。それに含まれる養分はチッ素で120 kg/ha、リンで6.5 kg/ha、カリウムで63 kg/ha、カルシウムで89 kg/ha、マグネシウムで38 kg/haである。DDFの吸収量はおよそDEFの半分以下にすぎない。

この値を日本のスギ人工林で計算した値<sup>9)</sup>と比べると、とくに多いとも少ないともいえない。しかし、乾物量でスギ林は16~28 ton/haの値を示しており、DEFの値よりずっと大きい。森林の養分吸収量は一方でその乾物生長量の多少に関係しているから、この値を乾物1 ton/ha

あたりの養分吸収量に計算しなおすと表8のようになる。

表 8 乾物 1ton/ha の生長に要する養分量 (kg/ton)

	チ ッ 素	リ ン	カリウム	カ ル シウム	マグネシウム
DDF	7.8	0.9	5.3	6.5	2.6
DEF	13.0	0.7	6.8	9.6	4.1

すなわち、DEF はリンを除いて DDF より乾物 1ton/ha あたりの生長に要する養分量が多い。これは養分含有率の低い枝や幹の生長量において両林分に違いがすくないのに、養分含有率の高い葉の生産量が DEF で著しく多いからである。

DEF より小さい DDF の値でさえ、スギやカラマツ人工林での値と比較するとかなり高い。この傾向から熱帯の森林では同じ量の乾物を生産するのにより多くの養分量を要求すると思えるのは誤っているだろう。それはこれらの林分では枝や幹の生長がすくなく、乾物生長量のうちで養分含有率の高い葉の占める割合が著しく大きいということによっているからである。

それ故、これらの林分では毎年吸収した養分のうち葉に含まれ、やがて落葉として再び林地にかえされるものの割合がスギやカラマツ林に比しずっと大きくなる。すなわち、スギ林で乾物生長量のうち葉の占める割合は20~30%、チッ素、リンで70~80%、カリウムで55~70%、カルシウムで50~70%、マグネシウムで50~80%であったのに対し、DEF では乾物で67%、チッ素で91%、リン、カリウムで89%、カルシウム、マグネシウムで82%に達しており、毎年吸収される養分のうち葉に含まれる割合が大きいことがわかる。これは同化部分に対し非同化部分の生長がすくない森林であれば当然おこりうることであって、熱帯森林の特長であるとはいいきれないと考える。

## 8 平均分解率, 回転率

上層木、下層木の葉に含まれていたものは全部1年間に落葉として林地にかえされると仮定し、落枝量は枝の生長量に等しいとして還元量を推定し、これを用いて土壌の諸物質の平均分解率と物質の回転率を計算した。その結果を表9に示した。

多くの推定値を含んでいるので確かさはすくないが、リンの平均分解率、回転率が著しく大きく、これらの林分で土壌中の可給態リンの量に乏しいことがわかる。また、DEF は DDF より高い平均分解率、回転率を示し、より活発に物質の循環が行なわれていることがわかる。

わが国各地の森林でえた値<sup>7,8,9,10,13,14,17)</sup>と比較すると、PTC 地区の森林でとくに物質の循環が極めて活発であるということはいえないようである。しかし、有機物の分解は気温に比例して増大しているとみられる<sup>16)</sup>から、今後林木による吸収量や林地への還元量などについての正しい資料を集めることによって、改めて検討する必要がある。

表 9 平均分解率と回転率

		有機物	チッ素	リン	カリウム	カルシウム	マグネシウム
DDF	落葉落枝による還元量 (a)	2.93	35.4	4.2	21.8	21.9	11.4
	A <sub>0</sub> ・土壌の現存量 (b)	48.9	2620	16.6	660	752	121
	系全体の現存量 (c)	93.9	2783	35.7	811	1024	180
	平均分解率 a/b %	6.0	1.4	25	3.3	2.9	9.2
	回転率 a/c %	3.1	1.3	12	2.7	2.1	6.3
DEF	落葉落枝による還元量 (a)	7.11	115	6.2	58.7	79.2	42.3
	A <sub>0</sub> ・土壌の現存量 (b)	72.8	5562	12.6	689	905	223
	系全体の現存量 (c)	211	6112	45.9	1035	1652	560
	平均分解率 a/b %	9.8	2.0	49	8.5	8.8	19
	回転率 a/c %	3.4	1.9	14	5.7	4.8	7.6

a, b, c の各項とも有機物は ton/ha, その他は kg/ha

## 9 ま と め

本調査はタイ国に分布する各種の森林とその土壌についての予備的なものであって、資料はなお充分ではないが、前に報告したもの<sup>16)</sup>とあわせて、その概要をとりまとめておこう。

