

## 泥炭地植物のフェノール性化合物,脂肪酸,ステロール組成

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	筒木, 潔 近藤, 鍊三
巻/号	68巻1号
掲載ページ	p. 37-44
発行年月	1997年2月

# 泥炭地植物のフェノール性化合物, 脂肪酸, ステロール組成\*

筒木 潔\*\*・近藤 錬三\*\*

キーワード 泥炭, 泥炭地植物, フェノール性化合物, 脂肪酸組成, ステロール

## 1. 緒言

湿原あるいは泥炭地は, 水利学的・生物学的・環境保全的に重要な機能を担っている。また, 泥炭地堆積物に含まれる構成植物, 花粉化石, 植物化石および泥炭そのものの有機物組成や無機組成は, 泥炭地の植物遷移や堆積環境の変化を反映している。このことから泥炭土は古環境の変遷を解明する上でも非常に重要な研究材料となる<sup>1)</sup>。しかし, このように環境的にも学術的にも重要な役割を持つ泥炭地は, 農業利用を含む開発行為の影響を受けてその面積を急激に減らしており, 残された泥炭地の生態系にも乾燥化, 富栄養化等の影響が深刻に現れている。著者らは泥炭の主要な有機成分であるリグニン成分, 脂質成分および糖成分の組成を一種の環境指標とみなし, これらの組成と泥炭地の生成堆積環境の関連を明らかにしてきた<sup>16,17,19)</sup>。この目的を達成する上で, 泥炭の給源となる泥炭地植物の各種有機物組成を明らかにすることは不可欠である。そこで, 本報告では泥炭地の代表的な植物のリグニン成分および脂質成分の分析結果について報告する。

## 2. 試料および実験方法

### 1) 泥炭地植物試料

北海道の泥炭地に生育する代表的な植物 13 種を各部位に分けて供試した。試料名, 採取地, 主な生育環境, 炭素・窒素含量, C/N 比を第 1 表に示した。

### 2) 炭素, 窒素含量および C/N

乾燥粉碎した試料約 60 mg を 2 g の酸化銅と混合し, CN コーダー (YANACO MT-500) を用いて測定した。

用いた植物体試料の炭素含量は 319 から 612 g kg<sup>-1</sup> であり, 炭素率は草本類の茎や木本類の木部で高い傾向を示した (第 1 表)。

### 3) フェノール性化合物組成

乾燥粉碎した試料 (炭素 10 mg 相当), 酸化銅と硫酸第 1 鉄アンモニウムの 5 : 1 混合物 100 mg, 2 M 水酸化ナトリウム 1 mL を片側を閉じたバイレックスガラス 9 mm 管中に採り, 冷却下真空封管し, 150°C で 5 時間加熱した。この内容物を酸性にした後, 酢酸エチルで抽出し, 脱水, 濃縮乾固し, *N,O*-ビストリメチルシリルアセトアミド (BSA) でシリル化したものを, ガスクロマトグラフィーにより分析した。内部標準化合物にはフェノキシ酢酸を用いた。各成分の同定は標準物質との保持時間の一致によって行った。

フェノール性化合物のガスクロマトグラフィー条件は以下のとおりである。機器: 日立 163, カラム: ガラスカラム (長さ 2 m, 内径 3mm), 液相: シリコン SE-30 3%, 担体: Uniport HP 80/100 mesh, カラム温度: 100~250°C, 昇温速度: 5°C min<sup>-1</sup>, 注入口および検出器温度: 280°C, キャリヤーガス: 窒素 50 mL min<sup>-1</sup>, 検出器: FID。

### 4) 脂肪酸組成

試料 1 g にスクワラン (内部標準) 0.41 mg を添加した後, クロロホルム・メタノール (2 : 1) 溶媒 30 mL で 3 回超音波抽出 (350 W, 1 分 30 秒) した。毎回遠心分離 (3000 rpm, 15 分) 後, 抽出液を合併した後, ロータリーエバポレータで濃縮乾固し, クロロホルム・メタノール (2 : 1) 溶媒 20 mL に再溶解し, ネジ蓋付き試験管中で冷凍保存した。

脂質保存溶液 1 mL をネジ蓋付き試験管 (径 16 mm, 高さ 15 cm) に採り, 濃縮乾固した後, HCl-メタノール (1.3 mol L<sup>-1</sup>) 1 mL を加えて密栓し, アルミブロックヒーターで加熱 (90°C, 2 時間) した。加熱終了後蒸留水 1 mL を加え, ヘキサン 5 mL で 3 回抽出した。ヘキサン抽出液は炭酸水素ナトリウム水溶液 (20 g

\* 本報告は, 平成 4 年~5 年度文部省科学研究費補助金一般研究 (C) 萌によって行われた研究「土壌有機化合物を環境指標とした土壌環境変化の追跡」(課題番号 04806009) の研究成果の一部をとりまとめたものである。

\*\* 帯広畜産大学 (080 帯広市稲田町西 2-11)

