

三方湖表層堆積物中の花粉出現率の分布

中川 毅¹⁾・安田 喜憲²⁾・北川 浩之²⁾・田端 英雄¹⁾

1) 京都大学生態学研究センター 〒606-01 京都市左京区北白川西町

2) 国際日本文化研究センター 〒610-11 京都市西京区御陵大枝山町 3-2

(1993年5月17日受理)

Spatial Distribution of Pollen Grains in Surface Sediments of Lake Mikata, Central Japan

Takeshi NAKAGAWA¹⁾, Yoshinori YASUDA²⁾,
Hiroyuki KITAGAWA²⁾ and Hideo TABATA¹⁾

1) Center for Ecological Research, Kyoto Univ.
Sakyo-Ku, Kyoto, 606-01, Japan.

2) International Research Center for Japanese Studies
3-2 Oeyama-cho Goryo, Nishikyo-ku, Kyoto,
610-11, Japan.

ABSTRACT

Pollen analysis and C/N weight ratio analysis were carried out on 20 surface sediment samples from Lake Mikata, the Hasu River, and Lake Suigetsu in central Japan.

Pinus, *Cryptomeria*, *Alnus*, *Quercus*, Gramineae, and spores were so common that these 6 taxa occupied 80.5% of total pollen grains and spores.

The spatial distribution patterns of the pollen grains and spores of these 6 taxa are different. The relative frequencies of *Pinus* and spores are high in the area far from the shore (where, according to the result of C/N weight ratio analysis, the contribution of terrestrial supply to the surface sediment is relatively small), while those of Gramineae and *Alnus* are high in the area near the mouth of the Hasu River, which is an inlet of Lake Mikata. *Cryptomeria* and *Quercus* are distributed uniformly. These tendencies are considered to be controlled by two main factors: (1) The difference of the sinking velocity in the water. That is, the sinking velocities of *Pinus* and spores in the water are relatively low while those of Gramineae and spores are relatively high; (2) The difference of the way in which pollen grains and spores are supplied. That is, the pollen grains of anemophilous plants like *Pinus*, *Cryptomeria*, and *Quercus* are supplied to some extent directly from the air.

As the distribution patterns of *Cryptomeria* and *Quercus* are uniform, it can be said that these two taxa are highly reliable as an indicator of the palaeoenvironment of the vicinity area of Lake Mikata.

Key words : Pollen analysis, C/N ratio, Pollen distribution, Lake Mikata, Surface sediment

は じ め に

湖底堆積物に含まれる花粉、珪藻などの微化石の分析や地球化学的分析によって、古環境の変遷を明らかにしようとする場合、それらを復元する研究対象の動態を明らかにすることは重要である。これまで表層堆積物中の花粉の動態については、オリノコデルタ¹⁾、カルフォルニア湾²⁾、大バハマ堆³⁾などにおいて、日本列島では九州西方海域⁴⁾、播磨灘^{5,6)}、浜名湖⁷⁾などにおいてすぐれた調査研究が行われてきた。また表層堆積物中の有機物質のC/N比の動態については、メキシコ湾⁸⁾、メーン湾⁹⁾などにおいて、日本列島では

琵琶湖¹⁰⁾などにおいて研究が実施されている。

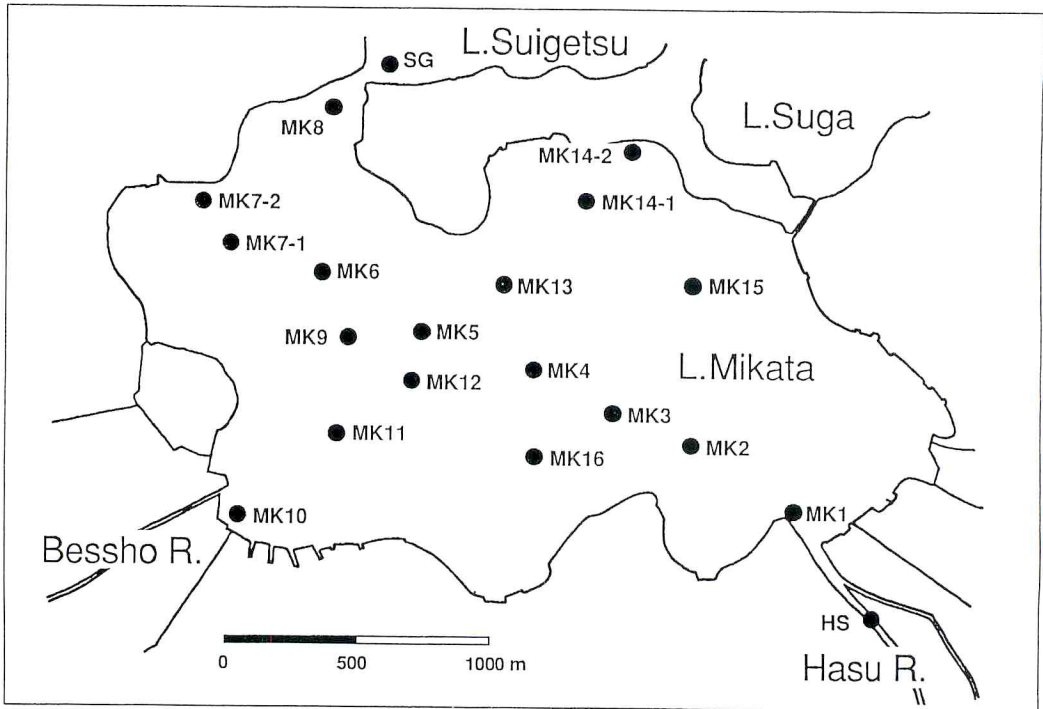
しかし、これまでの研究では、微化石の動態分析と地球化学的因子の動態分析は、個々バラバラに実施されており、両者の詳細な対応関係について論じた研究は少なくとも我が国では皆無である。

