

国立環境研究所特別研究報告

Report of Special Research from the National Institute for Environmental Studies, Japan

SR-22-'97

# 湿原の環境変動に伴う生物群集の変遷と生態系の 安定化維持機構に関する研究

Characteristics of Wetland Ecosystems and Their Resilience  
in the Face of Environmental Change

平成3～7年度  
FY 1991～1995

NIES



NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所

SR-22-'97

湿原の環境変動に伴う生物群集の変遷と生態系の  
安定化維持機構に関する研究

Characteristics of Wetland Ecosystems and Their Resilience  
in the Face of Environmental Change

平成3～7年度  
FY 1991～1995

環境庁 国立環境研究所

NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

特別研究「湿原の環境変動に伴う生物群集の変遷と生態系の安定化維持機構に関する研究」  
(期間 平成3～7年度)

特別研究責任者：森田昌敏  
特別研究幹事：岩熊敏夫  
報告書編集担当：岩熊敏夫・野原精一



釧路湿原のランドサットTM画像（10月）



釧路湿原の景観（9月）



赤井谷地湿原の空中写真（6月）



赤井谷地湿原の景観（6月）

口絵写真1 湿原の空中写真及び景観  
—調査を行った湿原—



宮床湿原の空中写真（6月）



宮床湿原の景観（6月）

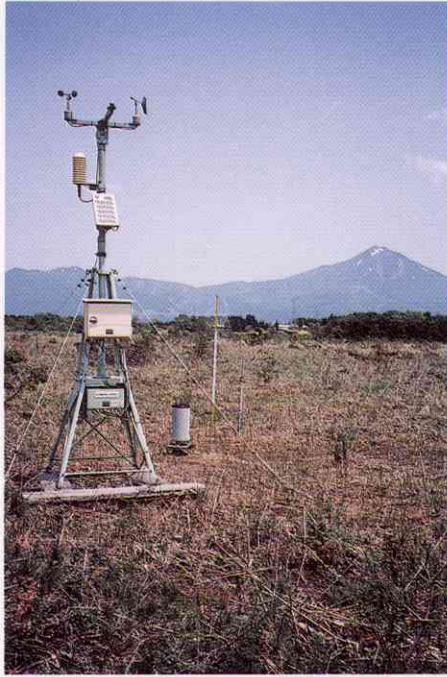


尾瀬ヶ原の空中写真（5月）



尾瀬ヶ原の景観（7月）

口絵写真2 湿原の空中写真及び景観  
—調査を行った湿原—



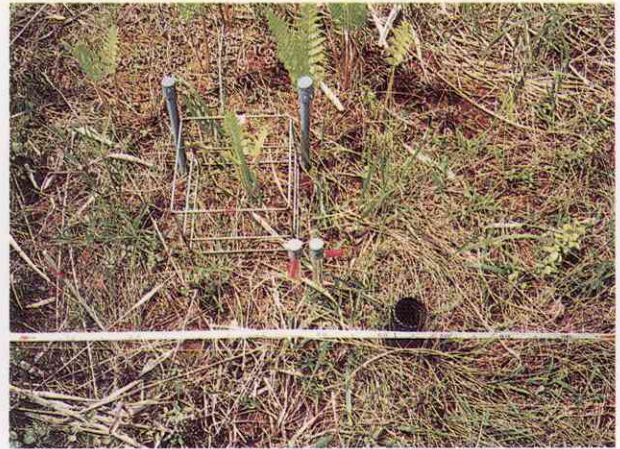
気象観測システム



航空機に取り付けたCASI



連続写真撮影装置



水位観井戸

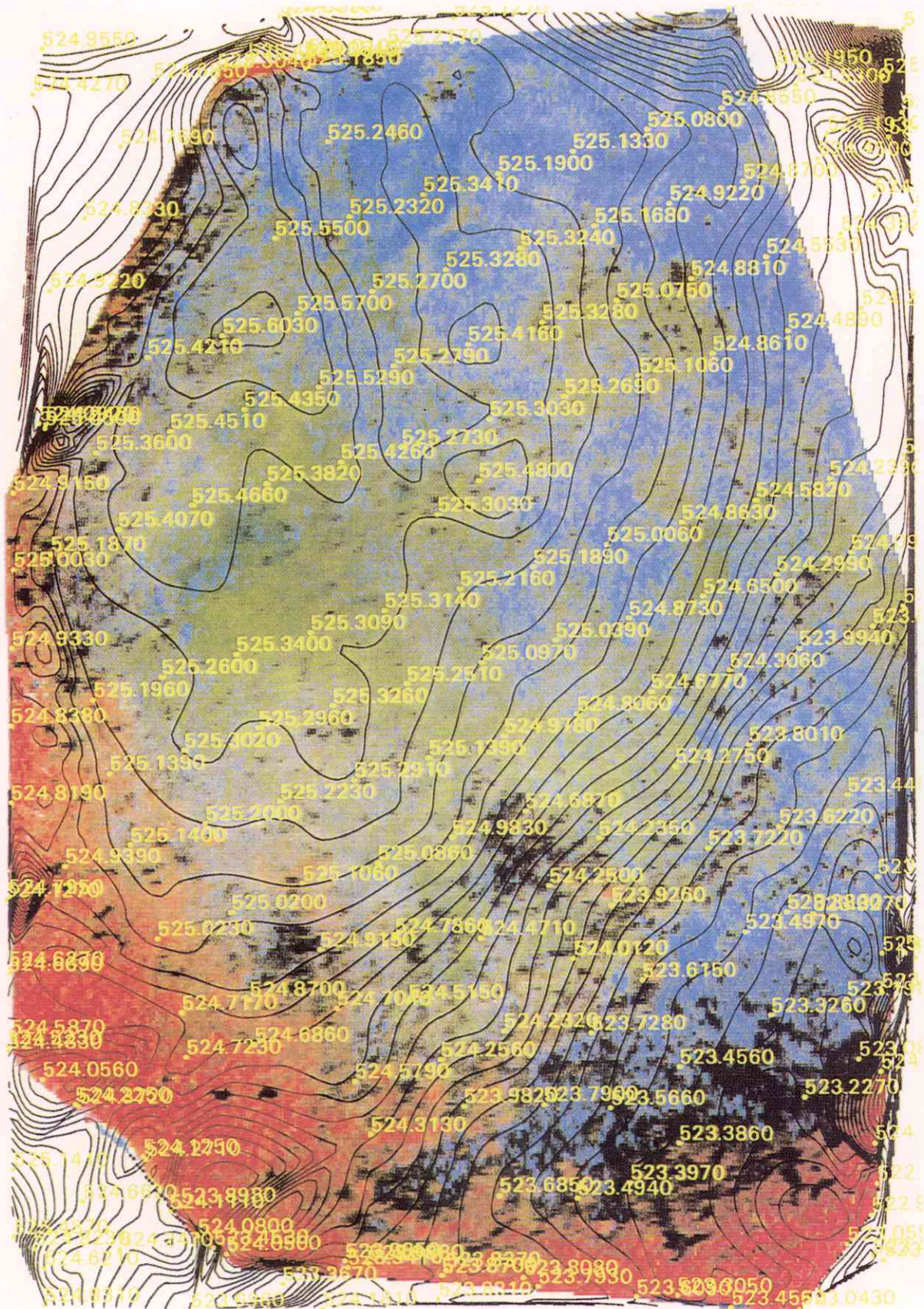


植生調査の方形区



泥炭に埋め込まれたろ紙

口絵写真3 湿原観測装置



口絵写真4 赤井谷地湿原のCASIフォールスカラー画像

## 序

本報告書は平成3年度から7年度にかけて実施した特別研究「湿原の環境変化に伴う生物群集の変遷と生態系の安定化維持機構に関する研究」を取りまとめたものである。

湿原・湿地は生物にとって多様な生息環境を提供していることはもとより、景観上、また保水などの環境保全機能の面からも重要な働きを行っている。釧路において平成5年の第5回ラムサール条約締約国会議が開催され、湿地の重要性が我が国で広く一般に認識されることとなった。この条約は主として水鳥の生息に重要な生息地の保全を目的としており、その目的にとって重要な湿地は沿岸部や河口域などの開発されやすい平坦部に属している。すでに国の天然記念物、鳥獣保護区になっていた釧路湿原は昭和55年、日本で初のラムサール条約登録湿地となった。釧路湿原が世界的にも貴重な生態系を持つ湿原であり、保護の必要性が高いことが国際的にも明らかにされたのである。本研究では主として衛星画像や水位計を用いて釧路湿原の解析を行った。

開発という人間活動と自然環境の保全との軋轢は早くから問題になっており、昭和40年代の尾瀬ヶ原における開発と保全の論議はそのさきがけであった。その尾瀬ヶ原で本研究グループも第三次総合学術調査の一翼を担い、池塘の生物相、水文環境、水質調査を実施した。また、先人の努力により天然記念物に指定されたが、赤井谷地湿原はそれだけでは十分に保全されていなかった。本研究では周囲の開発が長い間に保護地域に影響を与えていることをリモートセンシング技術や地形・水文環境の調査によって明らかにした。さらに、集水域が明瞭で開発されていない宮床湿原では独自に総合的な生物・環境調査を行い、湿原調査手法の開発を試みた。

この研究の中で、従来の湿原研究とは異なる視点から新しいアプローチがなされた。湿原の環境と生態系を理解する上で異なる4つの湿原（釧路湿原・赤井谷地湿原・宮床湿原・尾瀬ヶ原）で行われたケーススタディーを通して日本の湿原全体の理解と保全のための基盤構築が可能になると信じている。

終わりに、研究を推進する上で研究所外の多くの方々にご協力とご助言を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

平成9年3月

国立環境研究所  
所長 石井吉徳



## 目次

1	研究の目的と経緯	1
1.1	研究の目的	1
1.2	研究の構成	2
2	研究の成果	
2.1	調査湿原	3
2.1.1	宮床湿原の概要	3
2.1.2	赤井谷地湿原の概要	4
2.1.3	尾瀬ヶ原湿原の概要	6
2.1.4	釧路湿原の概要	7
2.2	湿原の変遷とそのモニタリング手法に関する研究	8
2.2.1	地下水位観測法の検討	8
2.2.2	連続写真撮影装置の利用による湿原環境及び植物季節の観測	10
2.2.3	航空機搭載スペクトルイメージャによる湿原の観測	15
2.3	湿原生態系の特性に関する研究	16
2.3.1	湿原の地下水の挙動	16
2.3.2	湿原の表流水	22
2.3.3	湿原の生態系構造	25
2.3.4	湿原生態系の機能	32
2.4	湿原生物群集の変動要因に関する研究	35
2.4.1	湿原の土壤水分環境と植生との関係	35
2.4.2	湿原の水生生物の分布特性と多様性	35
2.4.3	湿原植物の発芽・成長特性	37
2.4.4	湿原周辺の土地利用が湿原生態系に及ぼす影響	38
2.5	まとめ	39
	[資料]	
I	研究の組織と研究課題の構成	43
1	研究の組織	43
2	研究課題と担当者	43
II	研究成果発表一覧	45
1	誌上発表	45
2	口頭発表	50

# 1 研究の目的と経緯

## 1.1 研究の目的

湿原・湿地は多様な環境を形成し、多様な生物の生息の場を提供していることから、現在、その保全や生物的多様性の保全が国際的な関心事となってきた。1971年にイランのラムサールで、主に水鳥の生息場所として重要な湿地の国際的な保護を目指した条約が採択されて以来、湿地保全への世界的な関心が高まった。その湿地の概念は幅広く、淡水域、海域を問わずまた自然の湖沼も人工のダムや水田までも含む。日本におけるラムサール指定湿地のうち、釧路湿原や霧多布湿原は泥炭地とも呼ばれる独特の生態系を形成している。

湿原は植物遺体が泥炭化し堆積した天然のスポンジである。地学や農学の用語では泥炭地が用いられているが、本質的に湿原と同義である。湿原を表現する言葉は国により異なり、同じ語源の言葉が国によって異なる景観を表現していたため、混乱が見られていた。現在国際的には、湿原を水理条件でボグ (bog) とフェン (fen) に大きく分類することで合意が得られている。降水だけで涵養

される湿原をボグと呼び、より多量の栄養塩を含む地下水や表流水によっても涵養される湿原をフェンと呼び、この土壌水のpHは中性に近い。ボグの植生はミズゴケ類でフェンではスゲ類やヨシ等である。実際にはこれに湿原の発達過程、植生などを考慮して細分化が行われている。表1に湿原の分類法を整理して示した。

従来の我が国での湿原の分類は、植生に基づいていたため、高層・中間・低層湿原の境界はあいまいであった。ボグとフェンに対応する日本語の用語は未だ決められていないため、本報告書では便宜的にボグを「高層湿原」フェンを「低層湿原」と呼ぶこととする。なお従来用いられることのあった中間湿原という用語は、国際的に対応する語がないため、植生の表現以外には本書では用いないこととした。

世界の湿原面積は約3.4億haと見積もられている。北緯50度から70度の間に帯状に集中し、総湿原面積の80%を占めている。日本はこの帯状の湿原分布域の南限に位置している。湿原の形成は生命40億年の歴史の中ではごく

表1 湿地の分類 Mitsch & Gosselink (1993)<sup>1</sup>を改変

国名及び特性		湿地の分類			
従 来 の 分 類	カナダ <sup>2</sup>	Marsh (草本)	Swamp (木本)	Fen	Bog
	アメリカ	Marsh または Swamp (木本) または Fen			Bog
	ヨーロッパ	Swamp	Marsh	Fen	Bog
	ドイツ	Sumpf		Niedermoor	Hochmoor
日 本	沼沢	(低層湿原)	低層湿原	中間湿原	高層湿原
			低位泥炭地	中間泥炭地	高位泥炭地
	湿原または泥炭地				
特 性	植生 (優占種)	ヨシ	スゲ・草本		ミズゴケ
	水文	流水涵養性			降水涵養性
	涵養条件	鉱物質栄養性			降水栄養性
	土壌	鉱物		泥炭	
	pH	ほぼ中性			酸性
	富栄養段階	富栄養	中栄養		貧栄養
Gore (1983) 案 <sup>3</sup>				Fen (フェン)	Bog (ボグ)
		Mire (湿原) または Peatland (泥炭地)			

<sup>1</sup>Mitsch, W. J. and J. G. Gosselink (1993): *Wetlands*, 2nd edn. Van Nostrand Reinhold, New York.

<sup>2</sup>Zoltai, S. C. and F. C. Pollett (1983): *Wetlands in Canada: their classification, distribution, and use*.

In: A. J. P. Gore (ed.) *Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor-Regional Studies*, pp. 245-268, Elsevier, Amsterdam.

<sup>3</sup>Gore, A. J. P. (1983): Introduction. In: A. J. P. Gore (ed.) *Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor-General Studies*, pp. 1-34, Elsevier, Amsterdam.

最近の出来事である。北欧や北米では最終氷河期が終わり氷河の後退し始めた1万年から1万2千年前、日本では尾瀬ヶ原で9千年前に始まったといわれている。泥炭が多量に堆積したのは数千年前から2千年前にかけての間で、この時期には世界の湿原面積が拡大した。

その後の人間活動による湿原の消滅は著しく速く、ヨーロッパでは中世以後開発が進み、農地や都市に転換された。現在各国が湿地保全に力を入れる背景には、多くの国ではつい最近まで、また現在も、埋立てや水抜きにより「無用な」湿地を「有用な土地」に転換してきていることがあげられる。湿原は、かつては農地や宅地等の有用地に転換することが急務であった不毛の地であり、明治以後の我が国の北海道開拓の歴史は、湿原または泥炭地の開墾の歴史でもあった。ここでは約20万haの湿原の62%が20年前までに農地化または都市化により消失している。しかし古くから人々の住み着いた本州、四国、九州については、失われた湿原面積を推定することすら難しい。今や湿原は保全上最優先すべき生態系となっている。しかし一方で、保全すべき湿原生態系の特性が十分に明らかにされていないという大きな問題がある。この特性を把握し、湿原環境の変化を監視し、それに伴う生物群集の変動を早期に検知する手法を開発し、湿原の保全に資する知見を早急に提供することが必要とされている。

国立環境研究所では平成3年度から平成7年度にかけて、「湿原の環境変化に伴う生物群集の変遷と生態系の安定化維持機構に関する研究」を実施した。本特別研究では、湿原の生態系の現場調査手法の開発と空中写真等の活用により、過去から現在までの湿原の変遷の実態解明を行いつつ、生態学的手法を用いて湿原生態系の特性と生物群集の変動特性を把握することにより、湿原生態系の安定化維持機構を明らかにすることを目的としている。

## 1.2 研究の構成

本研究は以下の3つのサブテーマより構成されたが、各テーマごとの研究概要を示す。

### (1) 湿原の変遷とそのモニタリングに関する研究

湿原土壌・生物の採取方法、測定項目等、湿原生態系の調査方法を検討した。宮床湿原、赤井谷地湿原では自動撮影装置による湿原景観の変化、植物のフェノロジー、積雪・水位の変動等の調査を行った。

宮床湿原や赤井谷地湿原では湿原全域の空中写真等に

より湿原植生を把握し、赤井谷地湿原やより面積の大きな釧路湿原では航空機搭載スペクトルイメージャによるデータ・衛星データ等による植物群落の区分を行い地上における調査と対応させた。また航空機、衛星データによる土壌水分観測法の検討を行った。湿原の立地・成因別に現況を整理し、湿原とその環境の比較的短期間における(数十年)変遷を把握した。また土壌の柱状試料を採取し生物遺骸等から長年月の湿原の変遷の把握を行った。

### (2) 湿原生態系の特性に関する研究

宮床湿原、赤井谷地湿原における気象・地下水位等の環境要因の連続測定を行った。宮床湿原では細菌、藻類、無脊椎動物等の個体数・現存量と食物連鎖関係を調査した。植生調査を行い湿原の生物群集構造を明らかにした。尾瀬ヶ原の中田代では、地下水位、池澗水位・水温、土壌温度の連続測定を行い、物理環境と植生の対応関係を調べた。湿原の生物群集構造を明らかにし、宮床湿原では湿原生態系における有機物の分解を調べた。生物生産量と分解量及び水収支・水質収支から、湿原内の物質循環と生態系の機能について検討を加えた。

### (3) 湿原生物群集の変動要因に関する研究

この課題では、開発等による水系及び湿原生態系の変化を様々なレベルで比較した。これらの環境変化に対する生物の適応性を明らかにした。

尾瀬ヶ原では池澗の生態系の比較調査を継続した。また地形と植生、水分環境の対応関係を調べた。赤井谷地湿原では周辺の土地利用が湿原生態系に及ぼす影響を調べ開発等による水系及び湿原生態系の変遷を検討した。

## 謝 辞

この特別研究において調査した湿原はすべて保全の対象地域である。調査の遂行にはそれぞれの湿原の保全を担当する以下の機関の了解と協力を得たことを記し、感謝する次第である。文化庁天然記念物課、環境庁自然保護局国立公園課、環境庁東北北海道地区国立公園・野生生物事務所、同北関東地区国立公園・野生生物事務所、福島県教育庁文化課、福島県環境保全課、会津若松市教育委員会、若松営林署、福島県南会津行政事務所、福島県田島林業事務所、南郷村役場企画観光課、新潟県環境保全課、新潟県教育庁文化課、群馬県自然環境課、群馬県教育委員会文化財保護部(順不同)。

## 2 研究の成果

### 2.1 調査湿原

現地調査は福島県の宮床湿原（海拔約830m、面積6.5ha）、赤井谷地湿原（海拔約525m、面積43.6ha）、福島・群馬・新潟の3県にまたがる尾瀬ヶ原（海拔約1400m、面積760ha）及び北海道の釧路湿原（海拔1.5～8m、面積18290ha）で調査を行った（図1、表2）。宮床湿原、赤井谷地、尾瀬ヶ原では地形を把握するために現地測量

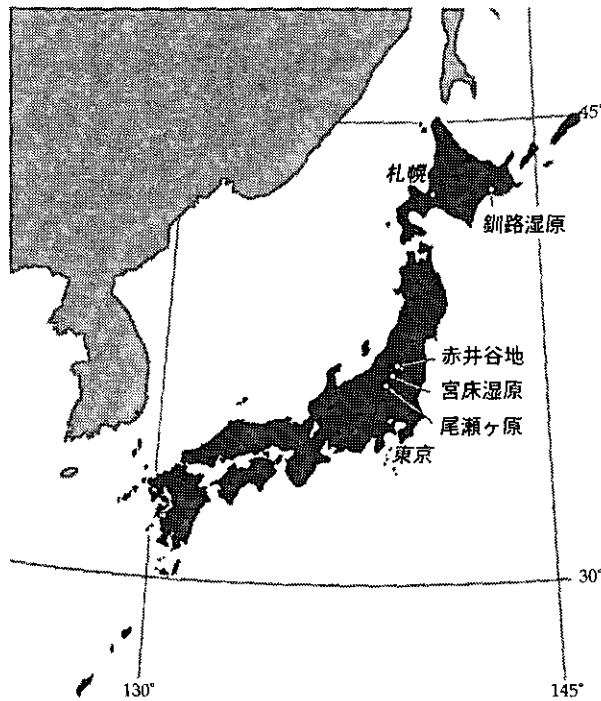


図1 調査した湿原の位置

を行った。以下に各湿原の概要を紹介する。

#### 2.1.1 宮床湿原の概要

福島県の南会津地方には標高600mから1100mには面積数haから数十haの湿原が点在している。本調査の対象となった宮床湿原（南会津郡南郷村、北緯37°14'48″、東経139°34'6″）は、只見川水系の鹿水（かなみず）川支流の谷頭部、標高約830mに発達した面積6.5haの湿原である。伝上山（標高999.5m）とその南側の山（標高904m）に挟まれた地域を集水域とし、集水域と湿原を合わせた面積は約54.1haである（図2）。

集水域の斜面にはブナ、ミズナラ、コナラなどが優占する夏緑広葉樹林が発達している。これらはいずれも人為的影響を受けている。湿原には草本やミズゴケ類を主体とする植生が発達している。この湿原は北西から南東の方向の約400m、北東から南西に向けて約170mの長円形で、北から南に向かって高低差2.5mの下り斜面となっている。

湿原周縁からは、湧水を起源とする水路が3本流入している（水路A、B、D）。このうち小清水湧水を起源とする水路Aは、江戸時代に水田灌漑の目的で人為的に掘削されたもので、等高線にはほぼ平行して湿原の北西側を横切っている。水路Bは、同じく小清水湧水付近を出発点とし、斜面を南に下りながら湿原を横断し、さらに湿原の縁を回って最終的に水路Dの出口に合流する。一方、

表2 調査した湿原の比較

	緯度 経度	海拔高度 (m)	湿原面積 (ha)	集水域面積 (ha)	分類
釧路湿原	43°05'N～43°17'N 144°22'E～144°37'E	1.5～8	18290	251000	低層湿原 Fen
赤井谷地湿原	37°30'36"N 140°0'30"E	525	43.6	1817	高層湿原 Bog
宮床湿原	37°14'48"N 139°34'6"E	830	6.5	54.1	高層・中間湿原 Bog
尾瀬ヶ原	36°73'N～36°86'N 139°11'E～139°16'E	1400	760	8336	高層湿原 Bog

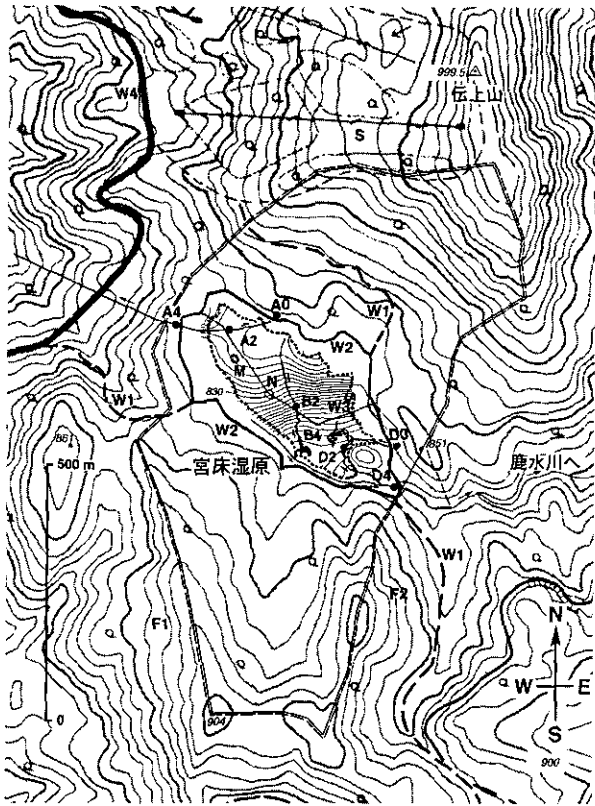


図2 宮床湿原地形図

1:25000地形図(会津山口及び和泉田, 国土地理院, 1990)に1991年に行った湿原内の測量結果を合成したもの。M: 気象観測装置; A0, A2, A4, B2, B4, C2, D0, D2, D4: 水質及び生物調査地点。一: 分水境界; 一: 遊歩道 W2; 一: 湿原境界。

大清水湧水を起源とする水路Dは、水量が多く、標高の低い湿原の南東部を灌養し、池澇を形成し、湿原南から流出し鹿水川に合流する。これとは別に、湿原東南部の斜面には大小の池澇群があり(図3)、融雪時や降水時には連続したもう1本の水路(水路C)となり、これも水路Dに合流する。

降雪は11月から4月の間みられ、1月から3月の間は湿原全面が雪に覆われる。

宮床湿原は1975年2月福島県により、湿原を含む8haを特別地区として、集水域の46.10haを普通地区として、自然環境保全地域に指定された(図2の実線で囲った範囲)。この地域には、宮床から登り湿原の北を通り鹿水川に至る登山道と、湿原の北で、この道から分かれて伝上山頂を通り界に下る登山道(図2:W1)が古くから整備されていたようで、1947年の写真に明瞭に認められる。湿原の外周を回る遊歩道は1976年に整備されている(図2:W2)。また湿原中央には1979年に敷設された幅40cm

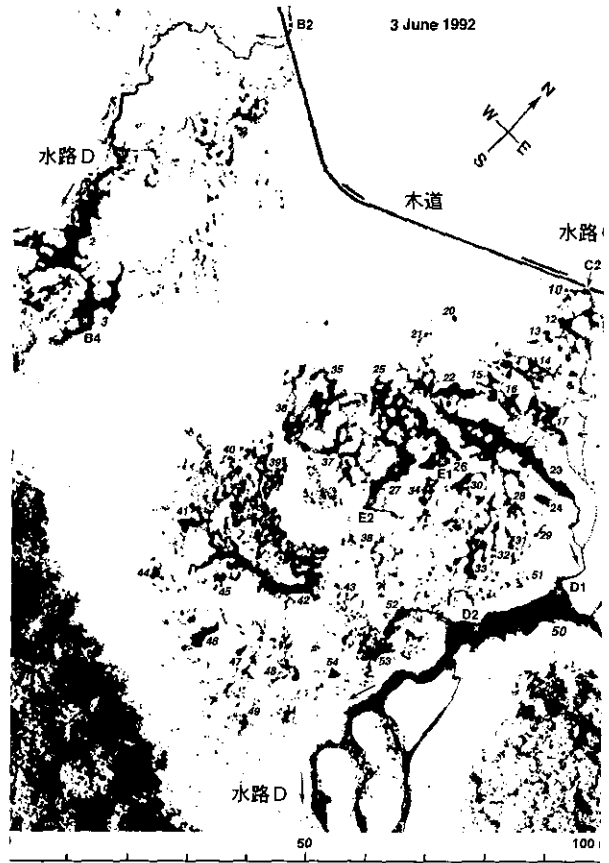


図3 宮床湿原の池澇の分布

空中写真(1992年6月3日撮影)に基づき作成。イタリック数字は池澇番号。

の木道が縦貫している(図2:W3)。このように自然環境保全地域への指定とともに、湿原とその集水域には環境の変化が見られている。

一方、1975年から1980年にかけてに集水域の外側では、宮床から湿原東150mの海拔770mを通り界に抜ける林道宮床界線(図2:W4)の延長・舗装と伝上山西から北西斜面の南郷スキー場(図2:S)の開発・整備が行われた。後者では牧草類の播種と定期的な刈払いが行われている。そして場所によっては融雪時等のエロージョンにより牧草類が定着せず、ススキ群落となっている。

### 2.1.2 赤井谷地湿原の概要

赤井谷地(北緯 $37^{\circ}30'36''$ , 東経 $140^{\circ}0'30''$ )は猪苗代湖の北西岸近くの赤井川の流域の表高約525mの地域に、南北約900m, 東西約700mの楕円形に広がる面積43.56ha, 集水域1817haの湿原である。西に大窪山(標高611.1m)北及び北東には丘陵が面しているが、湿原周囲には水田が開墾されている(図4)。



