

北部九州，檜原湿原でのボーリングコア (KS0304) の 堆積物物性と放射性炭素年代

奥野 充^{*1}・森 勇一^{*2}・上田 恭子^{*2}・中村 俊夫^{*3}・長岡 信治^{*4}
鮎沢 潤^{*1}・藤木 利之^{*5}・此松 昌彦^{*6}・稲永 康平^{*1}・水田 利穂^{*7}

(平成17年11月30日受理)

Physical Properties and Radiocarbon Age of the KS0304 Core from the Kashinokibaru Marsh in Northern Kyushu, SW Japan

Mitsuru OKUNO^{*1}, Yuichi MORI^{*2}, Kyoko UEDA^{*2}, Toshio NAKAMURA^{*3}, Shinji NAGAOKA^{*4},
Jun AIZAWA^{*1}, Toshiyuki FUJIKI^{*5}, Masahiko KONOMATSU^{*6}, Kohei INENAGA^{*1}
and Toshiho MIZUTA^{*7}

(Received November 30, 2005)

Abstract

The Kashinokibaru Marsh is located on the western part of the Sefuri Mountains in northern Kyushu, SW Japan. In order to clarify paleoenvironment in the marsh, we collected the core samples (KS0304) from 425 cm to 100 cm in depth, using a peat sampler. This paper presents physical properties and radiocarbon dates of the core samples. We obtained radiocarbon (¹⁴C) dates of plant residue and total organic carbon from two horizons (222 cm and 420 cm in depth), and recognized a systematic gap between the two fractions. On the basis of the calibrated dates on plant residue, deposition age of the basal part is estimated to be about cal AD 1200.

We recognized different physical properties in the core across the medium to coarse

*1 福岡大学理学部地球圏科学教室

Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

*2 愛知県立津島東高等学校

Aichi Prefectural Tsushima-Higashi High School, 1 Benjitsu, Hiruma-cho, Tsushima, Aichi 496-0004, Japan

*3 名古屋大学年代測定総合研究センター

Center for Chronological Research, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan

*4 長崎大学教育学部地理学教室

Department of Geography, Faculty of Education, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan

*5 名古屋大学大学院環境学研究科

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan

*6 和歌山大学教育学部地学教室

Department of Earth Science, Faculty of Education, Wakayama University, 930 Sakaedani, Wakayama 640-8510, Japan

*7 元富士町役場

Former Fuji Town Office, 2685 Furuyu, Saga 840-0598, Japan

sand layers (300 to 231 cm in depth) deposited in the beginning of 16th century. The carbon and nitrogen (C/N) ratio and ^{14}C age indicate that marshy environment was established in the middle of 17th century. The other physical properties, *e.g.* water content, dry bulk density, mud content, total carbon content and color, are also consistent with the C/N ratio.

Key words: Kashinokibaru Marsh, Sefuri Mountains, radiocarbon age, physical properties of deposits

はじめに

北部九州の檜原 湿原 (標高591m) は、脊振山地 (長岡, 2001) 西部の佐賀県東松浦郡七山村池原に位置している (Fig. 1). 脊振山地は、主に白亜紀後期に貫入した花崗岩類からなる (唐木田ほか, 1962; 唐木田, 1985). 檜原湿原の周辺には大小の湿原が点在しているが、檜原湿原はそのうち最も保存状態が良いため1976年に県自然環境保全地域に指定されている (佐賀県保健環境部保全課編, 1991; 上赤, 1995). この湿原の北西部には堰によって溜池が形成されている (Fig. 1B). 溜池の水は、この堰の南端部から流れ出る桑原川により排水されている. この川は、唐津湾の東端部に注ぐ玉島川水

系の支流のひとつである. 地形図や航空写真による地形判読では、この付近には明瞭な地すべりや崩壊地形は認められない. このため、溜池を形成させている堰が、この湿原の成立に深く関わっていると予想される. ただし、その構築年代などの詳細は現在のところ明らかではない.

筆者らは、檜原湿原が位置する脊振山地の環境変動を復元することを目的として、2003年4月にコア試料 (KS0304) を採取して (奥野ほか, 2004; 奥野, 2005), 含水比, 乾燥密度, 泥分含有率, 鉍物組成, 全炭素および全窒素含有量, 色調および ^{14}C 年代などを測定した. 本稿では、これらの分析結果を報告する.

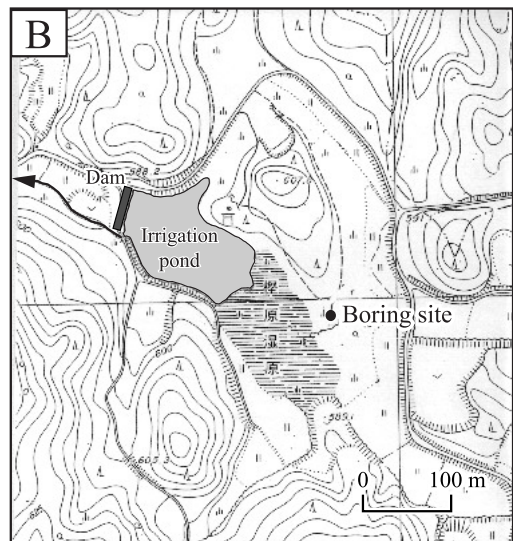
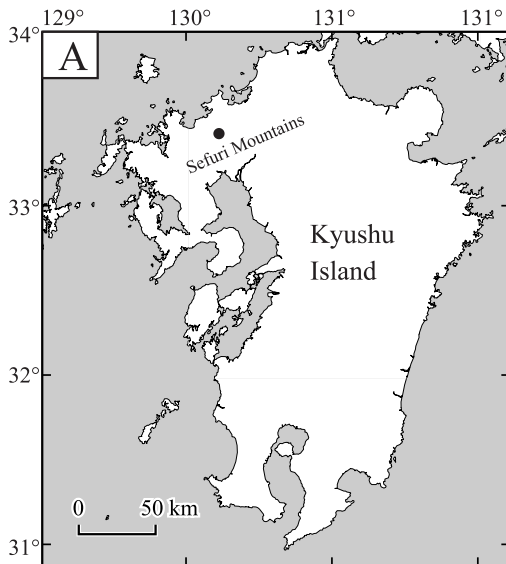


