短 報

生成年代の異なる埋没腐植酸の担子菌 *Coriolus consors* による褪色特性

—愛鷹ロームを事例にして—

柳 由貴子^{*1}・藤 嶽 暢 英^{*2}・渡 邊 眞紀子^{*3}

累積土壌断面内にみられる腐植の安定性を支配する要因を探るために、8,000年前から30,000年前の埋没腐植酸5点について担子菌 *Coriolus consors* を用いた培養試験を行い、腐植酸褪色率を算出した。3週間培養後の腐植酸培地すべてにおいて対照区に比べて褪色が認められ、8~10%の腐植酸褪色率が示された。これは、従来報告されていた表層土壌中の腐植酸の褪色率に比べると、総じて低い値であった。また、元素分析の結果から、試料として用いた5点の埋没腐植酸は、一様に脱水素反応の進行した類似の化学特性を示すことが明らかとなった。これらのことから、埋没腐植酸の化学特性が微生物作用に対して強い抵抗性を持ち、それが腐植物質の安定性をもたらす一因となり得ることが示唆された。

キーワード：愛鷹ローム、古土壌、埋没腐植層、腐植酸、褪色率、*Coriolus consors*

I. は じ め に

テフラ(軽石、スコリア、火山砂、火山礫など)の降下堆積とその土壌化が交互に繰り返されると、テフラ層と埋没土層(多くは暗黒色のA層を伴う)との互層からなる累積土壌断面が生成される。累積土壌断面内の埋没A層(以後、埋没腐植層という)には、腐植物質の存在が顕著に認められ、その生成ならびに集積には過去の火山噴火活動の合間における自然環境の多大な影響が反映される。さらに、この物質は数万年オーダーの古い土壌にも存在し、長期にわたって安定であると考えられることから(愛鷹ローム団研グループ, 1968, 1970; 山田, 1968, 1986; 加藤ほか, 1986; 細野ほか, 1994; 山田・久保寺, 1994; 杉山ほか, 2002), 古土壌研究においても有望視されている土壌属性である(Watanabe and Sakagami, 1999)。

黒ボク土の基底の年代は、日本の多くの事例では約1万年前(完新世)である。しかし、本報で用いた^{あしたか}愛鷹山麓

や熊本平野では10,000~30,000年前ごろ(更新世後期)の火山灰土中に、完新世の黒ボク土とよく似た埋没腐植層が発達していることが観察されている(町田, 1987)。坂上ほか(1983)、坂上・渡邊(1988)および竹迫(1995)などは、こうした累積土壌断面の発達要因を考える上で欠くことのできない腐植物質について、有機炭素含量の垂直分布から、埋没腐植層の特徴を明らかにしている。ところが、有機炭素含量による解析では、埋没腐植層における腐植物質の安定性(分解抵抗性)をいかに考えるかが問題になる。例えば、熊田(1981a)や佐瀬ほか(1996)は、時間の経過とともに腐植物質の分解が起きることを推論している。一方、山田(1986)は、一度集積した腐植物質は水田化した場合を除き、きわめて安定性が高いことを報告している。

こうした累積土壌断面内における埋没腐植物質の安定性は、腐植物質と無機成分との複合体形成、あるいはその化学構造特性に起因すると考えられている(Hinds and Lowe, 1980; Haider, 1990)。前者に関しては、

2003年4月16日受付。2004年6月5日受理。

*1 東京工業大学大学院総合理工学研究科 〒226-8502 横浜市緑区長津田4259。(現住所：神戸大学農学部土壌学研究室 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1.) E-mail: [REDACTED]

*2 神戸大学農学部 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1.

*3 東京工業大学大学院総合理工学研究科 〒226-8502 横浜市緑区長津田4259.