図4 赤井谷地及びその周辺地域における表流水  
1:2500 会津都市計画図(会津若松市, 1991)を加筆修正。

1994年に行った地形測量の結果から、赤井谷地は最高地点が湿原北西に偏り、全体として北西から南東に向かう高低差約2.5mの傾斜したドーム型の湿原であることが分かった。これは基盤の地形を反映しているものと考えられる(図5)。

湿原内には地形傾斜に沿った水の流れが、湿原周囲には側溝が、そして周辺の農地には水路が入り組んでいる。降雪は11月から3月の間みられ、1月から3月の間は湿原全面が雪に覆われる。

赤井谷地は北方系の植物相を持つことから、1928年3月に『赤井谷地沼野植物群落』として天然記念物に指定された。しかしその後も周辺の開発は続き、湿原西側の新四郎堀の整備と北部の溜池の設置、戦後は1947年の鶴ノ浦用水路の設置、1971年の湿原西端の側溝の設置が行われる、など水理環境は大きく変化した。この湿原が、かつて大窪山裾野の東斜面に形成され、水田の開墾と新四郎堀の掘削が、現在見られるところの大窪山と分離された湿原形状をもたらしたと考えることができる。

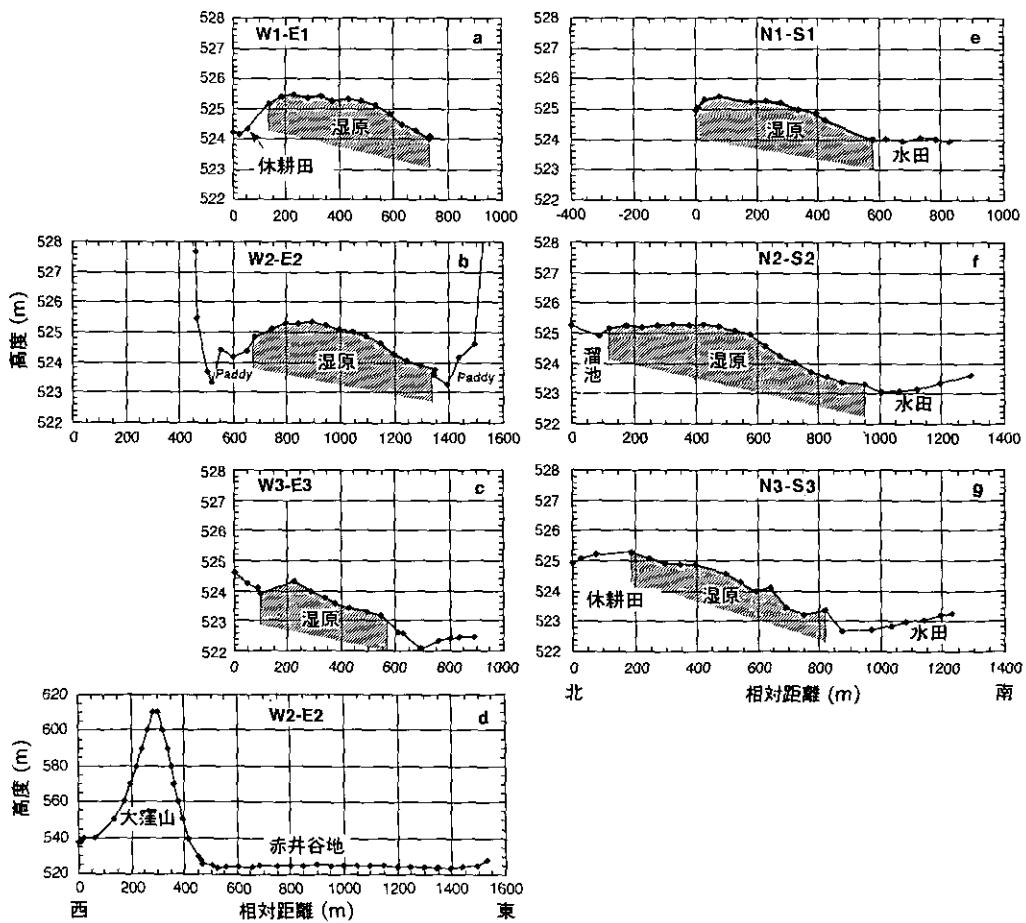


図5 赤井谷地地形断面図

### 2.1.3 尾瀬ヶ原湿原の概要

尾瀬ヶ原（北緯36°73′～36°86′，東経139°11′～139°16′）は日本海に注ぐ只見川の源流部の小盆地に形成された本州最大の湿原である（図6）。東側に燧ヶ岳火山（2346m）、北側に景鶴山（2001m）、南側をアヤマメ平（1969m）、西側を至仏山（2228m）に囲まれた、長径6km、幅2km、樺水林を含めて面積760haあり、湿原の高度は海拔1400m、集水域は8336haである。尾瀬ヶ原は湿原植物が豊富であり、氷期の遺存種を多く産して植物学的に貴重であり、湿原に特有な各種の微地形が発達している点からも他に類を見ない貴重な存在である。また、指紋状パターンの発達した泥炭地として最も赤道よりに位置し世界的に貴重な自然であることなどから、1960年尾瀬ヶ原は国の特別天然記念物に指定された。

尾瀬ヶ原は川が作った平野の後背湿地から9000年前頃

から発生し始めた泥炭地である。景鶴山に連なる大白沢山、ススケ峰、八海山周辺の水を集めた猫又川は山の鼻の東で川上川と合流しヨッピー川となり、アヤマメ平のある山体から半島のように尾瀬ヶ原に突き出た牛首で上ノ大堀川を、少し下で下ノ大堀川を、さらに下流で尾瀬沼から流れ出した沼尻川を合わせ、只見川となる。尾瀬ヶ原は牛首と沼尻川を境にして西から上田代、中田代、下田代と呼ばれており、下田代に接する尾瀬ヶ原最北部を赤田代と呼ぶ。ヨッピー川・只見川の北にはヨシッポリ田代、泉水田代、背中アプリ田代の三つの独立した田代があり、上ノ大堀川の南に広窪田代があり、これらの田代が尾瀬ヶ原を構成している。

尾瀬ヶ原の地表の起伏は泥炭層の基盤の起伏を反映しており、その特性は多雪・豪雪の所産である。北欧・カナダに見られる指紋状パターンや1500以上ある池塘など

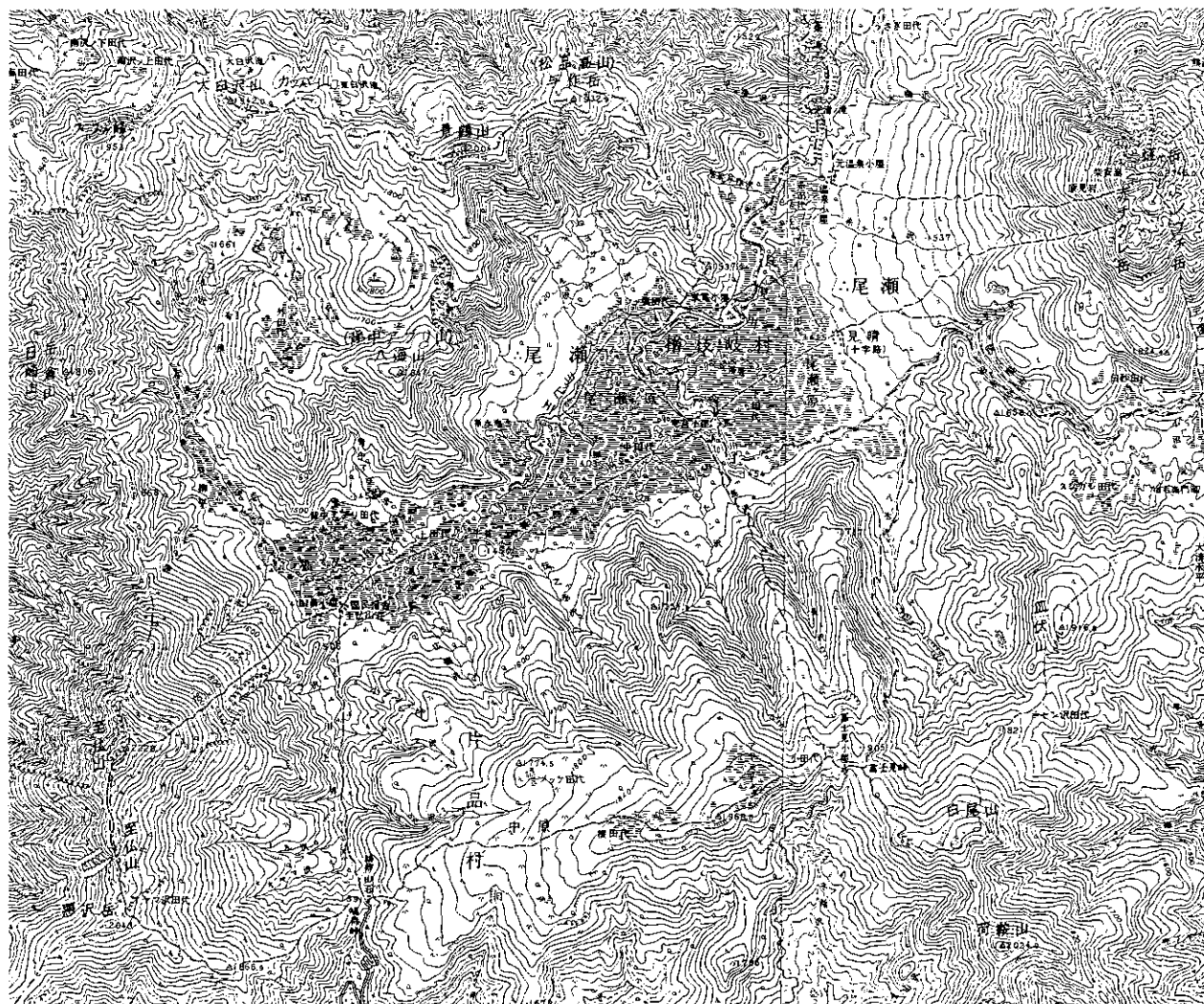


図6 尾瀬ヶ原  
1:25000地形図（国土地理院）による。

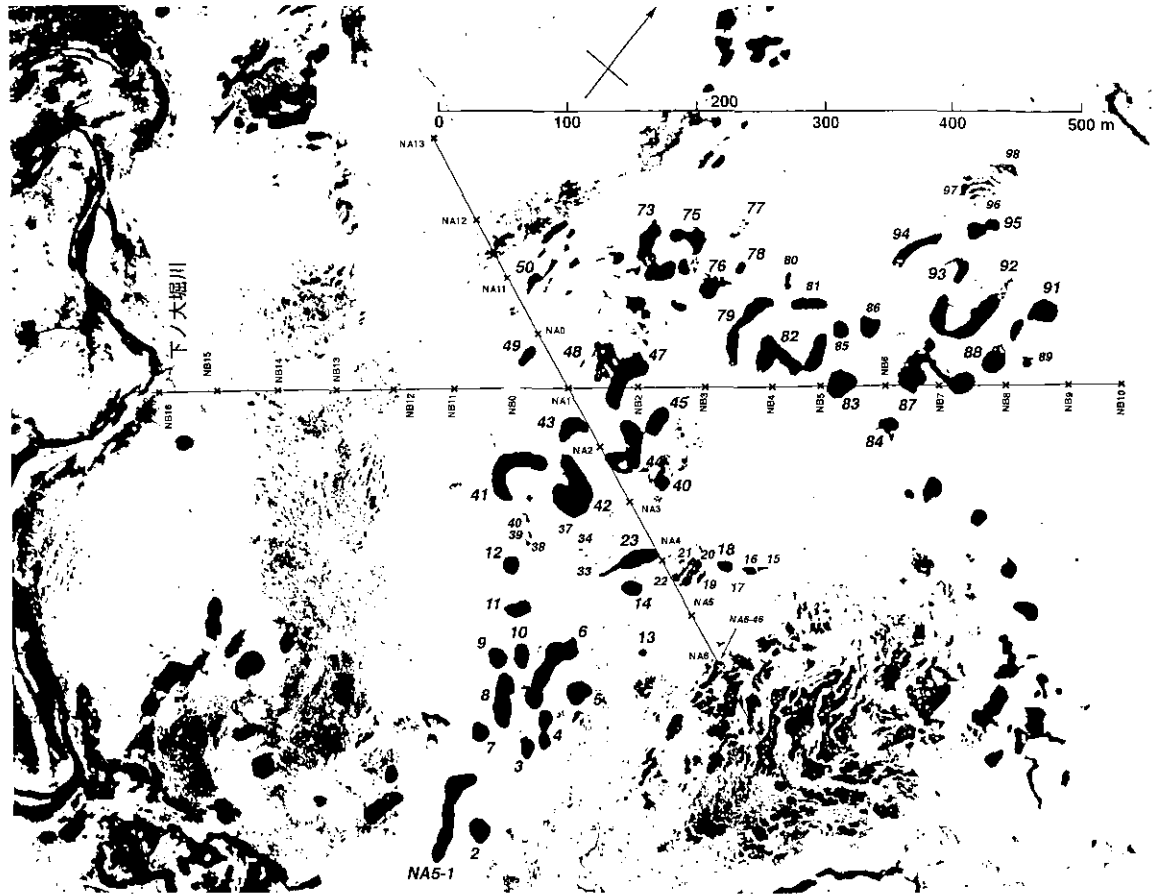


図7 尾瀬ヶ原中田代湿原における池澁の分布と観測井戸の配置  
 西北西-東南東方向のライトランセクトNAに沿って約50m間隔の10地点、北東-南西方向のライトランセクトNBに沿って約50m間隔の17地点に観測井戸を設置。NA1とNB1は共通。イタリック数字は池澁番号。

の微地形が特徴的である（図7）。最も深い池澁は中田代のドーム状の高まりにあり330cmの深さがある。深さ100～150cmの池澁が最も多く、次いで50～100cmの池澁が多い。

#### 2.1.4 釧路湿原の概要

釧路市の北に位置する釧路湿原（北緯43°05′～43°17′，東経144°22′～144°37′）は、釧路川とその支流の及び阿寒川の流域に形成された湿原で東西約13km，南北約18km，面積18290haの日本で最大の湿原である（図8）。湿原北部では北から南に向かって，湿原南部では北西から南東に向かってゆるやかに傾斜している。屈斜路湖を源流とする釧路川（全長121km，流域面積251000ha）は釧路湿原を涵養する最大の河川で，湿原東に12の支流，湿原西に3つの海跡湖（シラルトロ湖，塘路湖，達古武湖）を含む4つの支流を持つ。湿原のほとんどは低層湿原（フェン）であるが，温根内川と大島川に挟まれた湿原東部の地域には高層湿原植生がみられる。

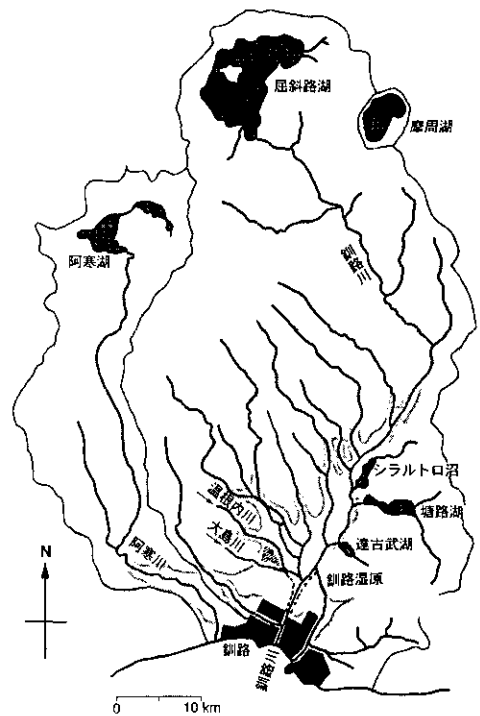


図8 釧路湿原とその流域



釧路地方気象台（北緯42°58'30"，東経144°23'30"）における1961年から1990年までの30年間の平均の年平均気温は5.7℃，1月の平均気温は-6.1℃，8月の平均気温は17.8℃，年間降水量は1043mmである。釧路地方の気象の特色は，霧日の多いことで，年間116日，6月から9月までの4カ月間で68日にのぼる。また降雪量も少なく，積雪深が0～10cmの日数は48日，10cm以上の日数は46日で北海道西部や福島県の湿原に比べてはるかに積雪量が少ない。

釧路湿原は1952年にその5011haが天然記念物に指定され，1987年には湿原を含む26861haの面積の地域が国立公園に指定された。広大な集水域は農地として利用されている。

## 2.2 湿原の変遷とそのモニタリング手法に関する研究

### 2.2.1 地下水位観測法の検討

#### (1) 観測井戸の特性と土壤水分との関連

尾瀬ヶ原の中田代で，湿原中央の標高最高（1399.4m）地点を交差する2本の測線（測線A：西北西-東南東方向500m；及び測線B：北東-南西方向800m）を設け，これに沿った約50m間隔の調査地点，合計26地点に観測井戸を設置し，地下水位の変動を観測し，植生，土壤水分，深度方向の地温分布及びこれらの物理環境の季節変動を調査した。また光波測量器を用いて各調査地点を含む中田代の測量を行った（図7）。

内径13mmの塩化ビニル管を，泥炭中10cm，20cm，30cm，45cm，50cm，80cmの6段階の深さに差し込み，ピエゾメータ方式で地下水位を観測した。10，20，30cm深さの井戸と45，50，80cm深さの井戸では地下水位の挙動が異なり，30cmまでの深さでは地下水面に到達していないことが多く，地下水位の測定には50cmまたは80cmの井戸が適していることが示された（図9）。

尾瀬ヶ原中田代の同じライントランセクトに沿って，time domain reflectometry（TDR）法プローブにより，土壤表層から16cmまでの平均的な含水率を測定した。高層湿原（ボグ）の植生であるヤチカワスゲ-キダチミズゴケ群集の土壤表層の含水率はおおむね75～100%，低層湿原（フェン）の植生であるヌマガヤイボミズゴケ群集ミカヅキグサ垂群集の土壤表層の含水率はおおむね68～100%であった。池澁の廻りにはヤマドリゼンマイの群落が断続的に帯状に分布しているが，その群落内では土壤水分含水率は30～50%と低くなった。この含水率は，

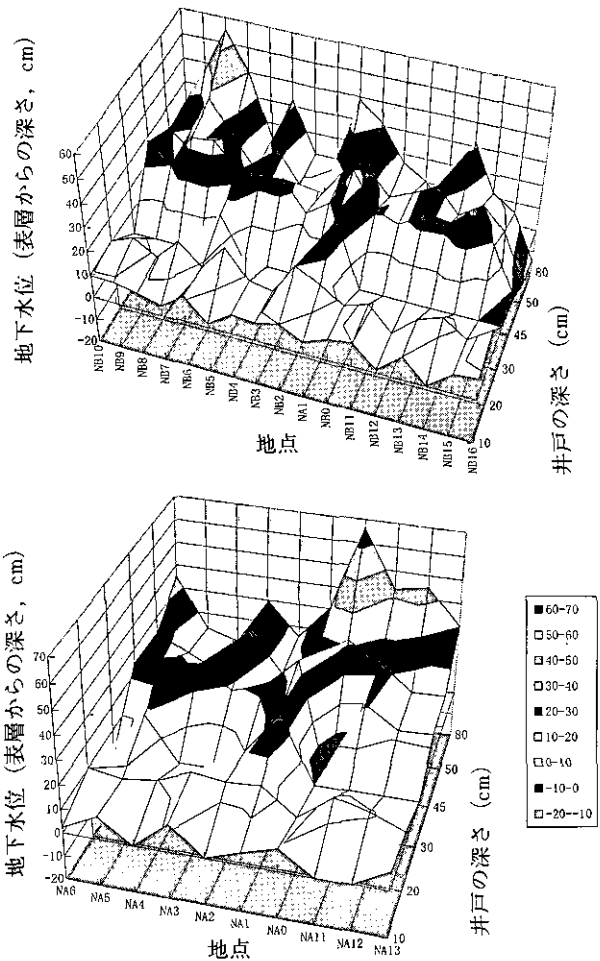


図9 尾瀬ヶ原中田代湿原における観測井戸（ピエゾメータ）の地下水位（1994年10月17日）  
ピエゾメータは，10cm，20cm，30cm，45cm，50cm，80cmの6深度。上段：ライントランセクトNB；下段：ライントランセクトNA

それぞれの地点では季節変動が少なく，比較的安定していたが，傾斜地のヤチカワスゲ-キダチミズゴケ群落では季節変動が見られ，また値も80～100%とやや高くなっていた（図10）。この水分は45，50，80cm深さのピエゾメータの地下水位に対応して増減している傾向が見られた。

#### (2) 観測井戸の特性と土壤水分との関連-宮床湿原

ミズゴケ泥炭地でのモニタリング手法，特に観測井戸の持つ意味を検討するため調査を行った。宮床湿原には中央を小さな水路（図2，水路B）が通り，東側にはヨシが生育し西側にはほとんど生育が見られない（図11）。湿原周囲にはハイイヌツゲの低木を中心とする低木帯が存在する。そこで標高はほぼ同じで植生を異にするように，湿原を東西方向（短軸）に横切る185mの調査線上の

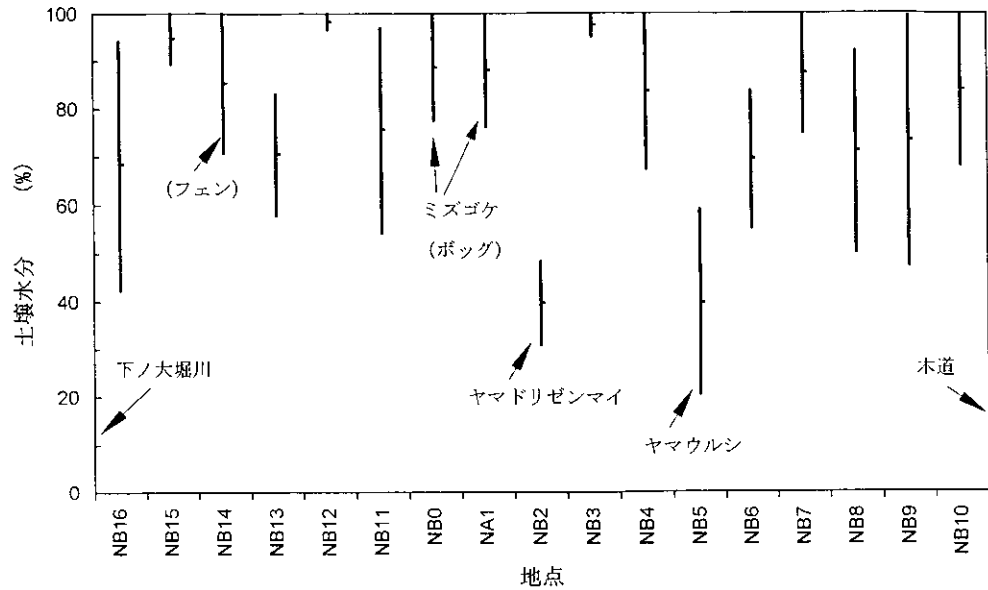


図10 尾瀬ヶ原中田代湿原のライントランセクトNAにおける土壤水分分布  
(1994年9月16日)  
TDR 土壤水分センサーによる5回の測定 of 最大・最小・平均値を示す。

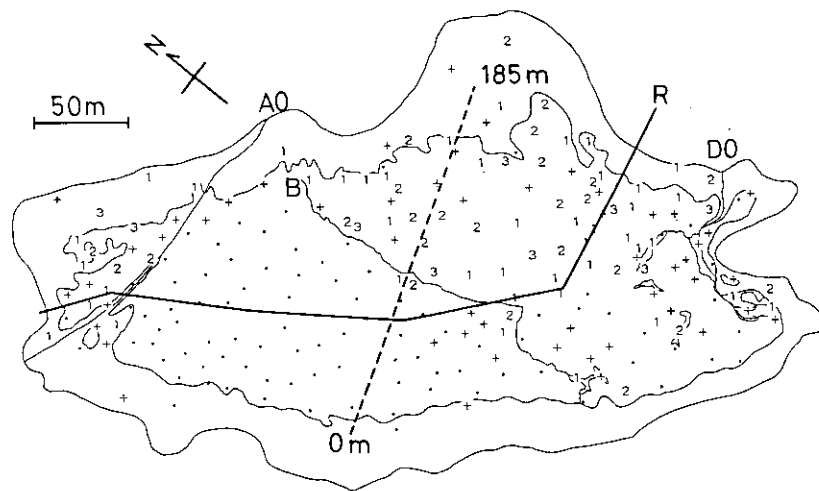


図11 宮床湿原におけるヨシの分布とライントランセクト  
数字は優占度を示す。A0, D0は湧水を示し, Bは中央を流れる水路を示す。  
Rは木道, 破線はライントランセクトを示す。

10mごとに調査地点を設定し, 地下水位と土壤水分を測定した。

一般に下方が開いているかまたは一定の位置に開口部をもった管のことをピエゾメータと呼び, そのような管の中の水位は開口部によって土壤水と連絡している場所の水圧を示す。一方穴のたくさん開いた管(ここではピットホールと呼ぶ)での水位の測定は水位の平均値を与え, ピエゾメータの測定値と比較はできない。その中の水位を以前に地下水位と呼んで多くの研究者に用いられてき

たが, 地下水が静止しているときにだけ地下水面と一致する。

50, 100cm深のピエゾメータ, 50cm深のピットホール, 10cm, 30cm深さの土壤水分センサーを設置した。5月, 6月, 8月及び9月に各地点でピエゾメータ水位, ピットホール水位, 土壤水分, 表層間隙水のpH, ピットホールにおけるpH・溶存酸素濃度・水温等を測定した。また同調査線上の精密な植生調査を行った。

ピットホール設置直後の水位上昇が東側の地点では速

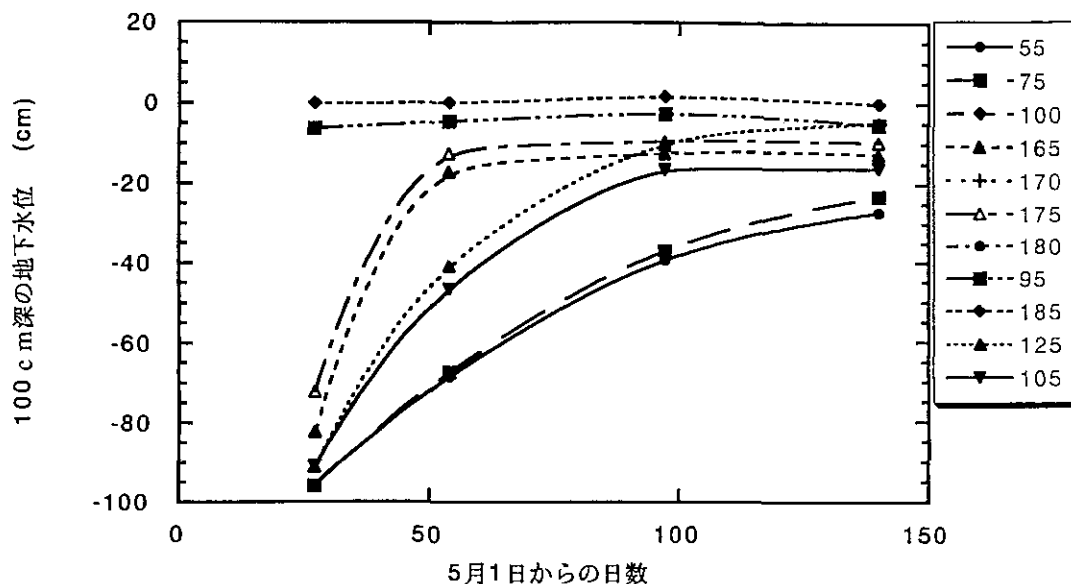


図12 宮床湿原における観測井戸（ピエゾメータ）の地下水位の変化  
凡例の数字はライトランセクトの位置（m）を示す。

やかであったが西側では遅かった。ピエゾメータの水位の上昇の仕方に4つのパターンが見られた（図12）。水路に近い地点ではほぼ一定の高水位を示し、透水係数が大きい。緩慢な水位上昇を示したのは湿原中央から西側に多く、透水係数が小さいことを表していた。中央の水路近傍の地点と東側ブッシュ内で、50cmピエゾメータ水位より100cmピエゾメータの方が水位が高かったことが一時期あり上向きの流れが観測されたが、それ以外は鉛直下向きであった。土壌水分は水路を除く中央部で少なく、西側のブッシュ付近や東側150m付近で少なかった。土壌水分とピエゾメータ水位の相関は設置当初には良くなかったが、9月には相関が良くなった。ピットホール水位は土壌水分と設置当初から相関が良く、土壌水分の簡易測定としてはピットホールの方が良いことが分かった。5～9月のピットホール水温は13～22℃で中央部が比較的高く、表面地温に比べ低かった。ピットホールのpHは4.2～6.1で地点による違いが大きかった。それに対し、ポーラスカップで採取した表層約10cmの土壌間隙水のpHは5～6.1で場所による違いが小さく、ピットホールpHよりもより中性に近かった。間隙水を採取する深さでpHが異なると考えられ、pH環境のモニターには採取する深さが重要であると考えられた（図13）。

