

本邦主要樹種の落葉の無機組成

森 田 禧 代 子⁽¹⁾Kiyoko MORITA: Mineral Composition of the Fresh
Litter of Major Tree Species in Japan

要 旨：森林土壌の生成要因は、その森林のもつ、すべての環境条件が大きく支配しているが、そのなかで落葉成分が土壌に及ぼす影響はかなり大きいと考えられる。そこで樹木の落葉の無機組成を知ることが、森林施業上の科学的基礎を与える上に大いに意義があると考えられる。

分析を行なった樹種は、本邦主要樹種のスギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツ・ブナ・コナラ・シラカバ・モミ等23樹種である。

分析結果にもとづいて、無機成分組成のパターンを3種類に分け、樹種を区分した。パターンⅠは、スギ・ヒノキ・アカマツ・サワラ・コナラ等、約9種類の樹種がこれにはいる。パターンⅡは、シラカバ等、約4種類の樹種で、パターンⅢは、カラマツ・ブナ等、約3種類であった。

落葉成分が土壌に還元し、土壌に影響するまでには、種々の過程があるので、分析結果から得られた無機組成で種々論ずることはできないが、無機組成によって樹種を区分することは、林地の天然供給物の組成を知る上に有力な知見を与えるものと考えられる。

ま え が き

森林土壌と森林の構成樹種との相互関係については、今まで多くの研究が行なわれている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。その結果、土壌と森林の関係が深いことは認められている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。森林土壌の生成要因は、その森林の生育地のすべての環境条件と関連していることは、いうまでもないが、林木が同じところに数十年ないし数百年以上も生育しつづけ、樹木によって吸収された養分が、全木集材や落葉掻きが行なわれた場合を除けば、落葉落枝となって、年々土壌に復帰し、土壌に養分を補給する重要な源泉となっていることから考えれば、落葉の成分が土壌生成等に及ぼす影響は大きいと考えられる。ことに地力維持の点から、落葉は土壌への養分の天然供給物として重要な因子と考えられる。

したがって、落葉成分を知ることは、森林の生産力を高めようとする森林施業の林地肥培や、混交林施業の重要な科学的基礎を与える上に大いに意義があると思われる。

そこで、本邦主要樹種スギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツ・ブナ・コナラ・シラカバ・モミ等23樹種について、落葉の分析を行なった。そして、それにもとづいて樹種の類別をこころみた。

分 析 法

1. 風 乾 試 料

試料は枝・幹を取り除き葉のみとする。そして外部の汚れを取るために軽く水洗し、熱風乾燥機中(約50~60°C)で乾燥する。乾燥後「石川式搗搦機」を使用して粉碎する。これを風乾して風乾試料とする。

2. 灰 分

1971年9月27日受理

(1) 土じょう部

風乾試料約 1g (1mg まで精秤する) を秤取し、すでに恒量を求めてある磁製ルツボに入れる。ガスバーナーで加熱灰化し、恒量になるまで灰化を続け、灰分量を求める。

3. 湿式灰化

風乾試料約 2g (0.1mg まで精秤する) をケルダールフラスコ (150cc) に秤取し、Conc. HNO_3 10cc と 60% HClO_4 5cc を加え加熱分解し、有機物を完全に分解した後ケルダールフラスコに少量の H_2O を加え、No. 5c の濾紙を用いて濾過する。次に dil. HCl (1+99) 湿液で濾紙上およびフラスコをよく洗浄し濾液洗液を合わせて、200cc メスフラスコに入れ一定容積とする。この分解液を用いて、P, Ca, Mg, K を定量する。

4. P 定量

分解液 200cc 中の 10cc を 50cc メスフラスコに入れ、M. L. Jackson 法¹²⁾による比色分析法を行なった (日立光電光度計使用)。

5. Ca, Mg 定量

分解液 200cc 中の 20cc を三角フラスコ (200cc 容) に分取し、ドータイト NN および E. B. T. 指示薬を用いて、EDTA で滴定して定量¹³⁾した。

6. K 定量

分解液 200cc 中の 50cc を H_2O で 2 倍に希釈し、炎光光度計で定量した (日立炎光光度計使用)。

7. N 定量

風乾試料 (播種機で粉末としたもの) 約 1g (0.1mg まで精秤する) をケルダールフラスコ (200cc 容) に秤取し、分解促進剤 ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \cdot \text{HgO} \cdot \text{Se}$ 混合物) 3.4g と Conc. H_2SO_4 10cc を加え、加熱分解し、Kjeldahl 法¹⁴⁾による水蒸気蒸留で定量した。

試料採取法およびその検討

樹木の葉の無機成分含有量は、葉の開舒期に N, P_2O_5 , K_2O の濃度が高くなる¹⁵⁾。また、落葉前に成分の一部 (Mg, K, P, Cl, N) は樹体に返るといわれている。

芝本ら⁶⁾は立地条件あるいは樹木の生育状態により、葉の成分に大きな差異があるといっている。また塘¹⁵⁾は林齢が増すにしたがい林木の幹・枝・葉・根に含まれる各養分量が増加すると報告している。河田¹⁶⁾は落葉の養分組成と分解について論じているなかで、落葉中の K は他の諸成分と異なり、落葉後急速に溶脱されると述べている。これらのことから考えると、落葉の分析試料を採取する時点の規定が重要になってくる。

そこで次の二・三の実験を行なって試料採取について検討を行なった。

1. 落葉前後の含有量のちがい

すでに落下している落葉 (以下落葉とよぶ) と、黄化したまま枝に着いている落葉直前のもの (以下黄化葉とよぶ) の無機成分含有率を比較した。ともに同一個体のもので、落葉は拾い集め、黄化葉は枝を軽くゆすってシート上に落として集めた。分析結果は Table 1 のとおりである。

Table 1 からみられるとおり、落葉中の成分含有率は、カラマツの MgO とウダイカンバの CaO の場合を除き、それぞれ黄化葉より少なくなっている。ことに、 K_2O のちがいは著しい。これは河田¹⁶⁾の報告と同様に、落葉は落下してから容易に K を溶出することを示している。

Table 1. 落葉前後の無機成分の比較
Mineral composition leaves before and after falling

(乾物中 Oven-dry base %)

		灰分 Ash	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	採取地 Sample place	土壌型 Soil type	樹 齢 Tree age
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	黄 化 葉 Yellow leaf	5.20	0.26	0.63	1.20	0.21	—	木曾王滝	PDII	15
	落 葉 Fallen leaf	4.10	0.24	0.36	0.79	0.28	1.29	"	"	"
ウダイカンバ <i>Betula maximowi- cziana</i>	黄 化 葉 Yellow leaf	4.14	0.14	1.59	0.90	0.36	1.74	"	PDII	20
	落 葉 Fallen leaf	2.83	0.09	0.60	1.10	0.18	1.65	"	"	"

この検討に使用した黄化葉は、わずかなショックで容易に枝から離脱したのであるから、離層はかなり発達していたものと判断される。このような状態の黄化葉における成分の移動の有無は明らかでないが、もし移動が終了していたとすれば、上例の含有率のちがいは、成分の移動終了後、採取までの期間における雨水の影響の多少など、外因的な条件によるちがいのものと考えてさしつかえないであろう。しかし、樹葉の黄化や落葉は、樹冠全体に同時に一樣に起こることは少なく、カラマツでは基部からしだいに先端に進むことがみとめられている。したがって、この含有率のちがいには、葉の着生部位によるちがいも含まれているものと考えねばならない。

2. 葉の着生部位および葉齢別による比較

樹木の葉の成分含有率は方位によっては、あまり差はみられないが、トドマツは当年葉から、2年葉までCaが増加するといわれている³⁾。CHANDLER¹⁷⁾もストロブマツは当年葉より2年葉、3年葉とCaが上昇線をえがくとしている。

これらのことから葉齢による比較をする必要があると考えた。また、着生部位(上部・下部)による差があるかを比較した。

葉齢別に比較する試料は、振り落しでは採取が困難であったので、やむをえず生葉について行なった。生葉はトドマツ・モミを用いて枝より葉齢別にもぎ取りを行なった。なお幹から枝を取る時は、上部・下部別々とし、生葉における部位別の比較も行なった。