Tsutsuki and Kuwatsuka (1989) が年代の異なる埋没腐植の特性変化を検討し、無機物との複合体形成がその安定性に多大に関与していることを示唆している。また、井上ほか (2000) は、埋没腐植層の有機炭素含量が経過年数にかかわらずほとんど減少していないことから、原因として腐植物質と活性アルミニウムとの安定な複合体が多量に形成されたのであろうと推測している。一方、後者の埋没腐植物質の化学構造特性と安定性との関係については、未だ不明である。Yanagi *et al.* (2002, 2003) は、表層土壌の腐植酸について微生物による褪色特性を検討し、腐植酸の化学構造特性が褪色 (分解) に大きく関与していることを報告している。

そこで本報では、埋没腐植物質の安定性を理解するために、同じ手法を用いて埋没腐植物質の微生物による褪色特性について検討した。なお、本報で用いた埋没腐植物質には、愛鷹山麓の埋没腐植層より調製した生成年代の異なる腐植酸を用いた。愛鷹山麓や富士山東麓に発達する累積土壌断面は、詳しく年代が解明されているので、土壌生成と年代の関係を解明する上で、有効な研究対象である (愛鷹ローム団研グループ, 1968, 1970; Yoshida *et al.*, 1978; Yoshida and Kumada, 1979; Tsutsuki and Kuwatsuka, 1989)。

II. 試料および方法

1. 土 壌 試 料

試料採取地点は、静岡県沼津市愛鷹山麓の東側、第二東名高速道路建設予定地内の遺跡現場 (北緯 35°9', 東経 138°30') である。試料採取断面は、上位から富士黒土層、愛鷹ローム層上部ローム層および中部ローム層が累積し、各層準には多数の埋没腐植層が認められる。本報では、この累積土壌断面より埋没腐植層 5 点 (新期富士黒土層 (FB-A : 8 ka), 第一スコリア直下の埋没腐植層 (BB I : 18 ka), 第二スコリア直下の埋没腐植層 (BB III : 27.2 ka), 第三スコリア直下の埋没腐植層 (BB IV : 28.1 ka), 第四スコリア直上の埋没腐植層 (BB VII : 30 ka 以前)) を採取した。これらの試料は風乾後、礫や植物根を取り除いて 2 mm のふるいに通した後、腐植酸の抽出に供試した。また、この風乾細土を粉砕し、0.5 mm のふるいを全通させた風乾細微土を元素分析に供試した。なお、試料採取断面の層序区分と腐植層の年代値は既報に従った (愛鷹ローム団研グループ, 1970; 上杉ほか, 1983, 1993; 加藤ほか, 1986; 上杉, 1990)。

2. 腐 植 酸 試 料

腐植酸試料としては、国際腐植物質学会法 (IHSS 法 :

Swift, 1996) に準じて、埋没腐植層 5 点の風乾細土から抽出・精製されたものを用いた。すなわち、風乾細土に 10 倍量の 0.1 M HCl を加え、1 時間振盪し、静置後上澄み液を取り除いた。残渣土壌に 0.1 M NaOH を加え、1 晩室温で振盪抽出した。抽出残渣は、同様の方法で再度抽出した。抽出液は、6 M HCl で pH 2.0 以下まで酸性化した後、沈殿部 (粗腐植酸) を回収した。沈殿部を再び 0.1 M NaOH に溶解した後、粘土を除去するために遠心分離 (11,000 rpm, 2 hr) を行い、上清部をメンブランフィルター (孔径 0.45 μm , 親水性 PTFE, 日本ミリポア (株)) で吸引濾過した。この濾液を 3 M HCl で酸性化した後、沈殿部を回収した。この沈殿部に 0.3 M HF-0.1 M HCl 等量混合液を約 2 倍量加えて 5 時間振盪した後、沈殿部を回収した。さらに、この沈殿部を脱イオン水中で十分に透析した (ダイアライシスメンブラン 36, 和光純薬工業 (株)) 後、凍結乾燥し、腐植酸の粉末試料を得た。

3. 供 試 菌 株

腐植酸褪色試験には、高い腐植酸褪色活性が報告されている担子菌 *Coriolus consors* IFO9078 (Yanagi *et al.*, 2002, 2003) を用いた。

4. 腐植酸添加培地

腐植酸添加培地には、Czapek-Dox 液体培地 (NaNO₃ 3.0 g, K₂HPO₄ 1.0 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5 g, KCl 0.5 g, FeSO₄ · 7H₂O 0.01 g, シュークロース 30.0 g, 蒸留水 1 L : 土壌微生物研究会編, 1975) に各腐植酸を 0.25 g L⁻¹ の濃度となるように加えたものを用いた。すなわち、腐植酸の粉末試料を少量の 0.1 M NaOH に溶解し、腐植酸濃度が 0.25 g L⁻¹ となるように Czapek-Dox 液体培地に加えた後に、培地溶液が pH 6.8 になるように 0.1 M HCl を加えて調製した。調製後の培地溶液を滅菌したメンブランフィルター (孔径 0.22 μm , 日本ミリポア (株)) に通じて濾過除菌した。