同じことはコアの分析についても言える。花粉などの微化石から古環境を復元したり¹¹⁾、地球化学的手法によって環境変動を論じる場合に¹²⁾、それらはまったく相互に関係なく論じられてきた。わずかに Horie¹³⁾ による琵琶湖湖底堆積物の分析結果が、微化石分析と地球化学的分析の共同研究の新たな方向を示唆しているにすぎない。

Fig. 1. The location map of Lake Mikata.



Fig. 2. Sampling sites in Lake Mikata.



本研究でこうした研究を指向する第一段階として、福井県三方湖の湖底表層堆積物の分析結果を論じる。湖底表層堆積物の花粉分析結果とC/N比分析の結果を比較検討し、現在の三方湖周辺における古環境復元因子の動態を明らかにし、その分布を決定している要因について考察を行うものである。

調査地域の概要

三方湖は福井県三方郡三方町に位置する三方五湖の一つの淡水湖である。三方五湖はリアス式海岸の若狭湾岸に位置する沈水湖盆である。五湖とは、日向湖、久々子湖、水月湖、菅湖、三方湖であり、三方湖は最も内陸に位置している (Fig. 1)。三方湖には、南東から流入する鱒 (ハス) 川と南西から流入する別所川の二つの流入河川がある。また三方湖の北西部はおよそ幅100m、水深5mの水路で水月湖とつながっている。この水路は、三方湖の唯一の流出口である。

三方湖は、およそ東西3km、南北1.5km、面積3.6km²の湖で、最大水深は3.6mである。湖底地形は極めて平坦であるが、湖の北側は南側よりも若干水深が浅い。また、水月湖への流出部の近くは水深が深い。

三方湖の周辺植生は、主にアカマツ林を中心に、コ

ナラ・アカシデなどの落葉広葉樹が混交する二次林である。部分的にスギの植林がされている。またシイ・タブといった照葉樹も少数見られる。三方湖の流入河川である鱒川と別所川の下流域には水田地帯が広がり、イネが栽培されている。

試料の採取と分析方法

1. 試料の採取

表層堆積物の採取は1992年5月11日に行った。採集地点は三方湖内の18地点と、鱒川の河口域および水月湖内の各1点である (Fig. 2)。各々の地点で、エクマン・バージ採泥器を用いて表層堆積物と直上水とを同時に採取し、採泥機を傾けた時に流動する浮泥と、その直下2cmまでの表層堆積物を、各々プラスチック容器に密閉した。採取した試料は、ただちに国際日本文化研究センターに持ち帰り、4℃の低温室で保存した。浮泥は花粉分析に、またその直下の堆積物はC/N比分析の試料に用いた。

2. 花粉分析

浮泥試料は遠心分離を繰り返して行って固体部分を分離した。その後、KOH処理-水洗-ZnCl₂飽和水溶

Table 1. The result of the pollen analysis. The percentage values were calculated on the basis of total AP.