ヒノキ・サワラ・アカマツについては、黄化葉を上部・下部別々に振り落として集めた。

分析結果は Table 2, 3 に示すとおりである。

Table 2, 3 からみられるとおり、葉齢が高くなると、P₂O₅, K₂O の含有率が低くなる。CaO についてみると、トドマツ・モミともに CHANDLER¹⁷⁾ の報告と同様に、当年葉より増加線をたどり、3年葉でピークになる。MgO についてみると、2年葉、3年葉でピークになっている。N は葉齢が高くなるにしたがって少なくなる傾向がみられた。しかし、トドマツ下部の2年葉、モミ下部の2年葉のNは、同部位の1年葉より含有率は多かった。

ヒノキ・サワラ・アカマツについての上・下部位の間には、はっきりした差はみられなかったが、ヒノキ・サワラでは上部にNが少なくなっていた。

3. 個体による成分の差異

芝木ら⁶⁾は、樹木の生育状態によって、生葉中の成分に差異があると報告しているので、落葉について

Table 2. 葉齢および部位別の比較
Difference of mineral composition of leaves by age and position on crown
(乾物中 Oven-dry base %)

		葉 齢 Age of leaf	灰分 Ash	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	採取地 Sample place	土壌型 Soil type	樹 齢 Tree age
トドマツ <i>Abies</i>	上 部 Upper	1 年 葉	3.60	0.26	0.74	1.21	0.22	1.80	浅 川 実 験 林	B _d	27
		2 "	3.87	0.27	0.59	1.45	0.28	1.47			
		3 "	3.70	0.20	0.46	1.53	0.48	1.27			
	下 部 Lower	1 年 葉	3.38	0.29	0.96	1.28	0.07	1.60			
		2 "	3.71	0.24	0.71	1.38	0.35	1.72			
		3 "	3.94	0.23	0.64	1.60	0.34	1.35			
	4 "	4.00	0.18	0.52	1.89	0.40	1.26				
モ ミ <i>Abies firma</i>	上 部 Upper	1 年 葉	2.79	0.22	0.97	0.75	0.24	1.06	浅 川 実 験 林	B _d	100
		2 "	4.63	0.16	0.35	2.24	0.62	0.91			
		3 "	3.90	0.17	0.35	1.84	0.62	0.93			
		4 "	3.72	0.15	0.34	1.64	—	0.46			
	下 部 Lower	1 年 葉	2.68	0.21	0.86	0.64	0.24	0.92			
		2 "	3.29	0.15	0.44	1.29	0.58	0.99			
		3 "	3.25	0.16	0.37	1.40	0.51	0.87			
		4 "	2.65	0.15	0.34	1.25	0.23	1.04			

Table 3. 黄化葉成分の部位別比較
Difference of mineral composition of yellow leaves by position on crown
(乾物中 Oven-dry base %)

	Position on crown	灰分 Ash	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	採取地 Sample place	土壌型 Soil type	樹 齢 Tree age
ヒ ノ キ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	上 部 Upper	4.62	0.05	0.15	2.11	0.54	0.02	浅 川 実 験 林	B _d	29
	下 部 Lower	5.15	Trs.	0.15	2.25	0.62	0.43			
サ ワ ラ <i>Chamaecyparis pisifera</i>	上 部 Upper	5.79	0.26	0.29	2.75	0.23	0.06	浅 川 樹 木 園	B _d	
	下 部 Lower	6.82	0.26	0.23	3.30	0.40	0.55			
ア カ マ ツ <i>Pinus densiflora</i>	上 部 Upper	2.01	0.03	0.07	0.83	0.16	0.34	浅 南 間 麓	B _d	45
	下 部 Lower	2.80	0.05	0.09	1.12	0.19	0.37			

も樹木の個体差があるかを検討するために、同様の立地に生育している同じ樹種から黄化葉を採取して分析し、個体差の有無を検討した。

分析結果は Table 4 に示すとおりである。

Table 4 からみられるとおり、カラマツ・モミ・ヒノキ等は個体差はみられなかったが、シラベ・ブナ・スギ等は K₂O, CaO, MgO の含有率に差がみられた。

採 取 時 期 の 規 定

以上の試料採取法の検討結果から、本研究の試料は、成分の移動終了期に採取することによって成分の移動未了による過大値や流亡による過小値を防ぐことができる。しかし、採取にあたって正確にこの時点

Table 4. 同一立地, 同一樹種間の個体差
Deviation of mineral content in same species on same site
(乾物中 Oven-dry base %)

	灰分 Ash	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	採取地 Sample place	土壌型 Soil type	樹 齢 Tree age
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	6.59	0.25	0.50	1.05	0.51	1.26	浅南 間麓	B ₁ (d)	不明
	6.94	0.23	0.57	1.11	0.43	1.07			
	7.54	0.27	0.56	1.28	0.50	1.37			
シラベ <i>Abies Veichii</i>	2.36	0.06	0.24	0.69	0.56	0.65	乗東 鞍麓	Pw(h)Ⅲ	150
	3.09	0.07	0.12	1.43	0.66	0.55			
ブナ <i>Fagus crenata</i>	5.83	0.03	0.48	1.19	0.37	0.82	水上	B ₁ e	200
	5.12	0.06	0.82	0.94	0.13	0.83			
モミ <i>Abies firma</i>	2.71	0.07	0.51	0.93	0.36	0.53	大代	B ₁ c	50
	2.66	0.08	0.47	0.93	0.32	0.56			
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	3.36	0.05	0.34	1.49	0.43	0.58	大代	B ₁ e	23
	3.34	0.05	0.33	1.56	0.40	0.69			
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	8.19	0.12	0.40	1.32	0.58	0.68	浅南 間麓	B ₁ d	46
	7.74	0.12	0.42	1.41	0.50	1.02			
コナラ <i>Quercus serrata</i>	3.46	0.10	0.25	1.30	0.48	1.03	新発田	B ₁ d	33
	3.05	0.09	0.20	1.30	0.33	1.06			
スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	4.58	0.05	0.39	2.40	0.41	0.40	大代	B ₁ c	48
	4.25	0.02	0.22	2.50	0.43	0.38			

*落葉前にもぎとりにより採取した。

を知るための外観的な判定基準に適當なものは見当たらなかった。それで、離層の発達をもって成分移動の完了とみなし、容易にゆり落とす状態をもって離層の完全な発達とみなすことにした。このゆり落しによって採取した黄化葉試料は、厳密には上述の理想とする採取時点のものではなからうが、落葉よりはそれに近く、また採取時点を客観的にそろえやすくする利点があると考えた。着葉部位による差は、黄化葉においてNに差がみられたが、他の成分に差異が少なかったので、できるだけ均等に黄化した時期をみはからって採取した。また、同一立地のところで、同一樹種多数木よりできるだけ均等にこの方法で採取した。以下、特にことわりない限りこの方法で採取したものである。

結 果 と 考 察

前記の採取法および分析法を用いて行なった結果について、二・三検討する。

1. スギ・ヒノキ・アカマツ落葉について

(a) 土壌型別の比較

土壌型と落葉成分の関係は大政¹⁾、CHANDLER¹⁸⁾により研究され、当年葉と土壌型の関係は芝本ら⁵⁾によって報告されている。そこで筆者は、スギ・ヒノキ・アカマツの落葉成分を土壌型別に比較してみた。そ

Table 5. 土 壌 型 による 比較
Soil type and mineral composition of litter

(乾物中 Oven-dry base %)

	土 壌 型 Soil type	灰 分 Ash	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	試料数 No. of samples
ス ギ <i>Cryptomeria japonica</i>	B _{0(d)} ~B _D	4.53	0.07	0.15	2.7	0.41	0.52	17
	B _E	5.00	0.09	0.13	3.0	0.31	0.49	8
	B _I	4.61	0.06	0.12	2.6	0.36	0.38	3
ヒ ノ キ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	B _D	4.34	0.04	0.20	1.8	0.55	0.51	7
	B _E	3.67	0.05	0.28	1.8	0.39	0.57	2
	B _I	4.80	0.04	0.25	2.4	0.38	0.54	3
ア カ マ ツ <i>Pinus densiflora</i>	B _D	2.02	0.03	0.09	0.87	0.20	0.37	5
	B _I	2.07	0.03	0.19	0.81	0.21	0.39	5