1996 年 2 月 26 日 受付・受理

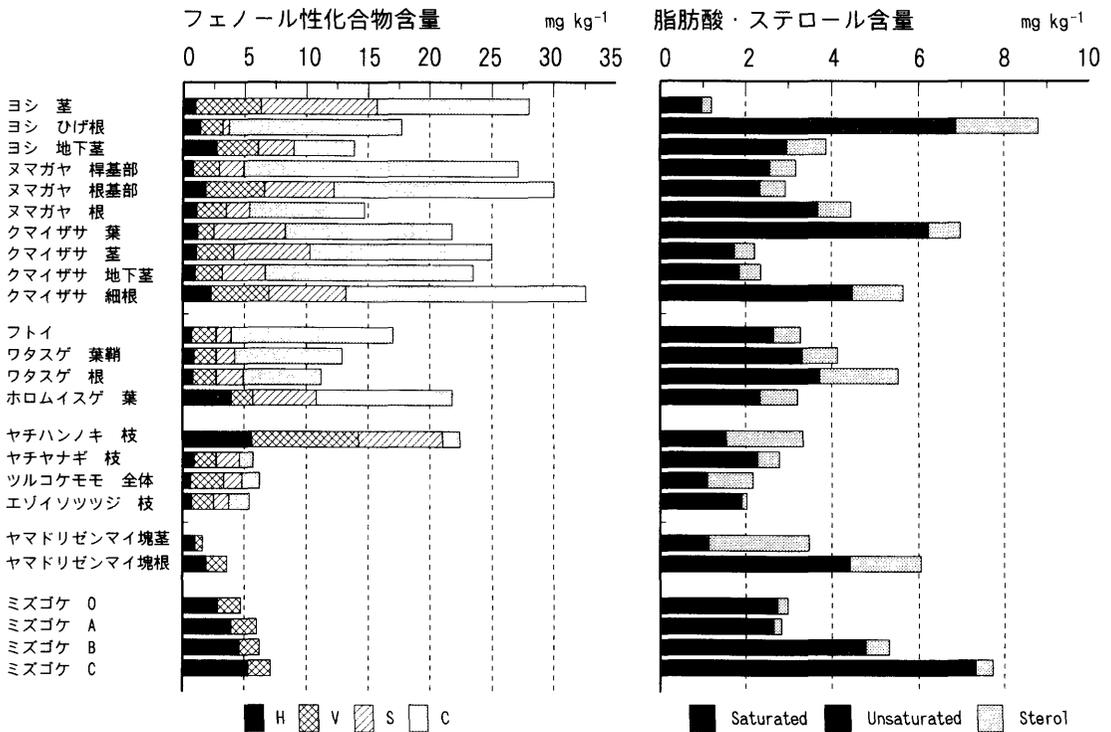
日本土壌肥科学雑誌 第 68 巻 第 1 号 p. 37~44 (1997)

第 1 表 供試植物試料

分類 番号	試料名 学名	部位	採取地	主 な 生育環境	炭素含量 g kg <sup>-1</sup>	窒素含量 g kg <sup>-1</sup>	C/N
イネ科							
1	ヨシ	茎	生花苗	低位泥炭地	429	2.8	155
2	( <i>Phragmites</i>	ひげ根			427	13.1	32.6
3	<i>communis</i> )	地下茎			418	10.4	40.3
4	ヌマガヤ	稈基部	生花苗	中間泥炭地	463	13.3	34.8
5	( <i>Moliniopsis</i>	根基部			485	13.1	37.0
6	<i>japonica</i> )	根			447	13.2	33.7
7	クマイザサ	葉	美唄	乾燥化した	449	14.3	31.5
8	( <i>Sasa palmata</i> )	茎		高位泥炭地	464	2.8	170
9		根			493	3.4	144
10		細根			446	9.9	45.3
カヤツリグサ科							
11	フトイ	茎	湧洞沼	低位泥炭地	428	6.6	64.8
	( <i>Scirpus lacustris</i> )						
12	ワタスゲ	葉鞘	美唄	中間泥炭地	470	8.7	54.0
13	( <i>Eriophorum</i>	根			456	6.0	75.7
	<i>vaginatam</i> )						
14	ホロムイスゲ	葉	美唄	高位泥炭地	493	4.8	102
	( <i>Carex middendorffii</i> )						
双子葉木本類							
15	ヤチハンノキ	枝	生花苗	低位泥炭地	612	9.5	64.4
	( <i>Alnus japonica</i> )						
16	ヤチヤナギ	枝	美唄	中間泥炭地	505	11.7	43.2
	( <i>Myrica gale</i> )						
17	ツルコケモモ	全体	美唄	高位泥炭地	485	3.1	159
	( <i>Vaccinium oxycoccus</i> )						
18	エゾイツツジ	枝	美唄	高位泥炭地	463	3.8	123
	( <i>Ledum palustre</i> )						
シダ類							
19	ヤマドリゼンマイ	塊茎	生花苗	中間泥炭地	533	8.7	61.5
20	( <i>Osmunda</i>	塊根			449	8.6	52.1
	<i>cinnamomea</i> )						
ミズゴケ							
21	ミズゴケ		生花苗	中間泥炭地	319	7.1	45.0
22	( <i>Sphagnum</i> spp.)		美唄	高位泥炭地	411	5.4	75.6
23	同上		美唄	高位泥炭地	336	5.8	58.1
24	同上		美唄	高位泥炭地	402	7.9	50.8

