

花岡・見市・濁川・湯の沢鳥獣保護区の鳥類リストについて

富沢 昌章 福島 豪*

要 約

北海道南西部の4箇所の鳥獣保護区で、1999年（平成11年）1月から2000年（平成12年）5月までに鳥類のセンサスを実施し、鳥類リストを作成した。4箇所の鳥獣保護区全体で観察された鳥類は、留鳥22種、夏鳥29種、旅鳥5種、冬鳥8種の合計64種であった。花岡・見市鳥獣保護区では、合計42種、43種が観察されたのに比べ、濁川・湯の沢鳥獣保護区では、合計50種、48種と観察された種数が多く、旅鳥と冬鳥もそれぞれ8種と9種と多く観察された。

留鳥では、シジュウカラ、ハシブトガラ、ヒガラ、コゲラ、ゴジュウカラ、ヒヨドリ、ハシブトガラス、ヤマガラの8種の観察回数が多く、シジュウカラ、ハシブトガラ、ヒガラは、観察数も多かった。夏鳥では、ウグイス、アオジ、ホオジロ、キセキレイ、キジバト、センダイムシクイの6種の観察回数多く、ウグイス、アオジ、センダイムシクイは、観察数も多かった。ヤブサメは観察回数は多くないが、これら3種に続いて観察数は多かった。旅鳥、冬鳥では、カケスは観察回数多かったが、観察数は少なかった。カケス以外の旅鳥、冬鳥の観察回数はあまり多くなく、観察数ではマヒワが多かった。

繁殖期には、アオジ、ヤブサメ、センダイムシクイ、ウグイス、エゾムシクイ、イワツバメ、オオルリ、キビタキ、シジュウカラ、ヒヨドリ、ハシブトガラ、ヤマガラ、ヒガラが優占していた。4箇所の鳥獣保護区は、ブナを中心とした広葉樹林であり、これらの鳥類の多くは、広葉樹林で繁殖期に優占する種であるとともに、北海道中央部の広葉樹林で繁殖期に優占している種とも共通していた。ただし、樹洞営巣性のハシブトガラ、シジュウカラは、比較的観察数が少なかったが、これは、樹洞の存在する大径木が4箇所の鳥獣保護区とも少ないことが影響していると考えられる。また、ヒヨドリとヤマガラは、北海道北部や東部では繁殖期に希であるが、今回の4箇所の保護区では、中央部と同様に比較的普通に記録されている。一方、溪流沿いに生息するオオルリ、ミソサザイ、キセキレイ、カワガラス、崖地を好むエゾムシクイが、共通して観察され、特に、オオルリ、エゾムシクイは観察数が多かった。これらの鳥類は、本道中央部では比較的平坦な地域が多いためあまり多くは観察されず、この点は本道中央部とは異なる南部の特徴であると考えられる。

Key words : 北海道南西部、広葉樹林、鳥獣保護区、鳥類、リスト

1 はじめに

北海道南西部では、森林における鳥類の生息状況を報告した例は少ないのが現状である。昨年は、本道南西部に位置する歌才・楡山・大釜谷の3箇所の鳥獣保護区での鳥類の生息状況を報告した¹⁾。今回は、さらに、花岡・見市・濁川・湯の沢の4箇所の鳥獣保護区で調査を実施したので報告する。

2 調査地

調査地は、北海道南西部に位置する花岡・見市・濁川・湯の沢の4箇所の鳥獣保護区である（図1）。花岡

鳥獣保護区は長万部町、見市鳥獣保護区は熊石町、濁川鳥獣保護区は森町、湯の沢鳥獣保護区は福島町及び知内町内の国有林にそれぞれ設定されている。面積は、花岡鳥獣保護区は506ha、見市鳥獣保護区は面積506ha、濁川鳥獣保護区は面積367ha、湯の沢鳥獣保護区は面積310haである。

4箇所の鳥獣保護区とも区域内には川が流れて、川沿いは急傾斜地となり、多数の沢地形が入り組んだ複雑な地形となっている。花岡・湯の沢鳥獣保護区は、標高が100mから300mと比較的低く、急傾斜地も少ない傾向にある。濁川鳥獣保護区は、標高が100mから700mであるが、標高が400mを越えるのは南側の一部で、大部分は、標高が100mから300mと比較的低く、急傾斜地も少ない。見市鳥獣保護区は標高が100mから600mと高く、急傾斜

* 前北海道環境科学研究センター道南地区野生生物室臨時研究補助員

地も多くなっている。

植生は、4箇所の鳥獣保護区ともブナを中心に、ミズナラ、シナノキ等の広葉樹林であるが、若齢トドマツ人工林、カラマツ人工林が点在し、一部にはスギ人工林も存在する。ただし、4箇所の鳥獣保護区とも広葉樹の大径木は多くなく、特に、湯の沢鳥獣保護区では少なかった。また、林床には、ササや草本が低木が茂っていたが、花岡鳥獣保護区では、特に、クマイザサが優占していた。



図1. 各鳥獣保護区の位置

3 調査方法

調査は、鳥獣保護区内を通る林道（見市鳥獣保護区では国道）に2.0kmの調査路を設け、線センサス法を実施した。調査路を設けた林道（国道）は、大部分は川沿いを通っているが、花岡・見市鳥獣保護区では一部で尾根沿いを通っている。調査路を時速1.5～2.0kmで歩きながら、調査路の両側それぞれ25m、計50mの範囲に出現する鳥類の種類と個体数を記録した。なお、調査範囲外に出現した鳥類についても、種類を記録した。花岡鳥獣保護区では、1999年（平成11年）4月、5月、6月、10月、11月、12月の各月1回、計6回調査を実施した。見市鳥獣保護区では、1999年（平成11年）6月、10月、11月、12月、2000年（平成12年）4月、5月の各月1回、計6回調査を実施した。濁川鳥獣保護区では、1999年（平成11年）1月から12月までの各月1回、計12回調査を実施した。湯の沢鳥獣保護区では、1999年（平成11年）4月、

5月、6月、10月、11月、12月の各月1回、計6回調査を実施した。

4 調査結果及び考察

4箇所の鳥獣保護区全体で観察された鳥類は、留鳥22種、夏鳥29種、旅鳥5種、冬鳥8種の合計64種であった（表1）。各鳥獣保護区別には、花岡鳥獣保護区では、留鳥が18種、夏鳥が20種、冬鳥が4種、合計42種、見市鳥獣保護区では留鳥が18種、夏鳥が21種、冬鳥が4種、合計43種であった。濁川鳥獣保護区では、留鳥が21種、夏鳥が20種、旅鳥が2種、冬鳥が7種、合計50種、湯の沢鳥獣保護区では、留鳥が19種、夏鳥が21種、旅鳥が3種、冬鳥が5種、合計48種であった。花岡・見市鳥獣保護区では、合計42種、43種が観察されたのに比べ、濁川・湯の沢鳥獣保護区では、合計50種、48種と多くの種類が観察された。これは旅鳥と冬鳥を併せて花岡・見市鳥獣保護区では、4種であるのに対して、濁川、湯の沢鳥獣保護区ではそれぞれ8種と9種と多い傾向にあったためである。

留鳥は、観察された22種の73%に当たる16種が4箇所すべての鳥獣保護区で観察されたが、反対に旅鳥は、5種すべてが1箇所で観察されただけであった（表1）。夏鳥は、観察された29種の45%に当たる13種が4箇所すべての鳥獣保護区で観察された一方で、8種が1箇所で観察されただけであった。冬鳥は、観察された8種のうちそれぞれ3種ずつが2箇所と3箇所で観察された。

留鳥は、年間を通して観察され、種別の観察回数は、シジュウカラ、ハシブトガラ、ヒガラ、コゲラ、ゴジュウカラ、ヒヨドリ、ハシブトガラス、ヤマガラの8種が20回以上と多かった（表1、図2）。このうち、シジュウカラ、ハシブトガラ、ヒガラは、125羽、108羽、98羽と観察数も多く、また、エナガは、観察回数は12回と少なかったが、観察数は、50羽と多い傾向にあった。夏鳥は、4月から11月までに観察されるため、留鳥に比べ観察回数は少なかったが、ウグイス、アオジ、ホオジロ、キセキレイ、キジバト、センダイムシクイの6種は、観察回数が10回以上と多かった（表1、図2）。このうちアオジ、ウグイス、センダイムシクイは、78羽、57羽、49羽と観察数も多く、ヤブサメは、観察回数は8回であったが、観察数は、47羽とこれら3種の次に多かった。アオジ、ウグイスに比べセンダイムシクイ、ヤブサメの観察回数が少なかったが、これは、アオジが5月から10月まで、ウグイスが4月から11月まで観察されるのに対して、ヤブサメが5月から7月まで、センダイムシクイは、5月から8月までと観察される時期が短いためである（表2～5）。旅鳥、冬鳥では、カケスは観察回数が14回と多かったが、それ以外は観察回数はあまり多くな

く、ノスリ7回、ツグミ5回、マヒワ5回が続いていた。ただし、カケスは、観察数が少なく、観察数では、マヒワが74羽と多かったが、そのほとんどは濁川鳥獣保護区で観察された。これらの観察回数や観察数が多い種のほとんどは各鳥獣保護区に共通しており、異なる点は、花岡ではヒガラ、見市ではエナガ、ハシブトガラの観察数が少なく、反対に濁川ではカワガラスが多く観察されたなどいくつかであった。

繁殖期の5月、6月に限ってみると、夏鳥では、アオジ、ヤブサメ、センダイムシクイ、ウグイスの4種が観察回数、観察数とも多く、優占していた(図3)。このうち、アオジは林縁性の鳥類で²⁾、林道や国道を調査路にしたため、ウグイスはササを好む種であり^{3) 1)}、4箇所の鳥獣保護区の多くが林床にササが優占しているためと考えられる。これに続いてエゾムシクイ、イワツバメ、オオルリ、キビタキが多数観察されたが、このうち、イワツバメは、見市鳥獣保護区のみで多数が観察され、当保護区内の雲石橋付近で繁殖していると考えられた。留鳥は、夏鳥に比べ観察数が少なかったが、そのなかでは、シジュウカラ、ヒヨドリ、ハシブトガラ、ヤマガラ、ヒガラの5種の観察回数、観察数とも多く、優占していた(図3)。このうち、ヒガラは、針葉樹を好む種で^{3) 1)}、4箇所の鳥獣保護区の一部にカラマツ、トドマツ、スギなどの針葉樹人工林が存在したため優占していたと考えられる。

本道中央部の広葉樹林では繁殖期にヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ハシブトガラ、シジュウカラ、ゴジュウカラなどが優占していることが報告されている^{3) 6) 7)}。今回の4箇所の鳥獣保護区でもヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ハシブトガラ、シジュウカラなどは共通して観察され、ヤブサメ、センダイムシクイは優占していた。一方で、ハシブトガラ、シジュウカラはヤブサメ、センダイムシクイに比べ観察数が少なかったが、これらの鳥類は、樹洞営巣性であるため樹洞の存在する大径木が十分に4箇所の鳥獣保護区に存在しなかったことが影響していると考えられる。特に、湯の沢鳥獣保護区では大径木が少ないため、シジュウカラ、ハシブトガラなどのカラ類のほかにも樹洞営巣性のアカゲラなどのキツキ類も繁殖期にほとんど観察されていない。また、ヒヨドリとヤマガラは、本道北部や東部では繁殖期に希であることが報告されているが^{8) 9)}、中央部では比較的普通に記録され^{5) 6)}、今回の4箇所の保護区でも比較的普通に記録されている(図3)。一方、4箇所の鳥獣保護区とも区域内には川が流れて、川沿いは急傾斜地となっているため、溪流沿いに生息するオオルリ、ミソサザイ、キセキレイ、カワガラス、崖地を好むエゾムシクイが共通して観察され^{10) 11)}、特に、オオルリ、エゾムシクイは優占するアオジ、ヤブサメなどに次いで観察数が多かった(図

3)。これらの鳥類は、本道中央部では比較的平坦な地域が多く、優占種とはならず^{3) 6) 7)}、この点は本道中央部とは異なる南部の特徴であると考えられる。

5 おわりに

平成10年に引き続き、北海道南部の4箇所の鳥獣保護区で調査を実施し、鳥類リストを作成した。4箇所の鳥獣保護区とも、ブナを中心にした広葉樹林であるが、一部に針葉樹人工林も存在する。このため、観察された鳥類は共通する種が多く、さらに、本道中央部の広葉樹林で観察される鳥類とも共通する種が多かった。一方で、調査区域内には川が流れており、川沿いは急傾斜地となり、複雑な地形となっている。このため、溪流や急傾斜地を好む数種の鳥類が共通して観察され、この点が、本道中央部と比較して南部としての特徴であると考えられる。

今後、さらに多くの鳥獣保護区で調査を実施し、本道他の地域と比較して、南部に生息する鳥類相の共通点と相違点を明らかにしていく必要がある。

6 参考文献

- 1) 富沢昌章、歌才・楡山・大釜谷鳥獣保護区の鳥類リストについて、北海道環境科学研究センター所報 26: 63—71 (2000)
- 2) Yuzo Fujimaki and M. Hikawa, The first breeding of the grey bunting (*Emberiza variabilis*) in Hokkaido. Misc. Rep. Yamashina Inst. Orn., 10:172-178.
- 3) 富沢昌章・島田明英、イソサンプリの鳥類。「すぐれた自然地域」自然環境調査報告書(道北圏域道央圏域)、北海道環境科学研究センター: 6—7 (1994)
- 4) 富沢昌章・島田明英、北大天塩・中川演習林の鳥類。「すぐれた自然地域」自然環境調査報告書(道北圏域道央圏域)、北海道環境科学研究センター: 165—168 (1994)
- 5) 石城謙吉・松岡茂、北海道大学苫小牧地方演習林の鳥類相 その1 広葉樹天然林と針葉樹人工林における夏期の種構成と生息密度、北海道大学農学部演習林研究報告 29: 43—54 (1972)
- 6) 鈴木悌司・齊藤新一郎・齊藤満、岩見沢地方の天然生落葉広葉樹林における繁殖期の鳥類群集、北海道林業試験場報告 21: 95—103 (1983)
- 7) 富沢昌章、羊ヶ丘白旗山鳥獣保護区の鳥類リストについて、北海道環境科学研究センター所報 22: 61—68 (1995)
- 8) 阿部永・小林恒明・石城謙吉・太田嘉四夫、北大

表1. 花岡、見市、濁川、湯の沢鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動習性	花岡	見市	濁川	湯の沢	観察箇所数	観察回数	観察羽数
1	アシトリ	<i>Aix galericulata</i>	S			○	1	1	2
2	ミコ	<i>Pandion haliaetus</i>	S	○			1	1	1
3	トビ	<i>Milvus migrans</i>	R	○	○	○	4	9	5
4	オオカ	<i>Accipiter gentilis</i>	W		○	○	2	3	2
5	ハイタカ	<i>A. nisus</i>	R		○		1	2	1
6	ノス	<i>Buteo buteo</i>	W	○	○		3	7	4
7	エゾライチョウ	<i>Tetrastes bonasia</i>	R		○		1	3	3
8	アオシギ	<i>Gallinago solitaria</i>	W		○		1	1	1
9	キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	S	○	○	○	4	11	10
10	アオバト	<i>Sphenurus sieboldii</i>	S	○	○	○	4	7	3
11	ジュウイタ	<i>Cuculus fugax</i>	S	○		○	2	2	1
12	カウコウ	<i>C. canorus</i>	S		○		1	1	0
13	ツツトリ	<i>C. saturatus</i>	S	○	○	○	4	8	2
14	ヤマセ	<i>Ceryle lugubris</i>	S			○	1	1	1
15	ヤマゲラ	<i>Picus canus</i>	R	○	○		3	5	2
16	クマゲラ	<i>Dryocopus martius</i>	R		○	○	2	4	3
17	アカゲラ	<i>Dendrocopos major</i>	R	○	○	○	4	16	21
18	コゲラ	<i>D. kizuki</i>	R	○	○	○	4	23	39
19	イロツバメ	<i>Delichon urbica</i>	S	○			1	2	20
20	キセキレイ	<i>Motacilla cinerea</i>	S	○	○	○	4	12	13
21	ヒンズイ	<i>Anthus hodgsoni</i>	S		○		1	1	1
22	ヒヨトリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	R	○	○	○	4	21	63
23	モズ	<i>Lanius bucephalus</i>	S	○	○	○	3	6	12
24	カウカラス	<i>Cinclus pallasii</i>	R	○	○	○	4	17	22
25	ミササギ	<i>Troglodytes troglodytes</i>	R	○	○	○	4	12	22
26	コルリ	<i>Erithacus cyanurus</i>	S	○	○		2	3	8
27	トリビタキ	<i>Tarsiger cyanurus</i>	T			○	1	1	2
28	トラツグミ	<i>Turdus dauma</i>	S		○	○	3	4	1
29	クツグミ	<i>T. cardis</i>	S	○	○	○	3	5	3
30	アカハラ	<i>T. chrysolaus</i>	S	○	○	○	3	7	17
31	ツグミ	<i>T. naumanni</i>	W		○	○	3	5	3
32	ヤブサメ	<i>Cottia squameiceps</i>	S	○	○	○	4	8	47
33	ウグイス	<i>C. diphone</i>	S	○	○	○	4	16	57
34	エゾムシクイ	<i>P. tenellipes</i>	S	○	○	○	4	6	26
35	センダングサ	<i>P. coronatus</i>	S	○	○	○	4	10	19
36	キクイタダキ	<i>Regulus regulus</i>	R	○	○	○	4	10	15
37	キビタキ	<i>Ficedula narcissina</i>	S	○	○	○	4	9	18
38	ムギマキ	<i>F. mugimaki</i>	T			○	1	1	2
39	アオトリ	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	S	○	○	○	4	9	21
40	エゾヒタキ	<i>Muscicapa griseisticta</i>	T			○	1	1	1
41	エナカ	<i>Aegithalos caudatus</i>	R	○	○	○	4	12	50
42	ハシブトガラ	<i>Parus palustris</i>	R	○	○	○	4	27	108
43	コガラ	<i>P. montana</i>	R	○	○	○	4	18	50
44	ヒガラ	<i>P. ater</i>	R	○	○	○	4	26	98
45	ヤマガラ	<i>P. major</i>	R	○	○	○	4	20	36
46	シジュウカラ	<i>P. varius</i>	R	○	○	○	4	28	125
47	ゴシユウカラ	<i>Sitta europaea</i>	R	○	○	○	4	23	34
48	キバシリ	<i>Certhia familiaris</i>	R		○	○	3	7	9
49	メジロ	<i>Zosterops japonica</i>	S			○	1	1	2
50	ホオシロ	<i>Emberiza cioides</i>	S	○	○	○	4	13	14
51	ミヤマホシロ	<i>E. elegans</i>	T		○		1	1	0
52	アオシ	<i>E. spodocephala</i>	S	○	○	○	4	14	78
53	クロシ	<i>E. variabilis</i>	T			○	1	2	5
54	アシ	<i>Fringilla montifringilla</i>	W	○	○		2	2	2
55	カラビロ	<i>Carduelis sinica</i>	S		○	○	3	6	11
56	マヒル	<i>C. spinus</i>	W			○	2	5	74
57	ベニマシロ	<i>Tragus sibiricus</i>	S	○	○		2	3	5
58	ウ	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	W	○		○	3	3	2
59	カウ	<i>Eophana personata</i>	S	○	○	○	4	6	11
60	シメ	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	R	○		○	3	5	7
61	ニュウアイヌメ	<i>Passer rutilans</i>	S			○	1	1	0
62	カラス	<i>Garrulus glandarius</i>	W	○	○	○	4	14	13
63	ハシボロカラス	<i>Corvus corone</i>	R	○	○	○	4	8	9
64	ハシブトカラス	<i>C. macrorhynchos</i>	R	○	○	○	4	21	19
		種類数	合計	42	43	50	48	64	
			留鳥	18	18	21	20	22	
			夏鳥	20	21	20	20	29	
			旅鳥	0	0	2	3	5	
			冬鳥	4	4	7	5	8	

