

世界の中の霧多布湿原

：植物群落及び泥炭堆積の特性から見たその位置づけ

1996年3月

富山大学大学院理学研究科生物学専攻
内山秀樹

Abstract

Vegetation and soil characteristic and water chemistry were studied in Kiritappu wetland, in eastern Hokkaido. The wetland is reserved as a protected area by the Convention on Wetlands of International Importance and partly designated Tennenkinenbutu (natural monument) by Bunkazaihogohou. The wetland consists of different ecosystems including bog, fen, saltmarsh and swamp forest.

Twenty-five quadrats ($2\times 2\text{m}^2$ or $5\times 5\text{m}^2$) were established to describe vegetation and to collect soil and water samples representing bog, fen and swamp forest. They were divided into three groups (Group 1-3) based on vegetation structure. Group 1 was *Molinopsis japonica* - *Sphagnum* community, which was further subdivided into *Eriophorum vaginatum* - *Hosta rectifolia* type, *Eriophorum vaginatum* - *Empetrum nigrum* type and *Phragmites communis* type. Group 2 was *Alnus japonica* - *Lastrea thelypteris* community and Group 3 was *Carex lasiocarpa* - *Potentilla palustris* community. The *Eriophorum vaginatum* - *Hosta rectifolia* type and *Eriophorum vaginatum* - *Empetrum nigrum* type were determined as bog on the ground that soil surface was covered by *Sphagnum*; peat and water were acidic and low in exchangeable cations. *Phragmites communis* type was determined as fen because peat and water were slightly high in exchangeable cations. *Alnus japonica* - *Lastrea thelypteris* community was determined as swamp because *Alnus japonica* and *Fraxinus mandshurica* formed forest on soils permanently saturated with water. Peat and water were low in exchangeable cations. *Carex lasiocarpa* - *Potentilla palustris* community was determined as fen because Carex sp. dominated and pH of water was high.

A line transect, 30 m long and 1 m wide, was established from a brackish river bank to peatland. The transect was subdivided in $(1\times 1)\text{m}^2$ quadrats. At each quadrat, vegetation structure was recorded and soil samples were collected for chemical analysis. The transect was divided into four sections (section 1-4) based on the vegetation structure. Soil chemical characteristics were closely related to the sections. In the section 1, where *Triglochin maritimum*, *Puccinellia kurilensis* and *Glaux maritima* dominated, soils were high in exchangeable cations (Na,Mg,K); in the section 2, where *Juncus yokoscensis* and *Eleocharis kamtschatica* dominated, and the section 3, where *Myrica Gale* dominated, soils showed high pH and high Mg concentration; in the section 4, where *Iris setosa*, *Hemerocallis middendorffii* and *Lastrea thelypteris* dominated, soils were low in exchangeable cations.

世界の中の霧多布湿原：植物群落及び泥炭堆積の特性から見たその位置づけ

内山秀樹 富山大学大学院理学研究科生物学専攻1年

はじめに

地球上には約346万km²に及ぶ泥炭湿原が発達している(Gorham 1991)が、それは植生特性、泥炭土壤の特性及び生成条件等によって様々に分類される(Gore 1983)。本研究は植物群落の種組成、泥炭土壤の理化学性等を解析し、それに基づいて北半球における霧多布湿原の生態的、形態的特性を明らかにすることを目的とする。

調査地概況

霧多布湿原は、北海道東部、浜中町の太平洋に面した約3168haの中・高層湿原である。また、この湿原は海の退行により形成され夏期の海霧の影響を強く受けしており、特に湿原を流れる河川の河口部は汽水河川となり、塩湿地を作り出している。

湿原の中央部約300haは1926年「霧多布泥炭形成植物群落」として天然記念物に指定され、その後、吉井義次・工藤祐(1926)「天然記念物調査報告 植物之部」、三好學(1926)「天然記念物解説」、田中瑞穂(1956・1957)「霧多布の天然記念物泥炭形成植物群落、其の一・二」、田中瑞穂(1959)「北海道東部湿原の群落学的研究、第2報、霧多布湿原植物群落の構造」、Umeda, Y., T sujii, T., Inoue, T. (1985)「Influence of banking on groundwater in peatland」、北海道湿原研究グループ(1995)「北海道の湿原の変遷と解析、8. 霧多布湿原」等の研究がこの天然記念物指定地域を中心として行われてきた。

本研究では霧多布湿原の植生と泥炭土壤の全体像を把握するため、1. 天然記念物指定地域、2. 湿原北西部の高層湿原から湿地林に至る地域、3. 湿原南東部の湿原を調査地とした(Fig. 1, 2)。また、河辺部の塩湿地から湿原中央に向かう植生と土壤の変化を知るため、4. 泥川の河口から1.8kmの地域も調査地とした(Fig. 1, 2)。

調査方法

植物群落の群落構造を知るため、調査地1～3の中・高層湿原では(2×2)m²、湿地林では(5×5)m²の方形区を設定し、植物群落の種組成及び被度を記録した。被度はDomin-Krajinaの被度階級に従い、Dahl(1956)修正によるSorensonの方式(1948)を用いて植生類似度を算出し、デンドログラムを作成した。泥炭土壌の比重及び有機物含量を知るため、各方形区の表層から(7×7×7)cm³のアクリル方形筒を用いて泥炭サンプルを採取した。比重は土壌サンプルを100°Cで24時間乾燥後秤量し算出した。有機物含量は一定量の土壌サンプルを600°Cで2時間灼熱し、灼熱損量として算出した。また、泥炭土壌の化学特性を知るため、方形区の各土壌層から土壌サンプルを採取し、置換性塩類濃度(Ca, Mg, K, Na)、塩基置換容量(CEC)、塩基飽和度(BS)、pH、電気伝導度(EC)、有機物含量を測定した。湿原の水質を知るため、各方形区のシュレンケ内の水たまりに直接pHメーターの電極を入れpHを測定した。また、その水を採取して栄養塩類濃度、濁度の測定を行った。

調査地4では、河辺部から湿原中央部に向かって幅1m、長さ30mのライントランセクトを設定し、1m毎の方形区に区切って植生を記録した。各方形区から表層土壌のサンプルを採取し置換性塩類濃度、塩基置換容量、塩基飽和度、pH、電気伝導度について分析を行った。

調査結果及び考察

1 調査地1～3

A 植生調査

植生調査において合計25個の方形区を設定した。25個の方形区に出現した維管束植物の種数は62種であった。コケ植物はスギゴケとミズゴケ属から数種認められたが、今回はまだ同定が完了していないため1属種として扱った。調査地1～3の植生表をTable. 4に示す。Fig. 3は、各方形区の類似度から作成したデンドログラムである。これから25個の方形区は、類似度

27%で大きく3群に大別された。1群はヌマガヤ、ヤチヤナギ、エゾイソツツジ、ツルコケモモ、モウセンゴケ、ミズゴケの常在度が高いヌマガヤーミズゴケ群落、2群はハンノキ、ヒメシダの被度が高いハンノキーヒメシダ群落、3群はムジナスグ、クロバナロウゲ、エゾクサイチゴ、サワギキョウ、ハングンソウ、ススキ、ヤマブキショウマの常在度が高いムジナスグークロバナロウゲ群落であった(Fig. 4)。

1群はさらに類似度44%でワタスグの常在度が高いワタスグ型とヨシの被度が高いヨシ型とに分けられた。ワタスグ型はさらに類似度51%でタチギボウシの常在度が高いワタスグータチギボウシ型とガンコウランの常在度が高いワタスグーガンコウラン型とに分けられた。ヌマガヤーミズゴケ群落のワタスグータチギボウシ型は調査地1の天然記念物地域からの方形区であり、ワタスグーガンコウラン型は調査地2の高層湿原地域からの方形区であり、ヌマガヤーミズゴケ群落のワタスグ型が本湿原における高層湿原地域の典型と考えられる。ヌマガヤーミズゴケ群落のヨシ型は調査区2の高層湿原地域と湿地林地域との中間部からの方形区からなり、ヨシとホロイスグの被度が高くなるがミズゴケの被度も高くブルテの形成もあることから高層湿原の一部と考えてよいだろう。ハンノキーヒメシダ群落は調査地2の湿地林地域からの方形区からなり、高層湿原内に見られるミズゴケのブルテはほとんど見られなくなり、ハンノキやヤチダモの林下にヒメシダ、ヤマドリゼンマイといったシダ植物やホロムスグが群生する。

ムジナスグークロバナロウゲ群落は調査地3からの方形区からなり、本湿原に一般に見られる高層湿原地域とは様相を異にする。種組成的にはミズゴケの被度はそれほど高くなく、新庄久志(1982)「若山沼周辺の植生」による「ミツガシワーミズドクサ群落」とヨシースグ類群落との中间的存在と考えられる。

B 土壤調査

Table. 1は、各方形区の土壤理化学特性を示した表である。土壤層の分化は、ヌマガヤーミズ

ゴケ群落では表層にミズゴケ泥炭層がありその下層にスゲーヨシ泥炭層、火山灰層、スゲーヨシ泥炭層と続くものが一般的であった。しかし、ワタスゲータチギボウシ型では表層のミズゴケ泥炭層が5-10cm程度とあまり発達していなかったのに対し、ワタスゲーガンコウラン型、ヨシ型では10-25cm程度と比較的よく発達していた。ハンノキーヒメシダ群落とムジナスグーグロバナロウゲ群落ではミズゴケのブルテがほとんど存在しないため表層からスゲーヨシ泥炭層、火山灰層、スゲーヨシ泥炭層と続くものが多かった。

表層の比重は、表層がミズゴケ泥炭層からなる場合は0.029~0.042と非常に小さく、スゲーヨシ泥炭層からなる場合は0.1~0.25程度とミズゴケ泥炭層に比べ大きく幅も広かった。表層の有機物含量は、表層がミズゴケ泥炭層からなる場合は86~99%と非常に高く、スゲーヨシ泥炭層からなる場合は28~88%と比較的低く幅も広かった。表層のスゲーヨシ泥炭層の比重と有機物含量に広い幅が存在するのは、スゲーヨシ泥炭の分解程度やスゲーヨシ泥炭層への鉱質土の流入量に差があるためと思われる。

土壤層の化学性の変化については、置換性塩類濃度、塩基置換容量、塩基飽和度、電気伝導度が表層から火山灰層に向かって値が低くなり、火山灰層の下のスゲーヨシ泥炭層になると再び高くなるという傾向をみせた。しかし、一般に置換性塩類濃度と正の相関を示すといわれるpHは上記のものとは全く逆の変化の仕方を示し、表層から火山灰層に向かって値が高くなり、火山灰層の下のスゲーヨシ泥炭層になると再び低くなった。これは、泥炭が一般の森林土壤に比べ非常に多くの有機物を含んでいることに原因があると思われる。土壤は有機物含量が多くなると塩基置換容量が高くなり、それに応じて陽イオンの吸着能力も高くなる。したがって、有機物含量の多い泥炭層には置換性塩類、水素イオンとともに高濃度で存在することができるのではないかと考えられる。Fig. 5は、各群落の表層土壤の理化学性について比較したグラフである。各群落間の土壤特性の違いについては今後さらに統計処理を行っていく予定である。

C 水質調査

Table. 2は、各方形区の水質を示した表である。栄養塩類濃度については、いずれの元素についても日本の大きな河川の平均濃度に比べ低い値を示した。Fig. 6は、各群落の水質について比較したグラフである。このグラフよりCa、Mg、Naはムジナスゲークロバナロウゲ群落で高く、逆にKはムジナスゲークロバナロウゲ群落で低くなっていることがわかる。pHは、ヌマガヤーミズゴケ群落・ワタスゲ型、ヨシ型、ハンノキーヒメシダ群落、ムジナスゲークロバナロウゲ群落の順に高くなっていることがわかる。濁度については湿原における水質の指標として今回の調査で初めて試みてみたが、ムジナスゲークロバナロウゲ群落、ヌマガヤーミズゴケ群落・ワタスゲ型、ヨシ型、ハンノキーヒメシダ群落の順に高くなっていることがわかった。各群落間の水質特性の違いについては今後さらに統計処理を行っていく予定である。

D 総合評価

「The Canadian Wetland Classification System」(1987)では湿原を植生および基質の化学性から bog、f en、m ar sh、sw am p およびsh all o w wa ter に5大別している。この基準を本調査地に適用すると、調査区1、2のヌマガヤーミズゴケ群落のタチギボウシ型とガンコウラン型は、ミズゴケ種に覆われていること、泥炭層がミズゴケ層、スゲ層の順に堆積していること、酸性が強く栄養塩類が乏しい土壌であることなどから典型的な bog クラスの湿原であると思われる。調査地2のヌマガヤーミズゴケ群落のヨシ型は、ヨシの被度が高いことから f en クラスの湿原と考えられるが、土壌、水質が比較的貧栄養であることやミズゴケ種も存在することから f en クラスと bog クラスの中間的存在とも考えられる。調査区2のハンノキーヒメシダ群落はハンノキやヤチダモの低木が密集していること、泥炭層がスゲ泥炭からなることなどから sw am p クラスの湿原と考えられる。しかし、土壌、水質については一般に知られる sw am p より貧栄養であり f en あるいは bog に近い。調査地3のムジナスゲークロバ

ナロウゲ群落は、スグ類の被度が高いこと、泥炭層がスグ泥炭からなること、水のpHが高いことなどからより典型的なfenクラスの湿原と考えられる。土壤、水質については貧栄養なfenあるいはbogに近い。

今回調査した湿原地域は植生上からは幾つかの湿地クラスに分類できたが土壤の化学性の面からはいずれの群落も bog あるいは貧栄養な fen の範疇にあり、霧多布湿原の特徴と考えられる。また、霧多布湿原の土壤は泥炭層の中に火山灰層を挟んでおり、この層を境に泥炭層がミズゴケ泥炭からスグ泥炭に変化したり、土壤の化学的特性が変化したりする特徴がみられる。

2 調査地4

泥川の河口付近では、河畔から湿原中央部に向かって植生の明らかな変移が認められた。この変移を植生および土壤特性の点から解析するため、1 x 30mのライントランセクトを設定した。植生調査の結果、ライントランセクト上の合計30個の方形区からの総出現種数は47種であった。調査区4の植生表はTable. 5に示す。植生の種組成からライントランセクトは、河辺部よりI～IVの4区に区分された。河辺部からおよそ12mまでの方形区1～12からなるI区はシバナ、チシマドジョウツナギ、ウミミドリが優占するシバナーチシマドジョウツナギ群落であった。12～14mまでの方形区13～14からなるII区はイヌイ、クロハリイが優占するイヌイークロハリイ群落であった。14～16mまでの方形区15～16からなるIII区はヤチャナギが多いヤチャナギ群落であった。16～30mまでの方形区17～30からなるIV区はヒオウギアヤメ、ヒメシダ、エゾゼンティカが優占するエゾゼンティカーヒメシダ群落であった。

Table. 3は各方形区の土壤化学特性を示した表である。Fig. 7はライントランセクト上における各土壤分析項目の変動を示したグラフである。これより、置換性塩類濃度(Na、Mg、K)、塩基飽和度、電気伝導度は河辺部で高く、湿原中央部で低くなることがわかる。逆に、塩基置換容量、有機物含量は河辺部で低く、湿原中央部で高くなることがわかる。pHは調査区33～37付近で

最も高かった。これを植生区分と対比させると置換性塩類濃度(Na、Mg、K)、塩基飽和度、電気伝導度の高い立地にI区のシバナーチシマドジョウツナギ群落が成立し、pHが高くMg濃度のみ高い立地にII区のイヌイークロハリイ群落とIII区のヤチヤナギ群落が成立していることがわかる。置換性塩類濃度(Na、Mg、K)、塩基飽和度、電気伝導度の低い立地にIV区のエゾゼンティカーヒメシダ群落が成立していることも見てとれる。I区のシバナーチシマドジョウツナギ群落で置換性塩類濃度(Na、Mg、K)が高いのは、この河川が汽水河川でありその河辺部は栄養塩類の豊富な海水の影響を常に受けているためと考えられ、置換性塩類濃度が高い立地条件がシバナ、チシマドジョウツナギ、ウミミドリといった耐塩性をもつ植物以外の種を制限しているものと思われる。そして、河辺部から離れ海水の影響が徐々に弱まるにつれて耐塩性を持たない種が出現はじめ、植生が徐々に変化するものと考えられる。以上のように植生と土壤特性の間には密接な関係が認められる。

謝辞

本研究を行うにあたり、霧多布湿原センターからの助成金の交付をいただきました。また調査に際し、同センターの富沢日出夫さんには多大なご便宜をお計りいただきました。これらのご配慮とご厚遇に対し、心から感謝いたします。

F i g . 1 調査地概況

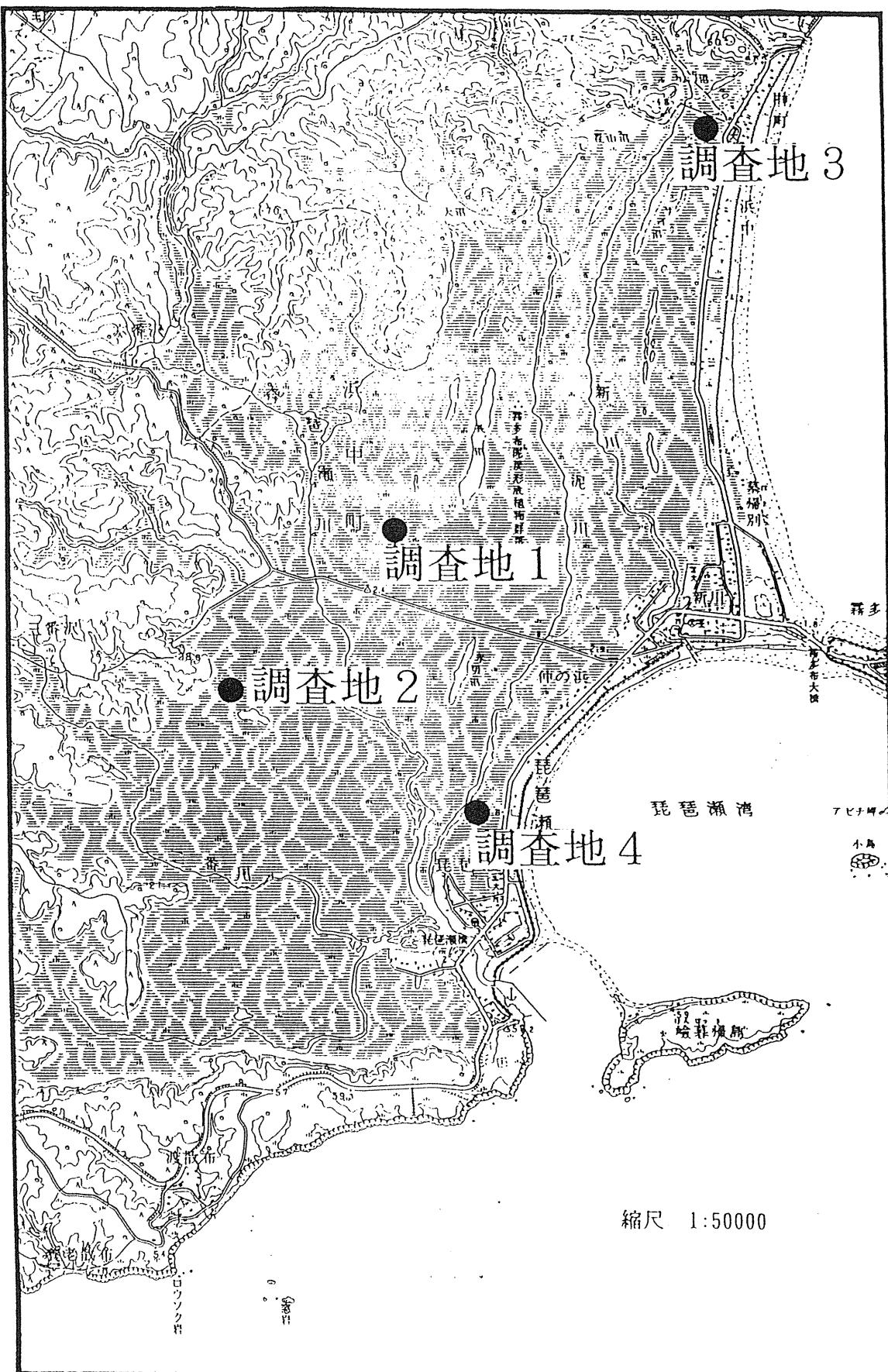


Fig. 2 調査区概況

縮尺 1:12500 ● Plot No.