L<sup>-1</sup>) 4 mL で洗浄した後、無水硫酸ナトリウム 5 g を添加して脱水した。これを濃縮乾固した後、ヘキサソ 1 mL に再溶解し、ここから 1 μL を採取して、脂肪酸組成をキャピラリガスクロマトグラフィー (カラム ULBON HR-SS 10) で分析した。各成分の同定は標準物質との保持時間の一致によって行った。

ガスクロマトグラフィーの条件は以下のとおりである。機器：島津 GC 14-A (スプリット注入装置付き)、キャピラリカラム：ULBON HR-SS 10 (内径 0.25 mm, 長さ 50 m), カラム温度：150~220°C, 昇温速度：3°C min<sup>-1</sup>, 注入口および検出器温度：250°C, キャリヤガス：ヘリウム 2.5 kg cm<sup>-2</sup>, メイクアップガ



第1図 泥炭地植物のフェノール性化合物含量および脂肪酸・ステロール含量  
 H: *p*-ヒドロキシ安息香酸+*p*-ヒドロキシベンズアルデヒド+*p*-ヒドロキシアセトフェノン, V: パニリン酸+パニリン+アセトパニロン, S: シリガ酸+シリガアルデヒド+アセトシリンゴン, C: *p*-クマール酸+フェルラ酸。  
 Saturated: 炭素数14~26の直鎖飽和脂肪酸, Unsaturated: 炭素数14~20の直鎖不飽和脂肪酸, Sterol:  $\beta$ -シトステロール+カンベステロール+スティグマステロール。

ス:窒素0.5 kg cm<sup>-2</sup>, 検出器:FID.

### 5) ステロール組成

脂肪酸組成の分析用に調整したメチル化試料の残りを再び濃縮乾固した後、TMS-イミダゾール100  $\mu$ Lを添加して密栓し、アルミブロックヒータにより90°Cで30分加熱した。ここから1  $\mu$ Lを採取して、ステロール組成をキャピラリガスクロマトグラフィーで分析した。各成分の同定は標準物質との保持時間の一致によって行った。

ガスクロマトグラフィーの条件は以下のとおりである。機器:島津GC14-A(スプリット注入装置付き), キャピラリカラム:GLサイエンス社製Neutrabond-1(内径0.25mm,長さ60m),カラム温度:220~320°C,昇温速度:5°C min<sup>-1</sup>,注入口および検出器温度:共に320°C,キャリアーガス:ヘリウム2.5 kg cm<sup>-2</sup>,メイクアップガス:窒素0.5 kg cm<sup>-2</sup>,検出器:FID.

### 3. 結果および考察

#### 1) 泥炭地植物のフェノール性化合物組成

リグニンはすべての木本および草本植物に含まれていることが知られており、嫌気条件下において微生物分解を受けにくい。したがってリグニン由来のフェノール性化合物は、湖底や海底堆積物中の有機物の起源を明らかにするための指標<sup>3,7,8)</sup>, および森林土壌における堆積腐植層<sup>12)</sup>や泥炭土壌<sup>9,10)</sup>の有機物組成の変化に関する有益な指標として取り扱われている。また、各種植物組織のフェノール性化合物組成の特徴も研究されている<sup>6)</sup>。

泥炭地植物からのフェノール性化合物、脂肪酸、ステロールの収量を第1図に示した。また、個々のフェノール性化合物の構成割合を第2表に示した。

泥炭地植物のフェノール性化合物の収量(第1図)はヨシ、ヌマガヤ、フトイ、クマイザサ、ワタスゲ、ホロ

第 2 表 泥炭地植物のフェノール性化合物組成 (全フェノール性化合物に対する割合%)

