

## 森林土壌の窒素の形態について

河 田 弘<sup>(1)</sup>Hiroshi KAWADA: Nitrogen Forms of Representative  
Japanese Forest Soils

**要 旨:** 森林土壌の生産力を支配する因子を養分面からみると、NおよびPがもっとも重要性を有する。

この報文は主要な森林土壌のNの形態についてとりまとめたものである。

わが国の主要な森林土壌—褐色森林土、黒色土、ポドゾル、赤色土、暗赤色土—15断面（5断面はA<sub>0</sub>層も含む）について、有機態Nを加水分解し、加水分解性Nをアミド態、アミノ糖態、アミノ酸態、未同定Nに分別し、さらに、無機態のNH<sub>3</sub>態およびNO<sub>3</sub>態Nの定量を行った。

新鮮な落葉のNの形態の樹種による相違は明らかではなかった。全Nに対する比率は、加水分解性Nは83~91%に達し、そのうちアミノ酸態Nは44~49%を占め、未同定Nは28~31%、アミド態Nは7~12%でこれに次ぎ、アミノ糖態Nは0.6~2.4%できわめて少なかった。

F、H層の順に分解が進むにつれて、アミノ酸態Nの減少と、アミド態およびアミノ糖態の増大が目立った。

鉾質土層では、全般に黒色土および赤色土では、褐色森林土、ポドゾルおよび暗赤色土に比べて加水分解性Nの比率が少なく、土壌群ごとに明りような特徴が見られた。また、表層土における各fractionおよびこれらの表層から下層への変化は、それぞれ各土壌群ないし各土壌型ごとにかなり明りような相違が見られた。

A<sub>0</sub>層および鉾質土層の無機態Nは少なく、全Nに対して約3~4%がmax.であった。いずれの場合もNO<sub>3</sub>態NはNH<sub>3</sub>態Nより少なかった。

## 1. は じ め に

わが国の森林土壌の生産力を林木に対する養分の供給という面からみると、NおよびPの可能性、すなわち、林木に対する土壌中のNおよびPの供給がもっとも重要な因子と考えられる。このことは、筆者が林地肥培試験や林木の成長と土壌条件の調査において、葉分析の結果からすでにしばしば指摘してきたことである。これに関連して、土壌—とくに表層土—のC/N比およびC/有機態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>比が、それぞれ、NおよびPの可給性の指標として重要な意義を有すること、さらに、この2つの比は相互に高い相関性を有することなどは、すでに土壌のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の形態とともに以前に報告した<sup>(1)(18)</sup>。

森林土壌における落葉の分解過程は、森林生態系における養分の循環と、それにともなう土壌の肥沃度を支配する有力な因子をなしている。mor と mull によって代表される2つの落葉の分解過程において、Nの形態はどのような相違が見られるのか、また、鉾質土層のNの形態は各土壌群または各土壌型ごとに、どのような相違を示すのか、これらの諸点を明らかにすることは、森林土壌の肥沃度をNの面から解明しようとする場合に、有力な手がかりを与えるものと思われる。

今回は以上の目的をもって、森林土壌のNについてさらに詳細な知見を得るために、わが国の主要な森林土壌15断面について、そのうち5断面は主要樹種の新鮮な落葉を含めたA<sub>0</sub>層について、Nの形態の検討を行った。すなわち、これらの試料について、有機態Nの加水分解を行い、加水分解性Nをアミド態、アミノ糖態、アミノ酸態および未同定Nに分別し、また、別途NH<sub>3</sub>態およびNO<sub>3</sub>態Nの無機態N

の定量を行ったので、これらの結果を報告する。

## 2. 供 試 試 料

### 2-1. 試料採取地

今回供試した試料は次の 15 断面である。

再度山 P 1 および P 2 ……神戸市生田区再度山 湊川神社苑および大竜寺境内林。

川本 P 14 および P 19<sup>8)</sup> ……島根県邑智郡邑智町 川本営林署川本事業区 50 および 49 林班。

西条 P 9<sup>8)</sup> ……広島県賀茂郡本郷町 西条営林署西条事業区 1013 林班。

福山 G-P 11<sup>8)</sup> ……広島県芦品郡協和村 福山営林署 福山事業区 27 林班。

潮岬 P 2<sup>9)</sup> ……和歌山県西牟婁郡串本町潮岬 民有林。

新見 P 17<sup>9)</sup> ……岡山県阿哲郡哲西町 新見営林署新見事業区 90 林班。

湯沢 ……新潟県南魚沼郡湯沢町 六日町営林署六日町事業区 91 林班。

浅間 ……長野県北佐久郡御代田町 岩村田営林署岩村田事業区 28 林班。

大又 P 5<sup>10)</sup> ……和歌山県熊野市 田辺営林署大又事業区 34 林班。

王滝 P 5 ……長野県木曽郡王滝村 王滝営林署 王滝事業区 232 林班。

潮岬 P 1<sup>9)</sup> ……上述の潮岬 P 2 と同じ。

蚊野<sup>9)</sup> ……三重県度会郡玉城町蚊野 民有林。

関宮<sup>10)</sup> ……兵庫県養父郡関宮町 民有林。

これらの供試土壌の一部は以前に報告<sup>8)~10)</sup>した試料と同じである。

これらの試料の採取地の立地条件は Table 1 に示すとおりである。

### 2-2. 供試試料の A<sub>0</sub> 層の化学的組成および鉱質土層の化学的性質

#### 2-2-1. 試料の採取時期

A<sub>0</sub> 層を供試した試料は、いずれも落葉期、すなわち、クスおよびシイ林は 5 月上旬に、スギ、カラマツおよびヒノキは 11 月上旬に採取した。その他の試料は夏〜秋にわたって採取した。

#### 2-2-2. 分析方法

C は K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> を用いる酸化滴定法<sup>2)</sup>、N は KJELDAHL 法、CEC は PEECH 法、置換性 Ca および Mg は原子吸光法、pH (H<sub>2</sub>O) は 1:2.5 のけん濁液についてガラス電極を用い、置換酸度は常法どおり行った。

A<sub>0</sub> 層の無機成分は HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> を用いて湿式分解後、K, Na, Ca および Mg は原子吸光法、P は SnCl<sub>2</sub> 還元 (HCl 系) によるモリブデンブルーによる比色法を用いて定量した。水溶性 P および 2.5% 酢酸可溶 P は、それぞれ試料 1 g に純水ないし 2.5% 酢酸溶液 100 ml を加え、1 ないし 2 時間振とう後濾過し、濾液について全 P と同様の方法で定量を行った。

#### 2-2-3. 結果および考察

##### 2-2-3-1. A<sub>0</sub> 層

これらの A<sub>0</sub> 層の化学的組成は Table 2 に示すとおりである。

供試試料のうち A<sub>0</sub> 層を供試した 5 林分を A<sub>0</sub> 層の形態から区分すると、乾性土壌に属するシイ林および湿性ポドゾルに属するヒノキ林は mor に、適潤性土壌に属するクス、スギおよびカラマツ林は mull

に大別される。

これらの林分の L（新鮮な落葉）の pH および無機成分の濃度は、各樹種ごとにかなりの相違が見られた。すなわち、クスは Ca および Mg 濃度がとくに高く、pH も著しく高かった。シイは P 濃度が低く、スギは N および P 濃度がとくに低かった。落葉の各成分濃度は同じ樹種でも土壌条件や林齢の影響を受ける<sup>5)</sup>。また、今までに報告されている各樹種の落葉の各成分の濃度は資料も少なく、同一樹種でもかなりの相違が見られるので<sup>7)</sup>、今回の結果との対比は難しい。

落葉の分解にともなう変化については、次のような結果が得られた。F 層および H 層を L 層と比較する

Table 1. 試料採取箇所の立地条件  
Brief descriptions of the site conditions of sampling plots

試料 Sample	土壌型 Type of soil	母材 Parent material	標高 Altitude (m)	方位 Direction	傾斜 Inclination	地形 Topography	林況 Vegetation
再度山 Mt. Futatabi P 1	B <sub>D</sub>	Granite	330	S 20° E	33°	Lower part of mountain slope	<i>Cinnamomum camphora</i> plantation
同上 Ibid. P 2	B <sub>B</sub>		470	S	10°	Gentle top of mountain	<i>Castanopsis cuspidata</i> forest
川本 Kawamoto P 14	B <sub>D</sub>	Quartz porphyry	200	S 20° E	30°	Lower part of mountain slope	<i>Chamaecyparis obtusa</i> plantation
同上 Ibid. P 9	B <sub>B</sub>		400	S E	30°	Ridge of mountain	
西条 Saijo P 9	B <sub>A</sub>		480	N 20° W	18°		<i>Pinus densiflora</i> forest
福山 Fukuyama G-P 11	B <sub>A</sub>	Granite	500	S 60° W	25°		
潮岬 Shionomisaki P 2	B/ <sub>D</sub>	Volc. materials (pumice)	30	—	0°	Marine terrace	
新見 Niimi P 17	B/ <sub>D</sub>	Volc. ash	680	N 20° E	15°	Lower part of mountain slope	<i>Chamaecyparis obtusa</i> plantation
湯沢 Yuzawa	B/ <sub>D</sub>		950	W	6°	Middle of long gentle mountain slope	<i>Cryptomeria japonica</i> plantation
浅間 Asama	B-B/ <sub>D</sub>		1230	S 30° W	10°		<i>Larix leptolepis</i> plantation
王滝 Ohtaki P 5	Pw(i)-I	Quartz porphyry	1500	NW	20°	Gentle top of mountain	<i>Chamaecyparis obtusa</i> forest
大台 Ohdai P 5	P <sub>D</sub> Ⅲ	Palaeozoic sandstone, shale	850	S 70° E	30°	Ridge of mountain	<i>Chamaecyparis obtusa</i> plantation
潮岬 Shionomisaki P 1	R <sub>B</sub>	Gabbro	60	—	0°	Upper terrace	<i>Pinus densiflora</i> forest
蚊野 Kano	R <sub>B</sub>	Diluvium, Volc. ash	40	—	0°	Platform	
関宮 Sekimiya	DR <sub>B</sub>	Serpentine	400	S 50° E	25°	Middle of mountain slope	

注：土壌の分類は林野土壌の分類（1975）<sup>17)</sup>によった。

Remark: The classification of soils is based on the "Classification of forest soils in Japan (1975)<sup>17)</sup>".