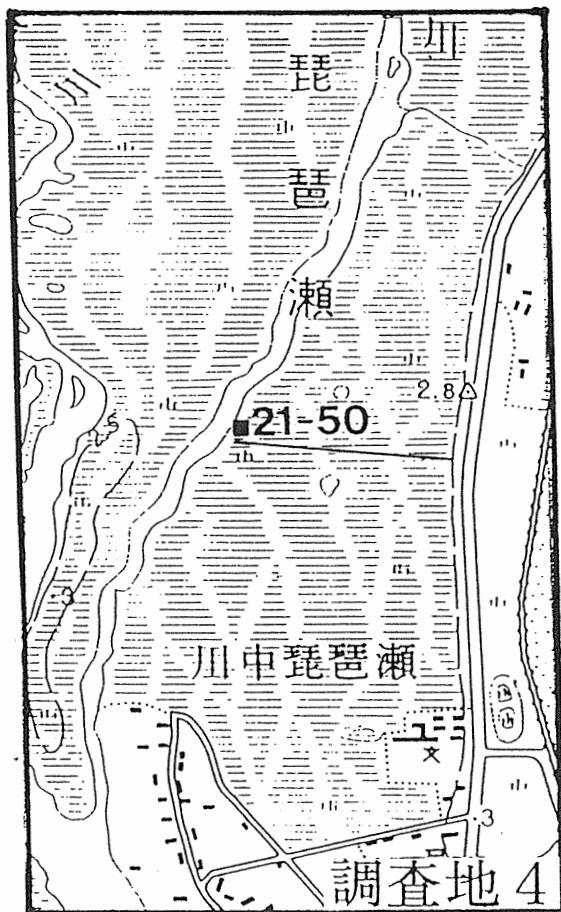
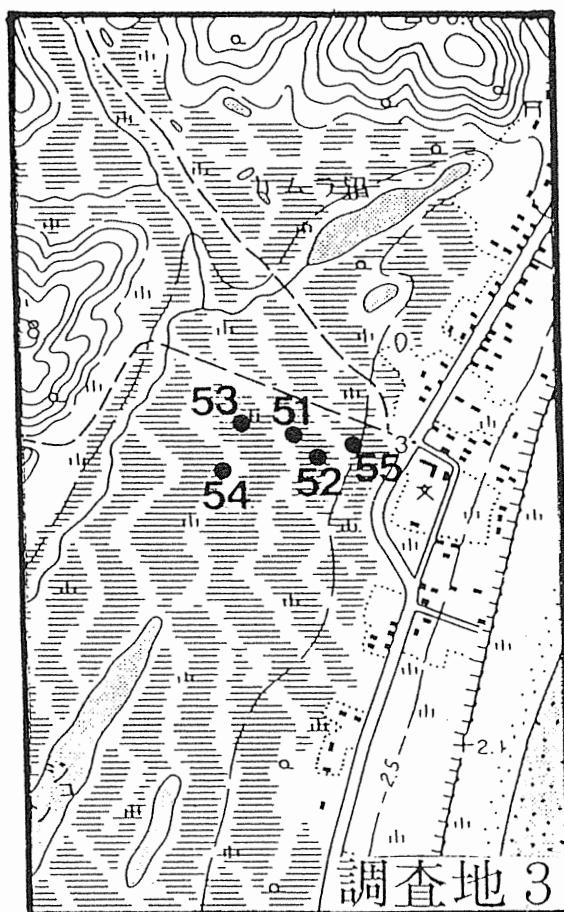
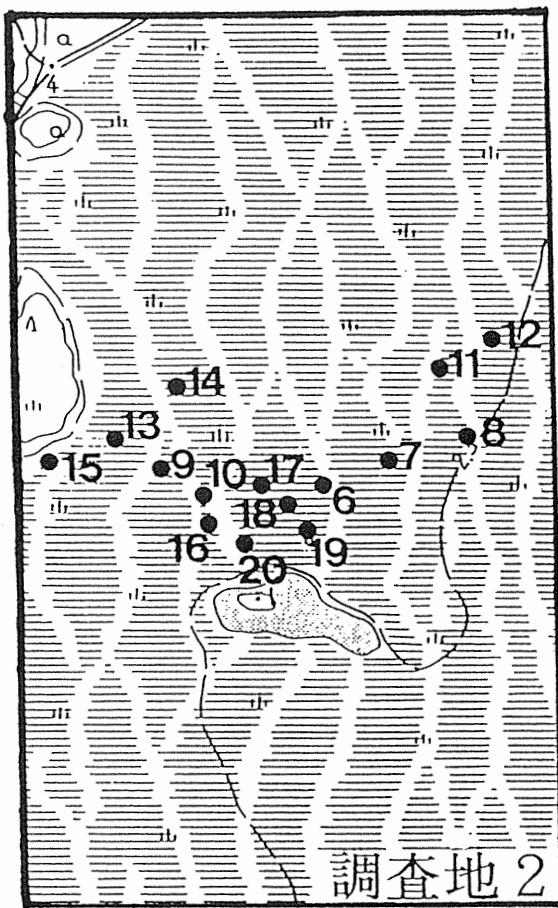
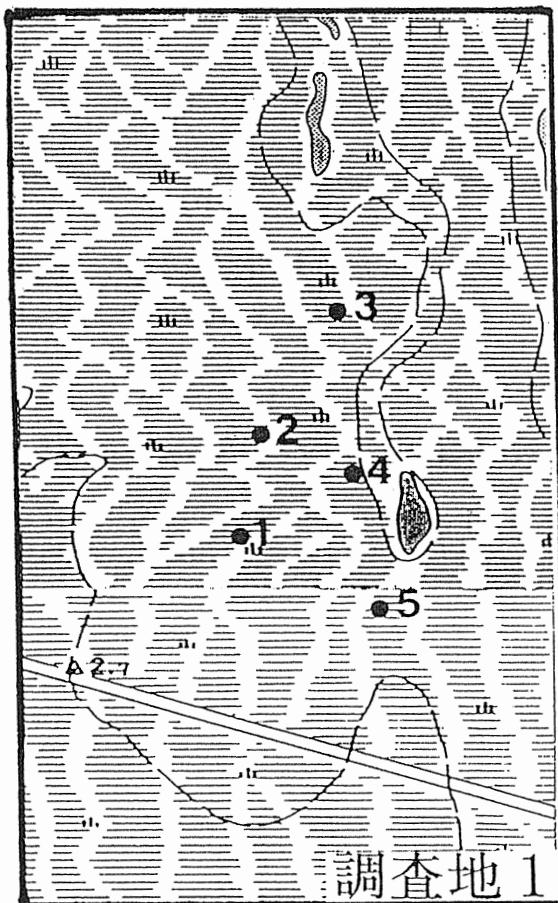