Table 6. 林 齢 による 比較
Tree age and mineral composition of litter

(乾物中 Oven-dry base %)

	林 齢 Tree age	灰 分 Ash	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	試料数 No. of samples
ス ギ <i>Cryptomeria japonica</i>	30年以下	4.36	0.08	0.11	2.7	0.31	0.48	5
	30 ~ 40	4.37	0.08	0.11	2.6	0.36	0.48	9
	40 ~ 50	4.76	0.08	0.22	2.7	0.37	0.50	8
	50年以上	5.07	0.06	0.13	3.1	0.45	0.49	9
ヒ ノ キ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	30年以下	3.60	0.06	0.27	1.6	0.42	0.64	8
	30 ~ 50	4.67	0.05	0.32	2.1	0.56	0.52	8

の結果は Table 5 のとおりである。

表からみられるとおり、スギの N%, ヒノキの CaO%, MgO%, アカマツの K₂O% 等土壌型により差がみられるようであるが、試料点数が少ないので、この表から落葉成分含有率と土壌型との関係を究明することは、やや困難である。しかし、落葉成分含有率は土壌型とあまり関係ないように考えられる。

(b) 林齢による比較

塘¹⁵⁾は林木に含まれる養分量は、林齢が増すにしたがい増加するが、スギ生葉中の養分含有率は、N, P₂O₅, K₂O, いずれも林齢6年が含有率が高く、林齢が30年、40年となると少なくなると報告している。

そこで、落葉成分について、林齢が関係するか検討してみた。結果は Table 6 のとおりである。

表からみられるとおり、スギの落葉成分含有率は、林齢とあまり関係ないが、K₂O% は林齢40~50年のところで、30年以下および30~40年のときの約2倍となり、MgO% は、林齢が増加するにしたがいやや増加する傾向がみられた。

ヒノキについては、P₂O₅% は、林齢と関係ないようであるが、K₂O%, CaO%, MgO% は林齢の増加につれて、やや多くなっていた。N% は逆に林齢30年以下に多かった。すなわち、落葉成分と林齢はそれ

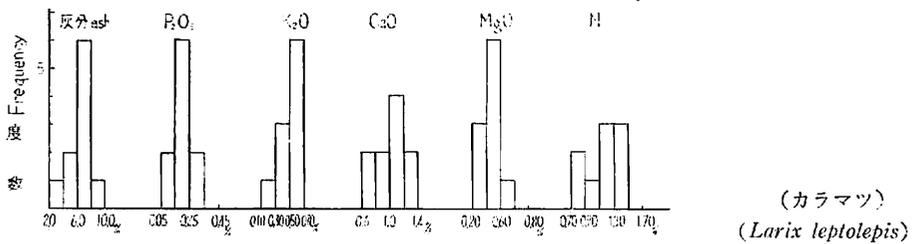
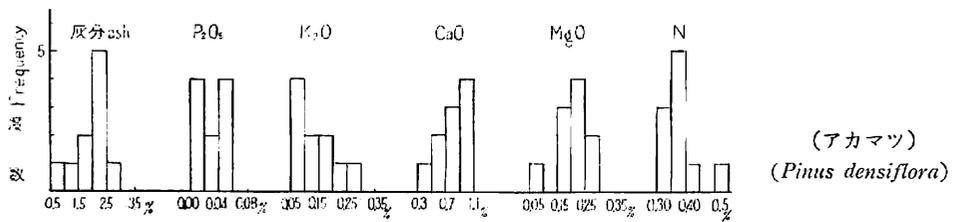
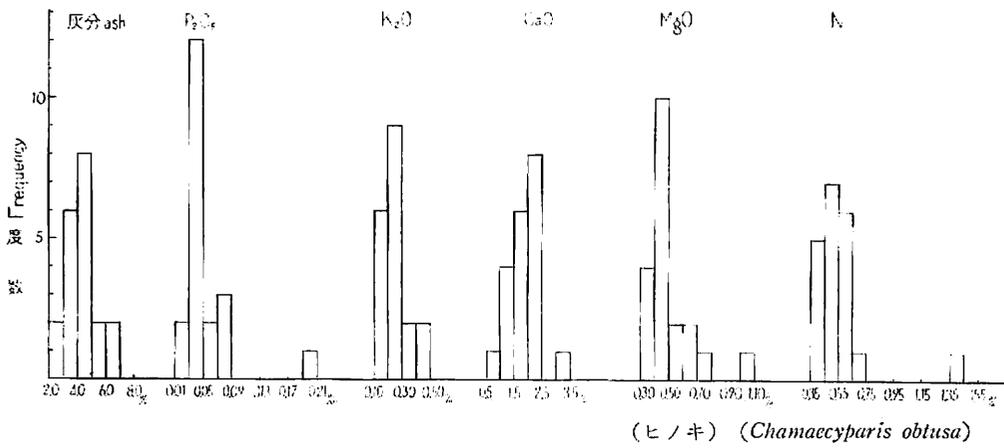
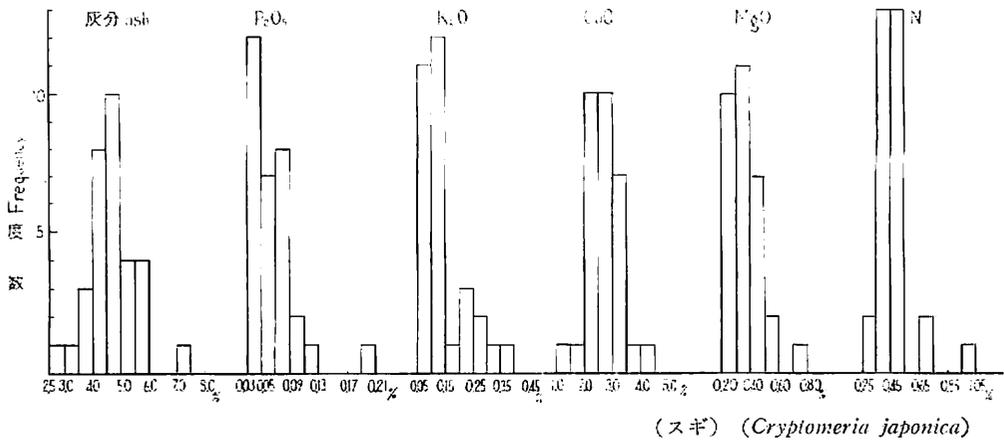