試料名		フェノール酸			フェノールアルデヒド			<i>p</i> -OH アセトフェノン			ケイ皮酸		
		<i>p</i> -OH 安息香 酸	バニリ ン酸	シリン ガ酸	<i>p</i> -OH ベンツ アルデ ヒド	バニリ ン	シリン ガアル デヒド	<i>p</i> -OH ベンツ フェノ ン	アセト パニロ ン	アセト シリン ゴン	<i>p</i> -クマ ル酸	フェル ラ酸	
1	ヨシ	茎	0.35	1.92	4.82	2.69	15.4	20.7	0.45	1.66	8.13	34.2	9.74
2	ヨシ	ヒゲ根	0.73	4.77	1.42	7.25	3.36	0.00	0.00	2.25	1.34	53.1	25.8
3	ヨシ	地下茎	2.31	6.14	3.41	15.1	13.5	11.7	1.89	5.11	5.59	25.9	9.25
4	ヌマガヤ	稈基部	1.16	4.11	3.02	1.88	1.56	0.00	0.00	1.94	4.50	58.2	23.7
5	ヌマガヤ	根基部	1.05	3.18	2.53	4.20	10.7	11.5	0.73	2.10	4.68	43.3	16.0
6	ヌマガヤ	根	1.84	4.50	3.94	3.78	8.20	2.21	1.59	3.81	6.80	41.8	21.5
7	クマイザサ	葉	2.59	1.78	7.59	1.35	1.49	4.42	1.65	2.85	14.4	47.1	14.8
8	クマイザサ	茎	0.50	2.38	4.61	3.36	7.69	13.7	0.41	2.02	6.39	49.8	9.14
9	クマイザサ	地下茎	0.81	4.68	5.42	2.38	2.40	5.39	1.05	2.42	4.09	59.7	11.7
10	クマイザサ	細根	1.05	2.21	3.29	5.53	10.4	12.1	0.55	1.70	3.70	47.9	11.6
11	フトイ		0.00	3.23	2.97	2.58	4.55	0.00	1.62	3.79	4.31	50.4	26.6
12	ワタスゲ	葉鞘	3.22	4.58	3.35	3.15	5.43	6.24	0.83	3.95	2.13	44.6	22.6
13	ワタスゲ	根	2.53	4.39	5.26	4.41	9.12	11.0	0.65	3.50	3.01	33.0	23.1
14	ホロムイスゲ		14.1	2.87	3.04	2.53	2.05	17.2	1.45	3.25	3.05	29.9	20.6
15	ヤチハンノキ		7.32	7.78	8.20	8.33	16.1	9.47	9.47	14.3	12.7	2.88	3.47
16	ヤチヤナギ		5.94	7.21	9.80	8.96	12.8	13.0	0.00	11.5	10.9	2.00	18.0
17	ツルコケモモ		2.78	19.5	12.3	5.27	12.3	7.28	1.35	12.4	4.61	3.74	18.5
18	エゾイソツツジ		0.00	6.24	0.00	11.0	19.1	0.00	2.72	7.68	21.4	0.00	31.8
19	ヤマドリゼンマイ	塊茎	19.3	26.0	0.00	39.6	12.7	0.00	2.37	0.00	0.00	0.00	0.00
20	ヤマドリゼンマイ	塊根	15.8	13.9	0.00	35.7	34.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	ミズゴケ-o*		13.6	0.00	0.00	21.4	41.1	0.00	24.0	0.00	0.00	0.00	0.00
22	ミズゴケ-a		17.3	0.00	0.00	22.7	33.0	0.00	25.0	2.08	0.00	0.00	0.00
23	ミズゴケ-b		18.6	0.00	0.00	29.5	25.8	0.00	26.1	0.00	0.00	0.00	0.00
24	ミズゴケ-c		17.9	0.00	0.00	27.2	25.3	0.00	29.6	0.00	0.00	0.00	0.00

\* ミズゴケ-o, a, b, c は別種とみられたが未同定である。

ムイスゲ等の草本類で高く、ミズゴケや木本類で低かった。

草本類はフェノール性化合物のうちケイ皮化合物 (特に *p*-クマル酸) の占める割合が高く、これに次いでシリンジル化合物、バニリル化合物の順となった (第 2 表)。さらに、シリンジルおよびバニリル化合物の中では、シリンガアルデヒドやバニリン等のアルデヒド類の割合が高かった。なお、ホロムイスゲは、特に *p*-ヒドロキシ安息香酸の含量の多いことが特徴的であった。

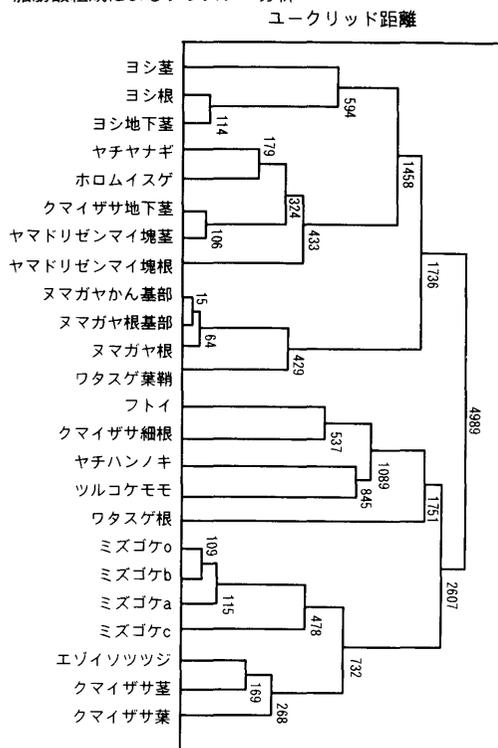
ツルコケモモ、エゾイソツツジ、ヤチヤナギ等の木本類では、草本類と比べてケイ皮化合物の割合が低く、各種バニリルおよびシリンジル化合物の割合が高くなった。また、木本類ではケイ皮化合物の中でフェルラ酸の