Fig. 1. Index and location maps. (A) Map showing the location of the Sefuri Mountains in Kyushu Island. (B) Locality of boring site (KS0304) in the Kashinokibaru Marsh. Arrow indicates flow direction of the Kuwabara River. A part of topographic map 1/5000 in scale, published from Geographical Survey Institute was used.

コア試料の層序

コア試料KS0304の採取地点は、北緯33°24′56″，東経130°9′28″である（Fig. 1）。筆者らは、遠藤サイエンス社製のピート・サンプラーを用いて、直径2.5 cm，長さ25 cmの円柱状のコア試料を計13本採取した。KS0304の柱状図をFig. 2に示す。このコア試料は、深度100 cmから425 cmまでのコア長325 cmで、全部で24層に区分される（奥野ほか，2004）。なお、地表から深度100 cmまでは非常に軟弱であるため、コア試料を採取できなかった。

このコア試料は、最下部である深度425 cmからの黒褐色細粒砂層から上方細粒化し、深度350～300 cmでは暗灰褐色シルト層となるが、深度300～266 cmの暗灰褐色中～粗粒砂層、深度266～256 cmの暗灰褐色～黄褐色シルト層、深度256～231 cmの黄褐色中～粗粒砂層が覆う。深度231～175 cmは黄褐色～暗灰褐色腐植質シルト層であるが、そのうち深度193～187 cmは暗褐色泥炭質シルト層となる。これを深度175～150 cmの黄褐色中～粗粒砂層が覆うが、深度163～161 cmには黄褐色砂質シルト層が挟在している。深度150～137 cmでは灰褐色細粒砂層から砂質シルト層へと細粒化し、137 cm以浅は灰褐色ないし暗褐色シルト層である。

分析方法

含水比，乾燥密度，泥分含有率，全炭素および全窒素含有量，色調，鉱物組成および¹⁴C年代を測定した。これらの分析方法を以下に記述する。

1. 分析試料の採取

Fig. 3に1本のコア試料での採取層準を示す。まず，含水比，乾燥密度，全炭素および全窒素含有量，色調，鉱物組成および泥分含有率などの測定用試料（上位よりC-1～39）として，容量7 cm³（層厚2.2 cm）のポリカーボネート・キューブ（夏原技研製）を用いて5.8 cmまたは6.8 cm間隔で計39試料を採取した。また，¹⁴C年代測定用の試料は，深度222 cmお

よび420 cmの2層準から採取した。

2. 含水比，乾燥密度，泥分含有率および碎屑粒子

キューブ試料について，採取直後に湿潤重量を電子天秤で測定した後，定温乾燥器中（60℃）で48時間以上乾燥させた。含水比と乾燥密度は，乾燥させたキューブ試料の重量を測定して算出した。泥分含有率は，乾燥試料の一部を分取・秤量した後，開口径63 μmの篩中で水洗して細粒分を除去し，その残渣を乾燥させたものの重量を測定して算出した。さらに，残渣のうち粒径1 mm以上の碎屑粒子については，ペトロポキシ154（パルスペトロプロダクツ社製）により包埋して薄片を作製し，総合倍率40ないし100倍の偏光顕微鏡（ニコン社製ECLIPSE E400 POL）下で観察した。

3. 全炭素および全窒素含有量，X線回折，色調

乾燥試料の一部をメノウ乳鉢によって粉碎し，福岡大学理学部のCNコーダー（ヤナコ分析工業製，MT-700）を用いて全炭素および全窒素含有量を測定した。この粉末試料について，福岡大学理学部のX線回折装置（XRD：理学電機社製，Geigerflex Rad-B）を使用して構成鉱物種を同定し，石英指数（Quartz index：林，1979）による回折線強度の規格化を行った。試料に含まれる粘土鉱物を検討するため，砂層を除いた24試料について水簸により粒径2 μm以下の粒子を分離し，スライドガラスに塗布した。さらに，ポリ塩化ビニリデンフィルムで覆った粉末試料の色調を，デジタル土色計（コニカミノルタ社製，SPAD-503）により測定した。土色計は，同様のフィルムで覆った白色校正板を用いて校正した。粉末試料の色調は，CIE L*a*b*表色系（Wyszecki and Stiles，1982）によって表現される。L*は明度（Lightness）を表し，0（黒）～100（白）の値をとる。a*はプラスが赤，マイナスが緑を，b*はプラスが黄，マイナスが青を表す。a*とb*の絶対値が大きいほど彩度が増す。