Fig. 1 成分含有率の度数分布図
Frequency distribution of mineral content

Table 7. 樹種別の無機成分含有率
Tree species and mineral composition

樹種	Species	灰分	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	4.8	0.04 (1.2)	0.10 (2.9)	2.5 (72.3)
ヒノキ	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4.1	0.05 (1.5)	0.24 (7.4)	2.0 (61.7)
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	2.3	0.03 (1.9)	0.14 (8.9)	0.54 (53.5)
カラマツ	<i>Larix leptolepis</i>	7.0	0.24 (6.9)	0.56 (16.1)	1.1 (32.6)
ブナ	<i>Fagus crenata</i>	5.7±0.9	0.08±0.08 (2.7)	0.53±0.09 (18.1)	1.3±0.2 (44.4)
サワラ	<i>Chamaecyparis pisifera</i>	4.8±0.1	0.16±0.08 (4.5)	0.26±0.03 (0.73)	2.3±0.7 (64.8)
シラカバ	<i>Betula platyphylla</i>	4.0±0.9	0.14±0.07 (3.7)	0.50±0.23 (13.3)	1.5±0.6 (39.9)
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	5.7±1.3	0.06±0.05 (1.7)	0.30±0.11 (8.40)	1.8±0.5 (50.4)
ツガ	<i>Tsuga Sieboldii</i>	4.6±0.6	0.08±0.02 (2.5)	0.28±0.09 (8.86)	2.0±0.1 (63.3)
モミ	<i>Abies firma</i>	3.0±0.8	0.08±0.003 (3.1)	0.44±0.03 (17.3)	1.1±0.5 (43.1)
ドイツトウヒ	<i>Picea abies</i>	6.3±1.9	0.08±0.04 (2.5)	0.27±0.08 (8.4)	1.7±0.7 (53.1)
ヒメコマツ	<i>Pinus pentaphylla</i>	1.5±0.2	0.04±0.04 (2.8)	0.10±0.03 (7.1)	0.5±0.07 (35.5)
コウヤマキ	<i>Sciadopitys verticillata</i>	2.5±0.3	0.04±0.02 (1.8)	0.23±0.09 (10.6)	1.2±0.2 (55.6)
ミズナラ	<i>Quercus mongolica</i>	4.4±1.0	0.06±0.01 (1.9)	0.24±0.11 (7.7)	1.4±0.3 (45.0)
ヒバ	<i>Thuopsis dolabrata</i>	7.7±2.4	0.03±0.00 (0.6)	0.13±0.13 (2.6)	4.2±1.3 (85.0)
シラベ	<i>Abies Veitchii</i>	2.7±0.4	0.07±0.01 (2.7)	0.18±0.06 (7.0)	1.1±0.4 (43.0)
ウダイカンバ	<i>Betula maximowicziana</i>	3.5±0.7	0.11±0.02 (2.6)	1.10±0.49 (26.3)	1.0±0.1 (23.9)
クヌギ	<i>Quercus acutissima</i>	3.6±0.2	0.11±0.01 (3.2)	0.20±0.06 (5.7)	1.5±0.1 (43.0)
クリ	<i>Castanea crenata</i>	5.4±0.2	0.07±0.07 (1.5)	0.45±0.02 (9.9)	2.5±0.2 (55.2)
ヤマゲルマ	<i>Trochodendron aralioides</i>	4.0	0.12 (3.3)	0.27 (7.4)	2.0 (54.5)
シロバナシャクナゲ	<i>R. fauriae</i> var. <i>rutescens</i>	3.2	0.07 (2.4)	0.14 (4.8)	1.8 (61.9)
トチ	<i>Aesculus turbinata</i>	4.8±1.6	0.17±0.09	0.50±0.11	2.2±1.3
カラツラ	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	6.9	0.12	1.00	3.5
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	6.6±1.3	0.03±0.01 (2.0)	0.56±0.12 (36.8)	0.3±0.2 (19.7)

*落葉後に拾ったもの。()は(P₂O₅%+K₂O%+CaO%+MgO%+N%)=100に対する各成分の比率。

一覧表
of litter

MgO	N	試料数 No. of samples
0.35 (10.1)	0.47 (13.6)	31
0.45 (13.9)	0.50 (15.4)	20
0.20 (12.7)	0.36 (22.9)	10
0.50 (14.4)	1.0 (29.9)	10
0.35±0.08 (11.9)	0.67±0.11 (22.9)	6
0.36±0.06 (10.1)	0.47±0.20 (13.2)	5
0.80±0.20 (21.3)	0.82±0.13 (21.8)	5
0.55±0.09 (15.4)	0.86±0.11 (24.1)	5
0.36±0.02 (11.4)	0.44±0.03 (13.9)	3
0.35±0.04 (13.7)	0.58±0.05 (60.6)	3
0.40±0.04 (12.5)	0.75±0.24 (23.4)	3
0.16±0.04 (11.3)	0.61±0.18 (43.3)	3
0.39±0.04 (18.1)	0.30±0.03 (13.9)	3
0.52±0.22 (16.7)	0.89±0.14 (28.6)	3
0.20±0.04 (4.0)	0.38±0.01 (7.7)	2
0.61±0.05 (23.8)	0.60±0.05 (23.4)	2
0.27±0.09 (6.5)	1.70±0.05 (40.7)	2
0.49±0.12 (14.0)	1.19±0.09 (34.1)	2
0.74±0.01 (16.3)	0.77±0.10 (17.0)	2
0.64 (17.4)	0.64 (17.4)	1
0.48 (16.5)	0.42 (14.4)	1
0.47±0.18	0.96±0.11	2
0.46	0.43	1
0.37±0.05 (24.3)	0.26±0.04 (17.1)	4

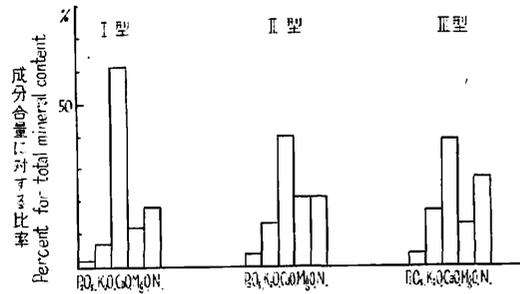


Fig. 2 成分組成のパターン
Proportional pattern of mineral composition.

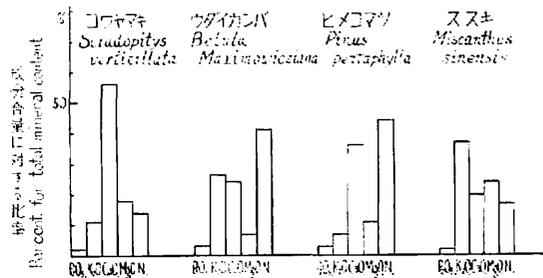


Fig. 3 成分組成のパターン
Pattern of proportional content of mineral.

ほどはっきりした関係はみられなかった。落葉によって
土壌に還元される成分濃度は、林齢との関係は少ないと
考えられる。

2. 各樹種の落葉無機組成の特性

(a) 各成分含有率の度数分布図

樹種ごとの成分含有率の性質を判断するために、樹種
・成分別の度数分布図を作った(試料点数の多いスギ・
ヒノキ・アカマツ・カラマツのみである)。その結果は
Fig. 1 のとおりである。

この図から成分別に樹種を比較してみると次のよう
である。

灰分——スギは4.0~5.0%、ヒノキは3.5~4.2%、カ
ラマツは6.1~8.1%を中心とした正規分布型に近いが、
アカマツは1.9~2.7%に集中している。全体的にみると、
カラマツ、スギ、ヒノキ、アカマツの順に少なくなる。

P₂O₅——スギ・ヒノキは0.05%前後に集中して、指
数分布型に近い。そして0.2%のところにと例外的に1つ
あらわれている。カラマツは0.2%を中心とした正規分

布型である。アカマツは 0~0.06% の範囲に平均にあらわれている。全体的にみると、スギ・ヒノキ・アカマツは同程度で少ないが、カラマツはそれらの約 10 倍含んでいる。

K₂O——スギ・アカマツは 0.1% 前後に集中し、指数分布型になっている。ヒノキは 0.2% 前後に集中している。カラマツは含有率の高い 0.6% 前後に集中し、含有率の低いところにあらわれることは少ない。全体的にカラマツの K₂O% は高く、スギ・アカマツの数倍含んでいる。

CaO——スギは 2.6% 前後、ヒノキは 2.2% 前後を中心として正規分布に近い。アカマツは 0.9~1.1% を頂点として指数分布型にあらわれる。カラマツは 1.1% 前後にやや集中がみられる。全体にスギ・ヒノキの CaO% は、ほぼ同一であるが、アカマツはこれらの約 1/2 である。

MgO——スギは 0.3%、ヒノキは 0.4% 前後に集中した指数分布型に近く、アカマツは 0.2% 前後に集中している。カラマツは 0.4~0.6% の範囲にあらわれ、ばらつきは少なかった。全体に MgO% は、スギ・ヒノキ・アカマツはほぼ同一であるが、カラマツはやや多い。

N——スギ・ヒノキは 0.5% 前後、アカマツは 0.3~0.4% に集中し、ばらつきは少なかった。カラマツは 0.7~1.5% にほぼ平均してあらわれた。全体に N% はカラマツにやや多いが、スギ・ヒノキ・アカマツはほとんど同じである。