占める割合が高かった。

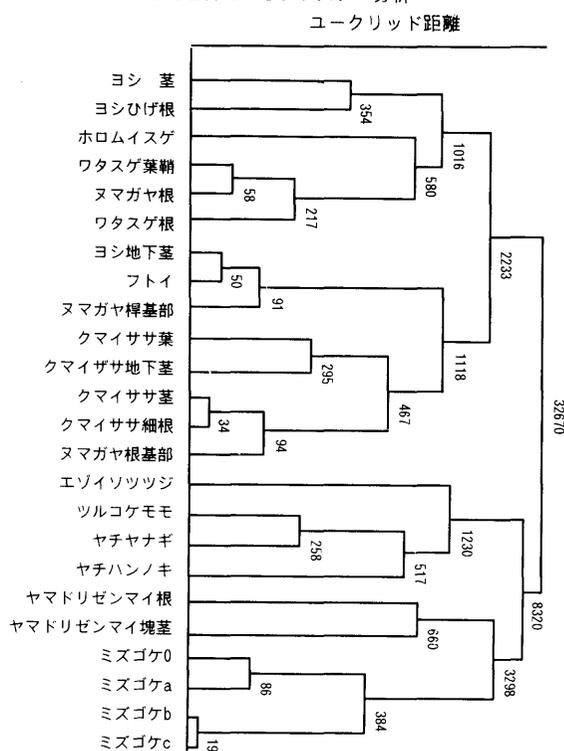
ヤマドリゼンマイおよびミズゴケは、草本類や木本類とは異なり、ケイ皮化合物およびシリンジル化合物を全く生成しなかった。ミズゴケのフェノール性化合物は、*p*-ヒドロキシフェニル化合物 (約 70%) とバニリン (約 30%) が大部分を占めた。他方、ヤマドリゼンマイはミズゴケとは逆に *p*-ヒドロキシベンゾフェノンがほとんど生成せず、バニリン酸の生成量が多いことが異なっていた。

個々のフェノール性化合物の全フェノール性化合物に対する割合を変数としてクラスター分析 (ユークリッド距離、ワード法) を行ったところ<sup>15)</sup>、植物の分類と非常に良く対応したクラスターが形成された (第 2 図)。

脂肪酸組成によるクラスター分析



フェノール性化合物によるクラスター分析



第2図 フェノール性化合物組成および脂肪酸組成による泥炭地植物のクラスター分析  
全フェノール性化合物ないし全脂肪酸に対する個々の化合物の相対割合を変量とし、ワード法、ユークリッド距離によって計算した。

すなわち、草本、木本、シダ類、コケ類は完全に分離した。また、クマイザサの各部位のフェノール性化合物組成は互いに良く似ていたが、他の植物とは異なっていた。これは、クマイザサにおいてシリンジル化合物の割合が高いことを反映したものであろう。但し、草本の中でイネ科とカヤツリグサ科の区別は困難であった。

泥炭のフェノール性化合物組成は特徴的な層位ごとに著しい相違を示したが<sup>16,17)</sup>、これには泥炭構成植物の種類や分解程度が大きな影響を及ぼしていたものと考えられる。

## 2) 泥炭地植物の脂肪酸組成

脂質は由来した生物によって組成が著しく異なり、また難分解性であるため<sup>2,11)</sup>、フェノール性化合物と並んで、堆積物中の有機物の由来を推定する上で有力な情報源となる。環境中や堆積物中における脂質の変化や安定性<sup>4,11)</sup>、泥炭中および土壌中の脂質<sup>2,14,19)</sup>については多くの研究がなされているが、脂質構成成分の詳細な分析

は、まだ緒についたところである。

第1図に飽和および不飽和脂肪酸の収量、第3表に個々の脂肪酸の相対割合を示した。

泥炭地植物の全脂肪酸含量は、ヨシひげ根、ヌマガヤ根、クマイザサ細根、ワタスゲ根等に見られるように、各種の植物の根部で高い傾向があった(第1図)。

ヨシは、飽和脂肪酸の中でアラキジン酸(C20)の割合が、他の植物と比べて著しく高かった(第3表)。アラキジン酸はクマイザサの葉にも比較的多く含まれたが、クマイザサの他の部分では低かった。他の長鎖の飽和脂肪酸の含量も、ヨシは他の草本植物と比べて多かった。著者が分析した低位泥炭試料においてもベヘン酸含量が高かったが<sup>18)</sup>、これはヨシが低位泥炭の主要構成植物であることを反映したものと考えられる。