4. ¹⁴C年代

¹⁴C年代の測定には，名古屋大学のHVEE社

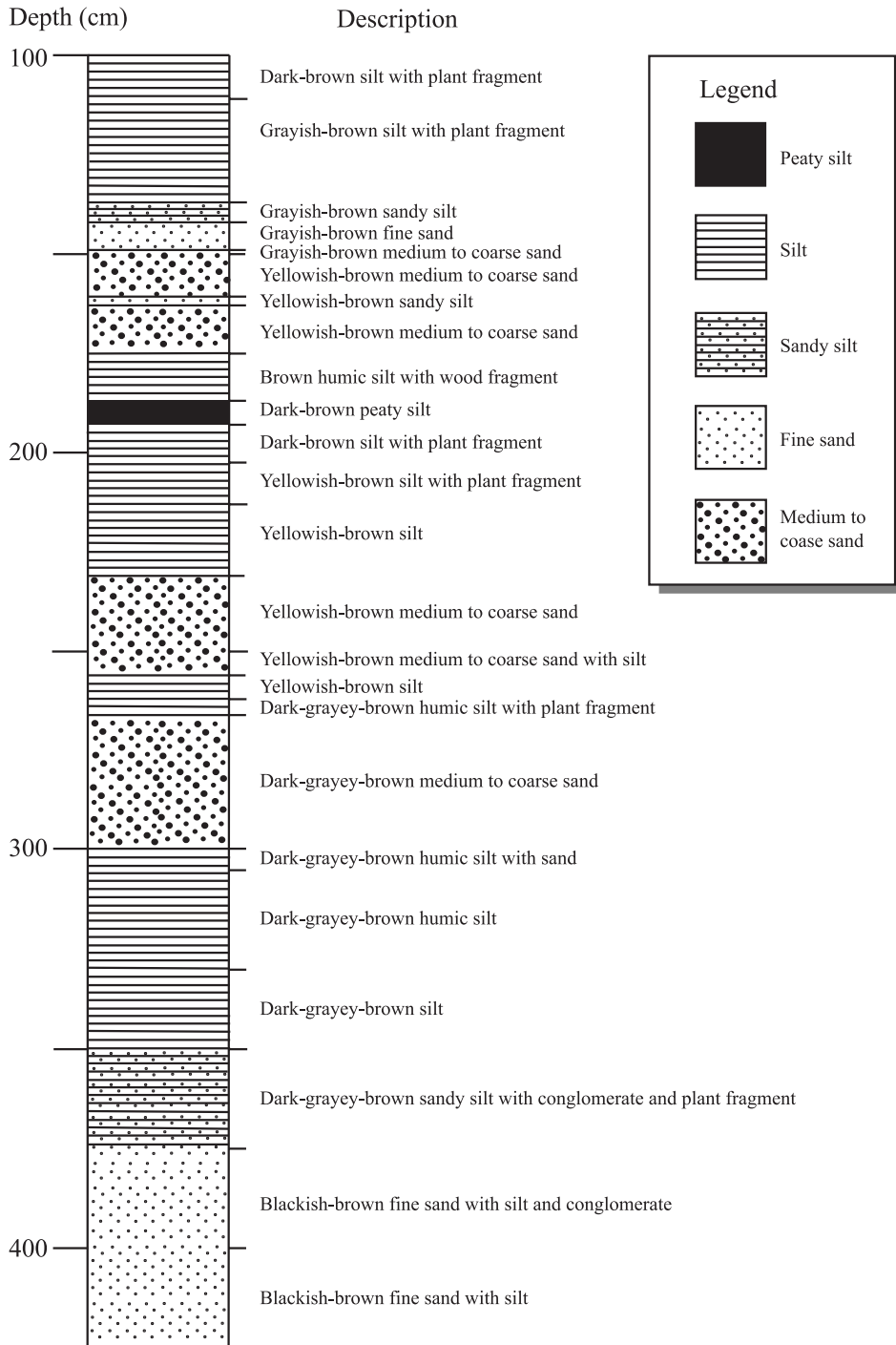


Fig. 2. Columnar section showing the stratigraphy of the KS0304 core.

製タンデトロン加速器質量分析計（Nakamura *et al.*, 2000）を用いた。腐植質堆積物から植物細片を取り出し，植物細片とその残りの全有機態炭素について測定した。植物細片は針状・

繊維状のものがほとんどであり，全有機態炭素には微細な植物片が含まれている。すべての試料は，酸-アルカリ-酸（AAA）処理を施し，酸化銅とともにバイコール管に真空封入して約2時間850℃に加熱した。生じた気体を真空ライン中で精製して二酸化炭素（CO₂）を得て，Kitagawa *et al.*（1993）の水素還元法によりグラファイト・ターゲットを作製した。¹⁴C濃度の標準体にはNIST シュウ酸HoxIIを用いた。¹⁴C年代値はLibbyの半減期5568年を用いて算出し， $\delta^{13}\text{C}$ 値により同位体分別効果を補正した（中村，1995）。測定誤差は1標準偏差（1 σ ）である。さらに¹⁴C年代は，データ・セットINTCAL 98（Stuiver *et al.*, 1998）を用いたコンピュータ・プログラムCALIB ver. 4.3（Stuiver and Reimer, 1993）により暦年（2 σ ）に較正した。

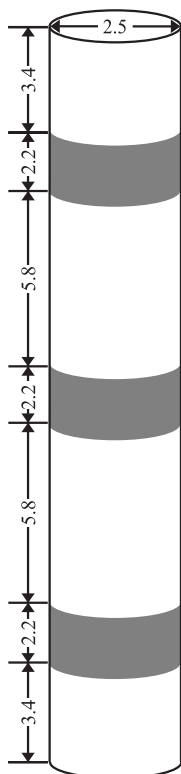


Fig. 3. A column showing stratigraphic horizon of the analyzed samples. Solid horizons are collected by cubes for measurements of physical properties (C-). Values are in centimeter.

分析結果

1. ¹⁴C年代

Table 1 に¹⁴C年代測定および暦年較正の結果を，Fig. 4 に較正暦年と深度の関係図を示す。得られた較正暦年は層序と矛盾しないが，同層準の植物細片に比べて腐植質堆積物の全有機態炭素の方が系統的に古い年代を示す。深度と暦年の関係は，ごく短時間に堆積したと考えられる中～粗粒砂層を除いて堆積速度が一定であると仮定して，最も確率の高い暦年をもとに求めた。平均堆積速度は，腐植質堆積物の全有機態炭素は5.8 mm/yrで，植物細片ではモードが2点あり5.9または4.2 mm/yrである。

Table 1. Result of AMS ¹⁴C dating for the KS0304 core.