(b) 樹種別の無機成分含有率の一覧表

樹種別の一覧表を Table 7 に示す。

スギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツは、度数分布図より代表値を求め、そのほか試料の少ないものは、算術平均値を示した。試料間のばらつきは、±の記号をもって示してある。試料数のきわめて少ないものもあるが、参考までに列記しておく。なお、ススキは参考比較のために付記した。

3. 落葉成分組成による樹種の類別

朝日⁴⁾、Cott¹⁹⁾、Metz²⁰⁾ らは、落葉が土壌へ還元する成分のうち、Ca と N が土壌有機物の分解、物理性改善に影響することが大きいことから Ca% による樹種の類別を行なっている。筆者²¹⁾ も森林土壌の構造、とくにその発達程度は、Ca 含量と関係深いと考えているので、この点から、CaO% 含量によって樹種の類別を試み、また他の成分についても、含有率により 3 段階に分けて樹種を類別した。その結果は Table 8 に示すとおりである。

表からみられるとおり、CaO% の多いものは、スギ・サワラ等であり、少ないものはアカマツであった。

全体的にみると、アカマツは各成分とも少なく、カラマツは成分によって、中程度または含量の多いグループにはいることが多い。スギは CaO% は多いが、その他の成分は割合少ない傾向がみられる。このように、各樹種とも組成の特性があるので、この組成をパターンに示してみた。

4. 成分組成のパターンによる樹種の類別

樹種別に無機成分含有率の合計 (N% + P₂O₅% + K₂O% + CaO% + MgO%) を 100 とし、各成分の比率を求めると表 7 のようになった。これを柱状図表に表わすと Fig. 2 のような 3 種類のパターンで代表される。

パターン I ——CaO が特に多く、N > MgO > K₂O > P₂O₅ の順に少なくなる。この型の樹種は、スギ・ヒノキ・アカマツ・サワラ・コナラ (ヒバ・ツガ・ドイツトウヒ・ミズナラ) である。樹木落葉成分組成の代表的なパターンと考えられる。この中でアカマツは、成分の含量はスギ等の 1/2 しか含んでいない

Table 8. 成分含有率による樹種の種類
Grade of mineral content of litter

CaO	1.0% 以下 1.0~2.0% 2.0% 以上	アカマツ (ヒメコマツ、ススキ) カラマツ、ヒノキ、ブナ、シラカバ (コウヤマキ、ドイツトウヒ、ミズナラ、コナラ、クヌギ、モミ、ツガ、ウダイカンバ、ヤマグルマ、シロバナシャクナゲ、シラベ) スギ、サワラ (クリ、トチ、ヒバ、カツラ)
灰分 Ash	3.0% 以下 3.0~5.0% 5.0~7.0%	アカマツ (コウヤマキ、ヒメコマツ、シラベ、モミ) シラカバ、ヒノキ、サワラ、スギ (クヌギ、ウダイカンバ、ミズナラ、トチ、ヤマグルマ、シロバナシャクナゲ、ドイツトウヒ、ツガ) カラマツ、ブナ (ヒバ、クリ、カツラ、コナラ、ススキ)
P ₂ O ₅	0.1% 以下 0.1~0.3%	アカマツ、ブナ、ヒノキ、スギ (コウヤマキ、ヒバ、ヒメコマツ、ミズナラ、コナラ、クリ、シラベ、モミ、ツガ、シロバナシャクナゲ、ススキ) シラカバ、サワラ、カラマツ (ウダイカンバ、カツラ、トチ、ドイツトウヒ、クヌギ、ヤマグルマ)
K ₂ O	0.2% 以下 0.2~0.4% 0.4~0.6%	アカマツ、スギ (シロバナシャクナゲ、シラベ、ヒバ、ヒメコマツ、クヌギ) ヒノキ、サワラ (コナラ、ヤマグルマ、ツガ、コウヤマキ、ドイツトウヒ、ミズナラ) シラカバ、ブナ、カラマツ (モミ、クリ、トチ、ウダイカンバ、カツラ、ススキ)
MgO	0.3% 以下 0.3~0.7% 0.7% 以上	アカマツ (ヒバ、ヒメコマツ、ウダイカンバ) スギ、カラマツ、ヒノキ、ブナ、サワラ (コウヤマキ、モミ、ツガ、カツラ、トチ、ヤマグルマ、シロバナシャクナゲ、ドイツトウヒ、クヌギ、ミズナラ、シラベ、ススキ) シラカバ (クリ)
N	0.3% 以下 0.3~0.7% 0.7% 以上	(ススキ、コウヤマキ) アカマツ、スギ、ヒノキ、サワラ、ブナ (ヒバ、カツラ、シロバナシャクナゲ、モミ、ツガ、ヒメコマツ、ヤマグルマ、シラベ) シラカバ、カラマツ (クリ、ミズナラ、コナラ、ドイツトウヒ、トチ、クヌギ、ウダイカンバ)

が、パターンはスギと同一であることは興味深い。

パターンII—CaO が多く、N, MgO がほぼ同量、K₂O>P₂O₅ の順に少なくなる。この型の樹種は、シラカバ (シラベ・クリ・ヤマグルマ) である。パターンI とやや似ているが、MgO が N と同程度であることが特徴である。

パターンIII—CaO がやや多く、N>K₂O>MgO>P₂O₅ の順に少なくなる。この型の樹種は、カラマツ・ブナ (モミ) である。K₂O が MgO より多く、N 含有率が高いのが特徴である。

上記3種のパターンと異なる組成を有するものに、コウヤマキ・ウダイカンバ・ヒメコマツがある。また、ススキを参考してみたが、やはり樹木とかなり異なっていた。これらについては Fig. 3 に示しておく。

Fig. 3 からみられるとおり、コウヤマキは CaO が非常に多く、MgO が N より多いのが特徴であるが、パターンII にやや似ていると思われる。ウダイカンバ・ヒメコマツは N が CaO より多いのが特徴で、非

常によくにているが、ウダイカンバは、MgO がとても少なく、他の樹種とかなり異なった組成を示している。ススキは K_2O が CaO より多く、CaO・MgO・N がほぼ同一である。これは樹木とかなり異なる組成をしていることを示している。

ま と め

落葉の無機成分をしらべるにあたり、落葉の採取時期および採取法について基準を定めることが必要である。そこで、これらについて二・三検討を試みた結果、樹木の幹をゆする時に落ちた葉、すなわちすでに離層ができた葉を落葉としてあつかえば、採取時点を客観的にそろえやすく、地上に落下したために生ずる雨水などによる可溶性成分の流亡等の、心配をしないで済むことがわかった。しかし、着葉部位および個体差が少しあるので、多数本より均等に採取する必要があると考えられる。

落葉分析結果を土壌型別に比較してみたが、成分含有率は土壌型とあまり関係ないように思われた。また、成分含有率と林齢の関係をみると、スギについては K_2O % が林齢40～50年のところで増加し、MgO % が林齢の増加につれてやや増加する傾向はあるが、林齢との関係は少ないように思われた。ヒノキについては K_2O %、CaO %、MgO % とも林齢の増加につれてやや多くなっている。しかし、N % は林齢30年以下に多かった。

樹種の落葉成分の特性をみるために、分析結果を度数分布図に示してみた。どの成分も同一樹種内でのばらつきは少なく、一定含量のところに集中して、比較的はっきりした分布型を示すことが多かった。

次に、成分含有率別に樹種を類別してみると CaO % の多いものはスギ・サワラ、少ないものはアカマツである。 P_2O_5 の多いものはシラカバ・サワラ・カラマツ、少ないものはアカマツ・ブナ・ヒノキ・スギ等であった。

これらの同一樹種内の無機成分含有率の合計を 100 とし、各成分の比率を求め、樹種別にパターンを作成すると、3つのパターンで代表された。

すなわち、パターンⅠは CaO % が多く、スギ・ヒノキ・アカマツ・サワラ・コナラ等大部分の樹種がはいった。パターンⅡは MgO % が N % と同程度であり、シラカバ等がこれにはいる。パターンⅢは K_2O % が MgO % より多く、カラマツ・ブナ等がこれにはいった。

