

## 徳山試験地における壮齢ヒノキ人工林の土壌

上田晋之助・安藤 信

### はじめに

京都大学演習林徳山試験地の第1林班, 9.67haのほぼ全域に壮齢ヒノキ人工林がある。このヒノキ林は試験地が現在地に移転した1966年以前に植栽されたもので, 植栽当時の状況はほとんどわかっていない。京都大学が森林経営を開始してからは順次間伐され, これらの間伐木の調査から1993年現在の樹齢は64年と推定される。当林分ではこれまでに間伐試験や二段林の造成試験が行われ, 筆者らも物質循環に関する試験区を設定し, 調査結果を発表してきた<sup>1,2,3,4)</sup>。本報告はこれらの試験研究と平行して, またその基礎資料を得るために行った土壌調査の結果について述べる。

調査を実施するにあたり堤 利夫名誉教授にはいろいろとご指導いただいた。また試料の分析にあたっては薬師寺清雄技官に大変お世話になり, 徳山試験地をはじめ演習林の教職員の方々に協力していただいた。ここに記して感謝の意を表す。

### 調査地の概況と調査の方法

徳山試験地(徳山市鉢窪)は山口県徳山市の北東の郊外にあって, 海拔高102~351m, 約42haからなる。年平均気温14.9℃, 年降水量は1,915mmで, 照葉樹林帯に属する<sup>5)</sup>。試験地の土壌の母材は古生層の緑色ないし黒色片岩からなり, 第1林班のヒノキ林分は西南西向き斜面で, 海拔高は200~346m, 傾斜は20~40°である。

土壌調査は計3回, 8カ所で実施した。すなわち第1回目は1973年2月に間伐を予定した斜面中腹の2カ所で行い, 第2回目は1975年11月にヒノキ林の物質循環に関する試験区の斜面上部と下部のそれぞれ2カ所, 第3回目は1982年10月にこの試験区の南側の斜面上部, 斜面下部のそれぞれ1カ所で行った。調査地は斜面上部北側より順次A~Hの符号をつけ(図-1), その概況を表-1に示した。

土壌調査の方法は基本的には試杭地点の土壌層を母岩に達するまで掘り, 土壌断面を観察した後, 400cc容の採土円筒を用いて理化学的性質の分析用の試料を採取した。土壌採取の方法は3回の調査で多少異なり, 第1回目の調査(調査地D, E)ではA<sub>1</sub>層, A<sub>2</sub>層, B層, C層の各層位のほぼ中間で実施し, 第2回目(調査地A, B, F, G)には表層から深さ0~5cm, 5~25cm, 25~45cm, 45~100cmの範囲のほぼ中央で, 第3回目(調査地C, H)には表層から深さ

表-1 調査地の概況

調査地名	地形	海拔高 m	傾斜 °
A	斜面上部	327	35
B	斜面上部	331	37
C	斜面上部	333	40
D	斜面中部	302	26
E	斜面中部	301	25
F	斜面下部	264	24
G	斜面下部	260	20
H	斜面下部	250	34

0~5cm, 20~25cm, 40~45cm, 60~65cmの位置で、それぞれ4点ずつ採取した。しかし調査地Cの第4層は母岩層に近いので採土円筒による試料の採取はできなかった。試料は採取後ただちに理学的性質(容積重, 全孔隙量, 最大含水量, 最小容気量, 採取時含水量)を測定した後、風乾し、直径2mmの円孔篩を通った細土を化学的性質の分析用試料とした。なお、理学的性質の測定は「国有林野土壌調査方法書」<sup>6)</sup>にしたがって行った。化学的性質の分析方法は土壌の酸性度(pH)(水懸濁, 1規定塩化カリウム懸濁)をガラス電極法、置換酸度( $Y_1$ )をカップペン法、全炭素(C)と全窒素(N)については第

1回目の調査試料はそれぞれチューリンの簡易滴定法とケルダール変法を用いたが、その後はC/Nコーダーで測定した。1/5規定塩酸可溶のリン酸( $P_2O_5$ )の測定は比色法、カリウム( $K_2O$ )は炎光光度計、1規定酢酸アンモニウム(pH7.0)置換によるカルシウム( $CaO$ )、マグネシウム( $MgO$ )は原子吸光光度計を用いた(以下、本文中ではそれぞれ全炭素、全窒素、可給態リン酸、可給態カリウム、置換性カルシウム、置換性マグネシウムと呼ぶことにする)。第2回目と第3回目の調査の時に斜面上部と下部の調査地の横でA<sub>0</sub>層を採取し、養分含有率を分析した。試料は風乾後粉碎して、硝酸と過塩素酸の混酸で湿式灰化し、土壌と同様の方法で全炭素、全窒素、全リン酸、全カリウム、全カルシウム、全マグネシウムの定量を行った。これらの測定法については「農芸化学実験書(京都大学農学部農芸化学教室編)」<sup>7)</sup>を参考にした。