5. 土 壌 お よ び 腐 植 酸 の 元 素 分 析 法

土壌および腐植酸の元素組成は乾式燃焼法で、CHNS/O アナライザー (2400 型, パーキンエルマー・ジャパン社) によって、標準物質としてアセトアニリド (和光純薬工業 (株)) を用いて分析した。腐植酸の酸素含量は、試料の全重量から炭素、水素、窒素含量を差し引いて算出した。すべての結果は、無水分ならびに無灰分状態として表記した。なお、灰分含量はセラミックボート中の試料を 550°C で 6 時間灼熱し、灼熱前後の重量変化から算出した。

6. 腐植酸褪色率の測定法

C. consors による 5 点の埋没腐植酸の褪色率を測定した。すなわち、腐植酸添加培地 5 mL の入った綿栓付試験管に供試菌を 1 白金鉤ずつ接種し、25℃ の暗所で 3 週間静置培養した。培養終了後、この培養液を濾過 (No. 2, 東洋濾紙 (株)) して菌体を除去した。次いで、この培養濾液の紫外・可視吸収スペクトルを測定した。なお、菌体未接種の培地についても同様の操作を行い、これを対照区とした。紫外・可視吸収スペクトルの測定には UV-VIS 分光光度計 (V-530, 日本分光 (株)) を用いて、培養濾液を 10 mL に定容後、その一定量に 0.1M NaOH を加えて、600 nm での吸光度が 0.1 前後となるよう希釈し、230~700 nm の波長をスキャンした。得られた吸光度の値から、腐植酸褪色率 (Yanagi *et al.*, 2002) ならびに $\Delta \log K$ (熊田, 1981 b) を次式に従い、算出した。

$$\text{腐植酸褪色率 (\%)} = \{ (\text{対照区 } K600 - \text{培養濾液 } K600) / \text{対照区 } K600 \} \times 100$$

$$\Delta \log K = \log K400 - \log K600$$

なお、 $K400$ 、 $K600$ はそれぞれ波長 400 nm、600 nm における吸光度を示す。

III. 結 果

本報で用いた埋没腐植層 5 点の土壤の全炭素量ならびに C/N 比の値を表 1 に示した。全炭素量は 21.6~43.2 g kg⁻¹、C/N 比は 15~18 であった。これらの埋没腐植層 5 点から調製した腐植酸 (埋没腐植酸) の元素組成ならびに原子数比についても、表 1 に示した。炭素含量、水素含量、酸素含量ならびに窒素含量はそれぞれ 560.7~603.3 g kg⁻¹、27.2~28.7 g kg⁻¹、351.9~390.0 g kg⁻¹ ならびに 17.6~26.9 g kg⁻¹ の値を示した。また、C/N、H/C、O/C ならびに O/H の値は、それぞれ 24.6~40.0、0.54~0.61、0.44~0.52 ならびに 0.81~0.86 であった。窒素含量は下層となるに従って減少し、C/N 値が増加す

る傾向が認められた。その他の特性値については、層序年代に伴う明瞭な傾向が認められなかった。

次に、腐植酸を添加した培地に *C. consors* を接種し、3 週間培養した後の腐植酸培地の様子を図 1 に示した。5 点の腐植酸培地すべてにおいて対照区 (菌体未接種区) に比べて試験区 (菌体接種区) で明度の上昇が認められた。これらの対照区と試験区の $K600$ を表 2 に示したが、すべての腐植酸培地において対照区の値に比べて、試験区の $K600$ が低い値を示した。これらの結果から、本研究で用いたすべての腐植酸で、*C. consors* によって褪色が生じたことが示された。また、吸光度変化を腐植酸褪色率として算出したところ、腐植酸褪色率は 7.7~10.6% の値であった (表 2)。FB-A から BBIII までは下層となるに従って減少したが、BBIV および BBVII では増

