

—挨拶— 20周年を迎えるに当たって

—動向—

総括

考古学研究室

地質調査室

土壌研究室

ロシア科学アカデミー I・S・ジュシチホフスカヤ博士訪問記

—研究報告—

(総説) 花粉分析の歴史と現状

イギリス西南部、Cornwell 地方、Falmouth 付近の
Carnmenellis 花崗岩の岩相について

埼玉県北部 (岩殿丘陵) に分布する中新統の石灰質
ナンノ化石層序 (Vol. 2 続報)

諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集と古環境変遷およ
びその対比 (GS400、63B ボーリングコアの花粉分析)

大峰沼の形成から将来に至る総合研究 1

—浮島の成因と環境変遷—

大峰沼の形成から将来に至る総合研究 2

—沼域ならびに植生の調査と将来予測—

群馬県高崎市・寺尾中台遺跡から出土した炭化材の
樹種

近世江戸遺跡から出土した焼塩壺

(資料) 南関東地方を中心としたイネ属由来植物遺
体の出現傾向

—技術報告—

湛水条件下における土壌のガス発生挙動について
放射性炭素年代測定技術の導入にあたって

取締役社長 日野政晴

徳永 重元

成田英吉・成田伸哉

堀内誠示・柳沢幸夫・栗原行人

大嶋秀明

田中義文・堀内誠示・中根秀二・辻本裕也

田中義文・堀内誠示・中根秀二・辻本裕也

高橋 敦・橋本真紀夫・田村 孝

矢作健二・植木真吾・橋本真紀夫・斎藤紀行

馬場健司・金井慎司・田中義文

小畑 勝・熊木和弘

矢作健二・小畑 勝・辻本崇夫



1998.4

PALYNOSURVEY CO., LTD

(技術報告) 湛水条件下における土壌のガス発生挙動について

小畑 勝¹⁾・熊木 和弘¹⁾

要旨

地球環境の変化、とくに地球を取りまく大気については、多くの関心もたれている。大気中のガス組成の変動についても多くの情報が報告され、その要因の一つとして、土壌から発生する各種ガスの影響が大きいことが指摘されている。日本の土地利用の特徴として、平野を中心に水田が多いことがあげられる。水田では湛水条件下で生じる酸化還元という反応により、土壌中の成分がガス化して大気中のガス組成を変動させるという懸念がある。

本報告では、日本の代表的な土壌を用いて、湛水条件下での各種ガス発生状況を調べ、土壌の違いによるガス代謝への影響をまとめた。

1. はじめに

土壌・水質の環境分析を行い、その情報を提供している土壌研究室では、地球環境の変動に大きな関心をもっている。近年、地球環境に関わる情報、特に地球を取り巻く大気中の各種ガス成分についての報告が多く公表されている。それは、メタン(CH₄)濃度が全球的に1年間当たり約1%の割合で増加を続けていること、亜酸化窒素(N₂O)の濃度は産業革命以前に比べ8%程度高いこと、含硫ガス(6種*)はぜんそくなどの公害として大気汚染、酸性雨として環境汚染の要因の一つに指摘されていること、温室効果気体と呼ばれる二酸化炭素(CO₂)濃度は200年前から増え始めて現在では年間1.8ppmvの割合で増加し続けていることなどである。

このような大気ガス組成が変動する原因としては、火山活動、鉱工業、化石燃料の燃焼、核爆発などがあげられていたが、近年土壌の生態系から発生するガスの影響が大きいことが指摘されるようになった。例えば、水田から発生するメタンは耕作面積の増大に伴い、また、耕地から発生する亜酸化窒素は窒素肥料の多肥により増加していることが報告されており、土壌でも特に耕地由来のガスが大気中のガス組成に深く関与しているといえる。

そこで、当室では土壌生態系からのガス代謝が大気へ及ぼす影響を調べるにあたり、まず、耕地に注目し、日本の耕地土壌の特徴である水田土壌(湛水条件)でのガス代謝について調査することとした。水田土壌の研究については、水田土壌を1つの酸化還元系としてとらえた塩入の業績以来、酸化還元電位を中心に、各種成分の挙動について数多く報告されている。ガス代

謝については、水田土壌が湛水条件下で存在するためにガスの発生が土壌の還元に伴い、二酸化炭素(CO₂)、硫化水素(H₂S)、メタン(CH₄)の順に発生することが知られている。

本報告では、水田でのガス代謝を調査するために日本の代表的な土壌を湛水条件下でインキュベーションしたときの発生ガス量を調査している。また、同時に酸化還元電位(Eh)とpHを経時的に測定した。参考として酸化還元による影響されると考えられる土壌水中の各イオンの測定と試験跡地土壌の分析を実施している。

*：含硫ガスとは、硫化水素(H₂S)、メチルメリカブタン(CH₃SH)、カルボニルサルファイド(COS)、二硫化炭素(CS₂)、ジメチルサルファイド(CH₃SCH₃)、ジメチルジサルファイド(CH₃SSCH₃)の6種である。

2. 方法

(1) 試験土壌

表1の7種の土壌を、風乾し2.0mm篩別して使用した。それぞれの理化学性は表2と表3に示した。

(2) 試験ポットの設定

図1に示す1/5,000アールのポットに土壌を充填し、水を加えて充分攪拌した。この時、土が落ちついた後の土層が15~17cmに土の量を調節した。水層は3~4cmに調節した。白金電極は、ポット中央の土壌表面から5cmと10cmに、ポーラスカップ(土壌水採取用)はポットの底から5cmに設置した。ポットは、25℃の恒温室に静置し、水を加えて水層を3~4cmに保った。

(3) 試料採取と調査

1) 調査研究部土壌学研究室

表1 試験土壌の種類

試験土壌	採取場所	採取地形	履歴
褐色森林土A	岩手県釜石市	山地	未耕地
褐色森林土B	三重県熊野市	山地	果樹園
褐色森林土C	山口県阿武郡福栄村	丘陵地	未耕地
黒ボク土A	群馬県赤城村	丘陵地	未耕地
黒ボク土B	長野県塩尻市	盆地	水田
赤黄色土	静岡県浜松市三方原町	丘陵地	未耕地
灰色低地土	群馬県藤岡市	低地	水田

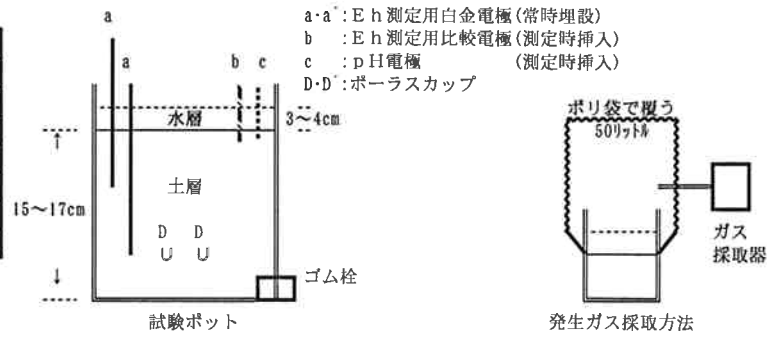


表2 理化学性分析結果 (一般)

図1 試験ポットの設置図

項目	pH(H ₂ O) 20℃	全炭素 C × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *	全窒素 N × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *	可給態窒素 N × 10 ⁻⁶ kgkg ⁻¹ *	交換性陽イオン × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *				陽イオン 交換容量	遊離酸化鉄 Fe × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *	易還元性 マンガン Mn × 10 ⁻⁶ kgkg ⁻¹ *
					カルシウム Ca	マグネシウム Mg	カリウム K	ナトリウム Na			
褐色森林土A	5.6	0.39	0.03	1>	-	-	-	-	-	1.0	7.7
褐色森林土B	10.2	0.82	0.05	1>	89.4	1.8	0.7	0.5	15.9	1.23	14.6
褐色森林土C	6.1	3.76	0.23	14.8	8.6	1.5	1.0	0.2	19.5	2.09	33.0
黒ボク土A	5.6	5.17	0.30	1.3	-	-	-	-	-	1.9	4.0
黒ボク土B	6.7	4.45	0.31	1>	19.1	4.5	0.9	0.1>	27.9	2.8	5.0
赤黄色土	5.9	0.19	0.02	1>	3.5	0.8	0.3	0.1>	4.6	1.56	1.9
灰色低地土	5.8	1.90	0.19	7.9	-	-	-	-	-	1.1	3.5

項目	粒 径 組 成 × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *				土 性	土壌粘土鉱物 (主要粘土鉱物)
	粗 砂 2.0~0.2mm	細 砂 0.2~0.02mm	シルト 0.02~0.002mm	粘 土 0.002mm以下		
褐色森林土A	6.2	57.0	24.3	12.5	L	-
褐色森林土B	23.7	30.5	29.6	16.2	CL	イライト、緑泥石・ハ'-ミキアイト混合物
褐色森林土C	4.4	6.8	39.6	49.2	HC	クロライト、イライト
黒ボク土A	23.2	27.4	26.2	23.2	CL	アロペン、クロライト
黒ボク土B	4.9	17.6	38.7	38.8	LiC	緑泥石・ハ'-ミキアイト混合物、クロライト
赤黄色土	27.3	36.4	8.9	27.4	SC	カリサイト、緑泥石・ハ'-ミキアイト混合物
灰色低地土	23.7	30.5	29.6	16.2	CL	クロライト、イライト

注: (1)単位表示: S I単位系で表示。*: 乾土あたりの表示。

(2)分析方法: 粒径組成: ビベット法。値は粗砂、細砂、シルト、および粘土の合計を100とする重量百分率で表示。粒径区分は国際土壌学会の数値による。

L: Loam (壤土) CL: Clay Loam (埴壌土), pH(H₂O): 1:2.5水浸出-ガラス電極法。、全炭素・全窒素: CNコーダー法。、可給態窒素: 沸水状態で30

℃28日間静置-2N塩化カリウム抽出-窒素蒸留法。、遊離酸化鉄: 浅見・熊田法。、易還元性マンガン: 1:10、0.2%ハイドロキノン含有1N酢酸アンモニ

ウム溶液抽出-原子吸光法。、土壌粘土鉱物: X線回折法。粘土鉱物の種類 結晶質含水ケイ酸塩鉱物 1: 1型カリサイト 中間型緑泥石・ハ'-ミキアイト混合物

2: 1型(非膨張格子) イライト、クロライト 非晶質含水ケイ酸塩鉱物 アロペン

表3 理化学性分析結果 (腐植形態)

項目	アルカリ抽出腐植炭素量 C × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *	腐植炭炭素量 C × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *	フルボ酸炭素量 C × 10 ⁻² kgkg ⁻¹ *	アルカリ抽出腐植割合 %	腐植酸割合 %	腐植酸色調係数 ΔlogK	腐植酸相対色度 R F	腐植酸の型
褐色森林土A	1.03	0.04	0.07	20.0	38.0	0.807	40	B
褐色森林土B	0.01	0.01>	0.01>	3.1	14.2	0.663	23	P
褐色森林土C	1.16	0.46	0.70	35.5	42.6	0.557	29	P
黒ボク土A	1.68	0.85	0.83	32.4	53.6	0.556	115	A
黒ボク土B	1.27	0.71	0.56	32.5	58.9	0.717	153	A
赤黄色土	0.03	0.01>	0.03	17.2	9.1	0.796	36	Rp
灰色低地土	0.74	0.29	0.45	79.3	42.1	0.742	41	P

注: (1)単位表示: S I単位系で表示。*: 乾物あたりの表示。

(2)分析方法: 熊田法。

(3)アルカリ抽出腐植炭素量: 腐植炭炭素量とフルボ酸炭素量の合量で表示。

(4)アルカリ抽出腐植割合: 全有機炭素量に対するアルカリ抽出腐植炭素量の割合。

(5)腐植酸割合: アルカリ抽出腐植炭素量に対する腐植炭炭素量の割合。

(6)腐植酸色調係数 (ΔlogK): 腐植酸吸光曲線の傾斜度。ΔlogK=logK400-logK600 (Kは400または600nmの吸光度)

(7)腐植酸相対色度 (R F): 腐植酸相対色度あたりの色の濃さ。R F = [K600/吸光度の測定に用いた腐植酸溶液30mlの0.1N過マンガン酸カリウム溶液消費量 (ml)] × 1,000