タイ国の主要な森林は主に水分環境の違いに応じて、最も乾燥した立地に DDF が、ついで MDF が発達し、さらに水分に恵まれると DEF が発達する。海拔が高くなり、気温が低下するにつれて HEF が発達し、ときにマツ類の純林が形成される。半島部南部では乾季がずっと短かくなり、降水量に恵まれ、気温の変化にも乏しくなって TEF が優勢となる。すなわち、水分環境の系列に応じて乾燥したものから DDF→MDF→DEF→TEF という系列があり、気温の低下によって HEF が発達するといえる。このような環境条件の差異は当然その下に発達する土壌の性質をも変えていると考えて差しつかえないであろう。事実、11月下旬から12月にかけての乾季の初期における土壌の採取時の含水率はこのような違いを比較的良好に反映しており、DDF が最も含水率が低く、MDF, DEF がこれにつき、HEF や TEF では50%以上の高い含水率を示した(前報<sup>16)</sup>図3)。それでも、同一種類の森林で林地ごとの違いがあった。さらに、容積重や最大容水量などの物理性、炭素、チッ素などの化学組成については森林の種類ごとの違いはもっと不明瞭となり、局地的な違いが大きくなっていく。土壌中の無機養分についてみると、森林の種類との間にほとんど何の関係ももたないようにさえ見える。

このように、森林の種類と土壌の化学組成との間の関係が不明瞭となってしまうことについては、地形と母材料の違いによる影響をあげることができる。

Khorat 高原や北タイ南部などには平地に発達した森林があるとしても、主要な森林はおおよそ山地にあるといってよい。そして斜面上の位置による局地的な土壌条件の違いが、ときには森林の種類による違いをこえて大きい場合があるように思われる。この傾向の1つの例は PTC

地区においてみられる。

ここでは DDF と DEF とが相接してあられ、しかも両者ともに斜面上部にも上部にもあられされている。斜面上部と下部とを比較すると、それが DDF であると DEF であるとの関係なく、概して斜面上部では表層土の採取時含水率が小さく、容積重が大きく、容水量は小さい。また炭素、チッ素、無機養分の蓄積量もすくない傾向がみられる。斜面上部相互、または下部相互で DDF と DEF とを比較すると、幾分 DEF の方が物理的な性質に優れ、土壤中の物質量の蓄積量も多いという傾向がみられるとしても、斜面上部と下部の著しい違いを考慮すると、土壤の諸性質に対しては地形ないしは斜面上の位置が大きな影響をもっており、局地的にみると、森林の種類の違いによる影響を打ち消してしまっているように思われる。

一般に DDF は瘠悪で浅い土壤に成立するものとされている。斜面上部の DDF では、たとえば NPN 1 で顕著にあらわれているように、10~30cm 深の浅い層に小円礫を含む固結層があらわれ、著しく固いので土壤は生理的に極めて浅いといえる。さらに化学組成においてもおよそ乏しい傾向がある。しかし、PTC 地区の斜面下部の DDF にみられるように、斜面上部の DEF より物理性もよく、化学組成にも富む林地も認められるのである。

それ故、現在 DDF となっている林地にも立地条件としていろいろなものが含まれていると考えられる。同じ DDF として区別され、林相として近似していても、PTC 5 などにみられる斜面下部のものと、NPN 1 にみられるような斜面上部、台地上のものとでは土壤の性質において著しく異なっており、すくなくともこの両者は区別して考えた方がよいように思われる。