FB-A BBI BBIII BBIV BBVII

a) Control

b) Treatment

図 1 *C. consors* 培養終了後の腐植酸培地

Fig. 1 Humic acid media after incubation with *C. consors*

表 1 埋没腐植層土壤ならびに埋没腐植酸の元素分析値

Table 1 Elemental composition of buried humic layers and buried humic acids

	Soil		Humic acid							
	T-C (g kg ⁻¹)	C/N	Element content (g kg ⁻¹)				Atomic ratio			
			C	H	N	O	C/N	H/C	O/C	O/H
FB-A	43.2	17	567.4	28.5	26.9	377.2	24.6	0.60	0.50	0.83
BBI	24.2	16	560.7	28.7	20.6	390.0	31.8	0.61	0.52	0.85
BBIII	26.2	17	570.3	28.5	20.1	381.1	33.1	0.60	0.50	0.84
BBIV	21.6	15	563.8	28.4	19.5	388.3	33.8	0.60	0.52	0.86
BBVII	31.6	18	603.3	27.2	17.6	351.9	40.0	0.54	0.44	0.81

表 2 各埋没腐植酸の *C. consors* による腐植酸褪色率, K600, ならびに $\Delta \log K$

Table 2 Decolorization by *C. consors*, K600, and $\Delta \log K$ of buried humic acids

	Decolorization (%)	K600		$\Delta \log K$	
		Control	Test	Control	Test
FB-A	10.3	0.592	0.531	0.517	0.527
BBI	9.9	0.588	0.530	0.496	0.516
BBIII	7.7	0.585	0.540	0.501	0.521
BBIV	10.6	0.565	0.505	0.496	0.516
BBVII	9.4	0.641	0.581	0.496	0.516

加した。これらの腐植酸褪色率と前述の土壌あるいは腐植酸の特性値との間には、明瞭な関連性は認められなかった。一方、すべての腐植酸培地の可視吸収スペクトル(400~700 nm)は、特定の吸収帯でピークを持たない腐植酸特有のスペクトル形状を示した。いずれの場合も、対照区と試験区との間に明瞭な違いは認められなかった。また、各腐植酸培地について、腐植化度の指標の一つである $\Delta \log K$ 値を算出したところ(表 2)、対照区で 0.496~0.517、試験区で 0.516~0.527 の値を示し、層序年代に伴う変化は認められなかった。なお、常に対照区の $\Delta \log K$ 値が試験区よりも高い値を示したが、その差は 0.01~0.02 と僅差であり、両者の間で差はないものとみなした。

IV. 考 察

埋没腐植層 5 点から調製した腐植酸すべてにおいて、担子菌 *C. consors* による褪色が認められた。Yanagi *et al.* (2003) は、15 種類の表層土壌(埋没腐植層 1 種類を含む)から調製した化学構造特性の異なる腐植酸について、本報と同様の条件下で *C. consors* による褪色率を調べ、2 週間で約 8~40% の褪色率が得られたことを報告している。Yanagi *et al.* (2003) の黒ボク土腐植酸(7 点)、黒ボク土以外の腐植酸(8 点)、および 15 種類の腐植酸の褪色率の平均値は、それぞれ 19%, 28%, 24% であった。この結果と比べると、本報で得られた 3 週間で最大 10% という褪色率の値はきわめて低いもので、本報で用いた埋没腐植酸は褐色森林土や黒ボク土の表層土壌の腐植酸に比べて、いずれも著しく褪色されにくい腐植酸であるといえる。*C. consors* は木材腐朽菌の一種であり、酸化還元酵素である lignin peroxidase や laccase を代謝する(Orth *et al.*, 1993; 杜, 2000)。これらの酵素は、この菌の腐植酸褪色に関与することが示唆されている(Yanagi *et al.*, 2002)。本研究で用いた埋没腐植酸がいずれも *C. consors* の褪色作用に対して、高い抵抗性を示

図 2 腐植酸褪色率と H/C-O/C 相関図との関係
▲: 本研究の腐植酸 △: Yanagi *et al.* (2003) の腐植酸
記号の大きさは腐植酸褪色率を表す。

Fig. 2 Relationship between the decolorization and the H/C-O/C diagram

▲: humic acids used in this study, △: humic acids by Yanagi *et al.* (2003). The sizes of the symbols indicate the percentages of decolorization.