図-1 調査地位置図

## 結果と考察

### 1) 土壌断面の特徴

土壌断面の観測結果を表-2に示した。

A<sub>0</sub>層の厚さは1.0~1.5cmで、きわめて薄かった。A層はとくに表層で壤土(L)となるところもみられたが、全般に埴質壤土(CL)で、その深さは10~30cmであり厚くなく、中腹より下部にかけては厚くなった。またこの層は黒色味の強い褐色の土色を示したところが多く、団

表-2 土壌断面の観察結果

地形 および 調査地名	土壌型	土壌層の厚さ(深さ)					土 壌 の 色						層界の推移	
		A層 cm	A層 cm	B層 cm	C層 cm	計 cm	A層		B層		C層		A-B 層	B-C 層
斜面上部 A	B <sub>0</sub> (d)	1	15(0-15)	17(15-32)	28以上 (32-60以上)	60以上	黒褐色	5YR,2/2	黒褐色	7.5YR,3/2	暗褐色	10YR,3/3	渐变	渐变
B	B <sub>0</sub> (d)	1	15(0-15)	17(15-32)	58以上 (32-90以上)	90以上	黒褐色	7.5YR,2/2	黒褐色	10YR,2/3	暗褐色	10YR,3/4	渐变	渐变
C	B <sub>0</sub> (d)	-	(A <sub>1</sub> ) 15(0-15) (A <sub>2</sub> ) 15(15-30)	30(30-60)	30 (60-90)	90	(A <sub>1</sub> ) 極暗褐色 (A <sub>2</sub> ) 暗褐色	7.5YR,2/3 7.5YR,3/3	褐色	7.5YR,4/6	明褐色	7.5YR,5/8	明変 A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> 渐变	渐变
斜面上部 D	B <sub>0</sub>	1	(A <sub>1</sub> ) 11(0-11) (A <sub>2</sub> ) 19(11-30)	15(30-45)	85 (45-130)	130	(A <sub>1</sub> ) 黒褐色 (A <sub>2</sub> ) 暗褐色	5YR,2/2 7.5YR,3/3	にぶい褐色	7.5YR,5/4	黄褐色	10YR,5/8	渐变 A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> 渐变	明変
E	B <sub>0</sub>	1	(A <sub>1</sub> ) 10(0-10) (A <sub>2</sub> ) 17(10-27)	25(27-52)	78 (52-130)	130	(A <sub>1</sub> ) 黒褐色 (A <sub>2</sub> ) にぶい褐色	5YR,2/2 7.5YR,5/4	にぶい褐色	7.5YR,5/3	黄褐色	10YR,5/8	渐变 A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> 渐变	明変
斜面下部 F	B <sub>0</sub>	1	27(0-27)	28(27-55)	45以上 (55-100以上)	100以上	暗赤褐色	5YR,3/2	褐色	7.5YR,4/4	褐色	7.5YR,4/6	明変	渐变
G	B <sub>0</sub>	1.5	11(0-11)	26(11-37)	63以上 (37-100以上)	100以上	極暗赤褐色	5YR,2/3	暗褐色	7.5YR,3/3	黄褐色	10YR,5/6	渐变	明変
H	B <sub>0</sub> (d)	--	(A <sub>1</sub> ) 18(0-18) (A <sub>2</sub> ) 14(18-32)	23(32-55)	35 (55-90)	90	(A <sub>1</sub> ) 黒褐色 (A <sub>2</sub> ) 極暗褐色	7.5YR,2/2 7.5YR,2/3	暗赤褐色	5YR,3/6	赤褐色	5YR,4/6	判然 A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> 渐变	渐变