Table 2. A<sub>0</sub> 層 の 化 学 的 組 成

Chemical composition of A<sub>0</sub> layers

(乾物当りパーセント : Per cent on dry basis)

試 料 Sample	樹 種 Tree spp.	層 位 Layer	C	N	C/N	K	Na	Ca	Mg	P			pH (H <sub>2</sub> O)
										Water soluble	2.5% acetic acid soluble	Total	
再 度 山 Mt. Futatabi P <sub>1</sub> Bb-soil	<i>Cinnamomum camphora</i>	L	49.8	0.98	50.8	0.29	0.014	2.56	0.37	0.015 (24.2)*	0.019 (30.6)*	0.062 (100)*	6.30
		F	44.0	1.91	23.0	0.15	0.0058	2.48	0.24	0.026 (21.7)	0.026 (21.7)	0.12 (100)	6.50
同 上 Ibid. P <sub>2</sub> Bb-soil	<i>Castanopsis cuspidata</i>	L	50.1	1.00	50.1	0.35	0.011	1.26	0.14	0.0054 (18.0)	0.0058 (19.3)	0.030 (100)	4.70
		F	48.0	1.97	24.4	0.13	0.0094	0.84	0.091	0.015 (16.9)	0.016 (18.0)	0.089 (100)	4.75
		H	43.6	1.66	26.3	0.064	0.012	0.31	0.056	0.0062 ( 8.7)	0.0073 (10.3)	0.071 (100)	4.10
湯 沢 Yuzawa B/b-soil	<i>Cryptomeria japonica</i>	L	56.8	0.40	142	0.26	0.0054	1.39	0.16	0.0064 (30.4)	0.0076 (36.2)	0.021 (100)	5.00
		F	52.4	1.13	46.4	0.077	0.0072	1.08	0.12	0.010 (20.4)	0.010 (20.4)	0.049 (100)	5.10
浅 間 Asama B-B/b	<i>Larix leptolepis</i>	L	51.3	1.00	51.3	0.43	0.0037	0.85	0.17	0.026 (37.7)	0.027 (39.1)	0.069 (100)	4.70
		F <sub>1</sub>	47.8	1.89	25.3	0.11	0.0039	0.86	0.13	0.015 (17.9)	0.016 (19.0)	0.084 (100)	5.30
		F <sub>2</sub>	41.5	1.86	22.3	0.096	0.012	0.89	0.13	0.0068 ( 7.9)	0.0076 ( 8.8)	0.086 (100)	5.30
王 滝 Ohtaki P <sub>5</sub> Pw(i)-I-soil	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	L	58.5	1.28	45.7	0.52	0.0014	1.56	0.11	0.024 (30.8)	0.025 (32.1)	0.078 (100)	4.30
		F	46.3	1.31	35.3	0.15	0.0062	0.66	0.057	0.010 (11.9)	0.022 (26.2)	0.084 (100)	4.50
		H	40.2	1.86	21.6	0.14	0.011	0.21	0.060	0.006 ( 7.3)	0.016 (19.5)	0.082 (100)	3.90

注 \* 全Pに対するパーセント Per cent on total P

Table 3. 土 壌 の 化 学 的 性 質  
Chemical properties of selected soils (Fine soil : On dry basis)

試料 Sample	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	厚さ Thick- ness (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	C (%)	N (%)	C/N	C.E.C.	Exch.		飽和度 Rate of saturation (%)	
									Ca	Mg	Ca	Mg
								(m. e./100 g)				
褐色森林土 (Brown forest soil)												
再度山 Mt. Futatabi P <sub>1</sub>	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	7	6.00	3.84	0.27	14.2	27.0	15.4	2.35	57.0	8.7
		A <sub>2</sub>	16	6.10	2.43	0.19	12.8	23.3	12.8	1.92	54.9	8.2
		B <sub>1</sub>	18	5.40	0.70	0.06	11.7	13.2	5.18	0.50	39.2	3.8
		B <sub>2</sub>	30+	5.60	0.23	0.03	7.7	14.2	7.54	0.84	53.1	5.9
同上 Ibid. P <sub>2</sub>	B <sub>B</sub>	A	7	3.75	5.36	0.18	29.8	18.2	1.22	0.08	6.7	0.4
		B	19	4.40	1.53	0.06	25.5	10.2	0.48	0.07	4.7	0.7
川本 Kawamoto P <sub>14</sub>	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	18	5.30	3.58	0.30	11.9	16.5	5.27	1.53	31.9	9.3
		A <sub>2</sub>	20	5.65	1.88	0.18	10.4	12.1	4.87	1.51	40.2	12.5
		A-B	22	5.60	1.49	0.14	10.6	10.9	3.15	1.08	28.9	9.9
		B	20+	5.60	0.98	0.07	14.0	9.04	2.22	0.79	24.6	8.7
同上 Ibid. P <sub>9</sub>	B <sub>B</sub>	A	12	4.35	6.60	0.26	25.4	20.6	1.44	0.58	7.0	2.8
		B <sub>1</sub>	17	4.80	3.83	0.16	23.9	13.8	0.70	0.16	5.1	1.2
		B <sub>2</sub>	40	5.05	1.94	0.08	24.3	8.40	0.65	0.16	7.7	1.9
西条 Saijo P <sub>9</sub>	B <sub>A</sub>	Am	3	3.85	6.09	0.18	33.8	17.0	1.15	0.53	6.8	3.1
		B <sub>1</sub>	16	3.90	1.62	0.06	27.0	7.22	0.20	0.20	2.8	2.8
		B <sub>2</sub>	30+	4.25	0.76	0.03	25.3	5.98	0.17	0.14	2.8	2.3
福山 Fukuyama G-P <sub>11</sub>	B <sub>A</sub>	Am	6	4.40	4.25	0.08	53.1	16.3	1.00	0.04	6.1	0.2
		B <sub>1</sub>	14	4.90	1.55	0.04	38.7	11.3	1.42	0.04	12.6	0.4
		B <sub>2</sub>	30+	5.00	1.12	0.04	28.0	9.89	1.61	0.10	16.3	1.0
黒色土 (Black soil)												
潮岬 Shionomisaki P <sub>2</sub>	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	10	5.00	8.35	0.36	23.2	45.2	0.69	0.21	1.5	0.5
		A <sub>2</sub>	20	4.75	9.73	0.26	37.4	55.9	0.27	0.08	0.5	0.1
		A <sub>3</sub>	30	4.80	5.81	0.16	36.3	42.4	0.15	0.12	0.4	0.3
		A <sub>4</sub>	30	4.60	3.35	0.10	33.5	32.4	0.15	0.16	0.5	0.5
		A-B	30	4.70	1.23	0.04	30.7	21.1	0.28	0.07	1.3	0.3
新見 Niimi P <sub>17</sub>	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	5	5.00	28.7	1.35	21.3	78.7	24.1	3.29	30.6	4.2
		A <sub>2</sub>	27	4.85	17.2	0.77	22.3	68.4	0.41	0.14	0.6	0.2
		A <sub>3</sub>	18	4.95	10.8	0.47	23.0	48.7	0.13	0.11	0.3	0.2
		B	20+	5.15	1.91	0.13	14.7	20.5	0.14	0.24	0.7	1.2
湯沢 Yuzawa	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	15	5.15	17.1	0.93	18.3	51.0	1.33	0.77	2.6	1.5
		A <sub>2</sub>	10	5.30	15.6	0.86	18.1	44.9	0.41	0.43	0.91	0.96
		B <sub>1</sub>	10	5.40	6.88	0.39	17.6	25.3	0.20	0.20	0.79	0.79
		B <sub>2</sub>	20+	5.50	2.87	0.18	16.0	16.8	0.24	0.10	1.4	0.60
浅間 Asama	B-B <sub>D</sub> (d)	A <sub>1</sub>	13	6.60	8.88	0.60	14.8	31.2	12.4	2.13	39.7	6.8
		A <sub>2</sub>	30+	5.95	4.51	0.37	12.2	19.9	6.22	0.97	31.3	4.9

Table 3. (つづき) (Continued)

試料 Sample	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	厚さ Thick- ness (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	C (%)	N (%)	C/N	C.E.C.	Exch.		飽和度 Rate of saturation (%)		
									Ca	Mg	Ca	Mg	
								(m. e./100 g)					
ポドゾル (Podzol)													
大又 Ohmata P <sup>5</sup>	PdⅢ	H	5	3.65	37.8	1.53	24.7	—	—	—	—	—	
		A <sub>2</sub>	10	3.65	15.3	0.76	20.1	40.3	0.26	0.21	0.6	0.5	
		B <sub>1</sub>	15	4.25	5.93	0.28	21.2	26.6	tr.	tr.	tr.	tr.	
		B <sub>2</sub>	20+	4.45	3.71	0.21	17.7	19.8	tr.	tr.	tr.	tr.	
王滝 Ohtaki P <sup>5</sup>	Pw(i)-I	A <sub>2</sub>	8	3.90	3.32	0.18	18.4	19.3	0.38	0.11	2.0	0.6	
		B <sub>1</sub>	15	4.10	3.24	0.16	20.3	24.6	0.32	0.07	1.3	0.3	
		B <sub>2</sub>	15+	4.50	1.95	0.11	17.7	19.0	0.17	0.04	0.9	0.2	
赤色土 (Red soil)													
潮岬 Shionomisaki P <sup>1</sup>	R <sub>B</sub>	A-B	20	4.85	1.33	0.06	22.2	10.1	1.15	0.91	11.4	9.0	
		B <sub>1</sub>	30	4.90	0.51	0.03	17.0	11.6	0.68	0.69	5.9	5.9	
		B <sub>2</sub>	10	5.00	0.34	0.02	17.0	9.41	0.56	0.72	6.0	7.7	
蚊野 Kano	R <sub>B</sub>	A-B	18	4.65	1.35	0.11	12.3	9.74	0.43	0.26	4.4	2.7	
		B <sub>1</sub>	20	4.60	0.53	0.03	17.7	7.75	0.18	0.12	2.3	1.5	
		B <sub>2</sub>	47	4.95	0.18	0.02	9.0	9.69	0.37	0.14	3.8	1.4	
暗赤色土 (Dark red soil)													
関宮 Sekimiya	dR <sub>D</sub> (d) -Mg	A	12	5.50	3.07	0.20	15.4	13.4	2.60	2.88	19.4	21.5	
		B <sub>1</sub>	11	5.65	1.50	0.10	15.0	11.2	1.31	4.02	11.7	35.0	
		B <sub>2</sub>	25+	5.90	0.95	0.09	10.6	15.2	2.15	9.30	14.1	61.1	

と、N濃度の増大と C/N 比の低下、全P濃度の増大およびK濃度の低下がいずれの林分においても認められた。Ca 濃度は mor に属するシイおよびヒノキ林では、L、F、H 層の順に顕著な減少を示したが、mull の場合にはクスおよびカラマツ林ではLおよびF層はほとんど相違が見られず、スギ林ではF層における減少は mor の場合よりきわめてゆるやかであった。Mg 濃度はいずれの場合もL、F、H層の順に減少を示したが、mull の場合は L→F 層への減少の度合は mor よりゆるやかであった。Na 濃度はいずれの場合もL層では他の成分に比べるときわめて低かったが、FおよびH層における変化は一定の傾向がみられなかった。pH は mull に属するカラマツ林ではF層は顕著な増大を示したが、その他は mor および mull のいずれもわずかな増大にとどまり両 type の間に明りょうな相違は見られなかった。しかし、mor のH層ではF層より急激な低下を示したことは、mor の特徴を示すと同時に、注目に値するといえる。

以上のような落葉の分解にともなう変化は、筆者の以前の報告<sup>5)6)</sup>および総説<sup>7)</sup>と同様の傾向を示しているといえる。

さらに、Pの形態については次のような結果が得られた。すなわち、供試したL層の水溶性および2.5%酢酸可溶性Pの濃度は近似的な値を示した。L層における2.5%酢酸可溶性Pは全Pの19~39%に過ぎなかった。上述のように、L層のNa濃度はきわめて低く、また、一般に落葉のAlおよびFe濃度も

きわめて低いので、L層の無機態Pは大部分が水溶性K塩ないしCa塩であろうと推定される。2.5%酢酸不溶Pを有機態Pとみなすと、L層のPのかなりの部分は有機態Pによって占められているものと推定される。落葉の分解過程の進行にともなう、いずれの場合も全Pに対する2.5%酢酸可溶Pの比率は減少を示し、さらに、mullではmorより減少が著しい点は、落葉の分解にともなう微生物活動によって、無機態Pの有機化（菌体成分としての同化）の進行が推定される。