### 2.2.2 連続写真撮影装置の利用による湿原環境及び植物季節の観測

湿原の保全のためにはその地域の事情にあった個々の

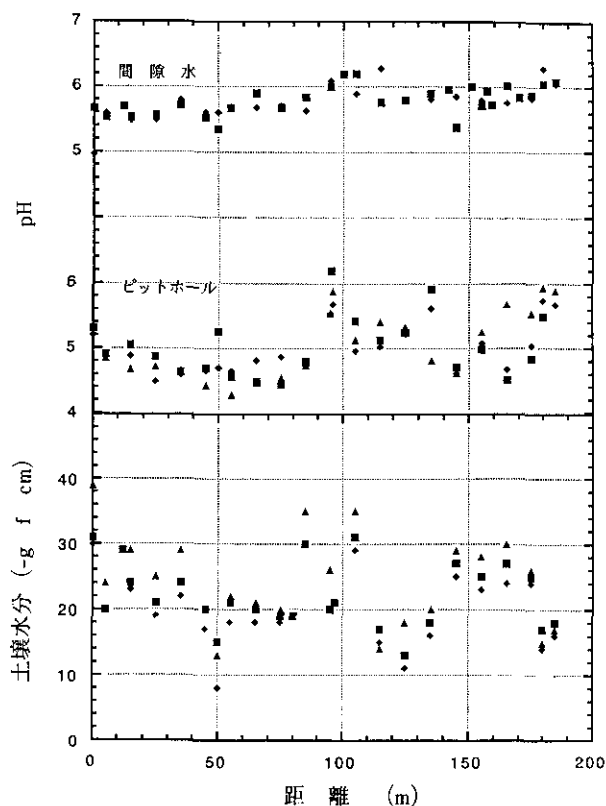


図13 宮床湿原における間隙水とピットホールのpHと土壌水分の分布  
6月（■）、8月（◆）、9月（▲）

湿原の保全対策を考え実行しなくてはならない。これまで保全地域として指定するのに一時的な植生調査が行われてきた。植物の被度で植生を評価するため、地上に現れる期間の短い生活史を持つ植物（たとえば春植物）は時期を逃すと被度が小さく評価される恐れがある。そのため湿原の植生を十分理解するには季節を通じた継続的な調査が必要である。さらに度々足を踏みいれては調査自体が自然破壊につながる弱い湿原や遠い山岳地域にある湿原を連続的に観察する簡易な調査方法も必要になってきた。これまで長期的な観察の重要性から、広範囲でのフェノロジーの研究は航空機や衛星を使ったりリモートセンシング法では成果を上げてきているが、自然環境下での地上の生物季節の近接リモートセンシングはこれまで十分研究されてきていない。そこで一般のカメラを用いて近接で高頻度に環境や生物の変化を観察し、野外の多様な生物季節現象を解析するための簡易方法を検討するために調査を行った。時間軸として様々な時間レベルが考えられるが、人が普通に認識でき、調査の行える月単位、日単位、分単位の植物現象を対象にした。

#### (1) 池澁の植物の個体数と水位の季節変動の記録

湿原南部の池澁（池澁3、水深約20cm、最大幅約3m、長さ約15m）に水位標を固定した。自作の塩化ビニル製ケースを約150cmの高さに固定し、その中にカメラを設置した（図14）。1日1枚の頻度でハーフサイズカメラ（サムライ、京セラ）のインターバル機能を利用して連続写真を1991年5月末から1992年10月まで撮った。約2カ月ごとに市販の35mmカラーフィルムを交換した。プリントした写真からヒツジグサ（*Nymphaea tetragona*）の花の数、



図14 連続撮影システム  
池澁の水位標と塩ビ製ケースと三脚。ケースの中のハーフカメラでインターバル撮影を行う。

ヨシ（*Phragmites australis*）の茎の数、ミツガシワ（*Menyanthes trifoliata*）の開花の個体数・種子を持つ個体数を計測した。

1日に1枚の撮影頻度で撮った写真データ（図15）から読みとって、池澁の植物の個体数の季節変化（図16）と水位の変化を得た。ミツガシワは5月下旬から葉を展開し、花期は約20日で40日程度で種子になり落下することが観察された。開花個体数は1992年より1991年の方がやや多かった。種子はしばらく水面に浮いて存在した。秋になる前に葉は枯死して、ミツガシワの優占する池澁からヒツジグサの優占に変化した。ヒツジグサはミツガシワに遅れて葉を展開し、花期は6月下旬から約50日と長いことが明らかになった。開花開始時期は1991年の方が約10日ほど早かった。一つの花の開花日数は1週間程度で比較的長い。ヨシの茎密度はほとんど変化しなかった。ヨシの密な群落ではミツガシワが可塑的に生物季節等を変化させていることが知られているが、ここでは密度が低いと相互作用は比較的小さいと考えられる。

ここで観察した池澁は湧水の小清水と水路で連結しており通常水が枯れることはない。湿原の水を集めるため降雨の後には水位は増加した。水位変化は降水条件に大きく左右されて変化した。

この装置によりザゼンソウ（*Symplocarpus foetidus*）、ミズバショウ（*Lysichiton camtschatcense*）、ゼンテイカ（ニッコウキスゲ、*Hemerocallis dumortieri*）を対象に1～2年写真を撮った。サトイモ科のミズバショウとザゼンソウの毎日の写真から葉数の変化と寿命を読みとった。ミズバショウは春に鉛直だった葉が夏から秋に水平に配置したが、ザゼンソウでは葉の対地角度には大きな変化はなかった。またミズバショウとザゼンソウの種子は、成熟する前の6月に突然写真から消えてしまった。食べ跡のある花序が6月に観察されたことから観察個体の花序が動物に食べられ消失したと推測された。種子由来の個体が少ないのは成熟前の動物による摂食の影響によるものとも考えられ、ミズバショウやザゼンソウの個体群動態やその保護を考えると動物種の特定・捕食率・種子の生残率等を今後調査する必要がある。

#### (2) 池澁の植物の開花日周期の記録

さらに10～30分の間隔で1～3日間連続写真を撮り、ヒツジグサ、エゾリンドウ（*Gentiana triflora*）、ゼンテイカの開花周期の解析を行った。ヒツジグサはその名の由

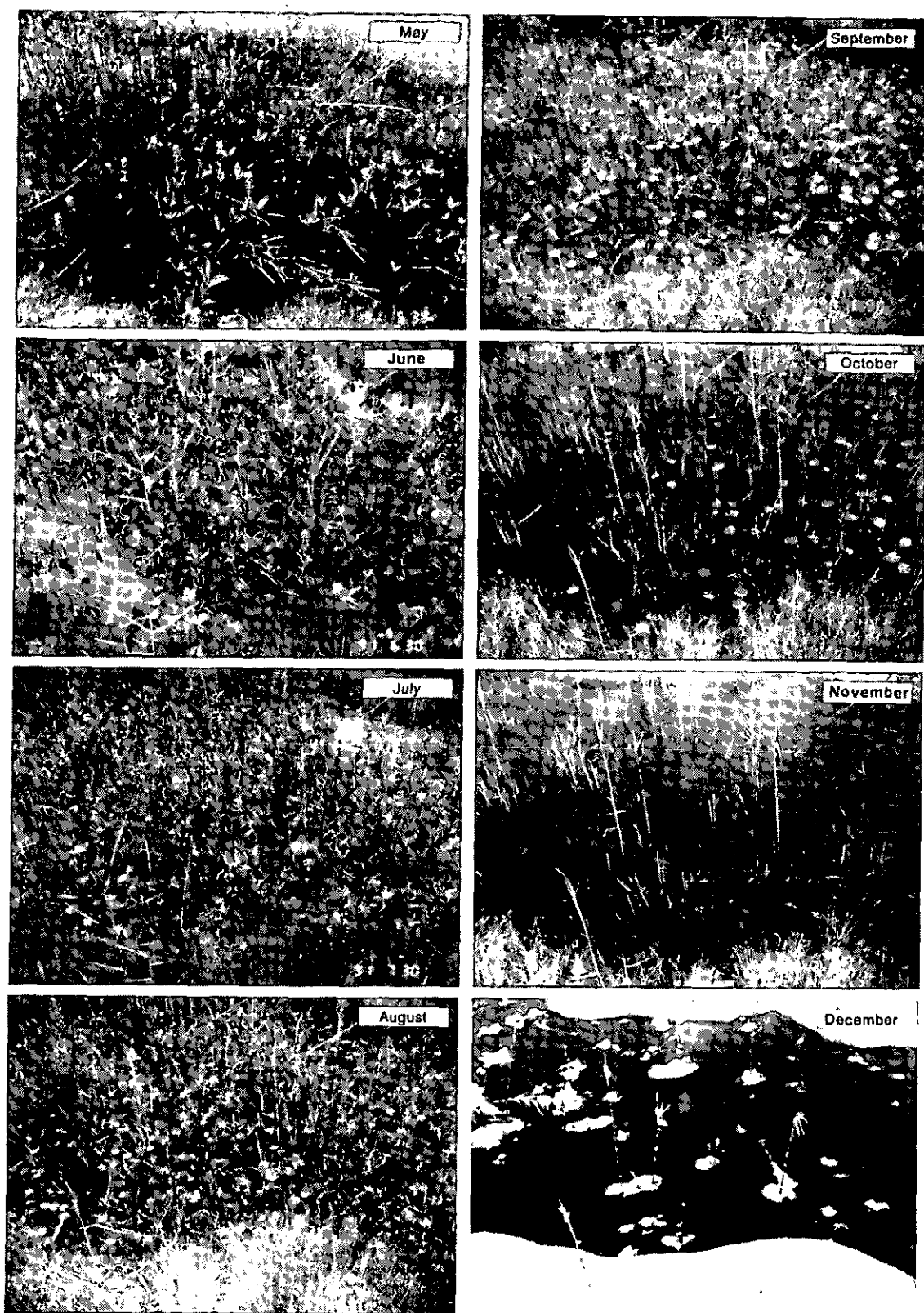


図15 池澁のミツガシワ・ヒヅグサ・ヨシの季節変化 (1991年)  
 1日に1枚の撮影頻度で自動撮影した写真から、毎月の様子を示す。

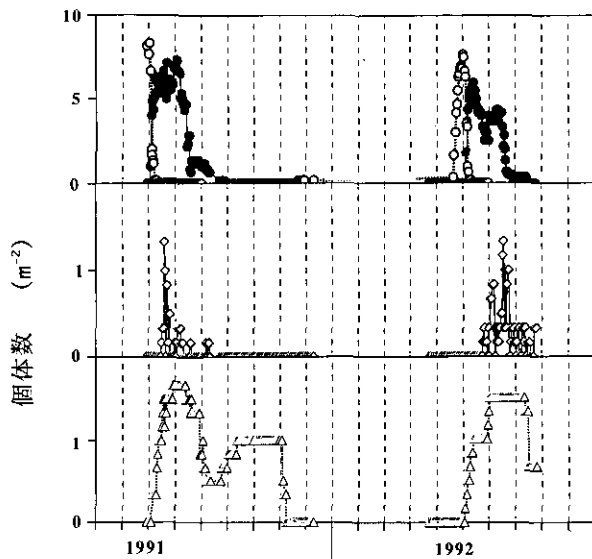


図16 池澁の植物の個体数の季節変化 (1991年, 1992年) と水位の変化 (1991年)  
 毎日自動撮影した写真 (図15) を基に約  $6 \text{ m}^2$  の面積内の開花・結実等の個体数を数えた。○: ミツガシワの花序, ●: ミツガシワの実, ◇: ヒジグサの花, △: ヨシのシュート。

来の一つの通り午後2時頃咲き出し、水面上に花を広げた。この開花パターンは季節や天候が異なっても大きな変化はなかった。一つの花は数日間にわたって開花と閉花を繰り返した。エゾリンドウには開花の日周期があり、天気が悪いと開花が完全には起こらなかった。センチカは花序上から咲き1日間咲くと一部の図鑑には記載されているが、連続写真による観察の結果、花序の順番は明瞭ではなくまた約2日間開花していたことが明らかになった。このように開花周期は植物種によって多様であり、これまで一時的な観察からの記載もあることから野外における自然観察をあらためて確認する必要がある。天気と開花の関係、開花時間、開花周期等と訪花性昆虫との相互関係を研究し整理する際に、インターバル撮影は有効なデータを提供できると思われる。

### (3) 積雪状況の把握

冬期にはメジャーを張り付けたポールを写真に写し込み、積雪の変化を読みとった。積雪深は地域気象観測所における記録と比較した。

1992年春の宮床湿原における最大積雪深は140cmで、これは標高540mの南郷気象庁地域気象観測所における同日の記録の約2倍であった (図17)。南郷よりも宮床湿原の方が早く雪が積もり、1~3月は完全に雪で被われた。

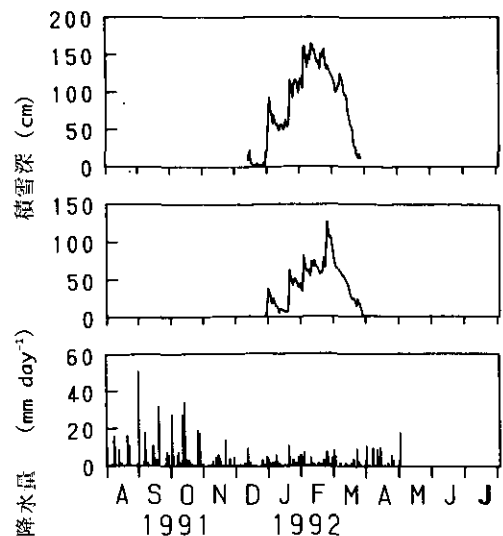


図17 宮床湿原積雪深と降水量の季節変化  
 上から宮床湿原の積雪深、南郷地域気象観測所の積雪深と降水量を示す。1992年5~7月のデータはここでは記録していない。

初冠雪のような積雪記録にはならない小量の降雪にもインターバル撮影写真は情報を提供できた。毎日の写真から、水たまっている凹地に降った小量の雪はすぐ消えたが、凸地に降った雪はしばらく残ることが読み取れた。このことは土壌表面の水の有無を反映していたと考えられる。冬期 (1992年12月12日) に雪の積もった (平均14cm) 宮床湿原を調査したが、凹地と凸地で積雪の有意な違いは認められなかったので微地形の解析に航空写真を用いる時には撮影の時期が重要と思われた。

宮床湿原の気象観測装置で記録された深さ10cmの地温は、2月から4月中旬までの間は約0.4℃でほとんど変動しないが、雪解けとともに急速に地温は上昇した。1992年は4月16日から18日の間に融雪が完了したようで、日最高地温が0.4℃から7.3℃に上昇した。1993年は融雪が遅く、5月2日から4日の間で、日最高地温は0.4℃から9.2℃に上昇した。このように地温の変動からも融雪時期を確認することができる。この方法で赤井谷地及び尾瀬ヶ原でも冠雪期間を調べた。

赤井谷地においてインターバルカメラにより記録された1991年末から1992年にかけての降雪状況は以下のとおりである。12月には降雪が間欠的に見られたが湿原全面を覆う降雪は12月27日から始まった。観測終了の2月19日の積雪深は43cmであった。猪苗代地域気象観測所の積雪の記録深の変動は赤井谷地に類似していたが、積雪深

は小さかった。一方、若松測候所の積雪深のピーク値は赤井谷地と猪苗代の間を示す傾向が見られたが、ピーク後の積雪深の低下は速く、融雪速度の速いことを示唆していた(図18a)。

1992年は11月27日に初冠雪が認められ、12月4日にもう一度降雪があった後、12月12日から湿原一面が雪に覆われるようになった。

1993年末の降雪は、11月25日から断続的に確認されたが、雪が湿原全体を完全に覆ったのは12月22日の降雪からであった。1994年2月13日には80cmの最大積雪深が確

認され、完全に消滅したのは4月5日であった。猪苗代地域気象観測所の積雪深は赤井谷地よりも少なかった。これらの観測所の融雪は早く、猪苗代で3月17日、若松で3月31日であった(図18b)。湿原の中ではミズゴケに降り積もった雪は解けにくく、また最大積雪深も近接の気象観測所の数値よりも高いことが明らかにされた。

谷地気象観測装置付近において、継続して雪に覆われていた期間は、1991～1992年には12月27日から3月25日までの91日間、1992～1993年には12月12日から3月23日までの103日間、そして1993～1994年には12月22日から

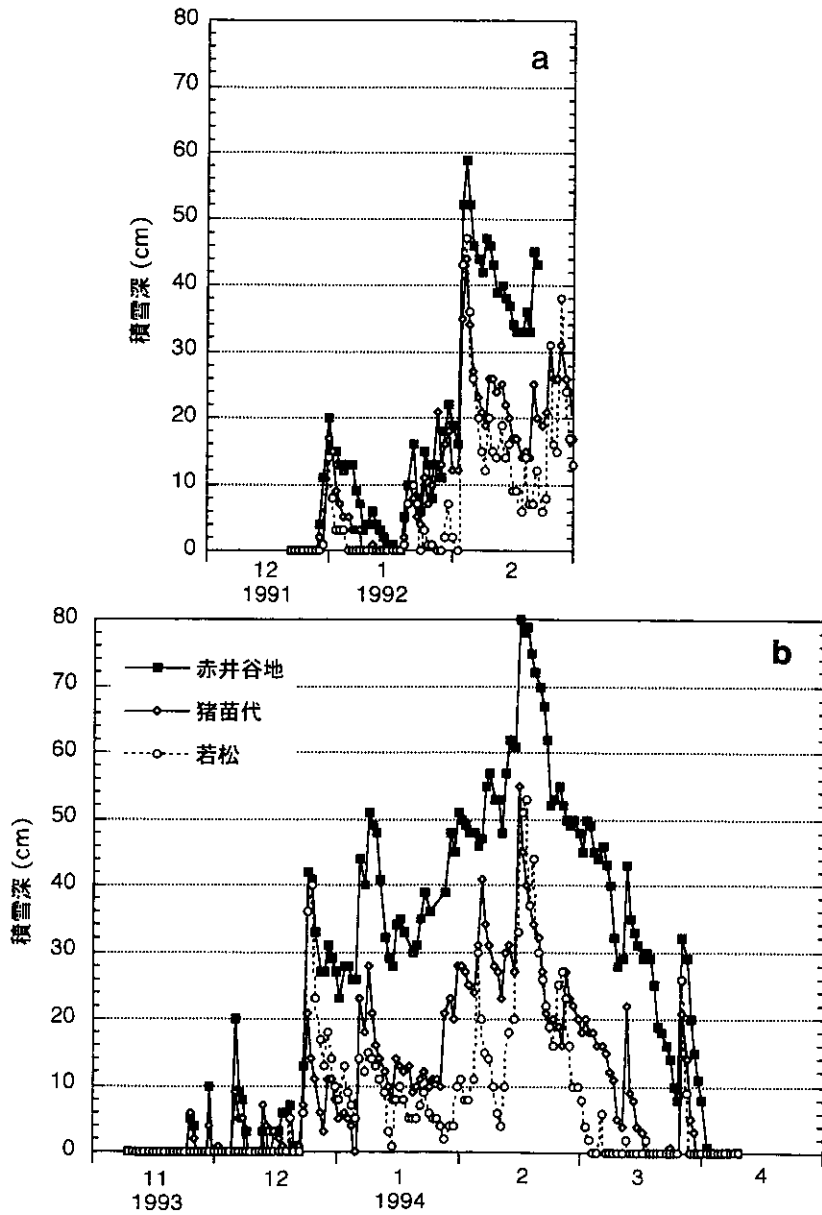


図18 インターバルカメラにより記録された赤井谷地(■)における積雪深と猪苗代地域気象観測所(-◇-)及び若松測候所(○)における積雪深の比較  
a:1991～1992年; b:1993～1994年。

4月1日までの101日間であった。ただし1992年の1月には雪が解けた期間があり、実際は雪に覆われていた期間は91日より短い。

### 2.2.3 航空機搭載スペクトルイメージャによる湿原の観測

赤井谷地湿原は全体がドーム状にミズゴケ泥炭地が盛り上がった形状をしている。周辺の土地は水田に利用されている。この湿原で50m間隔の格子状の地点について、光波測量器で高低差測量を行い地形図を作成した。この湿原は高低差約2.5mのドーム状にミズゴケの堆積した湿原で、中央部は北西に偏っていることが明らかにされた。

そしてかつて開墾された湿原西側と北側の水田が、湿原の西側と北側を切り取った形状を呈していた(図19)。

1994年6月に、対地高度1600m、速度90ktで飛行する航空機に搭載したスペクトルイメージャ(CASI)により、南北(進行方向)に2.2m、東西(進行方向に直角)に1.9mの分解能で可視から近赤外までの10バンドで赤井谷地湿原の画像を記録した。この画像から湿原植生と水分含量を分類する目的で、湿原内の代表的地点(トレーニングエリア)の植生と土壌水分含量を現地で記録した。図19の地形図には疑似カラー図を重ね合わせて表示してある。西側の休耕田を含め、湿原の境界部で土壌水分の低下が認められている。

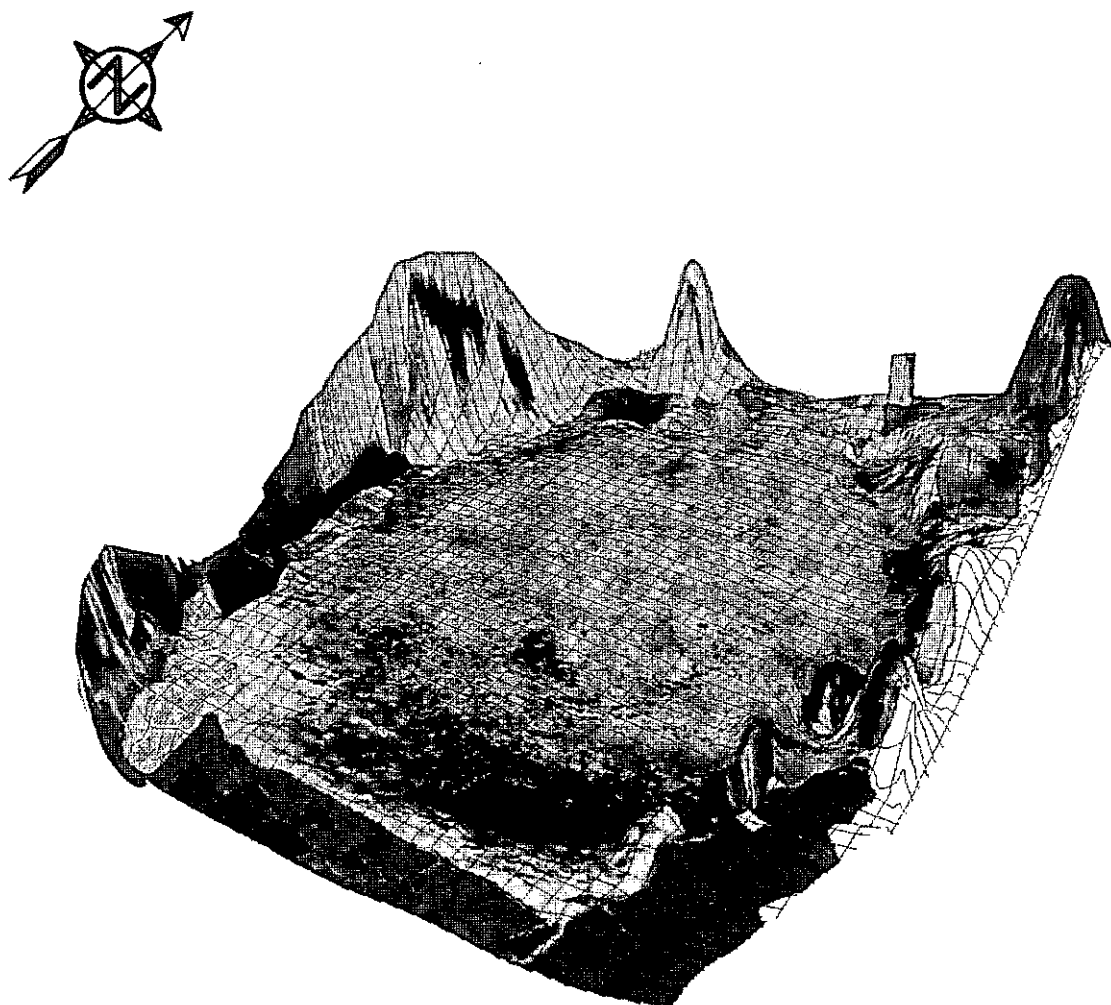


図19 赤井谷地湿原の地形と航空機搭載スペクトルイメージャによる画像情報  
湿原南と西の水田は湛水している。湿原北部に水分の多い地域が見られ、湿原  
西南部は水分含量が低いと考えられる。メッシュサイズ=50m



解析には湿原植生判別に有効である緑、赤、近赤外の3チャンネルを用いた。湿原内および周辺部において計測された50mメッシュの微細標高データを、5次の補間法により2mメッシュデータに変換し、CASIを重ね合わせて3次元立体表示を実施した。3次元表示から、湿原内の植生状態と周辺土地利用や標高差との関係を読みとることができた。k-means法を用いたクラスタリング(教師無し分類)によって画像分類を実施した。得られた20のクラスターを、CASI画像や植生調査の結果から、まとまりのある植生群落として認められた8つの植生クラスに再統合して画像分類を実施した。分類されたクラスは、イボミズゴケ、ハリミズゴケ、ムラサキミズゴケ、ハイイヌツゲ、チマキザサ、ミズゴケ、低いアカマツ、高いアカマツである(図20)。湿原内の微細標高の等高線がプロットと植生分類図との対応から、湿原中央付近の最も盛り上がっているところでは、ミズゴケの上が乾燥してハイイヌツゲ等の侵入が見られること、湿原北部のやや低く水がたまりやすい場所にハリミズゴケが分布してい

ること、湿原南部の微細標高の高いところに、樹高の高いアカマツが分布していることなどが分かった(図21)。

## 2.3 湿原生態系の特性に関する研究

### 2.3.1 湿原の地下水の挙動

#### (1) 低層湿原への雨水と河川水の影響

釧路湿原はヨシ、スゲ、ハンノキの植生が多い泥炭地湿原であるが、ほぼ湿原中央の赤沼周辺にはミズゴケ湿原が島状に存在し、周囲には温根内川が流れている。赤沼から温根内川まで約400mの距離がある。ミズゴケ湿原とヨシスゲ湿原の生態系の特性を調べるため、5月から10月に気温、日射量と赤沼の水位・水温、ミズゴケ湿原、ヨシスゲ群落、温根内川周辺ヨシスゲ群落各地点のピットホール水位・地温を連続モニターした(図22)。

6月までの地面が凍結している間と融解後に異なる水位変動パターンが見られた。凍土がある期間には降水で水位が上がるが、地下浸透や乾燥による水位の低下は見られなかった。7月になると降水後に地下水位が急に上