落葉成分が土壌に還元し、土壌および樹木に影響するまでには種々の過程があり、その土地の自然条件に左右されることが大きいので、落葉の分析結果から直接には土壌との関係を論ずることはできないが、各無機成分組成は、落葉の分解等に影響するのではないかと考えられる。また、土壌条件によって、Ca などの特定成分の還元量を植生によって変化させる可能性も考えられる。

それゆえに落葉の無機成分組成を知り、これらの成分のパターンによって樹種を類別することは大いに意義があると思われる。

稿を終わるにあたり、この試験についてご指導をいただいた林業試験場長竹原秀雄博士、林業試験場北海道支場土壌研究室長久保哲茂技官、とりまとめに対しご配慮いただいた林業試験場土じょう部長橋本与良博士、土じょう第一研究室長松井光瑤技官、また試料採取にご協力下さった岩手県林業試験場・岡山県林業試験場各位、および林業試験場土じょう第三研究室員森田佳行技官に心から感謝をささげる。

文 献

- 1) 大改正隆：ブナ林土壌の研究，林土調報，1，(1951)
- 2) 大改正隆・森 徑一：落葉に関する二・三の研究，帝室林野・林試報，3，(1937)
- 3) 朝日正美：森林植生と土壌との相互作用 (I)，日林誌，40，4，(1958)
- 4) 朝日正美：森林植生と土壌との相互作用 (II)，日林誌，44，9，(1962)
- 5) 芝本武夫・田島俊雄：林木の葉分析に関する研究 (第1報)，日林誌，43，2，(1961)
- 6) 山谷孝一：ヒバ林地帯における土壌と森林生育との関係，林土調報，12，(1962)
- 7) 守屋重政：落葉の成分及び森林土壌の変成に関する研究，林試研報，10，(1913)
- 8) 河田 弘：カラマツ林の成長及び有機物層の組成に及ぼす土壌条件の影響，林試研報，136，(1962)
- 9) 堤 利夫・岡林 巖：林木落葉の分解過程について，日林講，68，(1958)
- 10) 堤 利夫：落葉の分解と無機養分量の変化，日林講，74，(1963)
- 11) 辰己修三：主要広葉樹の栄養生理に関する研究，日林講，72，(1962)
- 12) JACKSON, M. L.: Soil Chemical analysis. Prentic-Hall. I. N. C. Englewood cliffs, N. J., p. 148
- 13) 新名謹之助：EDTA 滴定による Ca と Mg の定量について (II)，林試研報，128，(1961)
- 14) 林野庁・林業試験場：国有林野土壌調査方法書：林野共済会，p. 35，(1955)
- 15) 塘 隆男：林地肥培に関する二・三の基礎的問題について，肥料，16，(1960)
- 16) 河田 弘：落葉の養分組成と分解にともなう変化について，林試研報，194，(1966)
- 17) CHANDLER, R. F. and H. J. LUTZ: Forest soils. 152, (1951) [朝日正美：日林誌，40，4，(1958) より引用]
- 18) CHANDLER, R. F.: J. Forest., 35, (1935) [河田 弘，林試研報，136，(1962) より引用]
- 19) COIL, T. S.: Composition of the leaf litter of forest tree. Soil sci., 43, (1937)
- 20) METZ, L. J.: Weight and Nitrogen and Calcium Content of the Annual Litter Fall of Forest in the South Carolina Piedmont. Soil. Sci., Soc. Amer. Proc., 16, 1, (1952)
- 21) 森田橋代子：森林土壌の構造と化学的性質の関係，日林講，81，(1970)

**Mineral Composition of the Fresh Litter of
Major Tree Species in Japan**

Kiyoko MORITA

Summary

Soil forming process under the forest is closely related to environmental conditions of forests. Especially, mineral composition of the fallen forest litter may be extremely important. It is both interesting and informative to clarify mineral compositions of the forest litter, because it introduces the scientific basis to the forest management through soil conditions.

In this paper, the author analyzed mineral compositions of 23 major forest tree species in Japan.

These are in the main as follows: *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*, *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis*, *Fagus crenata*, *Quercus serrata*, *Betula platyphylla*, *Chamaecyparis pisifera*, *Tsuga Sieboldii*, *Abies firma*, *Picea abies*, *Pinus pentaphylla*, *Sciadopitys verticillata*,

Received September 27, 1971

(1) Soil Survey Division

Quercus mongolica, and others.

Fresh litter was carefully collected in order to avoid contamination and leaching by rain water. Ash content was determined by dry ashing. Mineral component was determined by Kjeldahl method (N), and Jackson's colorimetric method (P), EDTA method (Ca, Mg) and flame photometric method (K) after wet ashing ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$).

Table 7 shows the results, from which the author distinguished three types of proportional patterns of mineral content in ash (Fig. 2).

Pattern 1. CaO occupies larger proportion in ash, and proportional gradient is $\text{N} > \text{MgO} > \text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5$. This pattern is true of *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*, *Pinus densiflora*, *Chamaecyparis pisifera*, *Quercus serrata* and 4 other species. Of particular interest is the fact that ash content of *Cryptomeria japonica* is twice that of *Pinus densiflora*.

Pattern 2. CaO is high, and N is almost equal to MgO and P_2O_5 is lesser. This pattern is true of *Betula platyphylla* and 3 other species.

Pattern 3. CaO is slightly higher and proportional gradient is $\text{N} > \text{K}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{P}_2\text{O}_5$. Characteristic feature is that K_2O is higher than MgO and N content is high. This pattern is true of *Larix leptolepis*, *Fagus crenata* and one other species.

Table 8 shows the grade of mineral content of litter among analyzed species. *Cryptomeria* and *Chamaecyparis pisifera* are rich in CaO. P_2O_5 is highly contained in *Betula*, *Chamaecyparis pisifera*, and *Larix*. K_2O content is high in *Betula*, *Fagus* and *Larix*. MgO content is high in *Betula*. Nitrogen content is high in *Betula* and *Larix*.

付 表 Appendix

分 析 値 一 覧 表

Mineral composition of leaves

乾物中% (% on dry basis)

灰分中% (% on ash basis)

樹 種	Species	灰 分	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	採 取 地 Sample place	土 壤 型 Type of soil	樹 齡 Age
ス ギ <i>Cryptomeria japonica</i>		4.09	0.05	0.11	2.5	0.40	0.48	1.2	2.7	60.9	9.8	天 城	B _u ~B _c	61
		4.51	0.08	0.17	2.5	0.37	0.50	1.8	3.8	56.3	8.2	"	B _u ~B _{d(d)}	46
		5.33	0.04	0.11	3.1	0.57	0.47	0.8	2.1	58.0	10.7	"	B _{d(d)}	67
		5.02	0.03	0.10	2.8	0.76	0.54	0.6	2.0	56.2	15.1	"	"	67
		5.60	0.06	0.15	3.1	0.49	0.42	1.1	2.7	55.2	8.8	"	"	67
		4.57	0.05	0.14	2.7	0.35	0.51	1.1	3.1	58.4	7.7	"	B _d	70
		2.52	0.12	0.27	1.3	0.56	1.02	4.8	10.7	50.8	2.2	"	"	30
		5.13	0.05	0.12	3.1	0.38	0.45	1.0	2.3	59.6	7.4	"	B _E	67
		4.57	0.05	0.12	3.0	0.23	0.50	1.1	2.6	65.6	5.0	"	"	54
		3.75	0.09	0.14	2.2	0.23	0.68	2.4	3.7	57.9	6.1	"	"	44
		4.99	0.05	0.34	2.8	0.50	0.46	1.0	6.8	55.3	10.0	大 代	B _{d(d)}	48
		5.83	0.08	0.30	3.4	0.39	0.71	1.4	5.1	58.3	6.7	"	B _d	52
		7.33	0.21	0.22	4.2	0.37	0.45	2.9	3.0	57.8	5.0	"	B _E	40
		3.42	0.03	0.13	2.0	0.36	0.50	0.9	3.8	58.8	10.5	"	B _{d(c)}	48
		4.58	0.05	0.39	2.4	0.41	0.40	1.1	8.5	52.8	9.0	"	B _c	48
		4.82	0.07	0.21	3.1	0.29	0.45	1.5	4.4	64.7	6.0	天 竜	B _d	45
		4.71	0.08	0.23	2.7	0.25	0.54	1.7	4.9	57.7	5.3	"	B _E	12
		5.52	0.10	0.06	3.9	0.44	0.36	1.8	1.1	70.7	8.0	新 発 田	B _B	61
		4.48	0.08	0.11	3.0	0.30	0.43	1.8	2.5	67.0	6.7	"	B _u ~B _{d(d)}	15
		4.03	0.07	0.12	2.3	0.34	0.45	1.5	3.0	57.1	8.4	"	B _{d(d)}	33
		4.34	0.06	0.07	3.0	0.29	0.45	1.4	1.7	69.1	6.7	"	"	25
		3.89	0.09	0.06	2.5	0.37	0.52	2.3	1.5	64.3	9.5	"	"	31
		4.49	0.07	0.06	2.7	0.29	0.42	1.6	1.4	60.1	6.5	"	B _d	15
		3.74	0.07	0.04	2.0	0.42	0.55	1.9	1.1	53.5	11.2	"	B _{d(w)}	25
		4.49	0.07	0.08	2.6	0.26	0.41	1.6	1.8	57.9	5.8	"	B _{d(w)} ~B _E	33
		5.30	0.11	0.07	3.5	0.40	0.48	2.1	1.3	66.0	7.5	"	B _E	31
		4.23	0.05	0.10	2.6	0.29	0.41	1.2	2.4	61.7	6.9	水 上	B _d	35
	4.47	0.04	0.09	2.5	0.33	0.39	0.9	2.0	56.8	7.4	"	B _E	35	
	4.72	0.09	0.08	2.5	0.42	0.31	1.9	1.7	53.2	8.9	"	B _d	38	
	5.68	0.05	0.14	3.3	0.29	0.33	0.9	2.5	58.1	5.1	"	B _E	38	
	4.66	0.09	0.12	2.3	0.43	0.53	1.9	2.6	50.2	9.2	浅川実験林	B _d	47	