### 2-2-3-2. 鈹質土層

供試試料の鈹質土層の化学的性質はTable 3に示すとおりである。

今回新たに供試した試料では、再度山P1のクス林および浅間のカラマツ林は、わが国の森林土壌としてはpH、置換性CaおよびMgの飽和度が著しく高いといえる。潮岬P2、A<sub>1</sub>層を除く新見P17および湯沢の各B/b型土壌は、置換性CaおよびMg飽和度がとくに低かった。黒色土群に属する適潤性〜弱湿性土壌では、置換性塩基の飽和度は他の土壌群の場合異なり、斜面地形の影響を反映しないことは筆者がしばしば指摘してきた点<sup>8)9)</sup>である。潮岬P2、新見および湯沢土壌は置換性CaおよびMgに乏しい型に、浅間土壌は富む型に属するといえる。乾性土壌（B<sub>b</sub>型土壌）に属する再度山P2および湿性ポドゾル（Pw(i)-I型土壌）に属する王滝P5は、いずれも強酸性を呈し、置換性塩基に乏しく、C/N比もきわめて大きいことは、これらの土壌型の一般的な特徴といえる。

その他の供試土壌については、すでに以前の報告<sup>8)~10)</sup>において述べてあるので、今回は省略したい。

## 3. Nの形態

### 3-1. 分析方法

#### 3-1-1. 無機態N

NH<sub>3</sub>態NおよびNO<sub>3</sub>態Nの定量は次の方法を用いた。

A<sub>0</sub>層は10g、鈹質土層は20gを秤取し、10% KCl溶液200mlを加えて1時間振とう後濾過し、濾液25~150mlを蒸留フラスコに移し、必要に応じて純水を加えて液量を150mlとし、MgO 1gを加えて、留出液70mlを得るまで蒸留し、NH<sub>3</sub>態Nの定量を行った。

残液に留出量に相当する純水を補給し、DEVARDA合金0.5gを添加して再び同様に蒸留し、NO<sub>3</sub>態Nの定量を行った。

NH<sub>3</sub>の捕集液はmethyl red-brom cresol green混合指示薬を加えた2% H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>溶液5mlを用い、N/100 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を用いて滴定した。

#### 3-1-2. 有機態Nの分別

有機態Nの分別はBREMNER法<sup>1)</sup>および三木法<sup>15)16)</sup>を組み合わせ、次のように行った。

試料はN約10mg（試料秤取量はmax. 10gまでとした）を含むように100mlの三角フラスコに秤取し、6N HCl 25mlを加え、冷却管をつけて、恒温油せん中で110°Cで24時間加水分解後\*1濾過洗浄し、濾液および洗液を合わせて100mlの定容とする。

この加水分解液25mlを用いて、KJELDAHL法により加水分解性N（A）の定量を行う。

\*1 有機態Nの加水分解率は温度および時間によって異なる。BREMNER法<sup>1)</sup>では110°C 12時間を用いているが、三木<sup>15)16)</sup>は110°C 20時間でもmax.に達しないとしている。今回は蛋白質の加水分解の場合には110°C 12~24時間が慣用されていることと、実験操作の便宜を考慮して、110°C 24時間を採用した。

また、加水分解液 50 ml を用いて、BREMNER 法<sup>1)</sup>にしたがって 6 N NaOH 溶液を用いて pH 約 5.0 ま  
で中和し、さらに、0.6 N NaOH 溶液を滴下して pH  $6.5 \pm 0.1$  に調整する\*<sup>1</sup>。この中和液を  $R_2O_3$  の沈  
澱ごとメスフラスコに移し、100 ml の定量とする。

この中和液 10 ml を 100 ml の蒸留フラスコに移し、citrate buffer\*<sup>2</sup> 10 ml および ninyhydrin (粉  
末) 200 mg を加え、沸とう湯せん中で 30 分加熱し、アミノ酸態 N を  $NH_3$  態 N として、次いで phos-  
phate-borate buffer\*<sup>3</sup> 20 ml を加え、常法とおり水蒸気蒸留を行い、アミド態 N、アミノ糖態 N および  
アミノ酸態 N の含量 (B) の定量を行う。

さらに、中和液 20 ml を同様に 100 ml の蒸留フラスコに移し、上述の phosphate-borate buffer 20  
ml を加えて、常法とおり水蒸気蒸留を行い、アミド態およびアミノ糖態 N の含量 (C) の定量を行う。

アミノ糖態 N は上述のような 6 N HCl によるはげしい加水分解によって、一部が分解されて  $NH_3$  態  
N に変化する。この際のアミノ糖態 N の分解率は温度の高いほど、さらに、加熱時間の長いほど増大する  
ことが知られている。したがって、アミノ糖態 N の定量は三木法<sup>15)16)</sup>に準じて次のように別個に行った。

上述の場合と同様に N 約 10 mg を含む試料を 100 ml の三角フラスコに秤取し、6 N HCl 25 ml を加  
え、冷却管をつけて、沸とう湯せん中で 3 時間加熱後濾過洗浄して、濾液および洗液を合わせて 100 ml  
の定容とする。

この加水分解液 50 ml を用いて、上述の場合と同様に pH  $6.5 \pm 0.1$  に中和し、100 ml の定容とする。

この中和液 20 ml を用いて、前述の phosphate-borate buffer 20 ml を加えて水蒸気蒸留を行い、ア  
ミド態 N およびアミノ糖態 N の含量 (D) の定量を行う。

さらに、中和液 20 ml を用いて、MgO 0.5 g を添加して水蒸気蒸留を行い、アミド態 N (E) の定量  
を行う。

以上の各 fraction の N の定量は、上述の無機態 N の場合と同様に、2%  $H_3BO_3$  溶液を  $NH_3$  の捕集液  
とし、N/100  $N_2SO_4$  を用いて滴定した。

各 fraction の N は次の計算によって求めた。

$$(\text{全N}) - (A) = \text{非加水分解性N}$$

$$(A) - (B) = \text{未同定N}^{*4}$$

$$(B) - (C) = \text{アミノ酸態N}$$

$$[(D) - (E)] \times 1.26^{*5} = \text{アミノ糖態N}$$

$$(C) - \text{アミノ糖態N} = \text{アミド態N}$$

\*1 Magnetic stirrer およびガラス電極 pH メーターを使用した。

\*2 citrate buffer : pH 2.5, Na-citrate 2.06 g および citric acid 19.15 g を水に溶解し 1 l にする。BREMNER  
法<sup>1)</sup>では粉末を使用しているが、今回は実験操作の便宜を考慮して溶液とした。

\*3 phosphate-borate buffer : pH 11.2, Na-phosphate (tribasic) 100 g および Na-borate 25 g を水に溶解し  
て 1 l にする<sup>1)</sup>。

\*4 上述の (B) の定量の際に、蒸留残液中に酸加水分解性でアルカリ不溶性の酸加水分解性ヒューミンが沈澱と  
して残留する。したがって、この沈澱を炉過し、これの N を定量してヒューミン態 N をさらに区分する場合もあ  
るが、この fraction は通常土壌全 N の 1~2% に過ぎないとされているので、今回は未同定 N に含めて扱うこ  
とにした。

\*5 アミノ糖態 N を算出する場合の補正係数 1.26 は、三木法<sup>15)16)</sup>における加水分解中のアミノ糖態 N の分解に  
対する補正係数である。



### 3-2. わが国の主要な森林土壌における N の形態

供試土壌における N の形態は Table 4 に示すとおりである。

#### 3-2-1. 無機態 N

##### 3-2-1-1. $A_0$ 層

供試した新鮮な落葉 (L) の  $\text{NH}_3$  態 N 濃度は 9~108 ppm,  $\text{NO}_3$  態 N 濃度は 3~17 ppm であった。これらの落葉の  $\text{NH}_3$  態および  $\text{NO}_3$  態 N 濃度は樹種ごとにかなりの相違が見られたが、ヒノキの場合にはとくに低い値を示した。落葉の無機態 N 濃度の各樹種別の特徴を明らかにするためには、同一樹種ごとに多数の資料の集積が必要である。したがって、この点は今後の調査研究の進展に待つこととし、今回は一応結果の記載にとどめたい。

分解が進行しつつある各林分の F 層では、クスおよびシイの常緑広葉樹林は  $\text{NH}_3$  態 N 濃度は 350~630 ppm を示し、著しく高いレベルに達していたが、 $\text{NO}_3$  態 N 濃度は 5.8~7.1 ppm に過ぎず、きわめて低いレベルにとどまった。スギ、ヒノキおよびカラマツの針葉樹林では、それぞれ 46~90 ppm および 0.6~16.5 ppm を示した。mor に属するシイおよびヒノキ林の H 層では、それぞれ 209~284 ppm および 2.2~5.3 ppm を示した。

以上のように、F 層における  $\text{NH}_3$  態 N 濃度が広葉樹林と針葉樹林で著しい相違を示したことは、一般に針葉樹の落葉では alcohol-benzol (または ether) 可溶物、すなわち, resin, wax, essential oil などの植物遺体の分解を阻害する物質を多量に含んでいるために、落葉の初期の分解が阻害されやすいこともその原因の 1 つではないかと思われる。ヒノキ林の場合に、L, F, H 層の順に  $\text{NH}_3$  態 N 濃度が順次急激に増大していることは、分解の進行にともなうこれらの阻害性物質の減少にともなって、次第に土壌微生物の分解活動が活発化することを示すものと思われる。そのほか、両樹種グループは主な落葉期が異なるために、広葉樹林では 5 月初旬に、針葉樹林では 11 月初旬に試料の採取を行っているので、分解に関与する土壌微生物活動の季節的变化の影響も考えられる。いずれにせよ、これらの問題の解明はなお今後に残された問題といえよう。

供試した林分の F および H 層では  $\text{NO}_3$  態 N 濃度はいずれも低く、とくに著しい相違は見られなかった。 $\text{NH}_3$  態 N および  $\text{NO}_3$  態 N は季節的に変動が見られるので、 $\text{NH}_3$  態 N/ $\text{NO}_3$  態 N 比を  $\text{NO}_3$  化能力を相対的に比較するための指標と考えると、この比は mull に属するスギおよびカラマツ林の F 層では 5.5~9.9, クス林の F 層では 49.2, mor に属するシイおよびヒノキ林では F 層は 100~109, H 層は 40~95 を示した。一般に強酸性を呈する mor の場合は、 $\text{NH}_3$  化成作用に比べると  $\text{NO}_3$  化成作用は弱く、酸性の弱い mull では  $\text{NO}_3$  化成作用が強力に行われるといわれている。上述の各林分における  $\text{NH}_3$  態 N/ $\text{NO}_3$  態 N の比は、クス林の場合を除くと今までの見解とよく一致するといえる。また、 $\text{NO}_3$  化能力の相違の critical pH はおおむね pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 5.0 前後と推定される。しかし、クス林の F 層は pH 6.5 を示し、ほぼ中性に近いにもかかわらず  $\text{NO}_3$  化成が著しく低かったことは、 $\text{NO}_3$  化成作用に及ぼす影響は単に pH だけでは説明し難いことを示すものといえよう。

これらの供試林分の  $A_0$  層では、無機態 N ( $\text{NH}_3$  態 N +  $\text{NO}_3$  態 N) の全 N 中に占める比率はきわめて小さく、max. はシイ林の F 層の約 3% に過ぎなかった。