Depth (cm)	Used material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ¹⁴ C age (BP)	Lab no. (NUTA2-)	Calibrated date (cal AD/2 σ)	Probability (%)
222	Plant residue	-29.2	300±30	5777	1492 - 1601	72.8
					1613 - 1654	27.2
222	Total organic C	-28.5	440±30	5778	1416 - 1490	100.0
442	Plant residue	-23.2	720±25	5623	1259 - 1301	97.6
					1372 - 1378	2.4
442	Total organic C	-26.8	855±30	5779	1045 - 1051	0.8
					1056 - 1087	7.4
					1121 - 1138	5.2
					1156 - 1261	86.5

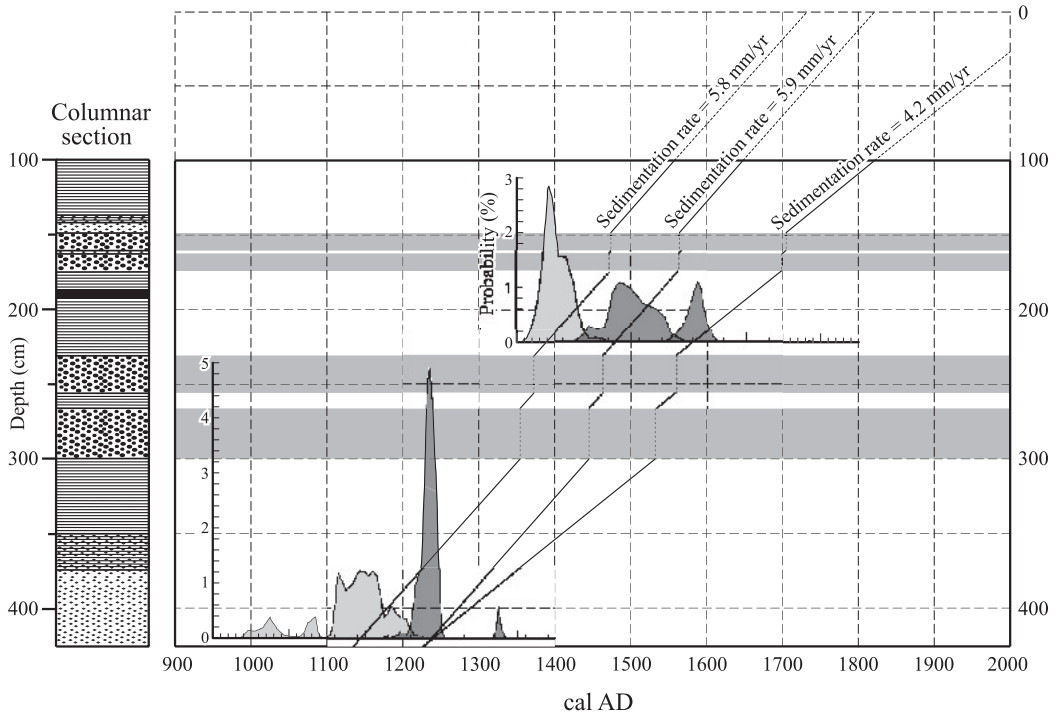


Fig. 4. Diagram showing relationship between core depth and calibrated year ranges in the KS0304 core. The sedimentation rate of the marsh deposits is estimated using modal points of calibrated year ranges. It is assumed that medium to coarse sand layers were deposited in the short time. Legend of columnar section is shown in Fig. 2.

これらの堆積速度は、日本の沖積低地の泥炭層の平均堆積速度 1 mm/yr (阪口, 1974) と比較して 4 ~ 6 倍である。

2. 堆積物の物性および碎屑粒子

コア試料 KS0304の堆積物の物性 (含水比, 乾燥密度, 泥分含有率, 石英と長石の石英指数, 全炭素含有量, C/N 比, 色調) を Fig. 5 および Appendix 1 に, XRD パターンを Fig. 6 に示す。

含水比は 15 ~ 68% の範囲にあり, 中 ~ 粗粒砂層では 20% 前後と低いが, シルト層では比較的高い傾向を示す。また, 300 cm 以深では 40% 前後で安定している。乾燥密度は 0.4 ~ 1.3 g/cm³ の範囲で, 含水比とは逆相関の関係がある。中 ~ 粗粒砂層では, ほぼ 1.0 g/cm³ 以上であるが, シルト層では 0.5 g/cm³ まで低下している。泥分含有率は 1 ~ 98% と大きく変動し, 層相とよく調和している。中 ~ 粗粒砂層では極

めて低い値を示す。

全炭素含有量は 0.1 ~ 7.6% の範囲にあり, 泥炭質シルト層で最も高く, 中 ~ 粗粒砂層で低い値を示す。なお, XRD では方解石や菱鉄鉱などの炭酸塩鉱物は検出されておらず (Fig. 6), この全炭素含有量は有機態炭素の量を示すものと考えられる。C/N 比は 13 ~ 22 の範囲にある。最下部から深度 220 cm にかけて 21 から 13 へと徐々に減少するが, 深度 200 cm 付近から増加に転じて 20 前後の値を示す。

堆積物の色調では, 明度である L* は 48 ~ 72 の範囲であり, 全炭素含有量と明瞭な逆相関の関係がある。砂層では比較的高い値を示す。色相 a* と b* は, 前者が 0 ~ 10 の値を, 後者は 9 ~ 28 の値を示す。両者の変動はよく同調しており, 中 ~ 粗粒砂層の直下の 3 層準で顕著なピークが認められた。ただし, 深度 330 cm のピークのみが暗灰褐色シルト層中に認められた。