表4 褐色森林土AのEh経時変化

		経過日数																	日		
		1	2	3	4	5	6	9	14	19	24	27	31	34	39	46	55	69	81	97	
Eh	mV	上層(5cm)	445	288	108	307	339	344	189	229	223	235	195	196	202	204	189	177	85	74	76
			408	197	32	199	275	261	192	158	146	189	144	112	173	190	145	130	136	90	61
			424	57	101	204	220	257	195	218	183	183	166	134	170	155	179	156	84	62	94
			400	-85	101	232	356	371	254	178	142	147	61	12	-88	132	177	167	176	85	81
			444	52	-173	-70	220	305	154	151	63	174	116	156	192	118	174	128	116	58	66
	上層平均値	424	102	34	174	282	308	197	187	175	186	136	122	130	160	173	152	119	74	76	
	下層(10cm)	402	264	-131	241	296	268	165	45	35	54	54	57	30	27	-10	5	-41	7	9	
		368	240	-52	195	285	269	162	153	144	204	191	172	206	209	197	171	157	72	71	
		424	-49	88	198	182	253	182	104	81	34	25	58	53	49	46	126	149	106	81	
		471	170	-133	145	224	236	160	60	62	72	63	51	63	71	75	79	78	87	79	
401		111	-157	81	240	281	210	84	81	200	188	179	39	195	221	159	164	116	105		
下層平均値	413	147	-77	172	245	261	176	91	81	113	104	103	78	110	106	108	101	78	69		
pH		5.3	5.5	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.4	5.3	5.5	5.4	5.3	5.2	5.0	5.2	5.3	5.2	

注. (1) Eh 上: 表面から5cmの白金電極での測定値。下: 表面から10cmの白金電極での測定値。
 (2) 液温: EhとpH測定時の液温。

表5 褐色森林土Aの発生ガス挙動

		経過日数									日
		1	3	5	7	9	14	19	27	39	
二酸化炭素	CO ₂ ppm	370	570	700	590	430	490	470	460	470	
硫化水素	H ₂ S ppm	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	
メタン	CH ₄ ppm	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9	1.8	1.9	

表6 褐色森林土Aの土壌水分分析結果

		経過日数		日
		28	49	
pH		5.8 (22)	5.7 (21)	
EC	mS/m	17.0 (22)	18.0 (21)	
溶存酸素	0 mg/l	3.4 (22)	3.1 (21)	
溶存二酸化炭素	CO ₂ ml/l	43.9	29.2	
溶存硫化水素	H ₂ S ml/l	0.1>	0.1>	
溶存メタン	CH ₄ ml/l	0.30	0.60	
溶解性鉄	Fe mg/l	1.56	9.46	
溶解性マンガン	Mn mg/l	3.73	11.26	
アンモニウムイオン	NH ₄ ⁺ mg/l	0.01>	0.01>	
硝酸イオン	NO ₃ ⁻ mg/l	0.01>	0.01>	

注. (数値): 測定時の液温(°C)。

表7 褐色森林土Aの試験跡地土壌分析結果

遊離酸化鉄	易還元性マンガン
Fe×10 ⁴ kgkg ⁻¹	Mn×10 ⁴ kgkg ⁻¹
1.03	15.1

① Eh 測定

測定日(結果表参照)に比較電極を差し込み測定した。同時にpHと液温を測定した。

② 発生ガス測定

試料は、試料採取日(結果表参照)に50リットルのポリ容器をポットに被せ密栓して24時間静置して採取した。この試料で二酸化炭素(ガスクロマト法)と硫化水素(ガスクロマト法)とメタン(ガスクロマト法)を測定した。

③ 土壌水測定

試料は、試料採取日(結果表参照)に50mlの注射器で採取した。この試料でpH(ガラス電極法)と電気伝導率(ECメーター法)と溶存酸素(DOメーター法)と溶存二酸化炭素(ガスクロマト法)と溶存メタン(ガ

スクロマト法)と溶存硫化水素(ガスクロマト法)と溶解性鉄(原子吸光法)と溶解性マンガン(原子吸光法)と硝酸イオン(イオンクロマト法)とアンモニウムイオン(イオンクロマト法)を測定した。

④ 試験跡地土壌分析

試料は試験終了後、風乾し2.0mm篩別して使用した。この試料で遊離酸化鉄(浅見・熊田法)と易還元性マンガン(1:10、0.2%ハイドロキノン含有1N酢酸アンモニウム溶液抽出-原子吸光法)を測定した。

3. 結果

測定結果を表4から表31、Ehの経時変化を図2から図8、二酸化炭素とメタンの挙動を図9から図15に示した。

表8 褐色森林土BのEh経時変化

		経過日数											日	
		0	1	2	3	4	5	6	7	14	28	56	70	
Eh	mV	上層(5cm)	299	290	280	281	255	255	257	246	293	277	268	58
			280	290	279	239	215	182	208	203	157	126	32	81
			268	236	200	-4	3	20	31	26	27	17	-5	12
	上層平均値		282	272	253	172	158	152	165	158	159	140	98	50
	下層(10cm)	305	282	260	189	178	178	178	168	149	4	43	40	
		333	309	291	265	254	253	258	254	294	305	264	263	
349		329	313	278	263	256	261	257	284	312	292	284		
下層平均値		329	307	288	244	232	229	232	226	242	207	200	196	
pH		10.4	10.6	10.6	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.6	10.5	10.5	

注. (1) Eh 上: 表面から5cmの白金電極での測定値。、下: 表面から10cmの白金電極での測定値。
(2) 液温: EhとpH測定時の液温。

表9 褐色森林土Bの発生ガス挙動

		経過日数						日
		0	3	5	7	14	28	56
二酸化炭素	CO ₂ ppm	220	430	290	320	380	360	340
硫化水素	H ₂ S ppm	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>
メタン	CH ₄ ppm	1.8	1.9	1.8	2.1	2.6	1.9	2.0

表10 褐色森林土Bの土壌水分析結果

		経過日数						日
		0	3	7	14	28	56	
pH		8.5 (21)	10.3 (21)	10.5 (21)	10.5 (21)	10.6 (21)	10.6 (20)	
E.C	mS/m	214 (21)	217 (21)	208 (21)	203 (21)	202 (21)	194 (20)	
溶存酸素	O mg/l	5.9 (22)	4.8 (22)	3.6 (22)	3.5 (22)	7.7 (23)	4.7 (20)	
溶存二酸化炭素	CO ₂ ml/l	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	
溶存硫化水素	H ₂ S ml/l	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	
溶存メタン	CH ₄ ml/l	0.05>	0.05>	0.09	0.22	0.05>	0.05>	
アンモニウムイオン	NH ₄ ⁺ mg/l	3.2	3.2	3.5	3.2	3.2	3.2	
硝酸イオン	NO ₃ ⁻ mg/l	11.4	7.4	3.6	1>	1>	1>	
溶解性鉄	Fe mg/l	0.3>	0.5	0.3>	0.3>	0.3>	0.3>	
溶解性マンガン	Mn mg/l	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>	
ナトリウム	Na mg/l	48.4	38.6	37.8	38.6	44.4	36.6	
カリウム	K mg/l	16.9	18.8	16.9	16.0	15.1	13.3	
マグネシウム	Mg mg/l	0.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	
カルシウム	Ca mg/l	45.1	43.9	42.3	39.6	41.2	37.5	

注. (数値): 測定時の液温(°C)。

表11 褐色森林土Bの試験跡地土壌分析結果

遊離酸化鉄	易還元性マンガン
Fe×10 ⁻³ kgkg ⁻¹	Mn×10 ⁻³ kgkg ⁻¹
1.26	17.5

(1) 試験土壌の特徴

褐色森林土A: 全炭素が非常に少なく、また易分解性有機物量も少ない。

褐色森林土B: 全炭素が比較的少なく、また易分解性有機物量も少ない。本土壌は人為的な影響を受けて水素イオン濃度がpH10.2で強アルカリ性を示し、何らかの人為的な影響を受けたと思われる特徴を示している。

褐色森林土C: 全炭素が多く、易分解性有機物量も多い。また易還元性マンガンが多いので、現在または近い過去還元状態であった特徴が認められる。易分解性有機物量は少ない。

黒ボク土A: 有機炭素量が多く、腐植酸の形態がA型であり、また主要粘土鉱物中にアロフェンが認められる、黒ボク土の一般的な特徴を示している。易分解性有機物量は少ない。

黒ボク土B: 全炭素量が多く、腐植酸の形態がA型であり、黒ぼく土の一般的な特徴を示している。また、主要粘土鉱物中にアロフェンが認められない、いわゆる非アロフェン質の黒ぼく土である。易分解性有機物量は少ない。

赤黄色土: 全炭素が非常に少なく、易分解性有機物量が少ない。また、粘土鉱物中に遊離酸化鉄を含むため、赤黄色をしている。

灰色低地土: 全炭素量が高く、易分解性有機物が多い。

(2) Ehの経時変化

褐色森林土A: 灌水直後は上層424mV、下層413mVを示し、3日目まで急激に下がり上層34mV、下層-77mVを示す。6日目まで急激に上がり上層308mV、下層261mVを示し、その後緩やかに下がり、69日目には

表12 褐色森林土CのEh経時変化

		経過日数													日
		0	1	2	3	4	5	6	7	14	28	56	70		
Eh	上層(5cm)	347	-215	289	250	206	170	12	-100	-201	-153	-150	-244		
		436	-156	306	283	249	206	158	53	-185	-226	-199	-251		
		442	-225	286	261	206	126	10	-42	-193	-191	-190	-225		
	下層(10cm)	408	-199	294	265	220	167	60	-30	-193	-190	-180	-240		
		431	-244	289	276	197	89	-60	-103	-126	-196	-216	-253		
		421	-49	249	234	197	157	-11	-52	-186	-197	-221	-251		
下層平均値		446	-152	299	280	233	160	14	-67	-191	-178	-219	-243		
pH		5.7	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.9	6.3	6.6	6.7	6.8			

注。(1)Eh 上：表面から5cmの白金電極での測定値。下：表面から10cmの白金電極での測定値。
 (2)液温：EhとpH測定時の液温。

表13 褐色森林土Cの発生ガス挙動

		経過日数							日
		0	3	5	7	14	28	56	
二酸化炭素	CO ₂ ppm	460	550	490	620	670	450	1300	
硫化水素	H ₂ S ppm	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	
メタン	CH ₄ ppm	1.8	1.9	1.9	2.6	2.3	17	1600	

表14 褐色森林土Cの土壌水分析結果

		経過日数							日
		0	3	7	14	28	56		
pH		6.8 (20)	7.0 (20)	7.2 (21)	7.7 (20)	7.9 (20)	7.8 (20)		
EC	mS/m	30.5 (20)	46.8 (20)	60.9 (20)	63.5 (20)	101.0 (20)	113.6 (20)		
溶解酸素	O mg/l	2.7 (22)	4.0 (22)	3.4 (22)	3.5 (22)	3.4 (23)	4.3 (20)		
溶解二酸化炭素	CO ₂ ml/l	1.00	0.06	0.05>	0.29	0.60	0.17		
溶解硫化水素	H ₂ S ml/l	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>		
溶解メタン	CH ₄ ml/l	0.05>	0.05>	0.05	0.38	0.14	0.29		
アンモニウムイオン	NH ₄ ⁺ mg/l	2.2	2.8	3.8	5.4	12.2	23.8		
硝酸イオン	NO ₃ ⁻ mg/l	1>	1>	1>	1>	1>	1>		
溶解性鉄	Fe mg/l	0.3>	0.3>	0.4	10.9	48.4	103.9		
溶解性マンガン	Mn mg/l	0.2	4.4	17.1	29.3	21.1	21.5		
ナトリウム	Na mg/l	17.0	18.2	19.4	20.6	26.4	26.4		
カリウム	K mg/l	15.4	13.8	18.6	18.6	25.2	25.2		
マグネシウム	Mg mg/l	6.4	11.1	15.7	21.0	50.5	45.5		
カルシウム	Ca mg/l	2.9	5.1	6.9	6.0	11.9	12.3		

注。(数値)：測定時の液温(℃)。

表15 褐色森林土Cの試験地土壌分析結果

遊離酸化鉄	易還元性マンガ
Fe×10 ³ kgkg ⁻¹	Mn×10 ⁴ kgkg ⁻¹
1.98	61.2

上層119mV、下層101mVを示す。

褐色森林土B：灌水直後は上層282mV、下層329mVを示し、3日目まで下がり上層172mV、下層244mVを示す。その後、緩やかに下がり70日目には上層50mV、下層196mVを示す。

褐色森林土C：灌水直後は上層408mV、下層433mVを示し、1日目に急激に下がり上層-199mV、下層-148mVを示し、2日目には急激に上がり上層294mV、下層279mVを示す。14日目まで急激に下がり上層-193mV、下層-168mVを示し、その後緩やかに下がり、70日目には上層-240mV、下層-249mVを示す。

黒ボク土A：灌水直後は上層517mV、下層565mVを示し、2日目まで大きな変動がない。6日目まで若干下がり上層446mV、下層478mVを示し、その後緩やかに下がり70日目には上層471mV、下層407mVを示す。

黒ボク土B：灌水直後は上層371mV、下層335mVを

示し、3日目まで急激に下がり上層161mV、下層187mVを示す。6日目まで上がり上層294mV、下層258mVを示し、その後緩やかに下がり、70日目には上層185mV、下層120mVを示す。