本邦主要樹種の落葉の無機組成 (森田)

樹種 Species	灰分	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	採取地 Sample place	土壌型 Type of soil	樹齡 Age
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	3.51	0.03	0.21	1.8	0.31	0.38	0.9	6.0	51.3	8.8	木曾王滝	P ₀ III	24
	4.50	0.09	0.14	2.5	0.45	0.40	2.0	3.1	55.1	10.0	"	"	天 250
	2.59	0.21	0.30	0.9	0.38	1.44	8.1	11.6	34.7	14.7	"	Pw(i)	5
	4.02	0.08	trs.	2.4	0.21	0.62	2.0	trs.	59.0	5.2	"	Pw(i)-I	天 250
	3.97	0.04	0.22	2.1	0.35	0.56	1.0	5.5	52.6	8.8	"	B _E	24
	4.27	0.05	0.20	2.2	0.43	0.52	1.2	4.7	50.6	10.1	天 城	B _B	44
	6.87	0.04	0.21	2.5	0.99	0.47	0.6	3.1	36.2	14.4	"	B ₀ (d)	45
	4.04	0.05	0.21	1.8	0.49	0.53	1.2	5.2	43.3	12.1	"	"	45
	3.67	0.03	0.18	1.6	0.39	0.40	0.8	4.9	42.2	10.6	"	"	64
	2.57	0.06	0.13	1.1	0.42	0.67	2.3	5.1	42.0	16.3	"	B ₀	30
	4.55	0.04	0.30	2.0	0.75	0.58	0.9	6.6	43.3	16.5	大 代	B _A	41
	3.60	0.05	0.47	1.3	0.52	0.49	1.4	13.1	37.2	14.4	"	B _C	21
	5.30	0.05	0.48	2.5	0.38	0.49	0.9	9.1	46.6	7.2	"	B _C	33
	4.51	0.04	0.23	2.2	0.56	0.44	0.9	5.1	48.8	12.4	"	B ₀ (d)	48
	3.58	0.08	0.30	1.3	0.38	0.65	2.2	8.4	36.9	10.6	"	B ₀	43
	3.36	0.05	0.34	1.5	0.43	0.58	1.5	10.1	44.3	12.8	"	B _E	23
	4.27	0.04	0.29	2.0	0.48	0.51	0.9	6.8	46.8	11.2	"	B ₀ (c)	48
	6.07	trs.	0.15	3.2	0.37	0.51	trs.	2.5	52.4	6.1	浅間南麓	B ₀ /n	不明
5.15	trs.	0.15	2.3	0.62	0.43	trs.	2.9	43.7	12.0	浅川実験林	B ₀ (d)	29	
4.06	0.07	0.31	1.6	0.30	0.59	1.7	7.6	39.4	7.4	岡山県林 試構内	B ₀ /c	8	
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	2.36	0.03	0.11	0.93	0.22	0.36	1.3	4.7	39.4	9.3	浅間南麓	B ₀ (d)	40
	2.01	0.03	0.07	0.83	0.16	0.34	1.5	3.5	41.3	8.0	"	B ₀	45
	2.80	0.05	0.09	1.12	0.19	0.37	1.8	3.2	40.0	6.8	"	"	45
	1.96	0.02	0.16	0.76	0.21	0.38	1.0	8.2	38.8	10.7	"	B ₀ (d)	11
	2.47	0.06	0.23	0.95	0.26	0.35	2.4	8.9	38.5	10.5	"	B ₀ /n	50
	2.12	trs.	0.14	1.08	0.18	0.42	trs.	6.6	50.9	8.5	筑波山	B ₀	不明
	2.47	trs.	0.29	0.99	0.26	0.33	trs.	11.7	40.1	10.5	"	"	"
	1.49	0.02	0.07	0.72	0.09	0.52	1.3	4.7	48.3	6.0	岩手六原	B ₀ /n	"
	0.83	0.05	0.05	0.41	0.25	0.38	6.0	6.0	49.4	3.0	新発田	B _B ~B ₀ (d)	15
	1.98	0.06	0.18	0.61	0.22	0.36	3.0	9.1	30.8	11.1	岡山県林 試構内	B ₀ /c	8
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	8.19	0.12	0.40	1.3	0.58	0.68	1.5	4.9	16.1	7.1	浅間南麓	B ₀	46
	6.87	0.24	0.62	1.1	0.51	1.17	3.5	9.0	16.2	7.4	"	B ₀ (d)	11
	7.68	0.17	0.65	1.0	0.48	0.66	2.2	8.5	12.8	6.3	"	"	46
	6.59	0.25	0.50	1.1	0.51	1.26	3.8	7.6	15.9	7.7	"	"	46
	6.94	0.23	0.57	1.1	0.43	1.07	3.3	8.2	16.0	6.2	"	"	46