Fig. 3 各方形区の類似度のデンドログラム

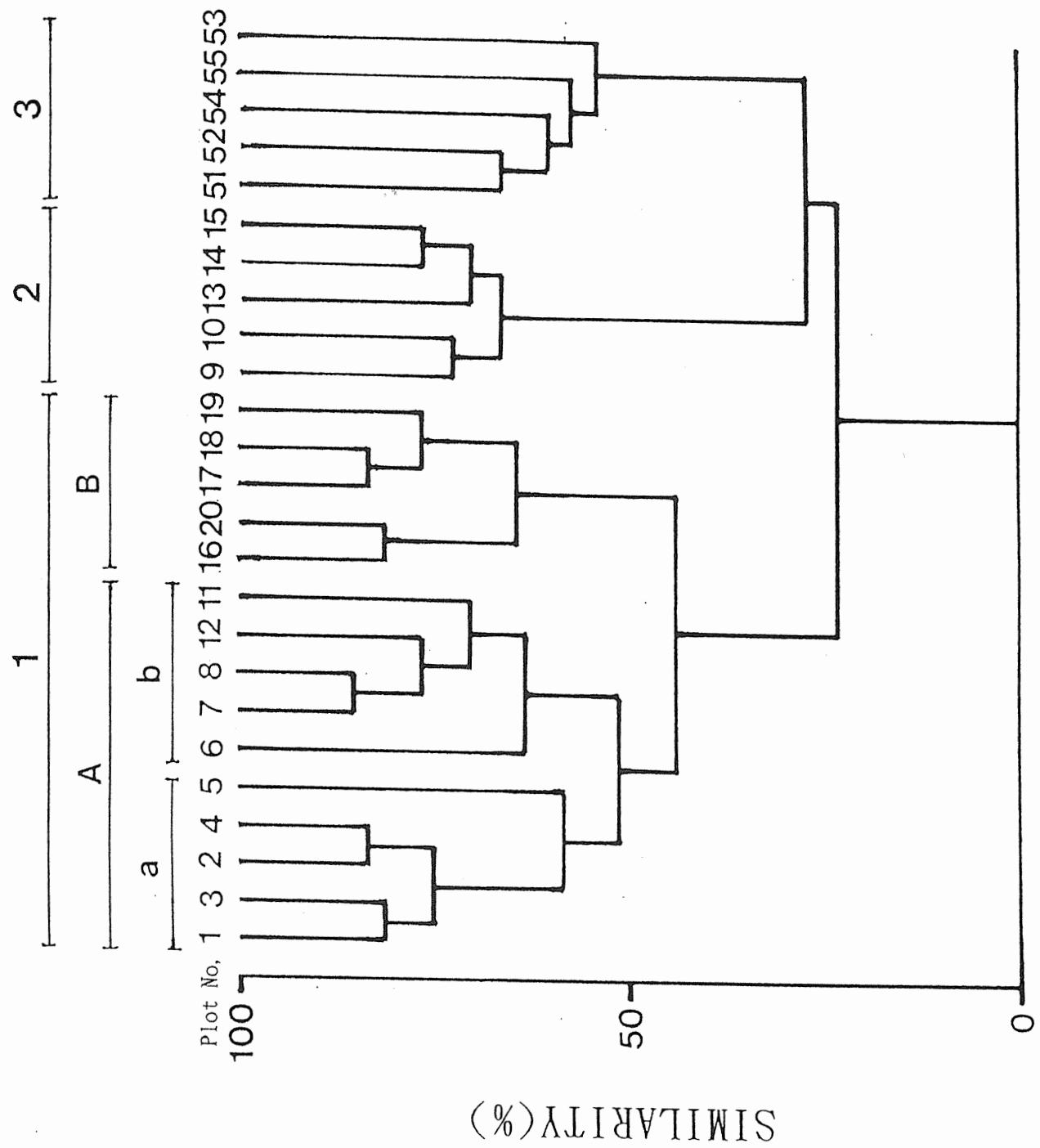


Fig. 4 調査地1～3の群落型

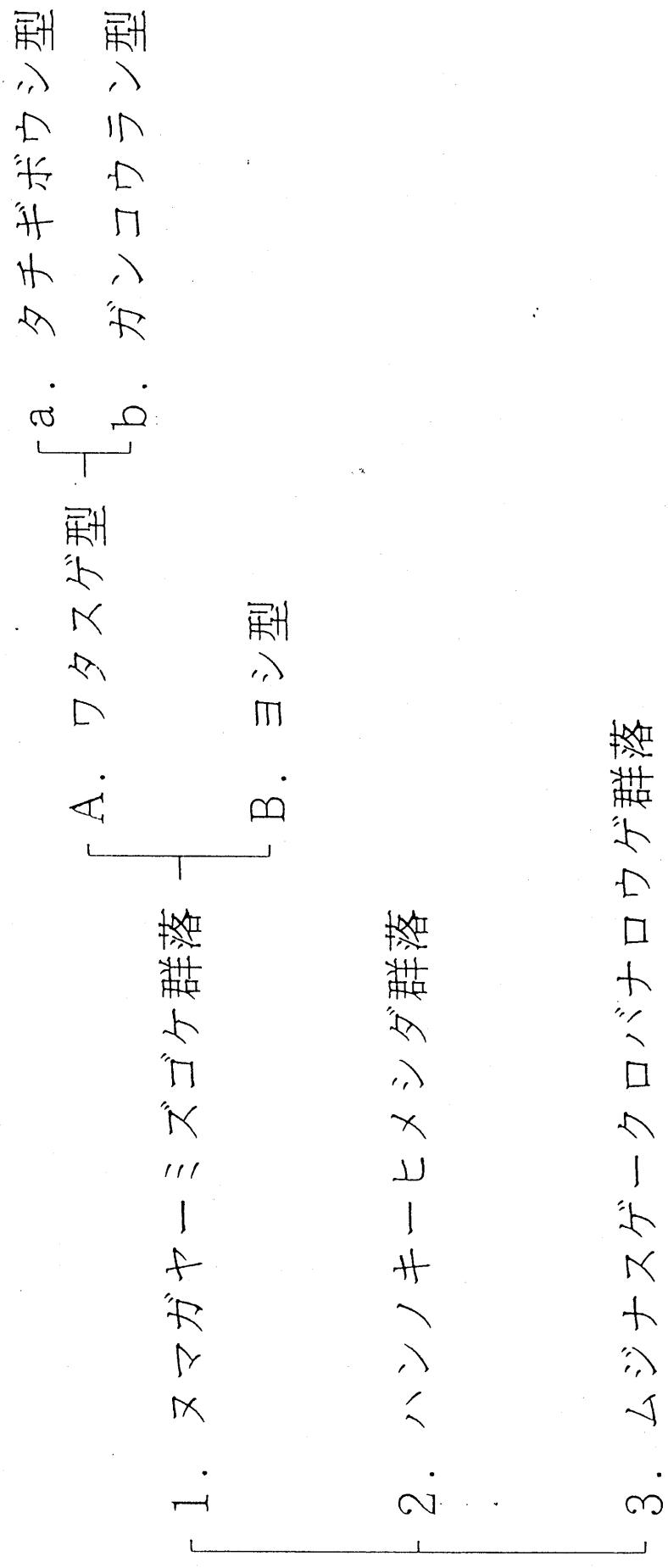


Fig.5 各群落の表層土壤の理化学性

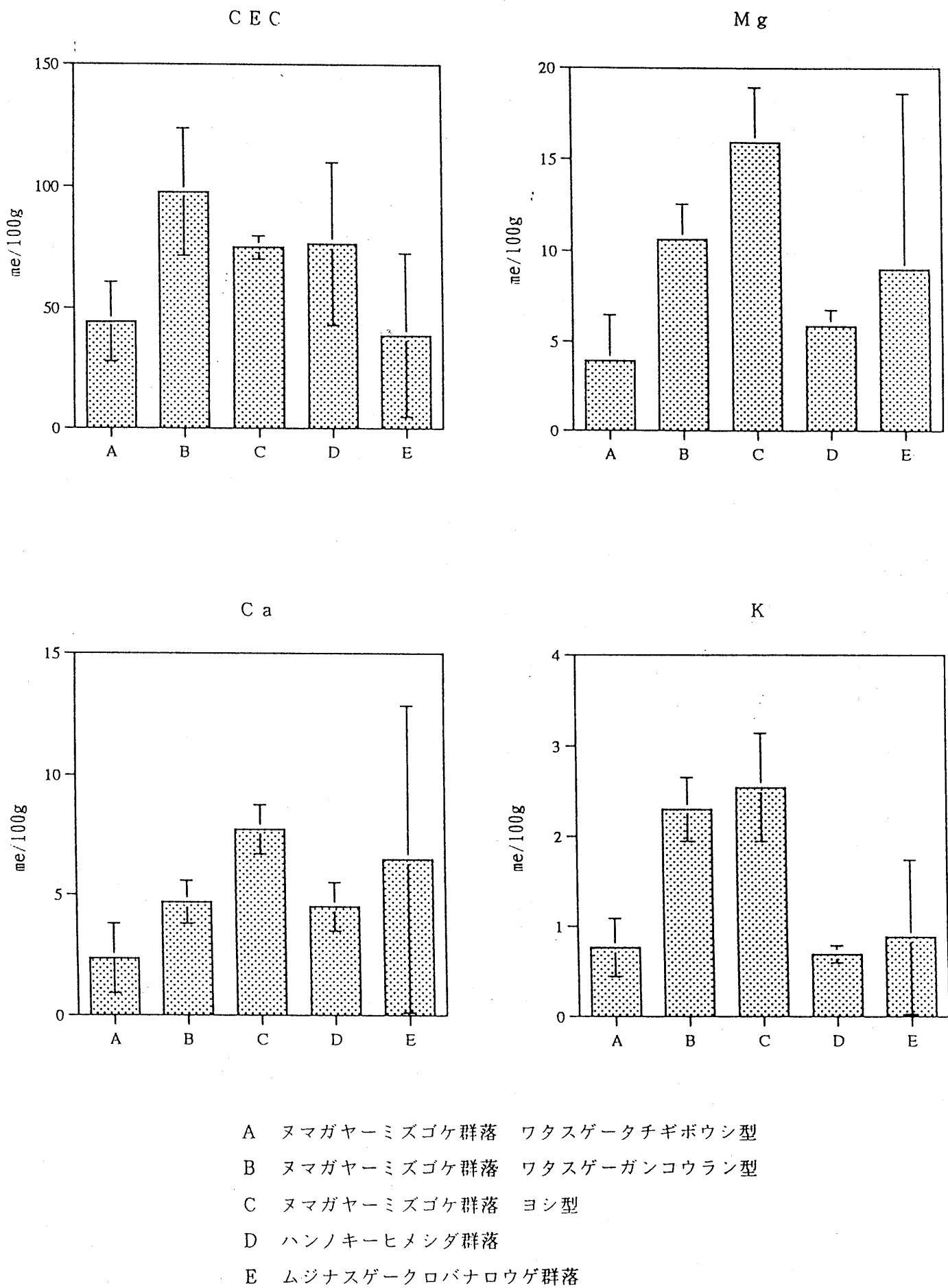


Fig.5 の続き

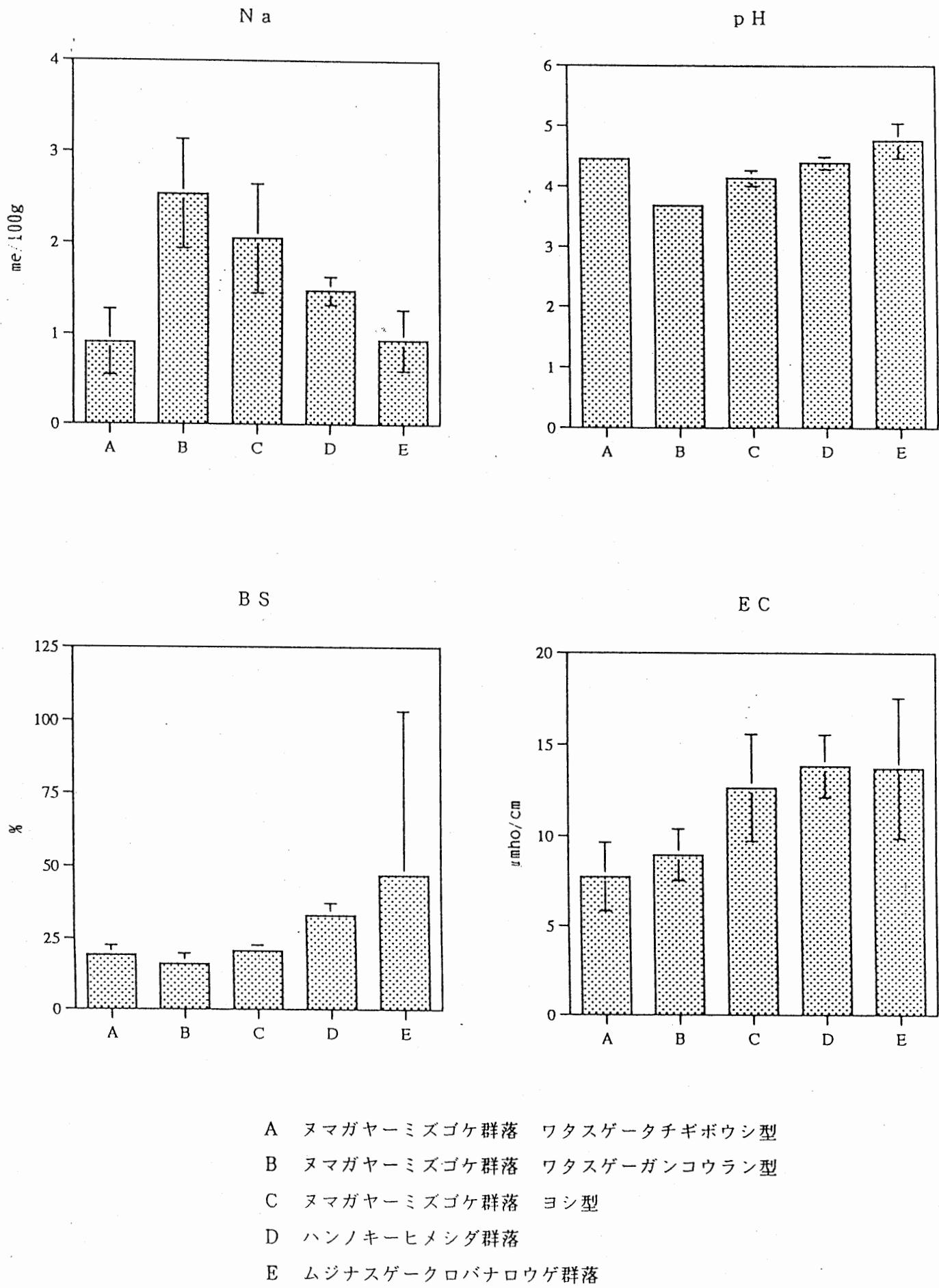
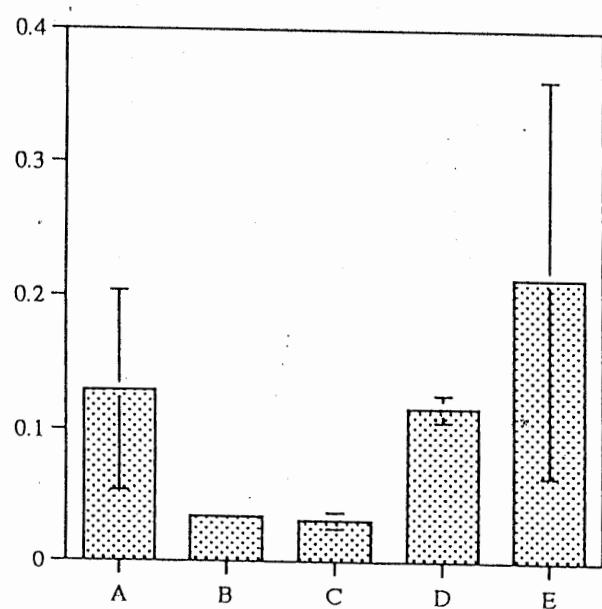
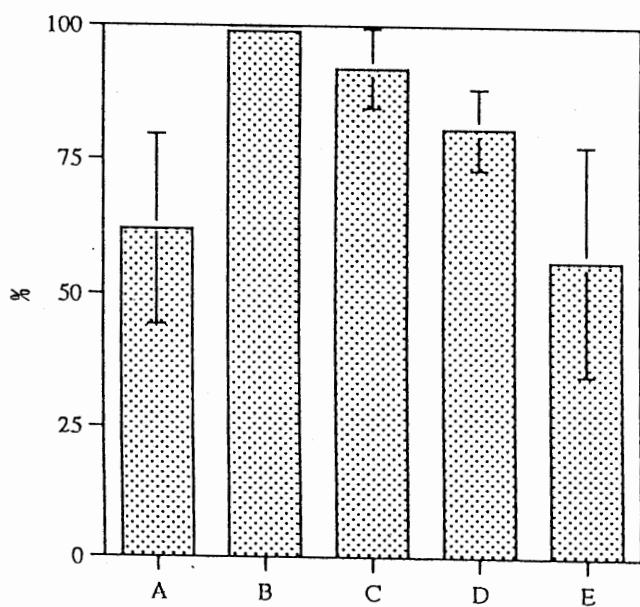


Fig.5 の続き

比重

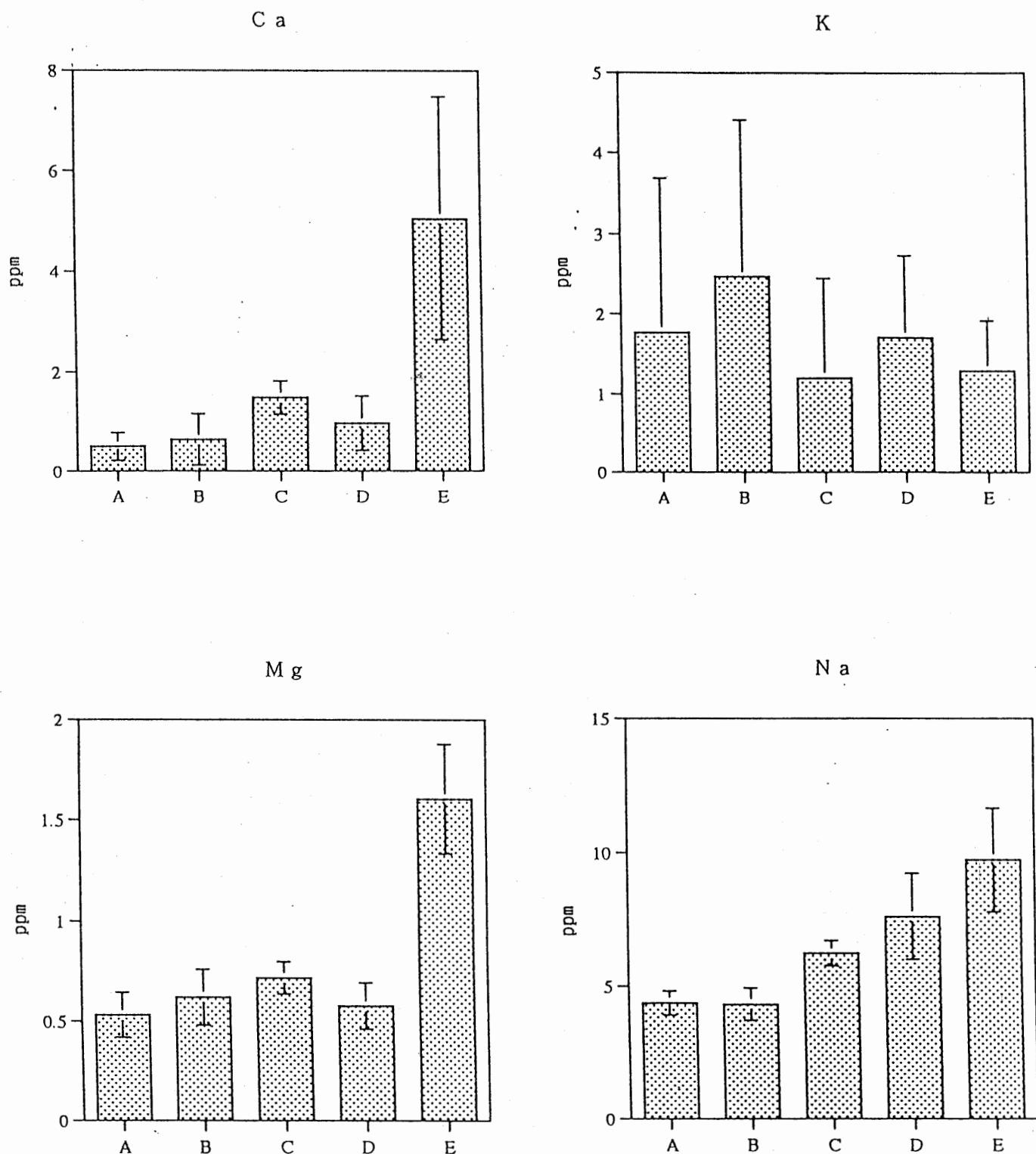


有機物



- A ヌマガヤーミズゴケ群落 ワタスゲータチギボウシ型
- B ヌマガヤーミズゴケ群落 ワタスゲーガンコウラン型
- C ヌマガヤーミズゴケ群落 ヨシ型
- D ハンノキーヒメシダ群落
- E ムジナスゲークロバナロウゲ群落

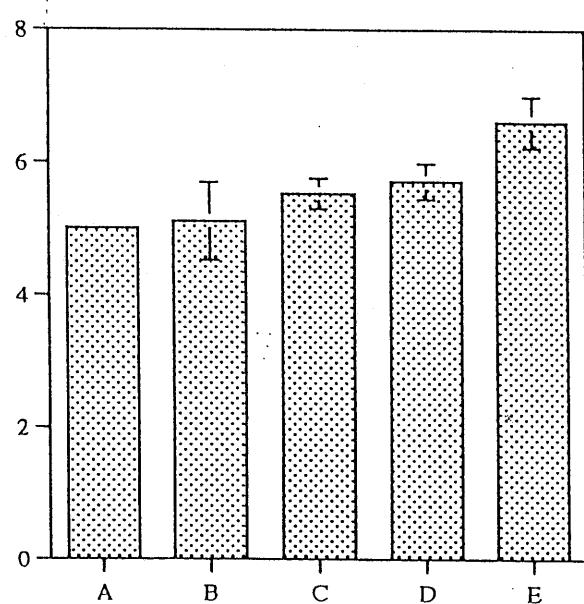
Fig.6 各群落の水質



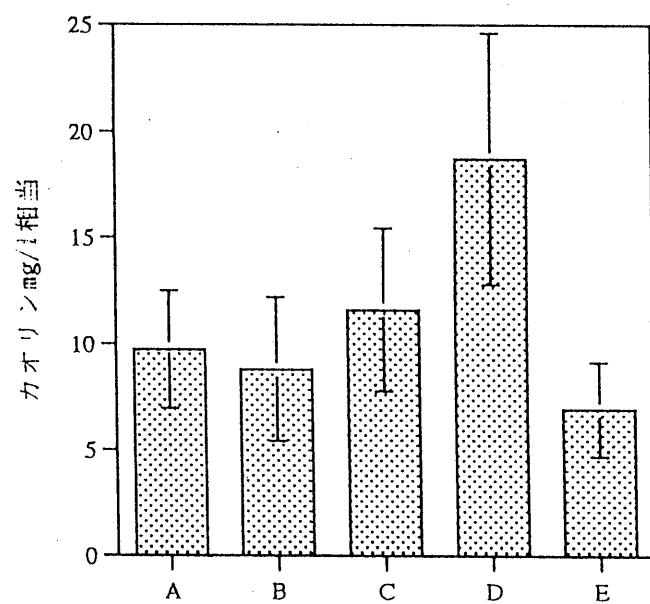
- A ヌマガヤーミズゴケ群落 ワタスゲータチギボウシ型
- B ヌマガヤーミズゴケ群落 ワタスゲーガンコウラン型
- C ヌマガヤーミズゴケ群落 ヨシ型
- D ハンノキーキメシダ群落
- E ムジナスゲークロバナロウゲ群落

Fig.6 の続き

p H



濁度



- A ヌマガヤーミズゴケ群落 ワタスゲータチギボウシ型
- B ヌマガヤーミズゴケ群落 ワタスゲーガンコウラン型
- C ヌマガヤーミズゴケ群落 ヨシ型
- D ハンノキーヒメシダ群落
- E ムジナスゲークロバナロウゲ群落

Fig. 7 調査地4の土壤化学特性の変化

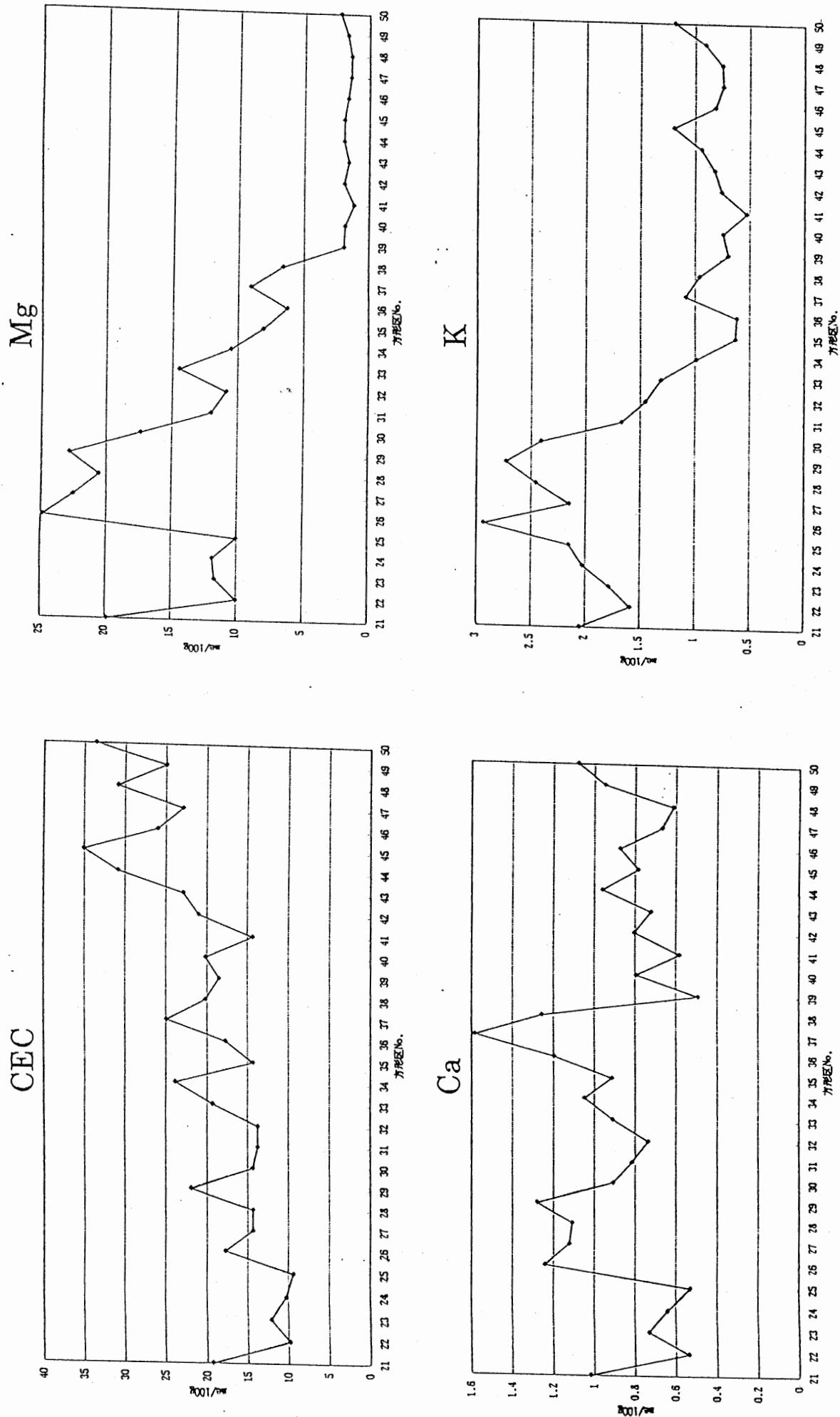
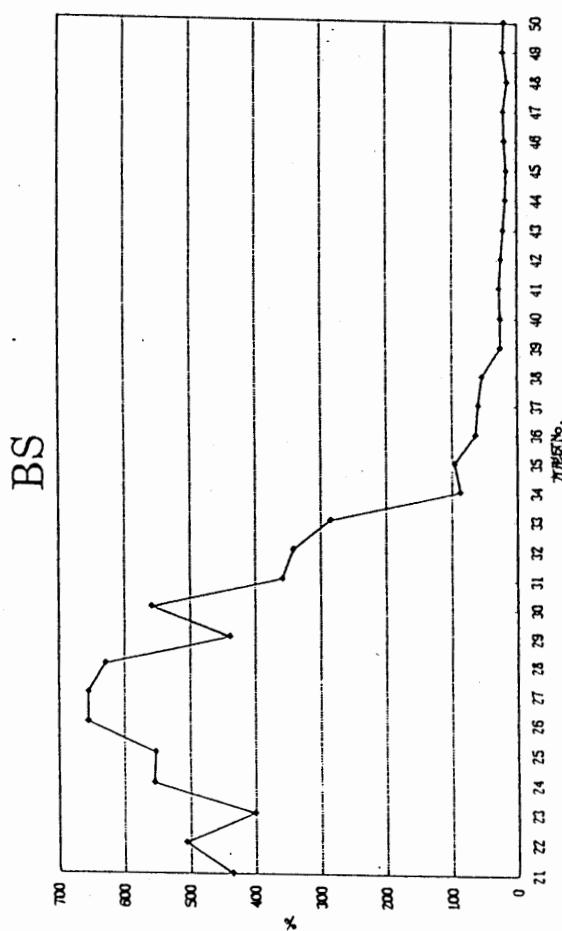
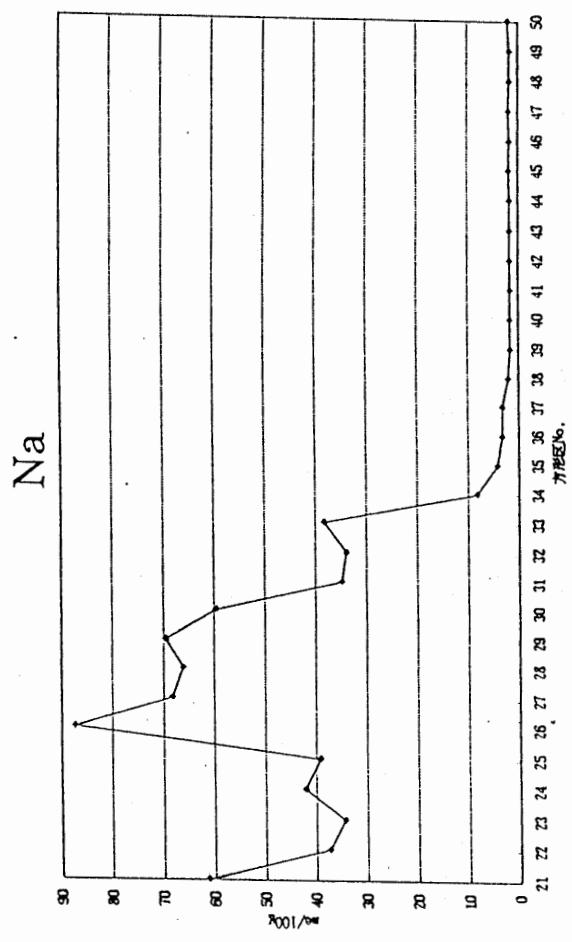


Fig. 7の続き



pH

EC

Na

BS

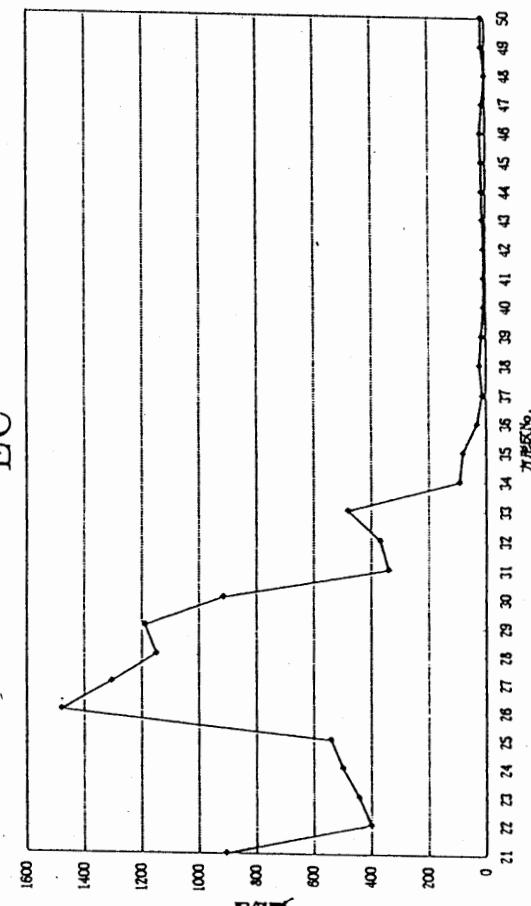
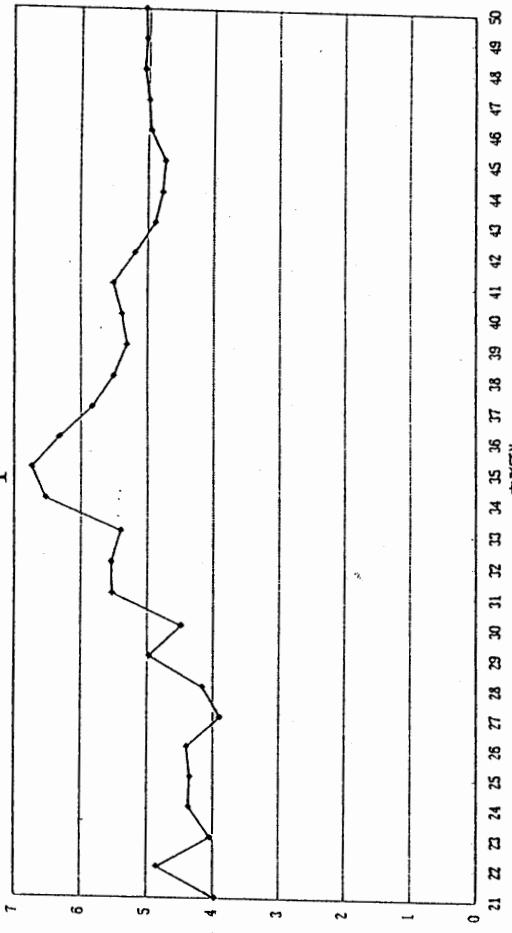