##### 3-2-1-2. 鉱質土層

各供試土壌の鉱質土層では、全般的に表層から下層に向って  $\text{NH}_3$  態 N および  $\text{NO}_3$  態 N の濃度は減



新 見	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> B	12.9 7.54 4.49 1.38	(100) (100) (100) (100)	2.03 (15.7) 0.87 (11.5) 0.53 (11.8) 0.18 (13.0)	1.10 (8.5) 0.72 (9.5) 0.43 (9.6) 0.11 (8.0)	3.67 (28.4) 1.63 (21.6) 0.95 (21.2) 0.28 (20.3)	3.32 (25.7) 1.62 (21.5) 1.22 (27.2) 0.38 (27.5)	9.90 (78.3) 4.84 (64.1) 3.13 (69.7) 0.95 (68.8)	3.01 (21.7) 2.70 (35.9) 1.36 (30.3) 0.43 (31.2)	63.8 35.2 16.2 5.4	31.7 4.9 2.5 2.4	95.5 (0.74) 40.1 (0.53) 18.7 (0.42) 7.8 (0.57)
湯 沢 Yuzawa B/b-soil	L	3.96	(100)	0.41 (10.4)	0.038 (0.96)	1.73 (43.7)	1.09 (27.5)	3.27 (82.6)	0.69 (17.4)	33.2	15.6	48.8 (1.2)
	F	11.30	(100)	1.65 (14.6)	0.73 (3.3)	4.52 (40.0)	2.87 (25.4)	9.41 (83.3)	1.89 (16.7)	45.5	4.6	50.1 (0.44)
	A <sub>1</sub>	9.23	(100)	1.44 (15.6)	0.70 (7.6)	2.78 (30.1)	1.81 (19.6)	6.73 (72.9)	2.50 (27.1)	40.7	6.4	47.1 (0.51)
	A <sub>2</sub>	8.62	(100)	1.49 (17.3)	0.36 (4.2)	2.46 (28.5)	1.82 (21.1)	6.13 (71.1)	2.49 (28.9)	35.7	4.0	39.7 (0.46)
	B <sub>1</sub>	3.91	(100)	0.97 (24.8)	0.12 (3.1)	1.31 (33.5)	1.00 (25.6)	3.40 (87.0)	0.51 (13.0)	14.4	5.7	20.1 (0.51)
	B <sub>2</sub>	1.79	(100)	0.45 (25.1)	0.050 (2.8)	0.56 (31.3)	0.51 (28.5)	1.57 (87.7)	0.22 (12.3)	8.1	5.7	13.8 (0.77)
浅 間 Asama B-B/b-soil	L	9.99	(100)	1.10 (11.5)	0.055 (0.55)	4.87 (48.7)	2.76 (27.6)	8.78 (87.9)	1.21 (12.1)	108	17.4	125 (1.25)
	F <sub>1</sub>	18.9	(100)	1.98 (10.5)	0.95 (5.0)	8.14 (43.1)	5.22 (27.6)	16.3 (86.2)	2.60 (13.8)	90.3	16.5	107 (0.57)
	F <sub>2</sub>	18.6	(100)	2.50 (13.4)	0.86 (4.6)	7.96 (42.8)	4.20 (22.6)	15.5 (83.4)	3.10 (16.6)	79.8	10.0	89.8 (0.48)
	A <sub>1</sub>	6.02	(100)	0.99 (16.4)	0.46 (7.6)	1.93 (32.1)	1.39 (23.1)	4.77 (79.2)	1.25 (20.8)	14.0	7.9	21.9 (0.36)
	A <sub>2</sub>	3.71	(100)	0.70 (18.9)	0.27 (7.3)	1.09 (29.4)	0.70 (18.9)	2.76 (74.4)	0.95 (25.6)	16.4	6.1	22.5 (0.61)
ポ ド ゾ ル (Podzol)												
大 又 Ohmata P <sub>5</sub> P <sub>b</sub> III	H	17.7	(100)	3.04 (17.2)	0.93 (5.3)	6.71 (37.9)	4.97 (28.1)	15.7 (88.7)	2.00 (11.3)	212	5.3	217 (1.2)
	A <sub>2</sub>	8.13	(100)	1.60 (19.7)	0.78 (9.6)	2.66 (32.7)	1.93 (23.7)	6.97 (85.7)	1.16 (14.3)	54.9	8.0	62.9 (0.77)
	B <sub>1</sub>	2.29	(100)	0.54 (23.6)	0.11 (4.8)	0.71 (31.0)	0.51 (22.3)	1.87 (81.7)	0.42 (17.3)	28.4	2.3	30.7 (1.3)
	B <sub>2</sub>	1.35	(100)	0.36 (26.7)	0.049 (3.6)	0.39 (28.9)	0.32 (23.7)	1.12 (83.0)	0.23 (17.0)	12.1	1.3	13.4 (0.99)
王 滝 Ohtaki P <sub>5</sub> Pw(i)-I-soil	L	12.8	(100)	0.88 (6.9)	0.20 (1.6)	6.14 (48.0)	3.95 (30.9)	11.2 (87.5)	1.60 (12.5)	8.9	3.2	12.1 (0.095)
	F	13.1	(100)	2.53 (19.3)	0.95 (7.2)	4.73 (36.1)	3.74 (28.5)	12.0 (91.6)	1.10 (8.4)	59.7	0.6	60.3 (0.46)
	H	18.6	(100)	2.39 (12.9)	1.86 (10.0)	6.44 (34.7)	5.13 (27.6)	15.8 (85.0)	2.80 (15.0)	284	5.2	289 (1.6)
	A <sub>2</sub>	1.79	(100)	0.26 (14.5)	0.18 (10.1)	0.53 (29.6)	0.50 (27.9)	1.47 (82.1)	0.32 (17.9)	56.1	3.1	59.2 (3.3)
	B <sub>1</sub>	1.63	(100)	0.39 (23.9)	0.11 (6.7)	0.46 (28.2)	0.43 (26.4)	1.39 (85.2)	0.24 (14.8)	46.3	2.5	48.8 (3.0)
	B <sub>2</sub>	1.11	(100)	0.30 (27.0)	0.050 (4.5)	0.24 (21.6)	0.33 (29.7)	0.92 (82.8)	0.19 (17.2)	24.1	1.7	25.8 (2.3)
赤 色 土 (Red soil)												
潮 岬 Shionomisaki P <sub>1</sub> Rb-soil	A-B	0.67	(100)	0.092 (13.4)	0.068 (10.4)	0.15 (22.4)	0.17 (25.4)	0.48 (71.6)	0.19 (28.4)	11.3	1.2	12.5 (1.9)
	蚊 野											
関 宮 Sekimiya dRo(d)	A-B	0.80	(100)	0.13 (16.3)	0.054 (6.3)	0.20 (25.0)	0.25 (31.3)	0.63 (78.9)	0.17 (21.1)	11.7	1.4	13.1 (1.6)
暗 赤 色 土 (Dark red soil)												
関 宮 Sekimiya dRo(d)	A	2.15	(100)	0.35 (16.3)	0.23 (10.7)	0.74 (34.4)	0.58 (27.0)	1.90 (88.4)	0.25 (11.6)	21.1	2.8	23.9 (1.1)
	B <sub>1</sub>	1.23	(100)	0.28 (22.8)	0.12 (9.8)	0.26 (21.1)	0.35 (28.5)	1.01 (82.1)	0.22 (17.9)	15.5	2.3	17.8 (1.4)
	B <sub>2</sub>	0.97	(100)	0.26 (26.8)	0.085 (9.3)	0.14 (14.4)	0.30 (30.9)	0.79 (81.4)	0.18 (18.6)	9.0	2.4	11.4 (1.2)

注 Remark: 試料は 1 mm で篩別したものを用いた。 Analysed materials are 1 mm-sieved.  
カッコ内の数字は全 N に対する%。 Figures in parentheses are per cent of total nitrogen.

少を示し、また、いずれの場合も  $\text{NH}_3$  態 N に比べると  $\text{NO}_3$  態 N 濃度は低かった。

表層土における  $\text{NH}_3$  態 N 濃度は 11~60 ppm,  $\text{NO}_3$  態 N 濃度は 0.3~32 ppm を示した。これらの試料の採取時期が一定していないために詳細な比較検討は難しいが、表層土における  $\text{NH}_3$  態 N/ $\text{NO}_3$  態 N 比は、乾性褐色森林土、ポドゾル、赤色土などの強酸性土壌では、それぞれ、7~18, 6.2~3.8, 8.1~9.4 を示し、適潤性の褐色森林土、黒色土、暗赤色土がそれぞれ 2.2~4.1, 1.8~6.2, 7.5 であったのに比べると、かなり高い値を示しているといえる。また、これらの値は上述の  $A_0$  層の場合に比べると全般的にかなりの減少を示していた。また、これらの場合も  $A_0$  層の場合と同様に pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 5.0 前後を critical pH として、 $\text{NO}_3$  化成力に相違が見られるといえる。

しかし、潮岬 P 2 土壌 (Bfb 型土壌) では、 $\text{NO}_3$  態 N はほとんど認められなかった。この土壌は各層位いずれも massive 型のきわめて compact な土層を形成していたが、このような透水通気性のきわめて不良な場合には、好気的な条件下に酸化的な反応によって行われる  $\text{NO}_3$  化成作用は、著しく阻害されるものと思われる。

供試土壌の鉱質土層の無機態 N の全 N 中に占める比率は全般にきわめて小さく、max. は表層土では福山 G-P 11 (Ba 型土壌) の約 3%, 下層土では再度山 P 1 (Bb 型土壌) の  $B_2$  層の約 4% に過ぎなかった。また、黒色土の場合は全般に他の土壌群よりさらに低く、いずれも 1% 以下に過ぎなかったことは、後述のように黒色土は特異な有機態 N の形態を示すことと関連して、とくに注目に値するといえよう。

### 3-2-2. 有機態 N

供試土壌の全 N の濃度は各土壌ごとに、さらに各土壌の各土層ごとに、それぞれかなりの相違を示すために、有機態 N についての以下の論議は、有機態各 N fraction の全 N に対する比率を中心に進めることにする。

#### 3-2-2-1. $A_0$ 層

供試土壌の  $A_0$  層の有機態 N の形態は、落葉の分解が進むにつれて、アミノ酸態 N の減少とアミド態 N およびアミノ糖態 N の増大によって、全般的に特徴づけられるといえる。

供試  $A_0$  層の各層位の加水分解性 N は 83~91% に達し、高いレベルを示した。また、樹種ないし層位別にとくに相違は見られなかった。

L 層 (新鮮な落葉) ではアミノ酸態 N がもっとも多く、44~49% に達し、加水分解性 N の半ば以上を占めていた。アミノ糖態 N はきわめて少なく、わずか 0.6~2.4% に過ぎず、アミド態 N も同様に少なく、7~12% にとどまった。未同定 N は 28~31% に達し、かなり高いレベルを示した。これらの N fraction の組成は樹種による相違はとくに明りょうではなく、供試した各樹種にほぼ共通したものといえる。

落葉の分解が進むにつれて、アミノ酸態 N は順次減少を示し、F 層では 36~43%, H 層では 35~38% に低下した。これに対して、アミノ糖態 N は順次増大を示し、F 層では 3.3~7.2%, H 層では 5.3~10.0% に達した。アミド態 N も同様に増大を示し、F 層では 10~19%, H 層では 13~17% に達した。

$A_0$  層の有機物の分解過程の進行にともなう有機態 N の形態の変化は、土壤微生物および小動物による有機態 N (蛋白質) の分解および、これらの土壤生物による一部の分解生成物の体成分 (蛋白質) としての再合成などの複雑な作用の結果として示される。以上の  $A_0$  層における層位別の有機態 N の形態の変化のうちで、落葉の N fraction 中もっとも分解されやすいと考えられる<sup>14)</sup> アミノ酸態 N の減少と、分解生成物に相当するアミド態 N の増大は当然予想されることであろう。また、落葉の分解にともなう土壤小動