赤黄色土：灌水直後は上層475mV、下層453mVを示し、7日目まで下がり上層294mV、下層315mVを示す。上層は14日目までさらに下がり71mVを示し、その後上がり70日目には282mVを示す。下層は緩やかに下がり70日目には下層232mVを示す。

灰色低地土：灌水直後は上層473mV、下層532mVを示し、その後急激に下がり、7日目には上層190mV、下層198mVを示し、70日目には上層-203mV、下層-205を示す。

(3)発生ガスの挙動

褐色森林土A：二酸化炭素は0日目に370ppmを示

表16 黒ぼく土AのEh経時変化

		経過日数																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
Eh	mV	上層(5cm)	483	463	456	381	313	329	323	331	361	397	428	438	449	452	451	—	—
			490	506	506	504	501	488	472	464	439	444	441	435	439	438	440	—	—
			588	588	615	618	571	565	526	554	545	531	516	505	515	506	500	492	472
			507	505	509	510	506	454	464	469	478	475	493	480	472	481	455	473	470
			上層平均値	517	516	514	503	473	459	446	455	456	462	470	465	469	469	462	483
	下層(10cm)	610	629	626	604	569	560	543	548	547	532	534	513	513	512	508	—	—	
		489	522	530	544	423	521	503	459	435	417	433	417	375	374	408	—	—	
		537	541	565	539	484	485	430	485	536	532	500	491	499	465	489	462	428	
		622	621	657	636	588	462	434	418	480	449	431	435	428	418	414	395	385	
		下層平均値	565	578	595	581	516	507	478	478	500	483	475	464	454	442	455	429	407
pH		5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.6	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	

注. (1) Eh 上: 表面から5cmの白金電極での測定値。下: 表面から10cmの白金電極での測定値。
(2) 液温: EhとpH測定時の液温。

表17 黒ぼく土Aの発生ガス挙動

		経過日数										
		0	3	5	7	14	21	28	35	42	56	70
二酸化炭素	CO ₂ ppm	380	500	430	450	490	450	520	470	520	560	640
硫化水素	H ₂ S ppm	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>
メタン	CH ₄ ppm	1.8	1.8	1.9	17.0	2.1	1.8	2.5	2.0	1.8	1.9	1.9

表18 黒ぼく土Aの土壌水分析結果

		経過日数					
		0	3	7	14	28	56
pH		5.4 (16)	5.6 (16)	5.8 (16)	6.0 (16)	5.6 (20)	5.7 (19)
EC	mS/m	82.4 (16)	87.7 (16)	84.5 (16)	81.3 (16)	72.2 (20)	64.2 (19)
溶存酸素	O mg/l	8.4 (19)	8.3 (19)	8.4 (19)	8.1 (19)	4.1 (20)	5.1 (19)
溶存二酸化炭素	CO ₂ ml/l	0.44	0.18	0.27	0.37	0.10	0.05>
溶存硫化水素	H ₂ S ml/l	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>
溶存メタン	CH ₄ ml/l	0.25	0.05>	0.31	2.40	0.04	0.89
アンモニアイオン	NH ₄ ⁺ mg/l	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>
硝酸イオン	NO ₃ ⁻ mg/l	270.63	272.69	273.19	245.56	212.55	169.12
溶解性鉄	Fe mg/l	0.01>	0.01>	0.11	0.22	0.11	0.31
溶解性マンガン	Mn mg/l	0.07	0.01>	0.03	0.21	0.39	0.81

注. (数値): 測定時の液温(°C)。

表19 黒ボク土Aの試験跡地土壌分析結果

遊離酸化鉄	易還元性マンガン
Fe×10 ⁻³ kgkg ⁻¹	Mn×10 ⁻⁴ kgkg ⁻¹
1.90	3.1

し、5日目まで増加して700ppmを示す。その後低下し、430ppmから470ppmを示す。硫化水素は試験期間中に発生しなかった。メタンは、変化なく1.8~2.0ppmである。

褐色森林土B: 二酸化炭素は0日目に220ppmを示し、3日目に一時的に上がり430ppmを示すが、その後低下し、320ppmから380ppmを示す。硫化水素は、試験調査期間中に発生しなかった。メタンの発生量は0日目に1.8ppmを示し、その後14日目まで上がり2.6ppmを示すが、その後下がり1.9ppmから2.0ppmを示した。

褐色森林土C: 二酸化炭素は0日目に460ppmを示し、3日目まで上がり550ppmを示した後、7日目には一時的に下がり490ppmを示す。その後14日目まで上がり670ppmを示すが、28日目に一時下がり450ppmとなり、56日目には急激に上がり1300ppmを示した。硫化水素は、試験調査期間中に発生しなかった。メタンは

0日目に1.8ppmを示し、その後7日目まで緩やかに上がり2.6ppmを示し、14日目に若干下がり2.3ppmとなるがその後急激に上がり56日目には1600ppmを示した。

黒ボク土A: 二酸化炭素は0日目に380ppmを示し、3日目に一時的に上がり500ppmを示す。さらに28日目にも一時的に上がり520ppmを示し、その後徐々に上がり70日目には640ppmを示す。硫化水素は、試験調査期間中に発生しなかった。メタンは0日目に1.8ppmを示し、7日目に一時的に上がり17ppmを示す。その後1.8ppmから2.5ppmを示す。

黒ボク土B: 二酸化炭素の発生量は0日目370ppmを示し、3日目に一時的に上がり550ppmとなるが、7日目には330ppmに下がる。その後14日目までは緩やかに上がり480ppmになるが、以後大きな変動がみられなかった。硫化水素の発生は、試験期間中に認められなかった。メタンの発生量は0日目1.8ppmを示し、14日

表20 黒ボク土BのEh経時変化

		経過日数											日	
		0	1	2	3	4	5	6	7	14	28	56		70
Eh	mV	上層(5cm)	339	383	273	215	226	283	303	286	292	229	214	197
			398	407	294	1	264	250	292	287	271	220	209	170
			377	427	291	268	237	276	286	0	300	245	219	189
		上層平均値	371	406	286	161	242	270	294	191	288	231	214	185
		下層(10cm)	334	357	271	177	213	212	251	233	190	75	-28	-48
			348	376	292	177	224	245	305	305	301	273	253	222
			322	330	211	207	183	199	219	210	272	233	213	186
	下層平均値	335	354	258	187	207	219	258	249	254	194	146	120	
pH			6.9	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8

注. (1) Eh 上: 表面から5cmの白金電極での測定値。下: 表面から10cmの白金電極での測定値。
(2) 液温: EhとpH測定時の液温。

表21 黒ぼく土Bの発生ガス挙動

		経過日数							日
		0	3	5	7	14	28	56	
二酸化炭素	CO ₂ ppm	370	550	330	420	480	460	470	
硫化水素	H ₂ S ppm	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	
メタン	CH ₄ ppm	1.8	1.8	1.9	2.4	2.7	1.9	1.9	

表22 黒ぼく土Bの土壌水分分析結果

		経過日数						日
		0	3	7	14	28	56	
pH		6.3 (20)	6.9 (20)	7.0 (20)	7.2 (20)	7.4 (20)	7.5 (20)	
EC		28.2 (20)	18.6 (20)	20.0 (20)	22.6 (20)	28.2 (20)	35.9 (20)	
溶存酸素		0 mg/l	3.6 (22)	1.9 (22)	3.8 (22)	5.4 (23)	5.0 (20)	
溶存二酸化炭素		CO ₂ ml/l	0.59	0.08	0.05>	0.18	0.07	0.05>
溶存メタン		CH ₄ ml/l	0.48	0.05>	0.05>	0.57	0.09	0.06
溶存硫化水素		H ₂ S ml/l	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>
アンモニウムイオン		NH ₄ ⁺ mg/l	1.4	1>	1>	1>	1>	1>
硝酸イオン		NO ₃ ⁻ mg/l	65.4	693.0	1>	1>	1>	1>
溶解性鉄		Fe mg/l	0.3>	0.3>	0.3>	0.3	0.8	2.1
溶解性マンガン		Mn mg/l	0.1>	0.1>	0.2	0.5	1.1	2.1
ナトリウム		Na mg/l	5.4	211.0	1.4	1.6	1.4	1.6
カリウム		K mg/l	5.6	4.3	4.3	5.2	5.7	6.1
マグネシウム		Mg mg/l	9.9	7.3	9.7	9.1	11.6	15.5
カルシウム		Ca mg/l	3.0	2.1	2.3	2.7	3.6	4.2

注. (数値): 測定時の液温(°C)。

表23黒ボク土Bの試験跡地土壌分析結果

遊離酸化鉄	易還元性マンガン
Fe×10 ⁻³ kgkg ⁻¹	Mn×10 ⁻⁴ kgkg ⁻¹
2.60	15.1

目まで緩やかに上がり2.7ppmとなるが、28日目には1.9 ppmまで下がり、以後大きな変動はみられなかった。

赤黄色土: 二酸化炭素の発生量は0日目に400ppmを示し、3日目と14日目に一時的に上がり520ppmと530ppmを示した。それ以外は370ppmから450ppmの間の値を示した。硫化水素の発生は、試験調査期間中に認められなかった。メタンの発生量は0日目に1.8ppmを示し、その後14日目まで上がり2.2ppmを示す。その後下がり56日目には1.9ppmを示した。

灰色低地土: 二酸化炭素の発生は徐々に増加する傾向がみられる。特に21日目と70日目の発生量多い。メタンの発生は28日目に2.6mg/ℓ、70日目に6.1mg/ℓ増加している。それ以外は1.8~2.1mg/ℓである。硫化水素の発生は試験期間中にみられなかった。

4. まとめ

全体的に湛水7日目前後までのEh低下が速く、その後は穏やかか、または停滞する。初期の急激なEhの低下は、二酸化炭素の発生量が高くなることや、土壤水の溶存酸素が低下することから、好氣的細菌の活動によるものである。緩やかな低下は、メタン発生の増加や還元性の成分(溶解性の鉄とマンガン)の増加から嫌氣的細菌の活動であると思われる。このため、細菌の栄養源となる土壤有機物が多い土壤でよりEhが低下するものと思われる。硫化水素の発生が認められないのは、発生した硫化水素が土壤中の2価鉄と反応して硫化鉄となるためであると思われる。本試験中で溶解性マンガンが増加しても溶解性鉄の増加が認められない土壤があるのは、発生した硫化水素と反応して難溶

表24 赤黄色土のEh経時変化

		経過日数											日	
		0	1	2	3	4	5	6	7	14	28	56		70
Eh	mV	上層(5cm)	474	422	428	422	399	378	317	279	52	209	319	315
			481	365	335	335	329	327	294	298	248	186	251	261
			469	422	425	422	372	348	299	306	-87	241	283	271
		上層平均値	475	403	396	393	367	351	303	294	71	212	284	282
		下層(10cm)	464	394	400	419	424	434	364	334	296	240	254	250
	445		359	354	362	355	352	340	323	293	288	270	245	
	449		425	436	429	433	330	312	287	245	211	167	201	
		下層平均値	453	393	397	403	404	372	339	315	278	246	230	232
	pH	5.9	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1	6.2	

注. (1) Eh 上：表面から5cmの白金電極での測定値。、下：表面から10cmの白金電極での測定値。
 (2) 液温：EhとpH測定時の液温。

表25 赤黄色土の発生ガス挙動

		経過日数							日
		0	3	5	7	14	28	56	
二酸化炭素	CO ₂ ppm	400	520	370	290	530	430	450	
硫化水素	H ₂ S ppm	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	
メタン	CH ₄ ppm	1.8	1.9	1.9	2.2	2.3	2.0	1.9	

表26 赤黄色土の土壌水分分析結果

		経過日数						日
		0	3	7	14	28	56	
pH		5.9 (20)	6.8 (21)	6.5 (21)	6.8 (21)	6.8 (21)	6.7 (20)	
EC	mS/m	97.2 (20)	93.6 (21)	95.6 (21)	93.4 (21)	91.3 (21)	87.1 (20)	
溶存酸素	O mg/l	6.0 (22)	4.3 (22)	3.4 (22)	3.5 (22)	5.2 (23)	5.4 (20)	
溶存二酸化炭素	CO ₂ ml/l	0.23	0.16	0.05>	0.06	0.08	0.05>	
溶存硫化水素	H ₂ S ml/l	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	
溶存メタン	CH ₄ ml/l	0.05>	0.05>	0.08	1.20	0.05>	0.10	
アンモニウムイオン	NH ₄ ⁺ mg/l	15.2	15.2	14.6	14.0	14.0	13.6	
硝酸イオン	NO ₃ ⁻ mg/l	132.2	1>	1>	1>	1>	1>	
溶解性鉄	Fe mg/l	0.3>	0.3>	0.3>	0.3>	0.3>	0.3>	
溶解性マンガン	Mn mg/l	1.2	1.5	1.8	2.2	3.2	4.9	
ナトリウム	Na mg/l	19.4	17.6	16.8	16.4	12.8	13.6	
カリウム	K mg/l	12.0	14.0	10.2	10.2	10.2	10.2	
マグネシウム	Mg mg/l	21.6	16.8	19.8	19.5	20.8	18.8	
カルシウム	Ca mg/l	19.8	20.0	23.7	18.2	17.4	18.8	