クマイザサは、葉にはステアリン酸が多く、細根にはアラキジン酸が多い等の特徴を示した。但し、クマイザサの茎と地下茎の脂肪酸含量は少なく、パルミチン酸と

第 3 表 泥炭地構成植物の脂肪酸およびステロール組成

試料名		脂肪酸 (C 14~C 26) の全収量に対する割合 (%)											ステロールの全収量に対する割合 (%)			
		ミリスチン酸 (C14)	パルミチン酸 (C16)	パルミトレイン酸 (C16:1)	ステアリン酸 (C18)	オレイン酸 (C18:1)	リノール酸 (C18:2)	リノレン酸 (C18:3)	アラキジン酸 (C20)	ベヘン酸 (C22)	リグノセリン酸 (C24)	セロチン酸 (C26)	カンベステロール	スティグマステロール	シトステロール	
1	ヨシ	茎	1.1	23.8	2.1	5.5	7.1	17.0	6.5	23.9	3.9	7.8	0.0	13.9	10.0	76.1
2	ヨシ	ヒゲ根	0.5	18.1	0.8	1.2	7.0	29.8	13.9	9.8	5.6	5.4	7.1	12.6	7.9	79.6
3	ヨシ	地下茎	0.4	23.2	0.0	3.1	8.4	32.5	9.1	13.0	3.2	4.2	1.4	13.3	10.1	76.6
4	ヌマガヤ	稈基部	0.0	23.5	1.0	16.6	14.9	27.4	10.6	1.1	2.6	2.2	0.0	13.2	6.9	79.8
5	ヌマガヤ	根基部	0.4	24.8	0.0	19.0	14.9	25.5	9.2	1.6	2.1	2.4	0.0	12.0	8.7	79.3
6	ヌマガヤ	根	0.0	20.9	1.3	20.8	21.1	22.7	6.3	1.0	1.6	2.5	1.0	15.5	10.8	73.8
7	クマイザサ	葉	4.6	24.6	1.5	9.7	6.3	8.3	15.4	2.8	4.0	7.9	14.9	13.3	6.2	80.5
8	クマイザサ	茎	1.6	29.1	0.0	7.3	7.6	18.8	14.2	3.5	2.0	3.3	12.6	19.6	9.0	71.4
9	クマイザサ	地下茎	0.8	33.6	1.8	7.4	5.9	30.4	12.9	3.0	1.2	2.9	0.0	18.2	12.4	69.4
10	クマイザサ	細根	0.7	29.7	19.3	3.3	13.9	11.2	2.5	14.1	1.6	1.9	1.0	29.7	11.2	59.1
11	フトイ		2.5	29.5	10.6	5.6	29.1	5.3	1.3	2.0	4.5	6.9	2.7	12.6	16.8	70.6
12	ワタスゲ	葉鞘	0.7	16.6	4.3	6.3	20.9	26.0	9.2	1.5	3.1	7.3	3.3	11.1	4.6	84.3
13	ワタスゲ	根	0.4	6.2	3.4	13.5	23.1	5.8	1.9	2.7	4.8	20.2	17.6	9.8	1.3	88.9
14	ホロムイスゲ		0.7	23.2	0.7	3.8	13.0	35.7	11.6	2.5	1.6	2.7	2.4	7.6	19.1	73.3
15	ヤチハンノキ		2.5	42.0	0.7	4.7	15.3	0.0	0.0	3.6	8.6	12.0	10.7	0.6	0.6	98.9
16	ヤチヤナギ		1.4	31.4	1.3	2.4	17.2	27.4	12.2	2.2	4.5	0.0	0.0	4.8	4.2	91.0
17	ツルコケモモ		7.7	20.3	2.8	4.7	7.1	10.1	3.2	5.4	20.1	11.5	4.8	18.1	2.7	79.2
18	エゾイソツツジ		2.6	28.3	2.8	4.4	8.9	18.6	4.9	4.5	5.4	9.8	9.8	64.4	12.5	23.1
19	ヤマドリゼンマイ	塊茎	0.4	29.5	1.2	1.6	12.9	46.4	4.1	1.1	1.7	0.6	0.0	23.3	19.9	56.7
20	ヤマドリゼンマイ	塊根	0.1	12.2	0.5	0.5	66.8	11.6	3.0	0.3	3.5	1.1	0.3	25.6	0.9	73.5
21	ミズゴケ-o		1.5	34.0	3.9	2.8	7.9	12.9	19.1	2.1	4.5	6.8	3.2	21.7	25.3	53.0
22	ミズゴケ-a		1.3	31.2	3.9	2.2	11.2	14.6	10.0	1.2	1.8	6.5	5.7	18.1	50.5	31.4
23	ミズゴケ-b		3.2	32.6	2.2	2.0	15.1	18.2	18.8	0.8	1.7	3.8	1.7	27.7	65.6	6.7
24	ミズゴケ-c		1.3	23.0	1.2	2.0	10.9	18.1	29.0	0.5	7.5	4.1	2.4	18.5	60.6	20.9

炭素数 18 の不飽和脂肪酸が主要なものであった。

ヌマガヤは、飽和脂肪酸の中ではパルミチン酸 (C16) とステアリン酸 (C18) を多く含んでいた。また、ヌマガヤのステアリン酸含有量は、供試した各種の植物の中で最も多かった。リノール酸をはじめとする、炭素数 18 の不飽和脂肪酸の含量も多かった。

ワタスゲは他の草本植物と同様に、炭素数 16 および 18 の飽和および不飽和脂肪酸を多く含み、そのステアリン酸含量はヌマガヤに次いで多かった。

フトイは、パルミトレイン酸 (C16:1) およびオレイン酸 (C18:1) の多い点が他の草本と異なっていた。

ホロムイスゲは、飽和脂肪酸の中ではパルミチン酸 (C16) を最も多く含み、その他の C18 から C26 までの脂肪酸はパルミチン酸の 10% から 20% の含有量で