物(土壌昆虫)の増殖とその遺体の増加が考えられるが、これらの動物体の成分(外皮)として chitin 質の増大と, chitin 質を構成しているアミノ糖態Nの増加がもたらされたものと推定される。

以上の A<sub>0</sub> 層の各層位の有機態Nの形態の変化から見ると、筆者は野外における形態的に著しい相違を示す mor および mull の両腐植型は、有機態Nの形態の面から見ると、分解過程に本質的な相違があると考えよりも、むしろ環境諸因子の影響にもとづく分解速度の相違に過ぎないと思われる。

筆者は以前に落葉の分解にともなう A<sub>0</sub> 層の各層位の有機物組成の変化から、今回と同様の結論に達したが<sup>4)</sup>、今回も別の観点から同様の見解が得られたことは、すこぶる興味ある事実といえよう。

### 3-2-2-2. 鉍質土層

鉍質土層のNの形態は各土壌群別に見ると次のとおりであった。

#### 1) 褐色森林土群

加水分解性Nは、表層土(A<sub>1</sub> ないし A 層)では適潤性土壌(B<sub>D</sub> 型土壌)は87~88%, 乾性土壌の B<sub>A</sub> 型土壌は 83~87%, B<sub>B</sub> 型土壌は 82% に達し、適潤性土壌のほうが多少高いといえるが、とくに明りょうな相違とはいいい難かった。しかし、下層土(B層)では、適潤性土壌は 81~88% を示し、A層と同様のレベルを示したが、乾性土壌ではいずれも 72~79% と低下し、土壌の水分環境によってかなりの相違が見られた。

アミノ酸態Nはいずれの場合も表層から下層に向って減少を示した。表層土では適潤性土壌は 35~37%, 乾性土壌はいずれも 33~34% を示し、前者のほうが多少高かったといえるが、とくに著しい相違とはいいい難かった。

アミド態Nは、表層土では適潤性土壌は 17~18%, 乾性土壌の B<sub>B</sub> 型土壌は 14~16%, B<sub>A</sub> 型土壌は 20~24% を示した。表層土から下層土への変化は、適潤性土壌では順次増大を示したが、B<sub>B</sub> 型土壌では一定の傾向がみられず、B<sub>A</sub> 型土壌では減少を示した。

アミノ糖態Nは、B<sub>A</sub> 型土壌以外はいずれも表層土では 10~11% を示し、下層に向って漸減した。しかし、B<sub>A</sub> 型土壌では A<sub>m</sub> 層は 4~7% と低く、むしろ下層では増大を示した。

未同定Nは、各土壌はいずれも表層土では 22~26% に達したが、下層への変化は明りょうな傾向を見いだし難かった。

以上のように、乾性土壌に属する B<sub>A</sub> および B<sub>B</sub> 型土壌の間にみられた N の形態の相違、すなわち、B<sub>A</sub> 型土壌では表層土のアミド態Nが多く、アミノ糖態Nが少ない点などは、B<sub>A</sub> 型土壌の表層土の A<sub>m</sub> 層を形成している菌糸遺体の影響によるものではないかと思われる。また、B<sub>B</sub> 型土壌と適潤性の B<sub>D</sub> 型土壌を比べると、表層から下層へのアミド態Nの変化および下層土の加水分解性Nに相違がみられたが、環境諸因子の影響をもっとも顕著に反映している表層土では、C/N 比に示されるように有機物の分解の良否はかなりの相違が推定されるにもかかわらず、有機態Nの形態があまり明りょうな相違がみられなかった点は、すこぶる興味ある事実といえる。この点は、上述の A<sub>0</sub> 層の場合と同様に、表層土における有機物の分解過程は本質的な相違があると考えよりも、分解速度の相違と考えるべきであろう。また、乾性および適潤性土壌間のアミド態Nの変化の相違は、水分環境の相違にともなう土壤水の下層への動きの相違、すなわち、B<sub>D</sub> 型土壌では下層まで水の浸透が十分に行われるために、分解生成物である易溶性のアミド態Nの移動が容易に行われることによるものであろう。

#### 2) 黒色土群

黒色土の特徴層位をなす A 層では、加水分解性 N は A<sub>1</sub> 層は 73~79%, A<sub>2</sub> 層以下は 53~74% を示した。これらの値は赤色土を除く他の土壌群と比べると著しく低いといえるが、同時に黒色土の有機態 N の形態の顕著な特徴をなすものといえよう。

上述の黒色土の A<sub>1</sub> 層と A<sub>2</sub> 層以下の加水分解性 N の相違は、A<sub>1</sub> 層では現気候下の植生の影響によって、褐色森林土と同様の土壌生成作用が行われ、新たに褐色森林土と同様の形態の有機物が付加されるために、表層土の有機態 N の形態は次第に褐色森林土と同様のものに移行しつつあるものと考えられる。

黒色土は特徴層位をなす A 層の腐植の形態の面でも、腐植酸の抽出率および C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> 比が著しく高いこと、腐植酸の光学的性質の面では腐植化の進行が著しいことなど、他の土壌群と比べるときわめて特異な形態を示すこと、さらに、下層ほどこれらの特徴が明りょうなことなどが知られているが<sup>9)</sup>、N の形態においても同様の特異性がみられたことはすこぶる興味ある事実といえる。黒色土の生成過程は現在未だ明らかにされていないが、これらの諸点は現気候下に生成されつつある褐色森林土、その他の土壌とは異質なものであるとの推定を裏付ける資料となり得るものと思われる。

黒色土の B 層の加水分解性 N は、A 層と同様に低い場合（新見 P 17 土壌 69%）と前述の B<sub>d</sub> 型土壌と同様に高い場合（湯沢土壌 87~88%）がみられ、一定の傾向が見られなかった。

表層土（A<sub>1</sub> 層）のアミノ酸態 N は 28~32%, アミド態 N は 16~21%, アミノ糖態 N は 8~10%, 未同定 N は 20~26% を示した。これらの値は褐色森林土の対応する B<sub>d</sub> 型土壌と比べると、アミノ酸態 N の減少以外は明りょうな相違は見られなかった。表層から下層への変化は、加水分解性 N の著しく高かった湯沢土壌の下層土を除くと、アミノ酸態 N はいずれの場合も減少を示したが、とくに潮岬 P 2 土壌の A<sub>2</sub> 層以下の急激な低下が目だった。また、アミド態 N は潮岬 P 2 土壌および新見土壌では、A<sub>1</sub> 層から A<sub>2</sub> 層にかけて減少を示したが、その他はいずれも下層ほど増大した。アミノ糖態 N は下層ほど減少を示し、未同定 N は一定の傾向がみられなかった。これらの変化は全般的に上述の褐色森林土の対応する B<sub>d</sub> 型土壌と共通した傾向を示しているといえる。

### 3) ポドゾル

供試したポドゾルの各層位の加水分解性 N は 82~86% に達し、全般に高いレベルを示した。

表層土（A<sub>2</sub> 層）では、アミノ酸態 N は 30~33%, アミド態 N は 15~20%, アミノ糖態 N は 10%, 未同定 N は 26~30% を示した。これらの値を上述の褐色森林土群の各土壌型と比較すると、アミノ酸態 N は多少低く、未同定 N は多少高いといえるが、とくに著しい相違とはいえなかった。表層から下層への変化は、アミノ酸態 N およびアミノ糖態 N は順次減少を示し、アミド態 N は増大を示したが、未同定 N は一定の傾向が認められなかった。

以上の結果は、表層土のアミノ酸態 N および未同定 N に相違がみられるが、各層位間の変化なども含めて、全般的な傾向は前述の B<sub>d</sub> 型土壌とかなり類似した傾向を示しているといえる。

### 4) 赤色土

表層土（A-B 層）の加水分解性 N は 72~79%, アミノ酸態 N は 22~25% に過ぎず、いずれも上述の褐色森林土およびポドゾル群の各土壌型の表層土と比べるとかなり低いが、未同定 N は 25~31% を示し、かなり高いといえる。これらの諸点は同時に赤色土の N の形態の特徴をなすものといえよう。しかし、アミド態 N は 13~16%, アミノ糖態 N は 6~16% を示し、対応する褐色森林土群の B<sub>b</sub> 型土壌ととくに明りょうな相違はみられなかった。

わが国の赤色土は洪積期の温暖期に生成された古土壌であるが、その有機物は主として対応する Bb 型土壌と同様の現気候下の現植生に由来するものと考えられる。

赤色土は腐植の形態においても、全腐植酸の抽出率、 $C_h/C_f$  比など一部の点では相違がみられるが、一般的に Bb 型土壌と近似した性質を示している<sup>9)</sup>。有機態 N についても近似した傾向がみられたといえる。

この点は赤色土壌の有機物のすべてが、現気候下に Bb 型土壌と同様の生成過程を経たものとは考え難いことを暗示しているように思われるが、なお今後の検討に待ちたい。

#### 5) 暗赤色土

暗赤色土は一例を供試したに過ぎないので十分な論議は難しい。

表層土（A 層）の加水分解性 N は 88%，アミノ酸態 N は 34%，アミド態 N は 16%，アミノ糖態 N は 11%，未同定 N は 27% を示した。これらの各 fraction の比率および表層から下層への変化は、ほぼ上述の褐色森林土群の対応する Bd 型土壌とほぼ同様の傾向を示しているといえる。

暗赤色土の生成過程はいまだ明らかにされていないが、遊離の Fe および Al の形態は古土壌である上述の赤色土ときわめて類似点が多いことが知られている<sup>12)</sup>。一般に暗赤色土は適潤性土壌に属する場合が多く、かなりの腐植の集積が見られる。これらの有機物は現気候下に現植生の影響によるものが主体をなすと考え、その有機態 N の形態が対応する Bd 型土壌と類似した形態を示すことは当然予想される点であろう。しかし、この点についてはなお今後の研究課題として残された問題といえよう。

### 4. む す び

今回得られたわが国の森林土壌の N の形態についての結果は、落葉の分解にともなう変化、各土壌群ないし各土壌型の特徴—とくに黒色土の特異性など—を明らかにしたことによって、当初の目的の一部を達成したといえる。しかし、土壌の肥沃度と N の形態との関係については、十分な結論を得ることは難しかった。

この点については次のように考えられる。落葉の分解過程において mor および mull がそれぞれ土壌の肥沃度と明りょうな関連性を有することは経験的によく知られている。また、現在の気候下に現在の植生の影響下に土壌生成が行われている褐色森林土とポドゾルについてみると、ポドゾルおよび乾性褐色森林土は mor に属し、適潤性褐色森林土は mull に属し、肥沃度の面で 2 つの group に大別し得ることは、今までの多くの森林土壌調査の結果から明らかであろう。落葉の分解過程およびこれらの 両 group の土壌において環境諸因子の影響をもっとも強く反映していると考えられる表層土において、N の形態の相違はきわめて小さく、変化の過程は質的な相違と考えるよりも、むしろ変化の速度の相違と考えられることは、今後の研究を進める場合にきわめて重要な意味を有するものといえよう。

土壌の N は有機態（蛋白態）N が主体と考えられる。これが土壌小動物および微生物によって分解され、アミノ酸、アミドなどの低分子の含 N 化合物を経て無機化され、 $\text{NH}_3\text{-N}$  に変化する。さらに、 $\text{NH}_3\text{-N}$  は土壌条件によって  $\text{NO}_3\text{-N}$  に変化するが、これらの無機態 N が植物に対する可給態 N となる。しかし、これらの分解過程における変化は一定方向にのみ進行する不可逆的な反応ではなくて、無機態 N をも含めて、微生物によって可逆的に菌体成分として蛋白質に再合成される過程も行われる。