したということは、これらの埋没腐植酸が酸化還元反応を含む微生物作用(酵素)に対して安定であることを示唆している。

本研究で用いた埋没腐植酸の特性を、H/C-O/C 相関図上で検討した(図 2)。H/C-O/C 相関図は、これまでに石炭化の進行の分析や腐植酸の特徴づけに用いられてきた(村田, 1964; 白谷・熊田, 1973; Kuwatsuka *et al.*, 1978; Kumada, 1987; Yonebayashi and Hattori, 1988; Fujitake and Kawahigashi, 1999)。引用した Yanagi *et al.* (2003) の腐植酸のプロットは広範囲(H/C: 約 0.5~1.5, O/C: 約 0.4~0.6)にわたって分布しているが、脱水素の方向に位置する腐植酸ほど、褪色されにくいことを示している。本研究で用いた 5 つの埋没腐植酸のプロットは、より脱水素反応の進行した狭い範囲に局在した。また、腐植酸培地の $\Delta \log K$ 値は、Tsutsuki and Kuwatsuka (1989) の報告と同様に層序に伴う変化は認められなかった。つまり、本研究で用いた埋没腐植酸は、年代に関係なく類似した化学特性を有しており、その局在する位置から判断すると、すべて褪色されにくい腐植酸であるといえる。

以上のことから、本研究において年代に関係なく一樣に低い褪色率が得られた理由は、愛鷹山麓における埋没

腐植層の腐植酸が、その生成年代に関わらず、微生物作用に対して抵抗性の高い化学特性を有することによると考えられる。なお、FB-A は完新世の埋没腐植層であり、ほかは更新世後期のものである。にもかかわらず、すべての腐植酸において微生物作用（おそらく酸化還元反応）に対する抵抗性に差違が認められなかったことは、これらの腐植酸の安定性を考える上でも、重要な知見といえる。本実験における褪色はあくまでも遊離の腐植酸を用い、微生物にとって好適な条件下で行った結果である。実際の累積土壌断面内では、無機物との複合体形成 (Tsutsuki and Kuwatsuka, 1989) や、下層に埋没することによる微生物活性の低下 (井上ほか, 2000) などの要因が関与する中で、高い安定性がもたらされていると推察される。しかし、埋没腐植酸の化学特性が微生物作用に対して強い抵抗性を持ち、そのことも腐植物質の安定性をもたらす要因に数える必要があるといえる。

V. お わ り に

愛鷹山麓の埋没腐植層より調製した腐植酸について担子菌 *C. consors* による褪色特性を検討した。生成年代の異なる 5 点の腐植酸にはすべて褪色が認められたが、従来の報告に比べて、きわめて低い褪色率を示した。また、試料として用いた 5 点の埋没腐植酸の元素分析の結果からは、これらが一様に脱水素反応の進行した類似の化学特性を示すことが明らかとなった。これらのことから、埋没腐植酸の化学特性が微生物作用に対して強い抵抗性を持ち、腐植物質の安定性をもたらす一因となり得ることが示唆された。

本研究では、時系列的な観点からも埋没土層の腐植物質の安定性を検討したが、その差違は認められなかった。ただし、表層の土壌試料が含まれていないため、埋没腐植層と現世土壌とを比較することはできなかった。今後、本研究で行った腐植酸の微生物分解試験を、愛鷹土壌と同じく更新世の埋没腐植層が存在する熊本平野の土壌、あるいは完新世の埋没腐植層のみが存在する土壌に、表層土壌を含めた上で適用することで、従来から議論の対象となってきた累積土壌断面の生成過程に、新たな知見が与えられると考えられる。

謝辞 東京自然史研究機構細野 衛氏ならびに東京工業大学大学院総合理工学研究科青木久美子氏には、土壌試料を提供していただいた。さらに、細野氏には土壌断面の層序およびテフラの同定に際して貴重なご意見をいただいた。また、都留文科大学上杉 陽氏にはテフラ層