Station No	MK1	MK2	MK3	MK4	MK5	MK6	MK7-1	MK7-2	MK8	MK9	MK10	MK11	MK12	MK13	MK14-1	MK14-2	MK15	MK16	SG	HS
<i>Alnus</i>	1	(0%)	1	(0%)	2	(0%)	2	(1%)	3	(1%)	1	(0%)	1	(0%)	2	(0%)	2	(1%)	2	(1%)
<i>Taxus</i>	106	(23%)	138	(37%)	152	(43%)	238	(65%)	194	(53%)	194	(53%)	194	(53%)	194	(53%)	194	(53%)	194	(53%)
<i>Pinus</i>	44	(11%)	25	(7%)	38	(11%)	41	(11%)	32	(8%)	32	(8%)	32	(8%)	32	(8%)	32	(8%)	32	(8%)
<i>Cryptomeria</i>	1	(0%)	4	(1%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Platanus</i>	70	(22%)	100	(27%)	99	(26%)	57	(15%)	46	(12%)	46	(12%)	46	(12%)	46	(12%)	46	(12%)	46	(12%)
<i>Aulus</i>	8	(2%)	12	(3%)	8	(2%)	8	(2%)	8	(2%)	8	(2%)	8	(2%)	8	(2%)	8	(2%)	8	(2%)
<i>Carpinus</i>	8	(2%)	3	(1%)	8	(2%)	3	(1%)	8	(2%)	3	(1%)	8	(2%)	3	(1%)	8	(2%)	3	(1%)
<i>Quercus</i>	4	(1%)	16	(4%)	12	(3%)	15	(4%)	16	(4%)	12	(3%)	15	(4%)	16	(4%)	12	(3%)	15	(4%)
<i>Ulmus-Zelkova</i>	1	(0%)	6	(1%)	7	(2%)	1	(0%)	6	(1%)	7	(2%)	1	(0%)	6	(1%)	7	(2%)	1	(0%)
<i>Acer</i>	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Fraxinus</i>	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Tilia</i>	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Salix</i>	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Syringaceae</i>	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Asplacaceae</i>	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Malvaceae</i>	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	27	(8%)	34	(9%)	30	(8%)	25	(7%)	18	(5%)	41	(10%)	36	(9%)	32	(8%)	24	(7%)	18	(5%)
<i>Cyclobalanopsis</i>	14	(4%)	23	(6%)	1	(0%)	17	(4%)	37	(12%)	22	(5%)	26	(7%)	38	(10%)	27	(7%)	34	(9%)
<i>Lindera</i>	15	(5%)	13	(3%)	16	(4%)	4	(1%)	5	(2%)	11	(3%)	12	(3%)	17	(4%)	17	(4%)	22	(6%)
<i>Celastraceae</i>	3	(1%)	4	(1%)	3	(1%)	2	(0%)	6	(1%)	2	(0%)	6	(1%)	2	(0%)	6	(1%)	2	(0%)
<i>Celastraceae</i>	6	(2%)	7	(2%)	3	(1%)	2	(0%)	2	(0%)	2	(0%)	2	(0%)	3	(1%)	3	(1%)	4	(1%)
<i>Ericaceae</i>	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)
<i>Loganiaceae</i>	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)
<i>Conium</i>	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)	3	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)
<i>Urtica</i>	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)	2	(1%)	1	(0%)				

液による比重分離－水洗－酢酸処理－アセトリシス処理－酢酸処理－水洗－エタノール洗浄－キシレン洗浄－シリコンオイル（信越シリコン社製 KF-96-50CS）によるキシレンの置換－マウントの順で処理し、花粉分析を行った。一回の検鏡にはマイクロピペットで分取した0.25 mlの試料を用いた。検鏡は、22m/mのカバーガラス下で行った。同定は原則として花粉・孢子総数500個体以上に達するまで行った。各花粉の出現率は、ハンノキ属 (*Alnus*) 花粉を含む樹木花粉総数を基数とした百分率で表現した。

3. 地球化学的部分分析

表層堆積物試料には、一定量の1 N, HClを加えて加熱し、炭酸塩を除去した。その後、水洗し110℃で充分乾燥した後、炭素、窒素含有量を測定した。

炭素、窒素含有量は、各試料の200mg程度を柳本製作所製MT700型CNコーダーで測定した。その後、炭素および窒素含有量から、炭素／窒素比（重量比：C/N）を求めた。

分 析 結 果

1. 花粉分析の結果

花粉分析の結果をTable 1に示す。比較的出現個数の多いマツ属 (*Pinus*)、イネ科 (*Gramineae*)、スギ属 (*Cryptomeria*)、ハンノキ属、コナラ属 (*Quercus*) の花粉、および孢子 (Spore) の出現率は、Fig. 3-a~fに図示した。この六つのタクサは、今回同定した花粉、孢子総数の80.5%を占める。以後これらの主要な花粉および孢子だけについて考察する。なお、コナラ属はアカガシ亜属 (*Q. Subg. Cyclobalanopsis*) とコナラ亜属 (*Q. Subg. Lepidobalanus*) に分けて同定したが、本論では合計してコナラ属として扱った。また、孢子は Monolete type, Trilete type, Other spore に分けて同定したが、本論では合計で孢子として扱った。