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

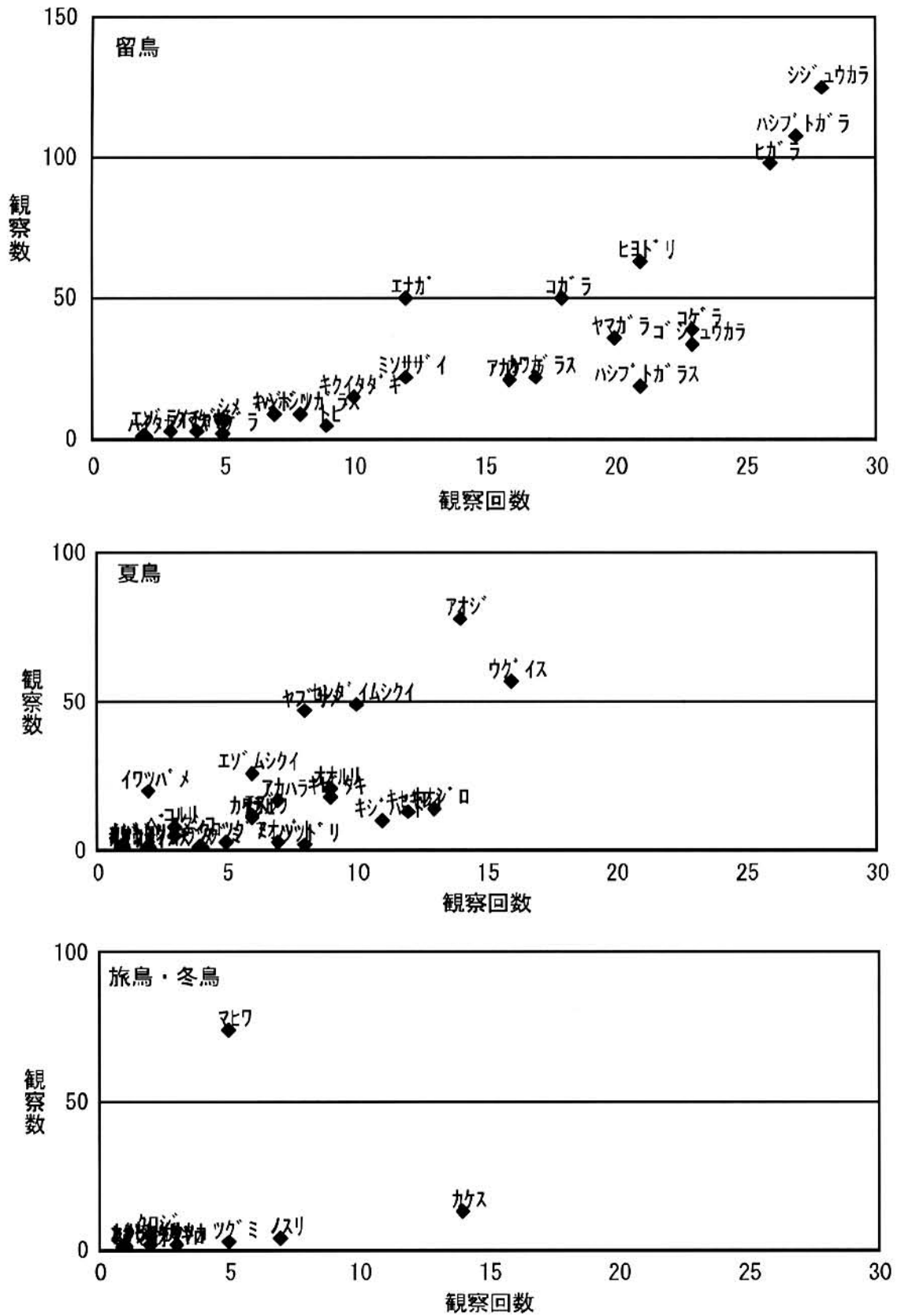


図2. 留鳥・夏鳥・旅鳥・冬鳥別の年間観察回数と観察数

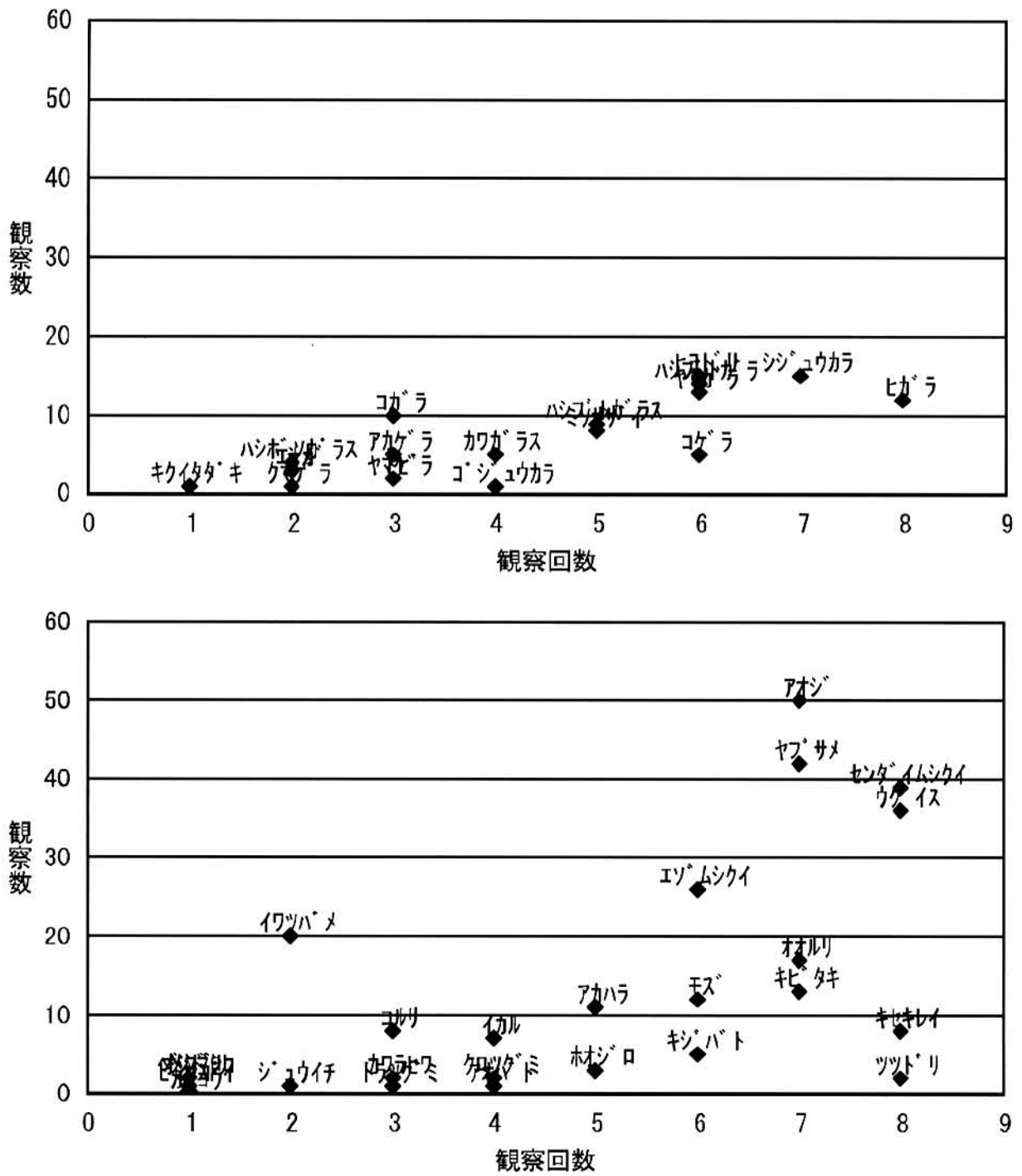


図3. 留鳥・夏鳥別の繁殖期の観察回数と観察数

中川地方演習林鳥類調査報告 その1 北海道大学農学部演習林研究報告 27: 69—77 (1972).

- 9) 藤巻裕蔵, 北海道十勝地方の鳥類1 新得山とその付近の鳥類, 山階鳥類研究所研究報告 12: 40—51 (1970)
- 10) 富沢昌章・島田明英, ポロヌブリ周辺の鳥類, 「すぐれた自然地域」自然環境調査報告書(道北圏域道央圏域), 北海道環境科学研究センター: 177—179 (1994)
- 11) 富沢昌章・島田明英, 留真の鳥類, 「すぐれた自然地域」自然環境調査報告書(大雪山・日勝圏域), 北海道環境科学研究センター: 92—96 (1995)

Birds List in Hanaoka, Kennichi, Nigolikawa and Yunosawa Wild Life Protected Area

Masaaki Tomisawa,
Go Fukushima

Abstract

Survey on birds were carried out in four Wild life Protected Area in Southwestern Hokkaido, from January 1999 to May 2000, drawn up the Birds List. A total of 64 species of birds including 22 residents, 29 summer visitors, 5 transients and 8 winter visitors were recorded throughout the present study. Forty-two species of birds were recorded in Hanaoka Wild Life Protected Area and recorded forty-three species of birds in Kennichi Wild Life Protected Area. Fifty species of birds were recorded in Nigolikawa Wild Life Protected Area and recorded forty-eight species of birds in Yunosawa Wild Life Protected Area were more than other two Areas and transients and winter visitors were particularly more.

Parus major, *Parus palustris*, *Parus ater*, *Dendrocopos kizuki*, *Sitta europaea*, *Hypsipetes amaurotis*, *Corvus macrorhynchos* and *Parus varius* were residents, were frequent observed and moreover *P. major*, *P. palustris* and *P. ater* were observed in large numbers. *Cettia diphone*, *Emberiza spodocephala*, *Emberiza cioidea*, *Motacilla cinerea*, *Streptopelia orientalis* and *Phylloscopus coronatus* were summer visitors, were frequent observed and moreover *C. diphone*, *E. spodocephala* and *P. coronatus* were observed in large numbers. *Cettia squameiceps* was not frequent observed, but in large numbers. *Garrulus glandarius* was winter visitors, was common observed, but not in large numbers. *Carduelis spinus* was not common

observed, but in large numbers. Other transients and winter visitors were not common observed and not in large numbers.

In breeding season *E. spodocephala*, *C. squameiceps*, *P. coronatus*, *C. diphone*, *Phylloscopus tenellipes*, *Delichon urbica*, *Cyanoptila cyanomelana*, *Ficedula narcissina*, *P. major*, *H. amaurotis*, *P. palustris*, *P. ater*, and *P. varius* were dominant at four Wild life Protected Area consisted of the broad-leaved trees. Their species are dominant in broad-leaved forest and also dominant in broad-leaved forest at Central Hokkaido. But *Parus major* and *Parus palustris* that were cavity-nester, were observed comparatively a little because there were not many large trees that had natural cavity in the four areas. *H. amaurotis* and *P. varius* were observed common in the four areas and also common at Central Hokkaido, but rare at Northern and Eastern Hokkaido. *Cyanoptila cyanomelana*, *Troglodytes troglodytes*, *Motacilla cinerea* and *Cinclus pallasii* which inhabited near the stream, and *Phylloscopus tenellipes* inhabited the slope land, were common observed in the four areas and dominant *Cyanoptila cyanomelana* and *Phylloscopus tenellipes*. These birds were not common at Central Hokkaido because their were not many of stream and slope land at Central Hokkaido, so their were characteristic in Southwestern Hokkaido

表2. 花岡鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動 習性	4月 4.17		5月 5.15		6月 6.20		10月 10.20		11月 11.6		12月 12.4		観察 回数	観察 数 (羽)
			観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)		
1	ミソコ	S					1	(1.6%)						1	1	
2	トビ	R			-		2	(3.2%)			+			1	3	
3	ノスリ	W	1	(2.6%)					+				1	(5.0%)	3	2
1	キジバト	S					2	(3.2%)					1	(5.0%)	1	2
5	アオバト	S					+								1	0
6	ジュウイチ	S					+								1	0
7	ツツリ	S			-		2	(3.2%)							2	2
8	ヤマゲラ	R	+		-										2	0
9	アカゲラ	R					2	(3.2%)			1	(2.0%)			2	3
10	コゲラ	R	2	(5.3%)	1	(1.5%)			1	(2.8%)			2	(10.0%)	4	6
11	キセキレイ	S	1	(2.6%)	1	(1.5%)	2	(3.2%)							3	4
12	ヒヨドリ	R									20	(40.0%)			1	20
13	モズ	S			2	(3.1%)	1	(6.3%)							2	6
11	カリカラス	R							1	(2.8%)					1	1
15	ミソサザイ	R	2	(5.3%)	2	(3.1%)	1	(1.6%)			1	(2.0%)			4	6
16	コウバ	S					5	(7.9%)							1	5
17	クロツグミ	S					1	(1.6%)							1	1
18	アカハラ	S			5	(7.7%)	1	(1.6%)							2	6
19	ヤブサメ	S			1	(1.5%)									1	1
20	ツグイス	S													1	1
21	エゾムシクイ	S	1	(2.6%)	10	(15.4%)	12	(19.0%)	5	(13.9%)	3	(6.0%)			5	31
22	センダングサ	S			5	(7.7%)	8	(12.7%)							2	13
22	センダングサ	S			11	(16.9%)	3	(4.8%)							2	14
23	キクイタダキ	R									2	(4.0%)	2	(10.0%)	2	4
21	キセキレイ	S			2	(3.1%)									1	2
25	ヌオドリ	S			1	(1.5%)	1	(1.6%)							2	2
26	エナガ	R	1	(10.5%)	2	(3.1%)			10	(27.8%)	5	(10.0%)			4	21
27	ハシブトガラス	R	11	(28.9%)	3	(4.6%)	1	(6.3%)	2	(5.6%)	4	(8.0%)	2	(10.0%)	6	26
28	コガラ	R	2	(5.3%)							3	(6.0%)	2	(10.0%)	3	7
29	ヒガラ	R	6	(15.8%)	1	(1.5%)	+		1	(2.8%)			1	(5.0%)	5	9
30	ヤマゲラ	R	2	(5.3%)			1	(1.6%)			1	(2.0%)	1	(5.0%)	4	5
31	ジュウイチ	R	1	(10.5%)	3	(4.6%)	2	(3.2%)	7	(19.4%)	5	(10.0%)	1	(5.0%)	6	22
32	コシユウカラ	R	2	(14.3%)	-				3	(8.3%)			2	(16.7%)	4	7
33	ホシゴ	S							1	(2.8%)					1	1
31	アサギ	S			13	(20.0%)	5	(7.9%)	2	(5.6%)					3	20
35	アト	W									2	(4.0%)			1	2
36	ヘビニシコ	S			2	(3.1%)									1	2
37	ウツ	W							1	(2.8%)					1	1
38	イカル	S					2	(3.2%)							1	2
39	シメ	R					2	(3.2%)			3	(6.0%)			2	5
40	カケス	W	+						2	(5.6%)	+		1	(5.0%)	4	3
41	ハシブトガラス	R									+				1	0
42	ハシブトガラス	R							+		+		4	(20.0%)	3	4
生息数(羽/km)			38		65		63		36		50		20			272
種類数			14		21		24		14		16		12		42	
留鳥			10		9		8		8		13		10		20	
夏鳥			2		12		16		3		1		0		18	
旅鳥			0		0		0		0		0		0		0	
冬鳥			2		0		0		3		2		2		4	