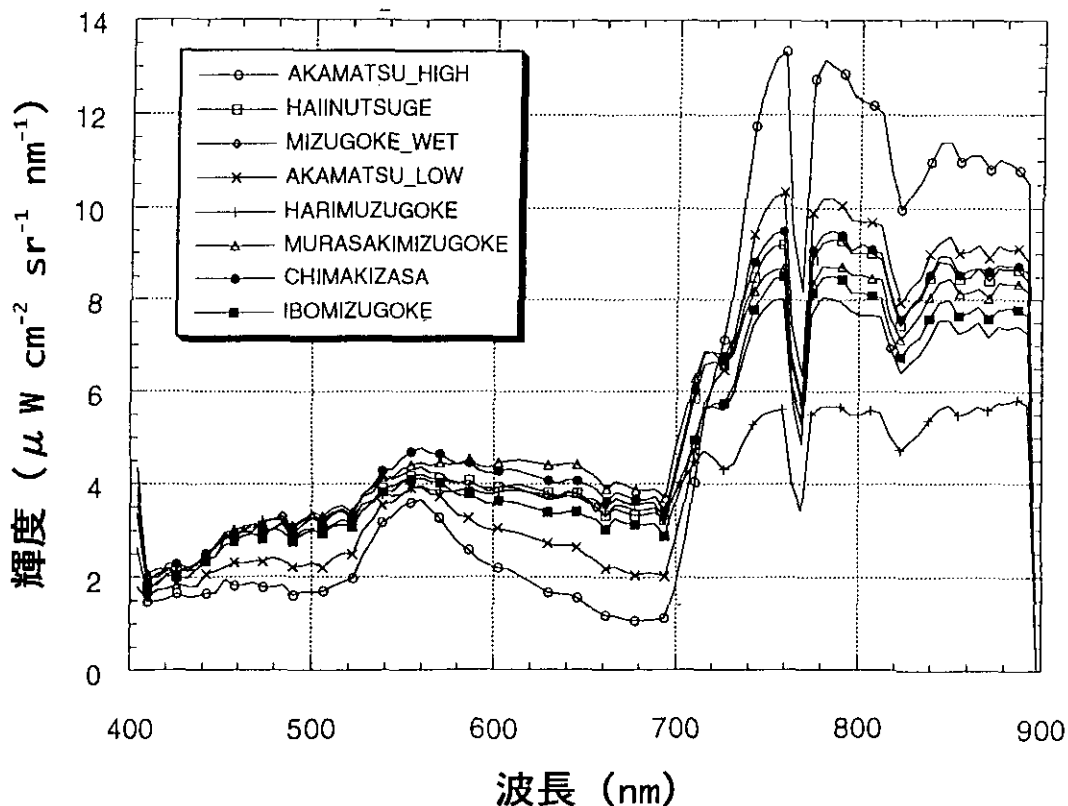
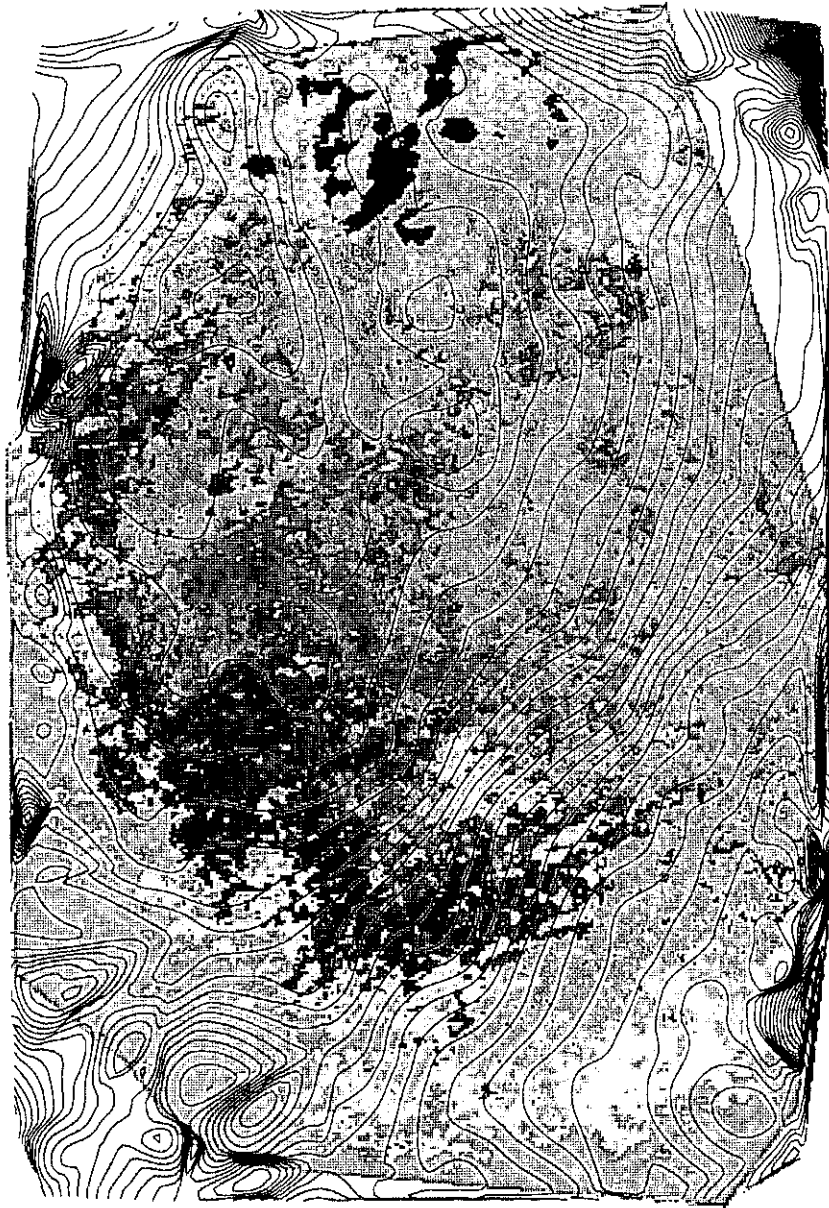


図20 植生クラスのスペクトル輝度



Legend

Class\_Names

-  Ibomizugoke
-  Harimizugoke
-  Murasakimizugoke
-  Haiinutsuge
-  Chimakizasa
-  Mizugoke
-  Akamatsu(low)
-  Akamatsu(high)



Scale

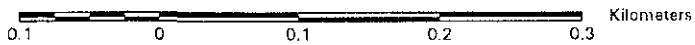


図21 CASI 画像の植生分類図

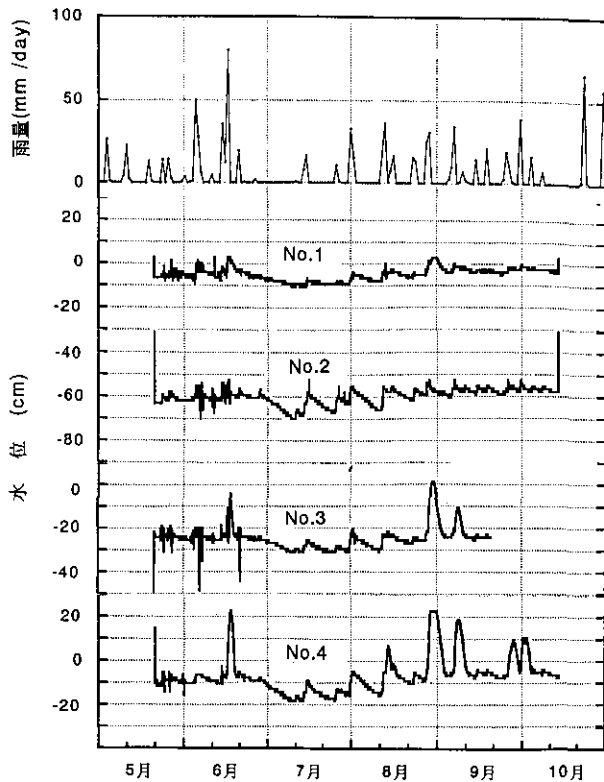


図22 釧路湿原における水位と雨量の変化  
赤沼 (No.1), ミズゴケ群落 (No.2), ヨシースゲ群落 (No.3), ヨシースゲ群落の温根内川近傍 (No.4)

昇し、その後ゆっくりと低下して行った。ミズゴケ湿原での水位は降雨に伴って急上昇し徐々に低下していくパターンだけ見られ、降水涵養型のボグとしての特性を示していた。これに対し、ヨシースゲ群落で地下水位のピークに対して、時間軸の前後で対称の変動曲線のパターンを示し、また河川に近い方が高いピークを持っていた。ヨシースゲ群落は河川の増水によって地下水位が上昇する地点に成立し、流水涵養型のフェンとしての特性を示していることが明らかになった。また赤沼の水位は安定しており、変動が10cm程度と小さかった。ミズゴケ群落の凸地の地温に比べ凹地の地温は5～6月に約8℃ほど低く凍土の影響が観測された。融解後も凹地の地温は低く、日格差も小さかった。ヨシースゲ群落の温根内川近傍の地点 (No.4) は同じような植生で河川から遠い地点 (No.3) に比べ常に低温で日変動の幅も小さかった。夏期には約2℃の差が常にみられたのは、地下水位に差があることから土壤水分による影響と考えられた (図22)。

## (2) 高層湿原への雨水の影響

尾瀬ヶ原の中田代において、地下水と土壤水分環境の

調査を行った。中田代湿原中央の標高最高 (1399.4m) 地点を交差する2本の測線 (測線A: 西北西-東南東方向, 全長500m; 測線B: 北東-南西方向, 全長800m, 図10参照) を設け、これに沿った約50m間隔の調査地点 (合計26地点) で、植生、地下水位、土壤水分の季節変動を調査した。1995年10月には光波測量器を用いて中田代の地形測量を行った。2本の測線とも、最高・最低の標高差は約4mであった。すでに述べたように、地下水位の観測には大体50cm以上のパイプを用いたピエゾメータ方式が適しているので50cm及び80cm深さのパイプを用いた。また同じ測線に沿ってTDR土壤水分センサーにより土壤表層から16cmまでの平均的な含水率を測定した。

土壤水分は50cm深度の地下水位に時間遅れを伴いながら追従する傾向が見られ、雨期の6月には両者の間に相関関係は見られなかったが8、9月には相関関係が見られた。

測線Bの西半分、湿原中央から下の大堀川に至る部分での地形断面と地下水位を図23に示す。地下水位の勾配面は地形勾配よりもなだらかで、その水位勾配に沿って地下水が流れていることが示された。下り勾配が平坦に変化する地点では地下水位が高くなり、表層の土壤水分も飽和に近くなり、湿原表層に水面が現れた。この測線NB上の5区間 (全長約15m) について、10cm間隔で微地形を測量し50cm深度のピエゾメータ水位との対応を図24に示した。季節により全体の地下水面は変動するものの、地形の凹凸に正反した地下水位が観測されている。

次に湿原中央の標高最高地点から測線Aに沿った南半分で、深度80cmの塩ビパイプを泥炭に挿入したピエゾ

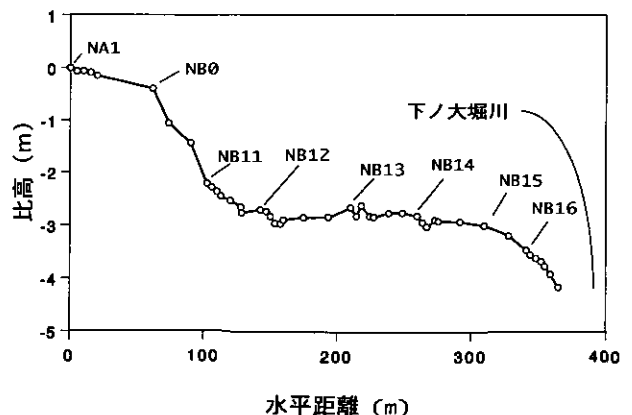


図23 尾瀬ヶ原中田代における地形断面と地下水位  
湿原中央から南西方向に下の大堀川に至るライントランセクトを示す。

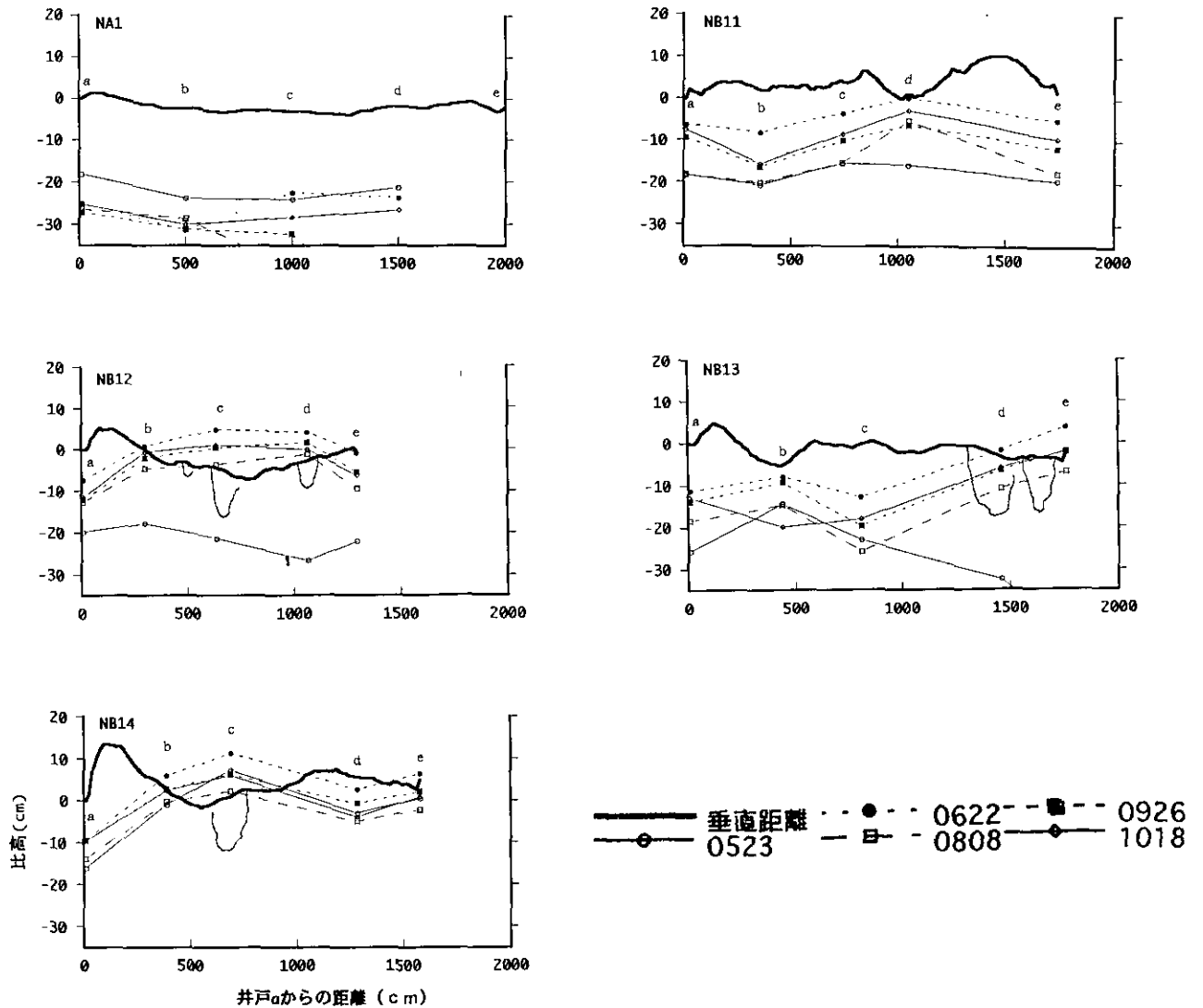


図24 尾瀬ヶ原中田代における微地形断面と地下水位  
 図23の測線NB上の5区間で1995年6～9月に測定した50cm  
 深さのピエゾメータ水位。陰影部は9月の開水面を示す。

メータにより地下水位の連続測定を行った。中田代中央のドーム頂部 (NA1) では水位変動は緩やかで、降水により緩やかに水位が増えた。斜面の地点 (NA2) では水位変動は急激で、6、7月の降水で15cm上昇、7月末から8月にかけて、15cm減少し、その後の降水で時間遅れを伴いながら階段状に上昇した。下部の地点 (NA5) では水位は安定していた。降水による供給が地下水面を維持している様子が明らかにされた (図25)。

(3) 高層・低層湿原の複合した湿原における地下水の挙動

宮床湿原は高層湿原 (ボグ) と低層湿原 (フェン) の複合した高低差約2.5mの傾斜面を持つ長円形の湿原で

ある。この湿原の長軸方向の5地点に0.5m、1.5m、2.5mの3深度のピエゾメータを、短軸方向の9地点に1mの深度のピエゾメータを設置し、地下水位の季節変動を調べた。

地下水のポテンシャルは同じ観測地点でも鉛直方向に異なり、このポテンシャルの違いによって地下水は鉛直方向にも、水平方向にも流れている。図26は1991年5月から1992年11月までの各観測地点のトータルポテンシャル、すなわち基準点から測定した各観測井の地下水面の高さ (全水頭) をcm単位で描いた結果である。1991年と1992年の年降水量 (1月から12月まで) は、それぞれ1628mm、1310mmであった。1991年と1992年の可能蒸発散量は、それぞれ714mm、680mmと計算され、流出に寄与する有効

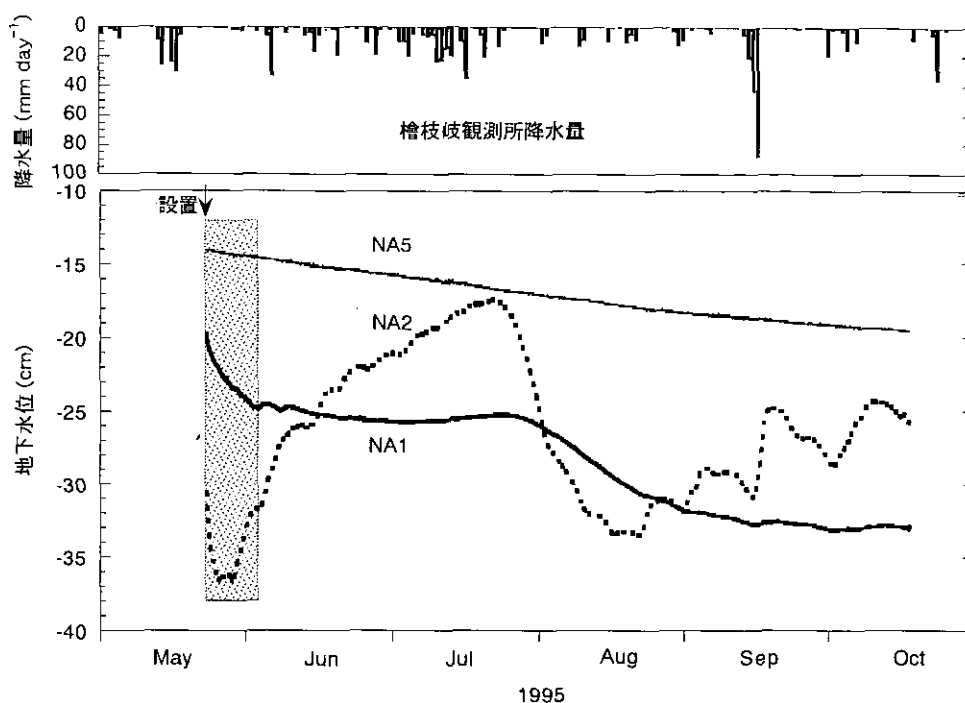


図25 尾瀬ヶ原中田代湿原中央から深度80cmのピエゾメータ地下水位及び檜枝岐観測所の日降水量  
設置後10日間（陰影部）は水位計設置の影響が見られる。

降水量は1991年に914mm, 1992年に630mmとなった。

各観測値点での鉛直方向の地下水の全水頭を比較すると, 1991年と1992年では大きな違いが認められる。降水量の多い1991年では各観測点とも深度方向に全水頭の差は少なく, また浅い地下水(浅い観測井)ほど全水頭は大きく, 地下水は鉛直下向きに動いていることが分かる。これに対して, 降水量の少ない1992年の全水頭には各観測井とも深度方向にかなりの差の現れていることが読み取れる。1992年では降雨量が少なく, 地下水面も1991年に比べて低下しているため, 地形・地質特性に応じた鉛直上向きや下向きなどの地下水本来の特性が現れた結果と考えられる。

宮床湿原内には4本の流路が形成されている。このうち, 流水Aは北西端から流出し, 他の3本の流水B, C, Dは南東端に向かって流れている。これらの表流水の動きからも北西に位置する地下水の一部は流水Aに沿って流出し, 他の大部分の地下水は南東に向かって流動していると推定できる。

年によって地下水の流れは一様ではないが, W1やW2の地表面近くの地下水はおおむね湿原北西端に向かって

流出しているとみられる。湿原東部から北西端に向かってテラス状に標高2.8mの等高線が伸びており, この地形傾斜に沿った地下水の流動を反映した結果と考えられる。

深度150cmと250cmの全水頭は, 1991年にはW2, W3, W4, W5の順に減少しており, これらの地下水は長軸方向の地形傾斜に沿って湿原南東端に向かって流れていると考えられる。1992年には, W3地点の150cmと250cm深でかなりの全水頭の低下が観測されており, またW4とW5の50cm深で全水頭は逆転しているが, 全体としては地形傾斜に沿った流れが卓越している。

一方湿原の単軸方向の観測井AからJまでの全水頭をみると, 西からはA, B, Cの順に, また東からはJ, H, G, F, K, E, Cの順に低下していた。観測井BとCの全水頭にはほとんど差がなく, これらの結果は湿原東端と西端において周辺山地から供給された地下水は地点BやCに集水されることを表していた(図26)。宮床湿原の地下水は北西の一部で流水Aに沿った流出成分はあるものの, 他の大部分は地形傾斜に基づく長軸方向流れが支配的であり, 南東端に流出していると結論できる。

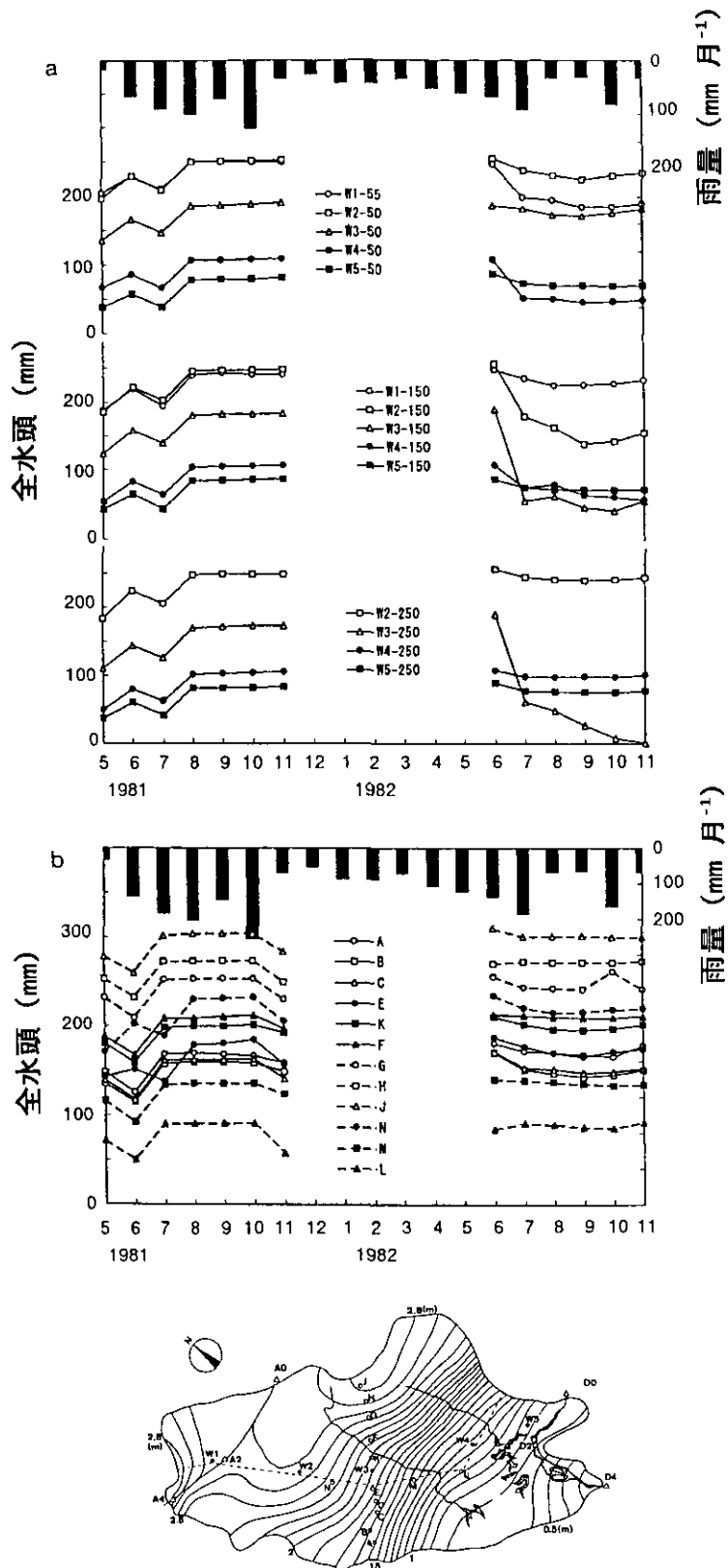


図26 宮床湿原における鉛直方向の地下水全水頭の季節変化

a: 長軸方向, b: 短軸方向

W1からW5に添えている数値はcm単位の井戸の深さを表す。水頭の基準点を地形図の基準点と同じとしているため、地下水の全水頭が地形図の標高等しい場合は、地下水水面は地表面にあることを示す。南郷地域気象観測所における月雨量も示す。ただし1991年2月17日から2月28日までの雨量は欠測しており、この期間は西会津の観測値を用いている。

### 2.3.2 湿原の表流水

#### (1) 高層湿原の池澇の水質

尾瀬ヶ原中田代では約50池澇の水生植物の分布と水質の関係を調べた。池澇水の無機炭素濃度 (TIC) 及び溶存有機炭素濃度 (DOC) には明瞭な季節変化が見られた (図27a)。一部の池澇で夏期に TIC が  $0 \text{ mg l}^{-1}$  になり、水生植物の沈水葉は光合成ができないと推定された。これらの池澇の成因は同じと考えられているが池澇水は無色透明から褐色と多様であった。特に水が褐色の池澇にはヒジグサが多く、DOC や TIC も高かった。DOC の高い池澇は標高で1397mから1398mの間の位置に岸がある所に限られていたことから、地層との因果関係が示唆された (図28)。褐色の物質は300nmに吸収ピークのあるコロイドと考えられた。そのコロイドの大きさは  $0.05 \mu\text{m}$  以下のものがほとんどであったが、池澇によっては (84番)  $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$  の分画が  $0.05 \mu\text{m}$  以下の分画と同等量存在した (図27b)。

#### (2) 隣接地域が農用地に開発された湿原での表流水質

1992年7月11日及び12日に、赤井谷地とその周辺域において水温、電気伝導度及びpHの測定と水質分析用に採水を行った。調査地点を図29に示す。水系をおおまか

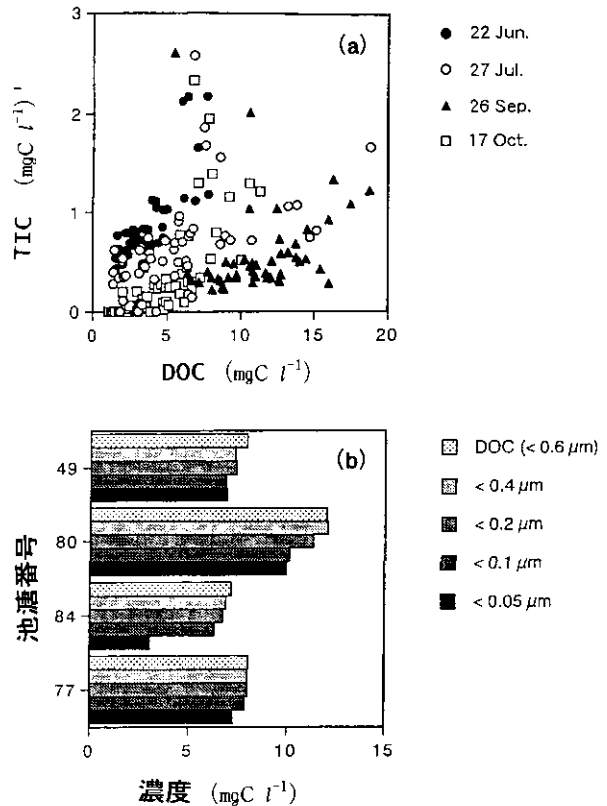


図27 (a) 尾瀬ヶ原中田代の池澇水の無機炭素濃度 (TIC) 及び溶存有機炭素濃度 (DOC) の関係  
(b) 池澇水の DOC 分画

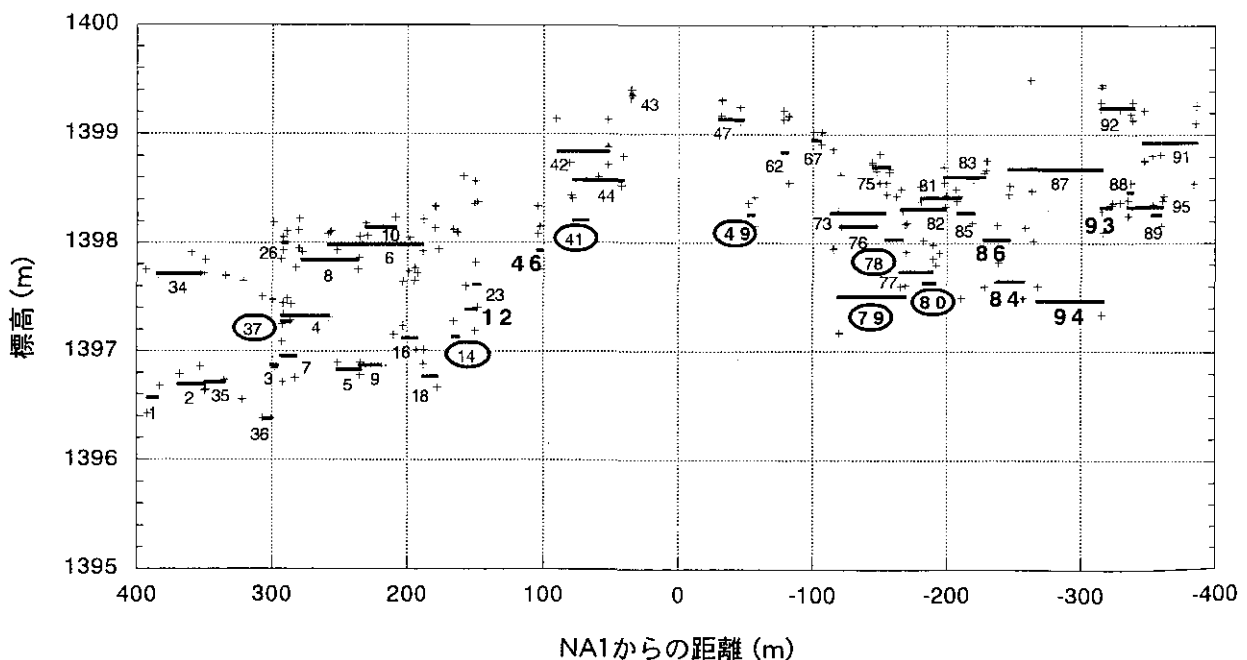


図28 尾瀬ヶ原中田代の池澇の標高と水質及び水生植物の分布状況  
池澇番号は図7に示す。番号を太字で示した池澇は溶存有機炭素濃度が高い ( $> 10 \text{ mg l}^{-1}$ )。番号を○で囲んだ池澇には水生植物が分布している。