あった。

また、全ての草本類に共通して、炭素数 18 の不飽和脂肪酸の中ではリノール酸の含量が最も高かった。

木本類は共通してパルミチン酸 (C16) の割合が高かったが、ヤチハンノキ、ツルコケモモ、エゾイソツツジは、他にも C22, C24, C26 の長鎖飽和脂肪酸を多く含んでいた。特にツルコケモモはベヘン酸 (C22) を多く含んだ。ただし、ヤチヤナギは例外的に C24 および C26 脂肪酸が少なく、また不飽和脂肪酸の占める割合が他の木本よりも高かった。

ヤマドリゼンマイの塊茎にはリノール酸が、塊根にはオレイン酸が多く含まれた。飽和脂肪酸はパルミチン酸が主要で他の飽和脂肪酸含量は少なかった。

ミズゴケは、パルミチン酸 (C16) を非常に多く含む

他に、オレイン酸 (C 18:1)・リノール酸 (C 18:2)・リノレン酸 (C 18:3) も多く含んでいた。供試したミズゴケのうち一種は他のミズゴケと比べてリノレン酸、ペヘン酸含量が著しく高かった。C 22 以上の長鎖飽和脂肪酸含量はヤマドリゼンマイよりもはるかに高かった。

脂肪酸の相対割合を変数としてクラスター分析 (ユークリッド距離，ワード法)<sup>19)</sup> を行ったところ，ヨシ，ヌマガヤ，ミズゴケはそれぞれ固有のクラスターを形成し，それぞれが特徴的な脂肪酸組成を持つことを示した (第 2 図)。フェノール性化合物組成と比べて，植物の種類ごとの脂肪酸組成に顕著な違いはなかったが，各種泥炭地の代表的構成植物が特色ある脂肪酸組成を示したことから，脂肪酸組成から泥炭の給源植物を推定する上で有用なものと考えられる。

### 3) 泥炭地植物のステロール組成

ステロール組成から海洋や湖底堆積物中の有機物の起源を探る試みは，いくつか報告されているが<sup>13)</sup>，土壌中のステロール組成に関する研究は少ない。しかし，シトステロール，スティグマステロール，カンベステロール等は植物体由来，エルゴステロールは糸状菌由来<sup>5,20)</sup>，コレステロールは動物由来というように，ステロールの種類とその起源との対応が比較的明瞭なので，土壌有機物の由来を解明する上で有力な鍵となるものと考えられる。

泥炭地植物から検出されたステロールは，カンベステロール，スティグマステロール， $\beta$ -シトステロールのみであった (第 3 表)。脂肪酸と同様，ステロールもヨシ，ヌマガヤ，ワタスゲ，クマイザサ等の根部の含量は高かった (第 1 図)。

ミズゴケのステロール含量は少なかったが，その中にはスティグマステロールの割合が 25~66% と高かった。但し生花苗のミズゴケは  $\beta$ -シトステロールが 53% を占め，同じミズゴケ内でも偏差があることを示した。エゾイソツツジはカンベステロールの割合が 64% と最も高く特徴的であった。その他の植物では  $\beta$ -シトステロールの含量が最も高かった。特に，エゾイソツツジ以外の木本では， $\beta$ -シトステロールが 79% 以上を占めた。ホロムイスケ以外の全ての草本類，ヤチハンノキ以外の全ての木本類，およびヤマドリゼンマイでは，カンベステロールがスティグマステロールよりも多かった。ホロムイスケは，他の草本と同様  $\beta$ -シトステロールが主体であったが，スティグマステロール含量がこれに次いで多かった。

## 4. 要 約

泥炭地植物の有機物組成が泥炭の有機物組成にどのように反映されるかを解明するための基礎資料として，泥炭地植物のリグニン成分由来のフェノール性化合物，脂肪酸，およびステロールを分析した。試料には，北海道の主要泥炭地で採取した泥炭地植物 (13 種 24 点) を用いた。フェノール性化合物の組成は，草本類，木本類，シダ，ミズゴケの間で顕著な違いを示した。泥炭地植物の脂肪酸組成も同様に植物の種類ごとに特徴を示した。その中で，ヨシにはアラキジン酸 (C 20) が，ヌマガヤにはステアリン酸 (C 18) が多く含まれる等，それぞれ低位泥炭と中間泥炭の良い指標となった。他方，ミズゴケは，バルミチン酸 (C 16) と炭素数 18 の不飽和脂肪酸を主体とする単純な脂肪酸組成を示した。泥炭地植物のステロールは  $\beta$ -シトステロール，カンベステロール，スティグマステロールが主体であった。その中でミズゴケではスティグマステロールの割合が高かったが，その他のほとんどの植物では  $\beta$ -シトステロールの割合が最も高かった。