注. (数値)：測定時の液温(℃)。

表27 赤黄色土の試験跡地土壌分析結果

遊離酸化鉄	易還元性マンガ
Fe×10 ⁻⁴ kgkg ⁻¹	Mn×10 ⁻⁴ kgkg ⁻¹
1.60	1.1

性の硫化鉄となったためであると思われる。

この様な土壌の還元と発生ガスの挙動は、有機物の分解に、溶存酸素や硝酸、二酸化マンガン、酸化鉄などの酸素を消費し、二酸化炭素を発生する好気性細菌と有機物を分解して硫化水素やメタンを発生する嫌気性細菌の活動により起さる。初期段階の酸化還元電位の低下は、この内の好気性細菌の活動によるものである。酸化還元電位の低下が土壌間に差があるのは、好気性細菌の栄養源である易分解性有機物の量が土壌間で異なるためである。易分解性有機物が多い土壌では、微生物が多く繁殖して早期に酸化物中の酸素を消費して土壌を無酸素状態にする。これにより嫌気性細菌の活動が活発になり、還元性の物質を発生させる。易分解性有機物が少ない土壌では、微生物が多く

繁殖しないので酸化物中の酸素の消費に長い時間がかかる。そのため、嫌気性細菌の活動が活発にならない。ただ、今回の試験では酸化物が残存していると思われる時期にメタンの発生がみられた。これは微生物が土壌全体で均一に繁殖するのではなく、局部的に繁殖するためである。つまり局部的に還元が進行して嫌気性細菌の活動が活発になり、メタンが発生したと考えられる。

以上のモデル試験では、2種類の黒ぼく土と3種類の褐色森林土と1種類の低地土と赤黄色土の計7土壌の酸化還元の資料を得た。これらの資料をまとめたものを表32に示す。

表32から下記のことがいえる。

表28 灰色低地土のEh経時変化

		経過日数																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
Eh	mV	上層(5cm)	480	395	370	340	332	314	278	280	238	169	118	84	39	-14	-162	-	-
			506	355	292	267	274	251	238	230	166	148	90	-14	-101	-174	-186	-	-
			483	325	343	324	295	272	239	229	127	71	-26	-64	-111	-159	-186	-192	-188
			421	397	296	263	242	208	154	19	0	-44	-102	-133	-190	-192	-201	-217	-218
	上層平均値		473	368	325	299	286	261	227	190	133	86	20	-33	-91	-135	-184	-205	-203
	下層(10cm)	545	441	352	331	322	304	284	283	238	191	116	90	55	0	-94	-	-	
		586	452	354	319	308	278	247	237	174	142	93	52	-45	-86	-175	-	-	
		470	317	350	322	309	293	260	266	232	201	175	86	-15	-55	-145	-183	-191	
		530	361	245	63	82	-3	-16	4	-58	-69	-118	-184	-195	-197	-205	-217	-219	
	下層平均値		532	393	325	259	255	218	194	198	147	116	67	11	-50	-85	-155	-200	-205
pH		5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.1	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.5	6.5	

注。(1)Eh 上：表面から5cmの白金電極での測定値。下：表面から10cmの白金電極での測定値。
(2)液温：EhとpH測定時の液温。

表29 灰色低地土の発生ガス挙動

		経過日数										
		0	3	5	7	14	21	28	35	42	56	70
二酸化炭素	CO ₂ ppm	470	500	580	620	670	910	660	780	800	880	920
硫化水素	H ₂ S ppm	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>	0.5>
メタン	CH ₄ ppm	1.8	1.8	2.0	1.9	2.0	2.0	2.6	2.1	1.9	2.0	6.1

表30 灰色低地土の土壌水分析結果

		経過日数					
		0	3	7	14	28	56
pH		6.0 (16)	6.1 (16)	6.4 (16)	6.3 (16)	6.1 (20)	6.4 (19)
EC	mS/m	22.8 (16)	23.5 (16)	31.8 (16)	42.3 (16)	55.3 (20)	73.6 (19)
溶存酸素	O mg/l	9.0 (19)	8.9 (19)	8.0 (19)	6.9 (19)	4.0 (20)	4.2 (19)
溶存二酸化炭素	CO ₂ ml/l	7.34	24.90	27.00	22.00	3.80	2.90
溶存硫化水素	H ₂ S ml/l	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>
溶存メタン	CH ₄ ml/l	0.12	0.06	2.30	0.25	0.48	0.58
溶解性鉄	Fe mg/l	0.18	1.44	10.41	32.02	64.32	114.87
溶解性マンガン	Mn mg/l	0.07	0.79	1.81	2.89	3.82	4.73
アンモニアイオン	NH ₄ ⁺ mg/l	0.31	0.53	0.75	1.57	2.97	4.82
硝酸イオン	NO ₃ ⁻ mg/l	29.44	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>

注。(数値)：測定時の液温(°C)。

表31 灰色低地土赤黄色土の試験跡地土壌分析結果

遊離酸化鉄	易還元性マンガン
Fe×10 ⁻² kgkg ⁻¹	Mn×10 ⁻⁴ kgkg ⁻¹
1.00	3.1

・どの土壤でも Eh の低下は初期に急激であり、その後緩慢な低下となる。

・Eh は土壤有機物が多いほど低下する。しかし、易分解性有機物の割合が少ないとあまり低下しない。

この様な現象は、土壤の酸化還元の変化に微生物が大きく関与しているためである。つまり、微生物が生育できない土壤では、Eh の低下が初期から緩慢であると考えられる。また、自然界では微生物の栄養源である有機物の供給が絶えず行われているので、より自然界に近い考察をするには有機物の供給量を考慮する必要があると思われる。場合によっては、有機物を添加した時の Eh 低下の試験を行う必要があるだろう。

これまでの試験で日本を構成する地形、山地、丘陵地、台地、沖積地(段丘を含む)のうち山地を除いた地形の代表的な土壤の資料を得られた。山地の土壤化

が不十分で、微生物の活性が極端に低いことを考えれば、これまでの資料から Eh の低下は初期から緩慢で、メタンが発生するまで Eh は低下しないと予想される。以上から、日本を構成する地形の資料は、ほぼ得られたと考えられる。今後はこの資料をさらに確実にするために、試験数が少ない沖積地や台地、盆地のモデル試験を行う必要があるだろう。

5. 今後の展開

今回の調査では、湛水条件下における日本の代表的な4種類の土壤について、土壤の性質により各種ガスの発生状況が異なっていることが確認された。今後、酸化条件下である畑でのガス代謝についても検討し、畑や水田の違い、つまり酸化還元状況によるガス代謝を把握し、これを基礎資料として、大気ガス組成に及ぼす土壤生態系の関与についての研究を進めていき

表32 モデル試験の結果一覧表

試験土壌	土壌の特徴			Eh変化				メタン発生	還元物質		試験後土壌 易還元性 マンガ
	有機炭素	可給態窒素	その他	0-7日		7-70日			溶解性鉄	溶解性 マンガ	
				程度	7日Eh (mV)	程度	56日Eh				
褐色森林土A	×	×		++ V	260 (-77)	++	108	×	○	○	○
褐色森林土B	×	×	7割土壌	+	226	-	200	×	×	×	○
褐色森林土C	○	○	還元マンガ多い	+++ V	-74 (-148)	++	-218	○	○	○	○
黒ぼく土A	○	△	70%フン質	+	478	-	454	○	○	○	×
黒ぼく土B	○	△	非70%フン質 水田履歴有り	++ V	249 (187)	+	146	×	○	○	○
赤黄色土	×	×	遊離酸化鉄多い	++	315	+	230	×	×	○	△
灰色低地土	△	○	水田履歴有り	+++	198	+++	-155	○	○	○	△

注. (1) 土壌の特徴 土壌の特徴を明記。

凡例：有機炭素 $3 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ 以上（腐植換算で $5 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ 以上）・・・○

$1 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ から $3 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ （腐植換算で $2 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ から $5 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ ）・・・△

$1 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ 以下（腐植換算で $2 \times 10^{-2} \text{kgkg}^{-1}$ 以下）・・・×

可給態窒素 $5 \times 10^{-6} \text{kgkg}^{-1}$ 以上・・・○

$1 \times 10^{-6} \text{kgkg}^{-1}$ から $5 \times 10^{-6} \text{kgkg}^{-1}$ ・・・△

$1 \times 10^{-6} \text{kgkg}^{-1}$ 以下・・・×

(2) Eh変化 Ehの変化の程度。0日から7日目と7日から56日目分けて明記。表中の数値は、7日目と56日目のEh（ただし、褐色森林土Aの値は6日目と55日目のEh）。

凡例：400mV以上の低下・・・+++

200mVから300mV低下・・・++

100mVから200mV低下・・・+

100mV以下の低下・・・+

ほとんど変化しない、または変化しない・・・-

V：期間中一時的に下がった場合明記。この場合Ehの最低値を(数値)に明記。

(3) メタン発生 メタンの発生の有無

凡例：ガスの発生有り・・・○

ガスの発生無し・・・×

(4) 還元物質 溶解性鉄、溶解性マンガンの溶出の有無

凡例：還元物質溶出有り・・・○

還元物質溶出無し・・・×

(5) 試験後土壌 易還元性マンガ 易還元性マンガンの増減。

凡例：増加する・・・○

ほとんど変化しない・・・△

減少する・・・×

たい。また、今回は参考資料程度に付した土壌水についても資料を集め、土壌生態系、とくに耕地土壌生態系が、地球環境にどのような影響を及ぼしているか解明していきたい。

引用文献

川口桂三郎編 (1978) 水田土壌学。講談社，582 P。
 陽 捷行 (1991) 土壌生態系のガス代謝と地球環境 1，総論。日本土壌肥科学雑誌，62， P 445。
 八木一行 (1991) 土壌生態系のガス代謝と地球環境 2，水田からのメタン発生。日本土壌肥科学雑誌，62， P 556。
 楊 宗興，陽 捷行 (1991) 土壌生態系のガス代謝と地球環境 3，土壌からの亜酸化窒素発生。日本土壌肥科学雑誌，62， P 654。

神田健一 (1992) 土壌生態系のガス代謝と地球環境 4，農耕地からの含硫ガスの発生。日本土壌肥科学雑誌，63， P 91。
 鶴田治雄 (1992) 土壌生態系のガス代謝と地球環境 5，二酸化炭素。日本土壌肥科学雑誌，63， P 237。
 土壌物理測定法委員会編 (1982) 土壌物理性測定法。養賢堂，505 P。
 土壌標準分析・測定法委員会編 (1986) 土壌標準分析・測定法。博友社，354 P。
 熊田恭一 (1977) 土壌有機物の化学。東大出版会，220 P。
 熊田恭一・太田誠一 (1979) 2、3のカナダ土壌の腐植組成。日本土壌肥科学会講演要旨集，25， P 25。
 大羽裕 (1964) 土壌腐植研究法II、弘法・大羽法。ペドロジスト，8， P 108-116。