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

表3. 見市鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動 習性	4月 4.8		5月 5.11		6月 6.21		10月 10.24		11月 11.7		12月 12.5		観察 回数	観察 数 (羽) 羽数	
			観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)			
1	トビ	R	1	(6.7%)										1	1		
2	ノスリ	W											+	1	0		
3	キジバト	S	+		-									2	0		
1	アオバト	S						1	(1.9%)					1	1		
5	ツツトリ	S			-		+							2	0		
6	ヤマカシラ	R						1	(1.9%)					1	1		
7	アカカシラ	R	1	(6.7%)				1	(1.9%)	+		+	1	(1.5%)	5	3	
8	コゲラ	R						1	(1.9%)			3	(12.0%)	1	(1.5%)	3	5
9	イワツバメ	S			4	(10.0%)		16	(29.6%)					2	20		
10	キセキレイ	S			-			1	(1.9%)					2	1		
11	ヒメソライ	S			1	(2.5%)								1	1		
12	ヒヨドリ	R	+		-			2	(3.7%)	1	(2.1%)	+		1	(1.5%)	6	4
13	カリカラス	R	2	(13.3%)	1	(2.5%)		1	(1.9%)					3	4		
11	ミソサザイ	R	3	(20.0%)	1	(2.5%)							1	(1.5%)	3	5	
15	コル	S			2	(5.0%)		1	(1.9%)					2	3		
16	トラツグミ	S			-									1	0		
17	クロツグミ	S			1	(2.5%)								1	1		
18	アカハラ	S						1	(1.9%)					1	1		
19	ツグミ	W										+		2	(9.1%)	2	2
20	キアシ	S			6	(15.0%)		3	(5.6%)					2	9		
21	リウイ	S			2	(5.0%)		1	(1.9%)	2	(1.3%)	1	(4.0%)	4	6		
22	エゾムシクイ	S			1	(2.5%)								1	1		
23	センダングサ	S			3	(7.5%)		1	(1.9%)					2	4		
21	キクイタキ	R										1	(4.0%)	1	1		
25	キビタキ	S			1	(2.5%)		1	(7.1%)					2	5		
26	オオルリ	S			3	(7.5%)		2	(3.7%)					2	5		
27	エナカ	R										2	(8.0%)	1	2		
28	ハシブトカシラ	R						1	(1.9%)	2	(1.3%)	3	(12.0%)	2	(9.1%)	4	8
29	コカシラ	R						1	(7.1%)			2	(8.0%)	1	(1.5%)	3	7
30	ヒカシラ	R			1	(2.5%)		1	(1.9%)	21	(11.7%)	2	(8.0%)	2	(9.1%)	5	27
31	ヤマカシラ	R	1	(6.7%)	1	(2.5%)		2	(3.7%)	2	(1.3%)	2	(8.0%)	1	(1.5%)	6	9
32	シジュウカラ	R	+		-			2	(3.7%)	11	(23.4%)	2	(8.0%)	7	(31.8%)	6	22
33	コシユウカラ	R	1	(6.7%)						+		2	(8.0%)	2	(9.1%)	4	5
31	キバシリ	R										1	(4.0%)	1	(1.5%)	2	2
35	ホオシロ	S	3	(20.0%)	1	(2.5%)		1	(1.9%)	2	(4.3%)			4	7		
36	アオシ	S			4	(10.0%)				4	(8.5%)			2	8		
37	アト	W											+	1	0		
38	カリラセリ	S			-									1	0		
39	ベニマシコ	S								2	(4.3%)	1	(4.0%)	2	3		
40	イカル	S			-									1	0		
41	カケス	W	1	(6.7%)										1	1		
42	ハシブトカシラ	R	2	(13.3%)	1	(2.5%)		3	(5.6%)			3	(12.0%)	+	5	9	
43	ハシブトカシラ	R	+		6	(15.0%)		3	(5.6%)					+	4	9	
観察数			15		40		54		47		25		22			203	
種類数			合計	13	26	24	11	16	16	16	12	12	18	21			
			留鳥	10	8	12	8	13	12	12	12	18	18	18			
			夏鳥	2	18	12	3	2	0	0	0	0	0	0			
			旅鳥	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
			冬鳥	1	0	0	0	1	1	2	2	4	4	4			

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 F:旅鳥 W:冬鳥

表4. 濁川鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	調査月日	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月		3月		観察回数	観察数(羽)		
			観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)	観察数(羽)	割合(%)				
1	ヒト	K																										3	1	
2	ツバメ	W	1	(6.7%)																								2	2	
3	ハシ	K																										2	1	
4	ハシ	W																										3	2	
5	ツバメ	K	1	(1.2%)																								3	3	
6	ツバメ	W																										1	1	
7	ツバメ	S																										5	5	
8	ツバメ	S																										1	2	
9	ツバメ	S																										1	0	
10	ツバメ	S																										2	0	
11	ツバメ	K																										3	3	
12	ツバメ	R	1	(1.2%)	2	(2.8%)																						8	13	
13	ツバメ	R																										10	18	
14	ツバメ	S	1	(1.2%)	1	(1.4%)	2	(3.5%)	2	(3.1%)	2	(1.8%)	1	(2.1%)														5	7	
15	ツバメ	K			1	(1.4%)	1	(7.3%)	3	(1.8%)	4	(7.8%)	1	(2.4%)														9	19	
16	ツバメ	S			2	(2.8%)																						2	2	
17	ツバメ	K	1	(1.2%)	1	(1.5%)	2	(3.6%)	1	(1.6%)	1	(2.0%)	1	(2.4%)	1	(2.2%)	2	(6.7%)	2	(9.5%)	1	(1.7%)	1	(2.7%)	2	(2.9%)	12	16		
18	ツバメ	K	1	(16.7%)	2	(2.8%)																						4	9	
19	ツバメ	S																										2	0	
20	ツバメ	S																										3	1	
21	ツバメ	S			2	(2.8%)	2	(3.6%)	3	(1.0%)	3	(5.9%)																4	10	
22	ツバメ	W																										2	1	
23	ツバメ	S			4	(12.7%)	5	(9.1%)	5	(7.7%)																		3	19	
24	ツバメ	S			5	(7.0%)	1	(7.3%)	2	(3.1%)																		3	11	
25	ツバメ	S			7	(9.9%)	1	(7.3%)																				2	11	
26	ツバメ	S			8	(11.3%)	5	(9.1%)	2	(3.1%)	8	(15.7%)																4	23	
27	ツバメ	K					1	(1.8%)																				5	7	
28	ツバメ	S	1	(1.2%)																								4	7	
29	ツバメ	S					2	(3.6%)	3	(1.6%)																		3	5	
30	ツバメ	T			1	(1.4%)			2	(3.1%)																		1	1	
31	ツバメ	R																										1	18	
32	ツバメ	R	6	(25.0%)	4	(5.6%)	1	(1.8%)	5	(7.7%)	8	(15.7%)	3	(7.1%)	2	(4.3%)	4	(13.3%)	2	(9.5%)	1	(6.9%)	9	(24.3%)	10	(14.7%)	12	88		
33	ツバメ	K	2	(8.3%)	4	(5.6%)	2	(3.6%)	2	(3.1%)	2	(3.9%)	9	(21.4%)	5	(10.9%)	1	(3.3%)	1	(4.8%)								10	31	
34	ツバメ	K	2	(8.3%)	5	(7.0%)	2	(3.6%)	3	(1.6%)	1	(2.0%)	2	(1.8%)	4	(8.7%)	5	(16.7%)	5	(23.8%)							3	10		
35	ツバメ	K			3	(4.2%)	3	(5.5%)																				2	8	
36	ツバメ	K			5	(4.2%)	4	(7.3%)	12	(18.5%)	10	(19.6%)	5	(14.3%)	9	(19.8%)	2	(6.7%)	1	(4.8%)	4	(6.9%)	4	(10.8%)	8	(11.8%)	11	63		
37	ツバメ	K					1	(1.8%)	1	(1.6%)	1	(2.0%)	2	(4.8%)	3	(8.8%)	4	(13.3%)										10	16	
38	ツバメ	K	2	(8.3%)			1	(1.8%)	1	(1.6%)																		4	6	
39	ツバメ	S																										4	1	
40	ツバメ	T																										1	0	
41	ツバメ	S			9	(12.7%)	6	(10.9%)	5	(7.7%)	4	(7.8%)	4	(9.5%)	4	(8.7%)												6	32	
42	ツバメ	S			1	(1.4%)			6	(9.2%)	1	(2.0%)																3	8	
43	ツバメ	W	2	(8.3%)																								4	72	
44	ツバメ	W																										1	0	
45	ツバメ	S																										3	6	
46	ツバメ	S																										2	1	
47	ツバメ	S			1	(1.4%)	2	(3.6%)	2	(3.1%)																		1	0	
48	ツバメ	W																											5	3
49	ツバメ	K																										1	0	
50	ツバメ	K																										8	2	
生息数(羽/km ²)			24		71		56		66		51		42		46		30		21		58		37		68		50	588		
種類数			15		29		27		25		19		19		16		17		17		12		15		13		50			
ツバメ			8		12		11		10		11		13		14		14		10		10		10		11		21			
ツバメ			3		15		16		16		8		5		2		0		0		0		0		0		20			
ツバメ			1		0		0		0		0		1		0		0		0		0		0		1		2			
ツバメ			3		1		0		0		0		1		1		3		2		5		1		1		7			

移動型性: R:ツバメ S:ツバメ W:ツバメ T:ツバメ

表5. 湯の沢鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動 習性	4月 4.10		5月 5.9		6月 6.13		10月 10.10		11月 11.11		12月 12.14		観察 回数	観察 数 (羽)
			観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)		
1	モントリ	S			2	(3.6%)								1	2	
2	トビ	R			-									1	0	
3	マオカ	W							+					1	0	
1	キジバト	S	1	(5.0%)	-		2	(5.0%)						3	3	
5	アオハト	S					+							1	0	
6	ジュウイチ	S					1	(2.5%)						1	1	
7	ツツトリ	S			-		+							2	0	
8	ヤマセミ	S	1	(5.0%)										1	1	
9	ヤマケラ	R	+				1	(2.5%)						2	1	
10	クマケラ	R			-									1	0	
11	アカケラ	R									2	(5.9%)		1	2	
12	コガラ	R	1	(5.0%)	1	(1.8%)	1	(2.5%)	3	(3.7%)	3	(8.8%)	1	(8.3%)	6	10
13	キセキレイ	S			-		1	(2.5%)						2	1	
11	ヒヨドリ	R			2	(3.6%)	6	(15.0%)	8	(9.9%)	3	(8.8%)	1	(8.3%)	5	20
15	モズ	S			3	(5.4%)	1	(1.3%)						2	1	
16	カリカラス	R	1	(5.0%)										1	1	
17	ミソサザイ	S			2	(3.6%)								1	2	
18	ルビキ	T									2	(5.9%)		1	2	
19	トウツグミ	S			1	(1.8%)								1	1	
20	ツグミ	W											+	1	0	
21	ヤブサメ	S			11	(19.6%)	7	(17.5%)						2	18	
22	ツグイス	S			1	(1.8%)	1	(2.5%)	5	(6.2%)	2	(5.9%)		1	9	
23	エダシクイ	S					1	(2.5%)						1	1	
21	センゲンムシクイ	S			6	(10.7%)	2	(5.0%)						2	8	
25	キウキウキ	R	2	(10.0%)									1	(8.3%)	2	3
26	キビキ	S			1	(1.8%)	3	(7.5%)						2	1	
27	ルビキ	T							2	(2.5%)				1	2	
28	アオカ	S			8	(14.3%)	1	(2.5%)						2	9	
29	エナカ	R	2	(10.0%)	1	(1.8%)			6	(7.4%)				3	9	
30	ハシブトガラ	R	1	(5.0%)			1	(2.5%)	8	(9.9%)	5	(14.7%)	1	(8.3%)	5	16
31	コガラ	R									3	(8.8%)	2	(16.7%)	2	5
32	ヒガラ	R	3	(15.0%)	1	(1.8%)	1	(2.5%)	21	(25.9%)	2	(5.9%)	2	(16.7%)	6	30
33	ヤマケラ	R	+		3	(5.4%)								2	3	
31	シシユリカゲ	R	1	(5.0%)			1	(2.5%)	11	(13.6%)	4	(11.8%)	1	(8.3%)	5	18
35	ゴシユリカゲ	R	+		-				2	(2.5%)	3	(8.8%)	1	(8.3%)	5	6
36	キハシロ	R									1	(2.9%)		1	1	
37	マシユ	S			2	(3.6%)								1	2	
38	ホオシロ	S	1	(5.0%)	-		1	(2.5%)	3	(3.7%)				4	5	
39	アオシ	S			10	(17.9%)	3	(7.5%)	5	(6.2%)				3	18	
40	クロシ	T							4	(4.9%)	1	(2.9%)		2	5	
41	カリヤビ	S	2	(10.0%)	1	(1.8%)								2	3	
42	マヒ	W	2	(10.0%)										1	2	
43	ウツ	W											1	(8.3%)	1	1
44	イカル	S					3	(7.5%)						1	3	
45	シメ	R							1	(1.2%)				1	1	
46	カケス	W	1	(5.0%)			2	(5.0%)	2	(2.5%)	1	(2.9%)		4	6	
47	ハシブトガラ	R									+			1	0	
48	ハシブトガラ	R	1	(5.0%)	-		+		+		2	(5.9%)	1	(8.3%)	6	4
観察数			20		56		40		81		34		12			241
種類数			合計	17	25	23	16	15	11	11	9	9	9	9	48	
			留鳥	11	9	7	9	11	11	11	11	9	9	9	19	
			夏鳥	4	16	15	3	1	1	1	0	0	0	0	21	
			旅鳥	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	3	
			冬鳥	2	0	1	2	1	1	1	2	2	2	2	5	

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

枯葉からの溶存有機炭素の溶出特性

三上 英敏

要 約

枯葉からの溶存有機炭素 (DOC) の溶出特性を調べるため、カシワ枯葉を用いて溶出試験を行った。その結果、環境水のDOC濃度レベルにおいて、その枯葉量当たりの溶出速度は、水中のDOC濃度に関係なく、枯葉内部に残存する未溶出DOC量に比例することがわかった。

Key words : 枯葉、DOC溶出、溶出モデル式

1 はじめに

北海道は他の都府県に比べて多数の天然湖沼が存在しており、とりわけ、集水域の大部分が森林である湖沼も多い。一般に湖沼は、市街地、工業地、農業地からの人為的な有機物や栄養塩類の過大な負荷により、有機汚濁や富栄養化といった水質汚濁の影響を受け易くなり、集水域の森林割合が大きくなればなるほど貧栄養な保全された環境になり易い。しかし、集水域のほとんどが森林であるいくつかの貧栄養湖沼で、湖面積に対する集水域面積の比率の微妙な違いから、湖内の微生物密度に顕著な差が見られ、さらに漁業生産力にまで顕著な差が見られる事がわかっている¹⁾。一方、集水域に森林以外の人為的な汚濁源が見られない湖沼であっても、有機物現存量の高い湖沼も存在する²⁾。これらのことは、森林で生産された有機物が湖内へ流入し湖内の微生物現存量の増加を促進していることが一因として考えられる。その森林で生産された有機物のうち、秋季に、大量に地上に落ちる枯葉は有機物のかたまりであり、森林集水域の中では、湖内への大きな有機物供給源になると思われる。このような森林集水域を大きい割合で持つ湖沼の水質環境を解析する際、枯葉からの有機物負荷を検討することは極めて重要である。そこで、枯葉が水界へ混入した際、溶出する溶存有機炭素 (DOC) の量レベルと溶出速度について検討するため、カシワ枯葉を用いてDOC溶出試験を行った。本報告では、枯葉からのDOC溶出傾向に関して、その溶出試験結果と、モデル式の構築およびその検証結果をもとに検討した結果について簡潔にまとめた。

2 方法

枯葉からのDOC溶出試験は、蒸留水にカシワ枯葉を適

当量入れた後、適当な時間における試験水のDOC濃度を測定することによって行い、合計4回実施した。溶出試験に用いた枯葉は、作業と解析の利便性のため全て3 cm四方にカットした。スターラーを入れた3リットル三角フラスコに蒸留水を2リットル入れ、3 cm四方にカットした枯葉を試験条件に合わせて投入した。溶出成分が水中に均一攪拌する様にスターラーを回転させたが、そのスピードは枯葉が破損しないように極めて遅くした。枯葉投入時を溶出開始時刻とし、それから適当な時間経過後に100 mlの試料水を駒込ピペットを用いて静かに採取し、同時に、試験水に対する枯葉量の割合が常に等しくなるように、採水時にあわせて一部枯葉は系外に除去した。採水した試験水は、直ちに焼いた (450°C、2時間)

表-1 枯葉からのDOC溶出に関する試験条件

	Distilled water	Number of litters cut 3cm square	Dry weight of the litters
Exp. 1	2000 ml	60	3.89 g
Exp. 2	2000 ml	60	3.88 g
Exp. 3	2000 ml	120	7.45 g
Exp. 4	2000 ml	180	11.36 g

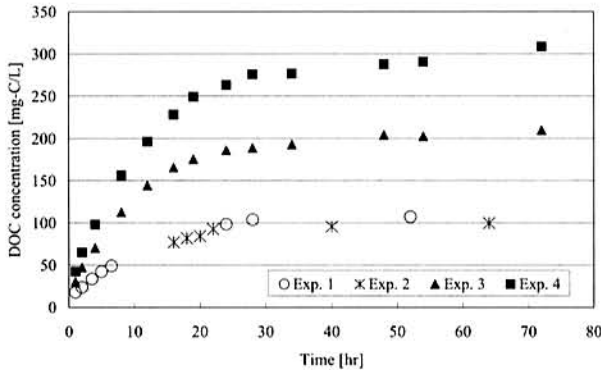
ワットマンGF/Fフィルターを用いて濾過し、濾過直後、ただちにその濾液のDOCを島津製作所製TOCアナライザーTOC-500にて分析した。なお、枯葉の含水率は平均7%であり、各試験条件は、表-1に示す通りである。

3 結果と考察

3. 1 試験水のDOC濃度変化

図-1に、4回の試験における枯葉投入後からの経過

時間に対する試験水DOC濃度に関して示した。各試験とともに、枯葉投入量の違いから濃度に差がみられるものの、時間経過とともに同様な曲線を描きながら濃度が上昇していき、約30時間後では濃度変化が極めて小さかった。枯葉投入量が等しいExp. 1とExp. 2では、溶出してきたDOC濃度のレベルも溶出速度も同様な結果が得られ、試験水に対する枯葉投入量が等しければ同様な結果が得られることが確認された。また、枯葉投入量の違いは溶出濃度の差に顕著に現れており、枯葉投入量が多くなればなるほど、溶出濃度も大きくなることが示された。



図一 枯葉投入後における試験水DOC濃度の経時変化

3. 2 溶出モデル式

水界に混入した枯葉からのDOC溶出速度は、枯葉内に残存している未溶出のDOC量に比例するという仮説を立てる。その仮説から次の微分方程式が成立する。

$$dE/dt = k \cdot m \cdot C \quad (k \text{は定数}) \quad \text{式1}$$

ここで、

- t [hr] : 溶出開始からの経過時間
- E [mg] : t時間経過後の枯葉からのDOC溶出量
- C [mg/g] : t時間経過後の枯葉乾重量に対する枯葉内に残存する未溶出DOCの割合
- m [g] : 混入した枯葉の総乾重量
- k [1/hr] : 各種溶出条件によって決まる定数(溶出速度定数)