Fig. 7 の続き

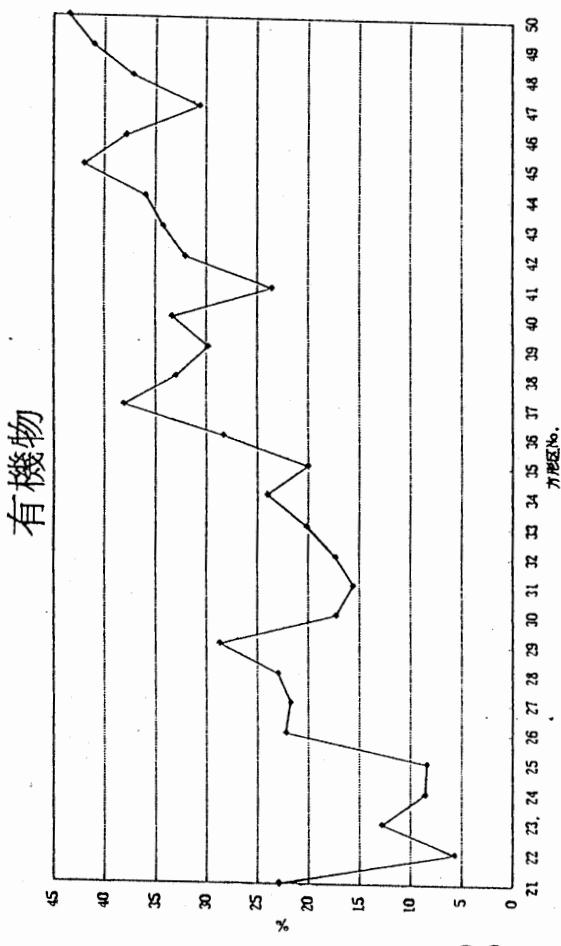


Table 1 調査地1～3の土壤化学特性

Sample No.	Depth(cm)	泥炭質	CEC me/100g	Ca			Mg	K	Na	BS	pH	EC	比重	有機物 %
				CEC	Ca	Mg	%	μmho/cm						
01-1	5-10	スゲ	62.81	1.99	4.13	1.10	0.80	23.36	4.43	10.18	0.113	63.28		
	20-25	火山灰	14.36	0.93	0.64	0.17	0.47	8.70	4.80	5.27				
	40-50	スゲ	8.50	0.88	1.23	0.19	0.65	20.98	4.79	7.36				
02-1	5-10	スゲ	24.84	1.45	1.89	0.40	0.57	14.49	4.56	5.15	0.248	48.57		
	20-35	火山灰	11.41	0.84	1.37	0.37	0.54	21.81	4.74	4.97				
	50-60	スゲ	18.93	1.37	0.71	0.11	1.01	21.36	4.50	10.72				
03-1	5-10	スゲ	33.37	2.34	2.99	0.52	0.77	20.60	4.52	6.71	0.112	69.00		
	20-35	火山灰	8.15	0.72	0.35	0.10	0.78	15.68	4.83	4.04				
	50-60	スゲ	18.15	1.63	1.60	0.17	0.82	26.37	4.64	10.22				
04-1	5-10	ミズゴケ	59.53	4.83	8.23	1.07	1.52	19.90	4.33	8.51	0.042	86.77		
	40-45	火山灰	7.81	0.89	0.86	0.10	0.48	16.99	4.94	5.99				
	60-65	スゲ	25.43	1.78	2.52	0.13	1.54	33.92	4.77	12.60				
05-1	0-35	スゲ	41.20	1.24	2.40	0.73	0.87	16.93	4.44	8.07	0.131	41.94		
	35-40	火山灰	8.50	0.71	0.38	0.10	0.34	11.80	4.74	4.89				
	45	スゲ	17.40	1.07	0.63	0.10	0.43	14.52	4.76	6.64				
06-1	10-20	ミズゴケ	138.36	5.72	11.52	1.71	1.65	22.71	3.78	9.99	0.031	99.22		
	40-50	スゲ	48.77	3.12	5.35	0.96	1.10	30.59	4.12	13.35				
07-1	0-10	ミズゴケ	81.46	5.19	8.64	2.58	2.35	13.98	3.70	7.98	0.042	99.34		
	20-40	ミズゴケ	84.96	3.44	11.68	1.64	14.53	23.17	3.62	7.23				
	55-60	火山灰	17.40	0.76	0.89	0.14	0.46	14.30	4.54	7.79				
	70-80	スゲ	33.37	3.00	5.25	0.27	0.87	26.41	4.37	14.60				
08-1	5-10	ミズゴケ	81.46	4.38	9.05	2.56	3.00	14.18	3.60	10.46	0.034	99.41		
	40-45	スゲ	88.01	3.69	6.19	1.29	1.56	34.73	3.81	15.60				
	70-80	スゲ	37.87	3.01	4.44	0.21	0.86	23.87	4.24	16.75				

Table. 1 の続き

Sample No.	Depth(cm)	泥炭質	CEC				Na	BS	pH	EC	比重	有機物 %
			Ca	Mg	K	me/100g						
09-1	0-5	スゲ	55.35	2.99	4.48	0.56	1.37	26.48	4.44	13.20	0.105	88.20
10-1	0-10	スゲ	118.24	4.67	6.04	0.72	1.41	32.15	4.35	14.60	0.118	76.72
11-1	20	ミズゴケ	109.43	3.40	13.41	2.25	3.18	14.40	3.68	7.00	0.037	98.86
11-2	50	スゲ	87.01	5.45	9.09	1.32	1.63	20.94	3.76	12.60		
11-3	65	火山灰	16.68	1.20	1.02	0.12	0.53	18.28	4.57	6.73		
12-1	20	ミズゴケ	78.09	4.82	10.37	2.40	2.52	14.50	3.64	9.31	0.030	97.65
12-2	40	スゲ	91.80	3.19	5.66	0.97	1.27	29.34	4.18	11.77		
12-3	50	火山灰	8.15	0.15	0.38	0.09	0.26	6.67	4.53	4.81		
13-1	10	スゲ	107.37	5.76	6.14	0.72	1.31	34.43	4.24	13.20	0.110	88.45
14-1	10	スゲ	52.08	4.72	6.86	0.82	1.68	37.99	4.50	16.35	0.131	71.14
15-1	5	スゲ	49.91	4.44	5.71	0.65	1.57	33.79	4.47	11.82	0.120	78.89
15-2	20	火山灰	11.12	0.83	0.43	0.09	0.40	12.23	4.72	6.42		
16-1	10	ミズゴケ	74.87	5.95	10.65	1.87	1.37	23.65	4.08	8.91	0.035	80.81
16-2	40	スゲ	29.95	2.48	2.83	0.40	0.87	19.99	4.45	8.69		
17-1	10	ミズゴケ	75.79	8.25	16.45	3.09	1.65	19.70	4.09	16.20	0.041	
17-2	30	スゲ	43.93	3.63	5.03	0.87	0.87	29.64	4.49	11.89		
17-3	55	火山灰	9.78	0.94	0.39	0.06	0.30	11.91	4.66	5.67		
18-1	10	ミズゴケ	82.52	8.48	16.45	1.94	1.91	18.10	4.23	10.45	0.028	95.27
18-2	40	スゲ	38.66	2.76	3.87	0.49	0.93	22.90	4.49	12.55		
19-1	10	ミズゴケ	72.63	8.14	17.94	3.07	2.87	21.38	4.31	13.55	0.026	95.35
19-2	35	スゲ	42.10	3.15	3.42	0.35	0.97	22.26	4.39	10.69		

Table. 1 の続き

Sample No.	Depth(cm)	泥炭質	CEC			K	Na	BS	pH	EC	比重	有機物 %
			Ca	Mg	me/100g							
20-1	10	ミズゴケ	69.60	7.81	18.02	2.74	2.44	20.47	3.98	14.10	0.029	96.35
20-2	35	スゲ	31.25	3.34	4.71	0.75	1.43	30.88	4.40	14.20		
20-3	50	火山灰	11.12	0.98	0.58	0.07	0.52	14.42	4.87	6.60		
51-1	10	スゲ	18.75	1.64	2.62	0.36	0.76	17.33	4.64	12.40	0.247	58.96
51-2	40	砂	28.70	3.79	5.50	0.32	1.05	30.07	4.72	13.15		
52-1	10	ミズゴケ	97.84	12.64	24.35	2.33	1.39	24.09	4.66	12.55	0.038	88.46
52-2	20	スゲ	81.52	18.68	28.79	1.57	1.54	34.05	5.44	15.85		
52-3	40	火山灰	9.38	1.11	1.18	0.16	0.36	18.39	5.02	8.34		
53-1	10	スゲ	14.97	1.12	1.40	0.28	0.55	20.96	4.54	9.04	0.433	28.83
53-2	40	火山灰	9.38	0.65	0.79	0.09	0.68	15.04	4.76	3.23		
54-1	15	スゲ	36.60	14.15	12.51	0.99	1.15	147.41	5.27	19.35	0.123	52.44
54-2	40	火山灰	10.21	0.91	1.18	0.08	0.40	16.08	5.02	5.31		
55-1	10	スゲ	26.36	2.90	4.00	0.46	0.84	24.42	4.75	15.20	0.231	52.34
55-2	30	火山灰	6.13	0.78	0.66	0.08	0.33	13.30	4.99	6.05		

Table. 2 調査地1~3の水質

方形区No.	Ca	Mg	K	Na	pH	濁度
	ppm				カボリ/mg/l相当	
1	0.53	0.42	0.49	4.25	4.87	10.48
2	0.89	0.66	0.41	4.10	5.15	8.61
3	0.61	0.65	5.09	4.35	4.95	14.21
4	0.41	0.46	1.34	4.05	5.08	7.68
5	0.12	0.48	1.52	5.15	5.01	7.68
6	0.42	0.65	1.42	3.50	5.30	10.48
7	0.36	0.43	2.40	4.00	4.37	11.41
8	0.29	0.62	5.82	5.05	4.95	8.61
9	0.25	0.46	2.46	9.60	5.37	22.62
10	0.60	0.52	3.00	5.40	5.69	11.41
11	0.60	0.59	0.93	4.40	5.00	10.48
12	1.55	0.82	1.74	4.70	5.98	3.01
13	1.64	0.70	0.64	8.60	5.56	21.68
14	1.21	0.70	1.68	7.50	6.07	13.28
15	1.18	0.51	0.73	7.00	5.88	24.48
16	1.41	0.70	3.33	7.00	5.88	12.35
17	2.01	0.73	0.35	5.90	5.41	12.35
18	1.27	0.70	0.45	5.85	5.49	6.74
19	1.18	0.62	1.27	6.10	5.63	9.54
20	1.57	0.84	0.57	6.40	5.27	17.01
51	2.05	1.24	1.64	8.70	6.00	10.48
52	7.83	1.90	1.04	12.00	6.80	5.81
53	3.84	1.48	0.61	7.45	6.58	4.88
54	4.39	1.56	0.95	9.05	6.67	7.68
55	7.23	1.86	2.20	11.45	7.00	5.81

Table. 3 調査地4の土壤化学特性

方形区No.	CEC	Ca	Mg	K	Na	BS	pH	EC μmho/cm	有機物 %
		me/100g			%				
21	19.33	1.02	19.91	2.05	61.33	436.15	3.98	906.5	22.94
22	9.78	0.54	10.04	1.59	37.41	506.67	4.86	401.0	5.69
23	12.10	0.73	11.68	1.79	34.36	401.22	4.05	443.5	12.79
24	10.21	0.64	11.85	2.03	42.19	555.47	4.38	499.5	8.56
25	9.38	0.53	10.04	2.16	39.15	553.23	4.36	540.5	8.39
26	17.75	1.24	24.85	2.94	87.43	655.97	4.40	1480.0	22.23
27	14.35	1.12	22.54	2.15	68.29	655.79	3.89	1305.0	21.75
28	14.35	1.11	20.57	2.46	66.12	628.91	4.17	1149.5	23.00
29	21.96	1.28	22.87	2.73	69.60	439.27	4.98	1190.0	28.70
30	14.35	0.91	17.36	2.41	59.59	559.35	4.49	914.5	17.27
31	13.75	0.82	12.01	1.67	34.80	358.46	5.54	340.0	15.59
32	13.75	0.74	10.86	1.45	33.93	341.57	5.55	369.5	17.35
33	19.33	0.91	14.48	1.31	38.28	284.41	5.40	481.5	20.18
34	23.91	1.05	10.53	0.99	8.18	86.75	6.54	92.8	24.04
35	14.35	0.91	8.06	0.63	4.18	96.05	6.74	81.1	20.01
36	17.75	1.20	6.25	0.62	3.22	63.59	6.32	31.8	28.33
37	24.95	1.58	9.05	1.09	3.18	59.69	5.83	14.0	38.10
38	20.17	1.26	6.58	0.96	2.04	53.74	5.51	23.2	32.96
39	18.53	0.49	1.93	0.70	1.65	25.73	5.31	17.5	29.83
40	20.17	0.79	1.86	0.74	1.74	25.47	5.39	10.7	33.37
41	14.35	0.58	1.17	0.53	1.65	27.39	5.52	10.0	23.56
42	21.05	0.80	1.93	0.76	1.70	24.67	5.19	8.6	32.10
43	22.92	0.72	1.58	0.82	1.74	21.23	4.89	12.2	34.26
44	30.87	0.96	1.96	0.94	1.70	18.00	4.78	14.3	35.97
45	35.08	0.78	1.93	1.20	1.83	16.37	4.74	16.2	42.02
46	26.04	0.87	1.66	0.82	1.70	19.39	4.96	18.8	37.84
47	22.92	0.67	1.45	0.74	1.91	20.83	5.00	12.7	30.63
48	30.87	0.61	1.42	0.75	1.74	14.65	5.07	3.5	37.25
49	24.95	0.95	1.71	0.91	1.74	21.27	5.05	13.3	41.08
50	33.62	1.08	2.25	1.19	2.04	19.53	5.07	13.5	43.49

Table.4 霧多布湿原調査地1～3の植生

Table.5

霧多布湿原 調査地4の植生

Plot No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33 イヌイークロハリイ 群落	34 ヤチヤナギ群落	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
種名																														
シバナ	6	5	3	4	5	6	4	7	6	7	7	7	5	2																
チシマ・シヨウガキ	8	6	7	7	7	1	5	7	7	6	6	6	+																	
ウミトリ																														
エゾ・ツルキンバイ																														
エゾ・オハコ																														
ヤラスケ																														
ヨシ																														
イヌイ																														
クロハリイ																														
アサミ属sp																														
ナガホ・シロルモコウ																														
ミヅハ・オラン																														
サキ・キョウ																														
オオヤマフスマ																														
ヌマカ・ヤ																														
ヤチヤナギ																														
スキ																														
エゾ・フウロ																														
エゾ・ササコ																														
イノカ・リヤス																														
ヒメガワス・スケ																														
コガ・ホ・ク																														
エゾ・シロネ																														
ノキ・リウ																														
トカラフ・キ																														
ヌス・メヤリ																														
ヒオキ・アヤメ																														
ヤチガス・スケ																														
ヒメタ																														
マルハ・トキ																														
エゾ・カラマツ																														
ウソノクク・サ																														
チシマアサ・ミ																														
ヨモギ																														
オオ・ナニカ・ナ																														
40-2																														
ハマカ・リスケ																														
ハマイ																														
41-2																														
セキショウイ																														
ヒメカウ																														
エゾ・セン・テイカ																														
42-1																														
エゾ・ノキ・リウ																														
ハナ・ショウブ																														
ヨシハ・ヒヨトリ																														
Carex sp																														

PLATE.1



調査地1、霧多布湿原（天然記念物指定地域）の全景。



調査地2の全景。写真中央右の湿地林から中央左の高層湿原にかけて。

PLATE.2



調査地 1 のヌマガヤ-ミズゴケ群落ワタスゲ-タチギボウシ型の方形区。



調査地 1 のミズゴケ群落の土壤断面。

PLATE.3



調査地 2 のヌマガヤ・ミズゴケ群落ヨシ型の方形区。



調査地 2 のミズゴケ群の土壤断面。

PLATE.4



調査地 2 のハノキ-ヒメダ群落の方形区。



調査地 2 のハノキ-ヒメダ群落の方形区。

PLATE.5

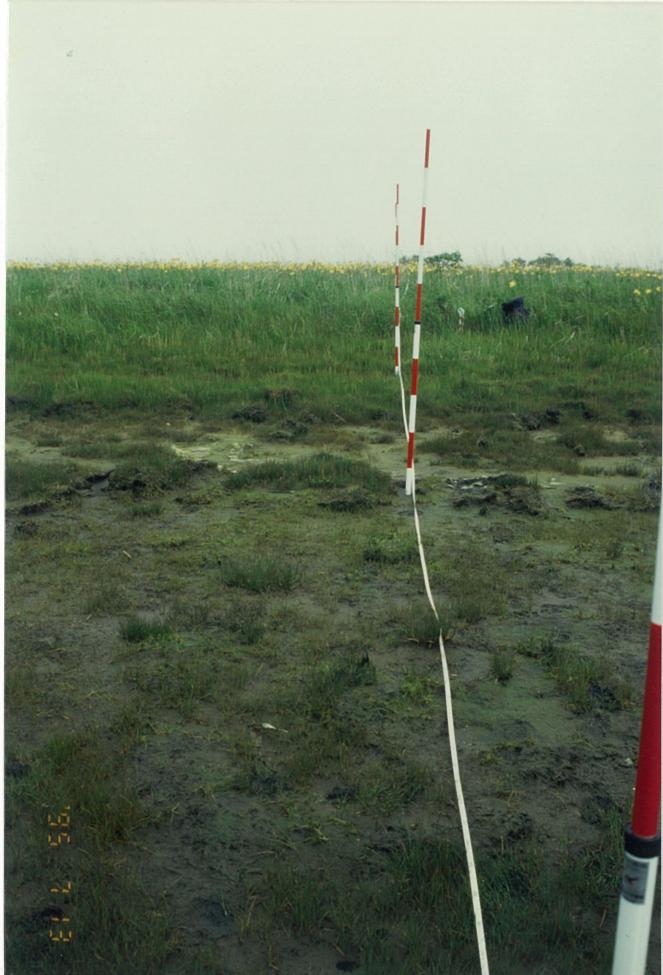


調査地 3 のムジナスケ-クロバナロウケ群落の方形区。



調査地 3 のヌカヨシ泥炭の土壤断面。

PLATE.6

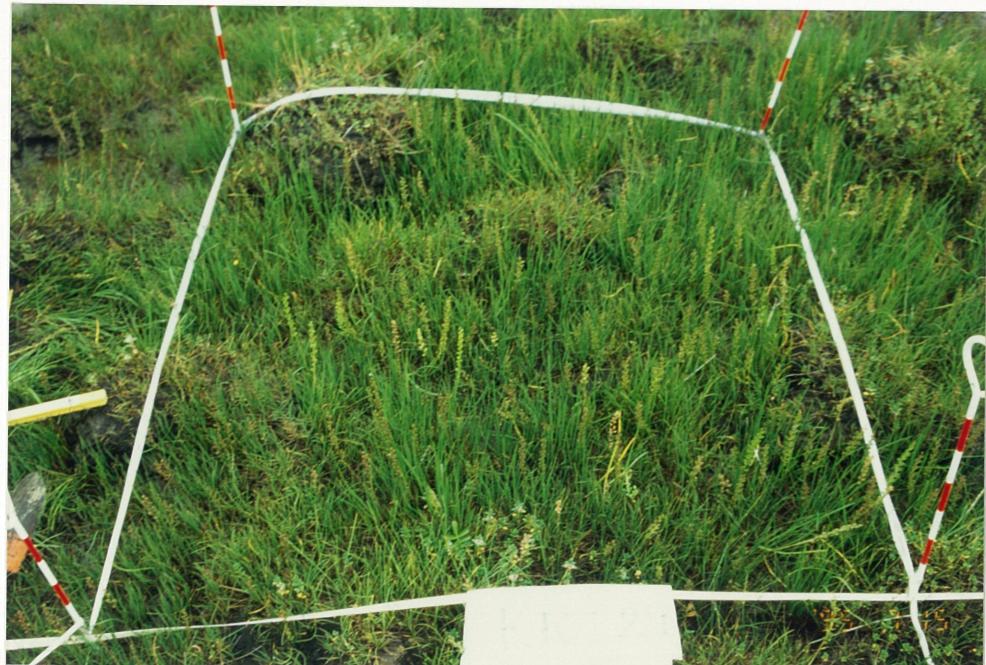


調査地4の景観。紅白ポールおよび地面の巻き尺に沿ってライントランセクトを設定。



調査地4の泥川河辺部に成立している塩湿地植生。
シバナとシマドゾウツナギがパッチ状に分布している。

PLATE.7



調査地 4 のシバナ-チマドジヨウツキ群落の方形区。



調査地 4 のイヌイ-クロハリイ群落の方形区。

PLATE.8



調査地 4 のヤチャキ群落の方形区。



調査地 4 のエゾゼンティカ-ヒメシダ群落の方形区。

世界の中の霧多布湿原

：植物群落及び泥炭堆積の特性から見たその位置づけ

1997年1月

富山大学大学院理学研究科生物学専攻
内山秀樹

Summary

Vegetation, substrate characteristic and water chemistry were studied in Kiritappu wetland, in eastern Hokkaido.