(a) マツ属

マツ属花粉は、孢子を除く花粉の中では、ほとんどの地点で最も高率に出現する。出現率の平均は37%だが、水月湖（地点番号SG）における出現率は57%に達する。

マツ属花粉は典型的に湖の沖合で出現率が高い傾向があり、三方湖内での出現率の最大値は52%に達する（地点番号MK5）。また鱈川の中（地点番号HS）と水

月湖につながる水路の近く（地点番号MK8）ではそれぞれ18%、24%と、目立って低い出現率を示している（Fig. 3-a）。

(b) イネ科

イネ科花粉は草本花粉の中で唯一高率に出現する。これは鱈川・別所川の流域における水稻栽培を反映していると考えられる。イネ科花粉の出現率の標準偏差は、出現率の平均値の45%であり、六つのタクサの中では最も出現率のばらつきが大きい。

イネ科花粉は、岸の近くで出現率が高い傾向が見られる。出現率の平均値は13%であるが、鱈川と別所川の河口部（地点番号MK1, MK10）での出現率はそれぞれ30%、21%と顕著に高い。反対に、最も出現率が低いのは、湖の中央部からやや東に寄った地域である。地点番号MK8での出現率は5%であり、マツ属花粉と同様に著しく低い出現率を示している。また、地点番号HSでも、すぐ隣の地点番号MK1と比較して低い出現率を示す。（Fig. 3-b）。

(c) スギ属

スギ属花粉の出現率の平均値は10%であり、六つのタクサの中では最も出現率が低い。スギ属花粉の出現率は三方湖全域できわめて均一である。ただし、地点番号HSとMK8での出現率はそれぞれ22%、15%と、マツ属花粉とは逆に極端に高い出現率を示している（Fig. 3-c）。

(d) ハンノキ属

ハンノキ属花粉は、鱈川が流入している湖の東側でやや高い出現率を示している。地点番号HSとMK8では、マツ属花粉やイネ科花粉で見られた出現率の変化は見られない。出現率の平均値は21%であるが、水月湖（地点番号SG）での出現率は7%と低い値を示している（Fig. 3-d）。