土壌の構造			土壌の堅密度			水湿状態			通気透水性			礫の量			細根の量			土性		
A層	B層	C層	A層	B層	C層	A層	B層	C層	A層	B層	C層	A層	B層	C層	A層	B層	C層	A層	B層	C層
団粒状	塊状	カベ状	鬆	堅	堅	潤	乾	乾	中庸	中庸	中庸	頗る富	頗る富	頗る富	頗る富	含	あり	CL	CL	CL
団粒状	塊状	カベ状	鬆	堅	堅	潤	乾	乾	中庸	中庸	中庸	頗る富	頗る富	頗る富	頗る富	含	あり	CL	CL	C
(A <sub>1</sub> ) 団粒状 (A <sub>2</sub> ) 粒状	堅果状	塊状	(A <sub>1</sub> ) 軟 (A <sub>2</sub> ) 軟	堅	堅	(A <sub>1</sub> ) 潤 (A <sub>2</sub> ) 潤	乾	乾	(A <sub>1</sub> ) 中庸 (A <sub>2</sub> ) 中庸	中庸	中庸	(A <sub>1</sub> ) あり (A <sub>2</sub> ) あり	含	含	(A <sub>1</sub> ) 頗る富 (A <sub>2</sub> ) 頗る富	含	含	(A <sub>1</sub> ) L (A <sub>2</sub> ) L	CL	CL
(A <sub>1</sub> ) 粒状 (A <sub>2</sub> ) 塊状	塊状	塊状	(A <sub>1</sub> ) 軟 (A <sub>2</sub> ) 堅	堅	堅	潤	--	乾	(A <sub>1</sub> ) 良好 (A <sub>2</sub> ) 中庸	不良	不良	(A <sub>1</sub> ) 頗る富 (A <sub>2</sub> ) 頗る富	--	--	(A <sub>1</sub> ) 頗る富 (A <sub>2</sub> ) 頗る富	含	あり	(A <sub>1</sub> ) L (A <sub>2</sub> ) CL	CL	CL
(A <sub>1</sub> ) 粒状 (A <sub>2</sub> ) 塊状	塊状	塊状	(A <sub>1</sub> ) 軟 (A <sub>2</sub> ) 軟	堅	堅	(A <sub>1</sub> ) 潤 (A <sub>2</sub> ) --	--	乾	(A <sub>1</sub> ) 良好 (A <sub>2</sub> ) 中庸	不良	不良	(A <sub>1</sub> ) 頗る富 (A <sub>2</sub> ) --	--	--	(A <sub>1</sub> ) 頗る富 (A <sub>2</sub> ) 含	含	あり	(A <sub>1</sub> ) L (A <sub>2</sub> ) CL	CL	CL
団粒状	塊状	カベ状	鬆	堅	堅	潤	乾	乾	良好	中庸	不良	頗る富	頗る富	頗る富	富	含	あり	CL	C	CL
団粒状	塊状	カベ状	鬆	堅	堅	潤	乾	乾	良好	中庸	中庸	頗る富	頗る富	頗る富	富	富	あり	CL	CL	CL
(A <sub>1</sub> ) 団粒状 (A <sub>2</sub> ) 粒状	堅果状	塊状	(A <sub>1</sub> ) 軟 (A <sub>2</sub> ) 軟	堅	堅	(A <sub>1</sub> ) 潤 (A <sub>2</sub> ) 乾	乾	乾	(A <sub>1</sub> ) 中庸 (A <sub>2</sub> ) 中庸	中庸	中庸	(A <sub>1</sub> ) 含 (A <sub>2</sub> ) 富	富	頗る富	(A <sub>1</sub> ) 頗る富 (A <sub>2</sub> ) 頗る富	富	あり	(A <sub>1</sub> ) L (A <sub>2</sub> ) L	CL	CL

粒状構造が発達し、堅密度は鬆（しょう）または軟であった。通気透水性は斜面中腹から下部にかけて良好で、B層への推移は漸変するところが多かった。B層は各調査地ともに比較的厚く、粘土含量の多い埴質壤土から一部埴土（C）となり堅密度は堅、塊状あるいは堅果状構造を示し、通気透水性は中庸から不良であった。C層の厚さは全般に厚く、B層同様に埴質壤土と埴土からなり、堅く締まってカベ状構造を示し、通気透水性が不良のところが多くなった。また各調査地、土壌各層で大礫、中礫が多かった。

以上の結果から、斜面上部ではやや乾燥する傾向がみられ、土壌型は調査地A～Cで適潤性褐色森林土（偏乾亜型）（B<sub>D(a)</sub>型土壌）、中腹から下部の調査地D～Hで適潤性褐色森林土（B<sub>D</sub>型土壌）と判定した。