EおよびCは、経過時間tの関数であり、dE/dt [mg/hr]は、溶出開始からt時間経過後のDOC溶出速度である。また、tの関数であるEとCの間には物質収支から以下の関係が成り立つ。

$$E + m \cdot C = m \cdot C_{\max} \quad \text{式2}$$

ここで、

- C_{\max} [mg/g] : 枯葉乾重量あたりの最大DOC溶出量

(式1) および (式2) よりCを消去し、微分方程式を解くと以下の解を得る。

$$E = m \cdot C_{\max} - a \cdot e^{-kt} \quad (a \text{は積分定数})$$

さらに、溶出開始は溶出量が0であることから、初期条件 (t=0, E=0) により積分定数aを消去し次式を得る。

$$E = m \cdot C_{\max} \cdot (1 - e^{-kt}) \quad \text{式3}$$

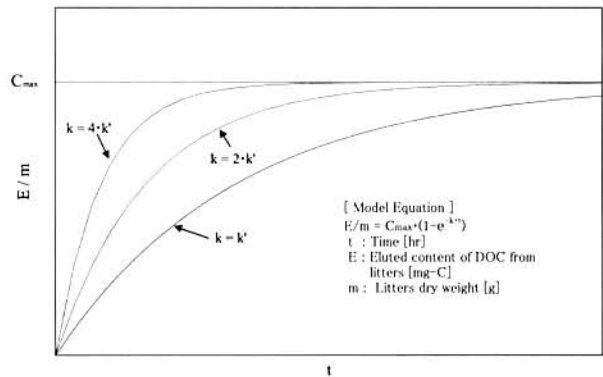
また、溶出速度dE/dtに対しては、次式を得る。

$$dE/dt = k \cdot m \cdot C_{\max} \cdot e^{-kt}$$

このモデルでは、溶出量Eや溶出速度dE/dtは枯葉乾重量mに比例し、mあたりのEやdE/dtは同様な溶出条件であれば等しくなることを示している。そこで、(式3)をmあたりの式に直すと以下(式4)のようになり、図一2にモデル式(式4)による溶出曲線の模式図を示した。

$$E/m = C_{\max} \cdot (1 - e^{-kt}) \quad \text{式4}$$

このモデルは、枯葉乾重量あたりの溶出量E/m値に関して、枯葉が水界に混入した直後急速に増加し、時間の経過とともにその増加傾向は緩慢になり、最終的に枯葉乾重量あたりの最大DOC溶出量 C_{\max} 値に収束することを表している。溶出速度定数kは、溶出速度の大きさを表現するファクターであり、k値が大きいほど溶出速度が大きく、E/m値はより速く C_{\max} 値に漸近する。



図一2 モデル式による溶出曲線

3. 3 モデル式の検証

カシワの枯葉を用いた今回の試験結果にて、このモデル式を検証することにする。まず、溶出試験における仮定として、枯葉から溶出したDOCは瞬時に水系内に攪拌し溶液として常に均一化しているとする。そうすると、溶出量Eの実測値は、試験水のDOC濃度と試験水容積と

の積として算出することができる。

溶出モデル式(式4)には、様々な条件によって決定するkとC_{max}の2つのファクターがある。しかし、(式4)は指数部とファクターが複雑に入った式であることから、実測値からの回帰計算でそれら2つのファクターを同時に求めることは困難である。そこで、(式4)を以下の様に変形した。

$$\ln \left[\frac{1-E/(mC_{\max})}{1} \right] = -2k \cdot t \dots\dots\dots (式5)$$

$$E = C_{\max} \cdot \{ m \cdot (1 - e^{-kt}) \} \dots\dots\dots (式6)$$

溶出速度定数kは、溶出初期の溶出速度変化の割合によって決定されるファクターであり、C_{max}は、溶出終盤にさしかかったときの収束値によって決定されるファクターである。回帰計算において、それぞれのファクターの特質を反映させるために、実測値のなかでも溶出速度変化の大きいと思われるt<30のデータからkを求め、収束状態に近づいたと思われるt≥30のデータからC_{max}を求めることにした。実際には、以下の手順にて各ファクターを求めた。①適当なC_{max}を準備する。②(式5)に実測値(t<30)とC_{max}を与えて、x₅=t、y₅=Ln[1-E/(mC_{max})]として、原点を通過する直線回帰を行いその傾きからkを求める。③実測値(t≥30)と②で求めたkを(式6)に与えて、x₆=m(1-e^{-kt})、y₆=Eとして、原点を通過する直線回帰を行いその傾きからC_{max}を求める。④③で求めたC_{max}値が②で与えた値と一致するまで②以降を繰り返す。この手順によって試験実測値から求められた各ファクターと(式5)(式6)の各相関係数r₅、r₆は以下の通りである。

$$\begin{aligned} k &= 0.11050 & C_{\max} &= 52.594 \\ r_5 &= 0.9578 (n=29) & r_6 &= 0.9931 (n=11) \end{aligned}$$

図3に、各試験における実測値とモデル式の曲線を示した。各試験とも試験水量に対する枯葉投入量が異なっ

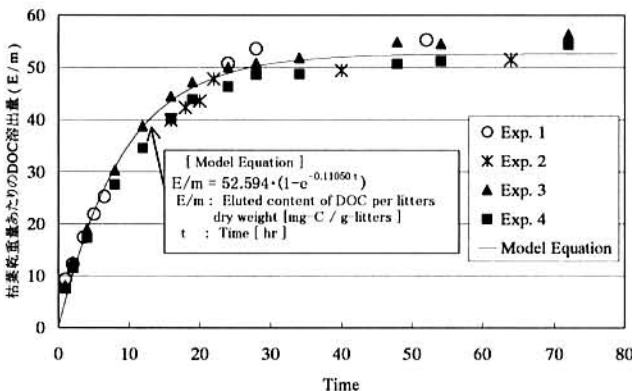


図3 枯葉乾重量あたりのDOC溶出量の実測値とモデル式による計算値の経時変化

ても、枯葉乾重量当たりの溶出量E/mの実測値の経時変化傾向は重なり、水に対する枯葉投入量の違いやそれにもなう溶出DOC濃度の違いにおける溶出特性の違いは見られなかった。また、モデル式も実測値に適したファクターを与える事によってよく一致することから、このモデル式の仮説は適切であったといえる。

3.4 モデル式の問題点

枯葉からのDOC溶出に関して、量的及び速度的に影響を与える因子として、枯葉の種、水温、溶存物質などが考えられる。

モデル式のファクターは、枯葉の状態(種の相違、生理学的相違、落下後の環境条件の相違等)によって異なると思われる。このモデル式を実際の環境水の解析へ応用するときには、それぞれの利用目的に即したファクターの検証が必要である。

水温に関して、このモデル式は水温影響を反映する部分を含んでいない。実際の溶出では、水温の影響を受けると考えられ、現場に応用するためには水温に関する検証を行う必要がある。ただし、実施した4回の試験では、水温測定は実施しなかったが、同場所で同時期に実施していることから、ほぼ等しい水温条件(約20°C)であると推察され、同じ水温条件下であればモデル式は適合するといえる。

他の溶存物質の影響に関して、本試験では検証をしていない。実際の環境下では、様々な物質が溶存している条件下での溶出であり、蒸留水と異なる結果の可能性がある。また、水容積に対して枯葉量が多くなると、溶出が過度に進行し試験水のDOC濃度が極度に高くなることによって、溶出速度が小さくなったり、溶出が停止することもあると考えられる。しかしながら、本試験の溶出濃度範囲(<309 mg/l)では、このような傾向は見られず、その濃度レベルは、一般の環境水レベルより遙かに高いレベルであることから、一般の環境水中ではこのモデル式が応用できるといえる。

本モデル式は、枯葉が水界に混入したとき即座に溶出されるDOCに関してのものである。実際には、長い日数が経過すると枯葉自体の分解によるDOCが溶出する可能性があり、総合的な枯葉からのDOC供給量を考慮する際は、この件も検討する必要があると思われる。

3.5 まとめ

以上の結果からいえることは、枯葉が水界に混入したとき、環境水のDOC濃度レベルでは、枯葉量あたりのDOC溶出速度は、DOC濃度(あるいは水容積あたりの枯葉量)に関係無く、枯葉内部に残存する未溶出のDOC量に比例するという点である。

カシワ枯葉を用いた本試験の場合、比較的早いスピー

ドでDOCが溶出してくる結果が得られ、モデル式を用いるとわずか24時間で最大溶出量の92.9%が溶出する計算となる。また、枯葉からのDOC溶出量の絶対量も比較的大きく、モデル式の C_{max} 値からわかるように、カシワ枯葉乾重量1 g当たりのDOC最大溶出可能量は52.6mgと推定された。それは、3 cm四方の枯葉1枚を1リットルの水に入れた時、DOC濃度が約3.3 mg/lまで上昇する計算になる。これらの事実は、他の枯葉にても類似した結果が得られる可能性を示唆しており、自然水界へ枯葉が混入した際、速やかにDOCが溶出し、その溶出量も無視できないと思われる。

4 謝辞

DOC溶出試験は、平成3年度に実施した「枯葉エキスによる6価クロムの還元処理に関する研究」において使用したカシワ枯葉の余剰を用いて行った。当時の6価クロム処理実験業務やそれにとまなうカシワ枯葉の準備に際して、北海道工業大学渡辺紀元教授および北海道環境科学研究センター有末二郎主任研究員の御協力をいただいた。深く感謝いたします。

5 参考文献

- 1) 北海道環境科学研究センター、道立水産孵化場：湖沼における環境保全と生物生産性に関する研究、平成6年度共同研究報告書、1995
- 2) 三上英敏、阿賀裕英、坂田康一、藤田隆男、五十嵐聖貴、永洞真一郎：豊似湖の陸水学的特徴、北海道環境科学研究センター所報、Vol.26, pp.43-49, 1999

Elution characteristics of dissolved organic carbon from litters in water

MIKAMI Hidetoshi

Abstract

In order to examine elution characteristics of dissolved organic carbon (DOC) from litters in water, elution tests for DOC were carried out with litters of juniper. DOC elution rate per litters was proportional to content of internal DOC remaining in litters, and was not concerned with DOC concentration in water in DOC concentration level of environmental water.

北海道における酸性雨陸水影響調査の現状

阿賀 裕英 野口 泉 三上 英敏
五十嵐聖貴 藤田 隆男 坂田 康一

要 約

えりも町にある豊似湖で酸性雨の影響調査を行ったところ、土壌や湖水の酸緩衝能は低く、降水量も多いが、降水の酸性成分濃度は非常に低く、影響は認められなかった。一方、日本海側の多雪地域に位置する蘭越町のコックリ湖や、神恵内村の当丸沼が、緩衝能に著しく乏しく、融雪期を中心に酸性化が極めて懸念される湖沼であることが分かり、実際に融雪期に酸性化している現状の一端が認められた。

Key words: 酸性雨、陸水影響、豊似湖、コックリ湖、当丸沼

1 はじめに

酸性雨による陸水の酸性化現象は、1960年代頃から欧米の一部で深刻化したが、日本では、欧米と同等の酸性沈着物量が観測されているにもかかわらず、酸性雨による酸性化が顕在化し、生態系に被害を与えたという報告は今のところされていない。これは一般に、日本の土壌が欧米の被害地域に比べて、緩衝能が大きいためである。北海道においても、過去に環境庁の委託を受けて倶多楽湖や阿寒パンケ湖において調査を行ったが、影響は認められなかった。しかし、これらの湖は比較的大きく、水体全体の緩衝能もそれだけ大きいことから、小さな湖沼での影響の可能性が残されていた。これを受け、えりも町にある豊似湖が小さいうえに、周辺の表層地質が酸緩衝能に乏しいとされる花崗岩類から成り立ち、土壌や湖水の緩衝能も低いことから、1998年からモニタリング調査地点に選定したことは、一昨年、著者ら¹⁾が報告した。豊似湖は、年間降水量が1800mmに達するえりも町目黒に近く²⁾、多雨条件下にもある。

調査は、1998～1999年にかけて実施した。ここでは1999年の結果を報告し、日本海側地域で新たに発見した、酸性化の非常に懸念される湖沼についても報告する。

2 概要および方法

2.1 豊似湖

豊似湖は、えりも町目黒地域近くの山中にあり、高度310m、最大水深18.6m、平均水深10.0m、湖面積0.03km²の小さな淡水湖である³⁾。集水域の表層地質は花崗岩類や粘板岩などからなり、土壌は褐色森林土からなる¹⁾。

また、植生は針広混交林、ダケカンバ群落からなる²⁾。堰止湖であるが、流入・流出河川は無く、融雪期や豪雨による出水時のみ、谷間に小さな流入河川が出現し、堰き止め部の下方から湧出して猿留川の支流となる。魚類などの水生生物も多種類生息する。調査の歴史や、陸水学的特徴については、前号で三上ら⁶⁾が報告している。

1999年の調査は、4月から11月まで毎月一回行なった。

降水は、濾過式採取器で採取し、pH、電気伝導度(EC)測定のほか、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、NH₄⁺、NO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻を濾過(ADVANTEC, DISMIC-25cs 0.20 μm)後に、イオンクロマトグラフ(DIONEX, DX-500)により測定した。また、2月9日には、豊似湖へ通じる林道脇で、積雪のコアサンプルをステンレス製パイプで採取し、室温で融解後、同様に測定した。

土壌調査は、湖畔の3地点において、5月と9月の調査時に2回行った。それぞれの地点で、H層、A層、AB層を分取し、風乾後に2mmの篩にかけたものを試料とした。pH(H₂O)、pH(KCl)、陽イオン交換容量(CEC)、交換性塩基、交換性Alを、土壌養分分析法⁷⁾に従って分析した。ただし、交換性Alの置換浸出回数は1回のみとした。

湖水調査については、最深地点で1～数m層間隔で行い、水温、EC、pHは現地測定した。溶存酸素(DO)も機器の都合がつかなかった5月と8月以外は溶存酸素計(YSI, MODEL59)により測定した。持ち帰った試料について、pH4.8アルカリ度を硫酸滴定法(HIRANUMA, COMTITE-101)、Cl⁻、SO₄²⁻を濾過(ADVANTEC, DISMIC-25cs 0.20 μm)後に、イオンクロマトグラフ(DIONEX, DX-100)により測定した。現地で採水直後に濾過(Whatman, GF/F)しておいた試料について、Na⁺、K⁺、

Ca²⁺, Mg²⁺を原子吸光法(Varian, SpectrAA-30)、溶存態アルミニウム(D-Al)をICP-MS(Seiko Instruments Inc., SPQ9000)、溶存態鉄(D-Fe), 溶存態マンガン(D-Mn)をICP発光分光法(Seiko Instruments Inc., SPS4000), NO₃⁻, SiO₂をそれぞれカドミウム-銅カラム法、モリブデン青法(ともにBRAN LUEBBE, AACS-II), DOCを全有機体炭素計(SHIMADZU, TOC-5000A)により測定した。クロロフィル-a(Chl-a)は、メタノール抽出-蛍光光度法(TURNER DESIGNS, 10-AU)により測定した。

豊似湖の位置や各サンプルの採取地点、及び6月の調査時に撮影した豊似湖の写真を、コックリ湖と当丸沼の位置と併せて図1に示す。

2.2 コックリ湖

コックリ湖は、蘭越町の山中にあり、北東の雷電岳を

背に高度557mに位置する。最大水深8.0m、平均水深3.2m、湖面積0.04 km²の浅い小さな淡水湖で、流入河川は特に見られないが、流出水は森別川に注ぐ³⁾。

調査は、1998年11月1日、1999年の5月11日と10月30日に行い、湖岸の表層水を採取し、DOを除く項目について、豊似湖と同様に測定・分析した。

2.3 当丸沼

当丸沼は、積丹半島にある当丸峠の神恵内村側にあり、高度610m、最大水深1.5m、平均水深1.2m、湖面積0.01 km²の非常に小さな浅い淡水湖で、流入河川は特に見られないが、流出水はトーマル川に注ぐ³⁾。

調査は、1998年11月1日、1999年5月10日に行い、湖岸の表層水を採取し、DOを除く項目について、豊似湖と同様に測定・分析した。

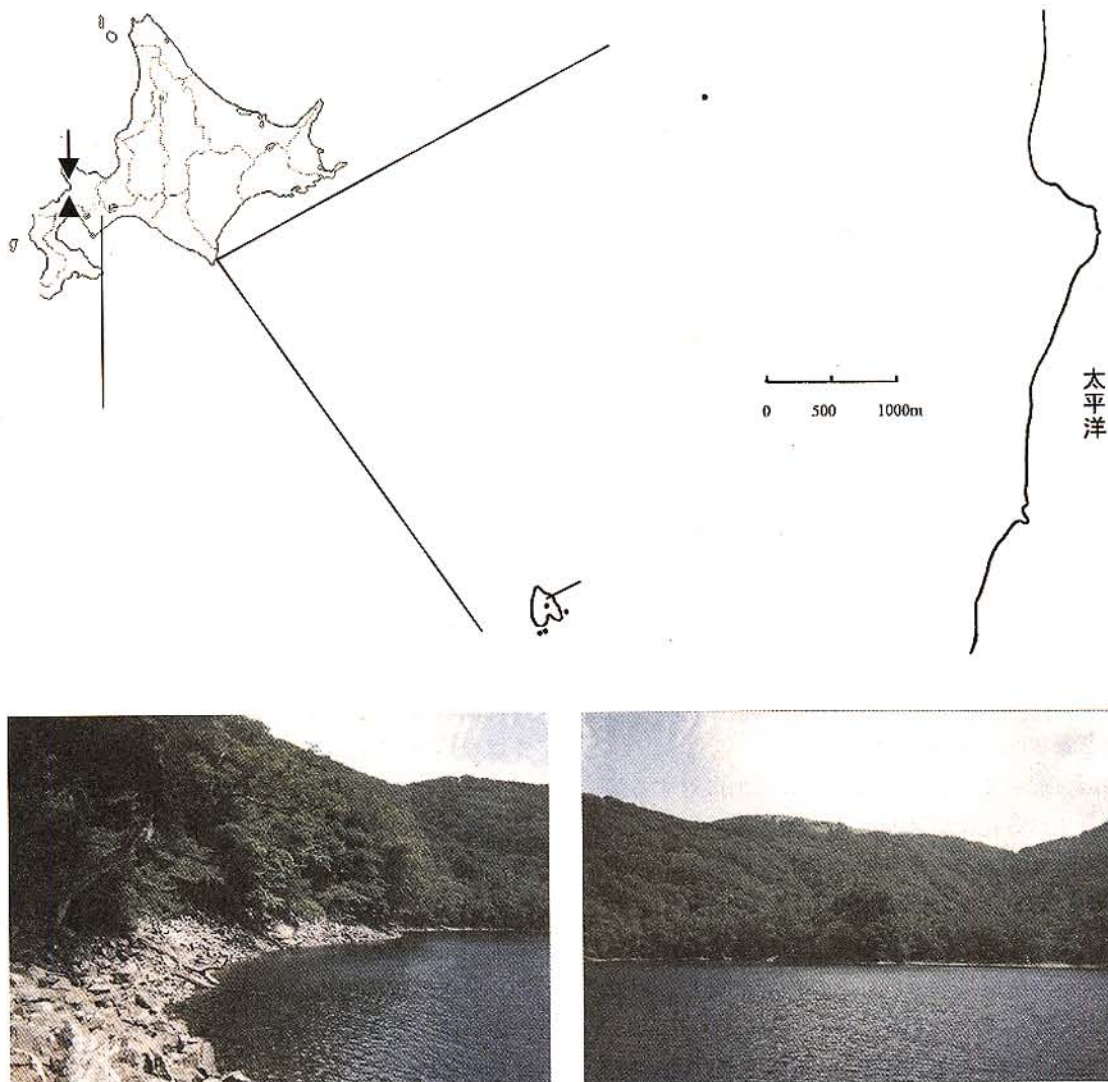


図-1 各湖沼の位置、および豊似湖における調査地点。写真は1999年6月23日の豊似湖(左:北岸方向。右:北岸より南岸方向。)