このように土壤条件の著しく異なるところに同じような林相をもつ DDF が成立することの原因としては人為の干渉をあげることができる。DDF の成立に対しては人為の干渉、すなわち野火が重要な影響を与えていることはよく知られた事実である。乾季には地表の下草は枯死し、乾燥し、いっせいに地表火で焼失してしまう。このような地表火はほとんど毎年繰り返されるという。このために、比較的強い樹種のみが生き残り、植生の推移をとめてしまうことが、現在の DDF を成立せしめている最も重要な要因であろう。

DDF はもともと乾燥した瘠悪な立地に成立するものとされている。乾燥や貧栄養は DDF の成立のために必要な条件ではあるにしても、単にそれのみではなく、野火の影響が著しいものようである。従って、DDF にみられる土壤は必ずしも一定していないし、常に最も乾燥した瘠悪な立地を反映しているものとはいえない場合があるものように思われる。このことが森林の種類と土壤の性質との関係を局地的に乱していることの1つの原因と思われる。

なお、DDF では地表の有機物が毎年焼かれてしまい、そのうえに疎林であるため、乾季の間はげしい乾燥にさらされ、雨季には侵蝕をうけやすく、土壤の性質がこのような条件下で次第に変わっていくであろうということは充分想像されうることである。従って、DDF はもともと土壤が瘠悪であったから成立したもののほかに、DDF が成立してから後に次第に瘠悪化し

ていったものも当然ありうるものと考えられる。斜面上部ほど地表の裸出にともなう林地の瘠悪化の影響を受けやすいとすれば、斜面上部のものほど DDF 林下での土壌の瘠悪化が早く、極端に進行するであろう。このような考えは今後検討する必要があるが、NPN 1 や PTC 7 にみられるような土壌では、現在、極めてかたく、浅く、植物栄養分にも乏しい。従って、もし野火が抑制され保護されたとしても、現在の土壌の性質が制限要因としてはたらし、MDF や DEF へと復帰していくかどうかは疑問であるように思われる。すくなくとも、斜面下部の PTC 5 にみられるような土壌に成立している DDF よりはずっと復帰が困難であろう。

土性や土壌の化学組成は母材料によっても著しく異なる。石灰岩を母材とする土壌は砂岩や花崗岩を母材とするものに比べ重粘であり、土壌中の炭素、チッ素、無機養分の蓄積量もかなり多かった。また、花崗岩を母材とする土壌では置換性カリウムの含有率がやや高いという傾向があった。

一般にタイ国の石灰岩と砂岩とでは地形が著しく異なり、石灰岩は一般にきりたった断崖をもつ山地をつくりやすいのに対し、砂岩では比較的緩傾斜のなだらかな地形となりやすい傾向がある。砂岩土壌におけるこのような地形上の利点と、砂質で耕作しやすいということのために、とくに部落周辺で、開墾の対象となり、そのために地力の低下がおり、野火の影響も加えられて、DDF となっている林地が多いようにみうけられる。

Khorat 高原は主に砂岩よりなり、降水量がすくないこともあって一般に瘠悪である。とくにこの地方の東部にあたる MKD 地区、SNI 地区の MDF 地帯の土壌は微砂質の壤土であって深くやわらかいが、他の地区のものに比べ、12月上旬にすでに 70 cm 深まで乾燥がすすみ、有機物やチッ素、無機養分の蓄積量もすくなく、乾燥、瘠悪な土壌となっている。

これを同じく砂岩を母材とする北タイの LPN 地区の結果と比較すると、LPN 地区のものの方が採取時含水率は高く、土壌中の諸物質も多かった。これらの両地区はともに MDF に属してはいるが、北タイでは Teak (*Tectona grandis*) を混じているのに対し、東北タイの MDF には普通 Teak の混交はみられない。これらのことから同じ砂岩を母材とする MDF の中でもかなり大きな違いがあるもののように思われる。

このように土壌の性質は単純に森林の種類の違いによる影響だけを反映しているとは考えがたく、局部的には地形や母材の影響を強く受け、林地ごとの違いがかなり大きいようである。今後はこれらの諸条件との関係をさらに詳細に検討する必要があると考える。

つぎに本調査の各地を通じての土壌中の諸物質についてみよう。

土壌の炭素含有率は一般に小さく、3%をこえるものは稀であって、日本の林地に比べ小さかったといえよう。しかし一方で容積重が一般に大きいため、土壌の 70 cm 深までに含まれていた有機物の蓄積量は含有率から想像されるほどすくなくはないといえないようであった。これを森林の種類ごとにとみると、林地による違いが大きいが、概して HEF では多く、DEF がこれ