このように第1林班のヒノキ林分は斜面長が短く、土壌は同じ緑色片岩を母材としているため、各調査地点の土壌断面にあらわれた特徴は全般的にほぼ似た傾向を示し、その性質はA層は比較的良好であったが、B層、C層はやや不良と思われた。また、A<sub>0</sub>層はきわめて薄く、このことから有機物の分解が良好なことが推察される。しかし一方ではA<sub>0</sub>層の構成物が一部含まれるイヌビワ、ソヨゴ等の下層植生の落葉落枝以外はそのほとんどがヒノキの落葉で、ヒノキの鱗片葉は雨水によって容易に流出される性質をもっている<sup>8,9)</sup>ために、むしろ堆積量が少なかったものと考えられた。

## 2) 土壌の理学的性質

土壌の理学的性質の測定結果を表-3-1、表-3-2に示した。

容積重は各調査地で41～120程度の値を示し、各調査地ともに表層から下層へいくほど大きな値を示した。斜面上部の調査地A、斜面下部の調査地F、HのA層では60以下となったが、B層、C層では100を超えるところもみられ、全体にかなり重い土壌であった。孔隙量は細土に対する表示では50～85%、全容積に対する表示では52～77%程度の値を示し、容積重とは反対に下層になる程順次低下した。最大容水量は細土に対する表示では34～199%、全容積に対する表示では38～65%程度の値を示し、表層でやや高く、下層で低くなる傾向が認められた。最小容気量は4～18%程度の値を示し、全体的にやや低く、表層と下層の差は認められなかった。

このように当林分の土壌の理学的性質は表層では比較的良好であったが、下層では容積重が大きく、孔隙量が少なく、最大容水量も低くなり、かなり不良であった<sup>10),11),12)</sup>。またこのような諸性質は斜面上部、中腹、下部の差がみられず、地形の相違にかかわらず第1林班のヒノキ林分全域にあてはまるものと考えられた。

## 3) 土壌の化学的性質とA<sub>0</sub>層の養分要素の含有率

土壌の化学的性質の分析結果を表-4に示した。

土壌の酸性度（pH）は水懸濁で4.2～4.9、1規定塩化カリウム懸濁で3.4～4.0、置換酸度（Y<sub>i</sub>）は2～25程度の値を示し、やや酸性が強かった。この傾向は表層より下層にいたるまで同様で、また斜面上部、中腹、下部の差異もみられなかった。

全炭素の含有率は表層で3.3～9.0%程度を示し、全ての調査地点ともに下層になるにしたがって急減し、最下層では0.6～1.2%程度となった。表層では腐植の含量が富み、中層から下層にかけて含有率が低下するが、土壌層が厚いため、土壌層中に浸透している腐植の絶対量はかなり豊富であることが伺えた。全窒素の含有率は表層で0.22～0.46%、最下層で0.05～0.08%の値を示した。C/N比は炭素に比べて窒素の含有率が相対的に低いため11～19程度を示し、下層に比べ表層の値がやや高く、全般に高い傾向を示したが、このことは土壌中での有機物の分解がそれほ

表-3-1 土壤の理学的性質（細土重量に対する表示）

地 形 および 調査地名	層 位	表層から の深さ cm	容 積 重 (Vw) g/100cc	全孔隙量 (P) %	最大含水量 (W <sub>max.1</sub> ) %	採取時含水量 (W <sub>t1</sub> ) %	
斜面上部	A 層	0~ 5	55.6	77.7	115.9	74.5	
	B 層	5~ 25	65.5	74.4	98.2	64.2	
	A	C 層	25~ 45	73.2	72.5	82.0	45.1
	C 層	45~100	85.5	68.1	65.4	40.1	
B	A 層	0~ 5	81.1	68.7	79.6	57.0	
	B 層	5~ 25	78.3	70.0	79.3	50.6	
	C 層	25~ 45	85.2	68.1	69.4	46.7	
	C 層	45~100	90.6	66.3	62.0	38.9	
C	A <sub>1</sub> 層	0~ 5	62.1	75.2	102.7	72.9	
	A <sub>2</sub> 層	20~ 25	90.7	65.6	63.6	39.3	
	B 層	40~ 45	120.2	54.8	41.9	34.9	
	C 層	※60~ 65	—	—	—	—	
斜面中腹	A <sub>1</sub> 層	0~ 11	60.8	77.3	124.0	62.3	
	A <sub>2</sub> 層	11~ 30	70.2	70.4	80.6	56.2	
	D	B 層	30~ 45	106.3	50.9	46.2	50.1
	C 層	45~130	112.6	50.2	33.8	41.2	
E	A <sub>1</sub> 層	0~ 10	72.1	70.3	87.7	66.6	
	A <sub>2</sub> 層	10~ 27	77.4	69.4	78.8	58.0	
	B 層	27~ 52	86.4	71.4	62.1	54.1	
	C 層	52~130	108.6	60.1	55.8	52.1	
斜面下部	A 層	0~ 5	58.4	76.9	108.9	63.0	
	A 層	5~ 25	69.8	73.7	84.9	56.8	
	F	B 層	25~ 45	109.2	59.6	48.7	40.5
	C 層	45~100	111.9	58.7	35.8	35.8	
G	A 層	0~ 5	76.4	69.7	85.2	67.3	
	B 層	5~ 25	74.6	71.8	80.2	58.1	
	B 層	25~ 45	84.4	68.6	65.4	44.9	
	C 層	45~100	97.0	64.2	54.8	37.6	
H	A <sub>1</sub> 層	0~ 5	43.4	82.6	161.0	77.8	
	A <sub>2</sub> 層	20~ 25	40.9	84.5	149.4	143.0	
	B 層	40~ 45	63.8	76.0	90.9	62.9	
	C 層	60~ 65	98.3	78.4	198.6	79.8	