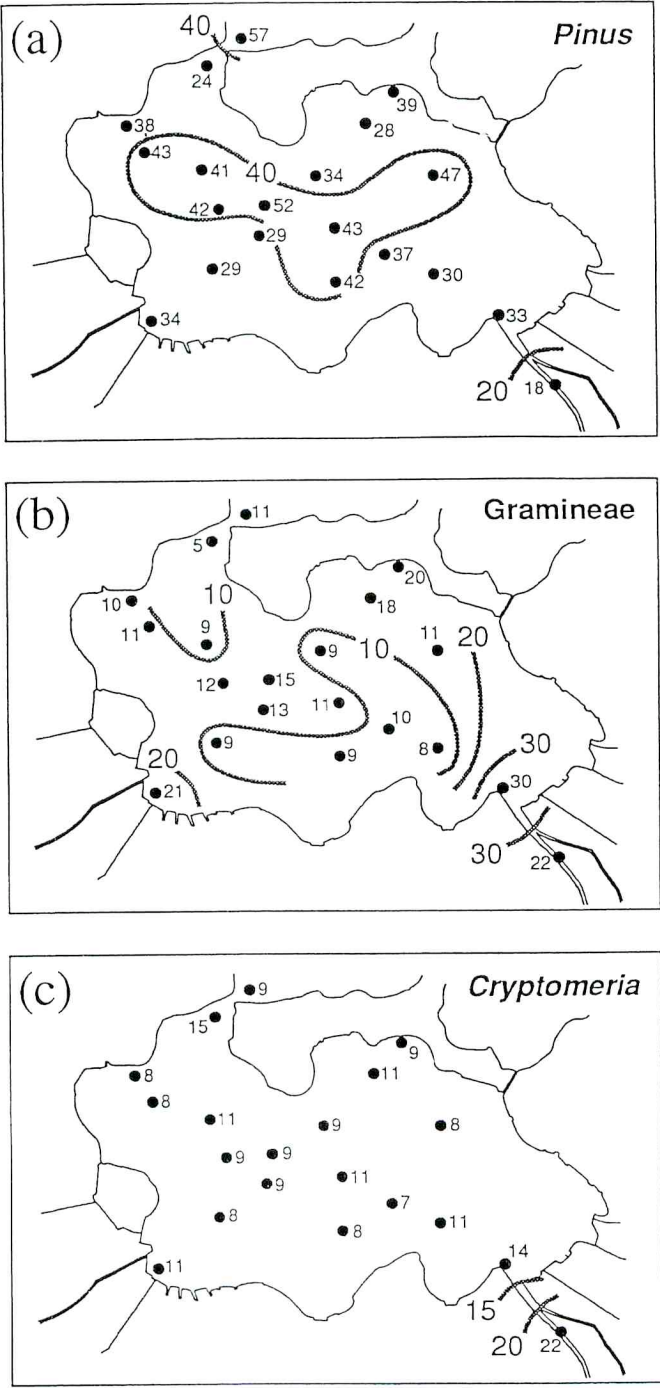
(e) コナラ属

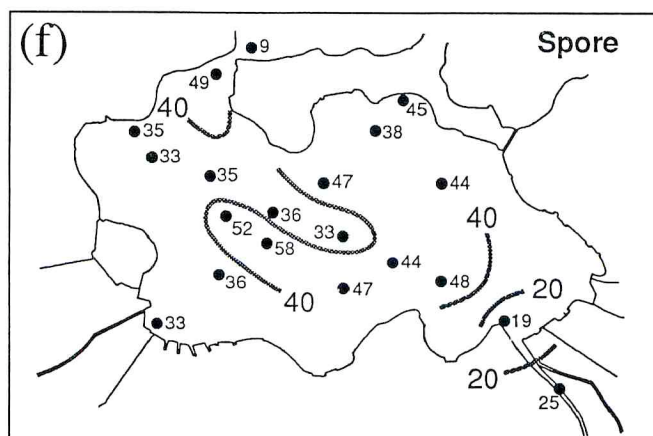
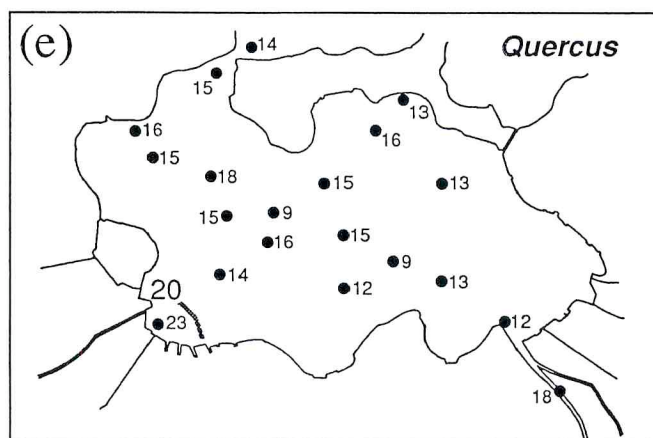
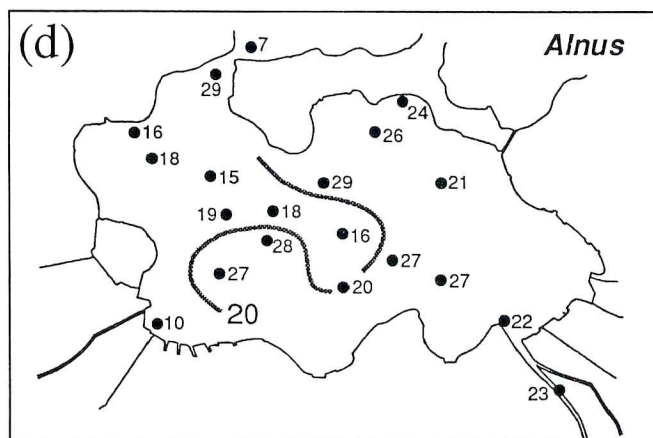
コナラ属花粉は、別所川の河口部（地点番号MK10）において出現率が高いが、他の分析地点においては極めて均一な出現率を示す。出現率の平均値の標準偏差は出現率の平均値の22%であり、六つのタクサの中で最も出現率のばらつきが小さい。地点番号HSとMK8でも明らかに他の地点と違った傾向はみられない（Fig. 3-e）。

(f) 胞子

胞子の平均出現率は38%であり、六つのタクサの中でもっとも高率に出現する。胞子は沖合で高い出現率を示す傾向が見られるが、イネ科花粉とは異なり、湖の北東部の岸近くでも出現率が高い。地点番号MK8

Fig. 3. Spatial distribution of pollen and spores in the percentage to total AP.
a-*Pinus*, b-*Gramineae*, c-*Cryptomeria*,
d-*Alnus*, e-*Quercus*, f-Total spore.