50 quadrats were established in study area to describe vegetation structure. Vegetation was classified into five types, i.e., *Empetrum nigrum* type, *Hosta sieboldii* type, *Phragmites australis* type, *Alnus japonica* type and *Carex lasiocarpa* type based on floristic structure. Substrate characteristic and water chemistry were compared among these five types. From the Canonical Correspondence Analysis, it became apparent that *Empetrum nigrum* type, *Hosta sieboldii* type, *Phragmites australis* type and *Alnus japonica* type were differentiated along gradients of physico-chemical characteristics of substrates (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , electric conductivity, bulk density, pH, organic mater and cation exchange capacity) and surface water chemistry such as pH and cation ($\text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++}, \text{Na}^+$) concentrations. *Carex lasiocarpa* type appeared to have developed in habitats affected by sea spray as indicated by high Na^+ and Mg^{++} concentrations of surface water.

A line transect 30 m long was established to describe vegetation change from a brackish river bank to inland bog. The transect was divided into 4 sections (section I - IV) based on the vegetation structure. Soil chemical characteristics were closely related to the sections. In the section I, where *Triglochin maritimum*, *Puccinellia kuriensis* and *Glaux maritima* dominated, soils were high in exchangeable cations ($\text{Na}^+, \text{Mg}^{++}, \text{K}^+$) ; in the section II, where *Juncus yokoscensis* and *Eleocharis kamtschatica* dominated, and the section III, where *Myrica gale* dominated, soils showed high pH ; in the section IV, where *Iris setosa*, *Hemerocallis middendorffii* and *Lastrea thelypteris* dominated, soils were low in exchangeable cations.

When the Canadian wetland classification system was applied to the Kiritappu wetland vegetation types, *Empetrum nigrum* type, *Hosta sieboldii* type and *Phragmites australis* type were classified in bog class. *Alnus japonica* type was in swamp class and *Carex lasiocarpa* type was in fen class. Sites of line transect changed from the section I of marsh class to the section IV of fen class. In general, substrate characteristics of the Kiritappu wetland fall under the category of bog or poor fen class.

I. はじめに

霧多布湿原は北海道東部浜中町の太平洋に面した面積約 3168ha の中・高層湿原を主体とした湿原である。本湿原は海の退行により形成され、ほぼ全体が海拔 10m 以下に存在している。また、湿原を流れる河川の河口部は汽水河川となり塩湿地を作り出している。湿原の中央部は 1926 年に「霧多布泥炭形成植物群落」として国の特別天然記念物に指定され、1993 年にはラムサール条約登録湿地に選定されている。本湿原は北海道の湿原の中では比較的早い時期からその学術的価値について注目され、現在までに吉井・工藤(1926)、三好(1926)、田中(1956, 1957, 1959)、新庄(1982)、辻井ら(1986)、富士田(1992)、富士田ら(1995)、橋ら(1996)などによって調査、研究されてきた。しかしそのほとんどは植生に注目をおいた植物社会学的なものであり、植生と立地環境特に土壤特性との関係についてはほとんど論じられてこなかった。

湿原の世界的な分類体系を作る試みは、Ramsar Convention on Wetland of International Importance(通称ラムサール条約)の賛助のもとで行われているが、いまだに湿原の分類はきわめて不確定であり、湿原という単語の定義も大変難しく議論の基点となっている(Scott & Jons 1995)。地球上には約 346 万 Km² に及ぶ泥炭湿原が発達しており(Gorham 1991)、それはそれぞれの国や地域において植生特性、泥炭土壤の特性および生成条件等によって様々に分類されている(Gore 1983)が、世界的な分類体系はやはり確立していない。このような状況の中で、国土の 18.4%、およそ 1250 万 ha の泥炭湿原面積を持つカナダ(Kivinen & Pakarinen 1980)では、The National Wetlands Working Group を中心に植生と環境とくに基質の理化学性によって湿原を分類しようと試みられており、多くの研究者によって植生と環境との関わりが研究されている。この分類体系の特徴は、湿原の植生も森林や草原の植生と同様に土壤や水の理化学性と密接な関係を持つものと考え、植生と立地環境の両方が主要な分類の基準となっている点にある(Zoltai & Vitt 1995)。一方、我が国での湿原分類は、大きな単位としての低層湿原(低位泥炭地)、中層湿原(中位泥炭地)、高層湿原(高位泥炭地)といった区分の他は、日本の湿地目録(IWRB 日本委員会 1989)のような立地における区分や植生だけに注目した植物社会学的な区分が多かった。

本研究は北海道霧多布湿原において植物群落の種組成、泥炭土壤と表層水の理化学性を解析し、霧多布湿原の生態的、形態的特性を明らかにするとともに、本湿原における植生と立地環境との関係について考察する。さらにカナダの湿原分類体系における霧多布湿原の位置づけを行うことを目的としている。

II. 調査地と調査方法

調査は、北海道東部浜中町の太平洋に面した面積約 3168ha の中・高層湿原から成る霧多布湿原(北緯 45° 05'、東経 145° 05')で行われた。調査地に近い榎町観測所のデータによると、本調査地の気候は年平均気温が 5.0°C、年平均降水量が 953.8mm であり、冬期の 12 月から 3 月にかけては月平均気温が氷点下となり土壤凍結が起こる。また、夏期の 6 月から 8 月の月平均日照時間は、それ以外の月の月平均日照時間の 68.2%にすぎない。これは夏期の海霧の影響と考えられ、年間を通じて冷涼な気候となっている(日本気象協会北海道本部. 1992)。高層湿原の植生はミズゴケ類、ヌマガヤ、ツルコケモモ、ヤチヤナギ、イソツツジ、モウセンゴケなどを主体に構成されており、ミズゴケ泥炭による大小の凸地(ブルテ)が形成されている。中層湿原にはエゾゼンティカ、ノハナショウブが多く初夏にはこれらの花が湿原を彩る。湿原を流れる河川の河口部に存在する塩湿地には、シバナ、チシマドジョウツナギ、ウミミドリといった塩生植物が生育している。

本研究では、霧多布湿原の植生と泥炭土壤の全体像を把握するために、天然記念物指定地域(調査地 1)、湿原西部の高層湿原から湿地林に至る地域(調査地 2)、湿原北東部の地域(調査地 3)を調査対象地とした。また、汽水河川河辺部の塩湿地から湿原中央部に向かう植生と土壤の変化を知るため、泥川の河口から 1.8km の地域も調査地(調査地 4)とした(Fig. 1)。

1. 方形区調査

A. 植生調査

植物群落の群落構造を知るために、調査地 1 ~ 3 の無立木湿原では(2x2)m²、ハンノキを伴う湿地林では(5x5)m² の方形区を設定し、そこに出現する維管束植物の種組成および被度を記録した。階層構造は本調査地における高木の出現が湿地林に限られるため簡略化し、高木層(A 層):高さ 2 m 以上の木本、低木層(B 層):高さ 2 m 未満の木本、草本層(C 層):草本およびわい生低木、コケ層(D 層):コケ植物とした。本湿原におけるコケ植物はミズゴケ属のイボミズゴケ、チャミズゴケ、ムラサキミズゴケなど数種類とスギゴケ属などの数種類が出現するが、現地調査での同定が困難なため今回はそれぞれ 1 属種として扱った。被度は Domin-Krajina の被度階級(Table. 1)に従った。組成表を作成し常在度、平均被度などから群落分けを行った。

B. 土壌調査

泥炭土壌の理化学性を知るために、各方形区で試坑を掘り土壌断面を観察した。各土壌層から(7x7x7)cm³ のアクリル方形筒を用いてサンプルを採取し、100°Cで 24 時間乾燥後秤量し粗比重を算出した。また土壌の化学性を分析するため、各土壌層からサンプルを採取した。サンプルは風乾後、10g を 1 N 酢酸アンモニウム水溶液(pH7) 200ml に 12 時間浸透させ、Whatman42 紗紙を用いてろ過し、このろ液を原子吸光光度計(フレーム法)にかけ置換性塩類濃度(Ca, Mg, K, Na)を求めた。ろ過後のサンプルをさらに 80%エタノール 200ml でろ過し、続いて 10%塩化ナトリウム水溶液(0.005M HCl) 200ml でろ過し、このろ液のアンモニウマイオン電位を測定することにより塩基置換容量(CEC)を求めた。塩基飽和度(BS)は、置換性塩類濃度(Ca, Mg, K, Na)と塩基置換容量(CEC)から算出された。電気伝導度(EC)、pHは、風乾サンプル 10g を蒸留水 50ml に 12 時間浸透後、浸透液に直接電気伝導度計、pH メーターの電極を浸し計測した。有機物含量は、風乾サンプルを 650°Cで 2 時間灼熱し、灼熱損量として算出した。通常置換性塩類濃度(Ca, Mg, K, Na)は me/100g 単位で表されるが、泥炭土壌特にミズゴケ泥炭の場合その粗比重が森林土壌の 1/10 以下と非常に小さいことから、土壌重量を基本にした単位を用いると土壌体積に大きな差が生まれて。植物は土壌中に根を空間的に分布させているのであるから、本研究では土壌体積を基本とした単位 mg/l を用いた。表層水の水質を知るために、各方形区の凹地の水たまりから水質サンプルを採取し、塩類濃度(Ca, Mg, K, Na)、pH、濁度を測定した。濁度は、日本工業規格(JIS K 0101)に従いカオリン標準液を用い、分光光度計で測定した(半谷、小倉 1985)。

C. Canonical Correspondence Analysis

植生と環境の関係解析のため、P C - O R D (MJM Software Design, USA)を用い、Canonical Correspondence Analysis (CCA) を導入した。CCAは、ter Braak(1986, 1987a)によって開発された解析手法であり種と環境の関係の解析を簡便に表すことができる。種の被度は%データを用いた。植物、特に草本の根は地下 30 cm 程に集中しているので、土壌データは植物の生育にもっとも影響を与えるであろう表層土壌(最上層の土壌サンプル、深さ 10~20cm)のデータを用いた。CCAの結果は、種と環境の両変量から同時に規定される。環境と方形区の関係は図式化することができ、環境は重要性に比例した長さと各軸との相関を示す方向を持つベクトルとして表され、方形区はその図式の中にプロットされる。

2. ライントランセクト調査

河辺部から湿原中央部に向かう植生及び土壤化学性の変化を解析するため、調査地4では、河辺部から湿原中央部に向かって幅1m、長さ30mのライントランセクトを設定した。そのライントランセクトを1m毎の方形区に分割し、植物群落の種組成を知るため各方形区に出現した植物種およびその被度を記録した。被度は Domin-Krajina の被度階級に従い、植生表を作成し常在度、平均被度などから群落区分を行った。土壤の化学性を分析するため、各方形区から表層土壤(深さ5~15cm)のサンプルを採取し、上記の方法により塩基置換容量、置換性塩類濃度、塩基飽和度、pH、電気伝導度、有機物含量を測定した。またライントランセクト上の微地形断面をハンドレベルを用いて測量し、大潮の日(1996年7月1日)における泥川の水位測定も行った。

III. 結果

1. 方形区調査

1). 植生区分と植生型の決定

植生調査において合計50個の方形区を設定した。50個の方形区に出現した維管束植物の全種数は84種であった。また、コケ植物のミズゴケ属とスギゴケ属もそれぞれ出現した。Table.2はその組成表である。植物種の常在度、平均被度などから、調査地1~3の植生をガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型、ハンノキ型、ムジナスゲ型の5つの植生型に分類した。ガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型は、ミズゴケ類、ヌマガヤ、ツルコケモモ、ヤチヤナギ、イソツツジ、モウセンゴケ、ヨシの常在度が高いという共通点をもつが、ガンコウラン型はガンコウラン、スギゴケ、コケモモ、ワタスゲの常在度が高いことによって特徴づけられた。タチギボウシ型はタチギボウシ、ワタスゲ、コガネギクの常在度が高いことによって特徴づけられる。ヨシ型は、ヨシの平均被度が高いことによって特徴づけられているほか、コガネギク、ヒメシダ、ムジナスゲの常在度も高い。ハンノキ型は、高木層にハンノキあるいはヤチダモが出現する湿地林タイプでありヨシ、ホザキシモツケ、ホロムイスゲ、クサレダマ、ハンノキ、ヤマドリゼンマイ、ヒメイチゲ、ハンゴンソウ、ヒメシダ、ミズスギナの常在度が高いことによって特徴づけられている。ムジナスゲ型は、ムジナスゲの常在度と平均被度がともに高く、ヨシ、ヒメシダ、ミズスギナ、サワギキヨウ、クロバナロウゲの常在度が高いことによって特徴づけられている。

2). 環境解析

土壤調査と水質調査は植生調査と同じ 50 方形区で行われ、泥炭土壤の粗比重を測定するための 95 個、泥炭土壤の化学性を分析するための 138 個、合計 233 個の土壤サンプルが採取された。また表層水の水質を分析するための 50 個の表層水サンプルも採取された。

i). 土壤基質と理化学性

泥炭土壤の層分化は、ガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型では表層にミズゴケ泥炭が存在し、その下にスゲ泥炭、火山灰、スゲ泥炭と続くものが一般的であった。しかし、タチギボウシ型とヨシ型では表層のミズゴケ泥炭が 0 ~ 40 cm 程度とあまり発達していないなかつたのに対し、ガンコウラン型では 20 ~ 50 cm 程度と比較的よく発達していた。ムジナスゲ型とハンノキ型は、ミズゴケ泥炭が作る凸地(ブルテ)がほとんど存在しないため表層からスゲ泥炭層、火山灰層、スゲ泥炭層と続くもののが多かった。また、ムジナスゲ群落では、下層に海成砂層が出現するところもあった(方形区 51, 61)。

土壤の粗比重は、基質がミズゴケ泥炭からなる場合は平均 0.028、スゲ泥炭からなる場合は平均 0.172、火山灰からなる場合は平均 0.681 とミズゴケ泥炭、スゲ泥炭、火山灰の順に高くなつた。有機物含量は、基質がミズゴケ泥炭からなる場合は平均 93.2%、スゲ泥炭からなる場合は平均 62.9%、火山灰からなる場合は平均 12.9% とミズゴケ泥炭、スゲ泥炭、火山灰の順で大きかった。

土壤の化学特性については、塩基置換容量はミズゴケ泥炭(平均 105.49me/100g)、スゲ泥炭(平均 54.96me/100g)、火山灰(平均 8.96me/100g)の順で大きかった。置換性塩類の Ca 濃度はミズゴケ泥炭(平均 53.42mg/l)、火山灰(平均 166.35mg/l)、スゲ泥炭(平均 261.72mg/l)の順に高くなり、Mg 濃度と K 濃度は火山灰(平均 28.64mg/l)、ミズゴケ泥炭(平均 40.96mg/l)、スゲ泥炭(平均 71.19mg/l)の順に高くなり、Na 濃度はミズゴケ泥炭(平均 12.20mg/l)、スゲ泥炭(平均 36.08mg/l)、火山灰(平均 69.34mg/l)の順に高くなり、いずれの塩類濃度においてもミズゴケ泥炭はスゲ泥炭より小さい値を示した。一般に置換性塩類濃度と pH と電気伝導度は正の相関をもつといわれるが、pH は Na 濃度と同様な変化を示しミズゴケ泥炭(平均 4.2)、スゲ泥炭(平均 4.6)、火山灰(平均 5.0)の順に高くなつた。電気伝導度は Mg 濃度、K 濃度と同様な変化を示し火山灰(平均 5.58 μ mho/cm)、ミズゴケ泥炭(平均 8.38 μ mho/cm)、スゲ泥炭(平均 14.07 μ mho/cm)の順に高くなつた。塩基飽和度はミズゴケ泥炭(平均 21.84%)、スゲ泥炭(平均 26.93%)、火山灰(平均 24.70%)の

間に大きな差は見られなかった。

ii). 植生と土壤理化学性、水質の関係

Table. 3a, b は、各植生型における表層土壤の理化学性と水質を示した表である。各植生型を各分析項目の平均値で比較してみると、表層土壤の粗比重はガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型で小さくムジナスゲ型、ハンノキ型で大きな値を示した。表層土壤の有機物含量、塩基置換容量はガンコウラン型、ヨシ型で高く、ムジナスゲ型で低く、タチギボウシ型、ハンノキ型はその中間であった。表層土壤の置換性塩類濃度 (Ca, Mg, Na) 、pH、電気伝導度はガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型で低くムジナスゲ型、ハンノキ型で高かった。表層土壤の K 濃度は、ムジナスゲ型が著しく高かった。表層土壤の塩基飽和度は顕著な差が見られなかった。表層水の塩類濃度(Ca, Mg, Na) と pH は、ガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型で低く、ムジナスゲ型、ハンノキ型で高かった。表層水の K 濃度と濁度には顕著な差が見られなかった。以上が平均値で各植生型を比較した結果であるが、いずれの測定項目でも測定値が非常にばらつき、しかも各植生型間で測定値の範囲が重なり合っているので、どの環境要因が相対的に重要であるのか明確にできない。そこでCCAを導入した。

3). Canonical Correspondence Analysis

Table. 4 は種の被度を用い、 I 軸と II 軸を展開させたCCAの結果を示している。ここで I 軸では種の変量の 13.2%が説明され、 I 軸での種と環境要因の相関は 0.98 であった。また II 軸では種の変量の 9.8%が説明され、 II 軸での種と環境要因の相関は 0.95 であった。環境要因と軸との相関は、表層土壤の置換性塩類濃度(Ca, Mg, Na) と電気伝導度、表層水の Na 濃度が I 軸と非常に強い正の相関を示し、続いて表層土壤の pH と粗比重、表層水の Ca 濃度と Mg 濃度、 pH が強い相関を示した。また、表層土壤の塩基置換容量と有機物含量は II 軸と強い負の相関を示し、表層土壤の粗比重と表層水の Mg 濃度は強い正の相関を示した。