	7.54	0.27	0.56	1.3	0.50	1.37	3.6	7.4	17.0	6.6	"	"	46
	6.07	0.09	0.13	1.1	0.73	1.07	1.5	2.1	17.3	12.0	"	B/d	不明
	5.20	0.26	0.63	1.2	0.21	—	5.0	12.1	23.1	4.0	木曾王滝	P _D III	15
	4.10	0.24	0.36	0.8	0.28	1.29	5.9	8.7	19.3	6.8	"	P _D III	15
	2.92	0.23	0.38	0.6	0.33	1.00	7.9	13.0	21.9	11.3	木曾赤沢	B _D	17
サ ワ ラ	3.18	0.15	0.27	1.4	0.47	0.90	4.7	8.5	44.3	14.8	木曾干滝	B _D	30
<i>Chamaecyparis pisiifera</i>	3.73	0.08	0.21	1.9	0.34	0.44	2.1	5.6	50.4	9.1	"	B _E	24
	4.50	0.06	0.29	2.3	0.38	0.40	1.3	6.4	50.4	8.4	木曾福島	"	30
	5.79	0.26	0.29	2.8	0.23	0.06	4.5	5.0	47.5	4.0	浅川実験林	B _D	不明
	6.82	0.26	0.23	3.3	0.40	0.55	3.8	3.4	48.4	5.9	"	"	"
ツ ガ	5.56	0.06	0.41	2.59	0.32	0.44	1.1	7.4	46.6	5.8	天 城	B _B ~B _D (d)	50
<i>Tsuga Sieboldii</i>	3.83	0.11	0.29	1.22	0.36	0.48	2.9	7.6	31.9	9.4	"	B _D	50
	4.45	0.06	0.14	2.11	0.39	0.39	1.3	3.1	47.4	8.8	"	B/d	50
モ ミ	2.03	0.08	0.51	0.50	0.40	0.55	3.9	25.1	24.6	19.7	大 代	B _A	45
<i>Abies firma</i>	2.71	0.07	0.51	0.93	0.36	0.53	2.6	18.8	34.3	13.3	"	B _C	50
	4.12	0.08	0.29	1.88	0.28	0.66	1.9	7.0	45.6	6.8	天 城	B _D (d)	50
シ ラ ベ	2.36	0.06	0.24	0.69	0.56	0.65	2.5	10.2	29.2	23.7	乗鞍東麓	P _w (h)III	150
<i>Abies Veitchii</i>	3.09	0.07	0.12	1.43	0.66	0.55	2.3	3.9	46.3	21.4	"	"	"
ド イツ ト ウ ヒ	4.43	0.11	0.28	1.12	0.42	0.87	2.5	6.3	25.3	9.5	浅川実験林	B _D (d)	36
<i>Picea abies</i>	5.33	0.11	0.39	1.33	0.44	0.99	2.1	7.3	25.0	8.3	"	B _D	36
	9.07	0.03	0.15	2.68	0.35	0.38	0.3	1.7	29.5	3.9	浅間南麓	B/d	30
ヒ メ コ マ ツ	1.46	0.03	0.08	0.63	0.10	0.73	2.1	5.5	44.1	6.8	木曾王滝	P _D III	不明
<i>Pinus pentaphylla</i>	1.24	0.11	0.15	0.49	0.16	0.76	8.9	12.1	39.5	12.9	"	P _w (t)I-I	250
	1.81	trs.	0.09	0.47	0.24	0.34	trs.	5.0	26.0	13.3	水 上	P _D II	100
コ ウ ヤ マ キ	2.13	0.03	0.14	1.08	0.43	0.27	1.4	6.6	50.7	20.2	木曾福島	B _D	250
<i>Sciadopitys verticillata</i>	2.32	0.07	0.19	1.01	0.42	0.34	3.0	8.2	43.5	18.1	木曾王滝	P _D III	250
	2.96	0.02	0.37	1.41	0.33	0.29	0.7	12.5	47.6	11.1	木曾野尻	P _D I	250
ヒ バ	5.20	0.03	0.25	2.92	0.24	0.39	0.6	4.8	56.2	4.6	水 上	P _D III	150
<i>Thujaopsis dolabrata</i>	10.11	0.03	trs.	5.45	0.15	0.37	0.3	trs.	53.9	1.5	木曾赤沢	P _D II	50
ブ ナ	5.75	0.08	0.53	1.36	0.38	0.57	1.4	9.2	23.7	6.6	水 上	P _D II	100
<i>Fagus crenata</i>	7.44	0.01	0.34	1.64	0.39	0.62	0.13	4.6	22.0	5.2	"	B _B	150
	6.56	0.01	0.50	1.48	0.32	0.71	0.15	7.6	22.6	4.9	"	B _D	200
	5.83	0.03	0.48	1.19	0.37	0.82	0.51	8.2	20.4	6.3	"	B _E	200
	5.12	0.06	0.82	0.94	0.13	0.83	1.2	16.0	18.4	2.5	"	"	200
	3.76	0.33	0.51	0.91	0.48	0.46	8.8	13.6	24.2	12.8	大 町	B _C	150

樹種 Species	灰分	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₆	K ₂ O	CaO	MgO	採取地 Sample place	土壌型 Type of soil	樹齡 Age
シラカバ <i>Betula platyphylla</i>	4.43	0.21	0.52	1.65	0.89	0.76	4.7	11.7	37.2	20.0	浅間南麓	B _D	6
	4.99	0.09	0.20	2.25	0.94	0.58	1.8	4.0	45.1	18.8	"	B _{l(d)}	20
	2.59	0.06	0.42	0.93	0.67	0.88	2.3	16.2	35.9	25.9	乗鞍東麓	B _B ~B _D	25
	4.61	0.25	0.30	2.09	1.06	0.80	5.4	6.5	45.3	23.0	"	B _D ~B _{lD}	25
	3.18	0.08	1.05	0.69	0.44	1.08	2.5	33.0	21.7	13.8	木曾王滝	P _D Ⅲ	15
ウダイコンバ <i>Betula maximowicziana</i>	2.83	0.09	0.60	1.10	0.18	1.65	3.2	2.1	38.9	6.4	木曾王滝	P _D Ⅱ	20
	4.14	0.14	1.59	0.90	0.36	1.74	3.4	3.8	21.7	8.7	"	"	20
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i>	3.09	0.08	0.15	1.43	0.30	1.10	2.6	4.9	46.3	9.7	木曾王滝	P _{w(i)} -I	250
	4.21	0.05	0.42	0.97	0.85	0.72	1.2	10.0	23.0	20.2	乗鞍東麓	B _B ~B _D	25
	5.86	0.06	0.16	1.92	0.41	0.84	1.0	2.7	32.8	7.0	浅間南麓	B _{l(d)}	20
コナラ <i>Quercus serrata</i>	4.83	0.13	0.57	1.47	0.40	0.80	2.7	11.8	30.4	8.3	水上	B _A	50
	7.44	trs.	0.11	2.49	0.64	0.67	trs.	1.5	33.5	8.6	"	B _D	30
	3.46	0.10	0.25	1.30	0.48	1.03	2.9	7.2	37.6	13.9	新発田	B _{D(d)}	33
	5.58	0.09	0.31	1.50	0.67	0.96	1.6	5.6	26.9	12.0	筑波山	"	不明
	7.13	trs.	0.26	2.37	0.56	0.83	trs.	3.6	33.2	7.9	"	B _D	"
クヌギ <i>Quercus acutissima</i>	3.42	0.12	0.14	1.37	0.60	1.10	3.5	4.1	40.0	17.5	筑波山	B _{D(d)}	不明
	3.75	0.10	0.26	1.59	0.37	1.27	2.7	6.9	42.4	9.9	"	B _D	"
クリ <i>Castanea crenata</i>	5.20	0.13	0.47	2.27	0.75	0.67	2.5	9.0	43.7	14.4	浅間南麓	B _D	6
	5.55	trs.	0.43	2.62	0.72	0.86	trs.	7.7	47.2	13.0	"	B _{l(d)}	20
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	6.91	0.12	1.00	3.45	0.46	0.43	1.7	14.5	49.9	6.7	長野奈川	B _E	190
トチ <i>Aesculus turpinata</i>	6.37	0.26	0.61	3.01	0.65	1.07	4.1	9.6	47.3	10.2	長野奈川	B _E	190
	3.15	0.08	0.38	1.33	0.29	0.85	2.5	12.1	42.2	9.2	"	"	190
ヤマグルマ <i>Trochodendron aralioides</i>	3.95	0.12	0.27	1.95	0.64	0.64	3.0	6.8	49.4	16.2	木曾王滝	P _{w(i)}	100
シロバナシャクナゲ <i>R. fauria var. rufescens</i>	3.21	0.07	0.14	1.77	0.48	0.42	2.2	4.4	55.1	15.0	木曾王滝	P _{w(i)}	不明
ススキ <i>Miscanthus sinensis</i>	6.05	0.03	0.79	0.19	0.40	0.25	0.50	13.1	3.1	6.6	千葉県富山村	B _{D(w)}	
	4.75	0.02	0.49	0.20	0.30	0.21	0.42	10.3	4.2	6.3	"	B _{l(d)}	
	6.30	0.02	0.58	0.20	0.35	0.24	0.32	9.2	3.2	5.6	"	B _{lD}	
	9.12	0.04	0.39	0.62	0.42	0.33	0.44	4.3	6.8	4.6	"	B _{lE}	