0 500 1000 m

では49%と高い出現率を示す。地点番号HSでも河口部のMK1と比較して高い出現率を示す。一方水月湖(地点番号SG)では9%と極端に低い出現率を示している(Fig. 3-f)。

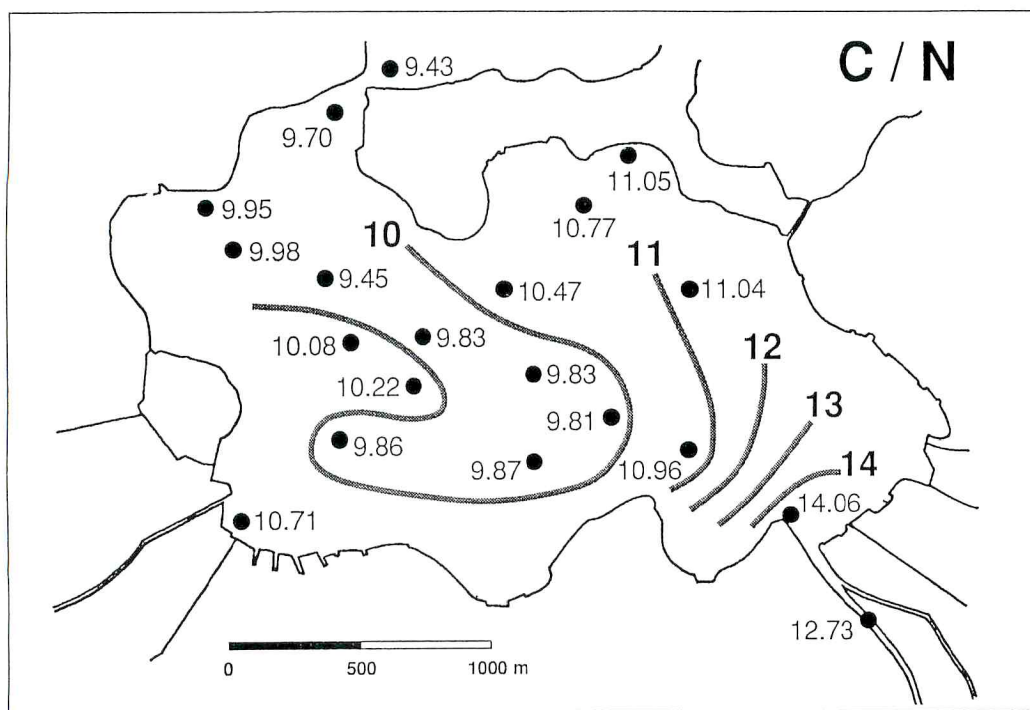
2. C/N比分析の結果

Fig. 4 に各試料採集地点の表層堆積物中の有機物質のC/N比の分布を示した。

三方湖の表層堆積物中のC/N比は、鱈川および別所川の河口域においてやや大きな値を示し、水月湖に近づくにつれて一方的に減少する傾向が認められる。

鱈川の河口部(地点番号MK1)では、14.06の最大値を示す。また、湖の北東部でもやや大きな値を示している。花粉組成では顕著な変化が見られた三方湖と水月湖をつなぐ水路部(地点番号MK8)においては大きな変化は見られない。

Fig. 4. Spatial distribution of C/N weight ratios.



考 察

1. 有機物質のC/N比から見た三方湖の水域環境

陸源有機物質の大きな流入がない水月湖(地点番号SG)の表層堆積物のC/N比は9.43である。Nakanishi et al.¹⁰⁾は琵琶湖のプランクトン質のC/N比は6~9であることを報告している。また、中井ほか¹¹⁾は、陸源有機物がおもな有機物である淡水性堆積物のC/N比は30~40以上であることを示している。このことから、鱈川河口のMK1地点や、三方湖東岸のMK15, MK14-2地点、別所川河口のMK10地点などでC/N比が大きな値を示すのは、植物起源の陸源有機物質の寄与によるものと解釈できる。また、湖の中央部から水月湖に近づくにつれて陸源有機物質の寄与が減少することが示されている。

このように、堆積物中の有機物質のC/N比から評価される鱈川の流入にともなう陸からの影響は、鱈川の河口から水月湖に向けて一方的に減少していると言える。

2. 三方湖の花粉出現率の分布様式の多様性とC/N比との対応

今回の三方湖の表層堆積物の分析結果では、花粉や孢子の出現率の分布様式は、タクサによって異なる傾向が見られた。従来から、海洋や内湾などの大きな水域では、表層堆積物中の花粉出現率の分布様式はタクサによって異なることが知られているが^(1-7, 14-18)、今回の結果から、三方湖のような小さな湖の中でも同様の違いが見られることが明らかになった。