土壌微生物群落の面からみると、一般に強酸性の mor では糸状菌が優先し、弱酸性ないし中性に近い mull では細菌および放射状菌が優先するといわれている。このように mor と mull では微生物群落に

相違がみられるとしても、微生物の蛋白質ないし分解生成物である含N化合物に対する分解ないし同化の機能は全体としては質的には明りょうな相違を認め難いと考えらるべきであろう。もちろん、細かくみれば個々の species ごとには多少の相違はみられるであろうし、同一 species でも環境諸条件の相違によって、その機能の強弱の相違はみられるであろう。

このような考え方にたてば、mor と mull, ポドゾルおよび乾性褐色森林土と適潤性褐色森林土との間に、有機態Nの形態のとくに明りょうな相違がみられないこと、また、これらの相違が変化の速度の相違と解することも容易に理解できよう。

今回のように、A<sub>0</sub> 層および各種森林土壌のNの形態の把握は、森林土壌のNの肥沃度を解明するための一つの段階としては必要なことであろう。森林土壌の肥沃度をNの面から解明するためには、次の段階としては有機態Nの無機化を、有機態Nの形態および環境因子との関連性においてとらえる必要がある。また、同時にNの変化の量的な把握も今後の重要な課題であろう。

稿を終わるに当たり、この研究を遂行するため、たえずご配慮をいただいた前土じょう部長 塘 隆男博士に心からの感謝の意を表する次第である。

## 文 献

- 1) BREMNER, J. M.: Method of soil analysis, Part 2, Organic forms of nitrogen, Academic Press Inc., 1238~1255, (1965)
- 2) 河田 弘: TYURIN 法による土壌有機炭素の定量の検討およびその改良法について, 林野土調報, 8, 67~80, (1957)  
KAWADA, H.: An examination of the TYURIN's method for determination of soil organic carbon and a proposed modification of the chromic acid titration method, Forest Soils of Japan, 8, 67~80, (1957)
- 3) ———: 森林土壌の化学的性質および腐植の形態に関する研究, 同上, 10, 1~108, (1959)  
———: A study on chemical properties and humus forms of forest soil, Ibid, 10, 1~108, (1959)
- 4) ———: 落葉の有機物組成と分解にともなう変化について, 林試研報, 128, 115~144, (1961)  
———: A study on approximate organic matter composition of leaf litters and their transformation during decomposing process, Bull. Gov. For. Exp. Stat., 128, 115~144, (1961)
- 5) ———: カラマツ林の成長および有機物層の組成におよぼす土壌条件の影響, 同上, 136, 1~33, (1962)  
———: A study on effects of soil conditions upon growth and composition of organic matter layer in larch forest, Ibid., 136, 1~33, (1962)
- 6) ———: 落葉の養分組成と分解にともなう変化について, 同上, 194, 167~180, (1966)  
———: A study on change of nutrient composition of freshly fallen leaves in process of decomposition, Ibid., 194, 167~180, (1966)
- 7) ———: 森林生態系における養分循環 (総説), 森林立地, XII(1), 1~16, (1971)  
———: Nutrient cycling in forest ecosystem (review), Shinrin Ricchi, XIII(1), 1~16, (1971)
- 8) ———: 森林土壌の腐植に関する研究 第2報 褐色森林土の腐植の形態, 林試研報, 270, 89~110, (1975)



- : Studies on the humus form of forest soil, Part 2, Humus form of the brown forest soil, Bull. Gov. For. Exp. Stat., 270, 89~110, (1975)
- 9) ——— : 同上 第3報 黒色土, 退色型黒色土, 赤色土, 黄色土およびレンジナ様土の腐植の形態, 同上, 278, 51~74, (1975)
- : Ibid., Part 3, Humus form of the black soil, degraded black soil, red soil, yellow soil and rendzina-like soil, Ibid., 278, 51~74, (1975)
- 10) ——— : 同上 第4報 乾性および湿性ポドゾル, 暗赤色土, 泥炭土および泥炭の腐植の形態, 同上, 284, 57~80, (1976)
- : Ibid., Part 4, Humus form of the dry and wet podzols, dark red soil, peaty soil and peat, Ibid., 284, 57~80, (1976)
- 11) ———・西田豊昭 : 森林土壌のリン酸の形態について, 同上, 250, 1~34, (1973)
- and NISHIDA, T.: Phosphorous forms in representative Japanese forest soils, Ibid., 250, 1~34, (1973)
- 12) ——— : 森林土壌の遊離酸化物について, 同上, 275, 1~22, (1975)
- : On the free sesquioxides in representative forest soils, Ibid., 275, 1~22, (1975)
- 13) ———・西田豊昭, 吉岡二郎 : 土壌および針葉の化学的組成とヒノキの成長との関係 (森林土壌におけるリン酸の可給性の指標としての carbon/organic phosphorous 比について), 同上, 253, 1~37, (1973)
- ・NISHIDA, T. and YOSHIOKA, J.: Chemical composition of soil and foliage in relation to the growth of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) (Appraisal of carbon/organic phosphorus ratio of forest soil as an index of phosphorous availability), Ibid., 253, 1~37, (1973)
- 14) KEENEY, D.R. and BREMNER, J.M.: Characterization of mineralizable nitrogen in soils, Soil Sci. Amer. Proc., 30, 714~719, (1966)
- 15) 三木和夫 : 畑土壌の窒素供給力に関する研究, 東海近畿農試報, 18, 353~406, (1969)
- MIKI, K.: Nitrogen supplying capacity of upland soils, Bull. Tokai-Kinki Nat. Agr. Exp. Stat., 18, 353~406, (1969)
- 16) ———・川戸義行・森 哲郎 : 土壌有機態窒素の分別定量法, 日土肥誌, 37, 542~546, (1966)
- ・KAWATO, Y. and MORI, T.: Fractionation and estimation of organic nitrogenous compounds in soil, Jour. Sci. Soil and Manure, Japan, 37, 542~546, (1966)
- 17) 林業試験場土壌部 : 林野土壌の分類 (1975), 林試研報, 280, 1~28, (1976)
- Forest Soil Division: Classification of forest soil in Japan (1975), Bull. Gov. For. Exp. Stat., 280, 1~28, (1976)

## Nitrogen Form of Representative Japanese Forest Soils

Hiroshi KAWADA<sup>(1)</sup>

### 1. Introduction

The writer previously reported that the availabilities of nitrogen and phosphorus of forest soils, i. e. their supplies to the forest stands were the most effective factors for their growth from the nutritional point of view<sup>(1)(2)</sup>. He found that the C/N and C/Organic phosphorus ratios of soil, especially those of its surface horizon, would be a significant index for nitrogen and phosphorus availabilities, respectively. He also stated the phosphorus form of the representative Japanese forest soils<sup>(1)(2)</sup>.

The nitrogen forms of the representative Japanese forest soils, a problem that still remained vague at that time, are discussed in this paper. In the writer's opinion, the decomposing processes of litters, i. e. mor and mull, would be the most effective factors for the nutrient cycling of forest ecosystem and fertilities of forest soil. Is there any difference between mor and mull or among the groups and types of soil? The clarification of those facts would be helpful to find a clue to elucidate the problems on the fertility and nitrogen availabilities of forest soils.

### 2. Selected soils

Fifteen soils were selected. Ten of them were just the same samples as those in the previous reports<sup>(3)-(10)</sup> and five of them, including the freshly fallen litters and A<sub>0</sub> layers, were newly collected.

The brief descriptions of their site conditions are stated in Table 1.

2-1. Chemical compositions of A<sub>0</sub> layers of the selected soils

2-1-1. Sampling periods

The sampling periods of the newly selected five soils with A<sub>0</sub> layer were as follows: The outset of May for evergreen broad-leaved forests and the beginning of November for coniferous forests.

2-1-2. Analytical methods

The analytical methods were as follows: Carbon was determined by chromic acid titration method<sup>(2)</sup> and nitrogen by KJELDAHL method. CEC was determined by PERCH method and exchangeable Ca and Mg by atomic absorption spectrometry. pH (H<sub>2</sub>O) was measured by glass electrode pH meter with 1:2.5 suspension. K, Na, Ca and Mg were determined by atomic absorption spectrometry and P by chlorostannous-reduced molybdophosphoric blue color method in HCl system after wet ashing by HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub> mixture. Water soluble and 2.5% acetic acid soluble P were determined by the same colorimetric method with 1:100 extracts, shaking 1 or 2 hours, respectively.

2-1-3. Results and discussion

The chemical compositions of the selected litters were stated in Table 2.

---

Received June 16, 1977

(1) Forest Soils Division

The newly selected soils were grouped into mor and mull. Mt. Futatabi P 2 (*Castanopsis cuspidata* forest) and Ohtaki P 5 (*Chamaecyparis obtusa* forest) belonged to mor, and Mt. Futatabi P 1 (*Cinnamomum camphora* forest), Yuzawa (*Cryptomeria japonica* forest) and Asama (*Larix leptolepis* forest) to mull.

The pH values and nutrient concentrations of their freshly fallen litters were quite divergent. The remarkably high pH value and Ca and Mg concentrations of *Cinnamomum* litters, the low P concentrations of *Castanopsis* litters and distinguished low N and P concentrations of *Cryptomeria* litters were highlighted.

The following changes were found on the decomposing process of litters: The N and P concentrations were increased and C/N ratios and K concentrations were decreased in every F and H layers comparing with those of litters. The remarkable decreases of Ca concentration in the order as litter→F layer→H layer was observed in mor type forests, *Castanopsis* and *Chamaecyparis* forests. On the contrary, no clear difference or gradual decrease was recognized between the Ca concentrations of litter and F layer of the mull type forests, *Cinnamomum*, *Cryptomeria* and *Larix* forests. The Mg concentration decreased in the order as litter→F layer→H layer in every forest, and the rate of its decrease was more gradual in mull type forests than those in mor type forests. The Na concentration of every litter was low comparing with other mineral components, and no certain trend was recognized in its changes in F and H layers. The pH value of F layer of *Larix leptolepis* forest, belonging to mull, was remarkably increased comparing with that of its litter. The pH value slightly increased in F layers of other forests, belonging to mor and mull, and no distinguished difference between the two groups of forest. However, its noticeable decrease in H layers, the characteristic layer of mor, was worthy of note.

The above-mentioned information on the changes in the decomposing process of litter was quite similar to that of the writer's previous reports<sup>5)6)</sup> and review<sup>7)</sup>.

The following information on the P form was noteworthy. The water soluble and 2.5 acetic acid soluble P concentrations of every litter were nearly the same, and the range of the latter was 19~39% of total P concentration. The Na concentration of every litter was remarkably low as above-mentioned, and its Al and Fe concentrations were presumed to be remarkably low, too. So a presumption that the greater part of inorganic P of litter should be K salt or monobasic Ca salt could be drawn from those facts. The considerable part of P in litter should be organic P on the assumption that 2.5% acetic acid insoluble P was organic P. The rates of 2.5% acetic acid insoluble P to total P increased in the order as litter→F layer→H layer in every forest, according to the advance of decomposing process. The rate of its increase was more distinguished in mull than in mor. Those facts suggested that the inorganic P changed into organic P, i. e. assimilation of inorganic P as organic components of microorganisms, according to the advances of decomposing process.

## 2-2. Chemical properties of mineral horizons of the selected soils

The chemical properties of the selected soils were expressed in Table 3.

The remarkably high pH values and rates of exchangeable Ca and Mg saturations of Mt. Futatabi P 1 and Asama soil were noticeable. The distribution of such base rich forest soils are limited in our forest land.