図29 赤井谷地及びその周辺地域における表流水  
1:2500 会津都市計画図 (会津若松市, 1991) を加筆修正。

にAからFの6つに区分し、31地点を選んだ。また図には示されていないが強清水の水も調べた。

農地と湿原の水質の違いは導電率とTOC濃度に明瞭に現れた(表3)。農地の水は高い導電率( $>70 \mu\text{Scm}^{-1}$ )と低いTOC濃度( $<30 \text{mg l}^{-1}$ )を、これとは逆に湿原の水は、低い導電率( $<30 \mu\text{Scm}^{-1}$ )と高いTOC濃度( $>40 \text{mg l}^{-1}$ )を示した。pHも湿原内(地点B8, F1, F2)では低く4.47~4.60で、また湿原周囲の側溝(地点C4, C5, C7, C8)や水が滲出している地点(E1, E2)ではやや高くなるものの、4.78~5.38であった。Pjavchenko (1982)は、泥炭地をpH4.8を境に降水涵養型のポグと流水涵養型のフェンに分けることを提唱している。またこれまでに報告されているポグの池水の水質のpHは3~5である。赤井谷地の開水面のpH測定値は降水涵養型のポグであることを示していた。

陰イオンのCl, 陽イオンのNa, K, Ca, Mgは農地の水質を特徴づけていた。ClやNaは人為起源と考えられ、むしろ集落としての影響を示す指標でもある。Kは湿原

表3 赤井谷地とその周辺地域における表流水質

地点	採水日	標高* m	水温 ℃	導電率* $\mu\text{Scm}^{-1}$	pH	NH <sub>4</sub> -N mg l <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> -N mg l <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -N mg l <sup>-1</sup>	DIN mg l <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub> -P mg l <sup>-1</sup>	SiO <sub>2</sub> mg l <sup>-1</sup>	Cl mg l <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> mg l <sup>-1</sup>	Na mg l <sup>-1</sup>	K mg l <sup>-1</sup>	Ca <sub>2</sub> mg l <sup>-1</sup>	Mg mg l <sup>-1</sup>	TIC mg l <sup>-1</sup>	TOC mg l <sup>-1</sup>
A1	1992/7/10	522.47	23.8	118.0	6.12	0.006	0.003	0.183	0.192	0.029	8.8	11.2	7.3	4.1	4.6	12.7	3.4	34.2	24.2
A2	1992/7/10	521.99	24.8	122.8	6.11	0.006	0.004	0.182	0.192	0.050	10.4	11.4	8.4	4.6	4.5	13.0	3.5	30.6	27.2
B1	1992/7/11	528.20	18.5	119.7	6.31	0.043	0.009	0.050	0.102	0.001	5.7	14.8	8.3	5.3	2.4	10.9	4.4	27.5	9.4
B2	1992/7/11	526.34	18.2	127.7	6.47	0.006	0.001	0.371	0.378	0.002	6.9	15.5	8.3	5.5	2.3	12.0	4.6	27.6	6.6
B3	1992/7/11	17.7	17.7	125.8	6.62	-	0.006	366	>0.372	0.002	6.9	15.5	7.4	5.4	2.0	11.3	4.5	23.9	6.9
B4	1992/7/11	524.68	17.0	125.0	6.51	-	0.007	0.331	>0.338	0.002	6.7	15.4	8.6	5.7	2.4	10.3	4.3	23.0	7.4
B5	1992/7/11	524.55	16.8	98.4	6.02	0.040	0.000	0.076	0.116	0.002	4.9	11.4	5.7	4.2	0.9	7.0	3.2	28.2	15.1
B6	1992/7/11	-	19.3	95.2	5.67	-	0.010	-	-	0.002	10.4	9.6	3.7	3.8	1.0	8.2	3.4	22.1	14.2
B7	1992/7/11	524.63	15.4	13.3	5.29	0.098	0.000	0.008	0.106	0.031	2.6	1.3	3.5	0.4	0.1	0.4	0.6	10.9	58.3
B8	1992/7/11	-	17.1	14.1	4.60	0.055	0.000	0.008	0.063	0.010	0.4	1.0	2.7	0.4	0.2	0.2	0.5	17.0	51.0
C1	1992/7/11	526.50	17.9	75.9	6.82	0.022	0.004	0.528	0.554	0.003	12.0	6.8	6.9	3.5	2.4	6.8	2.1	14.4	6.3
C2	1992/7/11	524.87	17.5	76.3	6.52	0.009	0.004	0.494	0.507	0.006	12.4	6.4	7.1	3.6	2.1	7.0	2.1	14.4	5.8
C3	1992/7/11	-	19.5	77.4	5.88	0.034	0.007	0.027	0.068	0.109	3.8	7.2	4.3	2.8	1.7	8.5	2.7	30.4	44.6
C4	1992/7/11	524.83	15.0	18.2	4.78	0.058	0.008	0.000	0.066	0.012	3.3	2.1	4.2	0.8	0.1	1.7	0.6	7.9	64.2
C5	1992/7/11	524.24	17.5	19.4	5.25	0.031	0.007	-	>0.038	0.010	7.4	1.9	3.4	0.9	0.1	1.5	0.7	3.5	56.3
C6	1992/7/11	523.87	18.6	43.3	5.75	0.018	0.005	0.020	0.043	0.209	7.8	4.9	6.6	2.0	1.2	3.8	1.4	14.8	65.0
C7	1992/7/11	524.93	15.6	20.6	5.20	0.289	0.009	0.075	0.373	0.024	4.2	2.2	5.7	0.8	0.1	2.7	0.6	10.8	70.5
C8	1992/7/11	524.67	16.7	20.7	5.11	0.345	0.011	-	>0.356	0.351	2.4	1.4	7.6	0.2	0.5	3.4	0.9	11.7	86.1
C9	1992/7/11	-	18.4	88.5	5.75	0.015	0.003	0.007	0.025	0.017	6.5	11.2	7.5	3.8	1.6	7.6	3.2	22.1	22.9
D1	1992/7/11	526.12	12.2	31.8	6.88	0.012	0.001	0.007	0.020	0.002	33.4	3.3	3.4	3.4	0.8	0.9	0.7	8.2	3.0
D2	1992/7/11	524.98	13.8	36.7	6.03	0.022	0.003	0.056	0.081	0.004	29.8	4.2	2.8	3.5	0.6	1.5	1.2	10.5	5.7
D3	1992/7/11	523.59	17.8	71.3	6.55	-	0.001	0.379	>0.380	0.006	14.5	6.2	7.3	3.9	1.6	5.9	1.8	12.8	5.6
D4	1992/7/11	523.55	17.9	70.9	6.47	-	0.004	0.258	>0.262	0.006	14.6	6.1	8.3	3.6	1.8	5.6	1.8	12.9	6.0
D5	1992/7/10	-	-	81.2	-	0.031	0.004	0.224	>0.259	0.012	11.0	7.4	6.6	3.7	2.7	6.6	2.1	16.6	10.6
E1	1992/7/11	524.76	16.8	17.1	5.38	-	0.003	0.124	>0.127	0.076	1.1	0.6	3.5	0.1	0.0	2.0	0.8	22.7	41.1
E2	1992/7/11	524.71	16.8	16.1	5.29	0.018	0.001	0.024	0.043	0.065	1.7	0.7	3.6	0.3	0.0	1.3	0.6	19.3	54.2
F1	1992/7/10	523.62	20.9	20.4	4.49	0.031	0.008	0.017	0.056	0.016	2.1	3.0	6.3	0.9	0.2	1.9	0.9	9.5	78.3
F2	1992/7/10	523.15	21.9	21.1	4.47	0.052	0.008	0.009	0.069	0.014	1.7	3.3	6.5	1.1	0.5	1.2	0.7	9.7	67.0
F3	1992/7/10	522.47	-	20.6	-	0.012	0.009	0.008	0.029	0.014	3.3	2.8	8.1	0.9	0.2	2.0	1.0	7.3	93.3
F4	1992/7/10	524.64	-	21.3	-	0.046	0.008	0.009	0.063	0.012	4.2	2.6	9.0	1.1	0.2	2.6	1.2	10.9	114.5
F5	1992/7/10	522.37	17.3	24.2	4.61	-	0.008	0.034	>0.042	0.025	6.7	4.6	6.2	1.8	2.5	2.0	0.9	6.9	70.1
G1	1992/7/10	-	13.0	61.4	6.57	0.006	0.010	0.094	0.110	0.003	38.5	4.3	1.7	4.9	1.8	4.1	1.5	17.3	0.2

湿原の水質特性と考えられる数値を=で、湧水の水質特性と考えられる数値を-で、農地の水質特性と考えられる数値を--で囲んである。

\*1994年5月13日~15日測定 118℃換算値 溜池の水面標高は524.51m(1994年5月14日)または524.55m(1994年5月15日) - 測定値なし



内の地点F5でやや高い濃度を示しており、他のCl, Na, Ca, Mgほど明瞭に農地と湿原を区別してはいなかった。

大窪山東の湧水（地点D1）や強清水（G1）で高いSiO<sub>2</sub>濃度が観測された。湿原内内周囲の例ではSiO<sub>2</sub>濃度が低く、地下水の影響が小さいことが示唆された。

### （3）赤井谷地とその周辺の水の流れ

赤井谷地周辺では、1928年に天然記念物に指定された後も、西側の新四郎堀の整備と北部の溜池の設置、戦後は1947年の鶉ノ浦用水路の設置、1971年の湿原西端の側溝の設置など水理環境は大きく変化した。このような赤井谷地周辺の開墾による水理状況の変遷については櫻村（1982）に記されている。湿原内には地形傾斜に沿った水の流れが、湿原周囲には側溝が、そして周辺の農地には水路が入り組んでいる。

水系Aは湿原南の廻戸川とそれが合流する赤井川（地点A, A2）である。水系Bは笹山原の池の流出口（地点B1）を起点として湿原東北方向の水田と畑地を流れ、湿原内に入り再び笹山原に流出する水路（地点B2～6）及びこの水路に隣接した溜水（B7, B8）である。

笹山原の池（地点B1）の水質は、大窪山からの湧水（地点D1）の水質とは、導電率、SiO<sub>2</sub>濃度、TOC濃度を比較して明瞭に異なっていた。この水は湿原北西の水田及び畑地を灌漑し湿原の北東端の湿原内側を南東に流下し地点B6で湿原から流出し、再び笹山原に至る。この水路を流れる水は、高い導電率（ $>70\mu\text{Scm}^{-1}$ ）と低いTOC濃度（ $<30\text{mg l}^{-1}$ ）という農地の水質特性を保っていた。水系は大窪山裾野を流れる鶉ノ浦用水路の堰（C1）を出発点として、サイフォンを通過して湿原東南角の榊（C2）に入る。この両地点の水質はほとんど同一である。この水は湿原西端のU字測溝を緩やかな勾配に沿って北に流れ、約400m下った地点C4では、導電率、TOC濃度、pHなど全く湿原の水質に置き換わっていた。鶉ノ浦用水は、新四郎堀の地点D3の手前に流下し新四郎堀に合流していた。地点C1と地点D3の水質にはほとんど違いが見られなかった。新四郎堀の地点D4の水面標高は湿原北西の溜池の水面よりも約1m低いいため、新四郎堀の水は溜池に流入することはない。逆に溜池からの流出水がこの新四郎堀に合流し、赤井谷地の北西方向に流出する。

湿原北端境界の側溝（地点C7）の水質はNH<sub>4</sub>-N以外は地点C4に類似していたため、湿原から滲出したものと考えられる。湿原北の休耕田の脇からは水が引かれてい

た（地点E1, E2）。湿原北部からは、地点E1及び地点C7から北部水田の灌漑用水路に水が流れ込み、最終的に地点C8から溜池に流下している。

赤井谷地は、その中心よりも北西よりに標高の最高地点があり、そこから南南東方向に地形勾配を保ちながらドーム状のプロファイルを有している。この地形に沿った表流水は湿原南部の低地を流れる水路Fである。この水は湿原東端の側溝に地点F2を経て合流する。湿原内の地点F1及びF2、湿原東端の側溝の地点F3及びF4の水質は、湿原西端の側溝の地点C4の水質に酷似していた。この水は最終的に赤井川に合流していた。

以上を要約すると、湿原からの水の流出経路として、1）湿原北から滲出し水田の灌漑水路を経て溜池に流出する経路、2）湿原西端から滲出し、西端側溝を経て新四郎堀に流下する経路、及び3）湿原南部の東端から表流水となって流出し赤井川に流出する経路の3つが確認された。湿原北東から流出し笹山原に注ぎ込む水は、笹山原北の池を水源とする水路の水である。

### （4）高層湿原と低層湿原の混在する湿原の表流水の挙動

宮床湿原内には、水路が4本流下している（図2、水路A, B, C, D）。このうち小清水湧水を起源とする水路Aは、江戸時代に水田灌漑の目的で人為的に掘削されたもので、等高線にはほぼ平行して湿原の北西側を横切っている。この水路はさらに西の沢を下り宮床に至る。水路Bは、小清水湧水付近を出発点とし、斜面を南に下りながら湿原を横断し、池塘群（図30a: 池塘1～3）に流入する。池塘2から流出した水路は湿原の南西縁を回って最終的に水路Dの出口に合流する。水路Bが等高線とほぼ直角に下っていることから、水路Aが掘られる前には水路Bが小清水からの本流であったと考えられる。一方、大清水湧水を起源とする水路Dは、水量が多く、標高の低い湿原の南東部を流れる。この水路は池塘50を通過して湿原南から流出し鹿水川に合流する。水路Cは湿原の東北部斜面を南に下り、湿原東南部の大小の池塘群（池塘10～12, 14～17, 22, 23）に合流する。この水路Cはさらに池塘50に流入する。

これらの池塘を含め、湿原東南部には多くの池塘が存在するが（池塘1～54）、融雪時には増水するため相互に連結する（図30a, b）。図5bは1993年5月5日に撮影された空中写真をもとに作成されたが、先にも示したよう

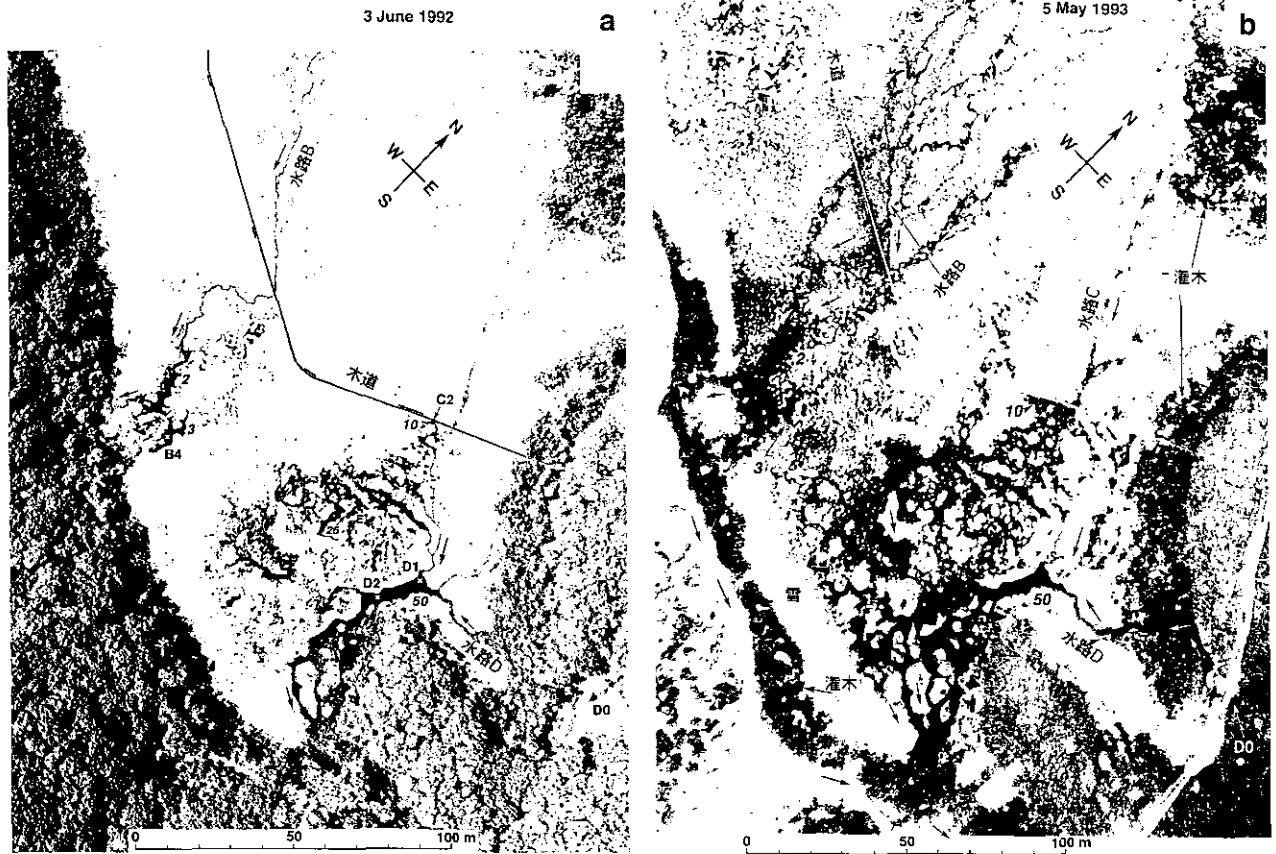


図30 初夏(a)と融雪期(b)における宮床湿原の池塘の冠水状況の比較  
 a: 1992年6月3日撮影の空中写真に基づき作成;  
 b: 1993年5月5日撮影の空中写真に基づき作成。

に、5月2日から4日の間に融雪が完了した直後の状態である。夏期の乾燥時には、水路Cの存在は不明瞭になる。

融雪期には湿原内では表層の勾配に沿って北から南へ融雪水が流れる。集水域では、湿原北側の伝上山南西斜面の雪が他の斜面よりも早く融け、湿原に流れ込む。口絵、1993年5月5日撮影の空中写真では湿原北側の斜面、すなわち南西向き斜面の雪が融けて、湿原南東部の水位が上昇していることが示されている。一方南側の斜面にはまだ雪が残っている。このようにして湿原の水路Bより南東側半分は広範囲にわたって冠水する(図31b、口絵参照)。この時、湿原土壌及び池塘には多くの栄養塩が供給されると考えられる。ただし次に述べるように、栄養塩濃度の分析結果からは融雪期の窒素・リン濃度の上昇は明瞭ではないため、さらに検討が必要である。

### 2.3.3 湿原の生態系構造

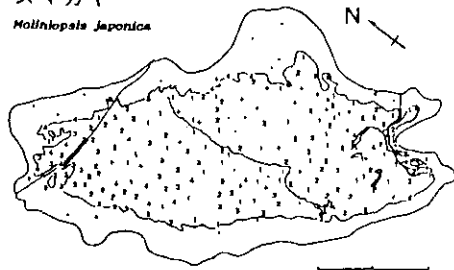
ここでは主に、宮床湿原において調べられた生態系構造について述べる。

#### (1) 植生

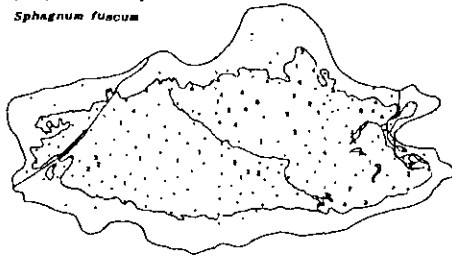
宮床湿原は草本・ミズゴケ類を主体とする湿原植生からなり、以下のような水生植物群落2型、高層湿原植生6型、中間湿原植生3型が識別された。①フトヒルムシロ群落、②ヒツジグサーミツガシワ群落(以上水生植物群落)、③ミカツキグサーハリミズゴケ群落、④ミカツキグサーワタミズゴケ群落、⑤ヌマガヤーイボミズゴケ群落、⑥ヌマガヤーチャミズゴケ群落、⑦スギバミズゴケ群落、⑧ヌマガヤーオオミズゴケ群落(以上高層湿原植生)、⑨ヤチカワズスゲ群落、⑩ミズギク群落、⑪ヌマガヤ群落(以上中間湿原植生)。

これらのうち、最も広い面積を占めているのが高層湿原植生のヌマガヤーイボミズゴケ群落で、湿原北西～中央のやや盛り上がったドーム状の地域に発達していた。本群落が属するヌマガヤーイボミズゴケ群集は東北地方の高層湿原には普遍的な群落である。宮床湿原においても本群落は池塘の縁や小凹地(ホロー)の縁辺などの地下水位が高い平坦地に分布しているが、分布の中心はドー

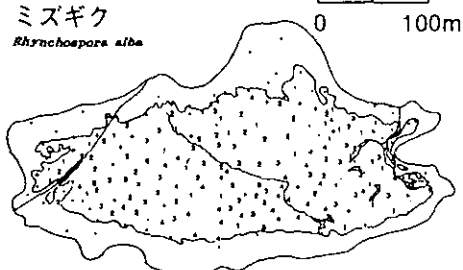
ヌマガヤ  
*Molinia japonica*



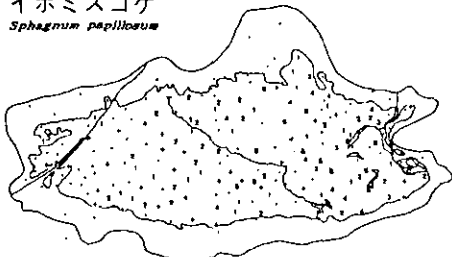
チャミスゴケ  
*Sphagnum fuscum*



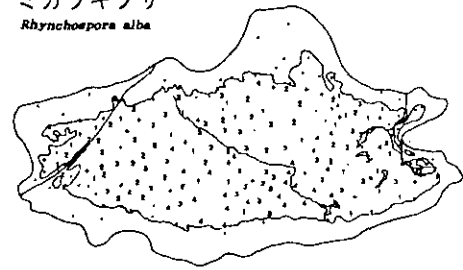
ミズギク  
*Rhynchospora alba*



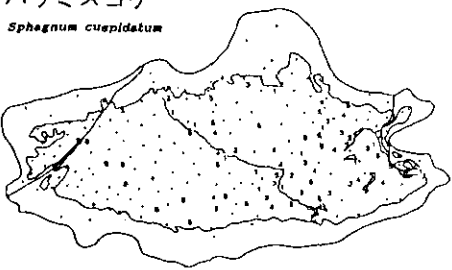
イボミスゴケ  
*Sphagnum papillosum*



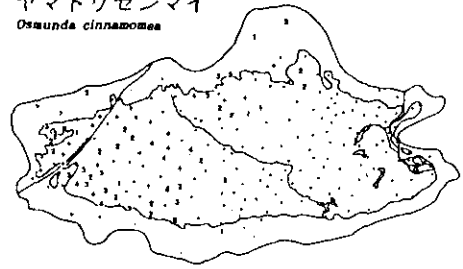
ミカヅキグサ  
*Rhynchospora alba*



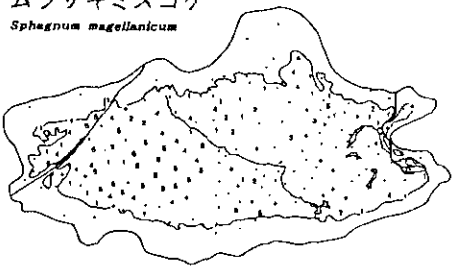
ハリミスゴケ  
*Sphagnum cuspidatum*



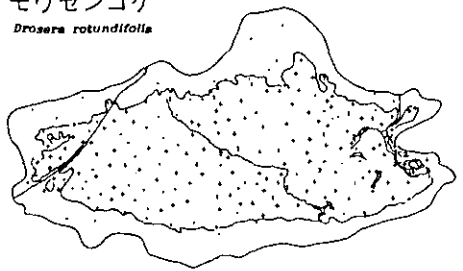
ヤマドリゼンマイ  
*Osmunda cinnamomea*



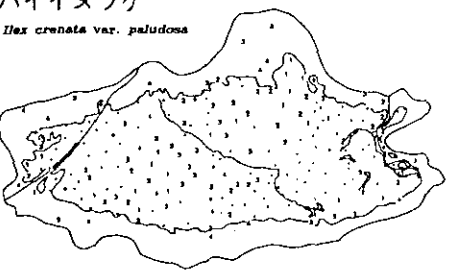
ムラサキミスゴケ  
*Sphagnum magellanicum*



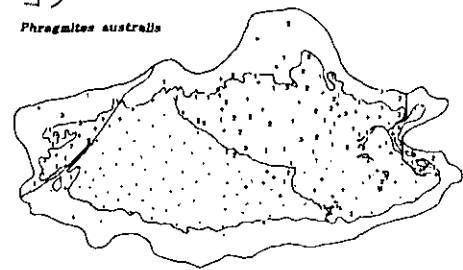
モウセンゴケ  
*Drosera rotundifolia*



ハイイヌツゲ  
*Ilex crenata var. paludosa*



ヨシ  
*Phragmites australis*



ハンノキ  
*Alnus japonica*

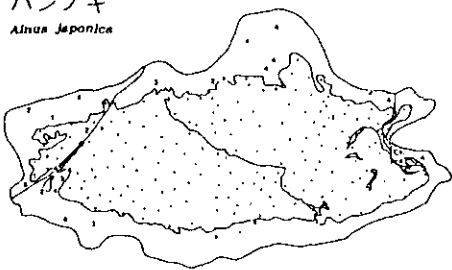


図31 宮床湿原における主要植物種の分布  
数値は優占度を示す。

ム上で、平坦地（ローン）～小隆起地（ハンモック）を形成していた。ドーム上の周縁部の斜面中～下部の小凹地ではミカツギグサーハリミズゴケ群落やミカツギグサーワタミズゴケ群落、小隆起地ではチャミズゴケが混生する群落がそれぞれ発達していることも共通していた（図31）。

森林植生としては湿原を取り囲む湿性地に、ノリウツギイソノキ群落、ハンノキ群落が、湿原周囲の斜面には夏緑広葉樹林のブナ～ヒメアオキ群落、ミズナラーヤマツツジ群落、コナラーオクチョウジザクラ群落が成立していた。このほか湿原周辺から、スギ植林、ススキ群落、カモガヤ群落（牧草地）が確認された。

宮床湿原の高等植物はミズゴケ類7種、維管束植物が47種、計54種類が確認された。周辺の林内では100種以上の植物種が確認されていることから、種数だけでみれば、湿原内に樹木が侵入することは植物の種類数を増やすことにはかならない。湿原植物の多様性を考える上では、ミズゴケ類やワタスゲ、ミズギク等あくまで湿原特有の種類に着目していく必要がある。

## (2) 訪花昆虫

種子植物の中には、種子生産のために異個体からの花粉の運搬を昆虫に依存しているものも多い。このような送粉昆虫の活動と湿原内の開花植物の結実との関連を調べるため、1992年5月から9月の間に訪花昆虫相の調査を行った。