三方湖においては、マツ属花粉は沖合で出現率が高

く、胞子もおおむね沖合で高い出現率を示す。またイネ科花粉は湖岸近くで出現率が高く、ハンノキ属花粉も流入河川のある湖の東側で出現率が高い。またスギ属花粉とコナラ属花粉の出現率は湖全域で極めて均一である。

表層花粉の分析結果とC/N比の分析結果を比較検討してみると、三方湖では、イネ科花粉やハンノキ属花粉の出現傾向はC/N比の分布と比較的よく対応していることがわかる。一方、マツ属花粉の分布傾向はC/N比の分布と逆の傾向を示している。スギ属やコナラ属の花 pollen の出現率は湖全体で均一であり、両者の中間的な傾向を示している。C/N比は、堆積物中の有機物に対する陸源有機物質の寄与の大きさを示す指標であることから、三方湖では、イネ科花粉とハンノキ属花粉は陸からの影響の強い地域で高い出現率を示し、マツ属花粉と胞子は陸からの影響の弱い地域で高い出現率を示し、スギ属花粉とハンノキ属花粉は水域環境にかかわらず一定の出現率を示すと言える。

3. 花粉出現率の分布様式の解釈

以上に示した花粉出現率の分布様式とC/N比との関係には、次の二通りの解釈が可能である。

第一に、花粉は主に流入河川によって供給されるが、浮遊力が大きい花粉は長距離運搬されて沖合で高い出現率を示し、浮遊力の小さい花粉はすぐに沈積して河口近くで相対的に高い出現率を示すものと解釈できる。この解釈では、マツ属花粉と胞子は高い浮遊力を持ち、スギ属花粉とカシ属花粉は中間的な浮遊力を持ち、イネ科花粉とハンノキ属花粉は浮遊力が小さいと推定できる。

第二に、マツ属・スギ属については、典型的な風媒花であり花粉は主に空中から直接的に供給される結果、相対的に沖合で出現率が高くなるという解釈ができる。マツ属花粉とスギ属花粉の分布傾向の違いは、マツ属花粉はスギ属花粉より浮遊力が大きいと仮定すれば、湖面に落下した後で水流によって二次的に運搬され、流入河川からより離れた、陸からの影響の弱い場所まで運ばれると考えることで説明される。

内湾や外洋の表層堆積物を用いた従来の研究で、マツ属花粉や胞子は岸から遠ざかるにつれて高い出現率を示し、イネ科などの草本花粉は河川の河口近くで高い出現率を示すことが知られている^(2, 4, 6, 15)。また、松下⁽⁹⁾は、播磨灘の表層堆積物の分析の結果から、スギ属花粉の分布は種々の花粉の分布の平均的特性を示す事を報告している。このように、従来の分析結果の

傾向と今回の結果とは大略において一致している。

これらの傾向は、Cross⁽²⁾、中村⁽⁴⁾、松下⁽⁹⁾、中村⁽¹⁵⁾などによって、マツ属花粉や胞子は高い浮遊力を持つために陸から遠くまで運搬され、草本花粉は岸の近くで速やかに沈降するという解釈だけで説明されてきた。しかし、三方湖は面積約3.6km²と比較的小さな湖であり、しかも、周囲をアカマツを多く含む二次林やスギの植林地で囲まれていることから、三方湖ではマツ・スギなどの風媒花の花粉は空中供給の寄与を内湾や外洋よりも大きく受けている可能性がある。この点を明らかにするには、三方湖と水月湖の比較を行うなど、さらに検討が必要である。

地点番号HS、MK8など、幾つかの地点においては、局所的に花粉出現率が周辺の地域と大きく異なる。また、C/N比は流入河川の河口域から水月湖に向けて一方的に減少するが、マツ属、イネ科、胞子などの出現率は、必ずしも水月湖に向けて一方的な傾向は示していない。これらのことは、三方湖の表層堆積物中の花粉分布パターンには、陸からの影響の強さ以外の要因も同時に関与している可能性を示唆している。この点については、別報で詳しく検討を加える予定である。

4. 古環境解析への応用

堆積物中の花粉出現率は、水域環境と周辺植生を同時に反映して変化する。したがって、ボーリングコアの花粉分析結果を元にして古環境解析を行う場合、水域環境の変化と周辺植生の変化を厳密に区別して復元することは困難である。しかし、水域環境によらず一定した出現率を示すタクサであれば、出現率の変化は主に周辺植生の変化を反映したものであると結論できる。このようなタクサは古植生を復元する指標として有効である。逆に、水域環境によって出現率が変化するタクサは、ローカルな水域環境を復元する指標として用いることができる可能性がある。