3 結果と考察

3.1 豊似湖

3.1.1 降水

調査結果を、表1 (a), (b)に示す。

豊似湖近くに位置するえりも町目黒地域は、道内の三大多雨地域の一つであり、年間降水量は1800mmに達する。太平洋側に位置し、春から秋にかけての降水量が多い。1999年の年間降水量は、2250mmに達し⁸⁾、非常に多かった。降水量が多いほど一般的に酸性物質濃度は薄まるので、pHも比較的高くなると考えられるが、調査結果は、それを支持するものであった。秋には、ECが3.00mS/m前後とそれほど低い値ではなかったが、春から夏にかけてはほとんど1.00mS/m以下で、溶存成分濃度が非常に低く、酸性物質である nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 濃度もそれぞれ5.5~21.6 $\mu\text{eq/l}$ 、2.9~11.2 $\mu\text{eq/l}$ と非常に低か

った。pHも調査期間中を通じて5.00を下回ることにはなかった。降水量が多いばかりでなく、周辺に大都市や工場地帯といった大きな発生源が存在しないこと、また、春から秋にかけては、大陸からの越境汚染のようなこともあまり考えられないことも大きな要素とみられる。

以上のことから、この地域の春から秋にかけての降雨は、量は大変多いが、酸性度が非常に低いことが明らかとなった。湖水の水質に大きな影響を及ぼすと考えられる豪雨について、調査期間中に、目黒で降水量が100mmを越えた豪雨を以下に記す⁸⁾。

- 5月3～6日……………231mm
- 6月30～7月1日……………150mm
- 7月12～16日……………255mm
- 10月2～3日……………141mm
- 10月28日……………126mm

表1. 豊似湖付近における積雪・降水の調査結果

(a) 積雪・降水の溶解性成分濃度

採取開始	採取終了	採取日数	積雪量 mm	降水量 mm	pH	EC mS/m	SO_4^{2-} mg/l	NO_3^- mg/l	Cl mg/l	NH_4^+ mg/l	Na^+ mg/l	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	K^+ mg/l	nss-SO_4^{2-} mg/l	nss-Ca^{2+} mg/l	備考
		02/09/99	26cm	50.0	4.61	4.08	2.85	1.14	6.54	0.33	3.65	0.42	0.46	0.21	1.93	0.29	
04/22/99	05/20/99	28	9088	262.4	5.24	1.02	1.11	0.69	0.86	0.26	0.55	0.20	0.09	0.06	0.97	0.18	over flowの可能性あり
05/20/99	06/23/99	34	4285	123.7	5.32	0.80	1.00	0.65	0.56	0.24	0.33	0.09	0.07	0.10	0.92	0.67	ホホ、植物混入PO4:0.05
06/23/99	07/16/99	23	11297	326.2	5.34	0.42	0.31	0.18	0.29	0.06	0.18	0.03	0.03	0.02	0.26	0.62	over flowの可能性あり
07/16/99	08/10/99	25	3018	87.1	5.00	0.69	0.56	0.60	0.18	0.08	0.13	0.04	0.06	0.05	0.53	0.04	
08/10/99	09/08/99	29	5457	157.6	5.00	0.88	0.93	0.48	0.56	0.12	0.35	0.04	0.06	0.04	0.84	0.62	小虫混入
09/08/99	10/07/99	29	6192	178.8	5.78	3.13	1.76	0.45	6.45	0.37	3.61	0.22	0.47	0.49	0.85	0.08	PO4:0.24
10/07/99	11/16/99	40	8903	257.0	5.11	2.54	1.67	0.69	4.50	0.21	2.52	0.24	0.33	0.24	1.04	0.14	

(b) 積雪・降水の溶解性成分イオン当量濃度

採取開始	採取終了	採取日数	積雪量 mm	降水量 mm	H^+ $\mu\text{eq/l}$	SO_4^{2-} $\mu\text{eq/l}$	NO_3^- $\mu\text{eq/l}$	Cl $\mu\text{eq/l}$	NH_4^+ $\mu\text{eq/l}$	Na^+ $\mu\text{eq/l}$	Ca^{2+} $\mu\text{eq/l}$	Mg^{2+} $\mu\text{eq/l}$	K^+ $\mu\text{eq/l}$	nss-SO_4^{2-} $\mu\text{eq/l}$	nss-Ca^{2+} $\mu\text{eq/l}$
		02/09/99	26cm	50.0	24.5	59.3	18.4	184.4	18.5	158.6	21.2	37.5	5.5	40.1	14.1
04/22/99	05/20/99	28	9088	262.4	5.8	23.0	11.2	24.1	14.7	23.8	9.9	7.3	1.6	20.2	8.9
05/20/99	06/23/99	34	4285	123.7	4.8	20.8	10.4	15.7	13.4	14.2	4.3	6.2	2.6	19.1	3.7
06/23/99	07/16/99	23	11297	326.2	4.6	6.5	2.9	8.2	3.4	7.9	1.3	2.5	0.4	5.5	0.9
07/16/99	08/10/99	25	3018	87.1	10.0	11.6	9.7	4.9	4.5	5.6	2.2	4.7	1.3	11.0	2.0
08/10/99	09/08/99	29	5457	157.6	10.0	19.3	7.8	15.8	6.4	15.1	1.9	5.0	1.0	17.5	1.2
09/08/99	10/07/99	29	6192	178.8	1.7	36.7	7.3	181.9	20.6	157.0	11.0	38.6	12.5	17.7	3.9
10/07/99	11/16/99	40	8903	257.0	7.8	34.9	11.1	127.0	11.4	109.5	11.8	27.5	6.1	21.6	6.9

3.1.2 土壌

調査結果を表2 (a)~(c)に示す。

豊似湖周辺を形成する表層地質は、酸性雨に対する緩衝能が弱いとされる花崗岩類や、弱~中程度の緩衝能とされる粘板岩などである。土壌は、それを母材とし、土壌種は酸性雨に対して中程度の耐性を持つといわれる褐色森林土である。これらのことから、豊似湖周辺土壌の酸性雨に対する緩衝能は幾分低いと推察されるが、調査結果はそれを支持するものであった。

調査を行った3地点とも、H層は、CEC、塩基飽和度ともに低くないが、H層は1cm前後しかなかったため、その下のA層やAB層が重要とみられる。これらの層は、

3地点ともCECが10.0~30.0meq/乾土100gでそれほど低くないが、塩基飽和度が低く、10%前後しかないものが多い。塩基飽和度の低さは、母岩の性質に加え、多雨による塩基の流失も寄与していることが考えられる。土壌pH(H_2O)は3地点ともほとんどが5.00以下で、やや酸性であった。降水のpHより低いのは、微生物活動によって生じていた有機酸や硝酸によるとみられる。交換性Alは、分析の置換浸出回数是一回しか行っていないが、特に高い値ではなく、土壌の酸性度がそれほど高くないためとみられる。

以上のことから、湖畔の3地点のみの結果からではあるが、豊似湖周辺土壌は地質を反映し、おそらくは多雨

による塩基の流失もあり、緩衝能がかなり低いことは明らかである。しかし、この状況下であまり酸性化してい

ないのは、降水の酸性成分濃度が非常に低くて、pHが5.00以上と比較的高いことが幸いしていると考えられる。

表2. 豊似湖畔の土壌分析結果（交換性AIの置換浸出回数は1回のみとした。）

(a)地点:A(林内)

層位:H

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	5.01	4.23	49.5	20.0	3.2	0.3	0.6	24.1	48.6	0.27
09.08.99	5.37	4.48	20.2	8.7	1.4	0.1	0.6	10.7	53.0	0.15

層位:A

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	4.95	3.94	14.3	2.3	0.5	0.1	0.2	3.1	21.5	1.44
09.08.99	5.14	4.27	27.8	9.2	1.4	0.2	0.5	11.4	41.0	0.50

層位:AB

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	4.81	4.03	24.4	1.3	0.3	0.1	0.2	2.0	8.0	2.39
09.08.99	4.95	4.10	18.2	2.1	0.3	0.1	0.2	2.8	15.1	1.66

(b)地点:B(林外)

層位:H

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	4.62	3.83	39.9	7.8	1.3	0.2	0.4	9.8	24.5	2.00
09.08.99	4.46	3.83	67.3	18.2	2.1	0.2	0.4	21.0	31.3	1.02

層位:A

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	4.74	3.86	26.8	2.7	0.6	0.1	0.3	3.7	13.9	2.34
09.08.99	4.50	3.79	23.2	3.3	0.5	0.1	0.2	4.1	17.7	1.92

層位:AB

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	4.88	4.10	17.8	1.1	0.4	0.1	0.2	1.9	10.4	1.80
09.08.99	4.72	4.01	18.8	1.8	0.2	0.1	0.1	2.2	11.9	1.95

(c)地点:C(南東岸)

層位:H

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	5.52	4.61	38.5	14.9	3.0	0.2	0.9	18.9	49.2	0.20
09.08.99	4.98	4.15	36.3	9.2	3.0	0.1	0.6	12.9	35.5	0.70

層位:A

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	5.38	4.32	29.6	7.8	1.8	0.2	0.8	10.6	35.8	0.55
09.08.99	4.84	4.00	25.7	2.8	0.9	0.1	0.3	4.0	15.7	2.02

層位:AB

	pH	pH	CEC	交換性Ca	交換性Mg	交換性Na	交換性K	交換性塩基	塩基飽和度	交換性AI
採取年月日	(H ₂ O)	(KCl)	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	meq/乾土100g	%	meq/乾土100g
05.20.99	5.24	4.23	24.6	2.0	0.6	0.1	0.3	3.0	12.2	1.50
09.08.99	4.75	4.09	20.8	1.2	0.3	0.1	0.2	1.9	8.9	2.30

3.1.3 湖水

図2に、調査日ごとの水温、EC、SiO₂濃度の鉛直分布を示す。また、図中には、その日の湖の深度を縦線で示した。

湖水位は調査期間中、大きく変動し、融雪水や降水の影響を強く受けていることが分かる。7月の豪雨直後には、通常20mに満たない湖の水位が、6月の調査時に比べて2m以上もの上昇を見せた。

水温は、深部では、夏季においてもほとんど上昇することはなく、概ね4.0~6.0℃であった。表層では、夏季に20.0℃以上にまで上昇するが、7月中旬の豪雨直後の観測では大きく低下している。これは、降水の影響のほか、6月下旬から7月中旬まで低温の日が続いた⁹⁾ためとみられる。循環期は、春が4月上旬前後、秋は11月下旬前後と思われる。

ECは、春は表層付近でやや低くなっており、融雪期後半の融雪水や降水による希釈効果とみられる。その後、表層付近で、7月中旬の豪雨直後に大きな希釈効果が認められる。一方、深層では、時間とともに増加傾向を示し、夏期には4.00mS/mを越えるようになる。これは、無酸素層の形成により底泥から鉄などが溶出するほか、沈降してくる有機物の分解生成物も寄与していると考えられる。11月の循環期には3.70mS/m程度に落ち着く傾向である。

SiO₂は、降水にほとんど含まれないため、降水による希釈効果をよく反映する。春や7月の表層では、EC同様、後期融雪水や豪雨による希釈効果が顕著に表れており、湖水は、表層を中心に降水の影響を大きく受けていることが分かる。11月の循環期には、全層で8.00mg/l程度に落ち着く傾向である。

図3に、調査日ごとのpH、DO、Chl-aの鉛直分布を示す。

pHは、調査期間中、6.00~7.00の範囲にあり、表層から中層にかけては夏期に上昇し、9月には7.00くらいまで上昇した。これは、活発な光合成活動が主因とみられる。一方、深層では、夏期から秋の循環期直前までpHが低く下がっていることが多く、6月の18m層や11月の15m層では6.00くらいまで低下している。これは、この深度では光量が少なく光合成が不活発なうえ、沈降してくる有機物の分解、動物やバクテリアの呼吸により、CO₂が増加することによる化学成層とみられる。7月の豪雨直後の調査時ではpHが上昇回復しているが、大量の流入水による影響が深層にも及んだとみられる。7月の調査では、豪雨直後にもかかわらず、表層ですらpHの低下は認められなかった。集水域土壌の緩衝能は低くとも、降水pHが5.34という比較的高いものであったことは、大量の降雨でもpH低下が顕在化しなかった一つの大きな要因と思われる。春の表層水は、ECやSiO₂濃度の希釈効果から、融雪水の影響を大きく受けているとみられるが、

pHが低下している実態は認められなかった。しかし、4月の調査時には、雪解けがほぼ終了していたので、調査時は酸性成分などの溶存成分濃度の低い後期融雪水の影響であったとみられる。

DOについては、春の循環期後、次第に深層で無酸素層が形成されていき、10月には4.5mの厚さにまで発達していた。11月の循環期に無酸素層は消失していく様子がみられる。

Chl-aは、春~初夏の中層~深層部で高く、5月の12m層では12.8μg/lが観測され、春期ブルームの現象が認められた。夏以降は、概ね2.00μg/l前後であり、中栄養に近い貧栄養湖に値する。

図4に、調査日ごとの主要イオン濃度の鉛直分布を示す。

SO₄²⁻濃度は、融雪水の影響を大きく受けている春の表層水に、深層水との差は認められなかった。1999年2月9日に行った豊似湖近くの積雪調査において、積雪中濃度が59.3μeq/lと、湖水中濃度と差がなかったことはその大きな要因とみられる。7月の豪雨直後には、降雨中濃度が6.5μeq/lと非常に低かったため、表層付近で希釈効果が表れている。また、秋の深層で減少が認められるが、この頃の深層水は無酸素層が発達し、後述のようにNO₃⁻がごく僅かにまで減少しており、硫化水素臭もしたことから、硫酸還元反応が進行したためと考えられる。

Ca²⁺濃度は、秋の深層で増加しているが、無酸素層の発達に伴うCO₂増加によって生成したプロトンの一部が、底質からCa²⁺を溶出させたものと推察される。

アルカリ度は、春期に表層付近で減少していることが認められた。表層付近の減少は、後期融雪水による希釈効果が主因と思われ、7月の豪雨で表層付近はさらに大きな希釈を受けるが、その後、次第に回復傾向を示した。一方、深層では、無酸素層の発達に伴うアルカリ度の生成により、夏期から秋の循環期直前まで顕著に増加し、秋の完全循環直前の深層では、300μeq/l近くまで上昇していた。完全循環時には全層で150μeq/l程度に落ち着く傾向である。

図5に、調査日ごとのNO₃⁻、NH₄⁺濃度の鉛直分布を示す。

NO₃⁻濃度は、春の循環期直後の4月22日において、表層付近で19.0μeq/l程度、中層以下でも15.0μeq/l程度とやや高くなっていた。1999年2月9日の積雪中濃度が18.4μeq/lであったことから、土壌からの流出のみならず、融雪水の直接的影響も大きいと思われる。その後、全層にわたって減少傾向を示し、特に中層~深層において著しい。これは中層で活発な光合成を行う植物プランクトンへの吸収、深層の無酸素層での脱窒作用によるものとみられる。一方、7月や10月の豪雨直後には、表層~中層において濃度が増加するが、これは、降雨中濃度が10.0μeq/l以下であったことから、流域土壌からの流入が主因とみられる。

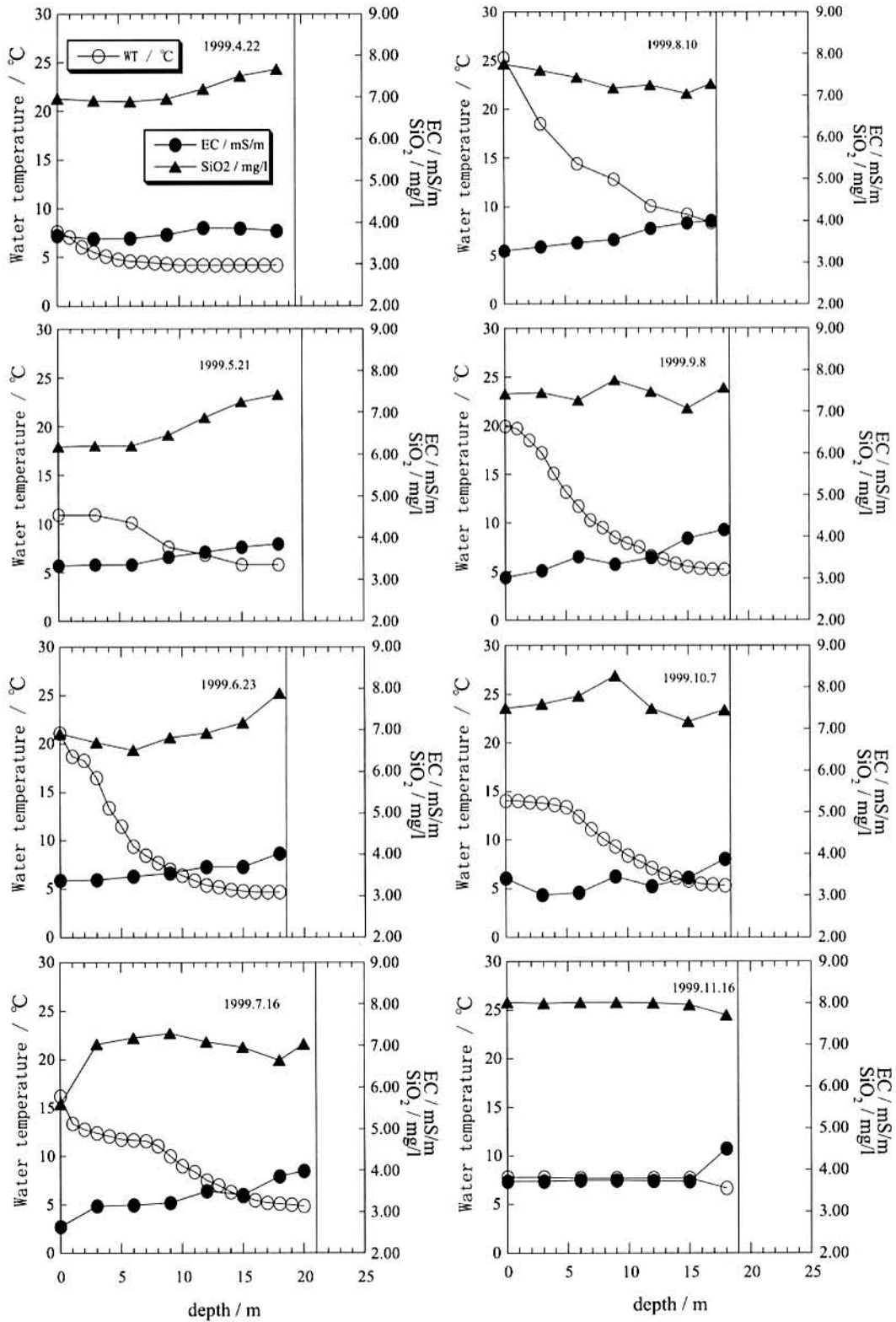


図-2 調査日ごとの水温 (Water temperature)、電気伝導度 (EC)、珪酸態珪素 (SiO_2) 濃度の鉛直分布 (図中の縦線は湖底深度を示す。)