期間中に鞘翅目、鱗翅目、膜翅目、双翅目がそれぞれ3種ずつ確認された。主な開花植物と訪花昆虫（括弧内）はミズバショウ（ネクイハムシ亜科の一種）、タテヤマリンドウ（トラマルハナバチ、ピロウドツリアブ）、レンゲツツジ（訪花見られず）、ニッコウキスゲ（トラマルハナバチ）、トキソウ（訪花見られず）、ミズギク（ハナノミの一種、ハナアブ科の一種、セセリチョウ科の一種、コハナバチ科?の一種）、ウメバチソウ（ハネカクシ科の一種）、ハイイヌツゲ（ミツバチ属の一種）、イソノキ（ミツバチ属の一種）、エゾリンドウ（トラマルハナバチ、セセリチョウ科の一種）等であった（図32）。

6月から9月にかけて気象が安定している時を選んで、場所を変えながら10分間にどれくらいの訪花があるかを調べた。トラマルハナバチが比較的多く見られ、この種は多くの植物種を訪れることから、重要な送粉昆虫であると考えられた。ミズギクにはトラマルハナバチは見ら

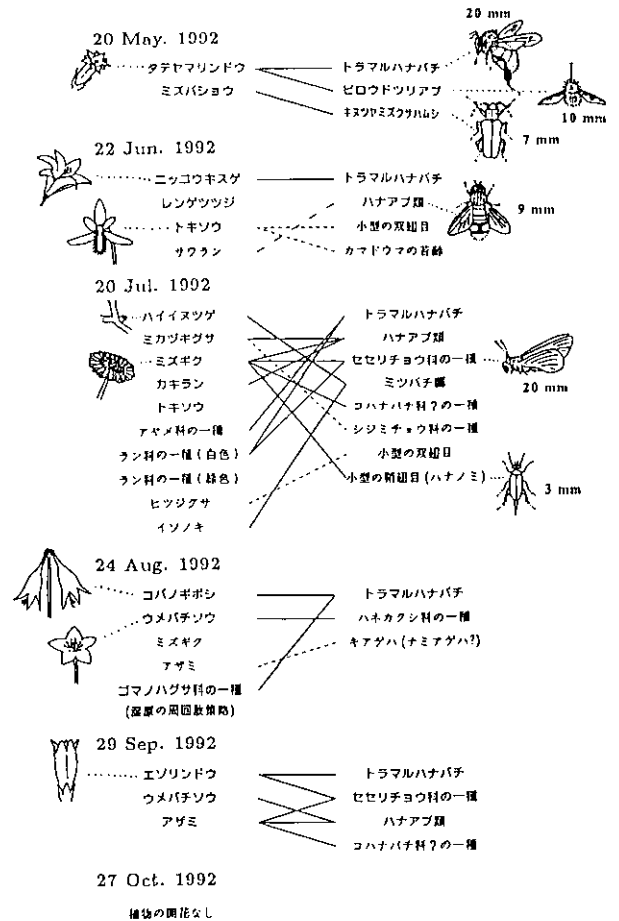


図32 宮床湿原の訪花昆虫

図中の太字は比較的多く見られた種

- 重要な送粉昆虫と思われる昆虫
- 送粉している可能性の高い昆虫
- 訪花しているが送粉しているかどうか分からない昆虫
- … 目的があって訪花しているかどうか疑わしい昆虫

れなかったが、この花で多くの他の昆虫が見られたことは興味深い。セセリチョウについては花粉に触れずに吸蜜している（盗蜜）のが何度か観察された。

植物の結実に対する訪花昆虫の寄与を評価するために、宮床湿原で6月および8月に多数開花するゼンテイカおよびコバギボウシの開花個体に網袋をかけて、昆虫による受粉を阻害する実験を行った。1993年6月23日に15個体（花序）のゼンテイカの各1個ずつの蕾に袋をかけ約40日後に結実の有無を調べた結果、無効なもの（袋が外れた等）を除く9個体の袋掛けした蕾すべてが結実しなかった。昆虫等を排除することにより結実率が低下したことから、ゼンテイカは自殖を行わずに結実を昆虫の送粉に依存していると考えられた。1993年8月5日には20個体のコバギボウシの各花序全体に袋を掛けて同様の実験を行った。無効なものを除く8個体の結実率は36%だっ

た。結実率は袋を掛けた時にすでに開花していた花の割合(41%)に近いことから、袋掛けにより送粉が阻害されたと考えられるが、自殖を行う可能性もある。なお、これら2種の植物の主な送粉者はトラマルハナバチであり、これは宮床湿原で最も高頻度に見られた訪花昆虫である。

### (3) 底生藻類

宮床湿原の池澁50(地点D2)及び池澁3(地点B4)に出現した藻類種の総数はそれぞれ93種類及び67種類であった。これらのうちから珪藻を除くと30種類であった。そのうち17種類は鼓藻類に属する種類で、湿原独特の藻類相となっていた。鼓藻類のうち、ミカツキモ(*Closterium*属)が種数、個体数とも多かった。鼓藻類以外では、*Klebsormidium klebsii*も優占していた。小清水を起源として湿原を横断する水路からは黄金色藻類の*Symura sphagnicola*が得られた。本種は北米、欧州、シベリアに分布し、日本では東北地方でしか報告がない北方性の種で、湿原でよく見られる種である。今まで培養による研究がなかったが、現地での分離作業により培養に成功した。大清水の岩の付着物からは緑藻の*Draparnardia acuta*が採集された。本種は清流に生息する種であるが、日本での記録は初めてである。

池澁50(地点D2)では種類数及び現存量が雪解け後の4月に少なかったが、6月に最も多く、8、10月に減少した。珪藻類が全藻類の現存量の90~98%を占めていた(図33a)。4月には羽状目珪藻*Frustulia rhomboides*、*Actinella punctata*が優占種であったが、6月、8月には藻類相が大きく変動し、中心目珪藻*Aulacoseira laevis*が優占種となり、全体の現存量の30~40%を占めていた。10月には再び藻類相が変動し、羽状目珪藻*Actinella punctata*、*Stauroneis phoenicenteron*及び*Pinnularia subgibba*等が占める割合が多くなった。種の多様度を表現する指標としてSimpsonの多様度指数(個体数及び現存量換算)を求めたところ、種類数の変動とは全く逆の変動を示し、4月、10月に高く、6月、8月に低かった。池澁50(D2)では藻類の種類数は母集団の現存量が大きくなって種類数が増えたが、ある特定の種の個体数及び現存量が相対的に大きく増加したことを意味する。池澁3(B4)では種類数は4~8月にかけて変わらず、10月に著しく増加した。しかし、現存量は4月に最も多く、6月から10月にかけて徐々に減少した。珪

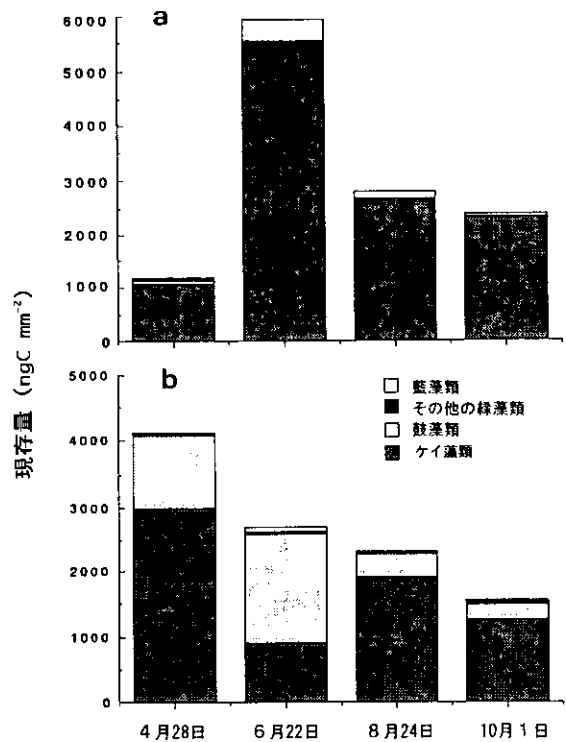


図33 池澁の藻類の現存量の季節変動  
a: D2, b: B2

藻類と鼓藻類がそれぞれ全藻類の現存量の33~82%及び15~63%を占めていた(図33b)。池澁50(D2)が珪藻類が優占するのに対して、池澁3(B4)は珪藻類と鼓藻類が優占していた。全期間を通じて羽状目珪藻類*Frustulia rhomboides*が優占し、1~2  $\mu\text{gC mm}^{-2}$ の現存量で存在していたが、4月には鼓藻類*Gloenblandia neglecta* var. *neglecta*が、6月には*Bambusina brebissonii* var. *brebissonii*と*Netrium digitus* var. *digitus*が0.6~1  $\mu\text{gC mm}^{-2}$ の現存量で優占していた。多様度指数は現存量及び種類数の変動と対応して変動していた。種類数、多様度指数の双方で、どの季節も池澁D2のほうが池澁3と比べて高い値を示しており、池澁50は池澁3と比べると種類が豊富で、複雑な群集であることが示唆された。

### (4) 底生動物

宮床湿原で底生動物の分布と種類組成について調べた結果、8目31分類群の水生昆虫と甲殻類、環形動物、ミズダニ類、軟体動物等6分類群、合計37分類群の底生無脊椎動物が採取された。湿原外の湧水部と湿原内の流水部または池澁とでは底生動物の組成がかなり異なっていた。最も大きな違いはトンボ目昆虫相で、湧水部ではこ

のグループはほとんど採集されなかったが、湿原内の小水路の地点及び池澁からはそれぞれ4～8種類の幼虫が採集されていた。ユスリカ科幼虫、ヌカカ科 (Ceratopogonidae) 幼虫、貧毛類及びミズムシ (*Asellus hilgendorffii*) は全域に分布していた。*A. hilgendorffii* は特に小水路の地点で最優占し個体数が多かった。センブリ属 sp. (*Sialis* sp.), コカクヅトビケラ属 sp. (*Goerodes* sp.) 及びアミメトビケラ属 sp. (*Oligotricha* sp.) は湿原内の2, 3地点を除き、出現頻度が高かった (図34)。

宮床湿原において、水路等において採取した底質の室内羽化、捕虫網の乱振法および灯火採集により32種、320個体のユスリカ成虫を得た。3つの方法のうち、灯火採集による結果が他の方法と異なっていたが、これは湿原の外で羽化した成虫を誘引したものであると考えられた。止水の地点と流水の地点では種構成が異なり、また、多くの種が特定の地点に局在していることが示唆された。宮床湿原のユスリカ相の特徴として、モンユスリカ亜科の比率が高いことが示された。

室内羽化で得た種についてA, B, D 3つの水系に分けてみると、3水系すべてに共通する種はなく、AとBに共通の種もなかった。AとDの共通種は5種で、A水系ではA0, A2から、D水系ではD0, D1, D2から採集さ

れた。BとDの共通種は2種で、どちらもD水系ではD4から採集された。種数が最も多かった地点はA0 (7種) で、D0 (5種) がこれに次いだ。

亜科ごとの構成では、全32種中、モンユスリカ亜科が10種 (31%), オオヤマユスリカ亜科が1種 (3%), エリユスリカ亜科が8種 (25%), そしてユスリカ亜科が13種 (41%) をそれぞれ占めた。

羽化数が多かった種は *Procladius culiciformis*, *Stictochironomus akizukii* および *Microsetra* sp. の3種であった。*P. culiciformis* はすべて池澁の底質から、*Microsetra* sp. のほとんどが湧泉から羽化しており、生息場所について強い選好性を示した。一方、*S. akizukii* は湧泉 (A0) の底質から最も多く羽化したものの、池澁や水路からも羽化しており、生息場所の選好性は先の2種ほど顕著でなかった。また、室内羽化で得られた17種のうち、半数近い8種が1地点のみから得られた。なお、ユスリカの分布と水のpHとの関係は明瞭ではなかった (表4)。

宮床湿原に出現したユスリカ類は、貧栄養水域から富栄養湖水域に出現する種類が混在していた。また今回採集されたオオヤマユスリカ亜科の *Compteromesa* は新種である。

湿原の藻類やユスリカ類は報告が少なく、したがって

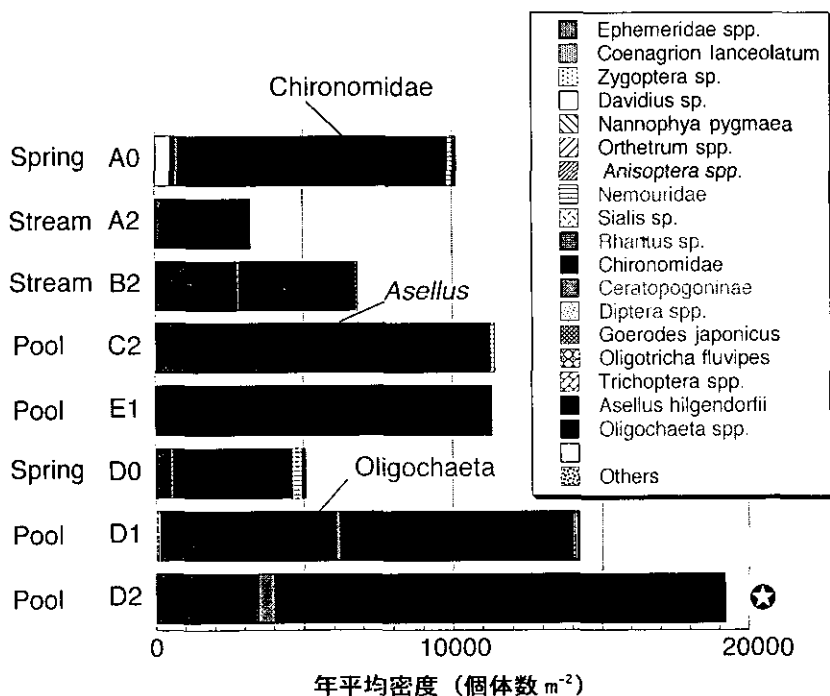


図34 宮床湿原の底生動物のグループ別年平均密度  
幼虫密度は口径25cmのDフレームネットを用い、10～20cmの水平曳きで得られた個体数。

表4 宮床湿原の水路、池塘より羽化したユスリカ成虫

種名	種数 pH(中央値)	灯火採集			底質から羽化				
		D1	B2	D4	A0	A4	A2	D0	D2
		6 5.13	6 5.32	11 6.03	9 6.05	3 6.14	8 6.18	8 6.19	6 6.3
TANYPODINAE (13)									
<i>Conchapelopia?viator</i> (Kieffer)			F		M*				
TANYPODINAE sp.			F			M			
<i>Apsectrotanypus</i> sp.			M						
<i>Procladius culiciformis</i> (L.)			F						MF
<i>Natarsia punctata</i> (Fabricius)				MFM*				F	
<i>Ablabesmyia? monilis</i> (L.)	F			M					L
PENTANEURINI sp.	F			MF					
<i>Macropelopia</i> sp. 1					M				
? <i>Trissopeleia</i> sp.					F				
? <i>Macropelopia</i> sp. 2							M		F
<i>Alotanypus</i> sp.								M*	
<i>Procladius</i> sp.	F								
<i>Rheopelopia?maculipennis</i> (Zett.)	F								
PRODIAMESINAE (1)									
<i>Compteromesa</i> sp. n.								M*	
ORTHOCLADIINAE (9)									
<i>Cricotopus</i> sp. <i>tremulus</i> gr.		MF							
<i>Heterotrissocladius</i> sp.		M			MF				
<i>Psectrocladius?yunoquartus</i> Sasa			M	MF					M
ORTHOCLADIINAE spp.				M	M				
<i>Brillia modsta</i> (Meigen)								M*	
<i>Lumnophyes</i> sp.								M*	
<i>Doithrix villosa</i> Saether et Sublette								M*	
<i>Parameteriocnemus</i> nr. <i>logadigit</i> Sasa								M*	
<i>Cricotopus?sylvestris</i> (Fabricius)	F								
CHIRONOMINAE (15)									
TANYTARSINI spp.		MF	MF					M*	
<i>Microspectra yunoprma</i> Sasa		M*						M*	M
<i>Polypedilum kasumiense</i> Sasa			M	M*					M*
<i>Tanytarsus</i> spp.			MF	MF		M			
<i>Tanytarsus</i> sp. 1				M*					
<i>Tanytarsus</i> sp. 2				M*					
<i>Stictochironomus akizukii</i> Tokunaga				F*	MF			MF	MM*
<i>Dicrotendipes</i> sp.					F				
<i>Polypedilum</i> sp.					M	F			
<i>Microspectra</i> sp.					MF		M	MF	MFM*
CHIRONOMINI sp.					M				
<i>Tanytarsus</i> sp. 3							MF		
? <i>Chaetolabis</i> sp.	F								
<i>Chaetolabis</i> sp.	F								
<i>Polypedilum?unifascium</i> Sasa	F								

\*は乱振法による捕獲

我が国で確認されていた種数も非常に少なかった。湿原がこれらの微少な生物にとって多様な環境を提供し、それにより多くの種類が採集されたものと考えられる。

(5) 土壤微生物

地下水位観測井の近傍14ヵ所において、微地形、植生および泥炭の分解度と泥炭中の微生物数および泥炭中に埋め込まれたセルロース(ろ紙)の分解量との関係を調べた。その結果、微生物相、分解活性は微地形、植生等の微環境によって、次のように大きく異なることが明らかとなった(図35, 36)。

1) 分解度の低いミズゴケのマット(図35, 36のグループI; イボミズゴケ, ムラサキミズゴケ)では *Penicillium* spp. が優占する単純な糸状菌相であり、セルロース分解

微生物としては真菌類が優占した。また埋め込まれたセルロースの6ヵ月間(4~10月)の分解率は中程度(19~62%, 平均37.5%)であった(図6)。

2) 凹地の中程度に分解したミズゴケ層(図35, 36のグループII; ハリミズゴケ)では糸状菌相は複雑となり、セルロース分解率は高かった(25~83%, 平均57.8%)。

3) 泥炭の分解が進んだ水路脇、水たまり等(図34, 35のグループIII)では、糸状菌相は複雑で *Trichoderma* sp. 等が出現し、*Penicillium* spp. はほとんど見られなかった。セルロース分解微生物としては細菌が優占し、埋め込まれたセルロースの分解率は低かった(1~65%, 平均28.7%)。未分解のミズゴケ泥炭ではセルロース分解菌より糸状菌類が多く、分解の進んだ泥炭では逆にセルロース分解菌が多くなった。

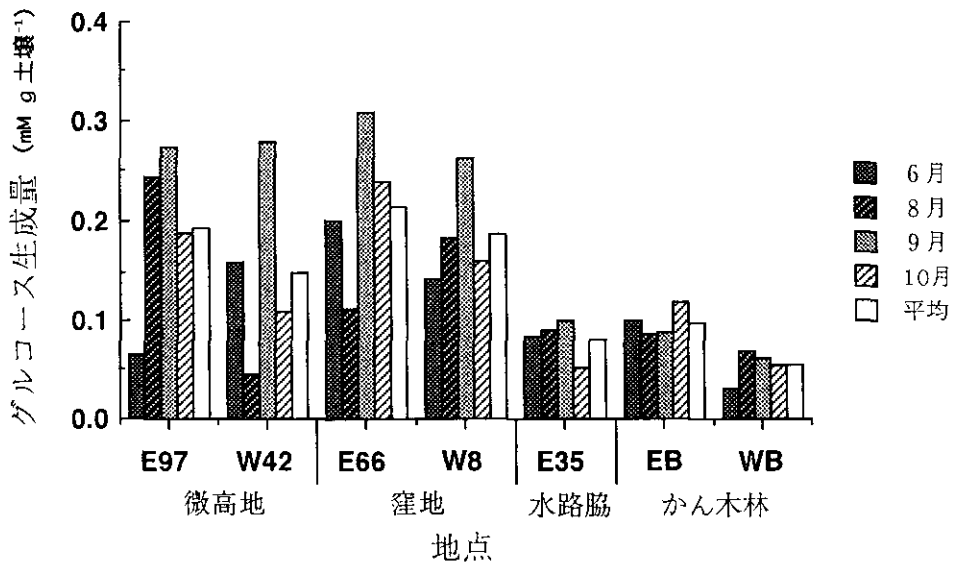


図35 泥炭中のセルロース分解菌数

菌数は培地プレート上のコロニー数を乾重当たりで示す。分解度の低いミスゴケマット (I) では、中程度に分解したミスゴケ層 (II) や泥炭の分解の進んだ水路、水たまり等 (III) よりも、セルロース分解微生物として真菌類が優占している。横軸の数字は地点を、縦棒は標準偏差を示す。

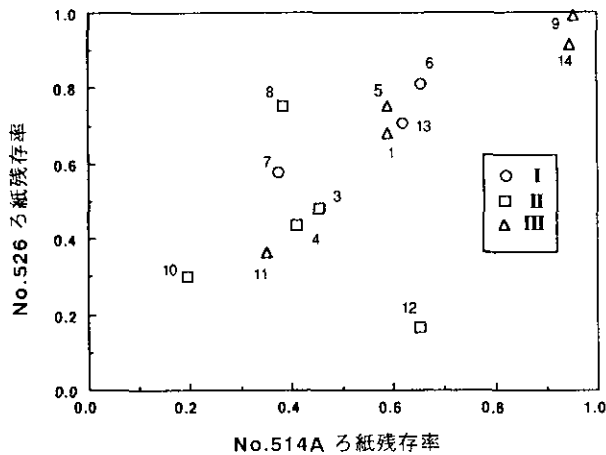


図36 泥炭中に埋設した厚さの異なる2種類のろ紙の6カ月間の残存率

No. 514Aろ紙は厚さ0.34mm, No. 526ろ紙は厚さ0.70mm。泥炭の分解度を示す記号 I, II, IIIについては図5の説明を参照。泥炭の分解の進んだ水たまり (III, 図中△印) では一般にセルロースの分解率は低い、水路脇のやや好気的な地点 (地点11) では分解率は高い。

湿原中央部で層位別に微生物数を調べた結果、上層 (0~5cm) では糸状菌が、下層 (10~15cm) では細菌が相対的に優占していた (図37)。

#### (6) 土壌の理化学性

宮床湿原泥炭土壌について、表層から300cmの深さに

わたって20点の試料を採取し、無機成分およびワックスマンの近似分析法による有機物の分析を行った。試料採取地点では40~70cmに不透水層、140~150cmおよび240~260cmに木質層が存在していた。

全塩基量および全リンは現植生の影響がある表層で高く、以下90~110cmまで深さとともに減少するが、シルトの混入が認められる200cm前後の層位で全塩基が最高値を示し、以下再び減少する傾向を示した。この傾向はカルシウム、マグネシウムで顕著に認められた。このほか、鉄、アルミニウム、銅、鉛、亜鉛なども、40~70cmの不透水層を境に上部と下部では様相を異にしていた。ほとんどの無機成分は上部では深さとともに減少するのに対し、下部では深さとともに増加する傾向を示した。さらに100, 200cm前後の層位では過去における乾燥化による影響が確認された。

ワックスマン近似分析法による熱水画分、塩酸加水分解画分および硫酸加水分解画分として分画される有機物の組成とその量は、前述の3つの特徴的な層位の影響を強く受けていた。塩酸加水分解画分ではペントースが多く、硫酸加水分解画分ではヘキソースがその主体であった。この傾向は新鮮な植物遺体が存在する層位で顕著であった。また、ペントース、ヘキソースが各画分の全炭素に占める割合は深さとともに減少し、腐植物質の混入



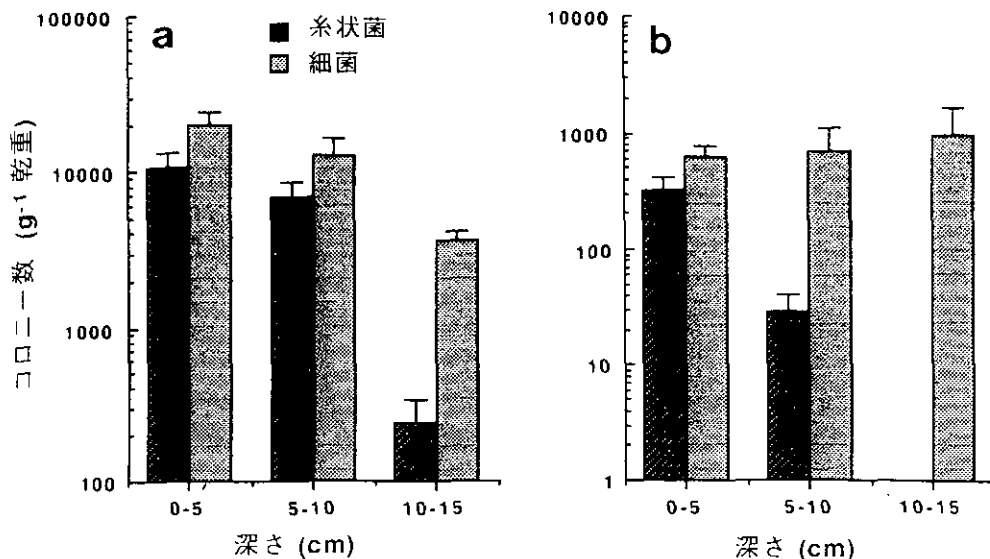


図37 宮床湿原泥炭中の微生物数の鉛直分布  
菌数は培地プレート上のコロニー数を乾重当たりで示す。  
a: 生菌数; b: セルロース分解菌数。

割合が高くなっていった。宮床湿原は40~70cmの層位にヨシを素材とする不透水層を有し、その下層には140~150cmおよび240~260cmに木質層が存在し、これら3つの特徴的な層位が他の層位の化学性および有機物組成に大きく影響することが判明した。すなわち40cmより上部の層位にはヘミセルロースを主体とする比較的新鮮な植物遺体が多量に存在し、不透水層により表層と下位層では有機物の分解、各種化学成分の動態が異なることが明らかとなった。さらに上部の層位での重金属量が下層に比べ明らかに高いことから、現在の湿原環境が大きく変化していることが認められた。また、下層の2つの木質層の上部ではともに有機成分の減少と無機成分の増加が認められ、過去に乾燥化を受けた層位であることが認められた。

### 2.3.4 湿原生態系の機能

主に、宮床湿原において調べられた生態系の機能について述べる。

#### (1) 湿原及び周囲の森林における物質循環

湿原と周囲の森林の物質循環における相互関係を明らかにするために春から初冬にかけて宮床湿原の北西に隣接する森林で落葉の動態調査を行った。コナラ、ミズナラの優占する森林にリタートラップを設置し落葉の採取を行いましたリターバッグにより落葉の分解率を求めた。毎木調査及び地形測量及び土壌水分測定も行った。

その結果、年間落葉量は $395\text{g m}^{-2}$ と推定された(うちコナラが52%、ミズナラが28%)。この値は日本の落葉広葉樹の平均的な値と一致した。夏期での分解率は約 $0.0019\text{day}^{-1}$ であった。落葉の窒素含有量はコナラで0.76%乾重、ミズナラで0.73%乾重であった。窒素として分解された量は $0.44\text{mg m}^{-2}\text{day}^{-1}$ で、このうち一部が水路及び湿原内に供給されるものと考えられた。

#### (2) 池塘における生物生産

池塘の底生動物の生産量と付着・底生藻類の生産量を調べた。ここでは付着底生藻類食性の *Stictochironomus akizukii* とそれを捕食する *Procladius culiciformis* が優占していた(図38)。年平均現存量(乾重)は前者が $1.46\text{g m}^{-2}$  後者が $0.44\text{g m}^{-2}$ であった。両者とも1年で成熟していたので、生産量/現存量比を5と仮定して年生産量は *Stictochironomus* が $7.3\text{g m}^{-2}$ 、*Procladius* が $2.2\text{g m}^{-2}$ と推定された。*Procladius* が捕食している *Stictochironomus* の1, 2齢幼虫の生産量は $0.7\text{g m}^{-2}$ と推定されることから *Procladius* の餌は主に底生・付着藻類であると考えられた。ユスリカの合計生産量 $9.5\text{g m}^{-2}$ は富栄養湖で報告されている値に匹敵した。池の付着藻類、底生藻類及び浮遊藻類の総生産量を現場で明暗チャンバーを酸素容器法により測定し、9月に $0.04\text{g O}_2\text{ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ (付着藻類)、 $0.64\text{g O}_2\text{ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ (底生藻類)、 $0.0\text{g O}_2\text{ m}^{-2}\text{day}^{-1}$ (浮遊藻類)であった。幼虫の成長期である7月の付着藻類の総生産量はこれより