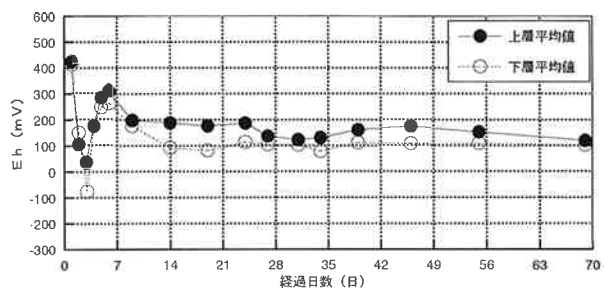


図2 褐色森林土AのEh経時変化

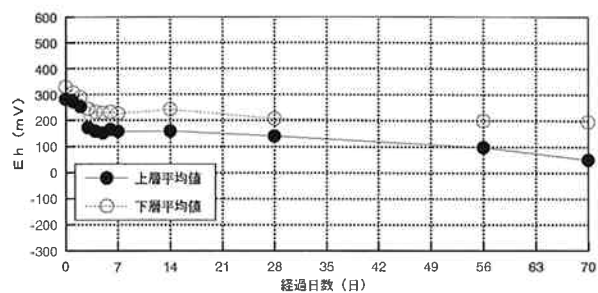


図3 褐色森林土BのEh経時変化

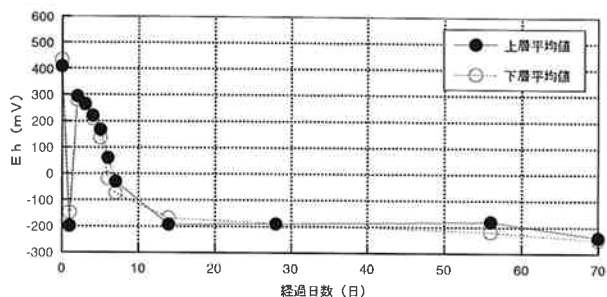


図4 褐色森林土CのEh経時変化

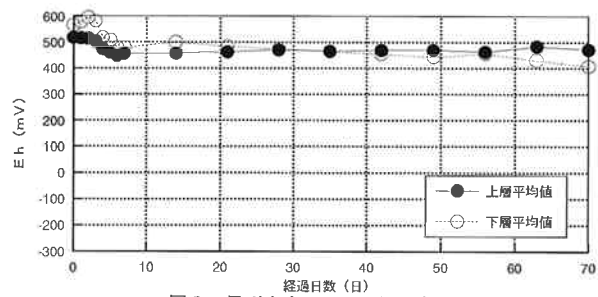


図5 黒ボク土AのEh経時変化

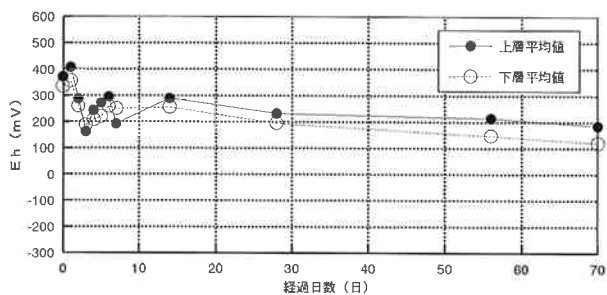


図6 黒ボク土BのEh経時変化

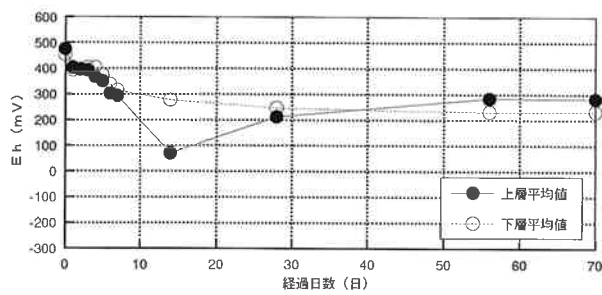


図7 赤黄色土のEh経時変化

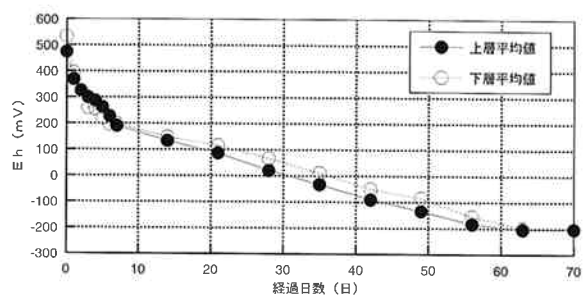


図8 灰色低地土のEh経時変化

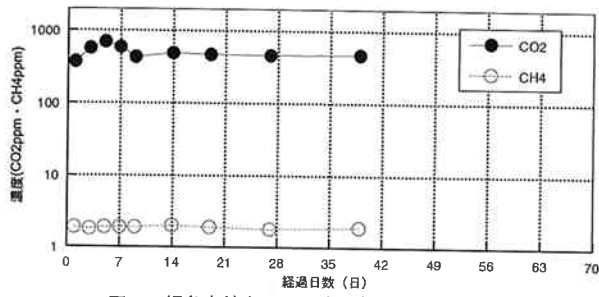


図9 褐色森林土Aの二酸化炭素とメタンの挙動

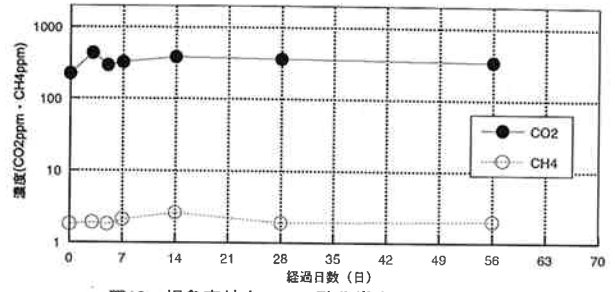


図10 褐色森林土Bの二酸化炭素とメタンの挙動

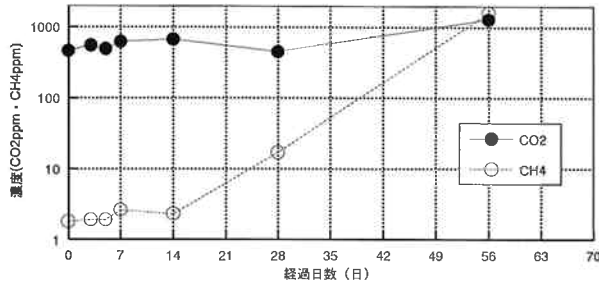


図11 褐色森林土Cの二酸化炭素とメタンの挙動

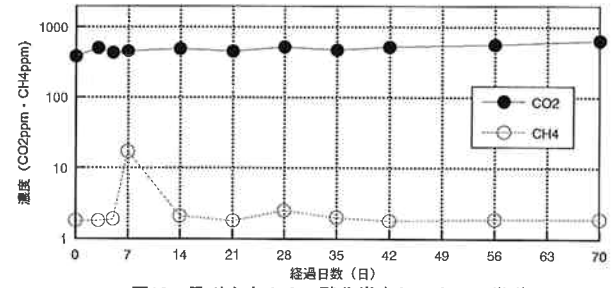


図12 黒ボク土Aの二酸化炭素とメタンの挙動

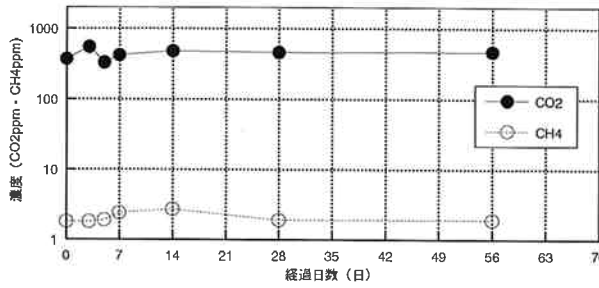


図13 黒ボク土Bの二酸化炭素とメタンの挙動

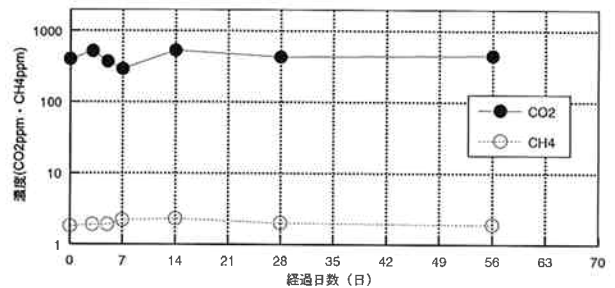


図14 赤黄色土の二酸化炭素とメタンの挙動

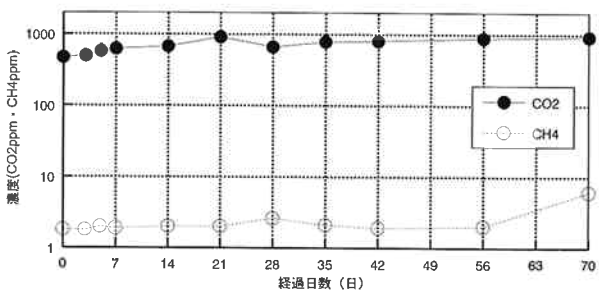


図15 灰色低地土の二酸化炭素とメタンの挙動

(技術報告) 放射性炭素年代測定技術の導入にあたって

第3次¹⁴Cプロジェクトチーム
矢作健二¹⁾・小畑 勝²⁾・辻本崇夫¹⁾

はじめに

放射性炭素年代測定に対する最近の考古学界の認識は高まってきており、より高精度化を望む傾向から、加速器を使用した測定が注目されている。しかし、従来の気体計数法や液体シンチレーション法による放射性炭素年代測定に対する要望も依然として高く、考古学界だけでなく第四紀地質の研究においても測定件数は全体的に増加傾向を示している。さらに、放射性炭素年代の依頼測定を受注する財団や民間会社がここ数年間で相次いで出現し、現在では放射性炭素年代測定を行う機関は分散化の傾向にあるとあってよい。当社では、埋蔵文化財調査に伴う自然科学分析調査研究を業務とした直後から、放射性炭素年代測定の依頼を受けてきたが、上述した最近の放射性炭素年代測定をめぐる事情を受け、当社ならではの放射性炭素年代測定を確立することを目指し、液体シンチレーション法による測定の自社化を実現した。ここでは、自社化に際して、測定技術を紹介し、またその応用についても述べてみたい。

なお、当社は、雑誌「Radio carbon」を発行しているアリゾナ大学地球科学部に放射性炭素年代測定機関として登録し、他機関との年代互換の確認および情報交換を行っている。当社が報告する測定年代値に付された測定記号「PAL」とは、当社で測定した値であることを示す。

1. 放射性炭素年代測定の技術

(1) 放射性炭素年代とは

¹⁴Cは、¹⁴Nに宇宙線が作用して生成する炭素の放射性同位元素である。放射性同位元素は不安定で、一定の速度で崩壊し安定な元素になる。¹⁴Cの場合、5,730年を半減期とし、 β 線を放出して安定な¹⁴Nになる。¹⁴Cは大気中に二酸化炭素の状態が存在し、どの地域でもほぼ同じ濃度になっている。大気中の炭素は植物の炭酸同化作用により固定され、食物連鎖により草食動物や肉食動物に移動する。生物の体内構成物は、安定した物質以外、生物の代謝により比較的早い速度で新しい物質に入れ替わる。人間では約40日で体の半分の物

質が、骨でも数年で入れ替わる。つまり、構成物の1つである炭素は絶えず入れ替わるので、生きている生物中の¹⁴C濃度は大気中と同じであるといえる。しかし、生物が死ぬと外部との炭素の入れ替えが途絶え、隔離された状態となる。こうなると¹⁴Cは、経過時間に応じて減少する。生物が生きていた時代の¹⁴C濃度(A0)と遺体の¹⁴C濃度(A)には、式1のような関係がある。

$$A = A_0(1/2)^{(T/5,730)} \quad \dots \text{式1}$$

T:経過時間(年)

$$T = 5,730 / \log_2 \times \log(A_0/A) \quad \dots \text{式2}$$

式1から式2が導き出せる。生物が生きていた時代の¹⁴C濃度と遺体の¹⁴C濃度を求めることができれば、式2から死後の経過時間が求められる。この様に求めた年代を放射性炭素年代という。

(2) 年代の測定

放射性炭素年代の対象となる試料は、生物の遺体である木、木の実、種子、貝などである。また、生物の遺体が土壌中で分解されて腐植になることから、腐植含量の多い土壌も試料となる。これらの試料の中から汚染が少なく、測定に必要な量が確保できる試料を選択する。試料は、生物が生きていた時代より新しい時代の¹⁴Cにより、汚染されていることが多い。そこで物理的または化学的処理を行い、年代に影響がでない程度まで新しい時代の¹⁴Cを除去する。その後、処理試料を測定方法に合わせた形態に加工する。

測定方法としては、アセチレンや二酸化炭素などの気体を測定試料とする気体計数法、ベンゼンやメタノールなどの液体を測定試料とする液体シンチレーション法などがある。これらの方法は¹⁴Cが崩壊する時に放出される β 線の数を測定して¹⁴C濃度を算出する、いわば間接方法である。気体計数法や液体シンチレーション法は、多量の試料が導入でき、試料の汚染や試料内のばらつきまたは操作過程の汚染の影響が少なく、作

1) 調査研究部考古学研究室 2) 同土壌学研究室

業が比較的容易である。しかし、測定時間が非常に長く、しかも少量の試料では年代を得ることが困難である。これとは別に¹⁴C量を直接測定する加速器法がある。加速器法は、少量の試料で高感度に測定ができ測定時間も短い、試料の汚染や試料内のバラツキまたは操作過程の汚染が影響しやすい。そのため試料の前処理や加工に手間がかかる。

当社ではこれらの方法の中で、ベンゼンを測定試料とする液体シンチレーション法で測定している。この方法は、バックグラウンドが低く、導入できる炭素量が多いので高感度であり、バックグラウンド試料、標準試料、未知試料の順で繰り返し測定するために経過時間による誤差が非常に小さいという長所がある。一方、ベンゼン合成に時間がかかり、クエンチングがあるという短所を持つ。クエンチングとは、消光現象とよばれる負の誤差のことであり、崩壊による発光現象が試料中の不純物により発光しない現象である。自社で導入したシンチレーションカウンター LSC-LB III(アロカ社製)は、外部標準線源法によりクエンチングの補正が容易に行える。ベンゼン合成は時間がかかるが、合成装置の改造によりある程度の時間短縮が可能である。