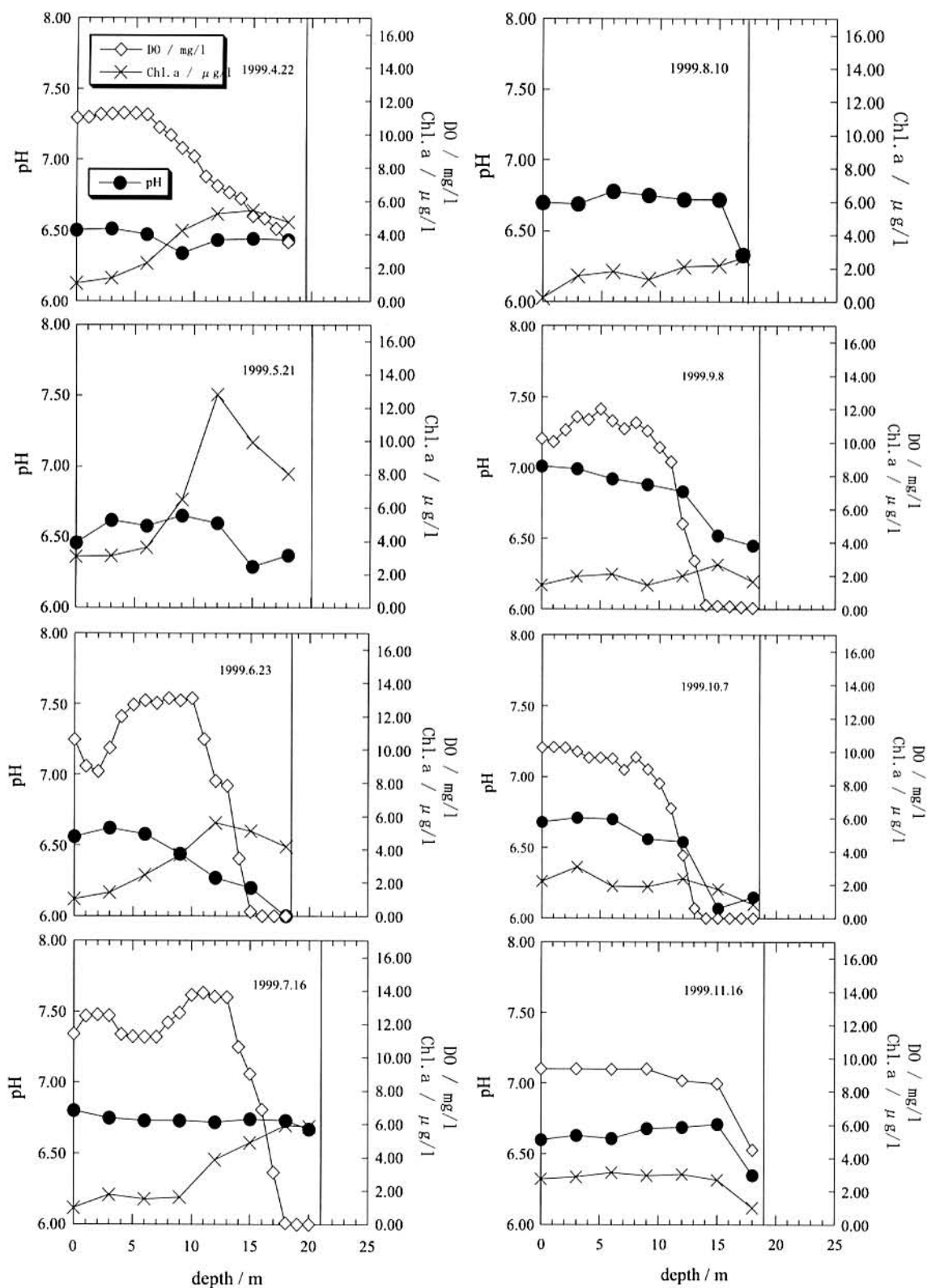


図-3 調査日ごとのpH、溶存酸素 (DO) 濃度、Chl.a濃度の鉛直分布

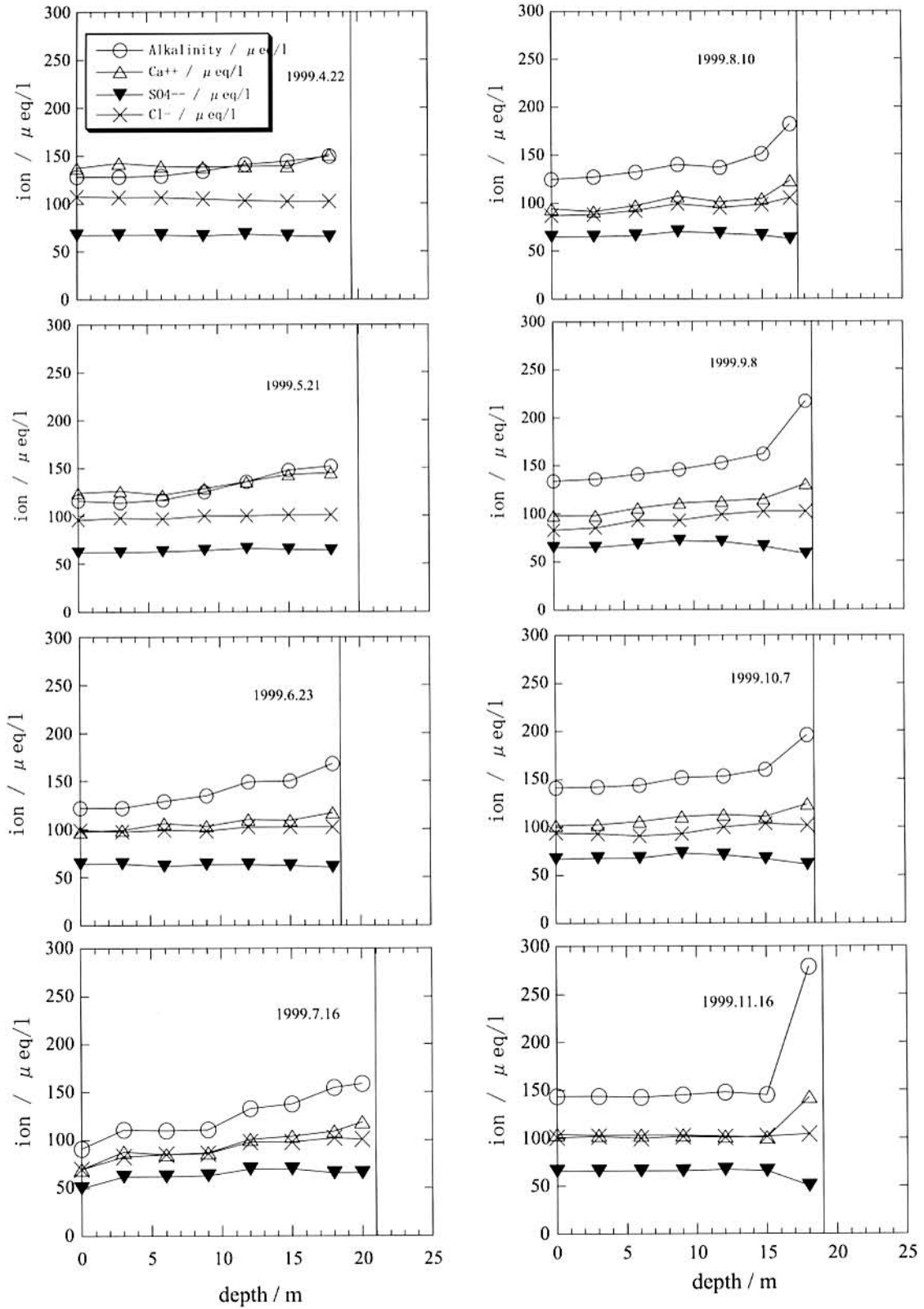


図-4 調査日ごとの主要イオン濃度の鉛直分布

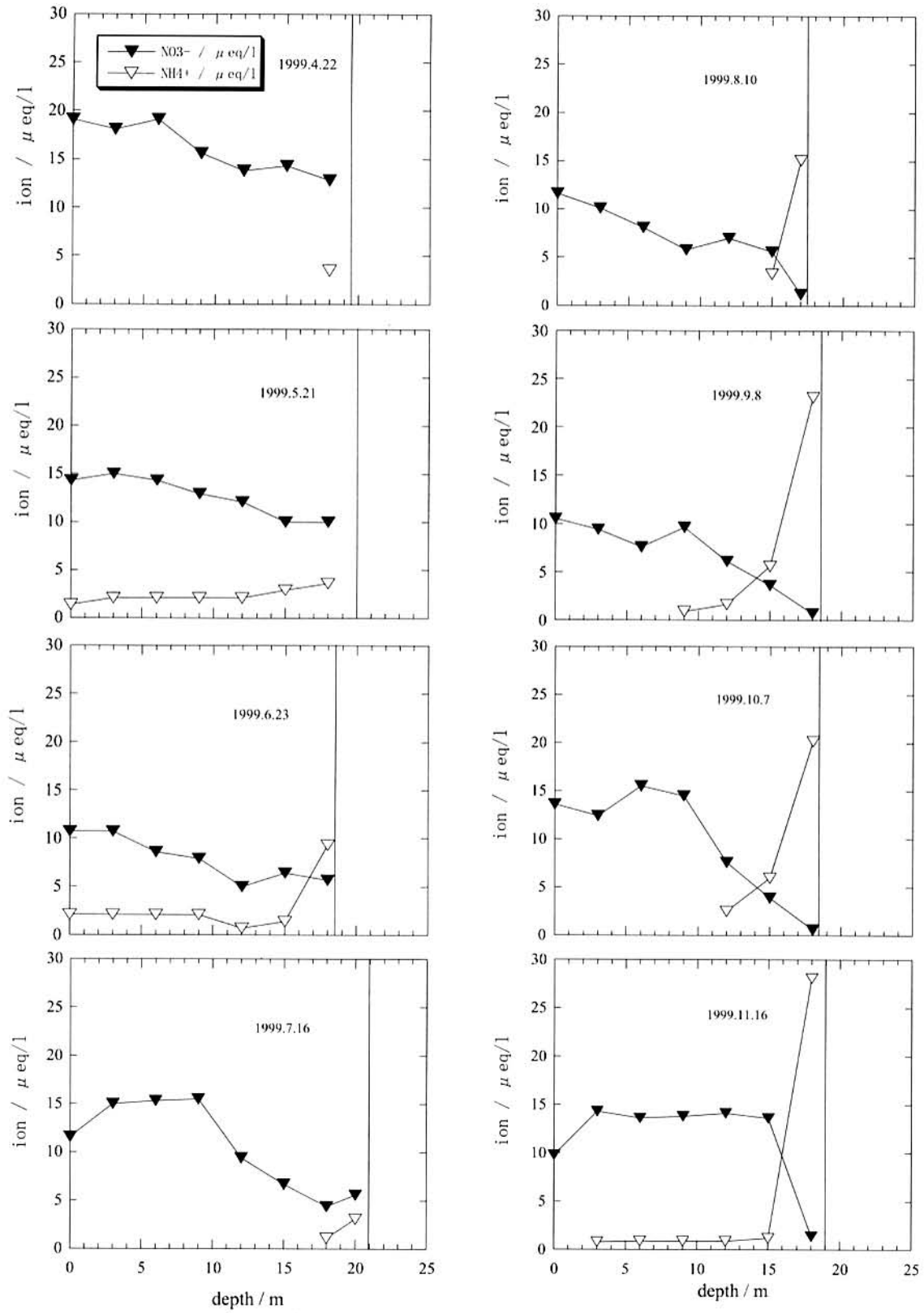


図-5 調査日ごとの NO_3^- 、 NH_4^+ 濃度の鉛直分布 (NH_4^+ の定量下限値： $0.7 \mu\text{eq/l}$)

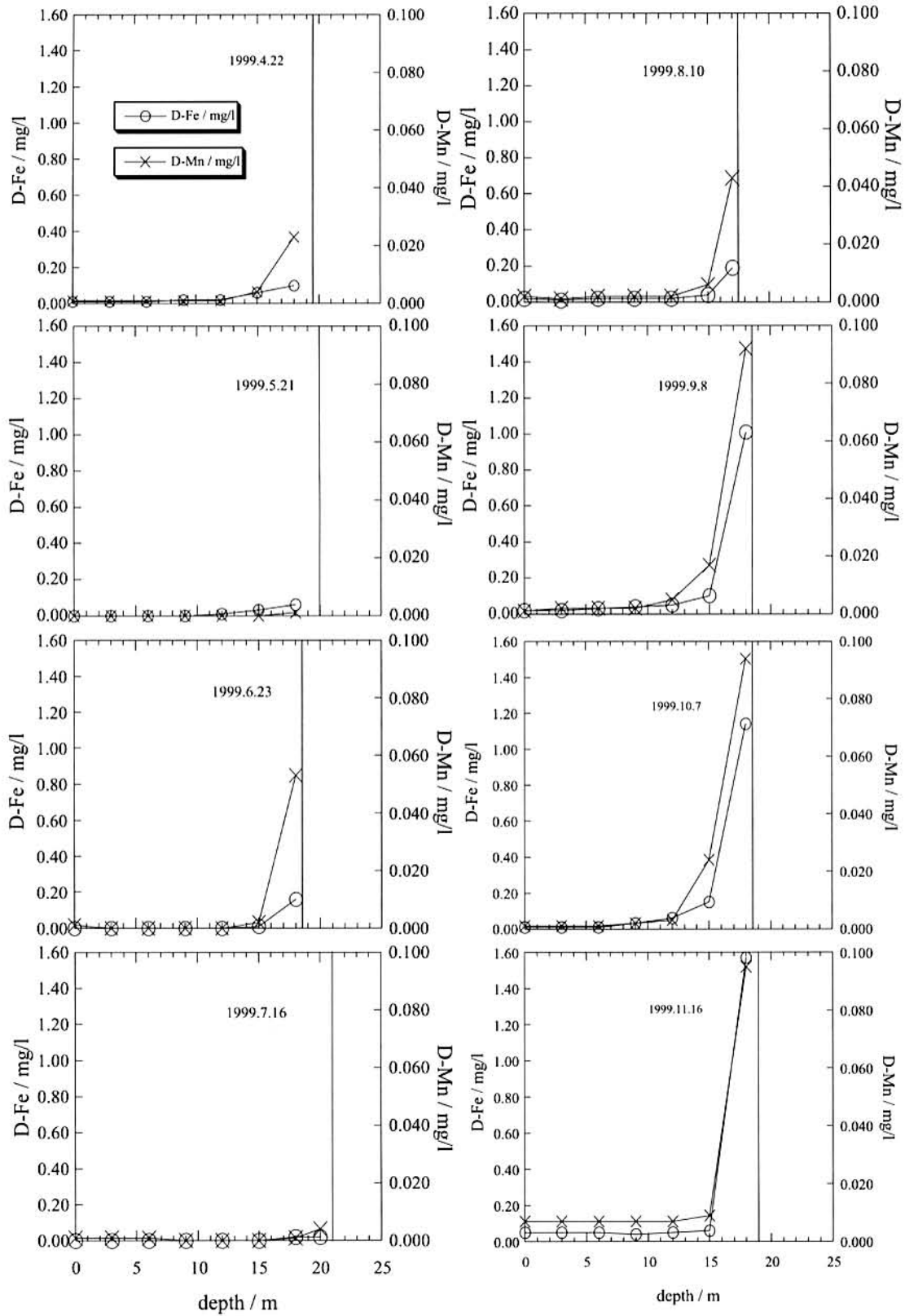


図-6 調査日ごとの溶存態鉄 (D-Fe)、溶存態マンガン (D-Mn) 濃度の鉛直分布

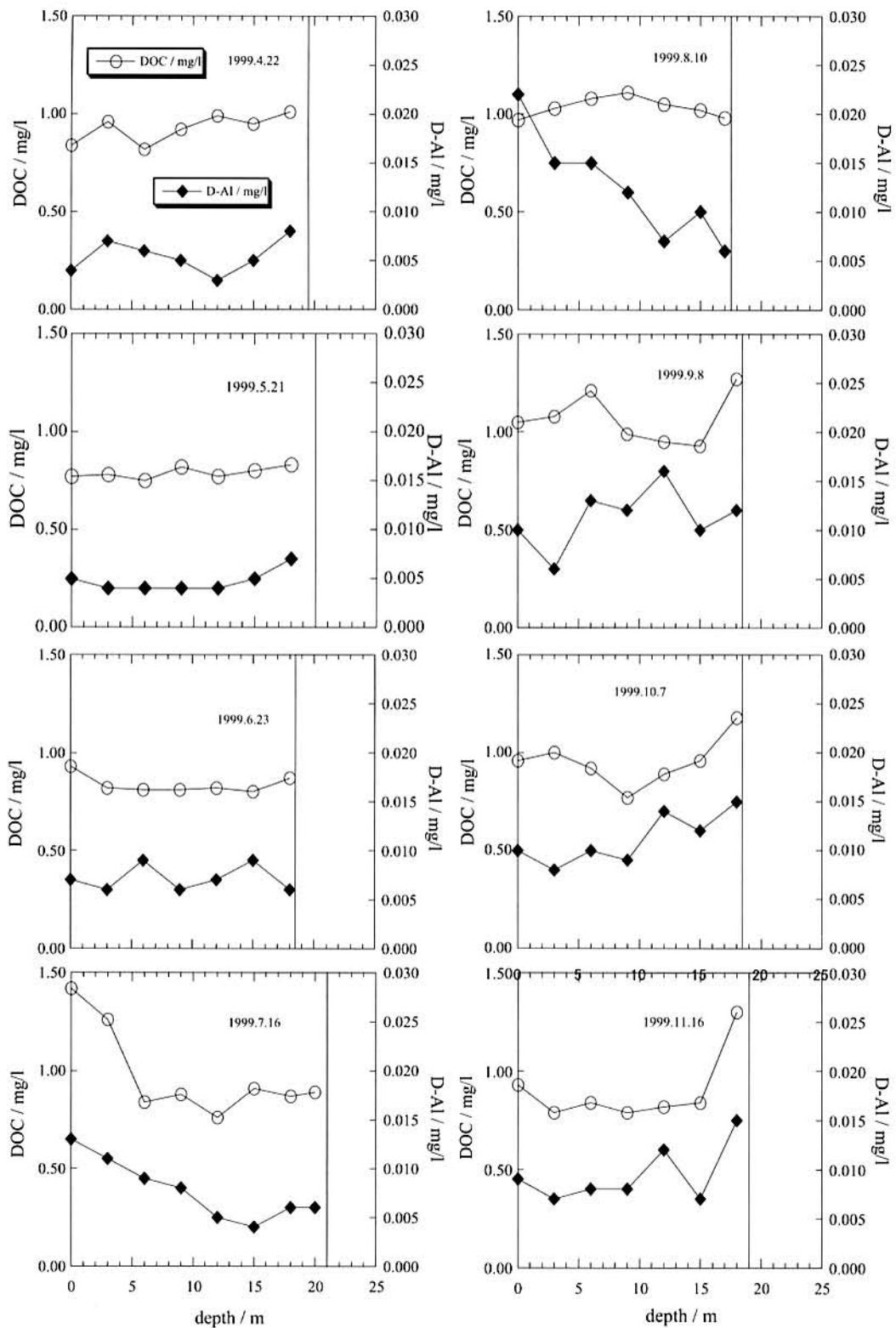


図-7 調査日ごとの溶存態有機炭素 (DOC)、溶存態アルミニウム (D-Al) 濃度の鉛直分布

NH₄⁺は、深層において、7月の豪雨による希釈が見られるも、初夏から秋の循環まで急激に増加傾向を示している。これは、沈降してくる有機物の分解により主に生じているNH₄⁺が、深層では光に乏しく、植物プランクトンに吸収されることがほとんどないことによるとみられる。