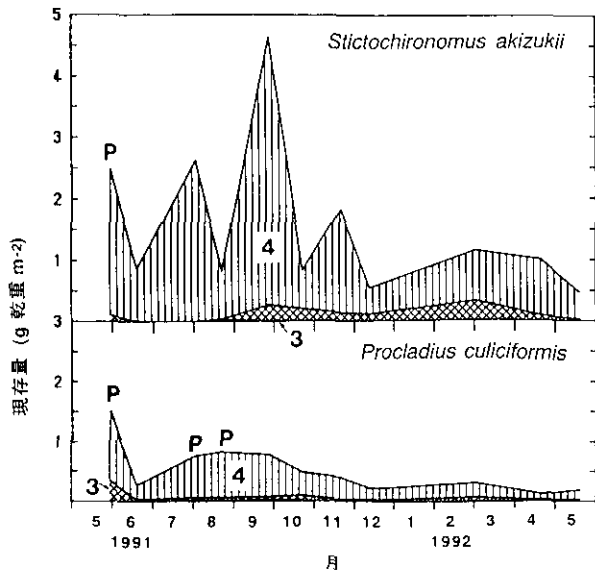


図38 宮床湿原の池のユスリカ幼虫の現存量の季節変動  
数字は齢期を表す。Pは蛹の出現期を示す。

高く $0.2\text{gO}_2\text{m}^{-2}\text{day}^{-1}$ であったが、藻類の一次生産は主に底生性のものでまかなわれ、これがユスリカの二次生産を維持していると考えられた (図39)。

### (3) 土壌微生物の分解作用

宮床湿原を東西方向に横切る調査線上に、小隆起地(ハンモック) 2地点、小凹地(ホロー) 2地点、湿原中央を流れる水路の脇 1地点および湿原外縁の灌木地 2地点の計 7地点の調査定点を設けた。各地点において泥炭の pH、微生物数および泥炭中に埋め込まれたろ紙の分解率

を測定した。

泥炭の pHは湧水のある湿原東部 (pH5.0) から西部 (pH3.6) に向けて徐々に低下していたが、湿原中央を流れる水路脇の pHはその周囲よりも高く (pH4.5)、泥炭の理化学性に水路を流れる水が影響を及ぼしていることが示唆された (図40)。

泥炭中の微生物数は地点間で大きな差があり、好気性細菌および糸状菌数は窪地では微高地よりも少ない傾向にあった。湿原東側および西側の灌木地ではともに細菌数は高かったのに対し、糸状菌数は場所により異なり、東側の灌木地では低く、西側の灌木地では高かった (図41)。

泥炭に埋め込んだろ紙は、湿原周辺の灌木地および微高地の 1地点では 5カ月間 (5~10月) にその重量の 30~50%が分解により失われたが、他の微高地および窪地や水路の脇ではろ紙の分解率は低く、5カ月間の重量の減少率は 4%以下であった (図42)。これらのろ紙の分解率と泥炭中の微生物数との間には有意な関係は認められなかった。湿原内部よりも湿原周辺部でセルロース分解活性が高かったことは泥炭の含水比、pH、微生物数の差など 1つの要因だけでは説明できず、有機物分解活性が他の複数の要因の影響を受けていることが示唆された。

宮床湿原において採取したミズゴケおよび泥炭のセルラーゼ活性をカルボキシメチルセルロースナトリウムを基質としたグルコース生成量により測定した。その結果、微高地および窪地の分解程度の低いミズゴケ泥炭の方が、湿原内を流れる水路脇あるいは湿原周辺の灌木林の分解

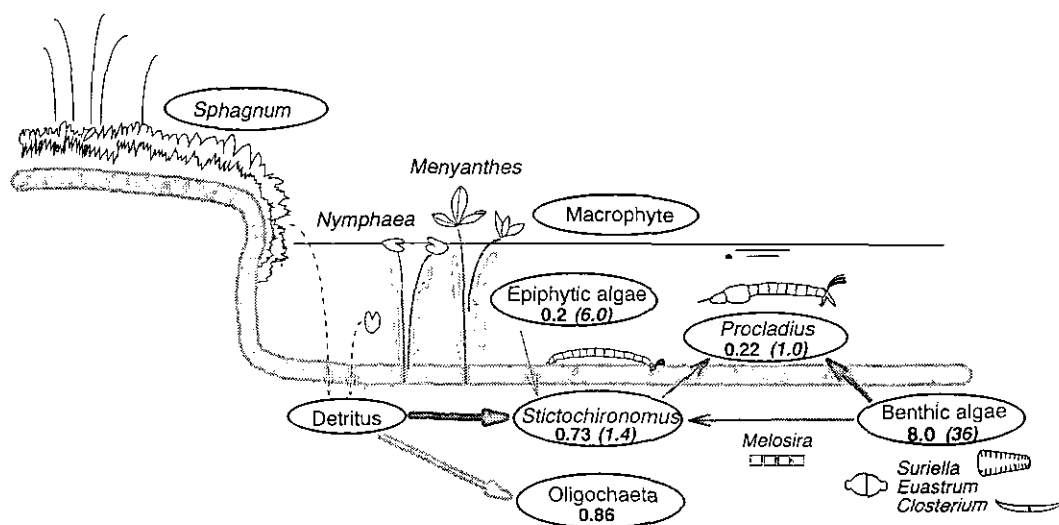


図39 宮床湿原の池塘50 (地点 D 2) における底生動物を中心とした炭素の流れ  
現存量 ( $\text{gC m}^{-2}$ ) 及び括弧内に生産量 ( $\text{gC m}^{-2}\text{year}^{-1}$ ) を示す。

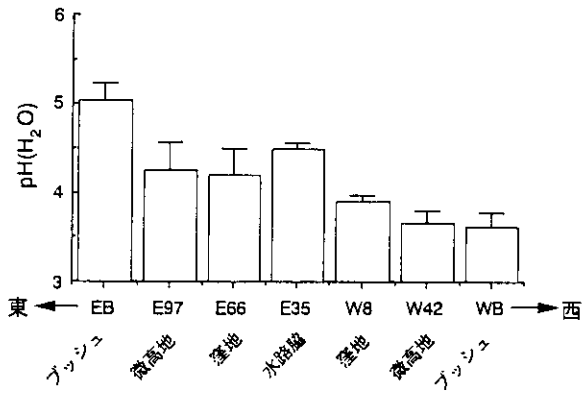


図40 湿原を東西に横切る調査線上の泥炭のpH

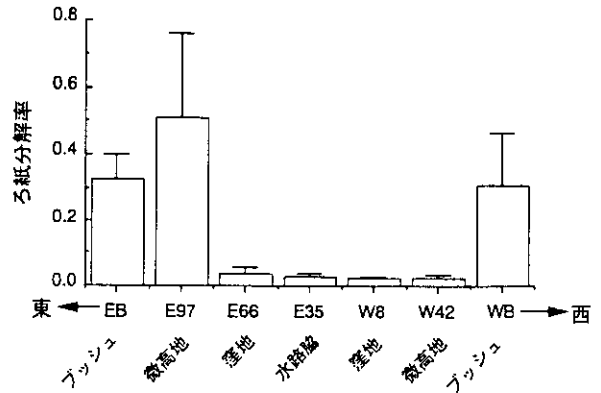


図42 泥炭中に埋め込んだろ紙の5カ月間の分解率（5連の測定の平均値および標準偏差）  
微生物数が比較的高かったE35及びW42でも、ろ紙分解活性は低い。

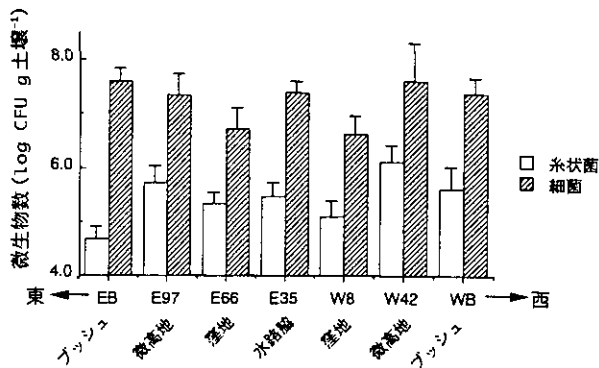


図41 湿原を東西に横切る調査線上の泥炭中の好気性細菌および糸状菌数（5回の調査の平均値および標準偏差）  
窪地では他の地点よりも微生物数は少ない。

の進んだ泥炭よりも、乾燥重量当たりのセルラーゼ活性は高い傾向にあった。しかし、セルラーゼ活性と泥炭中のセルロース分解微生物数との相関は小さかった。また、セルラーゼ活性と泥炭中に埋めたセルロースろ紙の分解速度とも相関は小さかった。このことは、これら基質の添加によりセルラーゼ活性が誘導されることを示唆していると思われた。土壤微生物群のセルロースろ紙分解への寄与を評価するため、ヌクレオポアフィルターで包んだろ紙を湿原に6カ月間埋め、その分解率を求めた（図43）。その結果、分解率の高かった“微高地”（地点E97）

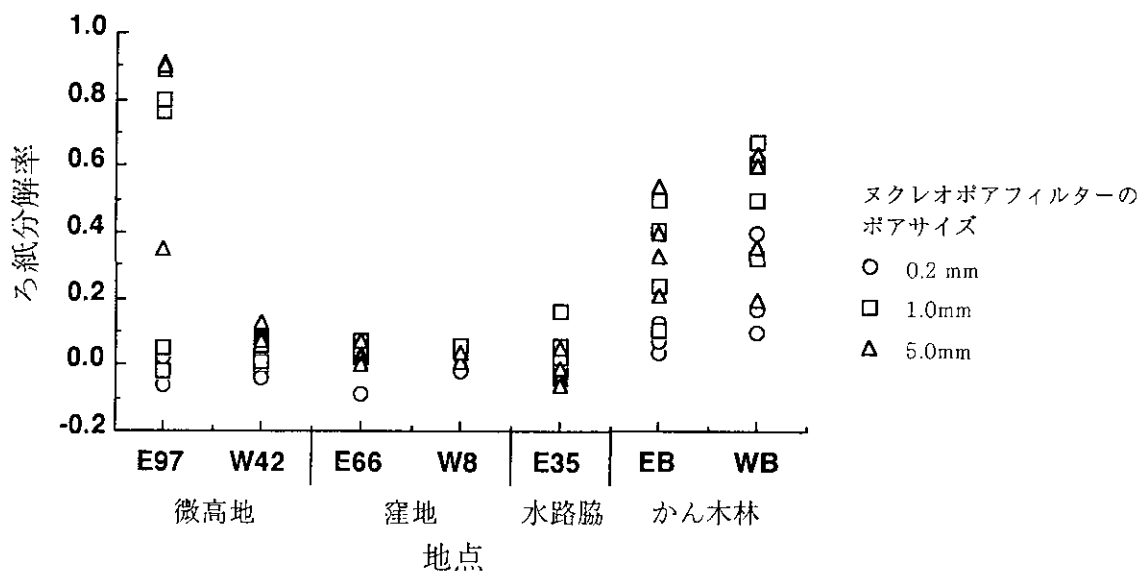


図43 宮床湿原泥炭に埋め込んだヌクレオポアフィルターに包んだろ紙の分解率  
E97地点では、埋め込まれたろ紙のうち1μm以上の孔隙のフィルターに包まれた一部のろ紙のみ、非常に分解が進んだ。

では、孔径 $0.2\mu\text{m}$ のフィルターで包んだろ紙は分解されなかった（分解率2%以下）が、孔径 $1\mu\text{m}$ および $5\mu\text{m}$ のフィルターで包んだろ紙の分解率はそれぞれ76%以上または5%以下および89%以上または35%以下であり、分解されたろ紙とほとんど分解されていないろ紙の差が大きかった（それぞれSD=0.44および0.27）。また分解の進んだろ紙の表面には菌類の菌糸が高密度で観察された。これらの結果は“微高地”では大きな孔隙のみを通過できる、コロニーを形成する菌糸状の微生物により不均一に分解が進むことを示唆している。一方、かん木林に埋め込んだ孔径 $1\mu\text{m}$ または $5\mu\text{m}$ のフィルターで包んだろ紙の分解率はいずれも11%から67%の間であり、ろ紙間のバラツキは“微高地”に比較して小さかった（SD=0.14~0.21）。また、分解の進んだろ紙においても密生した菌糸は観察されなかった。以上の結果から、かん木林では比較的微小な孔隙をも通過可能な微生物または微生物の生産するセルラーゼにより平均的に分解が進むことが考えられた。

## 2.4 湿原生物群集の変動要因に関する研究

### 2.4.1 湿原の土壌水分環境と植生との関係

尾瀬ヶ原中田代で、湿原中央から下の大掘川に至る約400mの調査ラインを設定し、その中に約20m以内の長さの6本のサブラインを設け微地形測量を10cmごとに行った。各サブラインには5カ所に水位観測のために50、100、150cmの深さに塩ビパイプを挿入し、さらに50cmの深さまで全面穴の開いた排水管を挿入してピット水位を測定した。土壌水分、植生、間隙水中のpH、電気伝導度、アンモニア濃度を測定した。湿原中央部には起伏が少なく、他は20cm程度の起伏が見られた。また、ピット水位も他と異なり地表から20cmの付近に水面があり、特に8、9月にはさらに低下した場所があった。中央以外ではピット水位は微地形に依存して変化していた。ミズゴケの窒素含有量は、キダチミズゴケ（0.7%乾重）<ムラサキミズゴケ、イボミズゴケ、スギバミズゴケ（1.0%乾重）<ウツクシミズゴケ、アオモリミズゴケ（1.4%乾重）の順に高くなっていった。土壌水分が低くなるほどミズゴケの密度が高くなる傾向が見られた。

ミズゴケ群落（ドーム上と傾斜地）とヤマドリゼンマイ群落内の地点で、土壌の表層1cmと表層から30cmの深さの温度の時間変動を調べた。上記の土壌水分が低いほど温度伝搬率が低くなった。12月~5月中旬の冠雪期間

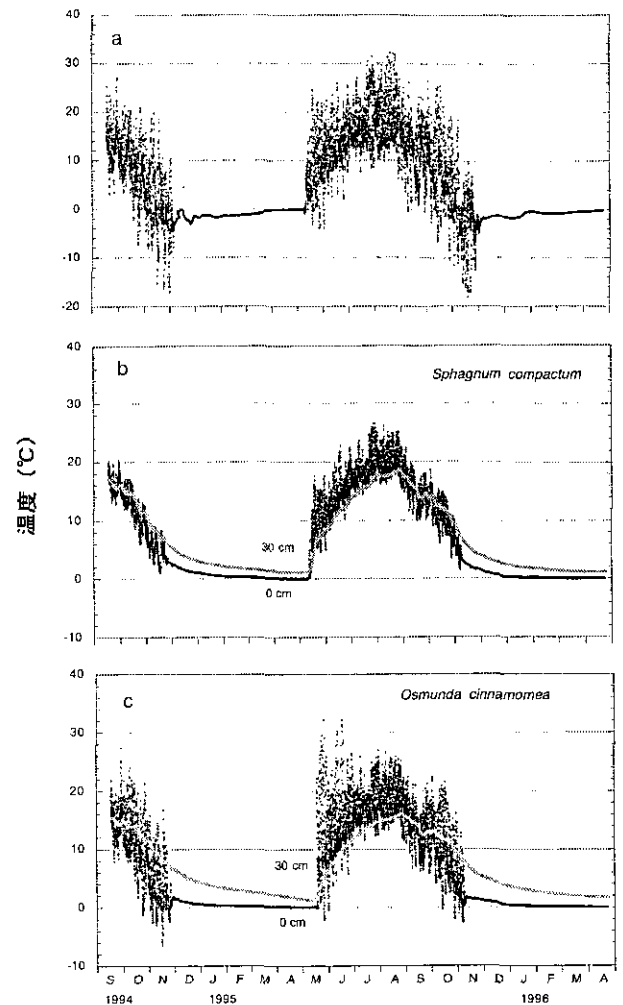


図44 尾瀬ヶ原中田代の気温と地温の変動  
a: 気温 (50cm高さ) ;  
b: キダチミズゴケ群落の土壌温度;  
c: ヤマドリゼンマイ群落の土壌温度

における地中での温度降下は緩やかで、ヤマドリゼンマイ群落では5カ月間で温度が $6.2^{\circ}\text{C}$ から $1.5^{\circ}\text{C}$ に低下していた。土壌表層の温度変化はミズゴケでは日内変動が $10^{\circ}\text{C}$ 前後であったが、ヤマドリゼンマイでは展開前の5月には $20^{\circ}\text{C}$ 程度の日内変動が記録され、微環境に植生と土壌水分含量が大きく作用していることが示唆された（図44）。

### 2.4.2 湿原の水生生物の分布特性と多様性

#### (1) 湿原の水生生物の分布と多様性について—尾瀬ヶ原

尾瀬ヶ原の上田代の24池塘及び中田代の36池塘について動物プランクトンの分布、底生動物の分布と食性を調べた。動物プランクトンは各池塘の中央部で採水器を用いて定量的に採取した。ヒガナガケンミジンコ

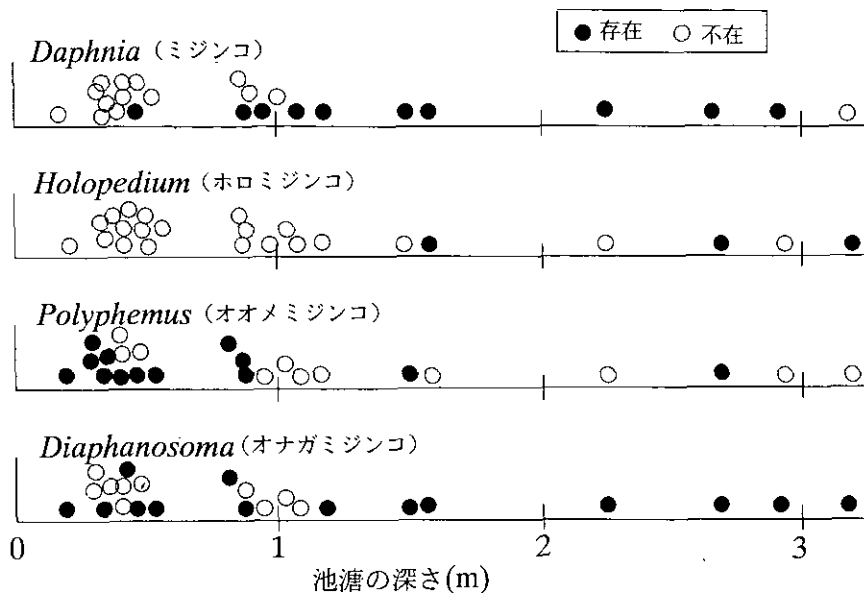


図45 尾瀬ヶ原における池澁の深さと枝角類動物プランクトン出現種との関係

(*Acanthodiatomus*) とハネウデワムシ (*Polyarthra*) はほとんどの池澁で見られた。枝角類では、ミジンコ (*Daphnia*)、ホロミジンコ (*Holopedium*)、オオメミジンコ (*Polyphemus*) 及びオナガミジンコ (*Diaphanosoma*) が出現したが、ミジンコ (*Daphnia*) とホロミジンコ (*Holopedium*) は比較的深い池澁に出現する傾向が見られた。一方オオメミジンコは浅い池澁に出現する傾向にあった (図45)。またフサカ幼虫は池澁間で生息数に違いが見られ、深い池澁ほど多くの個体が生息する傾向にあった (図46)。

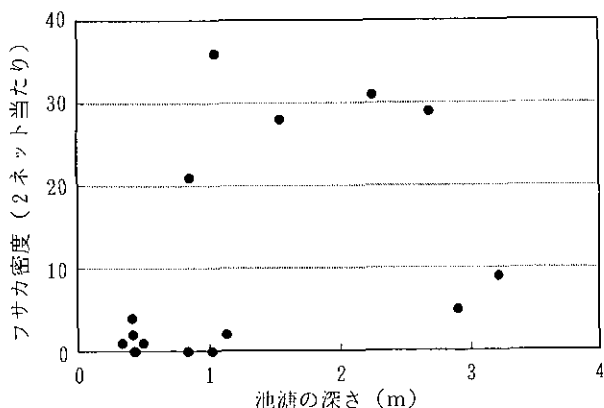


図46 尾瀬ヶ原の池澁の深さとフサカ幼虫密度との関係  
フサカ幼虫密度は口径20cmのプランクトンネットを用いて2回の鉛直曳きで得られた個体数。

(2) 底生動物の分布特性—宮床湿原

宮床湿原の池澁の底生動物の出現グループ数は、これまでに報告されている他の湿原池澁での調査結果に比べて多かった。宮床湿原の流水部の底生動物相は、池澁との共通種も多く見られた。流速が遅い小水路であり、また融雪時には各池澁と水路は水理的に繋がるため、池澁と河川の中間の底生動物相を示しているものと考えられる。

一方ユスリカ類は全域に分布し、32種類のユスリカ成虫が採集されたが、種類は地点ごとに偏っていた。ユスリカの出現種数をグループ別に比較してみると、ボッグの特徴を示していた (図47)。

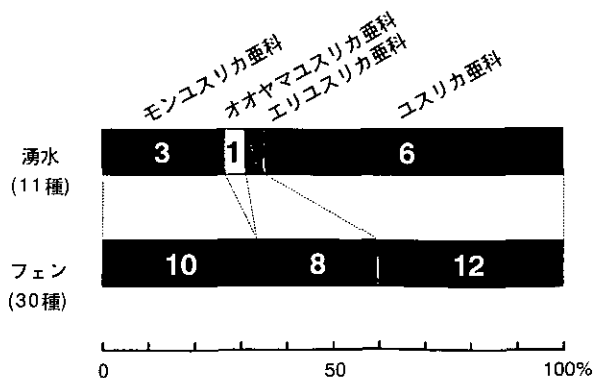


図47 宮床湿原のユスリカのグループ別種数  
カナダの報告例と比較すると宮床湿原のユスリカ相はモンユスリカ亜科が多くボッグの特徴を示していた。

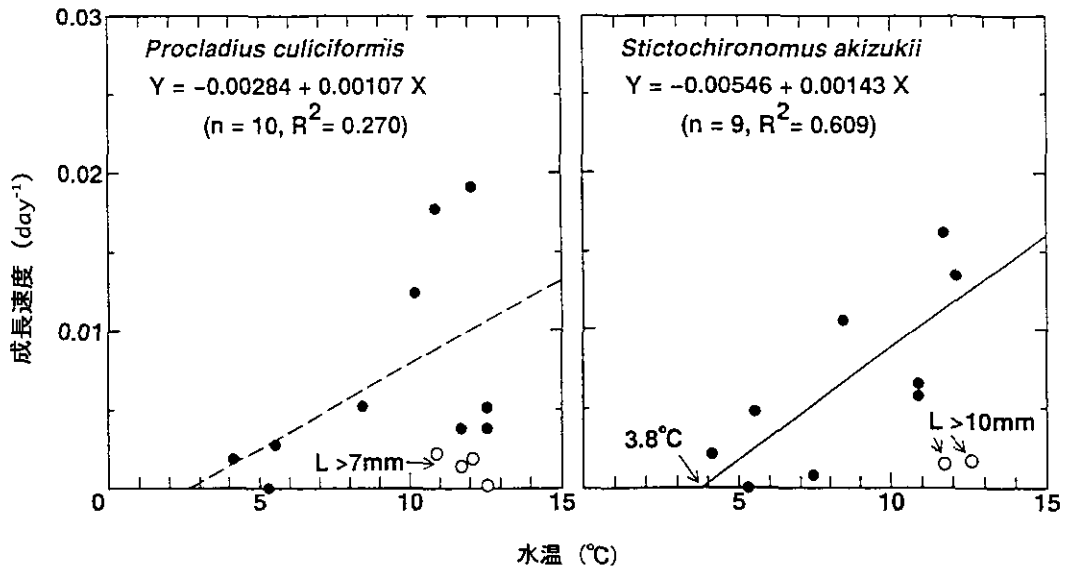


図48 池澁 D2における2種のユスリカの成長速度

湿原池澁で優占する底生動物の水温に対する成長特性を解析した。池澁ではユスリカ科の *Stictochironomus* と *Procladius* が優占しているが、毎月採集された個体の体長の頻度分布から成長速度を求めた。*Stictochironomus* と *Procladius* の発育零点はそれぞれ3.7℃、2.6℃と推定された。植食性の *Stictochironomus* は、他の湖沼で出現する *Chironomus* 等の植食性ユスリカとほぼ同等の、水温に対する成長特性を示していた (図48)。一方肉食性の *Procladius* の成長特性についてはこれまでに報告がない。雪に覆われ、冬期間水温が0℃に低下する小池澁に比べ、湧水が流入し冬期も水温が5℃以上に保たれる比較的大きな池澁では冬期にもこれらのユスリカによる有機物分解が盛んに行われることが示唆された。ユスリカ幼虫の年生産量は富栄養湖の値に匹敵し、池澁への栄養塩及び有機物の供給が起きていることが示唆された。

### 2.4.3 湿原植物の発芽・成長特性

#### (1) 種子の発芽特性

湿原植物の種子繁殖の動態を明らかにするために、種子の発芽実験を行った。凸地から単子葉植物が $10^6 \text{ m}^{-2}$ 、双子葉植物が $63 \text{ m}^{-2}$ の密度で埋土種子が発芽した。ワタスゲは10℃以上で発芽したが、10~15℃では一定の発芽率に至るまで10日ほど遅くなった。冬期に湿潤環境で過ごしたワタスゲは約70%の発芽率があったが、乾燥状態であると20%になり、湿潤環境で生きる適応であると推定された (図49)。種類別にみるとイ、コバギボウシ、ミ

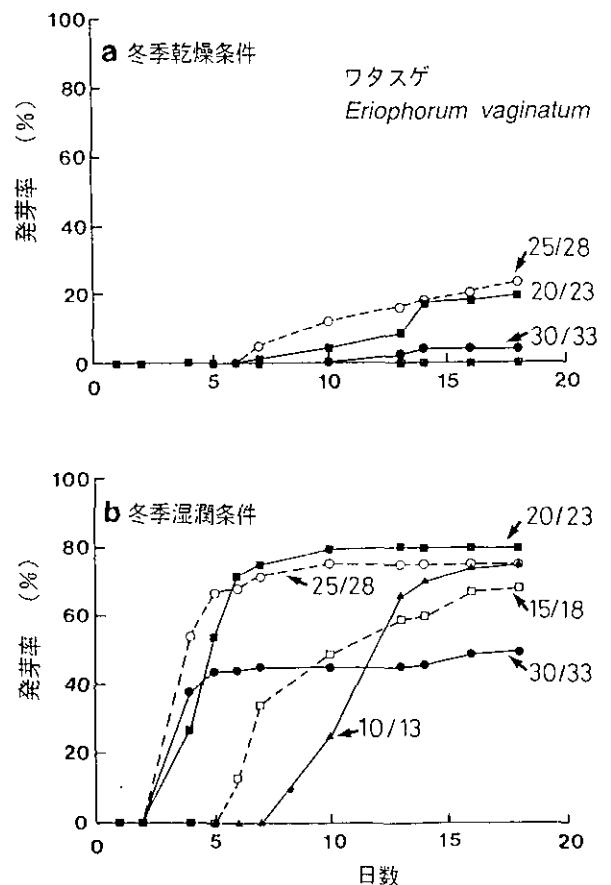


図49 ワタスゲの種子の発芽率

a: 乾燥状態で5カ月間保存したもの；  
b: 湿潤状態で5カ月間保存したもの。  
表中の数字は温度条件 (暗期/明期；℃)。

カヅキグサは発芽率が高い(約90%)がゼンテイカ、ミツガシワ、エゾリンドウ、ミズギク、アザミの発芽率は低かった(50%以下)。

## (2) ミズゴケの成長特性

宮床湿原で採取した胞子から、チャミズゴケ、イボミズゴケ、ハリミズゴケ、サンカクミズゴケ、ホソバミズゴケの実験室培養を行った。BBM培地用い、温度20℃、照度100 $\mu$ Einst. m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、12時間-12時間明暗周期下で培養個体を得ることができた。このうち、宮床湿原でイボミズゴケ、ハリミズゴケ、ムラサキミズゴケと並んで個体数が多いチャミズゴケの温度に対する増殖特性を調べた結果、5℃では原糸体のままで成熟個体へ成長しないのに対し、10℃-30℃では成熟個体への成長を示した。培養60日目まででは25℃が最も成長が速く、湿重量で58mgの成長を示したが、その後はほとんど成長を示さなかった。これに対して、低温では60日目までの成長は25℃と比較すると遅いが、60日目以降でも成長し、100日目では15℃で湿重量92mg、20℃で湿重量77mg、10℃で湿重量46mgの成長を示した(図50)。以上の結果から、宮床湿原のチャミズゴケは、雪解けの4月から11月の間の温度条件下では成長可能なことが明らかとなった。

### 2.4.4 湿原周辺の土地利用が湿原生態系に及ぼす影響

赤井谷地は周囲を農地に囲まれ、大小いくつかの水路で囲まれており周囲には畑・水田・放棄水田・休耕田など土地利用の違いが存在する。これらの農地に接する赤井谷地西端から湿原に内側に向かって、5本のライント