Fig. 2 は、 CCAにより各方形区を I 軸と II 軸を座標とする平面上に展開させたものである。本調査地における各植生型は、この 2 軸上でも比較的きれいに 5 つに大別された。図中のベクトルは環境要因を表し、その長さが重要性を、方向が軸との相関を示している。これより 5 つの植生型にもっとも影響を与えていくと思われる長いベクトルを持つ環境要因は、表層土壤と表層水の Na 濃度であった。 続いて表層土壤の電気伝導度や Mg 濃度、 Ca 濃度、粗比重、 pH、表層水の pH、 Ca 濃度、 Mg 濃度などのベクトルが長かった。軸

との相関を示すベクトルの方向は、表層土壤の置換性塩類濃度 (Ca, Mg, Na) と電気伝導度が I 軸上の正の方向を示し、表層土壤の粗比重と pH、表層水の塩類濃度 (Ca, Mg, Na) と pH が、I 軸と II 軸の正の方向を示した。表層土壤の有機物含量と塩基置換容量のベクトルの長さはそれほど長くないが、方向は I 軸と II 軸の負の方向に伸びている。以上のことから、5 つの植生型の分化成立に最も影響を与えていた環境要因は、表層土壤の置換性塩類濃度 (Ca, Mg, Na) と表層水の塩類濃度 (Ca, Mg, Na) と推測される。

2. ライントランセクト調査

1). 植生

湿原の中央を南北に横切る泥川の河口付近では、河畔から湿原中央部に向かっておよそ 30 m 程の短い距離の間に明らかな植生の変移が認められた。植生調査の結果、ライントランセクト上の合計 30 個の方形区からの総出現種数は 47 種であった。Table. 5 はライントランセクトの植生表であるが、方形区は河辺部から湿原中央部にかけて順に並べてある。植生表上からも河辺部から湿原中央部に向かって出現植物が変化する様子が確認できる。植生の種組成からライントランセクトは河辺より I ~ IV の 4 区に区分された。河辺部の基点からおよそ 1.2 m までの方形区 1 ~ 12 からなる I 区はシバナ、チシマドジョウツナギ、ウミミドリが優占するシバナーチシマドジョウツナギ群落であった。1.2 ~ 1.4 m までの方形区 13 と 14 からなる II 区はイヌイ、クロハリイが優占するイヌイークロハリイ群落であった。1.4 ~ 1.6 m までの方形区 15 ~ 16 からなる III 区はヤチャナギが多いヤチャナギ群落であった。1.6 ~ 3.0 m までの方形区 17 ~ 30 からなる IV 区はヒオウギアヤメ、ヒメシダ、エゾゼンティカが優占するエゾゼンティカーヒメシダ群落であった。

Fig. 3 は Shannon-Wiener による各方形区の種多様性指数を表したグラフである。種多様性指数は河辺部のシバナーチシマドジョウツナギ群落で低く、湿原中央部のエゾゼンティカーヒメシダ群落に向かって高くなっていくことがわかる。

2). 土壌特性

Table. 6 は各方形区の表層土壤の化学特性を示した表である。Fig. 4 はライントランセクト上における各土壤分析項目の変化を示したグラフである。置換性塩類濃度 (Na, Mg, K)、塩基飽和度、電気伝導度は河辺部で高く、湿原中央部で低くなった。逆に、塩基置換容量、有機物含量は河辺部で低く、湿原中央部で高くなかった。pH は方形区 13 ~ 17 付近で最も高かった。

Table. 7 は主要植物(%被度)と土壤化学特性の相関を示した表である。シバナ、チシマドジョウツナギ、ウミミドリは置換性塩類濃度(Mg, Na, K)、塩基飽和度、電気伝導度と強い相関があり、塩基置換容量、有機物含量と強い負の相関があった。逆にヒオウギアヤメ、ヒメシダ、エゾゼンティカといった種に代表される種群は置換性塩類濃度(Mg, Na, K)、塩基飽和度、電気伝導度と強い負の相関があり、塩基置換容量と強い正の相関があった。またイヌイやヤチャナギに代表される種群は、pHと強い正の相関があった。

Fig. 5 は各群落の代表種とそれらの種と相関が強い土壤環境要因のライントランセクト上の変化を示したグラフである。シバナに代表されるシバナーチシマドジョウツナギ群落の植物は置換性塩類濃度(Mg, Na, K)、塩基飽和度、電気伝導度と強い相関を示しこれらの値の高いところにのみ生育していることがわかった。逆にエゾゼンティカに代表されるエゾゼンティカーヒメシダ群落は置換性塩類濃度(Mg, Na, K)、塩基飽和度、電気伝導度と強い負の相関を示しこれらの値の低いところにのみ生育していることがわかった。また、イヌイに代表されるイヌイークロハリイ群落やヤチャナギに代表されるヤチャナギ群落の植物はpHと強い正の相関を示し pHが高く、Mg濃度で顕著に見られるように Na濃度、K濃度、塩基飽和度、電気伝導度が高い値から低い値へと変わる移行帶に生育していることがわかった。

IV. 考察

1. 方形区調査

方形区調査の結果、調査地1～3の植生は5つの植生型に分けられた。本研究ではミズゴケ属、スギゴケ属を1属種として扱ったので単純比較はできないが、本調査地のガンコウラン型、タチギボウシ型はヌマガヤ、ワタスゲ、イソツツジ、ガンコウラン、ヤチャナギが高い常在度で出現することから、橘ら(1996)によるヌマガヤーチャミズゴケ群落に対応するものと考えられる。橘(1993)によるとヌマガヤーチャミズゴケ群落が属するイソツツジーチャミズゴケ群集は高層湿原の極相群落とされている。また本調査地のヨシ型は、橘ら(1996)によるワタスゲとヤチャナギ、場所によってヨシとムジナスゲが共優占するヌマガヤーイボミズゴケ群落に対応するものと考えられた。ハンノキ型は高木層にハンノキ、ヤチダモ低木層にノリウツギ、ホザキシモツケ、草本層にヨシ、ヤマドリゼンマイ、ヒメシダが優占することから、新庄(1982)によるハンノキーイワノガリヤス群落に対応するものと考えられた。ムジナスゲ型は本湿原に一般に見られる高層湿原地域や湿地林地域と様相を異にする。種組成的にはムジナスゲ、ヨシの常在度が高いほか、ミツガシワ、ミ

ズスギナの出現もあることから新庄(1982)によるミツガシワーミズドクサ群落と低層湿原要素のスゲーヨシ類の群落との中間的存在と考えた。

CCAの結果から表層土壤の置換性塩類濃度、表層水の塩類濃度あるいは有機物含量と塩基置換容量の傾度によって5つの植生型が存在していることが明らかになった。Fig. 6はCCAの結果から最も重要とされた表層土壤と表層水の塩類濃度と各植生型の関係を模式的に表した図である。この図より、表層土壤と表層水の化学性の傾度に沿い、貧栄養な環境から富栄養な環境に向かって、ガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型、ハンノキ型が分化成立していることが分かった。ハンノキ型で表層土壤の置換性塩類濃度や表層水の塩類濃度が高いのは、今回調査されたハンノキ型はいずれも森林に隣接した立地に存在していることから、周囲の森林土壤からの塩類供給があるのではないかと考えられた。一方、ハンノキ型に比べガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型で表層土壤の置換性塩類濃度や表層水の塩類濃度が低いのは、これらの群落型が本湿原の比較的中央に位置し、ミズゴケ泥炭のブルテが発達し地下水からの塩類供給がほとんどないからではないかと考えられた。また植生的に高層湿原の極相とされているガンコウラン型とタチギボウシ型の表層土壤の置換性塩類濃度や表層水の塩類濃度がヨシ型より低いのは、一般に湿原の高層化が進むと貧栄養化するといわれているのに一致する。よってこのままの立地環境が長く続ければ、ヨシ型はガンコウラン型あるいはタチギボウシ型へと遷移していくものと思われる。ムジナスゲ型は植生的には低層湿原的要素が強くCCAの結果からも表層土壤の有機物含量は少ない傾向にあることが示された。ムジナスゲ型の表層水の塩類濃度が高いのは、今回調査されたムジナスゲ型は比較的海岸に近く海の飛沫を多少受けているからではないかと考えた。一方ムジナスゲ型の表層土壤の置換性塩類濃度はハンノキ型とヨシ型との中間的存在であり、今後河川や地下水からの塩類の供給があればハンノキ型へと遷移が進むし、反対に塩類の供給がなければヨシ型あるいはガンコウラン型、タチギボウシ型へと遷移していくものと考えられる。

2. ライントランセクト調査

植生調査と土壤調査の結果からライントランセクト上の土壤環境の傾度に従って植生が変化していることが明らかになった。

Fig. 7はライントランセクトの地形断面図である。図中の▲印は1996年7月1日(大潮)の干満時の泥川の水位である。大潮の日の満潮時にはライントランセクトの基点より12.5m程のイヌイークロハリイ群落まで水位が上昇した。

これより、ライントランセクト上の土壤環境の傾度は泥川の海水の影響によって引き起こされているのではないかと推測される。なぜなら河辺部の置換性塩類濃度は一般の森林土壤の値よりも高く、しかも塩基飽和度は100%以上となっているからである。

Earle & Kershaw(1988)は、カナダのJames Bayの海岸性湿地において土壤の塩類濃度、標高、含水率、基質が植生分化の重要な要因であると述べ、Antonia H.B.M. Wijteら(1996)は、酸素と塩類濃度の傾度が塩湿地群落の帶状分布に影響を与える最も重要な環境要因であると述べている。また Ito(1978)は、北海道野付崎において海岸性塩湿地植生としてシバナ基群集、チシマドジョウツナギ基群集、ウミミドリ基群集を記述している。おそらく本調査地においても、海水を含む汽水の水位変動や飛沫によって、河辺部から湿原中央部に向かって土壤化学特性、特に置換性塩類濃度の勾配が生じ、この勾配に沿って植生が変化しているものと思われる。Bastow Wilsonら(1996)は、汽水河川湿地における種分布の下流限界と下岸限界から種の耐塩性を予測できると述べている。本調査地では置換性塩類濃度の高い河辺部にはシバナ、チシマドジョウツナギ、ウミミドリといった耐塩性をもつ植物しか生育できず、その結果河辺部の種多様性も低くなっていると考えられる。逆に湿原中央部では汽水河川から離れるに従い置換性塩類濃度が低下し、耐塩性を持たない他の多くの植物が侵入定着するため種多様性が高くなっていると考えられる。

3. カナダの湿原分類体系による霧多布湿原の位置づけ

「The Canadian Wetland Classification System」(National Wetland Working Group & Canada Committee on Ecological Land Classification 1988)では、湿原を植生および基質の化学性から bog、fen、marsh、swamp および shallow water の5つの class に大別している。Table. 8 は、各 class の表層土壤および表層水の化学特性を表した表である。

Table. 9 は、調査地1～3の各植生型の表層土壤および表層水の化学特性を表した表である。「The Canadian Wetland Classification System」の基準を本調査地に適用すると、ガンコウラン型とタチギボウシ型はミズゴケ類が優占していること、泥炭層がミズゴケ泥炭、スゲ泥炭の順に堆積していること、酸性が強く置換性塩類の乏しい表層土壤であることなどから典型的な bog class の湿原であると思われる。ヨシ型はヨシの被度が高いことから fen class の湿原と考えられるが、表層土壤と表層水の塩類が比較的乏しいことやミズゴケ類も多く存在することから fen class と bog class の中間的存在とも考えられる。ハンノキ型はハンノキやヤチダモの高木が密集していること、泥炭層がスゲ泥炭からなることなどから swamp class の湿原であると考えられる。しかし、表層土壤と表層水中の塩

類については、一般に知られる swamp class の値より低く、fen class あるいは bog class に近い。ムジナスゲ型はスゲ類の被度が高いこと、泥炭層がスゲ泥炭からなること、水の pH が高いことなどから典型的な fen class の湿原と考えられるが、表層土壌と表層水中の 塩類については貧栄養な fen class あるいは bog class に近い。調査地4のライントランセクトでは河辺部のシバナーチシマドジョウツナギ群落では海の干満の影響を受けていることから marsh class の湿原と考えられ、湿原中央部のエゾゼンティカーヒメシダ群落に向かって fen class の湿原に変化していっているものと思われる。

Fig. 8 はカナダの湿原分類体系を模式的に表した図であり、図中に霧多布湿原の生態的、形態的な位置を示してみた。今回調査した霧多布湿原では、植生と表層土壌あるいは表層水との密接な関係が認められ、本湿原は植生上からいくつかの class に分類された。しかし表層土壌と表層水の化学性の面からは、本研究で認められたほとんどの植生型が、 bog あるいは貧栄養な fen の範疇にあり、これは霧多布湿原の特徴と考えられる。また、霧多布湿原の土壌は泥炭層の中に火山灰層を挟んでおり、この層で急激に土壌化学特性が変化する特徴がみられた。

要約

霧多布湿原は北海道東部浜中町の太平洋に面した面積約 3168ha の中・高層湿原を主体とした湿原である。また湿原を流れる河川の河口部は汽水河川となり、塩湿地を作り出している。湿原植生も森林、草原植生と同様に土壌環境や水環境に影響されていると考えられる。本研究は、北海道霧多布湿原において植物群落の種組成、泥炭土壌と表層水の理化学性を解析し、植生と立地環境との関係を明らかにすることを目的に行われた。さらにカナダの湿原分類体系に従い、霧多布湿原の位置づけを試みた。

中・高層湿原地域および湿地林地域における方形区調査の結果、本調査地における植生はその種構成からガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型、ハンノキ型、ムジナスゲ型の 5 つに分けられた。植生と立地環境の関係解析のため、Canonical Correspondence Analysis(CCA)を導入した結果、泥炭土壌の理化学性(置換性塩類濃度、電気伝導度、粗比重、pH、有機物含量、塩基置換容量)と表層水の化学性(塩類濃度、pH)の傾度に沿い、貧栄養な環境から富栄養な環境に向かって、ガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型、ハンノキ型が分化成立していることが分かった。ムジナスゲ型は上記の傾度に沿わず、表層水の化学性特に Na,Mg 濃度が高いことから海の飛沫の影響を受けた立地に成立するものと考えられた。

泥川の河口から 1.8km 地点におけるライントランセクト調査の結果、ライントランセクトの植生はその種構成から、河辺部から湿原中央部に向かってシバナーチシマドジョウツナギ群落、イヌイークロハリイ群落、ヤチャナギ群落、エゾゼンティカーヒメシダ群落の4つに区分された。種多様性は河辺部で低く、湿原中央部に向かって高くなつた。土壤分析の結果、置換性塩類濃度 (Na, Mg, K) 、塩基飽和度、電気伝導度は河辺部で高く、湿原中央部に向かって低くなつた。大潮の日の満潮時の泥川の水位がイヌイークロハリイ群落まで上昇することから、泥川の海水の影響によって置換性塩類濃度の勾配が生じ、河辺部ではシバナ、チシマドジョウツナギ、ウミミドリといった塩生植物しか生育できず、湿原中央部では汽水河川から離れるに従い置換性塩類濃度が低下し、耐塩性の低い多くの植物が出現しているものと思われる。

カナダの湿原分類体系に従って方形区調査地の分類を行うと、植生的にはガンコウラン型、タチギボウシ型、ヨシ型は bog class、ハンノキ型は swamp class、ムジナスゲ型は fen class となる。またライントランセクト調査地のシバナーチシマドジョウツナギ群落は marsh class となり、エゾゼンティカーヒメシダ群落に向かって fen class に移行していく。しかし土壤の化学性は、いずれの調査地においても bog class あるいは貧栄養な fen class の範疇にあり、霧多布湿原の特徴であった。また、泥炭土壤の中に火山灰層が存在し、この層で土壤の理化学性が急激に変化する特徴も見られた。

謝辞

本研究を行うにあたり、北海道浜中町霧多布湿原センターより学術助成金の交付をいただいた。また現地での調査に際し、同センターの富沢日出夫さんをはじめ職員の皆さんには多大なご便宜をお計りいただいた。これらのご配慮とご厚遇に対し、心から感謝いたします。

参考文献

- Antonia H.B.M. Wijte & John L. Gallagher 1996. Effect of Oxygen Availability and Salinity on Early Life History Stages of Salt Marsh Plant. Am. J. Bot. 83(10): 1337-1342.
- Bastow Wilson J., Warren McG. King, Martin T. Sykes, Trevor R. Partridge 1996. Vegetation zonation as related to the salt tolerance of species of brackish riverbanks. Can. J. Bot. Vol. 74:1079-1085.
- Damman A.W.H. & Dowhan J.J. 1981. Vegetation and habitat condition in Western

- Head Bog, a southern Nova Scotia plateau bog. Can. J. Bot. 59:1343-1359.
- Earle J.C. & Kershaw K.A. 1989. Vegetation patterns James Bay coastal marshes. III. Salinity and elevation as factor influencing plant zonations. Can. J. Bot. Vol. 67:2967-2974.
- Foster D.R. & King G.A. 1984. Landscape features, vegetation and developmental history of a patterned fen in south-eastern Labrador. Canada. J. Ecol. 72: 115-143.
- 富士田裕子 1992. IV. 霧多布地区. 自然公園特定地域保全対策調査報告書:53-77. 北海道.
- 富士田裕子, 橘ヒサ子, 佐藤雅俊 1995. 8. 霧多布湿原. 北海道の湿原の変遷と現状の解析 -湿原の保護を進めるために:16-26. 北海道湿原グループ.
- Gauthier R. 1980. La Végétation des tourbières et les sphaignes du parc des Laurentides, Québec. Forest Ecology Laboratory, Laval University. Études écologiques No. 3. Quebec, Quebec:634.
- Glaser P.H., Wheeler G.A., Gorham E. and Wright H.E. Jr 1981. The patterned mires of the Red Lake peatland, northern Minnesota: vegetation, water chemistry and landforms. J. Ecol. 69:575-599.
- Gore A.J.P. 1983. Ecosystems of the world 4A. Mire; Swamp, Bog, Fen and moor. General Studies:1-34.
- Gorham E. 1991. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. Ecological Application, 1:182-195.
- 半谷高久, 小倉紀雄 1985. 改訂2版 水質調査法 :207-212.
- Ito K. 1978. Vegetation of Notsuke Sand Spit(1)-Community descriptions. Environmental Science, Hokkaido. No. 1:75-109.
- IWRB 日本委員会 1989. 日本湿地目録.
- Kivinen E. & Pakarinen P. 1980. Peatland area and the proportion of virgin peatlands in different countries. In: Proc. 6th Int. Peat Congress, Duluth, Mich.
- 三好学 1926. 天然記念物解説:231-236. 富山房, 東京.
- National Wetland Working Group & Canada Committee on Ecological Land Classification 1988. Ecological Land Classification Series, No. 24:413-427.
- 日本気象協会北海道本部 1992. 北海道のアメダス統計 I :260-261.
- Pollet F.C. 1972. Nutrient contents of peat soils in Newfoundland. In Proceedings, 4th International Peat Congress. Volume 3. Helsinki, Finland: 461-468.
- Schwintzer C.R. 1978. Vegetation and nutrient status of northern Michigan fens. Can. J. Bot. 56:3044-3051.
- Schwintzer C.R. 1981. Vegetation and nutrient status of northern Michigan bogs and conifer swamps with a comparison to fens. Can. J. Bot. 59:842-853.
- Scott D.A. & Jons T.A. 1995. Classification and inventory of wetland : A global overview. Vegetatio 118:3-16.
- 新庄久志 1982. 若山沼周辺の植生, 霧多布湿原及びその周辺の総合調査報告書:11-16. 釧路市立博物館.
- Slack N.G., Vitt D.H. and Horton D.G. 1980. Vegetation gradients of minerotrophically rich fens in western Alberta. Can. J. Bot. 58:330-350.
- Stanek W. & Silc T. 1977. Comparisons of four methods for determination of degree of peat humification (decomposition) with emphasis on the von Post method. Can. J. Soil Sci. 57:109-117.
- 橘ヒサ子 1993. 北海道の湿原植生. 北海道の自然と生物, No. 8:6-18.
- 橘ヒサ子, 富士田裕子, 佐藤雅俊, 赤坂准 1996. 霧多布湿原の植生(I). 霧多布湿原セン

タ一.