XRD では, 石英, 斜長石, カリ長石および

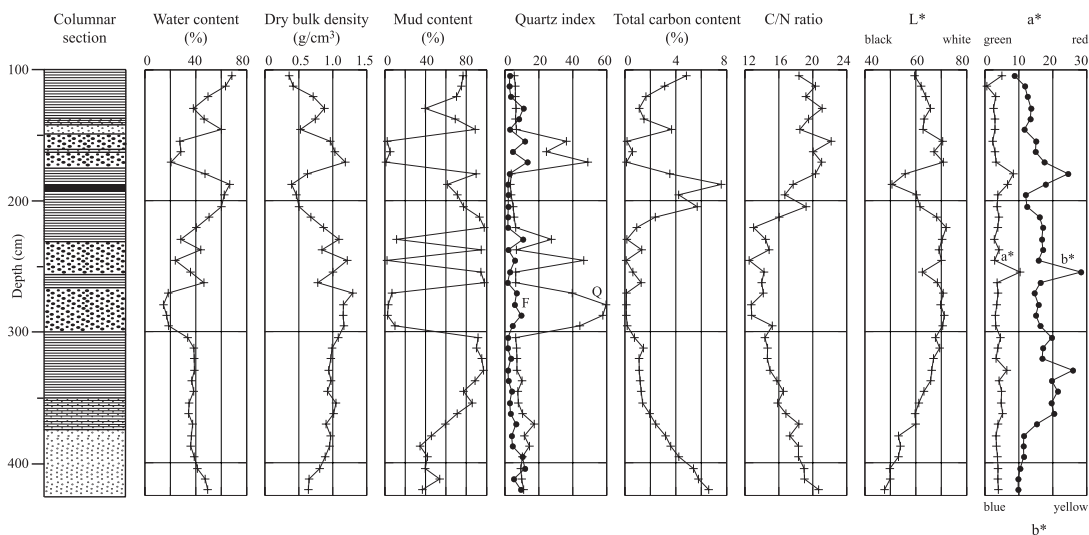


Fig. 5. Profiles of physical properties (water content, dry bulk density, mud content, total carbon content, C/N ratio and color) of the KS0304 core. F: feldspar, Q: quartz. Legend of columnar section is shown in Fig. 2.

痕跡量のカオリン鉱物がすべての層準で認められた (Fig. 6)。これらの回折線強度は、層準によってばらつくが、大局的には砂層ではカオリン鉱物<長石<石英，またはカオリン鉱物<石英<長石，シルト層ではカオリン鉱物 \leq 石英あるいは長石，となる傾向が認められる。石英と長石の石英指数は、共に同じ変動パターンを示したが、石英の方が大きく変動する (Fig. 5)。

粒径 $2 \mu\text{m}$ 以下の粘土分画でも、カオリン鉱物のブロードで弱い反射が認められた。カオリン鉱物，パーミキュライト (14\AA 中間体ないし緑泥石の可能性もある) は、すべての試料から見出された。また、針鉄鉱の可能性をもつブロードからシャープな回折線が層準とは関係なく出現した。なお、セリサイトやイライトなどの雲母粘土鉱物は認められなかった。

鏡下において、碎屑粒子の形状はいずれも subangular で、粒子内には石英，斜長石，カリ長石，マイクロクリンが認められた。碎屑粒子ごとに長石の風化変質度に差異があり，比較的新鮮なものから粘土化・雲母化が進んでいるものまで多様であった。また，粒子の縁辺部にのみ微量の黒雲母が認められ，比較的新鮮なものとは緑泥石化しているものがあった。

考 察

1. 湿原堆積物の年代

^{14}C 年代は，堆積物中の有機態炭素の場合，周辺の地層中の古い有機物が混入すると実際の堆積年代よりも古くなり，植物細片では，植物が根を深く伸ばすと実際の堆積年代よりも若くなる。約 50 m 西方のコア試料 KS0412-3 (深度 0~400 cm) では，3 点の植物片の ^{14}C 年代から，最下部の年代が 1200 cal AD，平均堆積速度が 4.1 mm/yr と得られており (奥野ほか，2005)，植物細片で得られる 4.2 mm/yr の堆積速度 (Fig. 4) とほぼ一致している。この堆積速度を採用すると，コア試料 KS0304 は 1200 cal AD 以降のものであり，中世以降の環境変化およびそれに関連する人間活動の影響を読みとることができると考えられる。

2. 碎屑粒子の流入とその影響

碎屑粒子は，構成鉱物および組織から，すべて花崗岩類起源であると判断される。後背地に分布する花崗岩類には長石と黒雲母が普遍的に含まれ，カオリン鉱物とパーミキュライトはそれらの風化生成物とみなせる。針鉄鉱は花崗岩に含まれるマフィック鉱物に由来すると考えら