謝 辞 実験を分担した本学学生，町田理枝，吉藤真紀子の各氏に感謝する。

## 文 献

- 1) BARBER, K. E.: Peatlands as scientific archives of past biodiversity. *Biodiv. and Cons.*, **2**, 474~489 (1993)
- 2) DINEL, H. and SCHNITZER, M.: Soil lipids: Origin, nature, content, decomposition, and effect on soil physical properties; in *Soil biochemistry*, Vol. 6, ed. J.-M. BOLLAG and G. STOTZKY, p. 397~429, Marcel Dekker, Inc., New York (1990)
- 3) ERTEL, J. R. and HEDGES, J. I.: The lignin component of humic substances: Distribution among soil and sedimentary humic, fulvic, and base-insoluble fractions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**, 2065~2074 (1984)
- 4) FUKUSHIMA, K. and ISHIWATARI, R.: Geochemical significance of lipids and lipid derived substructured interlaced in kerogen. *Org. Geochem.*, **12**, 509~518 (1988)
- 5) GRANT, W. D. and WEST, A. W.: Measurement of ergosterol, diaminopimelic acid and glucosamine in soil: Evaluation as indicators of microbial biomass. *J. Microbial Methods*, **6**, 47~53 (1986)
- 6) HEDGES, J. I. and MANN, D. C.: The characterization of plant tissues by their lignin oxidation products. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, 1803~1807 (1979)
- 7) HEDGES, J. I. and MANN, D. C.: The lignin geochemistry of marine sediments from the southern Washington coast. *ibid.*, **43**, 1809~1818 (1979)
- 8) ISHIWATARI, R. and UZAKI, M.: Diagenetic changes of lignin compounds in a more than 0.6 million-year-old lascurine sediment (Lake-Biwa, Japan). *ibid.*, **51**,

- 321~328 (1987)
- 9) KATASE, T. and KONDO, R.: Distribution of some different forms of some phenolic acids in peat soils in Hokkaido, Japan: 1. *Trans*-4-hydroxycinnamic acid. *Soil Sci.*, **138**, 220~225 (1984)
  - 10) KATASE, T. and KONDO, R.: Distribution of some different forms of some phenolic acids in peat soils in Hokkaido, Japan: 2. 4-Hydroxybenzoic, 4-hydroxy-3-methoxybenzoic, and *trans*-4-hydroxy-3-methoxycinnamic acids. *ibid.*, **138**, 279~284 (1984)
  - 11) KAWAMURA, K. and ISHIWATARI, R.: Tightly bound aliphatic acids in Lake-Biwa sediments: Their origin and stability. *Org. Geochem.*, **7**, 121~126 (1984)
  - 12) KÖGEL-KANBNER, I.: Biodegradation and humification processes in forest soils. in *Soil biochemistry*, Vol. 8, ed. J.-M. BOLLAG and G. STOTZKY, p. 101~135, Marcel Dekker, Inc., New York (1993)
  - 13) LAJAT, M., SALIOT, A. and SCHIMMELMANN, A.: Free and bound lipids in recent sediments from Santa Barbara Basin. *Org. Geochem.*, **16**, 793~803 (1989)
  - 14) STEVENSON, F. J.: *Humus chemistry: Genesis, composition, and reactions*, 443 pp., Wiley Interscience, New York (1982)
  - 15) 田中 豊・垂井共之・脇本和昌: パソコン統計解析ハンドブック II 多変量解析編, p. 226~251, 共立出版, 東京 (1984)
  - 16) TSUTSUKI, K., ESAKI, I. and KUWATSUKA, S.: CuO-oxidation products of peat as a key to the paleo-environmental changes in a wetland. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **40**, 107~116 (1994)
  - 17) TSUTSUKI, K. and KONDO, R.: Lignin-derived phenolic compounds in different types of peat profiles in Hokkaido, Japan. *ibid.*, **41**, 515~528 (1995)
  - 18) TSUTSUKI, K. and KONDO, R.: Change in fatty acid composition with age and environment in different types of peat profiles in Japan. *ibid.*, in press (1997)
  - 19) TSUTSUKI, K., KONDO, R., SHIRAIISHI, H., KUWATSUKA, S. and Ohnohara Wetland Research Group: Composition of lignin-degradation products, lipids, and opal phytoliths in a peat profile accumulated since 32,000 years B.P. in Central Japan. *ibid.*, **39**, 463~474 (1993)
  - 20) WEETE, J.D.: Sterols of the fungi: Distribution and biosynthesis. *Phytochemistry*, **12**, 1843~1864 (1973)

### Composition of Phenolic Compounds, Fatty Acids and Sterols in Peatland Plants

Kiyoshi TSUTSUKI and Renzo KONDO  
(*Obihiro Univ. Agric. Vet. Med.*)

Compositions of phenolic compounds derived from lignin, fatty acids and sterols in peatland plants were investigated to furnish the fundamental data on their influence on the organic composition of peat. Twenty-four plant materials consisting of 13 different plant species were used in this study. Composition of phenolic compounds differed remarkably between grasses, woods, fern, and sphagnum. Fatty-acid composition also differed considerably among different plants. *Phragmites* was rich in arachidic acid (C20) and *Moliniopsis* was rich in stearic acid (C18). These features are presumed to be good indicators for low-moor and transitional-moor peat, respectively. On the other hand, *Sphagnum* was rich in palmitic acid (C16) and unsaturated fatty acids with carbon number 18. Sterols of peatland plants were composed mainly from  $\beta$ -sitosterol, campesterol, and stigmasterol, *Sphagnum* was different from other plant in its high proportion of stigmasterol.

*Key words* fatty acid composition, peat, peatland plants, phenolic compounds, sterol

(*Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, **68**, 37-44, 1997)