The rates of exchangeable Ca and Mg of Shionomisaki P 2, Niimi P 17 except its A<sub>1</sub> horizon and Yuzawa soil, belonging to B/b-soil, were extraordinarily low. The writer previously pointed out that the effect of the topographical factors on the chemical properties of soil, i. e. the

illuviation of bases in the lower part of the mountain slope or valley floor, was frequently vague on the soils belonging to the black soil group. He also subgrouped the black soil group into the exchangeable base rich and poor types<sup>8)9)</sup>. The selected black soils, except Asama soil, belonged to the latter type.

Sekimiya soil from serpentine and belonging to the dark red soil was characterized by its relatively high pH values and exchangeable base saturations, especially exchangeable Mg. The latter reflect the effect of its Mg rich parent material.

The dry types of the brown forest soil (BA- and BB-soils), the dry and wet podzols and the red soil (RB-soil) were strongly acidic, poor in exchangeable bases and wide in C/N ratios. They were the common characteristics of those soils.

### 3. Nitrogen form

#### 3-1. Analytical method

##### 3-1-1. Inorganic nitrogen

10 g of A<sub>0</sub> layer or 20 g of mineral soil were extracted with 200 ml of 10% KCl solution by shaking for 1 hour. NH<sub>3</sub>-N was determined by distillation with MgO and NO<sub>3</sub>-N by the same method after reduction of it into NH<sub>3</sub>-N with DEVARDA alloy on an aliquot of the extract.

##### 3-1-2. Fractionation of organic N

Organic N was fractionated by BREMNER method<sup>1)</sup> except the following points and the outline of the method was expressed in the flow sheet. The hydrolysis of organic N by 6 N HCl for 24 hours was adopted instead of for 12 hours after BREMNER<sup>1)</sup>. The amide-N and amino sugar-N were determined by MIKI method<sup>15)16)</sup> that adopted the hydrolysis with 6 N HCl for 3 hours in the boiling water bath and the correction factor of 1.26 for the partial decomposition of amino sugar-N.

#### 3-2. Nitrogen form of the representative forest soils (Results and discussion)

The N form of the selected soils were expressed in Table 4.

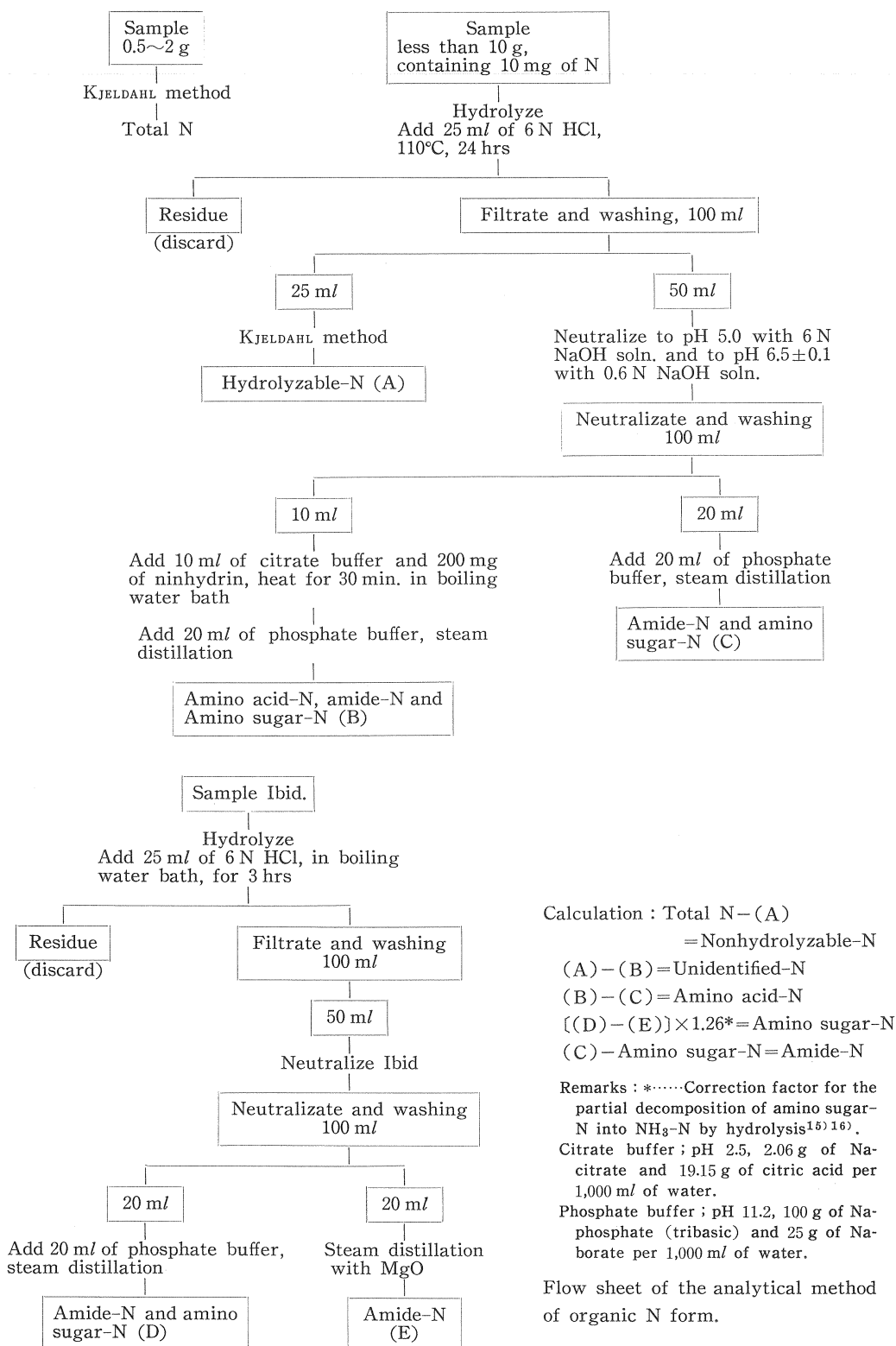
##### 3-2-1. Inorganic N

###### 3-2-1-1. A<sub>0</sub> layer

The ranges of NH<sub>3</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N concentrations of the selected freshly fallen litters (L layer) were 9~108 ppm and 3~17 ppm, respectively. They were quite different by tree species and those of *Chamaecyparis obtusa* were quite low.

Among the selected F layers where the decomposing process of litter was proceeding, those of evergreen broad-leaved forests, *Castanopsis cuspidata* and *Cinnamomum camphora* forests, were on high NH<sub>3</sub>-N levels, ranging 350~630 ppm, but were very low on NO<sub>3</sub>-N levels, being only 5.8~7.1 ppm. On the contrary, those of coniferous forests, *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* and *Larix leptolepis* forests, were on low NH<sub>3</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N levels, ranging 46~90 and 0.6~16.5 ppm, respectively.

In the writer's opinion, the remarkable difference of NH<sub>3</sub>-N in F layers between evergreen broad-leaved and coniferous forests should be explained as follows: The decomposing process of coniferous litters was used to check at its initial stage because of their rich alcohol-benzol or ether soluble matters, i. e. resins, waxes, essential oils, which inhibit the decomposition of plant residues. The increase of NH<sub>3</sub>-N concentration in the order as litter→F layer→H layer of *Chamaecyparis obtusa* forest may be due to the gradual decrease of those inhibiting matters. However, from another point of view, the difference of their sampling period as above-men-



tioned and consequently that of the seasonal activities of soil microorganisms might be affected. In any case it remains as a problem awaiting solution.

The levels of  $\text{NO}_3\text{-N}$  of F and H layers of every forest were low and no distinguished difference was recognized. In the writer's opinion,  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$  ratio could be the index for relative comparison of nitrifying activity because  $\text{NH}_3\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentrations were seasonally changed. The ranges of its ratio were 5.5~9.9 in F layers of *Cryptomeria japonica* and *Larix leptolepis* forests, belonging to mull. On the contrary, they were 100~109 and 40~95 in F and H layers of *Chamaecyparis obtusa* and *Castanopsis cuspidata* forests, belonging to mor. It is well known that nitrification is inactive in comparison with ammonification in the strongly acidic soils, belonging to mor, but it is active in weakly acidic or nearly neutral soils, belonging to mull. The above-mentioned ratios of the selected  $\text{A}_0$  layers well agreed with the general tendency. Those results suggested that the critical pH value for nitrification should be about 5.0. However, the F layer of *Cinnamomum camphora* forest, was high in this ratio, 49.2, and low in  $\text{NO}_3\text{-N}$  level, 7.1 ppm, though it belonged to mull, and its pH value was extraordinarily high, 6.5. It may be an exceptional case but it suggested that the decomposing process of organic matter layer and subsequently its pH value were not the only factors to have an effect on the nitrification.

The ratio of inorganic N, total of  $\text{NH}_3\text{-N}$  plus  $\text{NO}_3\text{-N}$ , to total N was very low in every  $\text{A}_0$  layer and its maximum was only about 3%.

#### 3-2-1-2. Mineral horizon

$\text{NH}_3\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentrations were decreased from surface downwards and  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration was less than  $\text{NH}_3\text{-N}$  in every profile. The range of  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentrations was 11~60 ppm and that of  $\text{NO}_3\text{-N}$  was 0.3~32 ppm in surface horizons. The following facts were very interesting, though detailed discussion may be difficult because of the divergent sampling periods of the selected forests: The  $\text{NH}_3\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$  ratios of surface horizon were high in the strongly acidic dry brown forest soils, dry and wet podzols and red soils, and their ranges were 7~18, 6.2~38 and 8.1~9.4, respectively. On the contrary, those of the moderately moist brown forest soils, black soils and dark red soils were low and their ranges were 2.2~4.1, 1.8~6.2 and 7.5, respectively. They were decreased in comparison with those of the above-mentioned F and H layers. The critical pH value for nitrification seemed to be about 5.0, too.

It was noticeable that  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration of every horizon of Shionomisaki P 2 soil was very low or trace. It was massive and very compact and its percolation of water and aeration were remarkably inferior. The nitrification was extremely inhibited under those worth physical condition of soil because that it is the oxidative reaction under aerobic condition.

The inorganic N concentration of every mineral horizon was low, and the maximum of its rate to total N was about 3% in surface horizon and about 4% in lower horizon. Furthermore, the ratio of every black soil was remarkably less than that of other soil groups and it was less than 1%. Those facts characterize the unique N form of the black soils in connection with their organic N form described hereunder.

#### 3-2-2. Organic N

The writer regarded the rate of every organic N fraction to the total N as important in the discussions described, because of the distinguished differences of the amount of every N fraction among soils and their horizons.

##### 3-2-2-1. $\text{A}_0$ layer

Generally speaking, the organic N forms of  $\text{A}_0$  layer of the selected soils were charac-

terized by the decrease of amino acid-N and the increase of amide-N and amino sugar-N according to the advance of decomposing process.

The ranges of hydrolyzable-N of every litter, F and H layers of the selected soils were 83~91% and they were hardly affected by the differences of tree species and decomposing process. The organic N form of every litter was similar and it was as follows: amino acid-N was most abundant and its ranges were 44~49%, more than half of hydrolyzable-N. On the contrary, amino sugar-N was very poor and it ranged to only 0.6~2.4%. The amide-N was low and 7~12%, and unidentified-N was relatively high and 28~31%.

Summarizing those facts, generally speaking, the organic N form of every litter seemed to be common.

The amino acid-N decreased according to advance of decomposing process of litter. Its ranges were 36~43% in F layers and 35~38% in H layers. On the contrary, amide-N and amino sugar-N increased and they reached to 10~19% and 3.3~7.2% in F layers and 13~17% and 5.3~10.0% in H layers, respectively.