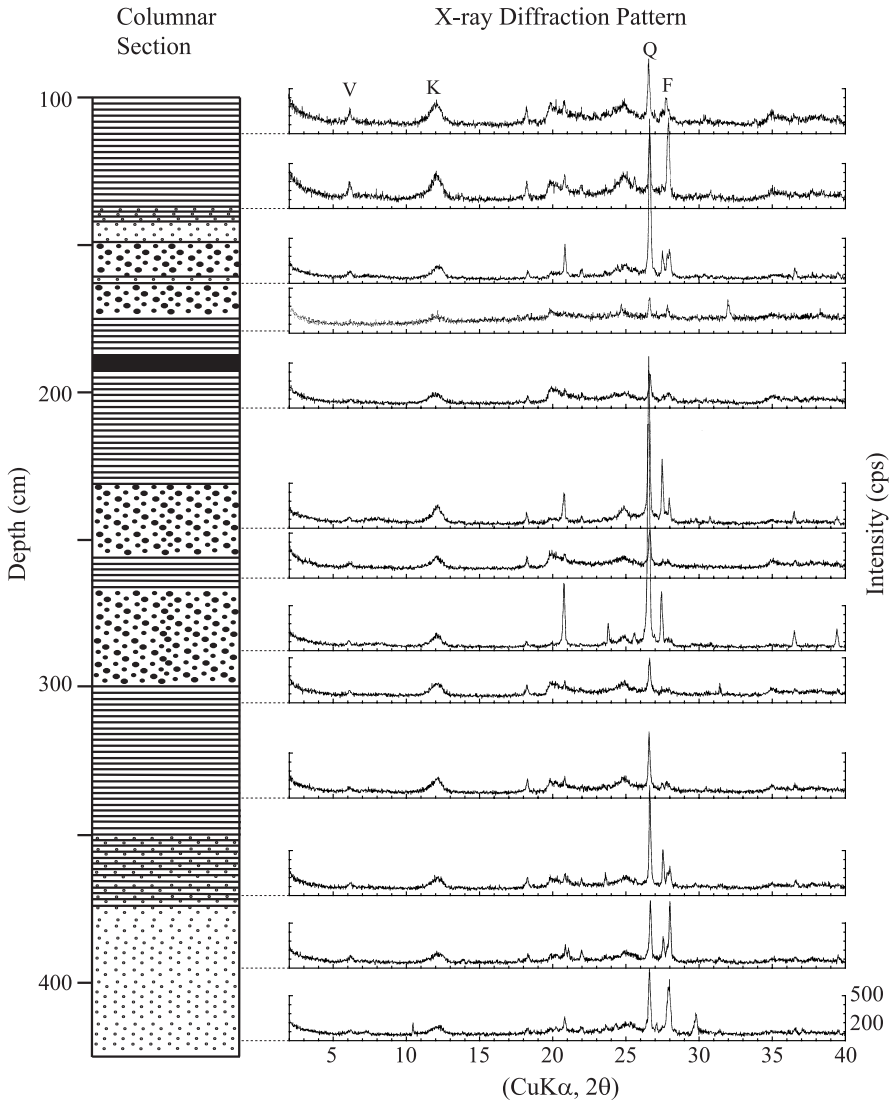


Fig. 6. X-ray diffraction (XRD) patterns of selected samples from the KS0304 core. F: feldspar, K: kaoline, Q: quartz, V: vermiculite. Legend of columnar section is shown in Fig. 2.

れるが、現地性か異地性かは明らかでない。碎屑粒子の構成鉱物、風化変質状況および形状を考慮すると、これらの粒子の運搬距離は比較的短い可能性が高い。また、黒雲母や緑泥石をほとんど伴わないこと、花崗岩類の風化で副生が期待される雲母粘土鉱物が伴わないことは、これらが後背地からの運搬・堆積過程で選択的に分離された可能性を示唆する。このような形成場として、例えば、花崗岩悪地の崩積土や稜線

部の残留土の河谷への流入、近傍の平坦地への堆積などが考えられる。

層相、乾燥密度、泥分含有率および石英や長石の石英指数 (Fig. 5) から、深度 300 cm 以浅では周囲から流入する砂粒子が土壤有機物を希釈することで、全炭素含有量が減少するものと判断できる。ただし、最下部から深度 300 cm では、上方細粒化とともに泥分含有率は増加するが、炭素含有量の減少と乾燥密度の増加が認

められることから， 砂サイズ以下の碎屑粒子の
流入量が増加したものと考えられる。

3. 湿原環境の成立

C/N 比は， 有機物の起源を区別する指標と
して有効であることが知られている (例えば，
中井ほか， 1982；公文， 2003)。すなわち， 陸
上で生育する高等植物に由来する有機物の
C/N 比は 15~30 と高い値を示すが， 水中のプ
ラクトンに由来する有機物の C/N 比は 6~
15 程度と小さい。このコア KS0304 について
みると， 最下部から深度 220 cm にかけて高等
植物の影響が徐々に弱くなって池沼的環境へ移
行したが， 深度 220 cm から再び高等植物の影
響が強くなり (Fig. 5)， 深度 180 cm 付近す
なわち 17 世紀中葉 (Fig. 4) から現在のような
湿原環境が成立したと考えられる。

深度 300~230 cm にかけて 2 枚の砂層が挟
在しており (Fig. 2)， その堆積年代は 16 世紀
初頭と推定される (Fig. 4)。この砂層の堆積
によって池沼の埋積が進行して， 17 世紀中葉に
は現在のような湿原環境が成立したものと推定
される。なお， 上述のように砂粒子を供給した
と想定される周辺の花崗岩悪地は， 人為的な植
生破壊によって成立した可能性も考えられ， 花
粉化石による周辺地域の植生変化や地形発達史
などを具体的に明らかにして詳しく検討する必
要がある。

まとめと今後の課題

檜原湿原で採取したコア試料 KS0304 は， お
よそ 1200 cal AD 以降のもので， 中世以降の自
然環境や人間活動による影響が記録されてい
ると考えられる。すなわち， 少なくとも 13 世紀
初頭から徐々に池沼的環境へ移行したが， 16 世紀
初頭から花崗岩起源の砂粒子の流入により埋積
が進行し， 17 世紀中葉には湿原環境が成立した
と考えられる。