※ 母岩層に近い場合試料は採取できなかった。

表-3-2 土壌の理学的性質（全容積に対する表示）

地 形 および 調査地名	層 位	表層から の深さ cm	全孔隙量 (P') %	最大容水量 (Wmax. 2) %	最小容気量 (Amin.) %	採取時含水量 (Wt 2) %
斜面上部 A	A層	0~ 5	74.5	61.8	12.7	39.7
	B層	5~ 25	70.4	60.8	9.6	39.8
	C層	25~ 45	67.8	56.1	11.7	30.9
	C層	45~100	62.2	51.0	11.2	31.3
B	A層	0~ 5	63.9	60.0	3.9	43.0
	B層	5~ 25	65.3	58.0	7.3	37.0
	C層	25~ 45	63.6	55.2	8.4	37.2
	C層	45~100	62.2	52.7	9.5	33.0
C	A <sub>1</sub> 層	0~ 5	73.0	62.0	11.1	44.0
	A <sub>2</sub> 層	20~ 25	62.5	55.0	7.5	34.0
	B層	40~ 45	51.9	47.7	4.2	39.7
	C層	※60~ 65	—	—	—	—
斜面中腹 D	A <sub>1</sub> 層	0~ 11	69.1	58.8	10.3	45.0
	A <sub>2</sub> 層	11~ 30	59.5	48.7	10.8	34.0
	B層	30~ 45	61.2	48.2	13.0	35.4
	C層	45~130	55.7	45.2	10.5	29.7
E	A <sub>1</sub> 層	0~ 10	71.7	58.5	13.2	39.3
	A <sub>2</sub> 層	10~ 27	62.2	52.2	11.0	38.7
	B層	27~ 52	57.4	46.6	10.8	31.4
	C層	52~130	54.6	46.1	8.5	32.4
斜面下部 F	A層	0~ 5	72.1	59.6	12.5	34.5
	A層	5~ 25	66.3	53.3	13.0	35.7
	B層	25~ 45	56.5	50.4	6.1	41.9
	C層	45~100	56.0	38.2	17.8	38.2
G	A層	0~ 5	66.5	62.1	4.4	49.1
	B層	5~ 25	62.9	52.4	10.5	37.9
	B層	25~ 45	58.4	47.0	11.4	32.3
	C層	45~100	54.8	45.4	9.4	31.2
H	A <sub>1</sub> 層	0~ 5	76.6	64.8	11.9	31.3
	A <sub>2</sub> 層	20~ 25	64.1	46.4	17.7	44.4
	B層	40~ 45	67.0	51.2	15.9	35.4
	C層	60~ 65	54.2	40.1	11.8	16.1

※ 母岩層に近い場合試料は採取できなかった。



ど進んでいないことを示していた。また炭素、窒素の含有率、C/N比ともに地形の違いによる相違は明らかとはいえないが、表層と下層のC/N比の差は斜面中腹や下部に比べて上部で小さく、斜面上部では表層に比べ下層の有機物の分解が遅れる傾向がみられた。