次に当社で行っているベンゼン-液体シンチレーション法の概要を説明する。工程は、試料の選択、前処理、測定試料の作成、シンチレーションカウンターでの測定の4段階に分かれる。最初の段階である試料の選択については後述する。前処理では、はじめに試料を汚染している若い時代の¹⁴Cを除去する。処理方法は、汚染している炭素の形態で異なり、無機炭素の場合は酸溶液で、有機炭素の場合はアルカリ溶液で処理する。ベンゼン合成装置は炭酸カルシウムを試料とするので、試料中の炭素を炭酸カルシウムとして回収する。ベンゼン合成装置に導入された炭酸カルシウムは、一度、二酸化炭素として回収し、その後リチウム金属と反応させ炭化リチウムとする。この炭化リチウムに水を反応させるとアセチレンが発生する。アセチレンは、五酸化バナジウムを触媒として重合し、ベンゼンに合成される。ベンゼン合成における炭素の回収率は70~90%である。ベンゼン合成後、重量を正確に秤り、シンチレーターを加え、シンチレーションカウンターに仕掛ける。バックグラウンド0.75cpm、測定時間1,000分間、試料の炭素量が2.4gの条件で測定できる限界は

40,000年である。

(3) 試料の情報と保存について

放射性炭素年代の測定技術の向上だけでは、年代を正確に得ることはできない。例えば、試料の選択や適切な前処理方法を考える際には、試料の埋没状況と変質や汚染などの状態が一つの基準となるし、また処理の操作内容も推定される年代によって異なる。すなわち、試料の埋没状態、推定年代など、測定には直接関係ないように思える情報も、正確な測定をするためには必要である。また、試料の保管方法も重要である。前述のように生物体内の¹⁴C濃度は、代謝により大気中の¹⁴C濃度と同じになる。これから考えると試料に含まれる微生物や付着したカビなどの生物の代謝が起こらないような方法(乾燥、冷蔵、冷凍など)で保存する必要がある。放射性炭素年代測定に限らずどの分析でも同じであるが、適正な精度をもった結果を得るためには、適した試料、適した測定方法に加えて、適した試料の保存方法と十分な情報が必要とされる。

2. 放射性炭素年代の応用

(1) 考古学研究への応用

検出された遺構・遺物の年代観を把握することは、考古学研究を行う上で最も基本的かつ重要な作業の一つである。これまで年代に関しては、指標テフラの検出とそれを基準とした層序学的検討、また花粉・珪藻などの微化石による生層序学的検討を行い、これに放射性炭素年代測定を加えて調査を行ってきた。放射性炭素年代の自社測定実施に伴い、これまで以上に他の年代資料(考古学的成果も含む)との比較検討を進めるとともに、何故このような年代値が得られたかという「年代の精度」に関わる問題についても答えられるようにしたい。ここでいう「精度」とは単に分析数値上の精度や測定器の精度だけを指すのではない。試料の履歴や取り扱い、調査課題、対象とする考古学的年代などによっても必要とされる精度は異なるのである。また、これらの精度に関わる情報と測定結果をデータベース化し、その解析によって、さらに「精度」は高くなると考えられる。

以上のように、放射性炭素年代測定を考古学に応用する場合には、単に理化学的方法による年代情報を数値として提供するだけの業務と考えていない。また、

単に精度を高め、いわゆる「当てる」ことを目指しているものでもない。上述のデータベースはまだ端緒にすぎたばかりであるが、古環境を含めた歴史の再構成のための情報として総合化を目指すとともに、常にその測定値がえられた条件・原因など精度にかかわる問題についても解析してゆきたい。

(2) 第四紀地質への応用

放射性炭素年代測定は、第四紀の後期更新世以降の地質層序の対比、編年において重要な資料となっていることは周知の通りである。特に最近では、活断層や地滑りの調査で活用されることも多い。これら地質調

査を行っている機関、企業等との関係は主に微化石分析を通じて実績があるが、放射性炭素年代測定もそこには含まれている。これらからの要望が高い微量試料への対応や測定期間の短期化に対しても、将来的には自社測定技術で充分に対応し得るように努めたい。

謝辞

当社の放射性炭素年代測定技術の導入にあたっては、学習院大学木越邦彦名誉教授、名古屋大学理学部大気水圏化学研究所松本英二教授の諸先生に多大の御指導を受けた。深謝する次第である。

<測定試料について>

放射性炭素年代を測定するのにどの様な試料がよいのか、またどの位の量が必要なのかを頻りに問われる。対象試料は、本文に示したように炭素を含む遺物が対象となる。必要量は、最終的に使用するベンゼン量に由来し、当社の場合、合成ベンゼン 3 mlつまり炭素で2.4 gに相当する試料量となる。実際には、合成操作前に若い年代の炭素を除去するための前処理を行い、この操作で約半分の炭素量を損失するので、約2倍以上の炭素量である5 gが必要となる。表1に炭素量から換算した試料別の必要量を示す。

表1 放射性炭素による年代測定の対象試料と必要量

試料	必要量
木材（種子・葉等未分解物）	約15 g
炭	約10 g
土壌・泥炭 腐植土（20%以上）	約60 g
腐植含量すこぶる富む（10～20%）	約120 g
腐植含量富む（5～10%）	約240 g
腐植含量含む（2～5%）	約600 g
腐植含量あり（2%以下）	1 kg以上
貝	約25 g

注. ベンゼン 3 mlを得るための最少必要量。試料の状態によってはさらに多くの試料量が必要である。

表2 ベンゼン量と測定年代範囲

ベンゼン量	測定年代範囲（1,950年から）
3.0ml	170～40,000
2.0ml	180～39,000
1.0ml	240～33,000
0.1ml	1,200～14,000

注. バックグラウンド0.75 c P mの条件で算出。

試料の保存状態によっては、表1より多くの試料量が必要となる。例えば木材でも腐食が非常に進んだものは、前処理での損失量が多いので15 g以上の試料量が必要となる。炭でも塩類の吸着が認められる場合は炭素含量が少ないので10 g以上の試料量が必要となる。逆の場合もあり、例えば腐食が全く認められない木材は10 g程度の量で十分な場合もある。

表1の必要量が得られない場合でも年代値は得られる。この場合は誤差が大きくなり、表2に示す様に測定できる範囲が小さくなる。

この様に試料量が充分得られなくても年代値を得ることは可能である。必要量を確保するために色々な試料を混合したり、傷みの激しい試料を選択するよりも、測定年代の範囲を考慮して適切な試料を選択することが理想であると思われる。

放射性炭素年代の測定方法のフローシート

工程1 試料の選択 試料の量は充分か？
どの様な状態で埋まっていたか？
若い年代由来の炭素の混入は少ないか？



工程2 前処理

①物理的洗浄 (写真右 洗浄操作)
付着している土壌の除去。
混入している植物根の除去。



②化学的洗浄
吸着している有機物の除去。
炭酸塩の除去。



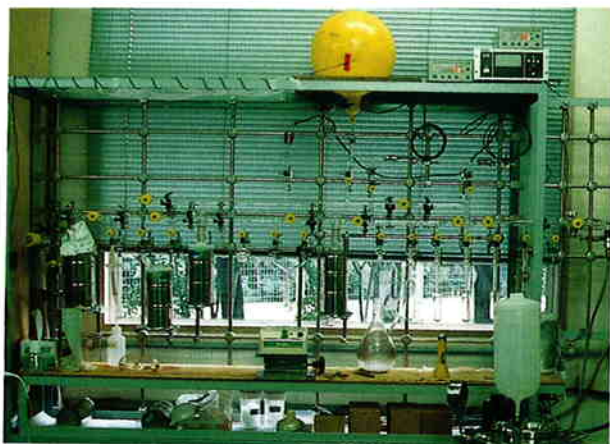
③炭化 (写真上 炭化した試料)
無酸素状態で400℃に加熱。



④炭酸カルシウム化 (写真上 炭酸カルシウム化した試料) 純酸素気流中で700℃に加熱。



工程3-1 ベンゼン合成



写真上 ベンゼン合成装置



①二酸化炭素の発生 (写真上 二酸化炭素発生操作)

工程3-2 ベンゼン合成 (工程3-1の続き)
②アセチレンの合成 (写真右 アセチレン発生操作)
③ベンゼンの合成



工程4 測定試料の作成
写真左 測定試料
試料ベンゼン 3 ml
+
シンチレーターベンゼン 2 ml

注. 試料ベンゼンが3 mlに満たない場合は
市販のベンゼンを足して3 mlとする。



工程5 シンチレーションカウンターで測定



シンチレーションカウンター LSC-LB III アロカ社製 (写真左 内部、写真右 外装)
1 サイクル50分間測定を20回繰り返す計1000分間測定。



工程6 計算
最適条件で測定した場合、200から40000年前まで (1950年を基準として) 測定できる。

最近寄贈された文献（考古学分野：1994年8月～1997年7月）

東北地方

- 名取市教育委員会（1995）名取市文化財調査報告書第36集 平成6年度年報。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第1集 西ノ前遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第2集 南原遺跡・堂ノ下遺跡・飯塚遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第3集 小豆澤館跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第4集 山楯3・4・5遺跡発掘調査報告書—国営農地開発事業鳥海南麓地区（4）—。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第5集 蕨台遺跡発掘調査報告書—国営農地開発事業鳥海南麓地区（5）—。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第6集 仲台遺跡・栗山遺跡・柳沢A遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第7集 今塚遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第8集 木原遺跡第2次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第9集 升川遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第10集 五百刈遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第11集 松原遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第12集 西谷地遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第13集 押切遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第14集 弓張平H遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第15集 岡ノ台遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第16集 黒藤遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第17集 亀ヶ崎城跡第2次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1994）第18集 藤島城跡第6次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第19集 宮の前遺跡第2次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第20集 お仲間林遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第21集 古屋敷遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第22集 畑田遺跡・中野遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第23集 大坪遺跡第2次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第24集 北長目遺跡・櫛待遺跡・堂田遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第25集 上高田遺跡・木戸下遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第26集 西谷地遺跡第2次・西ノ川遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第27集 廻り屋遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第28集 亀ヶ崎城跡第3次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）第29集 渋作遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1995）新発見考古速報展'95—山形県地域展—。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第30集 富沢I遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第31集 北日長田遺跡・櫛街遺跡 第2次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第32集 宮ノ下遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第33集 西谷地遺跡 第3次発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第34集 向田遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第35集 渡戸遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第36集 落合遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第37集 上荒谷遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）第38集 下柳A遺跡発掘調査報告書。
- 財団法人山形県埋蔵文化財センター（1996）年報 平成7年度。
- 福島県教委・財団法人福島県文化センター・日本道路公団（1995）常磐自動車道遺跡調査報告4予備調査・久原A・B遺跡・駒込遺跡・馬場A遺跡・タタラ山遺跡。
- 滝根町教育委員会（1984）観音山遺跡。
- 滝根町教育委員会（1985）滝根町遺跡分布調査報告3—夏井川上流域における考古学的調査—。