今回 ^{14}C 年代を測定した植物細片や堆積物で
は不確定要素が残るため， 堆積物中を上下移動
する可能性が低い植物の葉や種子などの ^{14}C 年
代を測定し， より正確な年代決定を進める必要
がある。泥炭層の ^{14}C 年代でも， 暦年較正曲線

にフィッティングさせるウイグル・マッチング
(Pearson, 1986；古城, 1995) によって精密
年代決定が可能である (例えば, Kilian *et al.*,
1995；Pilcher *et al.*, 1995；Skog and Regnéll,
1995)。これを檜原湿原の堆積物でも適用でき
れば， 考古学や文献史学の知見とも照合できる
高精度の年代決定も可能となるであろう。筆者
らは， さらに 3 本のコア試料 (KS0412-1, -2,
-3) を採取して現在分析を進めているところで
あり (奥野ほか, 2005)， これらの結果報告も
含めて檜原湿原の成因については別途あらため
て議論したい。

謝 辞

本稿は， 日本第四紀学会 2004 年大会 (山形大
学) での講演内容に加筆・修正したものである。
佐賀県知事への試料採取の届出に際して， 佐賀
県環境生活局環境課の吉森清史氏にたいへんお
世話になった。現地調査では， 尾田武文博士 (当
時， 名古屋大学)， 岡本清次氏， 立石慶喜氏 (富
士町在住) をはじめとする多くの方々にご協力
いただいた。なお， この研究の一部には， 日本
学術振興会の基盤研究 (B) (1)「第四紀末の地
形・地質年代尺度の高度化・精密化の総合的研
究」 (課題番号：143800301， 研究代表者：奥村
晃史) および文部科学省の特定領域研究 (2)「中
世都市遺跡の電磁気調査と 14C 年代法による編
年の研究」 (課題番号：15068206-00， 研究代
表者：酒井英男)， 福岡大学研究推進部の領域別
研究経費「地球古環境の復元科学研究」 (研究
代表者：上野勝美) を使用した。記して謝意を
表します。

引用文献

- 林 正雄， 1979， 地熱井コア・スライムの定量的
記載。日本地熱学会誌， 1， 103-116。
上赤博文， 1995， 佐賀県の湿原植物-檜原湿原。
佐賀県高等学校教育研究会理科部会地学部
編：佐賀の自然をたずねて， 築地書館， 43-47。
唐木田芳文， 1985， 北九州花崗岩の地質学的分類。
日本応用地質学会九州支部報， 6， 2-12。
唐木田芳文・富田 達・松本達郎， 1962， 北九州

- 花崗岩類の2・3の問題. 地質学雑誌, **68**, 373-376.
- Kilian, M. R., van der Plicht, J. and van Geel, B., 1995, Dating raised bogs: new aspects of AMS ^{14}C wiggle matching, a reservoir effect and climatic change. *Quaternary Science Review*, **14**, 959-966.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E., 1993, A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ^{14}C measurements. *Radiocarbon*, **35**, 295-300.
- 古城 泰, 1995, 測定値の平均化とウイグル・マッチング-高精度年代決定のための二, 三のテクニックについて-. 第四紀研究, **34**, 129-134.
- 公文富士夫, 2003, 古気候指標としての湖沼堆積物中の全有機炭素・全窒素含有率の有効性. 第四紀研究, **42**, 195-204.
- 長岡信治, 2001, 背振山地. 町田 洋・太田陽子・河名俊男・森脇 広・長岡信治編: 日本の地形7「九州・西南諸島」, 東京大学出版会, 85-86.
- 中井信之・太田友子・藤澤 寛・吉田正夫, 1982, 堆積物コアの炭素同位体比, C/N比および FeS_2 含有量からみた名古屋港周辺の古気候, 古海水準変動. 第四紀研究, **21**, 167-177.
- 中村俊夫, 1995, 加速器質量分析 (AMS) 法による ^{14}C 年代測定の高精度化および正確度の向上の検討. 第四紀研究, **34**, 171-183.
- Nakamura, T., Niu, E., Oda, H., Ikeda, A., Minami, M., Takahashi, H., Adachi, M., Pals, L., Gottdang, A., Suya, N., 2000, The HVEE Tandemtron AMS system at Nagoya University. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **B 172**, 52-57.
- 奥野 充, 2005, 檜原湿原の堆積物から環境変動を読む. 歴史読本, **50**(2), 221-223.
- 奥野 充・上田恭子・森 勇一・中村俊夫・長岡信治・尾田武文・長谷義隆・稲永康平・水田利穂, 2004, 北部九州, 檜原湿原のボーリング・コアの層序と ^{14}C 年代. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (XV), 157-164.
- 奥野 充・中村俊夫・藤木利之・杉山真二・酒井英男・吉田直人・森 勇一・上田恭子・此松昌彦・鮎沢 潤・長岡信治・稲永康平, 2005, 北部九州の檜原湿原におけるボーリング・コア試料 (KS0412-3) の分析結果 (速報). 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (XVI), 156-167.
- Pearson, G. W., 1986, Precise calendrical dating of known growth-period samples using a 'curve fitting' technique. *Radiocarbon*, **28**, 292-299.
- Pilcher, J. R., Hall, V. A. and McCormac, F. G., 1995, Dates of Holocene eruptions from tephra layers in Irish peats. *The Holocene*, **5**, 103-110.
- 佐賀県保健環境部保全課編, 1991, 檜原湿原 (改訂版). 佐賀県保健環境部, 72p.
- 阪口 豊, 1974, 泥炭地の地学-環境の変化を探る-. 東京大学出版会, 329p.
- Skog, G. and Regnéll, J., 1995, Precision calendar-year dating of the elm decline in a sphagnum-peat bog in southern Sweden. *Radiocarbon*, **37**, 197-202.
- Stuiver, M. and Reimer, P. J., 1993, Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P. J., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., van der Plicht, J. and Spurk, M., 1998, INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24, 000-0 cal BP. *Radiocarbon*, **40**, 1041-1083.
- Wyszecki, G. and Stiles, W. S., 1982, *Color science: concepts and methods, quantitative data and formula*. John Wiley & Sons, 950p.