- 田中瑞穂 1956. 霧多布の天然記念物泥炭形成植物群落(其の一). 釧路市立博物館新聞,
No. 60.
- 田中瑞穂 1957. 霧多布の天然記念物泥炭形成植物群落(其の二). 釧路市立博物館新聞,
No. 61.
- 田中瑞穂 1959. 北海道東部湿原の群落学的研究(第2報) 霧多布湿原植物群落の構造. 北
海道学芸大学紀要(第二部), 10(1):112-125.
- ter Braak C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis : A new eigenvector
technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67:69-77.
- ter Braak C. J. F. 1987a. Ordination. In: (eds R. H. G. Jongman, C. J. F. Ter Braak &
D. F. R. Van Tongeren) Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Pudoc,
Wageningen.
- 辻井達一, 長谷川栄, 新庄久志 1986. III植物, 第2章高等植物小史, 3湿原植生. 道立自
然公園総合調査(厚岸道立自然公園)報告書:22-29, 71-88. 北海道自然保護協会.
- Vitt D.H., Achuff P. and Andrus R.E. 1975. The vegetation and chemical properties
of patterned fens in the Swan Hills, north central Alberta. Can. J. Bot. 53:
2776-2795.
- 吉井義次・工藤祐舜 1926. 北海道琵琶瀬並びに静狩泥炭地調査報告. 「天然記念物調査報
告 植物の部 第5」(内務省 史蹟名勝天然記念物保存協会編):25-29.
- Zoltai S.C. & Vitt D.H. 1995. Canadian Wetland : Environmental gradients and
classification. Vegetatio 118: 131-137.

Table. 1 Domain-Krajina の被度階級

被度階級	内容
+	1 個体または 1 %未満の面積を占める。
1	個体数は少數、 1 %以上 2 %未満の面積を占める。
2	個体数は少數、 2 %以上 3 %未満の面積を占める。
3	散生、 3 %以上 5 %未満の面積を占める。
4	5 %以上 10 %未満の面積を占める。
5	10 %以上 20 %未満の面積を占める。
6	20 %以上 33 %未満の面積を占める。
7	33 %以上 50 %未満の面積を占める。
8	50 %以上 75 %未満の面積を占める。
9	75 %以上 100 %未満の面積を占める。
10	100 %の面積を占める。

Table. 2 調査地 1~3 の植生表

次項に続く

Table. 2 の続き

Table. 3a 各植生型の表層土壤の理化学性の平均値および標準偏差

植生型	サンプル数	CEC me/100g	Ca		Mg		K mg/l		Na mg/l	
			Mg mg/l	K mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Mg mg/l	K mg/l
ガ・ンコウラン型	10	110.38 ± 26.56	40.44 ± 13.36	36.43 ± 12.71	24.07 ± 11.75	15.15 ± 7.25				
タチギ・ホ・ウシ型	10	77.10 ± 42.50	67.79 ± 38.14	50.54 ± 24.43	40.10 ± 41.64	20.39 ± 13.53				
ヨシ型	10	105.83 ± 40.06	54.55 ± 23.88	38.71 ± 26.23	21.40 ± 13.32	10.04 ± 5.04				
ハ・ン・キ型	10	78.05 ± 25.77	463.06 ± 380.04	150.88 ± 75.86	37.55 ± 18.26	42.99 ± 7.65				
ム・ジ・ナ・ス・ケ・型	10	52.95 ± 31.33	205.44 ± 199.87	100.99 ± 132.30	102.17 ± 107.53	43.71 ± 20.74				

植生型	サンプル数	塩基飽和度 %		電気伝導度 $\mu \text{mho/cm}$		有機物含量 %	
		pH	粗比重				
ガ・ンコウラン型	10	19.96 ± 4.56	3.88 ± 0.24	6.80 ± 2.63	0.031 ± 0.009	97.89 ± 1.40	
タチギ・ホ・ウシ型	10	21.65 ± 7.18	4.47 ± 0.10	7.48 ± 2.65	0.085 ± 0.071	73.06 ± 17.25	
ヨシ型	10	33.06 ± 8.79	4.43 ± 0.38	10.20 ± 3.53	0.023 ± 0.011	93.91 ± 4.95	
ハ・ン・キ型	10	34.20 ± 17.79	4.79 ± 0.44	17.58 ± 7.39	0.139 ± 0.026	78.55 ± 8.10	
ム・ジ・ナ・ス・ケ・型	10	28.51 ± 20.46	4.65 ± 0.30	14.03 ± 3.47	0.207 ± 0.120	60.00 ± 18.31	

Tab | e. 3b 各植生型の表層水の化学性の平均値および標準偏差

Table. 4 CCAの2軸の固有値と2軸と環境要因の相関

軸	I	II
固有値 (Eigenvalue)	0.749	0.553
種-環境との相関 (Species-environment correlation)	0.976	0.947
種のばらつきの説明度 (Percentage variance of species data)	13.2	9.8
環境要因との相関 (Intra-set correlation)		
表層土壤		
粗比重	0.477	0.511
有機物含量	-0.214	-0.483
CEC	-0.221	-0.403
Ca	0.683	-0.092
Mg	0.704	0.030
K	0.109	0.186
Na	0.737	0.170
BS	0.376	0.207
pH	0.574	0.280
EC	0.729	0.019
表層水		
Ca	0.433	0.361
Mg	0.446	0.453
K	-0.137	-0.074
Na	0.727	0.375
pH	0.588	0.317
濁度	0.240	-0.145

Table. 5 調査地 4 の植生表

Table. 6 調査地 4 の土壤化学特性

Plot No.	CEC	Ca	Mg	K	Na	BS	EC	μ mho/cm	有機物 %
	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	%			
1	19.33	1.02	19.91	2.05	61.33	436.15	3.98	906.5	22.94
2	9.78	0.54	10.04	1.59	37.41	506.67	4.86	401.0	5.69
3	12.10	0.73	11.68	1.79	34.36	401.22	4.05	443.5	12.79
4	10.21	0.64	11.85	2.03	42.19	555.47	4.38	499.5	8.56
5	9.38	0.53	10.04	2.16	39.15	553.23	4.36	540.5	8.39
6	17.75	1.24	24.85	2.94	87.43	655.97	4.40	1480.0	22.23
7	14.35	1.12	22.54	2.15	68.29	655.79	3.89	1305.0	21.75
8	14.35	1.11	20.57	2.46	66.12	628.91	4.17	1149.5	23.00
9	21.96	1.28	22.87	2.73	69.60	439.27	4.98	1190.0	28.70
10	14.35	0.91	17.36	2.41	59.59	559.35	4.49	914.5	17.27
11	13.75	0.82	12.01	1.67	34.80	358.46	5.54	340.0	15.59
12	13.75	0.74	10.86	1.45	33.93	341.57	5.55	369.5	17.35
13	19.33	0.91	14.48	1.31	38.28	284.41	5.40	481.5	20.18
14	23.91	1.05	10.53	0.99	8.18	86.75	6.54	92.8	24.04
15	14.35	0.91	8.06	0.63	4.18	96.05	6.74	81.1	20.01
16	17.75	1.20	6.25	0.62	3.22	63.59	6.32	31.8	28.33
17	24.95	1.58	9.05	1.09	3.18	59.69	5.83	14.0	38.10
18	20.17	1.26	6.58	0.96	2.04	53.74	5.51	23.2	32.96
19	18.53	0.49	1.93	0.70	1.65	25.73	5.31	17.5	29.83
20	20.17	0.79	1.86	0.74	1.74	25.47	5.39	10.7	33.37
21	14.35	0.58	1.17	0.53	1.65	27.39	5.52	10.0	23.56
22	21.05	0.80	1.93	0.76	1.70	24.67	5.19	8.6	32.10
23	22.95	0.72	1.58	0.82	1.74	21.23	4.89	12.2	34.26
24	30.87	0.96	1.96	0.94	1.70	18.00	4.78	14.3	35.97
25	35.08	0.78	1.93	1.20	1.83	16.37	4.74	16.2	42.02
26	26.04	0.87	1.66	0.82	1.70	19.39	4.96	18.8	37.84
27	22.92	0.67	1.45	0.74	1.91	20.83	5.00	12.7	30.63
28	30.87	0.61	1.42	0.75	1.74	14.65	5.07	3.5	37.25
29	24.95	0.95	1.71	0.91	1.74	21.27	5.05	13.3	41.08
30	33.62	1.08	2.25	1.19	2.04	19.53	5.07	13.5	43.49

Table.7 主要植物の被度と表層土壌の化学特性の相関

	Mg	Na	K	BS	EC	Ca	pH	CEC	OM
シバナ テジドジ カミミドリ	0.672 ** 0.638 ** 0.508 **	0.703 ** 0.713 ** 0.491 **	0.666 ** 0.743 ** 0.460 *	0.685 ** 0.758 ** 0.536 **	0.617 ** 0.633 ** 0.434 *	0.123 -0.101 0.134	-0.182 -0.586 ** 0.045	-0.349 -0.581 ** -0.218	-0.453 * -0.670 ** -0.313
ヤラメクサ イヌイ ミツバ・オウレン オオヤマフスマ ヌマガツ ヤマナハ	0.013 0.103 0.038 0.038 -0.024 -0.062	-0.162 -0.068 -0.108 -0.108 -0.136 -0.240	-0.183 -0.166 -0.103 -0.103 -0.199 -0.302	0.028 0.200 0.042 0.042 0.112 0.011	-0.157 -0.084 -0.105 -0.105 -0.110 -0.211	0.192 0.088 0.111 0.111 0.012 0.322	0.525 ** 0.513 ** 0.390 * 0.390 * 0.445 * 0.608 **	0.081 0.010 0.113 0.113 -0.147 -0.093	-0.034 -0.149 -0.044 -0.044 -0.116 0.013
アガボ・ノロリモコ サワギ・キヨク スズキ エゾ・ブクロ ヒオウギ・アヤメ ヒメジダ マルバ・トウキ ハマイ セキジョウイ エゾ・セ・ンテイ ヨシバ・ヒエト Carex sp	-0.416 * -0.707 ** -0.306 -0.550 ** -0.556 ** -0.362 * -0.417 * -0.463 ** -0.513 ** -0.410 * -0.258 -0.253	-0.535 ** -0.666 ** -0.440 * -0.522 ** -0.466 ** -0.307 -0.399 * -0.391 * -0.428 * -0.343 -0.218 -0.218	-0.590 ** -0.617 ** -0.345 ** -0.498 ** -0.493 ** -0.206 -0.322 -0.296 -0.421 * -0.271 -0.155 -0.125	-0.379 * -0.824 ** -0.420 * -0.631 ** -0.617 -0.427 * -0.487 ** -0.535 -0.577 ** -0.476 ** -0.312 -0.298	-0.479 ** -0.606 ** -0.404 * -0.475 ** -0.423 -0.277 -0.358 -0.353 -0.388 * -0.313 -0.201 -0.198	0.071 -0.134 0.473 * -0.137 -0.431 * -0.165 -0.037 -0.037 -0.275 -0.313 -0.051 0.123	0.617 ** 0.128 0.315 0.181 0.025 -0.086 0.076 0.076 -0.172 -0.275 -0.070 -0.003	0.080 0.573 ** 0.317 0.297 0.297 0.551 ** 0.387 * 0.387 * -0.108 -0.006 -0.030 0.421 * 0.518 ** 0.373 *	0.234 0.650 ** 0.472 ** 0.445 * 0.348 0.438 * 0.437 * 0.481 ** 0.387 * 0.550 ** 0.372 * 0.424 *

** : P < 0.01

*: P < 0.05

Table. 8 各Classの表層土壌と表層水の化学性

Wetland class	サンブル数	pH	置換性塩類		Mg me/100g	出典
			Ca me/100g	Mg me/100g		
bog	28	3.5-3.8	6.19-15.42	9.6-15.4	Polet(1972)	
	8		21.81	5.67	Stanek et al.(1977)	
fen	11	5.0-6.5	8.61	10.88	Darmann and Dowhan(1981)	
	33		80.44-152.84	10.8-26.4	Polet(1972)	
swamp	5		55.29	12.6	Stanek et al.(1977)	
marsh			96.51	26.0	Stanek et al.(1977)	
			66.97	41.94	Stanek et al.(1977)	
表層水			ppm	ppm		
bog	18	4.0	2.3	0.4	Schwiintzer(1981)	
	13	4.6-5.1	0.2-0.8	0.1-0.2	Gauthier(1980)	
fen(poor)	10	3.8-4.4	0.2	0.1	Foster and King(1984)	
	193	4.6-5.2	0.4-4.8	0.1-0.7	Gauthier(1980)	
	14	4.7-5.5	0.3	0.2	Foster and King(1984)	
	1	5	2.4	0.4	Vitt et al.(1975)	
fen(moderately poor)	42	5.2	1.1	0.2	Gauthier(1980)	
fen	9	7.2	28	11	Slack et al.(1980)	
(intermediate to rich)	21	6.1	10	10	Glaser et al.(1981)	
swamp	5	6.5	43	2.0-15.0	Schwiintzer(1978)	
	12	7.2	40	12	Schwiintzer(1981)	

Table.9 方形区調査における各植生型の表層土壤と表層水の
化学性:平均値及び標準偏差

植生型	サンプル数	pH	Ca me/100g	Mg me/100g
表層土壤				
ガソウラン型	10	3.88 ± 0.24	7.34 ± 3.62	9.76 ± 1.63
タキボウシ型	10	4.47 ± 0.10	7.05 ± 5.94	7.58 ± 4.52
ヨシ型	10	4.43 ± 0.38	14.70 ± 8.43	13.32 ± 5.91
ハノキ型	10	4.79 ± 0.44	15.06 ± 11.45	8.46 ± 2.87
ムシナスケ型	10	4.65 ± 0.30	6.01 ± 4.74	5.63 ± 7.97
表層水				
ガソウラン型	10	5.47 ± 0.54	1.35 ± 0.83	0.71 ± 0.14
タキボウシ型	10	5.57 ± 0.62	1.60 ± 1.26	0.78 ± 0.31
ヨシ型	10	5.95 ± 0.47	2.73 ± 1.41	0.92 ± 0.24
ハノキ型	10	6.39 ± 0.74	3.66 ± 2.89	1.20 ± 0.67
ムシナスケ型	10	6.35 ± 0.47	4.72 ± 2.21	1.57 ± 0.30

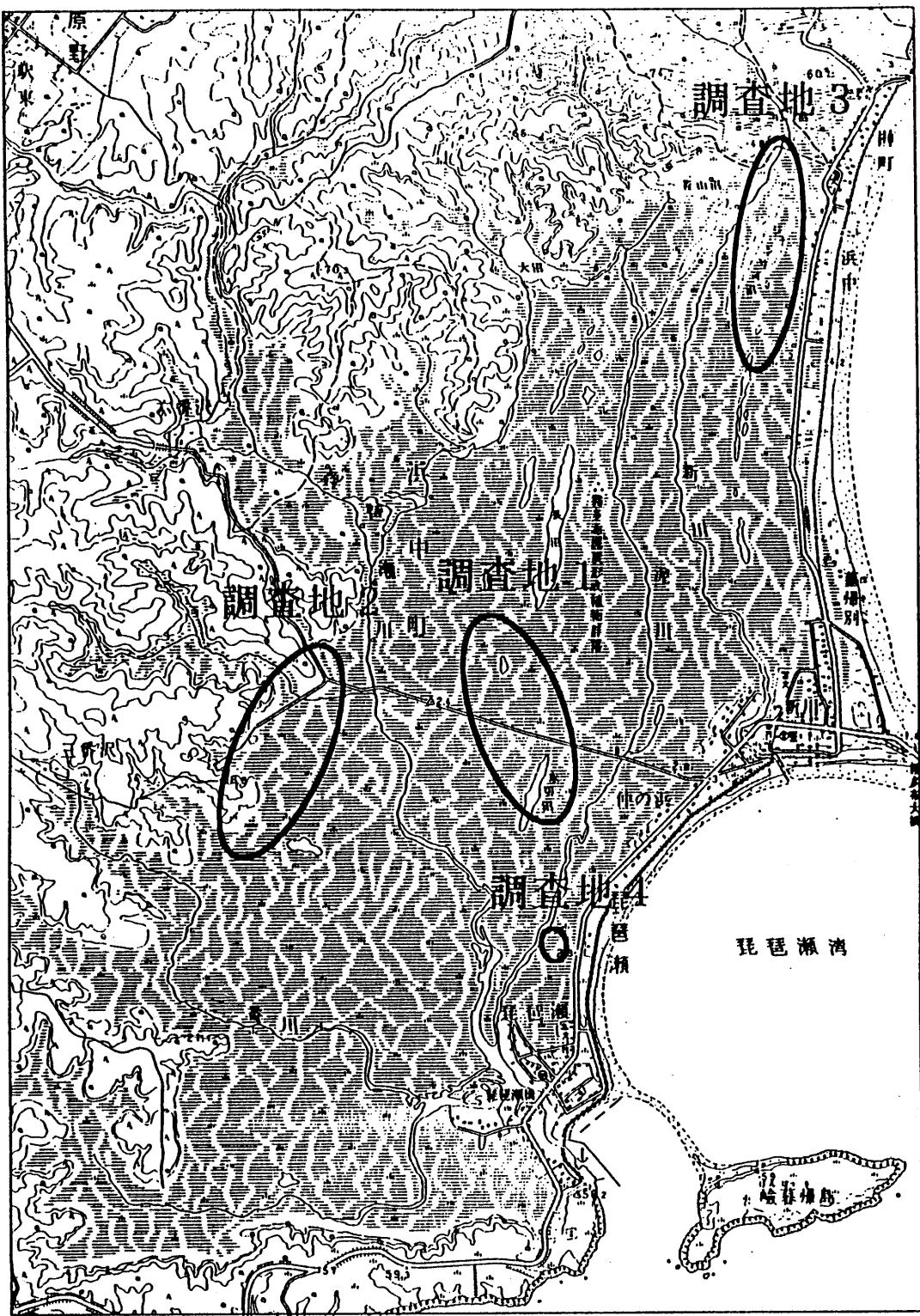


Fig. 1 調査地概況

1km 0 1km

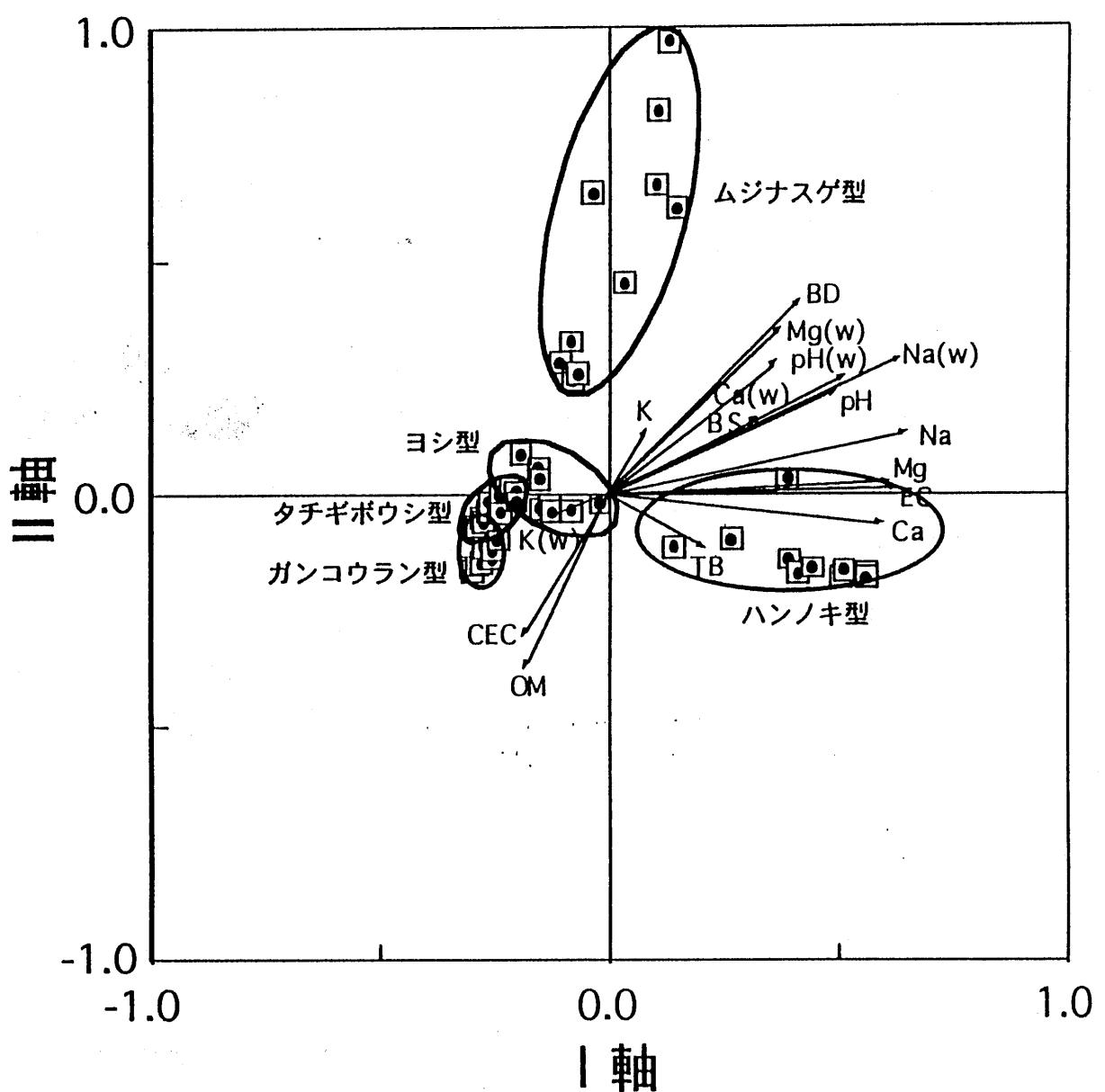


Fig. 2 CCAの2軸に方形区を展開させた図。ベクトルは環境要因を表わし、長さが重要性、方向が軸との相関を示す。CEC:塩基置換容量、OM:有機物含量、BD:粗比重、BS:塩基飽和度、EC:電気伝導度、TB:濁度、(w):表層水