The organic N of litter is protein N and it is decomposed by microbes and microfaunas of soil. A part of the decomposed nitrogenous materials are resynthesized as their cell substances, i. e. protein N. The changes of organic N form in every A<sub>0</sub> layer were expressed as the summarized results of those complex biochemical reactions. Generally speaking, amino acids are the most easily decomposable component of the organic N (protein N)<sup>14)</sup> and amides, including NH<sub>3</sub>, are the decomposed product of the proteinous materials. So the decrease of amino acid-N and the increase of amide-N would be the natural consequence according to advance of litter decomposition. It is also natural that the multiplication of soil microbes and microfaunas (soil insects) in the decomposing process of litter induces the increase of chitin in their cell membranes and crusts. The amino sugar-N, the main component of chitin, accumulates in F and H layers as their residues.

The above-mentioned changes of organic N form led the writer to form the opinion that the difference of both decomposing process of litter, mor and mull, would not be an essential one in quality but merely the rapidity of decomposing process. It is very interesting that his current opinion well agrees with his previous one, drawn from the changes of organic matter compositions in litter decomposing process of mor and mull.

### 3-2-2. Mineral horizon

The organic N form of mineral horizon of every soil group is discussed separately.

#### 1) The brown forest soil

The ranges of hydrolyzable-N were 87~88% in B<sub>d</sub>-soils, 83~87% in B<sub>A</sub>-soils and 82% in B<sub>B</sub>-soils on their surface horizons. Those of B<sub>d</sub>-soils were slightly more abundant than those B<sub>A</sub>- and B<sub>B</sub>-soils, but the difference between both groups, i. e. the moderately moist and dry types of soil, was not distinguished. On the contrary, the distinct difference between both groups was recognized on their lower horizons. Those of B<sub>d</sub>-soils were similar to those of their surface horizons and they reached to 81~88% and those of B<sub>A</sub>- and B<sub>B</sub>-soils decreased to 72~79%.

The amino acid-N decreased from surface downward in every profile. It reached to 35~37% in B<sub>d</sub>-soils and 33~34% in B<sub>A</sub>- and B<sub>B</sub>-soils in their surface horizons. Similar to the hydrolyzable-N, their ranges were slightly increased in B<sub>d</sub>-soils but the differences were not so distinguished.

The amide-N of the surface horizons was 17~18% in B<sub>d</sub>-soils, 14~16% in B<sub>A</sub>-soils and 20

~24% in BA-soils. It increased from surface downwards in B<sub>D</sub>-soils but decreased in BA-soils and no certain trend was recognized in B<sub>B</sub>-soils.

The amino sugar-N reached to 10~11% in every surface horizon except that of BA-soils and they decreased from surface downwards. It was lower and only 4~7% in the surface horizon of BA-soils.

The unidentified-N was 22~26% in the surface horizon of every soil and no certain trend was observed on its changes from surface downwards.

The above-mentioned facts led the writer to form the following opinion: The above-mentioned differences between BA- and B<sub>B</sub>-soils, belonging to the dry type of soil, i. e. more amide-N and less amino sugar-N in the surface horizons of BA-soils than those of B<sub>B</sub>-soils, may be the effect of abundant residues of mycelial substances in Am-horizons of BA-soils.

The fact that no distinguished difference was seen between the organic N forms of the surface horizons of B<sub>D</sub>- and B<sub>B</sub>-soils was very interesting, though their remarkable difference of C/N ratios suggested a noticeable difference of the proceeding of organic matter decomposition. They were similar to those of A<sub>0</sub> layers as above-mentioned and they indicated that the differences of organic matter decomposing process of both types of soil, mor and mull, would not be the qualitative one but the rapidity of decomposing process.

The differences of amide-N from surface downwards between both types of soil were affected by those of the movement of water through the horizons. The soil water well percolates from surface downwards and the easily soluble decomposed materials, amide-N, well percolated and accumulated into the lower horizons in B<sub>D</sub>-soils, but the percolation of soil water was checked in BA- and B<sub>B</sub>-soils.

## 2) The black soil

The hydrolyzable-N was remarkably less in the A horizons of the black soils, their characteristic horizons, than those of the other soil groups except the red soils. It characterized the unique organic N form of the black soils. Its ranges were only 73~79% in A<sub>1</sub> horizons and 53~74% in A<sub>2</sub> and downward horizons.

Their differences of hydrolyzable-N between A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub> and downward horizons could be explained as follows: The similar soil forming process to the brown forest soils is proceeding in the surface horizons of the black soils under the effects of the current climatic conditions and vegetation. The newly produced organic materials with similar organic N composition to those of the brown forest soils were continuously added. As the natural consequence, the organic N forms of the surface horizons of the black soils were changing up to those of the brown forest soils.

The unique humus form of the black soils, i. e. their remarkably abundant humic acid and noticeably high C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> ratios, very advanced humifying process of humic acid in its optical property and the advances of those characteristics in their lower horizons, were pointed out by the writer<sup>9)</sup>. It is noteworthy that the black soils have the similar singularity on both organic N and humus forms.

Those facts suggested that the forming process of the black soil was quite different from that of the brown forest soil and other soil groups, though the clarification of its forming process still remained vague and is left as a problem awaiting solution.

The hydrolyzable-N in B horizons expressed no certain trend because it was as low as that of A horizon in Niimi P 17 soil, 69%, and as high as that of B<sub>D</sub>-soils in Yuzawa soil, 87~88%.



The ranges of every N fraction in A<sub>1</sub> horizons were as follows : Amino acid-N was 28~32%, amide-N was 16~21%, amino sugar-N was 8~12% and unidentified-N was 20~26%. They expressed no certain difference in comparison with those of the corresponding horizons of the brown forest soils except those of the remarkably decreased amino acid-N.

The changes of organic N form from surface downwards were as follows : The amino acid-N decreased except the lower horizons of Yuzawa soil. The extraordinary decrease in A<sub>2</sub> horizon and downwards in Shionomisaki P 2 soil was set off from that of the other black soils. Amide-N increased in the lower horizons in every black soil except the decrease in A<sub>2</sub> horizons of Niimi P 17 and Shionomisaki P 2 soils. Amino sugar-N decreased in the lower horizons and unidentified-N expressed no certain trend in every black soil.

Those changes of organic N form were quite similar to those of the above-mentioned B<sub>b</sub>-soils.

### 3) Podzol

The ranges of hydrolyzable-N of every horizon was high and they reached to 82~86%. The ranges of every N fraction of the surface horizon (A<sub>2</sub>) were as follows : Amino acid-N was 30~33%, amide-N was 15~20%, amino sugar-N was 10% and unidentified-N was 26~30%. Comparing those ranges with those of the surface horizons of the brown forest soils, slight decrease of amino acid-N and a little increase of unidentified-N were recognized, but generally speaking the differences between both soil groups were not very distinguished.

The changes of organic N form from surface downwards were as follows : Amino acid-N and amino sugar-N were successively decreased, amide-N was increased in order and unidentified-N expressed no certain trend.

The above-mentioned facts verify that the organic N form of the podzols were similar on the whole to those of B<sub>b</sub>-soil.

### 4) The red soil

The ranges of every N fraction of the surface horizon (A-B) were as follows : Hydrolyzable-N was 72~79%, amino acid-N was only 22~25%, amide-N was 13~16%, amino sugar-N was 6~16% and unidentified-N was 25~31%.

Hydrolyzable-N and amino acid-N were remarkably decreased and unidentified-N was relatively high in comparison with those of the above-mentioned brown forest soils and podzols. Those facts characterized the organic N form of the red soils. However, amide-N and amino sugar-N expressed no certain difference among the red soils, brown forest soils and podzols.

The red soils in this country are the relic soils formed in the middle epoch of older diluvium under the warm climatic conditions. The humus forms of the red soils were on the whole similar to those of the B<sub>b</sub>-soils, though slight differences, such as the rates of extraction of total humic acid and C<sub>h</sub>/C<sub>f</sub> ratios, were recognized<sup>9)</sup>.

The imperfect agreements of the organic N form between the red soils and B<sub>b</sub>-soils similar to those of humus form suggested that the greater part but not all of the organic matter of the red soils was from the effects of current vegetations under current climatic conditions. However, the solution of those problems still remain for the future.

### 5) The dark red soil

The discussion on the organic N form of the dark red soil may be insufficient because of the lack of analysed data.

The ranges of every organic N fraction of its surface horizon were as follows : Hydrolyzable-N was 88%, amino acid-N was 34%, amide-N was 16%, amino sugar-N was 11% and unidentified-N was 27%.

Those organic N composition and its changes from surface downwards were similar to those of the corresponding type of the brown forest soils, Bp-soil.

The forming process of the dark red soils still remained vague, though their free sesquioxide forms are quite similar to those of the red soils<sup>12)</sup>.

The greater part of the dark red soils belong to the moderately moist type of soil and they are on the whole rich in humus. If it is presumed that the most part of their organic matter is from the effects of current vegetations, they well agree in their organic N form with that of the corresponding type of the brown forest soils, Bp-soil, and are a natural consequence. However, those facts remain as a problem awaiting solution.

#### 4. Conclusion

The above-mentioned results on the N forms of the representative forest soils in Section 3-2 gave the information on the organic N forms in the litter decomposing process, and the characterization of every soil group and type of soil, especially the singularity of the black soils, etc. Though it could be said that one of the main objects of this study was achieved, it hardly threw light on the relations between the organic N forms and fertility of forest soils.

In the writer's opinion, it will be explained as described under those problems. It is experientially well known that mor and mull in the decomposing process of litter agreed with the fertility of forest soils. Furthermore, selecting the brown forest soils and podzols among the soil groups for their genesis by the effects of the current vegetations, the dry type of the brown forest soil and podzols belong to mor and the moderately moist type of the brown forest soil to mull. The remarkable differences of the fertility between the two groups of soil are on the whole well known, too. It was very interesting as above-mentioned that the differences of the organic N form between mor and mull type soils were not distinguished, and they would not be an essential one in quality but merely in the rapidity of the decomposing process. Those conclusions were also very important for pushing forward the study in future.

The most part of soil N is organic form (protein N). It is decomposed into the low molecular nitrogenous compounds, such as amino acids and amides, etc., by soil microorganisms, and they proceed a step for mineralization into  $\text{NH}_3\text{-N}$  and in some cases into  $\text{NO}_3\text{-N}$ , available N for plants.

The reaction of organic N decomposition from protein N into mineralized N compounds is not irreversible, and it also includes the reversible reaction, i. e. the resynthesis of decomposed nitrogenous compounds into protein in the cell substances of microorganisms.

From the view point of microflora, generally speaking, the fungi are dominant in mor type soils and the bacteria and actinomyces are dominant in mull type soils. In spite of the complete differences of microflora between mor and mull type soils, distinguished differences of the mode of decomposing process of protein and assimilating process of decomposed nitrogenous compounds by soil microorganisms between both groups of forest soil are hardly recognized. Of course, more or less differences of those processes among the species of microorganisms and those of activities of every species according to the effects of the environmental factors are recognized in detail.

Accepting those considerations, the writer's opinion that the differences of organic N form between mor and mull type soils, though they were hardly distinguished, were induced by those of the rapidity of their decomposing process would be easily realizable.

The clarification of N forms of the representative forest soils are necessary for the first step for throwing light on their fertility in relation to the N availability. The mineralization of organic N in relation to the changes of every organic N fraction and the effects of the environmental factors would be very important for promoting the elucidation of those problems into the next step. On the other hand, the quantitative estimation of the changes of N form would be also necessary for the further development of this study in future.