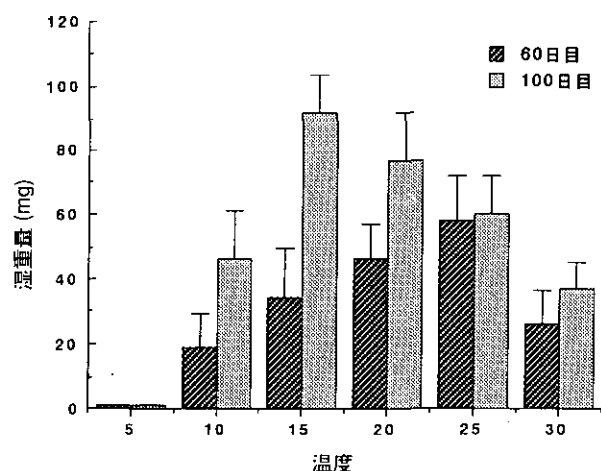


図50 チャミズゴケの成長に及ぼす温度の影響  
縦棒は標準偏差を示す。

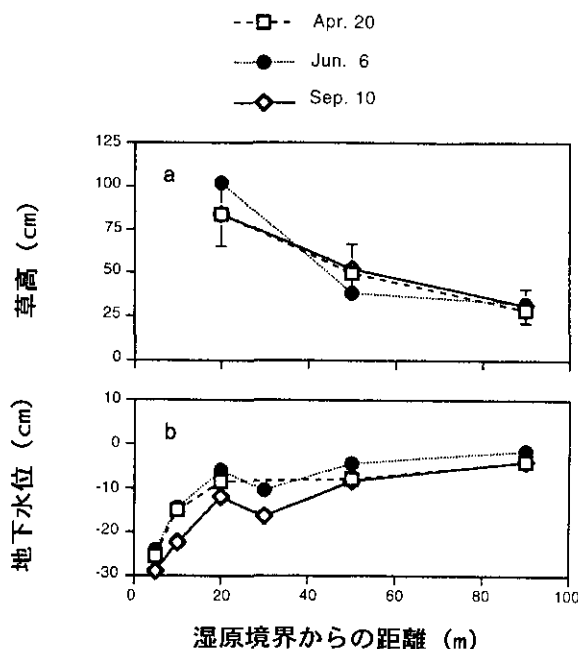


図51 赤井谷地周縁部から湿原内部に向かうライントランセクトにおけるチャミズゴケの草高(a)と地下水位(b)の変動

ランセクトを90mにわたって設け、地下水位と草高、植物の生理特性を調べた(図51b)。

地下水位は降水量を反映し、6月初めに高くその後9月にかけて低下した。水田に接する一つのライントランセクトでは、地下水位は湿原周縁部から湿原内に向かって低下しており、水田から栄養塩が供給されている可能性を示唆していた。他の4つのライントランセクトでは湿原周縁部が最も高く湿原内部に向かって低下していた。湿原に侵入しているチャミズゴケの草高は湿原内部に向かって低下していた(図51a)。落葉性低木とチャミズゴケ、ヨシの光合成速度・蒸散速度を比較した。単位葉面積当たりの光合成速度はヨシ、チャミズゴケ、イソノキ、ヤマウルシ、ノリウツギ、レンゲツツジの順に多くなった。チャミズゴケは常緑の多年草で、葉の寿命は約2年程あるものと考えられ、6月には当年に展開した新葉と前年の1年葉と区別できた。1年葉は当年葉に比べ75%ほど光合成速度が小さかった。チャミズゴケの当年葉は他の植物に比べ最も大きい蒸散速度を示した。

チャミズゴケの草高が、湿原内部の90m付近で小さいのは土壤の水分や貧栄養環境のためと考えられたが、湿原内の50m及び90mの地点の光合成速度は湿原周縁部付近に比べて有意に低くはなかった。また50m及び90mの地点の地下水位の差も大きくはなかった。このことからチャミズゴケの生育が湿原周縁部で増加したのは、水位低下によ

て生じた土壤栄養環境の変化が大きいであろうと考えられた。水位の低下で土壤が好氣的になり分解が進み、栄養塩が回帰したことが考えられる。今回の調査によって地下水位は周辺の土地利用と水路の有無で影響されることが明らかになった。チマキザサやアカマツの記録が35年前の報告にないことから、ここ30数年の間に急激に侵入したと考えられた。

航空機搭載スペクトルイメージャ画像により赤井谷地の植生画像分類と湿原内の微細標高との対応から、湿原中央付近の最も盛り上がっているところでは、ミズゴケの上が乾燥してハイヌツゲ等の侵入が見られること、湿原北部のやや低く水がたまりやすい場所にハリミズゴケが分布していること、湿原南部の微細標高の高いところに、樹高の高いアカマツが分布していることなどが分かっている(図21参照)。

赤井谷地は北西から南東に向かう傾斜した基盤の上に、高低差約2.0mのドーム状にミズゴケの堆積した湿原で、中央部は北西に偏っている。この湿原は、かつて大窪山裾野の東斜面に形成され、水田の開墾と新四郎堀の掘削が、現在見られるところの大窪山と分離された湿原形状をもたらしたと考えることができる。赤井谷地と大窪山の間を北上し赤井川の水を会津平に導くために、1929年頃に作られた新四郎堀は、地形勾配に逆行している。新四郎堀を北上にするに従いその水面標高は、湿原西端と比較してとの差は-1.2mから-1.8mとその差は拡大していた。この堀の完成も、湿原西部、大窪山裾野に広がる泥炭地の水位低下を加速したものと考えられる。

## 2.5 まとめ

現場調査手法では、生物季節の定量的把握のために連続撮影の簡易装置を開発し、福島県の宮床湿原や尾瀬ヶ原の植物及び景観の季節変化等の記録を行った。装置では最長70日分の定時撮影が可能である。これによりミツガシワやヒツジグサ等の湿原植物の花期や結実期、また開花の日周リズムを明らかにされた。この装置は水位標や積雪深標を写し込むこともできるため現場の積雪状況を的確に把握することが可能になった。

湿原は低温・過湿のため土壤の分解が遅く、そのため泥炭が堆積していくと従来考えられていた。しかし実際は、湿原の中での生物の活性は高く、高い生産と早い分解のバランスの上に成り立って生態系が維持されていることが、宮床湿原の調査から示唆された。集水域を二次

林で囲まれた宮床湿原は面積は8haと小さいが、ボグとフェンの複合した生態系である。湿原の池塘では藻類や水生昆虫の多様度が高く、それらの生産速度も高いことが明らかにされた。地下水位の季節変動も大きく、それによる土壤水分の違いが地温の変動や微生物の分解活性に影響することが明らかにされた。湿原を支える水はダイナミックに変動し、湿原の生態系は活発な生物活動のバランスの上に維持されている。ミズゴケはそのバランスを保つ主要な種、キーストーン種である。

赤井谷地の調査から、周縁の切り崩しにより地下水位の低下が起こる範囲や湿原外から勾配に沿って地下水が流れ込む等の影響(周縁効果)の範囲が明らかにされた。地下水位の変動が及ぶ範囲は湿原内部に向かって約30mであった。乾燥化によるチマキザサの侵入は約200m内側まで及び、光合成・蒸散速度の増加は50m位までみられた。物理環境が及ぶ範囲以上に生物の影響が内部まで及んでいる。この湿原に最も大きな影響を与えたのは1960年代に湿原の縁辺部に開設された側溝と考えられ、地下水位の低下、土壤の乾燥化、ミズゴケからササへの植生

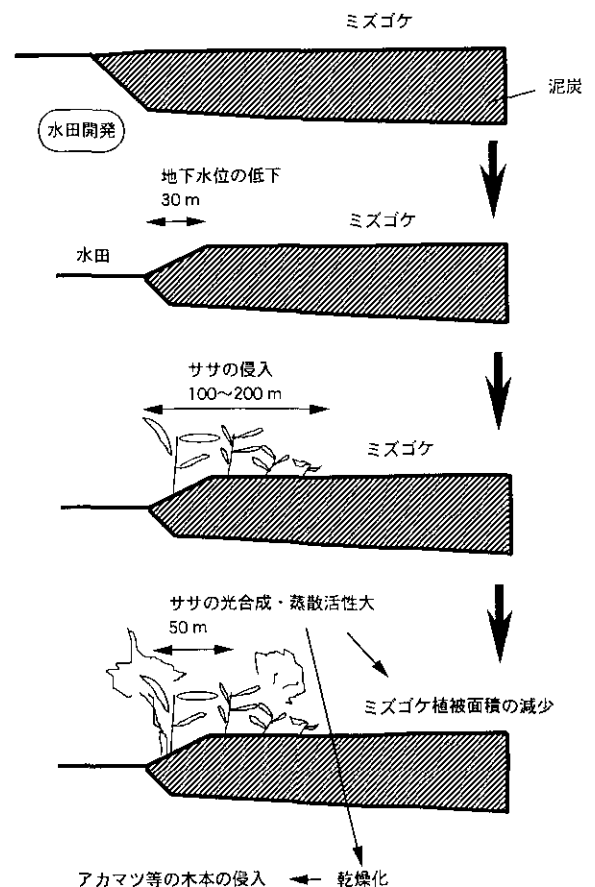


図52 赤井谷地の周辺における農地開発と植物の侵入過程



変化という波及的な影響をもたらし、現在はアカマツが分布するようになったのであろう (図52)。

湿原から水が流出すれば乾燥化をもたらすと懸念される。赤井谷地とその周辺地域で、表流水質・水位の測定及び地下水位を測定し湿原内外の水の流れを調べた。その結果、農地から湿原へ栄養塩が供給される可能性が示された。水田耕作は、湿原の地下水位の維持に寄与する一方、湿原の富栄養化をもたらす両刃の剣である。それでも、周囲が住宅地に転換され、地下水位が現在より低下することよりはましであろう。湿原の保全には周辺の土地利用や水文を十分に把握しておく必要がある。

生物の生息場所の面積が大きければそこに生息する生物の種は多くなることは、「島の生物地理学の原理」として知られている。陸の中の「島」である湿原のミズゴケの種数を湿原面積に対してプロットしてみるとこの関係が成立するが、期待される値よりも種数が少ない湿原がある。周辺を市街地で囲まれた京都の深泥池では、ミズゴケの一種が絶滅したといわれ二種が現存している。また周囲が農地で囲まれた赤井谷地も面積に比べてミズゴケの種数が少なく、周囲を二次林に囲まれた小さな宮床湿原と同じ七種類にとどまっている。このように人間活

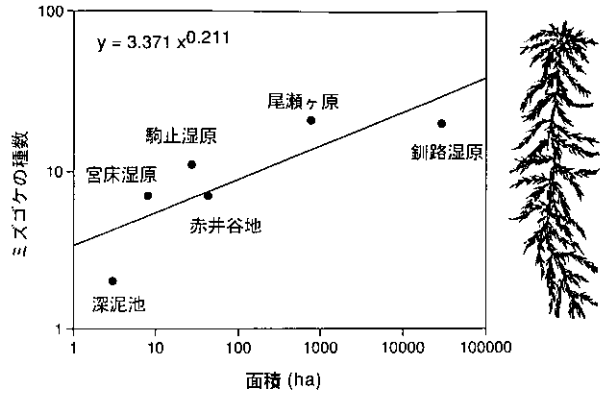


図53 湿原の面積と出現するミズゴケの種数の関係

動の影響が大きく作用する湿原では、ミズゴケの種数が減少している。釧路湿原はヨシの生育するフェン部の面積が大きいため、総湿原面積 (18290ha) に対してミズゴケ種数が少ないものと思われる (図53)。

開発により湿原を小さく分断せずに面積を大きく保つことや周縁効果を和らげるための緩衝帯の設置等が、今後の湿原保全には重要であろう。湿原に限らず、生態系保全のためには、的確な現状把握と科学的な知見の蓄積が欠かせない。

## [資料]

## I 研究の組織と研究課題の構成

### 1 研究の組織

#### [A 研究担当者]

##### 生物圏環境部

部長	岩熊敏夫
生態機構研究室	野原精一・上野隆平
環境微生物研究室	渡辺 信・野崎久義・広木幹也
分子生物研究室	田中 浄

##### 社会環境システム部

情報解析研究室	山形与志樹
---------	-------

##### 地域環境研究グループ

総括研究官	内藤正明
水改善手法研究チーム	平田健正
新生物評価研究チーム	中嶋信美

#### [B 客員研究員]

櫻村 利道	(福島大学)	(平成3～7年度)
神田 啓史	(国立極地研究所)	(平成3～4年度)
隅田 裕明	(日本大学)	(平成3～7年度)
竹原 明秀	(岩手大学)	(平成3～7年度)
辻井 達一	(北海道大学)	(平成3～6年度)
永田 俊	(名古屋大学)	(平成3～4年度)
林 秀剛	(信州大学)	(平成3～7年度)
真山 茂樹	(東京学芸大学)	(平成3～7年度)
安田 郁子	(富山県立大学)	(平成3～5年度)
山本 一彦	(日本大学)	(平成3～7年度)
大高 明史	(弘前大学)	(平成4～7年度)
富士田裕子	(北海道大学)	(平成4～7年度)
谷田 一三	(大阪府立大学)	(平成6～7年度)
野崎 隆夫	(神奈川県環境センター)	(平成6～7年度)

### 2 研究課題と担当者 (\*客員研究員)

#### (1) 湿原の変遷とそのモニタリングに関する研究

岩熊敏夫・野原精一・広木幹也・山形与志樹・平田健正・中嶋信美・隅田裕明\*・竹原明秀\*  
富士田裕子\*

(2) 湿原生態系の特性に関する研究

岩熊敏夫・野原精一・上野隆平・渡辺 信・野崎久義・広木幹也・平田健正・神田啓史\*  
永田 俊\*・林 秀剛\*・真山茂樹\*・安田郁子\*・山本一彦\*・大高明史\*・谷田一三\*  
野崎隆夫\*

(3) 湿原生物群集の変動要因に関する研究

岩熊敏夫・野原精一・上野隆平・渡辺 信・野崎久義・広木幹也・田中 浄・平田健正  
樫村利道\*・辻井達一\*

## II 研究成果発表一覧

### 1 誌上発表

発表者	題目	掲載誌	巻(号)	ページ	刊年
岩熊敏夫	湿原生態系の研究	グローバルネット	5月号	20-21	1993
T. Hirata, S. Nohara, T. Iwakuma, C. Tang, K. Nakatsuji	Seasonal changes of groundwater chemistry in Miyatoko mire	Wetland Management (ed. R.A. Falconer & P. Goodwin)		260-269	1994
T. Iwakuma, T. Hirata, S. Nohara, M.M. Watanabe	Limnological aspect of mires: background and a case study	Report of Suwa Hydro Biological Station, Shinshu University	9	47-52	1995
T. Iwakuma	Status of mires in Japan	Gunneria	70	265-268	1995
平田健正, 野原精一, 岩熊敏夫, 唐 常源	宮床湿原の地下水と表流水の水質変動	国立環境研究所研究報告	R134	23-33	1995
平田健正, 野原精一, 岩熊敏夫	宮床湿原水質・地下水位観測データ	国立環境研究所研究報告	R134	177-180	1995
広木幹也, 渡辺 信	ナイロンメッシュ法による高層湿原泥炭土のセルロース分解活性測定	国立環境研究所研究報告	R134	139-142	1995
広木幹也, 渡辺 信	宮床湿原の泥炭土壌における微生物群集とセルロース分解	国立環境研究所研究報告	R134	143-150	1995
岩熊敏夫	研究の概要	国立環境研究所研究報告	R134	5-8	1995
岩熊敏夫	宮床湿原とその環境	国立環境研究所研究報告	R134	9-22	1995
岩熊敏夫	宮床湿原の底生動物相	国立環境研究所研究報告	R134	109-120	1995
岩熊敏夫	宮床湿原の池塘における底生動物の生産特性	国立環境研究所研究報告	R134	127-138	1995
野原精一	宮床湿原の植物季節と景観	国立環境研究所研究報告	R134	81-87	1995
野原精一, 岩熊敏夫	宮床湿原の微地形, 水理環境と植物分布	国立環境研究所研究報告	R134	35-43	1995
野原精一, 岩熊敏夫	宮床湿原気象データ	国立環境研究所研究報告	R134	161-176	1995
隅田裕明, 岡 洋一, 棚橋弘子, 山本一彦	宮床湿原の泥炭土壌の有機物組成と理化学的特徴	国立環境研究所研究報告	R134	151-159	1995

発 表 者	題 目	掲 載 誌	巻(号)	ページ	刊年
竹原明秀	宮床湿原とその周辺地域の植生	国立環境研究所研究報告	R134	45-79	1995
竹原明秀	宮床湿原植物リスト	国立環境研究所研究報告	R134	181-191	1995
上野隆平	宮床湿原の訪花昆虫	国立環境研究所研究報告	R134	89-95	1995
上野隆平, 岩熊敏夫	宮床湿原のユスリカ相	国立環境研究所研究報告	R134	121-125	1995
渡辺 信, 真山茂樹, 野崎久義	宮床湿原2池塘における底生藻類の現 存量, 種組成及び多様性	国立環境研究所研究報告	R134	97-108	1995
山形与志樹, 安岡善文, 宮崎忠国, 小熊宏之, 森山 隆, 中谷幸広	航空機MSS実験による湿原植生判別に 有効な波長帯の選定と植生分類画像の 作成	日本リモートセンシング 学会誌	15(3)	26-35	1995
T. Hirata, S. Nohara, T. Iwakuma	Ground and surface waters of Miyatoko Mire	Mires of Japan :Eco- systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud.)	F-93	11-18	1996
M. Hiroki, M.M. Watanabe	Microbial community and cellulose decomposition activity in peat soils of Miyatoko Mire	Mires of Japan :Eco- systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud.)	F-93	71-76	1996
岩熊敏夫, 野原精一	赤井谷地の気象	【赤井谷地の自然】天然 記念物赤井谷地沼野植物 群落調査指導委員会報告		25-30	1996
岩熊敏夫, 山形与志樹	赤井谷地の地形	【赤井谷地の自然】天然 記念物赤井谷地沼野植物 群落調査指導委員会報告		31-35	1996
岩熊敏夫, 平田健正, 野原精一	赤井谷地とその周辺地域の表流水の水 質	【赤井谷地の自然】天然 記念物赤井谷地沼野植物 群落調査指導委員会報告		129-134	1996
岩熊敏夫, 野原精一	赤井谷地気象資料	【赤井谷地の自然】天然 記念物赤井谷地沼野植物 群落調査指導委員会報告		237-256	1996
岩熊敏夫	湿原生態系の特性とその保全	かんきょう			

発表者	題目	掲載誌	巻(号)	ページ	刊年
T. Iwakuma	Environment of Miyatoko Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	3-10	1996
T. Iwakuma	Ecology and production of Chironomidae in a mire pool	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	63-70	1996
T. Iwakuma	Environment of Akaiyachi Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	79-88	1996
T. Iwakuma	Environment of Kushiro Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	101-104	1996
岩熊敏夫	里地の水環境と生物	【里地自然地域等自然環境保全調査中間報告書】		印刷中	1996
野原精一, 広木幹也	周囲の土地利用がチマキザサ・落葉性低木の赤井谷地への侵入に及ぼす影響	【赤井谷地の自然】天然記念物赤井谷地沼野植物群落調査指導委員会報告		187-192	1996
S. Nohara, T. Iwakuma	Micro-topography and the hydrological environment of Miyatoko Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	19-22	1996
S. Nohara, M. Hiroki	Effects of land use in the surrounding area on bamboo grass invasion into Akaiyachi Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	95-98	1996
小熊宏之, 山形与志樹	二時期航空機MSSデータを用いた湿原植生分類に有効な観測波長帯の研究	写真測量とリモートセンシング	35(1)	36-45	1996

発表者	題 目	掲 載 誌	巻(号)	ページ	刊年
竹原明秀	赤井谷地の植物群落と植物分布	『赤井谷地の自然』天然記念物赤井谷地沼野植物群落調査指導委員会報告		67-89	1996
A. Takehara	Flora and vegetation of Miyatoko Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	29-46	1996
R. Ueno	Anthophilous insects in Miyatoko Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	47-50	1996
R. Ueno, T. Iwakuma	Chironomid fauna of Miyatoko Mire	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	59-62	1996
渡辺 信, 真山茂樹, 野崎久義	宮床湿原における底生藻類群集の特性と多様性	藻類	43	9~18	1995
M.M. Watanabe, S. Mayama, H. Nozaki	Biomass, species composition and diversity of epipellic algae in mire pools	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	51-58	1996
山形与志樹	スペクトルイメージャによる赤井谷地の観測	『赤井谷地の自然』天然記念物赤井谷地沼野植物群落調査指導委員会報告		123-127	1996
山形与志樹	部分空間法によるミクセル分解と超多波長画像への応用	写真測量とリモートセンシング	35(3)	34-42	1996
Y. Yamagata, T. Iwakuma	Monitoring of Akaiyachi Mire with overlaid CASI images and a detailed digital elevation model	Mires of Japan :Eco-systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	89-94	1996



発 表 者	題 目	掲 載 誌	巻(号)	ペ ー ジ	刊 年
Y. Yamagata, M. Sugita	Land cover monitoring with a vegetation-soil-water index	Mires of Japan :Eco- systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	105-108	1996
Y. Yamagata, H. Oguma, H. Fujita	Wetland vegetation classification with multi-temporal Landsat TM Data	Mires of Japan :Eco- systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	109-114	1996
Y. Yamagata, H. Oguma	Selection of effective spectral bands from airborne MSS data to classify wetland vegetation	Mires of Japan :Eco- systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	115-122	1996
Y. Yamagata	Unmixing wetland vegetation types with a subspace method using hyperspectral CASI imagery	Mires of Japan :Eco- systems and Monitoring of Miyatoko, Akaiyachi and Kushiro Mires (Misc.Rep.Natl.Inst. Environ.Stud.)	F-93	123-127	1996

## 2 口頭発表

発表者	題 目	学会等名称	開催都市名	年月
岩熊敏夫, 野原精一, 渡辺信, 平田健正	福島県宮床湿原の環境と生物について	日本生態学会第39回大会	名古屋	4. 4
岩熊敏夫, 上野隆平	<i>Procladius</i> 幼虫の食性と成長—餌ユスリカとの関連について	第3回ユスリカ研究会大会	つくば	4. 7
岩熊敏夫, 上野隆平, 野原精一, 平田健正	福島県宮床湿原の水生無脊椎動物の分布と現存量	第1回湿原研究会大会	浜中町	4. 8
野原精一, 岩熊敏夫, 平田健正	福島県宮床湿原の高等植物と微環境	第1回湿原研究会大会	浜中町	4. 8
T. Iwakuma, R. Ueno	Zoobenthos communities in bog waters with special reference to Chironomidae (Diptera)	INTECOL's 4th International Wetlands Conference	Columbus, Ohio	4. 9
岩熊敏夫, 平田健正, 野原精一	湿原の水路・池の水質変動特性	日本陸水学会第57回大会	別 府	4.10
平田健正, 野原精一, 岩熊敏夫	湿原における地下水の挙動	日本陸水学会第57回大会	別 府	4.10
岩熊敏夫	湿原の生態学	京大大学生態学研究センター公開講座「生態学と地球環境」	京 都	4.10
山形与志樹, 安岡善文	SAR(合成開口レーダー)画像のテクスチャー解析による湿原の環境評価	計測自動制御学会第23回パターン計測部会研究会	つくば	5. 5
山形与志樹	衛星画像による釧路湿原の解析	1993年ラムサール釧路会議	釧 路	5. 5
山形与志樹, 安岡善文, 小熊宏之, 中谷幸宏, 森山隆	湿原植生判別に有効な波長帯の選定—航空機MSSによるシミュレーション	第19回リモートセンシングシンポジウム	東 京	5. 5
岩熊敏夫	泥炭地湿原の池澮におけるユスリカの成長と生産	第4回ユスリカ研究会大会	滋 賀	5. 6
岩熊敏夫	湿原池澮に高密度で生息するユスリカ ( <i>Stictochironomus</i> , <i>Procladius</i> ) の生態	日本陸水学会第58回大会	松 江	5.11
広木幹也, 渡辺 信	高層湿原泥炭地の微生物と有機物分解 (I) 微地形, 植生と有機物分解活性の変動	第9回日本微生物生態学会	広 島	5.11
M.M. Watanabe, S. Mayama, H. Nozaki	Diversity of benthic algae in two small moorland pools	5th International Phycological Congress	Qingdao	6. 6

発表者	題目	学会等名称	開催都市名	年月
T. Iwakuma, R. Ueno	Ecology of benthic invertebrates in mire waters	6th International Mire Conservation Group (IMCG) Field Symposium	Trondheim	6. 7
T. Iwakuma, T. Hirata, S. Nohara, M. M. Watanabe	Limnological aspect of mires: background and a case study	7th International Symposium on River and Lake Environments	Matsumoto	6.10
渡辺 信, 真山茂樹, 野崎久義	宮床湿原における底生藻類の現存量・種組成及び多様性	日本藻類学会第19回大会	高 知	7. 3
野崎久義, 相沢賢一, 片桐正幸, 渡辺 信	福島県宮床湿原産及び世界5大藻類カルチャーコレクションの <i>Chlorogonium</i> (緑藻・オオヒゲマワリ目)株の比較形態学的観察による種の識別	日本藻類学会第19回大会	高 知	7. 3
岩熊敏夫, 野原精一, 渡辺 信, 平田健正, 上野隆平, 広木幹也, 竹原明秀, 隅田裕明	宮床湿原の生態系構造	日本生態学会第42回大会	盛 岡	7. 8
岩熊敏夫	湿原の池塘・水路の底生動物	日本陸水学会第60回大会	名古屋	7.10
野原精一, 広木幹也, 竹原明秀	ミズゴケ湿原における植物の生態分布と表層地下水の流動性	日本陸水学会第60回大会	名古屋	7.10
広木幹也, 野原精一, 渡辺 信	湿原泥炭地の微生物と有機物分解 (II) 泥炭のセルラーゼ活性	第11回日本微生物生態学会	福 岡	7.11
岩熊敏夫, 野原精一, 加藤秀男, 竹原明秀	尾瀬ヶ原中田代の土壤水分環境	日本生態学会第43回大会	八王子	8. 3
山形与志樹, 岩熊敏夫, 安岡善文	CASI画像と微細標高データの重ね合わせ解析による湿原モニタリング	日本リモートセンシング学会第20回学術講演会	東 京	8. 5
T. Iwakuma, R. Ueno	Trophic interactions in mire benthic communities dominated by chironomid larvae	20th International Congress of Entomology	Firenze	8. 8
S. Nohara	Phenological studies of wetland plants in a bog pool using a simple system of aerial and serial approach photography remote sensing techniques	7th International Mire Conservation Group (IMCG) Field Symposium	Kushiro	8. 8
Y. Yamagata	Remote sensing of Kushiro Mire and Global Wetland Classification Project	7th International Mire Conservation Group (IMCG) Field Symposium	Kushiro	8. 8

発表者	題目	学会等名称	開催都市名	年月
花里孝幸, 笠井文絵	動物プランクトンに及ぼすイモリの影響	日本陸水学会第61回大会	札幌	8.9
林 秀剛, 野原精一	尾瀬ヶ原池塘の水質特性	日本陸水学会第61回大会	札幌	8.9
平林公男, 岩熊敏夫, 山本 優	尾瀬ヶ原のユスリカ相	日本陸水学会第61回大会	札幌	8.9
岩熊敏夫, 野原精一, 加藤秀男, 安類智仁	中田代の地下水と土壤水分	日本陸水学会第61回大会	札幌	8.9
加藤秀男, 岩熊敏夫	尾瀬ヶ原・中田代・池塘における底生動物の食性	日本陸水学会第61回大会	札幌	8.9
谷田一三, 野崎隆夫	尾瀬ヶ原の水生昆虫	日本陸水学会第61回大会	札幌	8.9
S. Nohara, D.F. Whigham	Studies on ecological distribution of <i>Hibiscus moscheutos</i> in constructed wetlands and soil moisture	INTECOL's 5th International Wetlands Conference	Perth, Australia	8.9

REPORT OF SPECIAL RESEARCH FROM  
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

国立環境研究所特別研究報告  
SR-22-'97

---

平成9年3月31日発行

編集 国立環境研究所 編集委員会

発行 環境庁 国立環境研究所

〒305 茨城県つくば市小野川16番2

電話 0298-50-2343 (ダイヤルイン)

---

印刷 アサヒビジネス株式会社

〒305 茨城県つくば市竹園2-11-6

Published by the National Institute for Environmental Studies

16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305 Japan

March 1997

本報告書は再生紙を使用しています。