の同定にあたりご協力いただいた。現地調査に際しては、(財)静岡県埋蔵文化財調査研究所の笹原芳郎氏、中邨雅昭氏、ならびに岩崎しのぶ氏に大変お世話になった。以上の方々に記して深く感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 愛鷹ローム団研グループ (1968) 愛鷹山麓のローム層—東名高速道路工事現場を中心として—。第四紀研究, 8, 10-21.
- 愛鷹ローム団研グループ (1970) 愛鷹ローム上部層中の埋没腐植層の ^{14}C 年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代 (52) —。地球科学, 24, 73-75.
- 土壌微生物研究会編 (1975) 土壌微生物実験。434 p, 養賢堂。
- Fujitake, N. and Kawahigashi, M. (1999) ^{13}C NMR spectra and elemental composition of fractions with different particle size from an Andosol humic acid. Soil Science and Plant Nutrition, 45, 359-366.
- Haider, K. (1990) Regulation of the formation and degradation of humic substance in soil. Berthelin, J. (ed.) Diversity of environmental biogeochemistry: 381-389, Elsevier.
- Hinds, A.A. and Lowe, L.E. (1980) Distribution of carbon, nitrogen, sulfur and phosphorus in particle-size separates from gelysolic soils. Canadian Journal of Soil Science, 60, 783-786.
- 細野 衛・佐瀬 隆・青木潔行・木村 準 (1994) 指標テフラによるクロボク土の生成開始時期の推定—十和田火山テフラ分布域葛沼地区を例にして—。地球科学, 48, 477-486.
- 井上 弦・杉山真二・長友由隆 (2000) 都城盆地の累積性黒ボク土における有機炭素含量と植物珪酸体。ペドロジスト, 44, 109-123.
- 加藤芳朗・佐瀬 隆・堺井茂雄・金澤信夫 (1986) 累積火山灰断面腐植中の植物珪酸体による年代推定法 (II) 風化度からの推定。第四紀研究, 25, 105-111.
- 熊田恭一 (1981 a) 火山灰土。熊田恭一「土壌有機物の化学 第 2 版」: 146-164, 学会出版センター。
- 熊田恭一 (1981 b) 腐植酸の化学的性質 (2)。熊田恭一「土壌有機物の化学 第 2 版」: 43-91, 学会出版センター。
- Kumada, K. (1987) Elementary composition of humic acids and fulvic acids. Chemistry of Soil Organic Matter: 71-94, Japan Scientific Society Press.