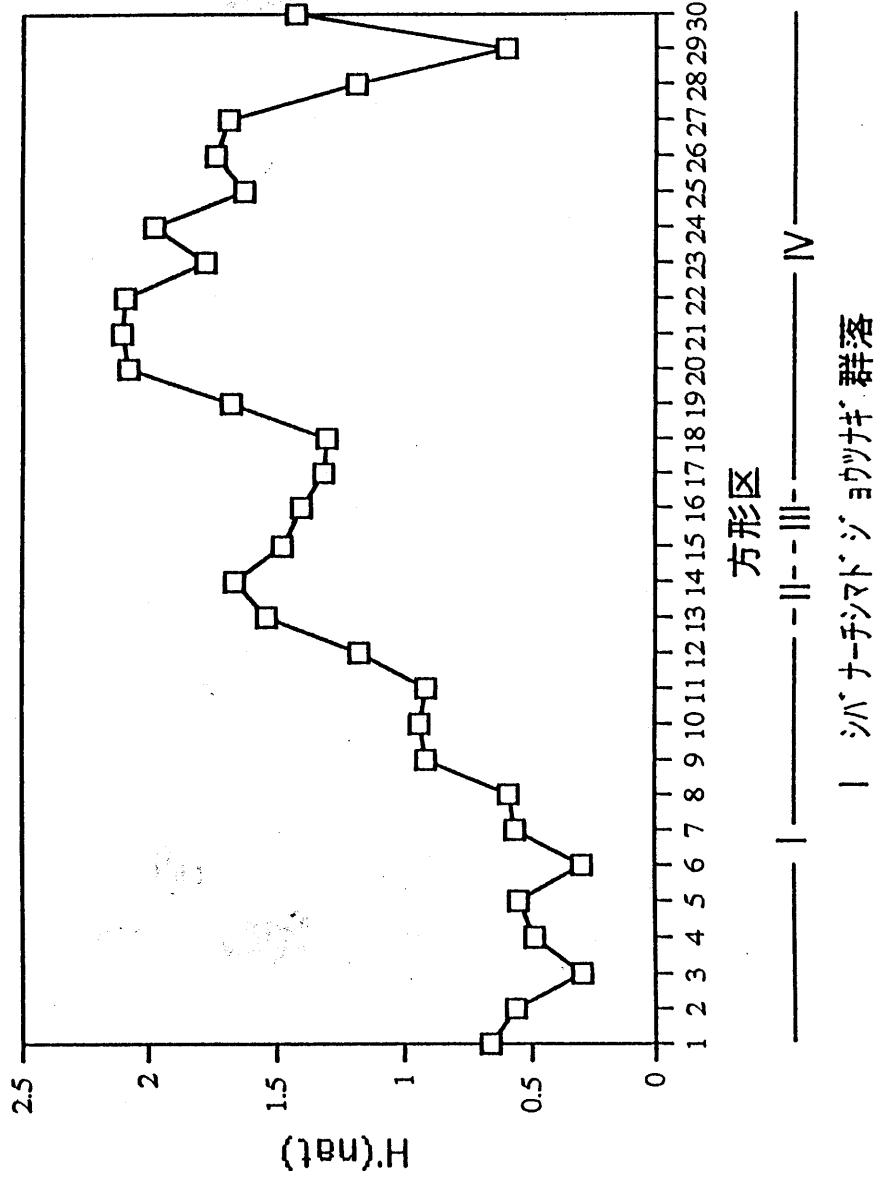


Fig.3 ライントランセクト上の方形区の種多様性指数
(Shannon-Wiener)

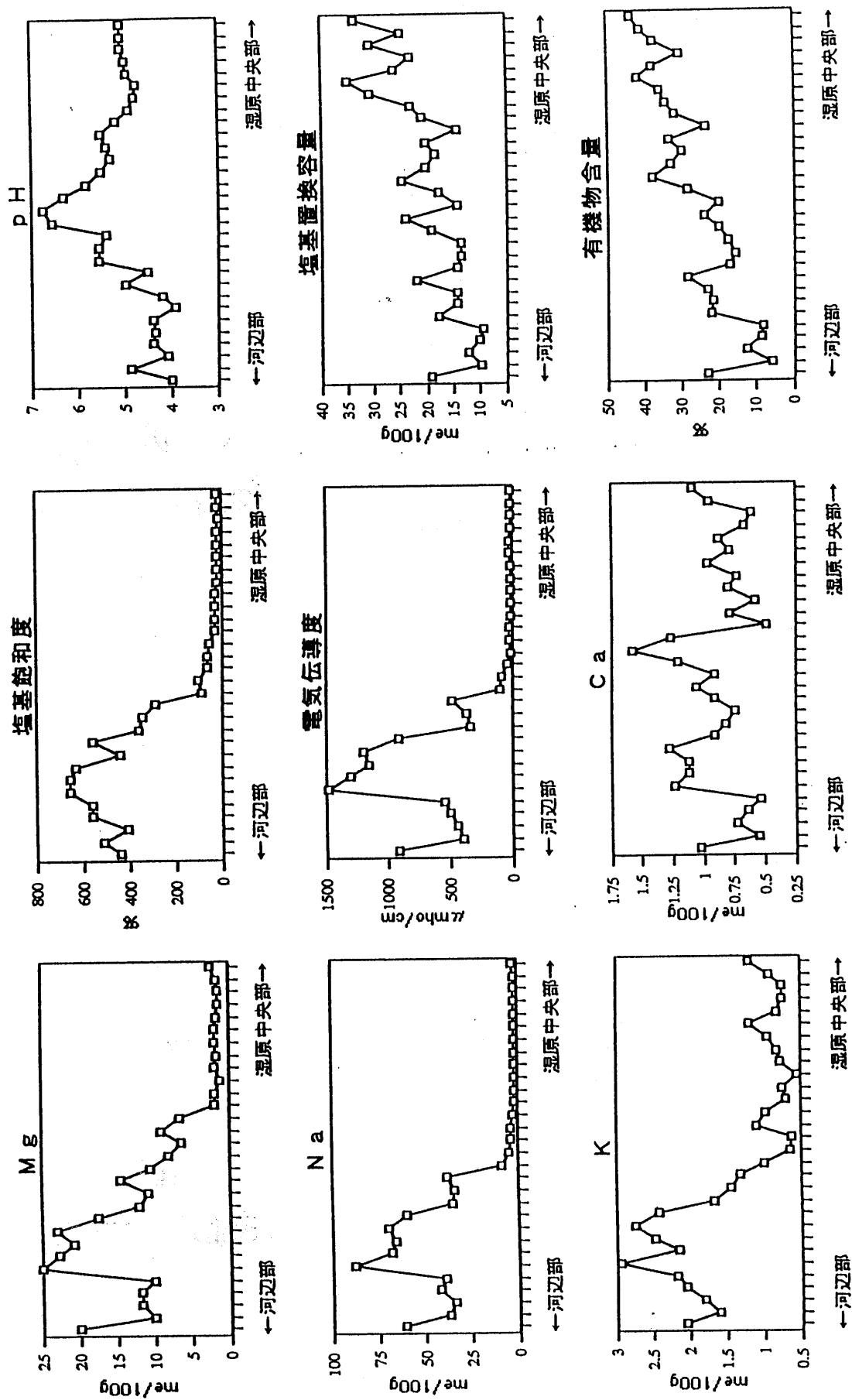


Fig. 4 土壤化学特性のライントラنشセクト上の変化

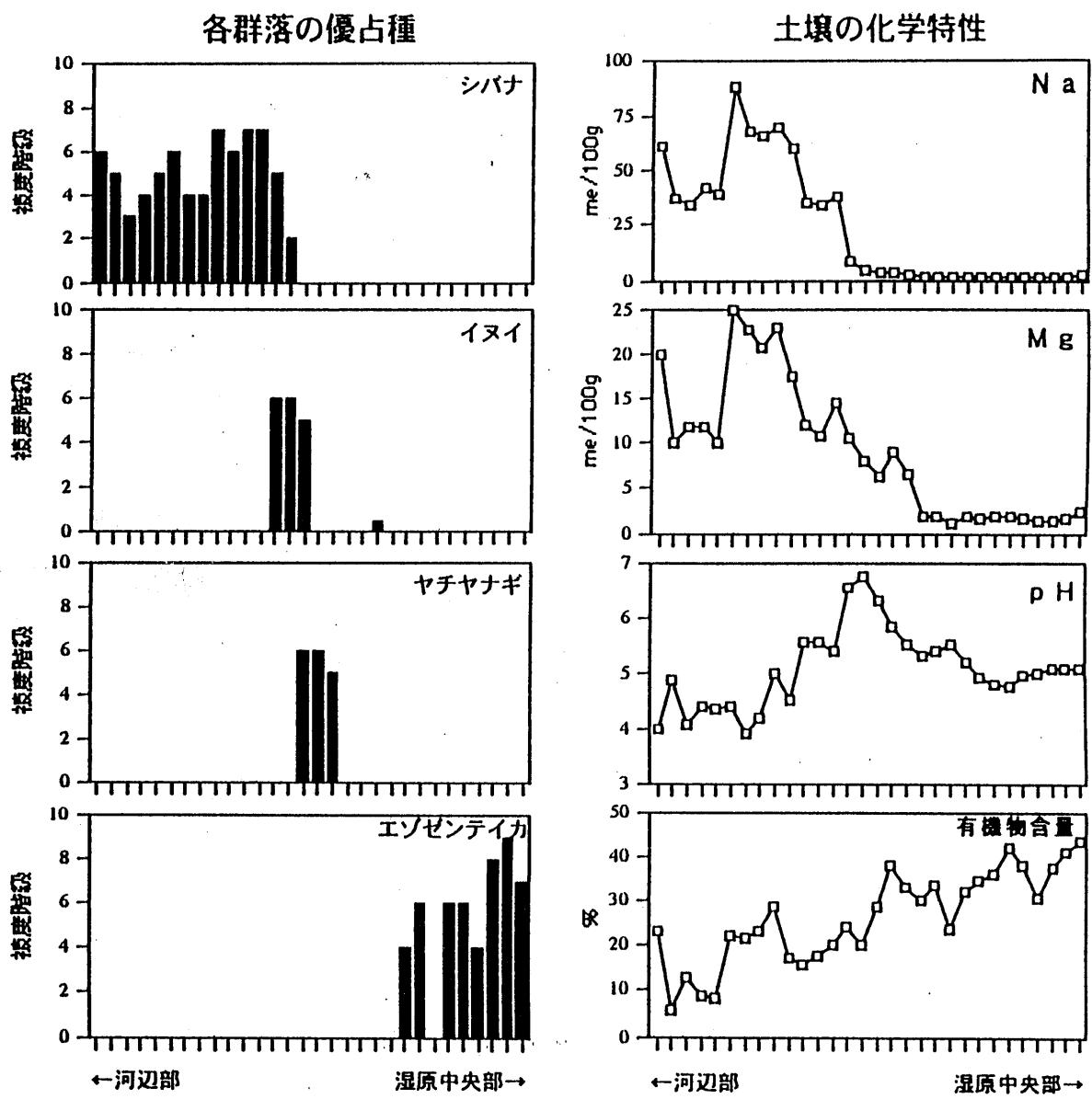


Fig.5 ライントランセクト上における各群落の代表種の分布と土壤化学特性の変化

表層土壤の置換性塩類

	少	中	多
多		ムジナスケ型	ハンノキ型
中		ヨシ型	
少	タチギボウシ型 ガンコウラン型		

Fig. 6 表層土壤および表層水の塩類と
植生型の関係図

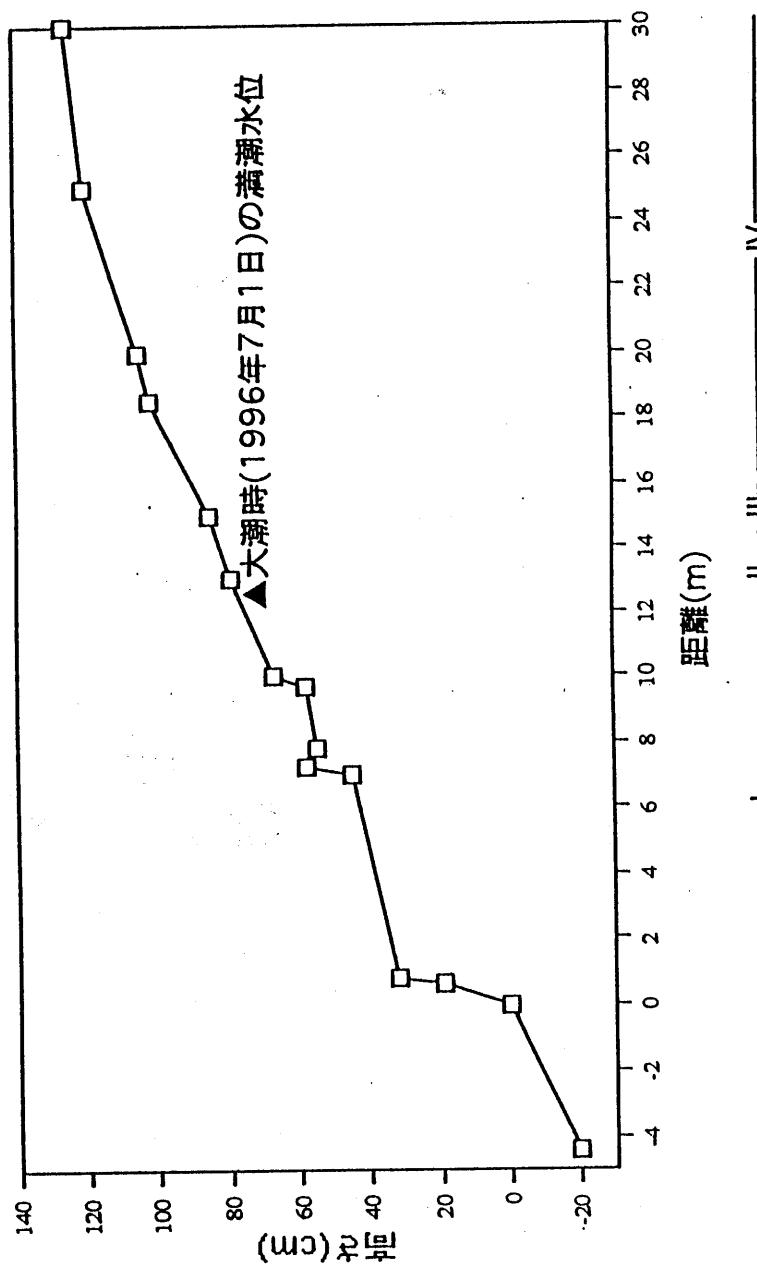


Fig.7 ライントランセクトの地形断面

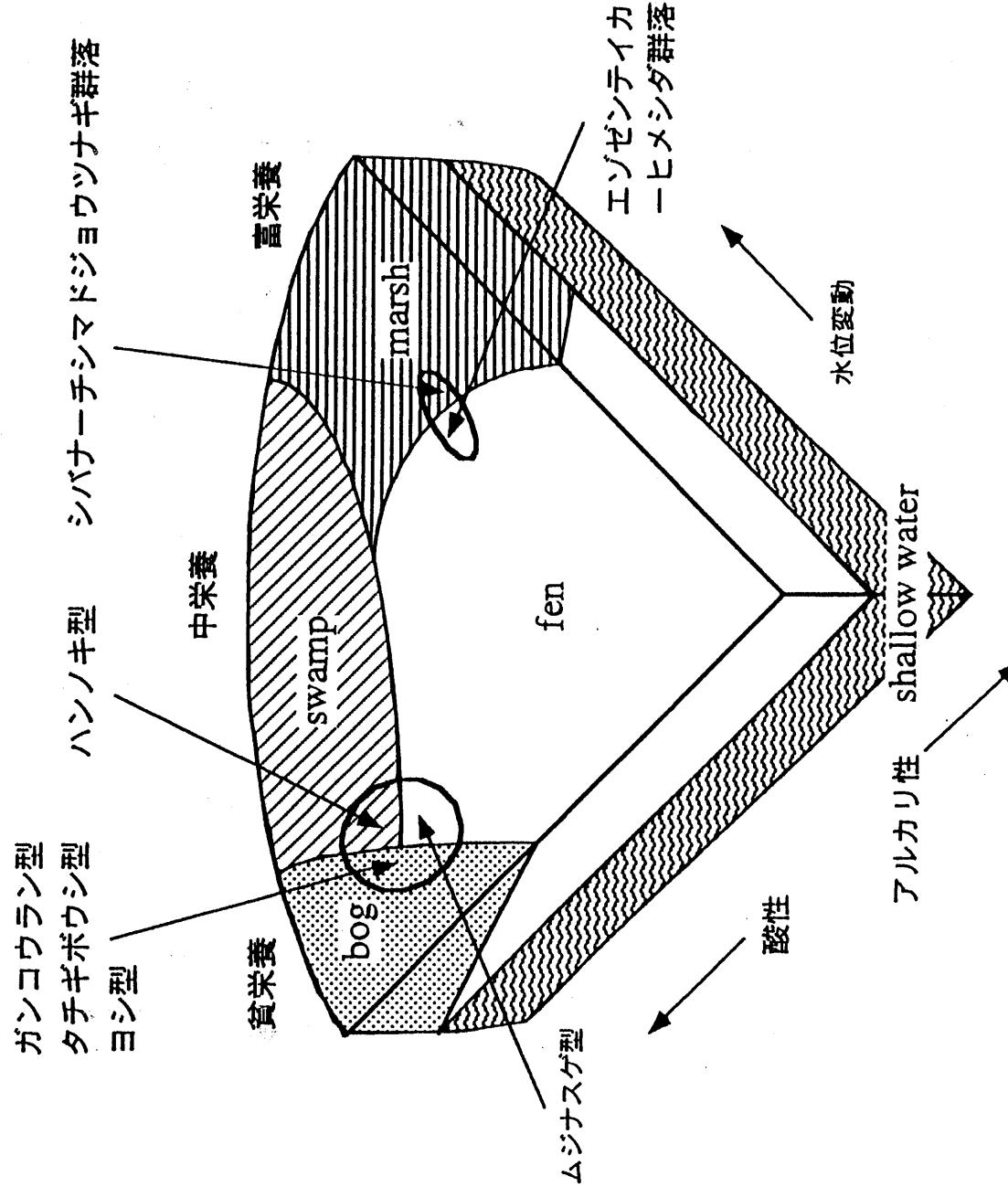


Fig. 8 カナダの湿原分類体系の模式図と、霧多布湿原の位置づけ。
垂直軸は水位の影響度を表わす。