関東地方

- 財団法人ひたちなか市教育委員会（1995）ぶんかざいほごねんぼう 1995 FIELD NOTE Vol.8.
- 財団法人ひたちなか市文化・スポーツ振興公社（1995）武田IX 1995年度武田遺跡群発掘調査の成果.
- 財団法人茨城県教育財団（1997）年報14 平成6年度.
- 足利市教育委員会（1995）足利市埋蔵文化財調査報告書第29集 法界寺跡発掘調査概要.
- 足利市教育委員会（1995）足利市埋蔵文化財調査報告第27集 平成5年度埋蔵文化財発掘調査年報.
- 足利市教育委員会（1995）足利市埋蔵文化財調査報告第28集 西場古墳群第1次発掘調査報告書.
- 栃木県教育委員会（1993）広表窯跡 付欠ノ下遺跡 国庫補助中小河川改修事業利根川水系1級河川田川.
- 栃木県教育委員会・財団法人栃木県文化振興事業団（1992）小佐越遺跡.
- 栃木県教育委員会・財団法人栃木県文化振興事業団（1995）栃木県埋蔵文化財調査報告書第161集 横倉宮ノ内遺跡.
- 栃木県教育委員会・財団法人栃木県文化振興事業団（1996）栃木県埋蔵文化財調査報告書第177集 小丸山古墳群・山苗代A・C遺跡 矢板市矢板南地区工業用地造成事業に伴う埋蔵文化財発掘調査.
- 栃木県教育委員会・財団法人栃木県文化振興事業団（1996）栃木県埋蔵文化財調査報告書第172集 安塚坂下古墳群.
- 財団法人栃木県文化振興財団埋蔵文化財センター（1996）研究紀要 第4号.
- 財団法人栃木県埋蔵文化財センター（1991）財団法人栃木県文化振興事業団創立10周年記念展.
- 財団法人栃木県埋蔵文化財センター（1992）栃木県埋文通信No.3・4合併号 やまかいどう92秋号.
- 財団法人栃木県埋蔵文化財センター（1992）栃木県埋文通信No.5 やまかいどう92冬号.
- 財団法人栃木県埋蔵文化財センター（1993）栃木県埋文通信No.6 やまかいどう.
- 群馬土器観会（1996）群馬考古学手帳6.
- 群馬県企業局・渋川市教育委員会（1994）半田中原・南原遺跡.
- 群馬県企業局・渋川市教育委員会（1994）半田南原遺跡.
- 群馬県勢多郡大胡町教育委員会（1994）西小路遺跡（ゴルフ練習場建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告）.
- 群馬県勢多郡大胡町教育委員会（1994）大胡西北部遺跡群 乙西尾引遺跡・西天神遺跡・柴崎遺跡「県営ほ場整備事業大胡西北部地区」に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第1集.
- 群馬県勢多郡大胡町教育委員会（1994）日光道東遺跡 団体営日光道東地区土地改良総合整備事業に係る埋蔵文化財発掘調査報告書I.
- 群馬県渋川市教育委員会（1980）空沢遺跡第2次・諏訪ノ木遺跡発掘調査概報.
- 群馬県渋川市教育委員会（1981）諏訪ノ木遺跡.
- 群馬県渋川市教育委員会（1982）空沢遺跡（第3次）.
- 群馬県渋川市教育委員会（1985）空沢遺跡第5次 I・J・K・L地点発掘調査概報.
- 群馬県渋川市教育委員会（1986）空沢遺跡第6次 M・N地点発掘調査報告書.
- 群馬県渋川市教育委員会（1986）西浦遺跡一石原手川土地改良事業に伴う発掘調査概報一.
- 群馬県渋川市教育委員会（1987）空沢遺跡0地点 東京電力株式会社送電線 群馬幹線23号鉄塔建替工事に伴う発掘調査報告書）.
- 群馬県渋川市教育委員会（1987）有馬廃寺跡発掘調査概報.
- 群馬県渋川市教育委員会（1988）空沢遺跡第7次 P地点発掘調査概要報告書一.
- 群馬県渋川市教育委員会（1988）坂之下遺跡.
- 群馬県渋川市教育委員会（1988）市内遺跡I一1987年度補助事業に伴う調査報告及び試掘記録一.
- 群馬県渋川市教育委員会（1988）神宮寺西遺跡.
- 群馬県渋川市教育委員会（1989）空沢遺跡第8次一Q・R・S地点発掘調査報告書.
- 群馬県渋川市教育委員会（1989）市内遺跡II一1988年度補助事業に伴う調査報告及び中筋遺跡地下レ一ター探索報告一.
- 群馬県渋川市教育委員会（1990）空沢遺跡第9次一T・U地点発掘調査報告書一.
- 群馬県渋川市教育委員会（1990）市内遺跡III一1989年度補助事業に伴う調査報告及び試掘記録一.
- 群馬県渋川市教育委員会（1991）空沢遺跡第10次一V・W・X・Y地点発掘調査報告書.
- 群馬県渋川市教育委員会（1991）市内遺跡IV一1990年度補助事業に伴う調査報告及び試掘記録一.
- 群馬県渋川市教育委員会（1991）中筋遺跡一第5次調査概要一.

群馬県渋川市教育委員会 (1991) 半田工業団地取付道路遺跡。

群馬県渋川市教育委員会 (1992) 市内遺跡V—1991年度補助事業に伴う調査報告及び試掘記録一。

群馬県渋川市教育委員会 (1993) 市内遺跡VI—1992年度補助事業に伴う調査報告及び試掘記録一。

群馬県渋川市教育委員会 (1993) 八木原・沖田III遺跡。

群馬県渋川市教育委員会 (1993) 八木原・沖田IV・V遺跡。

群馬県渋川市教育委員会 (1994) 行幸田南原遺跡。

群馬県渋川市教育委員会 (1994) 市内遺跡VII—1993年度補助事業に伴う調査報告及び試掘記録一。

群馬県渋川市教育委員会 (1994) 石原東遺跡 (II) 県道渋川吾妻線道路改良工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第2集。

群馬県渋川市教育委員会 (1995) 石原西浦遺跡II。

群馬県渋川市教育委員会 (1995) 石原東遺跡 (III) 県道渋川吾妻線道路改良工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書第3集。

群馬県渋川市教育委員会 (1995) 八木原・沖田VI遺跡—古墳時代の集落と水田調査一。

群馬県渋川市教育委員会 (1995) 半田薬師遺跡。

北橋村教育委員会 (1995) 北橋村村内遺跡III—平成5・6年度埋蔵文化財緊急発掘調査報告書一。

石井克己・梅沢重昭 (1994) 黒井峯遺跡。読売新聞社。

子持村教育委員会 (1986) 黒井峯遺跡確認調査概報。

宮城村 (1995) まんが宮城村の歴史。

岡之郷・郷土誌編集委員会 (1996) 藤岡市岡之郷・郷土誌。

邑楽町教育委員会 (1996) 藤川堰遺跡 平成7年度一級河川藤川小規模河川改修工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書。

高崎市教育委員会 (1994) 高崎城三ノ丸遺跡。

山武考古学研究所 (1993) 六万遺跡発掘調査報告書。

財団法人埼玉県埋蔵文化財調査事業団 (1996) 栗屋／屋瀨／中台 県道飯能寄居線関係埋蔵文化財発掘調査報告。

早稲田大学本庄校地文化財調査室編 (1996) 大久保山IV。

松戸市立博物館 (1994) 縄文時代以降の松戸の海と森の復元。

足立区伊興遺跡調査会 (1996) 舎人遺跡。

東久留米市教育委員会 (1996) 自由学園南遺跡III 東京都東久留米市自由学園南遺跡第三次発掘調査報告書。

板橋区西原遺跡調査会 (1993) 西原遺跡。

板橋区四葉遺跡調査会・東京都建設局 (1994) 四葉地区遺跡 平成5年度。

板橋区久保田遺跡調査会 (1995) 久保田遺跡。

板橋区遺跡調査会・赤塚下寺家遺跡調査団 (1997) 赤塚下寺家番匠免遺跡第1地点発掘調査報告書—板橋区立赤塚第三中学校体育館新築工事に伴う調査一。

葛飾区遺跡調査会 (1996) 柴又帝釈天遺跡VII 葛飾区柴又7丁目都営住宅建替工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書。

葛飾区遺跡調査会 (1996) 上千葉遺跡 葛飾区西亀有1丁目12番地点発掘調査報告書。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1992) 鬼塚・鬼塚遺跡I。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1992) 柴又八幡神社古墳。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1993) 新宿町遺跡I。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1993) 博物館研究紀要 創刊号。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1994) 鬼塚・鬼塚遺跡II。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1994) 博物館研究紀要 第2号。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1995) 鬼塚・鬼塚遺跡III。

葛飾区郷土と天文の博物館 (1996) 葛飾区郷土と天文の博物館考古学調査報告第6集 鬼塚・鬼塚遺跡IV。

錦糸町駅北口地区市街地再開発組合・墨田区錦糸町駅北口遺跡調査団 (1996) 東京都墨田区錦糸町駅北口遺跡I—錦糸町駅北口地区再開発に伴う緊急発掘調査報告書一。

國學院大學考古学資料館 (1996) 國學院大學考古学資料館紀要 第12輯。

国立科学博物館上野地区埋蔵文化財発掘調査委員会 (1995) 上野忍岡遺跡 国立科学博物館 (たんけ

ん館・屋外展示模型) 地点。

久保田遺跡調査会 (1995) 久保田遺跡 東京都板橋区久保田遺跡発掘調査報告書。

目黒区大橋遺跡調査会 (1996) 大橋 目黒区大橋遺跡の発掘調査の概要。

仲宿遺跡調査会 (1991) 仲宿遺跡。

日本道路公団・東京外かく環状道路練馬地区遺跡調査会 (1995) もみじ山遺跡 I。

日本道路公団・東京外かく環状道路練馬地区遺跡調査会 (1995) もみじ山遺跡 II。

日本道路公団・東京外かく環状道路練馬地区遺跡調査会 (1995) 愛宕下遺跡・比丘尼橋遺跡・宮ヶ谷戸遺跡。

日本道路公団・東京外かく環状道路練馬地区遺跡調査会 (1995) 東京外かく環状道路練馬地区関連遺跡。大里東遺跡発掘調査団 (1995) 大里東遺跡発掘調査報告書。

(仮称) 新スウェーデン大使館建設用地内遺跡調査会 (1993) 麻布市兵衛町地区の武家屋敷跡遺跡。

新宿区築土八幡町遺跡調査団 (1996) 東京都新宿区 築土八幡町遺跡―東京消防庁牛込消防署庁舎建設工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書―。

新宿区西早稲田 3 丁目遺跡調査会 (1997) 東京都新宿区西早稲田三丁目遺跡 II―西早稲田 3 丁目プロジェクト新築事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書―。

汐留地区遺跡調査会 (1996) 汐留遺跡―汐留遺跡埋蔵文化財発掘調査報告書―。

帝都高速度交通営団・地下鉄 7 号線溜池・駒込間遺跡調査会 (1996)―地下鉄 7 号線溜池・駒込間遺跡発掘調査報告書 5-1 集―江戸城外堀跡 市谷御門外橋詰・御堀端 第 I 分冊。

帝都高速度交通営団・地下鉄 7 号線溜池・駒込間遺跡調査会 (1996)―地下鉄 7 号線溜池・駒込間遺跡発掘調査報告書 4-2 集―江戸城外堀跡 四谷御門外町屋跡。

都道 32 号線留原遺跡調査会 (1987) 留原 東京都五日市町都道 32 号線留原遺跡調査報告書。

都立学校遺跡調査会 (1996) 烏山遺跡。

都立学校遺跡調査会 (1996) 岡本前耕地 都立砧工業高等学校内家庭科実習棟地点。

都立学校遺跡調査会 (1996) 富士見台 I (古墳時代・近世・科学分析編)。

東北新幹線中里遺跡調査会 (1989) 中里遺跡 3―遺構―。

東北新幹線中里遺跡調査会 (1989) 中里遺跡 4―遺物 I―。

東北新幹線中里遺跡調査会 (1989) 中里遺跡 5―遺物 II―。

東北新幹線中里遺跡調査会 (1989) 中里遺跡 6―遺物 III―。

東京都教育委員会 (1986) 玉川上水文化財調査報―その歴史と現状―。

東京都教育委員会 (1993) 東京都埋蔵文化財年報 1 1993 (平成 5) 年度。

東京都教育委員会 (1994) 東京都埋蔵文化財年報 2 1994 (平成 6) 年度。

東京都教育委員会 (1995) 玉川上水現況調査報告書。

東京都教育委員会 (1996) 文化財の保護 第 28 号。

北区教育委員会 (1987) 宿遺跡。

北区教育委員会 (1995) 志茂遺跡・神谷遺跡。

北区教育委員会 (1995) 田端西台通遺跡 III・田端不動坂遺跡 III。

北区教育委員会 (1997) 北区埋蔵文化財調査報告書第 21 集 御殿前遺跡 V。

北区教育委員会 (1997) 北区埋蔵文化財調査報告書第 22 集 下十条遺跡。

調布市教育委員会・調布市遺跡調査会 (1996) 調布市神代寺城山遺跡―神代植物公園城山地区整備―。

綾瀬市教育委員会 (1995) 市兵衛谷遺跡・新道遺跡。

綾瀬市 (1996) 綾瀬市史研究 第 3 号。

海老名市史編集委員会 (1995) えびなの歴史 海老名市史研究 第 7 号。

川崎市市民ミュージアム (1996) 川崎市市民ミュージアム考古学叢書 2 加瀬台古墳群の研究 I―加瀬台 8 号墳の発掘調査報告書―。

西前田横穴墓群発掘調査団 (1978) 川崎市久地西前田横穴墓群発掘調査報告書。

日本道路公団・財団法人横浜市ふるさと歴史財団 (1997) 畳屋の上遺跡・西谷戸の上遺跡・北川貝塚南遺跡―第三京浜道路 (改築) 新港北インターチェンジ (仮称) 埋蔵文化財発掘調査報告書―。