図6に、調査日ごとのD-Fe、D-Mn濃度の鉛直分布を示す。

D-FeやD-Mnは、無酸素層の発達につれ底質から還元されて溶出すると考えられ、大量の降水による影響を除けば、深層で秋の循環直前まで濃度が顕著に増加した。

図7に、調査日ごとのDOC、D-Al濃度の鉛直分布を示す。

DOCは、およそ1.00mg/l前後となっている。7月の豪雨直後には、表層で1.50mg/l近くに上昇したが、これは、ほぼ豪雨による流域土壌からの負荷量増加によるとみられる。一方、深層では、秋に1.50mg/l近くに上昇しているが、これは、沈降してくる有機物の分解によると考えられる。

魚類への毒性が指摘されているD-Alは、調査期間を通じて全層にわたり濃度が低く、0.030mg/lを上回ることにはなかった。この結果は、流域土壌の酸性度はあまり高くなく、交換性Alも特に多くはなかったことから支持される。またそれ以上に、降水量の多さから、流入してくるD-Al濃度も薄まっていることのパクターも大きいと考えられる。アルミニウムイオンと錯体を形成してその毒性を弱めるDOC成分とは明確な相関は認められないが、この低い濃度であればいずれにしても問題はないとみられる。

3.2 コックリ湖

調査結果を、表3に示す。

1998年11月1日や、1999年10月30日における秋の湖岸調査では、湖水のECは、4.56～4.73mS/mと低い。イオン成分濃度は、Na⁺やCl⁻が高い

が他の成分は著しく低く、海塩の影響が強く、土壌との接触反応はあまり受けていない状況がうかがえる。算出はしていないが、コックリ湖の集水域は非常に小さいため、このような水質が形成されているとみられる。このため、アルカリ度も20～30μeq/lと著しく低く、pHは5.85～6.18と弱酸性である。

一方、1999年5月11日の融雪が終了しかけた時期の調査では、pHは5.44まで下がり、両岸にまだ残雪が多く残る流出河川水のpHは4.64と、かなり低くなっていた。D-Alは、秋に0.010mg/l程度であるのに対し、ともに0.040mg/l程度に上昇していた。

これらのことから、融雪のピーク時には湖内でもかなりの酸性化が生じている可能性が高い。かつてニジマスやヒメマスが移入されたことがあるとの報告⁹⁾もあることから、水生生物も含めて今後詳細に調べていく必要がある。pH4.64の流出河川水のアルカリ度が29μeq/lと測定された点は、サンプル水の脱ガスに伴うpHの上昇に起因するとみられる。

3.3 当丸沼

調査結果を、表4に示す。

1998年11月1日における秋の湖岸調査では、湖水のECは8.20mS/mと低くはないが、アルカリ度が82μeq/lと非常に低く、pHも5.90と弱酸性であった。これが1999年5月10日の残雪がかなり残り、沼の解氷が半分あまりしか進んでいない時の調査では、アルカリ度は、16μeq/lにまで減少し、pHも5.24まで低下していた。D-Alも0.020mg/lから0.081mg/lに増加していた。調査は解氷途中の表層水であるため、中層以下の水質とは大きく異なると思われるが、沼の深度や大きさがともに非常に小さいことから、かなり影響を受けていると考えられる。

魚類の生息は不明だが、エゾサンショウウオが生息しており、今後、水生生物も含めて詳細に調べていく必要がある。

表3 コックリ湖調査結果

調査日	時間	天気	調査地点	水温	EC	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	D-Al	D-Fe	D-Mn	pH4.8 Alkalinity	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ P	DOC	SiO ₂	Chl.a
				℃	mS/m		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μeq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l
11.01.98	13:00	曇	南岸	9.5	4.73	6.18	5.44	0.55	0.89	0.69	<0.06	0.010	0.040	0.030	22	3.40	8.65	<0.04	<0.01	<0.001	1.27	0.79	-
05.11.99	11:25	曇	流出	6.5	4.93	4.64	5.69	0.46	0.99	0.82	0.10	0.037	0.057	0.038	29	3.53	9.94	0.4	<0.01	<0.001	1.45	1.99	-
	12:05		北岸	8.4	5.00	5.44	5.57	0.44	1.10	0.84	0.13	0.041	0.075	0.042	30	3.66	9.92	0.4	<0.01	<0.001	1.32	2.03	0.06
10.30.99	14:30	晴時々曇	北岸	8.8	4.56	5.85	5.70	0.57	0.83	0.69	<0.01	0.012	0.081	0.027	29	3.18	9.49	<0.04	<0.01	<0.001	2.37	0.68	2.90
	14:50		南岸	8.1	4.59	6.17	5.74	0.57	0.84	0.70	<0.01	0.014	0.097	0.027	28	3.21	9.65	<0.04	<0.01	<0.001	2.45	0.79	3.11

(一は欠測)

表4 当丸沼調査結果

調査日	時間	天候	調査地点	水温 °C	EC mS/m	pH	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	D-Al mg/l	D-Fe mg/l	D-Mn mg/l	pH& Alkalinity μeq/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	PO ₄ -P mg/l	DOC mg/l	SiO ₂ mg/l	Chl.a μg/l
11.01.98	16:30	曇	北西岸	6.3	8.20	5.90	6.99	0.97	4.90	1.18	<0.06	0.020	0.050	0.005	82	16.61	8.04	0.53	0.01	0.004	-	24.75	-
05.10.99	15:25	曇	北岸	4.0	3.82	5.24	2.72	0.23	0.83	0.34	0.04	0.081	0.071	0.006	16	2.36	4.19	0.22	<0.01	0.001	0.52	3.68	0.47

(-は欠測)

4 まとめ

豊似湖は、周囲の地質を反映し、周辺土壌の緩衝能は低くやや酸性であり、湖水の緩衝能も低めである。また、年間降水量は、1800mmに達する多雨地帯でもある。しかし、調査結果から、春から秋にかけての降水量は非常に多く、湖の水位が大幅に変動するほど降水の負荷があるものの、酸性化の影響は認められなかった。これは、降水中の酸性成分を含む溶存成分濃度が非常に低く、pHが5.00以上と比較的高いことが幸いしているためと考えられた。また、夏期から秋の循環前までの深層では嫌気層がよく発達し、酸緩衝能となるアルカリ度が顕著に生成しており、このことも酸性化の抑制に寄与していると考えられる。

しかし、積雪は、1999年2月9日の調査で26cmと少ないものの、pHは4.61とかなり低く、酸性成分濃度もnss-SO₄²⁻が40.1 μeq/l、NO₃⁻が18 μeq/lと、これまでの現象と違い、日本海側の積雪と同等以上に酸性であった。したがって、3月下旬頃と思われる初期融雪期の頃には、多少なりとも酸性化が生じている可能性が考えられる。1999年4月22日の調査時には、融雪水による4本程の非常に小さな流入河川が見られ、ワカサギが産卵のために遡上する姿が見られた。魚類は、生殖活動や稚魚期に酸性化の影響を受けやすいとの報告¹⁰⁾があることから、今後、融雪期の影響の有無を調べておく必要がある。

湖には他にも、イトヨやハナカジカ、マス類など、多種類の魚に加え、両生類も見られた。また、2000年4月に絶滅危惧種に指定されたニホンザリガニも生息していた。

北海道の日本海側多雪地域における融雪期の酸性化、すなわちsnowmelt acidic shockに対する懸念については、著者ら¹¹⁾が前号で触れたが、コックリ湖や当丸沼は、これまでの調査地点に比べ、はるかに酸性化の懸念される湖沼と言える。今後の調査で影響の実態を明らかにするとともに、広い道内にはまだ影響を受けやすいと思われる湖沼や河川が潜在していると思われ、それらを探索し、影響の有無やその可能性を明らかにし、被害の防止対策に努めていく必要がある。

以上のように、北海道における酸性雨陸水影響調査、とりわけ融雪期の影響調査は、まだ初歩の段階にあり、

今後さらなる調査努力が必要である。

5 謝辞

豊似湖における降水のサンプリングにおいては、庶野漁業共同組合猿留川サケ・マス孵化場主任、工藤博則氏に、敷地内への採取器の設置協力をいただきました。フィールド調査においては、当センターの坂本孝氏、永洞真一郎研究員、小幡真治研究員の多大なご協力をいただき、ICP-MS分析においては、当センターの加藤拓紀大気環境科長、大塚英幸研究員のご指導をいただきました。

また、コックリ湖の予備調査においては、著者の友人で現在、札幌市緑化推進部の高本俊氏に同行協力をいただきました。酸性雨陸水影響調査のフィールドとしてのコックリ湖の発見は、高本氏の協力なくしてはなかったものです。

皆様に、この場をお借りして心より御礼申し上げます。

6 参考文献

- 1) 阿賀裕英、野口泉、藤田隆男、坂田康一：北海道環境科学研究センター所報25(1998)98.
- 2) 財団法人日本気象協会北海道本部：1991年版 北海道の気候(1991)p339.
- 3) 北海道公害防止研究所：北海道の湖沼(1990).
- 4) 国土庁土地局：土地分類図(北海道Ⅱ)(1976).
- 5) 環境庁：現存植生図 北海道95・78(1988).
- 6) 三上英敏、阿賀裕英、坂田康一、藤田隆男、五十嵐聖貴、永洞真一郎：北海道環境科学研究センター所報26(1999)43.
- 7) 土壤養分測定法委員会編：土壤養分分析法(1971).
- 8) 日本気象協会北海道本部：北海道の気象43(1999).
- 9) 水産孵化場試験報告5(1950)9.
- 10) 佐竹研一編：酸性環境の生態学(愛智出版,1999) p15~32.
- 11) 阿賀裕英、野口泉、坂田康一：北海道環境科学研究センター所報26(1999)50.

Status of the investigation into the effects of acidic deposition on the terrestrial aquatic system in Hokkaido Prefecture.

**Hirohide Aga, Izumi Noguchi,
Hidetoshi Mikami, Seiki Igarashi,
Takao Fujita and Kouichi Sakata.**

Abstract

Lake Toyoni in Erimo town was investigated on the effects of acidic deposition. Although acid buffering capacities of its surrounding soils and lake water were low and rainfall was much there, no acidification of the lake water was recognized due to low acidity of the rainfall.

On the other hand, we found that Lake Kokkuri and Swamp Tohmaru location in the snowy area on the Japan Sea side had high potential for acidification especially in snowmelt season because of their extremely low buffering capacities. Actually, we found a part of status they were acidified in the snowmelt season.

風蓮湖及び風蓮川流域から採取した腐植物質のキャラクターゼーション

永洞 真一郎 三上 英敏

要 約

北海道東部の風蓮川流域および風蓮湖の周辺には湿原あるいは泥炭層が広がっている。このため風蓮湖の表層水は泥炭由来の有機物の混入を示す淡褐色を呈している。風蓮湖では、しばしばCODを指標とした有機汚濁が問題となっているが、この有機汚濁には前述の天然有機成分が少なからず関与していると考えられる。そこで、我々は、風蓮湖及び風蓮川流域から表層水、底質、土壌を採取し、そこから天然有機成分である腐植物質（フミン酸およびフルボ酸）を抽出し、そのキャラクターゼーションを試みた。その結果、風蓮湖表層水に溶存しているフルボ酸は、湖周辺の泥炭地フルボ酸よりも土壌由来フルボ酸に類似していると推察された。

Key words : 腐植物質、フミン酸、フルボ酸、赤外吸収スペクトル、紫外・可視光(UV-VIS) 吸収スペクトル、高速分子量分画クロマトグラフィ (HPLC-GPC)

1 はじめに

北海道東部に位置する根室半島の付け根にある風蓮湖は、根室市と別海町にまたがる、ほぼ東西に細長くのびた汽水湖である(図1)。湖面積は 56.38km²で、北海道内で6番目に大きく、汽水湖ではサロマ湖、能取湖に次いで3番目に大きな湖である。平均水深は1m未満と浅い。根室湾との開口部は水深11mと最も深くなっており、1年を通して開いているため湖の干満によって海水が出入りする。この湖では、しばしばCODが環境基準(湖沼: 5mg/l)を超える状態が続いており、問題となっている。この湖には大小合わせて約20の河川が流入しており、それらの流域面積は962.5km²にも及んでいる。そのうち、最も大きい河川は風蓮川であり、その流域面積は604.46km²となっている。その流域の土地利用状況は、流域面積の約9割は農用地、森林、原野であり、宅地面積は約0.2%と極めて小さい。また、風蓮川下流域には湿原が広がっており、表層水は淡褐色を帯びていることから、風蓮湖におけるCODに関する水質汚濁は生活廃水や工場廃水によるものではなく、流域の土地利用や流域に広がる泥炭質土壌が深く関係しているものと考えられる¹⁾。そこで筆者らは、風蓮湖の表層水及び底質、風蓮川流域の土壌からフミン酸及びフルボ酸を抽出し、それらのキャラクターゼーションを行ったので報告する。

2 調査方法

2.1 腐植物質試料の分離精製

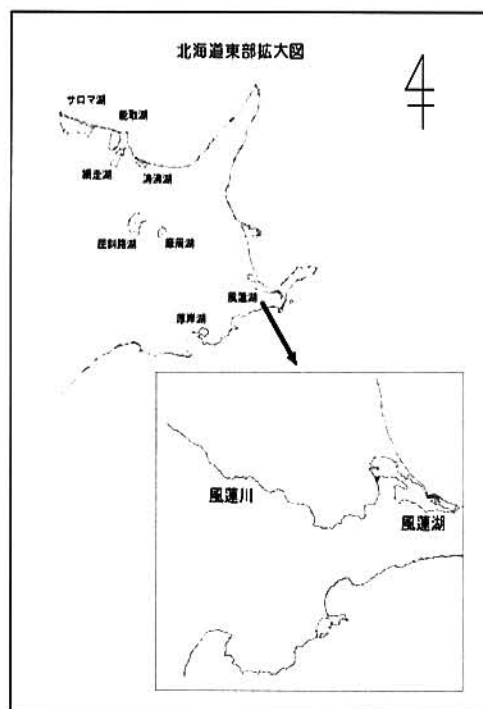


図1. 風蓮川および風蓮湖周辺図

風蓮川河口の湿地から採取した泥炭、風蓮湖湖心において採取した表層水および底質からフミン酸及びフルボ酸の抽出を行った。土壌試料からのフミン酸及びフルボ酸の抽出、泥炭試料からのフミン酸及びフルボ酸の抽出、底質からのフミン酸の抽出は国際腐植物質学会(International Humic Substances Society : IHSS) の手法を一部改変して行った。風蓮湖表層水からのフルボ酸の

抽出は、表層水約 135リットルを0.45 μmメンブランフィルターでろ過した後、XAD-7 樹脂カラムを用いて抽出、濃縮し、ゲルろ過による脱塩およびイオン交換樹脂によるプロトン化を行った後、凍結乾燥して粉末試料を得た(図2)。

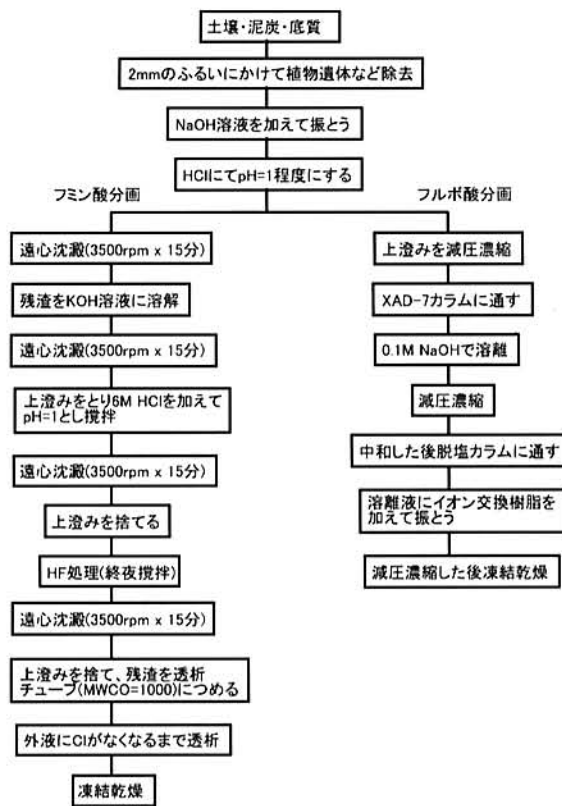


図2 腐植物質の抽出手順

2.2 各腐植物質試料の定性

各フミン酸及びフルボ酸に関して、元素分析、赤外吸収スペクトル、紫外・可視光(UV-VIS)吸収スペクトル、高速分子量分画クロマトグラフィ(以下HPLC-GPCと略記)による分子量分布の測定を行った。