Appendix 1 Physical properties of analyzed samples.

Sample no. (C-)	Depth (cm)	Water content (%)	Dry bulk density (g/cm ³)	Mud content (%)	Total Carbon (%)	Total Nitrogen (%)	C/N ratio	Quartz index			CIE color index		
								Quartz	Feldspar	L*	a*	b*	
1	104.5	68.3	0.36	76.8	4.84	0.26	18.4	5.6	3.0	59.5	5.0	8.7	
2	112.5	63.4	0.42	75.3	3.13	0.15	20.3	6.2	2.6	62.1	0.6	11.8	
3	120.5	49.6	0.71	70.4	1.65	0.09	19.2	6.2	3.4	63.9	3.2	12.6	
4	129.5	38.1	0.88	39.6	1.13	0.05	21.1	6.6	10.9	65.8	2.6	13.6	
5	137.5	46.6	0.74	69.1	1.51	0.08	19.5	6.3	8.3	63.3	3.0	13.4	
6	145.5	60.2	0.53	88.8	3.67	0.20	18.5	6.8	2.9	62.9	3.0	11.6	
7	154.5	27.6	0.96	2.4	0.18	0.01	22.2	36.3	11.9	70.6	2.3	15.1	
8	162.5	28.3	1.03	5.2	0.60	0.03	20.1	24.5	4.7	67.2	3.0	14.9	
9	170.5	20.5	1.19	1.0	0.13	0.01	21.1	48.9	13.2	70.9	3.3	17.5	
10	179.5	47.2	0.63	89.5	3.53	0.17	20.3	3.9	2.8	55.9	8.4	24.5	
11	187.5	66.8	0.39	61.3	7.58	0.43	17.7	3.3	1.8	50.7	6.7	17.9	
12	195.5	62.4	0.46	71.2	4.23	0.25	16.7	3.7	2.0	60.3	3.8	12.0	
13	204.5	60.1	0.50	77.3	5.68	0.30	19.2	5.0	2.0	61.7	3.6	12.4	
14	212.5	50.5	0.68	92.9	2.40	0.15	16.1	5.5	1.8	68.2	4.1	16.1	
15	220.5	40.4	0.87	97.6	0.93	0.07	13.0	6.4	1.8	72.0	3.8	17.1	
16	229.5	28.3	1.09	11.6	0.16	0.01	14.4	27.4	10.7	70.4	2.8	16.8	
17	237.5	44.0	0.84	94.8	1.33	0.09	14.9	6.8	2.0	69.1	4.2	17.1	
18	245.5	23.9	1.21	2.1	0.10	0.01	12.5	46.5	5.9	70.1	2.9	15.8	
19	254.5	35.9	1.00	94.4	0.63	0.04	14.3	6.4	2.9	62.6	10.4	28.3	
20	262.5	46.4	0.78	97.8	1.28	0.09	14.0	6.4	1.7	68.5	3.6	16.4	
21	270.5	18.4	1.29	7.0	0.13	0.01	14.2	39.7	7.0	70.8	3.9	14.6	
22	279.5	14.7	1.16	3.3	0.12	0.01	12.8	59.6	5.8	69.7	3.5	15.8	
23	287.5	17.2	1.15	2.8	0.12	0.01	12.8	57.7	9.6	71.2	3.1	15.0	
24	295.5	18.6	1.16	10.0	0.19	0.01	15.2	44.2	4.5	70.6	3.2	16.3	
25	304.5	33.7	1.08	91.6	0.75	0.05	14.4	6.4	1.9	67.7	4.6	19.7	
26	312.5	38.5	0.99	89.9	1.46	0.10	14.7	7.0	1.7	69.4	3.8	17.1	
27	320.5	38.8	0.97	95.1	1.12	0.08	14.7	7.1	3.6	67.0	3.3	16.9	
28	329.5	38.9	0.94	96.9	1.14	0.08	15.0	7.1	1.9	66.3	6.5	25.9	
29	337.5	37.0	0.97	88.6	1.20	0.08	15.8	10.2	2.1	65.9	4.2	19.7	
30	345.5	38.3	0.92	77.3	1.29	0.08	16.6	7.7	4.1	63.2	4.9	21.5	
31	354.5	34.8	1.05	85.8	1.40	0.09	15.9	7.9	2.8	61.2	4.8	19.6	
32	362.5	34.3	1.02	71.2	1.94	0.12	16.8	10.5	3.4	59.7	5.2	20.4	
33	370.5	37.5	0.90	59.4	2.42	0.13	18.4	17.3	6.6	59.9	3.9	15.3	
34	379.5	36.6	0.97	45.8	3.20	0.19	17.3	11.5	4.0	53.2	3.3	11.5	
35	387.5	36.0	0.95	34.6	3.60	0.20	18.3	14.5	4.5	54.0	3.4	11.4	
36	395.5	38.9	0.89	42.0	4.24	0.23	18.3	10.3	10.3	53.2	3.7	11.5	
37	404.5	41.4	0.81	39.5	5.39	0.28	19.0	9.4	11.8	49.8	3.9	10.4	
38	412.5	47.4	0.65	53.8	5.78	0.30	19.0	10.0	5.3	49.9	3.8	9.8	
39	420.5	49.3	0.64	36.9	6.59	0.32	20.7	11.1	9.4	47.7	4.0	9.8	