についていた。また DDF では荒廃して蓄積量が極めてすくない林地が多く、高温多雨の TEF でも有機物量は他の森林に比し多いとはいえないようであった。荒廃して有機物のすくない DDF や高海拔地ととくに有機物の多い HEF を除くと、およそ 70 cm 深までの蓄積量は 30~100 ton/ha に達し、日本に比しずっと高温であることを考慮すると、土壌の有機物量はすくないとはいきれないようであった。

これはおそらく、毎年林地に加えらるる有機物量が熱帯の森林では冷温帯や暖温帯のものより多いということによっており、その土壌中での分解率は高緯度地方よりずっと大きいと推定される。南タイの TEF では積算温度で約 330°C に達し、A<sub>0</sub> 層の有機物は約 4 カ月で A<sub>0</sub> 層から分解消失してしまい、土壌中の有機物の平均分解率は約 25% という高い値が推定された。これらの値は落葉落枝量として推定値を使っているため、信頼性は低く、今後熱帯森林での資料が多く集積されることが望まれる。

チッ素量は炭素量と密接に関係しており、炭素にとむ林地ではチッ素もまた多かった。含有率は炭素の場合と同様に低かったが、70 cm 深までの蓄積量は DDF や高海拔地のものを除いて 3~10 ton/ha の範囲内にあって、日本の林地での結果に比べ、すくなくはない。

C/N は水分条件に比較的恵まれている DEF, TEF に小さく、その表層土でおよそ 12 程度であるのに対し、その他のものでは 15 程度のものが多かった。そして一般に深さを増すにつれて C/N は小さくなり、30 cm 以深では 10 程度の値を示すものが多くなっていた。このような傾向はタイ国の林地では日本のそれに比べ相対的にチッ素に富んでいることを示しているように考えられる。これは熱帯では荳科植物の混交の多いことなどによるチッ素の獲得量が多いことに関係しているのかも知れない。

置換性塩基量についてみると、石灰岩土壌は砂岩土壌に比して多い傾向があり、また地形あるいは地形を通じてあらわれる水分環境の違いを反映して斜面下部に多い傾向がみられた。しかし、いずれにしてもその含有率は決して高くはなかったといえよう。しかし、有機物やチッ素の場合と同様に、土壌の容積重が大きいことの影響をうけて、一定容積中の絶対量は決してすくないとはいえないように思われる。日本の各地の林地における可給態養分量と比較しても、タイ国のそれは決してすくないとはいえなかったのである。本調査の範囲内で土壌の諸物質の量的な面だけからみると、とくに荒廃した DDF や東北タイ東部の MDF 地帯などを除いて、タイ国の林地が日本のそれより瘠悪であるということはいえないようである。

なお、置換性塩基 (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) のうちで Ca<sup>++</sup> は主要な部分を占めているが、深さを増すにつれて一般に減少する傾向があった。1 価イオンは花崗岩土壌を除いて一般にすくないが、下層土で次第にその量比が高まる傾向をもっていた。

また、PTC 地区斜面上部の DDF と DEF について、その森林生態系（根を除く）の物質現存量を求めた。樹体各部の養分含有率は DDF の方が DEF よりいくらか高く、DEF の値

は九州川内地方の常緑広葉樹林のそれと大差がなかった。

林木地上部の乾物現存量は DEF の方が DDF より多かったので、林木地上部に現存する各養分量についてみると DEF の方が多く、系全体としても多かった。

これを地上部、A<sub>0</sub>層、土壌の各部の量比としてみると、物質によって異なり、有機物やリンでは土壌に相対的にすくなく、チッ素やカルシウムでは土壌中に相対的に多いという傾向があった。また、DDF は DEF より土壌に含まれる割合が大きく、地上部の占める割合は小さかった。なお、地上部のうち幹に含まれる割合は無機養分ではかなり大きく、DDF で11~23%、DEF では17~44%に達していた。