可給態リン酸の含有率は表層で0.0004~0.0017%, 最下層で0.0001~0.0012%を示し、カリウムは表層で0.016~0.025%, 最下層で0.011~0.025%を示した。また置換性カルシウムは表層で0.014~0.127%, 最下層で0.011~0.029, マグネシウムは表層で0.005~0.012%, 最下層で0.002~0.003%を示した。これらの養分要素の含有率は地形の違いによる相違は明らかとはいえないが、いずれも表層より下層になるにしたがって減少し、カリウムはこの減少の度合いが他の養分要素に比べれば小さかった。

以上、全炭素、全窒素、可給態リン酸、可給態カリウム、置換性カルシウム、置換性マグネシウムの含有率は日本の森林土壌としてはやや高い数値を示すように思われた<sup>10,11)</sup>。

つぎにA<sub>0</sub>層の養分要素の含有率を表-5に示した。

表-5 A<sub>0</sub>層の養分要素の含有率 (絶乾物あたり)

地形	調査地名	全炭素 (C) %	全窒素 (N) %	C/N比 (C/N)	全リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) %	全カリウム (K <sub>2</sub> O) %	全カルシウム (CaO) %	全マグネシウム (MgO) %
斜面上部	A, B	48.4	0.71	68.2	0.50	0.33	0.66	0.26
	C	49.2	0.66	74.6	0.50	0.29	0.60	0.20
斜面下部	F, G	48.2	0.87	55.4	0.51	0.41	0.72	0.31
	H	47.7	0.89	53.6	0.50	0.39	0.70	0.28

全炭素は48~49%, 全窒素は0.66~0.89%, C/N比は54~75%となり、斜面上部と下部では炭素含有率に差はみられなかったが、斜面上部で窒素の値がやや低く、C/N比が高い値を示した。全リン酸は0.50~0.51%, 全カリウムは0.29~0.41%, 全カルシウムは0.60~0.72%, 全マグネシウムは0.20~0.31%の含有率を示し、全リン酸は斜面上部と下部で差がみられなかったが、それ以外の養分要素は斜面上部でやや低い値を示した。

## おわりに

京都大学徳山試験地の第1林班のヒノキ林分の土壌について記述した。これらから当林分の土壌層がきわめて厚いこと、表層の理学的性質は良好であるが、厚いB、C層はやや不良であること、酸性がやや強く、養分含有率がかなり良好であること等が明らかになった。またA<sub>0</sub>層の厚さがきわめて薄く雨水による養分の流亡も考えられることから、今後は間伐等の保育作業によって下層植生が発達する光環境に導く必要があるように思われた。

## 引用文献

- 1) 上田晋之助・堤 利夫 (1977) ヒノキ人工林とタブ天然生林のリターフォールについて. 京大演報. 49. 30~40



- 2) 上田晋之助・堤 利夫 (1979) ヒノキ人工林のリターフォールによる養分の還元について - 施肥と地位との影響 - . 京大演報. 51. 84~95
- 3) 上田晋之助・堤 利夫 (1986) 壮齡のヒノキ人工林のリターフォール量におよぼす地位と施肥の影響について. 京大演報. 58. 51~63
- 4) 上田晋之助・堤 利夫 (1986) 壮齡のヒノキ人工林のリターフォール量について - 地位と施肥による影響 - . 日林論. 97. 217~219
- 5) 京都大学農学部附属演習林 (1992). 演習林概要. 16~17
- 6) 林野庁・林業試験場土壌部 (1955) 国有林野土壌調査方法書. 林野弘済会. 1~30
- 7) 京都大学農学部農芸化学教室編 (1981) 農芸化学実験書 第1巻. 産業図書. 229~272
- 8) 上田晋之助・赤井龍男・薬師寺清雄・有光一登・石井 弘・片桐成夫 (1981) 人工降雨によるヒノキ林内の落葉, 土壌等の流出移動について (IV) 土壌の諸性質と移動物質の化学的性質. 日林論. 92. 217~219
- 9) 上田晋之助・赤井龍男・薬師寺清雄・片桐成夫・石井 弘・有光一登 (1982) 人工降雨によるヒノキ林内の落葉, 土壌等の流出移動について (IX) 下層植生の成立状態の異なるヒノキ林の土壌と移動物質の化学的特性. 日林論. 93. 355~356
- 10) 農林水産省林業試験場土壌部 (1982) 森林土壌の調べ方とその性質. 林野弘済会. pp328
- 11) 「日本の森林土壌」編集委員会 (1983). 日本の森林土壌. 日本林業技術協会. pp680
- 12) 河田 弘・小島俊郎 (1976) 環境測定法IV - 森林土壌 - (生態学研究法講座30). 共立出版. pp166