三方湖の花粉化石群集中の六つの主要なタクサの中で、スギ属花粉とコナラ属花粉は、湖の内部では水域環境にかかわらずほぼ均一な出現率を示した。したがって、スギ属とカシ属の花粉は、三方湖に限った場合、周辺地域の古環境を復元する有効な指標であることが明らかになった。

ただし、流入河川の影響の特に強い地点などでは、スギ属とコナラ属の花粉の出現率も局所的に変動する。このため、古植生復元は、花粉出現率の他に堆積相などを総合的に検討しながら行うことが望ましい。

スギ属とコナラ属以外の花粉・胞子は、湖の内部で

も水域環境によって出現率が変動する。これらのタクサは、その出現率を決定している要因がより詳細に明らかになれば、三方湖内のローカルな水域環境を復元する指標になる可能性があり、今後さらに検討が必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、多くの方から有形無形の力添えを仰ぐことができた。清水哲治氏をはじめとする鳥浜漁協の方々には、三方湖での表層堆積物の採取の際に大変お世話になった。京都大学生態学研究センターの柳沢直氏には試料採取と測量を手伝っていただいた。その他、本研究の過程で直接間接にお世話になった多くの方々に心から御礼申し上げます。なお、本研究には文部省科学研究費補助金「重点領域「文明と環境」(「気候・植生の変遷と文明の盛衰」代表者安田喜憲)」を使用した。

引用文献

- (1) Muller, J. : Palynology of recent Orinoco Delta and shelf sediments. *Micropaleont.* 5, 1-32 (1959).
- (2) Cross, A. T., Thompson, G. G. and Zaitzeff, J. B. : Source and distribution of palynomorphs in bottom sediments, southern part of Gulf of California. *Marine Geol.* 4, 467-524 (1966).
- (3) Traverse, A. and Ginsburg, R. N. : Palynology of the surface sediments of Great Bahama Bank, as related to water movement and sedimentation. *Marine Geol.* 4, 417-459 (1966).
- (4) 中村 純・黒田登美雄・満塩博美：堆積学的花粉分析学，その1。—九州西方海域および四国の海底表層堆積物—。地質調査所月報 25, 209-221 (1974)。
- (5) 松下まり子：播磨灘表層堆積物の花粉分析—花粉組成と現存植生の比較—。第四紀研究 20, 89-100 (1981)。
- (6) 松下まり子：播磨灘表層堆積物の花粉分析—内海域における花粉・胞子の動態—。第四紀研究 21, 15-22 (1982)。
- (7) Matsushita, M. and Sanukida, S. : Studies on the characteristic behavior of pollen grains and spores in Lake Hamana on the pacific coast of Central Japan. *The Quaternary Research (Tokyo)* 25, 71-79 (1986)。
- (8) Sackett, W. M. and Thompson, R. R. : Isotopic organic carbon composition of recent continental derived clastic sediments of eastern Gulf coast, Gulf of Mexico. *Bull. American Assoc. Petrol. Geol.* 47, 525-528 (1963)。
- (9) Mayer, L. M., Macko S. A. and Cammen, L. : Provenance, concentrations and nature of sedimentary organic nitrogen in the Gulf of Maine. *Marine Chemistry* 25, 291-304 (1958)。
- (10) Nakanishi, M., Mitamura, O. and Matsu- bara, T. : Sestonic C : N : P ratio in the south basin of Lake Biwa with special attention to nutritional state of phyto- plankton. *Japanese Journal of Limnol.* 51, 185-189 (1990)。
- (11) 安田喜憲：福井県三方湖の泥土の花粉分析的研究—最終氷期以降の日本海側の乾湿の変動を中心として—。第四紀研究 21, 255-271 (1982)。
- (12) 中井信之・太田友子・藤沢 寛・吉田正夫：堆積物コアの炭素同位体比，C/NおよびFeS₂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, 169-177 (1982)。
- (13) Horie, S. : *Lake Biwa*. Junku Publisher 654p. (1984)。
- (14) Koreneva, E. V. : Marine palynological researches in the U. S. S. R. *Marine Geol.* 4, 565-574 (1966)。
- (15) 中村 準：濃尾平野およびその周辺地域の第四系の花粉分析学的研究—濃尾平野の研究その2—。高知大学学術研究報告 21 (自然), 169-213 (1972)。
- (16) 島倉巳三郎：日本海海底堆積物の花粉分析。日本海 5, 27-30 (1970)。
- (17) Heusser, L. E. and Balsam, W. I. : Pollen distribution in the Northeast Pacific Ocean. *Quaternary Research* 7, 45-62 (1977)。
- (18) Heusser, L. E. : Pollen distribution in the bottom sediments of the western North Atlantic Ocean. *Mar. Micropaleontol.* 8, 77-88 (1983)。