- Kuwatsuka, S., Tsutsuki, K. and Kumada, K. (1978) Chemical studies on soil humic acids I. Elementary composition of humic acids. *Soil Science and Plant Nutrition*, 24, 337-347.
- 町田 洋 (1987) VI・1 第四紀学の立場から. 久馬一剛・永塚鎮男編「土壌学と考古学」: 199-204, 博友社.
- 村田富二郎 (1964) 石炭化学: 現状の批判と新しい視点. 326 p, 勁草書房.
- Orth, A.B., Royse, D.J. and Tien, M. (1993) Ubiquity of lignin-degrading peroxidases among various wood-degrading fungi. *Applied Environmental Microbiology*, 59, 4017-4023.
- 坂上寛一・渡邊眞紀子 (1988) 府中市天神町における谷地形と土壌層序. 府中市教育委員会・府中市遺跡調査会編「天神町遺跡調査報告書, I」: 297-304.
- 坂上寛一・浜田竜之介・黒部 隆 (1983) 静岡県湯船原における新期富士火山灰土の細区分と腐植の断面分布, 新期富士火山灰の風化過程における有機・無機成分の動態 (第1報). 火山灰と土壌編集委員会編「火山灰と土壌. 黒部 隆教授退官記念論文集」: 39-49, 博友社.
- 佐瀬 隆・細野 衛・井上克弘 (1996) 火山灰土, その層相と堆積環境—黒土とロームの成因, 氷期—間氷期サイクルの記録—. 第四紀, 28, 25-37.
- 白谷良輔・熊田恭一 (1973) 腐植酸の元素組成, 腐植酸の化学的性質に関する研究 (第2報). 日本土壌肥科学雑誌, 44, 121-125.
- 杉山真二・渡邊眞紀子・山元希里 (2002) 最終氷期以降の九州南部における黒ボク土発達史. 第四紀研究, 41, 361-373.
- Swift, R.S. (1996) Chapter 35. Organic matter characterization. Sparks, D.L. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*, Soil Science Society of America, Book Series 5: 1018-1020, Soil Science Society of America.
- 竹迫 紘 (1995) 理化学的性質から見た立川ローム層の土壌生成環境. 近堂祐弘教授退官記念論文集刊行会編「近堂祐弘教授退官記念論文集」: 65-78.
- 杜 予民 (2000) 5. 4 真菌ラッカーゼの生産と性質. 宮腰哲雄・永瀬喜助・吉田 孝編「漆科学の進歩—バイオポリマー漆の魅力—」: 329-339, アイピーシー.
- Tsutsuki, K. and Kuwatsuka, S. (1989) Degradation and stabilization of humus in buried volcanic ash soils. I. Humus composition, molecular size distribution of humic acids, and sugar composition of soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 35, 207-216.
- 上杉 陽 (1990) 富士火山東方地域のテフラ標準柱状図—その1: S-25~Y-114—. 関東の四紀, 16, 3-28.
- 上杉 陽・上本進二・伊藤ひろみ・佐藤仁美・土肥由美子 (1993) いわゆる立川期のテフラ年代. 関東の四紀, 18, 13-28.
- 上杉 陽・米澤 宏・千葉達朗・宮地直道・森 慎一 (1983) テフラから見た関東平野. アーバンクボタ, 21, 1-16.
- Watanabe, M. and Sakagami, K. (1999) Recent pedological approach to reconstruction of the Quaternary environment in Japan and east Asia. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu)*, 38, 244-252.
- 山田一郎・久保寺秀夫 (1994) 阿蘇外輪山およびその周辺地域における阿蘇4以降のテフラ層序と土壌層序. 九州農業試験場研究資料, 83, 1-35.
- 山田 裕 (1968) 火山灰土壌の ^{14}C 年代と腐植酸の色との関係. 日本土壌肥科学雑誌, 39, 447-451.
- 山田 裕 (1986) 本報黒ボク土腐植の ^{14}C 法による年代測定と集積における特徴. 農業環境技術研究所報告, 3, 23-86.
- Yanagi, Y., Hamaguchi, S., Tamaki, H., Suzuki, T., Otsuka, H. and Fujitake, N. (2003) Relation of chemical properties of soil humic acids to decolorization by white rot fungus—*Coriolus consors*. *Soil Science and Plant Nutrition*, 49, 201-206.
- Yanagi, Y., Tamaki, H., Otsuka, H. and Fujitake, N. (2002) Comparison of decolorization by microorganisms of humic acids with different ^{13}C NMR properties. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 729-731.
- Yonebayashi, K. and Hattori, T. (1988) Chemical and biological studies on environmental humic acids. I. Composition of elemental and functional group of humic acids. *Soil Science and Plant Nutrition*, 34, 571-585.
- Yoshida, M. and Kumada, K. (1979) Studies on the properties of organic matter in buried humic horizon derived from volcanic ash. V. Humic acids in buried humic horizons. *Soil Science and Plant Nutrition*, 25, 581-589.
- Yoshida, M., Sakagami, K., Hamada, R. and Kurobe,

T. (1978) Studies on the properties of organic matter in buried humic horizon derived from volcanic

ash. I. Humic composition of buried humic horizon. Soil Science and Plant Nutrition, 24, 277-287.

Decolorization of Humic Acids from Buried Humic Layers of Different Ages by *Coriolus consors* in the Loam Beds near Mt. Ashitaka, Central Japan

Yukiko Yanagi^{*1}, Nobuhide Fujitake^{*2} and Makiko Watanabe^{*3}

The decolorization of humic acids from five different humic layers of ages from 8,000 to 30,000 yrs BP by *Coriolus consors* IFO9078 was studied to understand the factors affecting the stability of humic substances in buried humic layers of the Holocene to late Pleistocene, which developed in weathered tephra beds called loam beds in Japan. After three weeks of incubation, the buried humic acids showed clear decolorization, but the magnitude of decolorization was lower than that of the humic acids from various Holocene surface soils in a

previous study. Although the buried humic acids in this study were obtained from layers of different soil ages, the elemental compositions of all humic acids have similar highly dehydrated properties. These results suggest that the high resistance of the buried humic acids against microbial degradation may be due not only to the formation of humic-clay complex and the decline of microbial activity but also to the chemical properties of humic substances.

*1 Tokyo Institute of Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering. (Present address : Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, Kobe University. 1 Rokkodai, Nada-ku, Kobe, 657-8501, Japan.) E-mail : XXXXXXXXXX

*2 Faculty of Agriculture, Kobe University. 1 Rokkodai, Nada-ku, Kobe, 657-8501, Japan.

*3 Tokyo Institute of Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering. 4259 Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, 226-8502, Japan.