PTC 地区におけるこのような計算例だけでは熱帯森林における物質の循環が暖温帯や冷温帯のものより著しく大きいという積極的な裏付けとはならないが、一方で、熱帯では森林を皆伐し焼き払った後の耕地としての生産力は一般に数年で低下してしまうとされており、焼畑による荒廃が問題にされている。Nye<sup>9)</sup>は焼き払った後、一時的に土壌中の物質量の増加がおこるとしても、耕作すると溶脱や侵蝕によって初年度に急激な物質の減少がおこることを実証している。このような急激な地力の低下は主に侵蝕、溶脱と、高温条件下での極めて活発な土壌有機物の分解とによっていると考えられる。

さらに、DDF では、乾季における野火が林地を裸出せしめ、その下で土壌の瘠悪化が進行していくおそれがある。

土壌有機物の分解がはやいことは、逆に、次代の森林の成立にともなう回復もまたはやいことを意味するものと考えられるが、有機物を失なうことは土壌の物理化学性を変え、そのことによって土壌の回復が抑制されてしまう危険があることも考えておく必要がある。

タイ国の森林面積は全土の77%を占めるとされているが、このうちで DDF が約45%を占めており、Evergreen Forest (HEF Mangrove Forest を含む) は約30%にすぎない。とくに降水量に乏しく、砂岩を母材とする微砂質壤土を主体とする Khorat 地方では DDF の占める面積は70%をこえるという。

このように広く分布している DDF の中には PTC 5 の例でみられたように、土壌はそれほど瘠悪でなく、野火を中止しさえすれば回復が比較的容易であるように思われる林地があるにしても、NPN 1 の例でみられるように、現在土壌が極めて瘠悪となっている林地もまた多い。これらが森林の乱伐、管理の不充分によるものであるとすれば、一方でこれらの瘠悪林地の回復を促進するとともに、他方では現存する森林地帯の保護が真剣に検討されねばならないと考える。

## 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御配慮によ

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手井井、川口両教授、タイ国の 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御指導、御協力をえた。ここに厚く御礼申しあげる。

文 献

- 1) Finck, A. *Tropische Böden*. Berlin: 1963.
- 2) 河田 弘「森林土壌の化学的性質および腐植の形態に関する研究」『林野土壌調査報告』No. 10, 1959, 1-108.
- 3) Kira, T. and T. Shidei. *Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific*. 投稿中の資料による
- 4) Jenny, H. *Factors of Soil Formation*. New York: 1941.
- 5) Nye, P. H. and J. Greenland. "Changes in the Soil after Clearing Tropical Forest," *Plant and Soil*, Vol. 21, No. 1, 1964, pp. 101-112.
- 6) Scott, R. M. "Exchangeable Bases of Mature, Well-Drained Soils in Relation to Rainfall in East-Africa," *J. Soil. Sci.*, Vol. 13, No. 1, 1965, 1-9.
- 7) 四手井綱英(編)「森林の生産力に関する研究(I)」四大学合同調査, 国策パルプ, 1960.
- 8) 四手井綱英(編)「森林の生産力に関する研究(II)」四大学合同調査, 日・林・協, 育林技術研究会, 1964.
- 9) 四手井綱英(編)「森林の生産力に関する研究(III)」四大学合同調査, 日・林・協, 育林技術研究会, 1966.
- 10) 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.
- 11) 竹原秀雄「西南諸島の亜熱帯森林土壌 1.」『日・林・誌』Vol. 46, No. 12, 1964, pp. 384-388.
- 12) 竹原秀雄「西南諸島の亜熱帯森林土壌 2.」『日・林・誌』Vol. 47, No.1, 1965, pp. 1-8.
- 13) 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・誌』No. 72, 1962, pp. 177-179.
- 14) 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(1)」『京大演報』No. 34, 1963, pp. 37-64.
- 15) 堤 利夫「スギ樹体の養分量について」『日・林・誌』Vol. 47, No. 3, 1965, pp. 105-108.
- 16) 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』Vol. 4, No. 2, 1966, pp. 327-366.
- 17) 堤 利夫, 河原輝彦, 四手井綱英 未発表資料による
- 18) 山谷孝一「ヒバ林地帯における土壌と森林生育との関係」『林野土壌調査報告』No. 12, 1962, pp. 3-154.