六会西口通り線埋蔵文化財発掘調査団 (1997) 六会西口通り線埋蔵文化財発掘調査報告書 (藤沢 No.105・416 遺跡)。

中部地方

中里村教育委員会 (1994) 干溝遺跡。

中里村教育委員会（1994）小丸山遺跡・おざか清水遺跡。
 新発田市教育委員会（1994）平成5年度新発田市遺跡範囲確認調査報告書 金谷遺跡・佐々木山遺跡・上車野E遺跡。
 津南町教育委員会（1995）屋敷田II遺跡—国道117号線改良工事に係る宅地移転遺跡緊急発掘調査概要。
 社団法人石川県埋蔵文化財保存協会（1995）石川県小松市 平面梯川遺跡I 梯川改修工事関係埋蔵文化財調査報告書1。
 小矢部市教育委員会（1986）富山県小矢部市桜町遺跡（小三味・坂東地区）図版編。
 小矢部市教育委員会（1987）道林寺遺跡。
 小矢部市教育委員会（1987）富山県小矢部市桜町遺跡—県道改良工事に伴う雀谷地区の調査—。
 小矢部市教育委員会（1987）富山県小矢部市桜町遺跡—個人住宅の建築に伴う中出地区の調査—。
 小矢部市教育委員会（1989）富山県小矢部市桜町遺跡—県道改良工事に伴う深沢地区の調査—。
 小矢部市教育委員会（1989）富山県小矢部市北版畝遺跡—一条里遺構の発掘調査概要—。
 小矢部市教育委員会（1990）富山県小矢部市白谷岡ノ城北遺跡・白谷竹屋橋I遺跡。
 小矢部市教育委員会（1990）富山県小矢部市道林寺遺跡。
 小矢部市教育委員会（1990）富山県小矢部市北版畝遺跡—一条里遺構の発掘調査概要II—。
 小矢部市教育委員会（1991）能越自動車関係遺跡群試掘調査報告書 五社遺跡・石名田遺跡・地崎遺跡。
 小矢部市教育委員会（1991）富山県小矢部市北版畝遺跡—古墳時代集落の発掘調査概要—。
 小矢部市教育委員会（1992）谷内21号墳。
 小矢部市教育委員会（1992）富山県小矢部市白谷岡ノ城北遺跡発掘調査概要。
 小矢部市教育委員会（1992）富山県小矢部市小白山麓遺跡・白谷岡ノ城北遺跡。
 小矢部市教育委員会（1992）富山県小矢部市北反畝遺跡発掘調査概要。
 小矢部市教育委員会（1993）平成4年度小矢部市埋蔵文化財発掘調査概報。
 小矢部市教育委員会（1994）富山県小矢部市白谷岡村遺跡。
 小矢部市教育委員会（1994）平成5年度小矢部市埋蔵文化財発掘調査概報。
 小矢部市教育委員会（1995）富山県小矢部市白谷岡村遺跡。
 小矢部市教育委員会・小矢部市古墳発掘調査団（1988）谷内16号古墳。
 小矢部市教育委員会・小矢部市埋蔵文化財分布調査団（1982）小矢部市埋蔵文化財調査報告書第7冊 小矢部市埋蔵文化財分布調査概報III。
 小矢部市教育委員会・小矢部市埋蔵文化財分布調査団（1985）小矢部市遺跡地図台帳—1985年3月30日現在—。
 財団法人富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所（1996）埋蔵文化財年報（7）平成7年度。
 財団法人富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所（1996）埋蔵文化財調査概要—平成7年度—。
 財団法人富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所（1996）梅原胡摩堂遺跡発掘調査報告（遺物編）—東海北陸自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘報告II—。
 財団法人富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所（1996）梅原加賀坊遺跡・久戸遺跡・梅原安丸遺跡・田尻遺跡発掘調査報告第1分冊・第2分冊—東海北陸自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘報告III—。
 金津町教育委員会（1995）金津町埋蔵文化財調査概要 平成元年～5年度。
 帝京大学山梨文化財研究所（1994）帝京大学山梨文化財研究所研究報告 第5集。
 帝京大学山梨文化財研究所（1994）帝京大学山梨文化財研究所報 第22号。
 帝京大学山梨文化財研究所（1995）帝京大学山梨文化財研究所研究報告 第6集。
 帝京大学山梨文化財研究所（1995）帝京大学山梨文化財研究所報 第23号。
 帝京大学山梨文化財研究所（1995）帝京大学山梨文化財研究所報 第24号。
 飯田市教育委員会（1996）富の平遺跡・富士塚遺跡 富士塚遺跡（II）遺跡・三尋石遺跡 三尋石（II）遺跡・増泉寺付近遺跡。
 上小地方事務所・真田町教育委員会（1996）境田遺跡・西田遺跡。
 上小地方事務所・真田町教育委員会（1996）四日市遺跡II。
 國學院大學文学部考古学研究室（1995）柳又遺跡A地点 第4次発掘調査報告書。
 小諸市教育委員会（1994）小諸市埋蔵文化財発掘調査報告第21集 竹花（第二次）。
 小諸市教育委員会（1995）小諸市埋蔵文化財発掘調査報告第22集 柏木南城跡。

小諸市教育委員会 (1995) 小諸市埋蔵文化財発掘調査報告第20集 大塚原 (第二次)。
 日本道路公団名古屋建設局・長野県教育委員会・財団法人長野県埋蔵文化財センター (1996) 上越自動車道埋蔵文化財発掘調査報告書7ー長野市内その5ー大星山古墳群・北平1号墳。
 坂城町教育委員会 (1994) 南条遺跡群 東裏遺跡II・青木下遺跡。
 坂城町教育委員会 (1995) 南条遺跡群 塚田遺跡II。
 諏訪市教育委員会 (1988) ジャコッパラIー長野県諏訪市ジャコッパラ遺跡第1次発掘調査報告。
 諏訪市教育委員会 (1994) ジャコッパラIIIー平成5年度長野県黒曜石原産地遺跡分布調査概報一。
 財団法人長野県埋蔵文化財センター (1992) 長野県埋蔵文化財センター年報9。
 財団法人長野県埋蔵文化財センター (1994) 長野県埋蔵文化財センター年報11。
 財団法人長野県埋蔵文化財センター (1995) 長野県埋蔵文化財センター紀要4。
 財団法人長野県埋蔵文化財センター (1995) 長野県埋蔵文化財センター年報12。
 財団法人長野県埋蔵文化財センター (1996) 長野県屋代遺跡群出土木簡。
 東伊豆町教育委員会 (1984) 東伊豆町の文化財。
 東伊豆町教育委員会 (1995) 峠遺跡。
 三島市教育委員会 (1992) 玉川塚田遺跡ー静岡トヨタ自動車(株)営業所建設に伴う発掘調査報告書一。
 三島市教育委員会 (1992) 長伏上塩辛田遺跡ー倉庫建設に伴う埋蔵文化財発掘調査一。
 三島市教育委員会 (1993) 金沢遺跡ー日榮マンション建設に伴う発掘調査一。
 三島市教育委員会 (1994) 五輪・観音洞・元中山・陰洞遺跡I・II。
 三島市教育委員会 (1994) 三島市埋蔵文化財発掘調査報告III。
 三島市教育委員会 (1994) 史跡 中山城跡II。
 三島市教育委員会 (1994) 文化財年報第6号。
 三島市教育委員会 (1995) 三島市埋蔵文化財発掘調査報告書IV。
 三島市教育委員会 (1995) 三島代官所・市ヶ原廃寺関連遺跡I。
 三島市教育委員会 (1995) 大場川遺跡群 御園川遺跡ほか。
 三島市教育委員会 (1995) 山中城跡三ノ丸第1地点 山中公民館建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書。
 三島市教育委員会 (1995) 文化財年報第7号。
 三島市教育委員会 (1996) 西大久保・奈良橋向遺跡ー日清プラザ建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告一。
 三島市教育委員会 (1996) 接待茶屋遺跡 国道1号線形改良工事に伴う発掘調査。
 山武考古学研究所 (1995) 御殿・二之宮遺跡 第6次発掘調査報告書。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1991) 静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第28集 川合遺跡17区 平成2年度静岡バイパス(川合地区)埋蔵文化財発掘調査報告書。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1992) 瀬名遺跡I(遺構編I)遺構図。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1992) 瀬名遺跡I(遺構編I)図版編。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1992) 瀬名遺跡I(遺構編I)本文編。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1995) 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所設立10周年記念論文集。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1995) 下原遺跡I 平成5・6年度東駿河湾環状道路工事に伴う埋蔵文化財調査報告書。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1995) 御殿川流域遺跡群III 鶴喰前田遺跡。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1995) 瀬名遺跡IV(自然科学分析編)。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1995) 川合遺跡 八反田地区II(本文編)。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1995) 静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第63集 川合遺跡八反田地区II 平成3・4年度県営住宅南沼上団地立替工事に伴う埋蔵文化財調査報告書(図版編)。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1996) 静岡県埋蔵文化財調査研究所 年報XII(平成7年度事業概要)。
 財団法人静岡県埋蔵文化財調査研究所 (1996) 静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第75集 岳美遺跡II(遺物編)平成4・5年度静岡バイパス(岳美地区)埋蔵文化財発掘調査報告書。
 豊橋市教育委員会・牟呂地区遺跡調査会 (1995) 大西貝塚 牟呂地区土地区画事業に伴う埋蔵文化財

調査報告書。

齋宮歴史博物館（1995）史跡 齋宮跡 平成6年度発掘調査概報。

近畿地方

柏原市教育委員会（1996）高井田山古墳 本文編・図版編。

財団法人東大阪市教育委員会（1996）宮ノ下遺跡第1次発掘調査報告書 第1分冊・第2分冊。

財団法人大阪市文化財協会（1988）大坂城跡III。

神戸ハーバーランド遺跡調査団（1994）東川崎町1丁目遺跡。

中国地方

倉吉市教育委員会（1995）横谷遺跡群発掘調査報告書。

奥津町教育委員会（1996）高下休場遺跡・西屋A遺跡 西屋地区土地改良総合整備に伴う調査報告。

広島県教育委員会（1995）吉川元春館跡 第1次発掘調査概要。

広島県立歴史博物館（1997）草戸千軒町遺跡調査研究報告1 草戸千軒町遺跡出土の下駄。

九州地方

福岡市教育委員会（1989）四箇遺跡群—第23次調査報告書—。

福岡市教育委員会（1995）桑原遺跡群第1次調査。

福岡市教育委員会（1996）比恵遺跡群（22）—比恵遺跡群第43次発掘調査報告書—。

大野城市教育委員会（1997）牛頸石坂窯跡—E地点—大野城市文化財調査報告書第49集。

上峯町教育委員会（1994）阿蘇4火砕流と埋没林。

佐賀県教育委員会（1993）平原遺跡—本川川防災調整池事業関係文化財調査報告書2—。

佐賀市教育委員会（1996）佐賀市文化財調査報告書第77集 東名遺跡—縄文時代早期遺跡の調査概要—。

沖縄県宜野座村教育委員会（1988）宜野座村乃文化財（6）—クジチ墓・クジチ原遺跡発掘調査報告書—。

沖縄県宜野座村教育委員会（1990）漢那ウェーヌアタイ遺跡—近隣緑地公園建設に伴う発掘調査報告書—。

沖縄県宜野座村教育委員会（1993）漢那福地川水田遺跡グローヌ地区発掘調査報告書・ユマビチャー地区発掘調査報告書。

宜野湾市教育委員会（1995）ぎのわんの文化財 第三版。

宜野湾市教育委員会（1996）奥間ノ口墓 図録編。

宜野湾市教育委員会（1996）奥間ノ口墓 図録編解説。

宜野湾市教育委員会（1996）大山富盛原第一遺跡。

宜野湾市教育委員会（1996）野嵩ウガンヌカタ遺跡。

編集後記

編集委員

5年前にパリノサーヴェイ創立15周年を記念して、これまで以上に、皆様に当社を知っていただくとう、「PALYNO」と言う雑誌を創刊いたしました。日頃行っている研究の成果や業務の紹介を隔年で報告して来ましたが、この度、第3号をパリノサーヴェイ創立20周年記念号として刊行することが出来ました。刊行に際しては、これまでの成果や、これからの指針となるような多くの成果を盛り込みたいと思い、社内の技術者はもちろん外部の一線で活躍する方々にもご協力をいただき、質・量ともにボリュームのある号となったと思っております。掲載した原稿は前号の刊行後より執筆依頼を始め、1997年末に校了いたしました。

20周年を新たな起点として、大地と環境の未来を、私たちの辿ってきた時空を探りながら思索していきたいと思っております。今後も変わらぬ、ご支援・ご協力を賜りますようお願いいたします。

PALYNO No.3

発行日 2001年12月1日

編集兼発行者 パリノ・サーヴェイ株式会社
〒103-0023 東京都中央区日本橋本町1-10-5
日産江戸橋ビル2F

TEL : 03-3241-4566(代)

FAX : 03-3241-4597

E-mail : palynoa@blue.ocn.ne.jp

印刷所 株式会社 五常

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町3-21
金星ビル

TEL : 03-3230-0747(代)

FAX : 03-3263-7473