赤外吸収スペクトルの測定はSHIMADZU FTIR-8300を用いて、KBr錠剤法によって測定を行った。紫外・可視光(UV-VIS)吸収スペクトルは、SHIMADZU UV-260を用いて測定を行った。また、HPLC-GPCによる分子量分布の測定は、HITACHI-7000シリーズHPLC分析装置にカラムとしてShodex社製Asahipak GF-310 HQを用い、泳動溶媒としてリン酸バッファ/アセトニトリル(4:1)(NaCl 300mMを含む)を用いて、青山ら⁹⁾の方法に従って流速0.5ml/分で行った。官能基分析は、全酸度、カルボキシル基含量について、サンプル量の関係によりフミン酸に関してのみ行った。全酸度の分析は、水酸化バリウム滴定法によって測定した。カルボキシル基含量の分析は、酢酸カルシウム滴定法によって測定した。フェノール性水酸基含量は、全酸度からカルボキシル基含量を減じて求めた。

表1. 腐植物質の元素分析結果

	風蓮川上流 土壌 HA	風蓮川下流 泥炭 HA	風蓮湖 底質 HA	風蓮川上流 土壌 FA	風蓮川下流 泥炭 FA	風蓮湖 表層水 FA
%C	51.70	53.80	49.35	47.65	41.36	47.37
%H	3.69	5.76	5.63	3.81	3.87	4.63
%N	3.63	4.40	4.89	1.35	1.75	1.49
%S	0.42	2.15	1.86	0.49	6.56	2.61
%O	40.56	33.89	38.27	46.70	46.46	43.90
不飽和度(%)	83.40	61.58	60.11	78.42	74.69	68.04
[C]/[H](%)	117.93	78.61	73.79	105.28	89.95	86.13
[O]/[C](%)	58.84	47.25	58.16	73.51	84.25	69.50
[N]/[C](%)	6.01	7.00	8.49	2.42	3.63	2.68
[S]/[C](%)	0.30	1.49	1.41	0.38	5.95	2.05
[O+S+N]/[C](%)	65.16	55.74	68.05	76.30	93.82	74.24
Δ log K	0.544	0.856	0.781	0.573	0.520	0.586
RF	147.3	23.9	38.7	-----	-----	-----
全酸度	5.90meq/g	4.29meq/g	4.20meq/g	-----	-----	-----
カルボキシル基含量	3.23meq/g	2.11meq/g	1.93meq/g	-----	-----	-----
フェノール性水酸基含量	2.67meq/g	2.18meq/g	2.27meq/g	-----	-----	-----

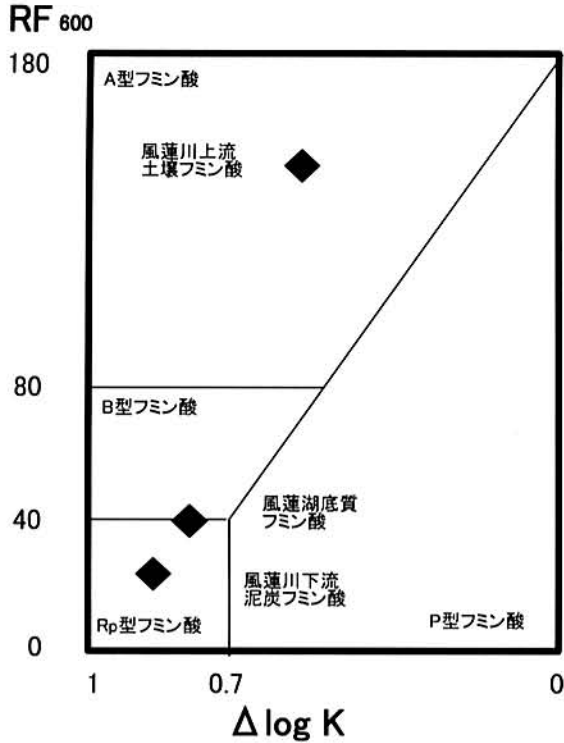


図3 腐植酸分類図 ($\Delta \log K$ -RF600)

3 結果と考察

3.1 元素分析および紫外・可視光吸収スペクトル

(UV-VIS)測定について

表1に、元素分析の結果及び不飽和度の計算結果を示す。この中で、酸素含量 [O] は全体から [C]、[H]、[N]、[S] を減じて算出したが、妥当なデータではあるものの文献等⁹⁾の結果に比べて若干高く、無機塩類の残留が示唆された。この表のとおり、すべてのフミン酸がフルボ酸よりも高い炭素含量を示した。これは、フミン酸の方がフルボ酸よりも腐植化が進行していることを示している。しかし、不飽和度においては、上流土壌由来のものではフミン酸の方が高かったが、下流泥炭由来のもの及び、湖沼底質フミン酸と湖沼表層水フルボ酸の比較では、フルボ酸の不飽和度の方が高かった。しかし、フミン酸のみ、及びフルボ酸のみの中での比較においては、どちらも上流土壌>下流泥炭>湖沼表層水由来の順に不飽和度及びH/C比が高く、上流に行くに従って疎水性が上昇していることが示された。次に、紫外・可視光吸収スペクトル(UV-VIS)の測定結果から $\Delta \log K$ (400nmと600nmの吸光係数の対数の差) と相対色度RF600を求め、腐植酸分類図($\Delta \log K$ -RF600グラフ)を作成した(図3)。この図から、泥炭フミン酸は、R_p型に分類され腐植化が進行しておらず、泥炭地に繁茂する湿原性植物のリグニンの特徴を残している事が示された。湖底質フミン酸もR_p型に分類され、沿岸の植物や植物プランクトンの遺骸がさほど腐植化せずに堆積していることが示された。土壌

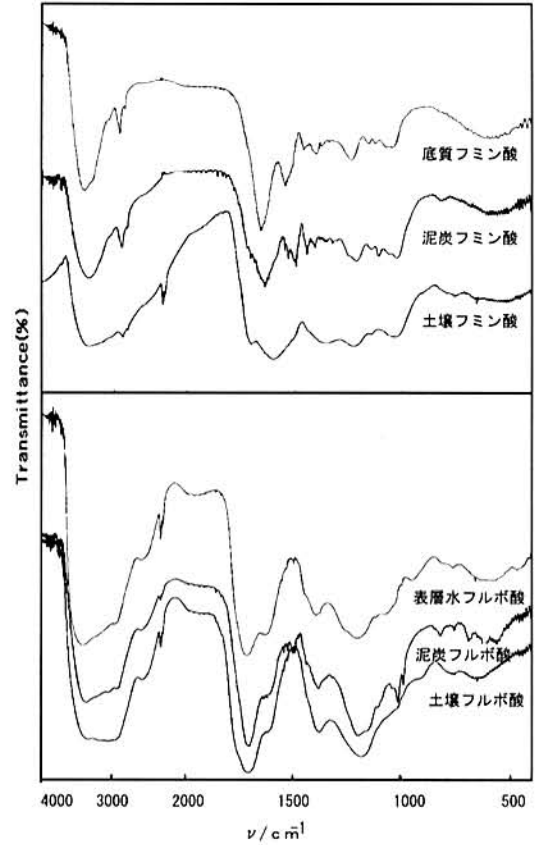


図4 腐植物質の赤外吸収スペクトル

フミン酸は、腐植化が進行したA型フミン酸に分類された。表1に示す官能基含量及び全酸度の測定の結果、上流のフミン酸ほど酸度が高く、カルボキシル基含量が高くなっている。一方、フェノール性水酸基の全酸度に占める割合は、下流のフミン酸ほど高くなっている。これは、腐植化の進行に伴いカルボキシル基やカルボニル基が増加し、リグニンに多く存在する水酸基やメトキシル基は減少するという文献⁹⁾のとおりである。

3.2 赤外吸収分析について

図4に、各フミン酸およびフルボ酸の赤外吸収スペクトルのデータを示す。フルボ酸に関してはおよそ類似しているが、特に、湖沼表層水フルボ酸と土壌フルボ酸の類似性が高かった。一方フミン酸の赤外吸収スペクトルは、由来による違いを顕著に示した。すなわち、土壌フミン酸では、 $2000\text{cm}^{-1} \sim 3500\text{cm}^{-1}$ にかけてなだらかに吸収が増大しており、アレーン構造、アルキル鎖、芳香環、水酸基の存在が示唆されているのに対し、底質フミン酸では $2000\text{cm}^{-1} \sim 2900\text{cm}^{-1}$ まで吸収を持たず、 2950cm^{-1} 付近のアルキル鎖の吸収が顕著に現れている。これは底質フミン酸が飽和脂肪族鎖を多く有していることを示唆している⁹⁾。このことは、底質フミン酸が芳香環のC=C二重結合に起因する 1620cm^{-1} 付近の吸収が土壌フミン酸に比べて小さいことから推察される。 1720cm^{-1} 付近のカルボキシル基

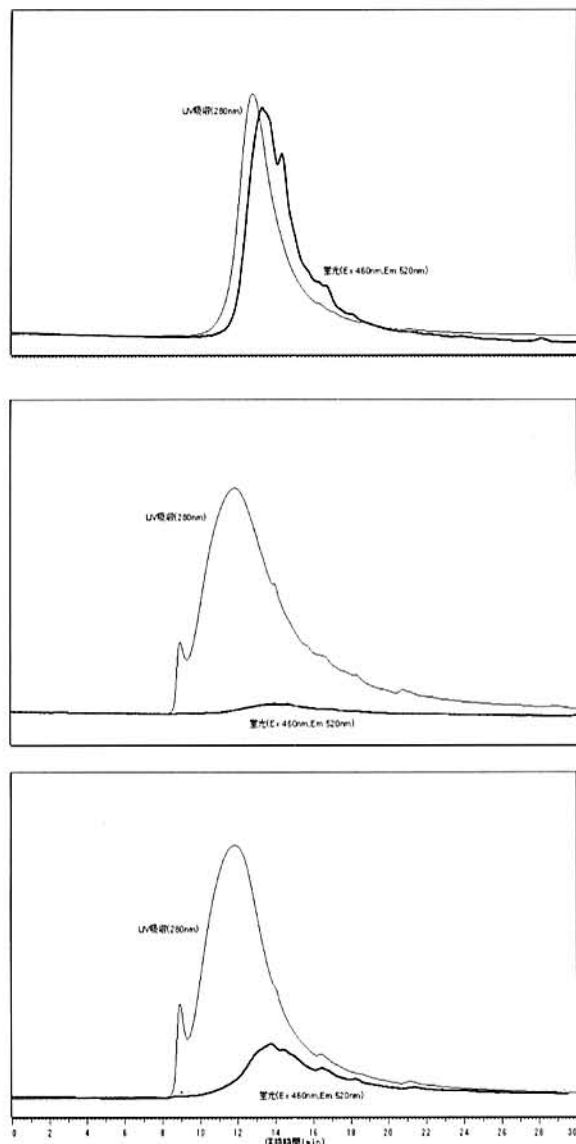


図5 フミン酸のHPLC-GPCクロマトグラム
(上から土壌フミン酸、泥炭フミン酸、底質フミン酸)

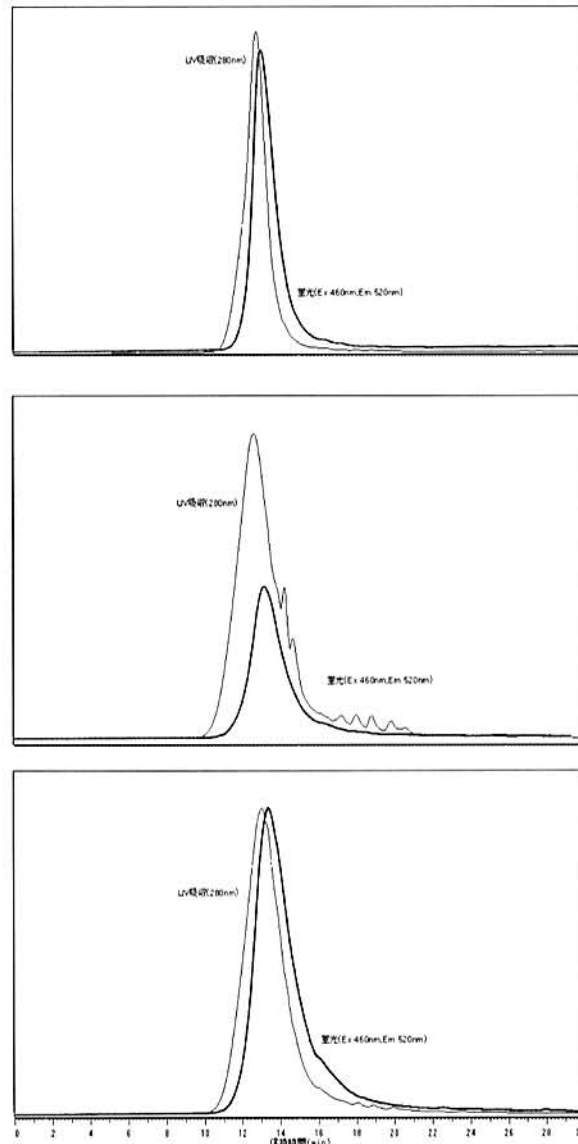


図6 フルボ酸のHPLC-GPCクロマトグラム
(上から土壌フルボ酸、泥炭フルボ酸、湖表層水フルボ酸)

C=O伸縮振動に起因する吸収、 3400cm^{-1} 付近の水酸基に起因する吸収は由来によらず顕著に見られた。しかし、フルボ酸では 1500cm^{-1} 付近の芳香環の伸縮に起因する吸収が相対的に小さく、フミン酸に比べて芳香族性が小さいことが示唆された¹⁰⁾。

3.3 HPLC-GPC 分析結果について

フミン酸及びフルボ酸のHPLC-GPCの分析は、紫外線(280nm)による吸光度測定と、励起波長460nm、蛍光波長520nmによる蛍光の測定を行った。フミン酸のHPLC-GPCクロマトグラムを図5、フルボ酸のHPLC-GPCクロマトグラムを図6に示す。これらの結果から、一般的に言われているとおりフルボ酸よりフミン酸の方が分子量が大きいと判定された。フミン酸は、底質由来と泥炭由

来で吸光度測定による保持時間およそ9分と12分の位置にピークが観察された。保持時間およそ9分のピークは使用したカラムの排除限界分子量(分子量40000)の位置であり、分子量40000以上の高分子分画の存在が示された。さらに保持時間およそ12分のピークは分子量およそ10000に相当する。土壌由来のフミン酸は、大部分が泳動溶媒に不溶であり、他のフミン酸試料より疎水性が高く、分子量も大きいと推察された。一方、フルボ酸は、吸光度測定によるピークの保持時間が13分弱であり、これは、分子量およそ2000~4000と推察された(ただし、腐植物質は、水中では水素結合により多量体を形成することが知られている。このため、今回推定された値は、真の分子量より大きいと考えられる)。これらの結果から、フミン酸とフルボ酸では分子量に差があることが示された。ま

た、紫外吸光度と蛍光の測定結果の比較から、青山らの報告⁹⁾と同様に蛍光を有する画分は腐植物質の大部分よりも遅れて溶出された。すなわち、フミン酸中に含まれる蛍光物質はフミン酸の主たる構成成分よりも分子量が小さいと考えられた。そして、それは、フミン酸とフルボ酸で分子量に大きな違いがない事から、フミン酸、フルボ酸両方に類似した化学構造を有する物質が含まれていることが示唆された。また、フミン酸は由来により同一波長での蛍光強度に大きな違いがあることから、由来の違いに起因する蛍光物質の含有量に違いがあるか、または化学構造の違いに起因する励起、蛍光波長のずれがあることが示唆された。実際、蛍光を有する化学物質の多くは共鳴安定度の高い芳香族有機化合物であり、赤外吸収スペクトルの結果から芳香環の含有率が相対的に低いと考えられる泥炭、底質由来のフミン酸で蛍光強度が弱くなっている。底質フミン酸は、土壌フミン酸に比べて芳香族性が極めて低いという文献もこの推論を支持している。また、今回実施した紫外線及び蛍光による分析結果から、風蓮湖表層水に溶存しているフルボ酸は、湖に接した泥炭地由来のフルボ酸よりも土壌由来のフルボ酸に近いと推察された。

4 まとめ

腐植物質はCOD、TOCを指標とした有機汚濁に関与していると考えられる。しかし、一方で、河川からの腐植物質の流出が沿岸海域の漁業資源を豊かにしているという説もあり、実際的な調査研究が待たれている。今回、北海道東部を流れる風蓮川とその河口に広がる風蓮湖周辺において腐植物質を採取し、その化学的特性の解明を試みた。今後は、こうした腐植物質の、特に水溶性が高いために水環境への影響の大きいフルボ酸に関して、環境中における役割や他の化学物質との相互作用に関して詳細な研究を実施する必要があると思われる。

5 謝辞

本研究にあたり、北海道大学大学院地球環境科学研究科中村博教授、田中俊逸教授のご指導ご協力を賜りました。ここに記して深く感謝いたします。

6 参考文献

- 1) 北海道保健環境部, 北海道根室支庁, 根室市, 風蓮湖水質環境調査結果, (1988)
- 2) 石川清, 八戸法昭, 中本俊生, 平成3年度水質汚濁防止に関する報告書, 40-41, (1992)
- 3) 五十嵐聖貴, 藤田隆男, 三上英敏: 海域の窒素・及び

磷に係る環境基準の類型指定調査 (平成8年度・風蓮湖), 北海道環境科学研究センター所報, 24, 81-84, (1997)

- 4) 谷昌幸, 近藤練三, 筒木潔: 十勝太平洋沿岸泥炭地における湖沼・河川の水質特性, 水環境学会誌, vol.22, 232-237(1999)
- 5) 青山正和, 保足昌之, 大沼正臣, 渡邊彰: 土壌腐植酸中の蛍光物質の化学的性状, 日本腐植物質研究会第15回講演会要旨集, 33-34(1999)
- 6) J.S.Gaffney, N.A.Marley, S.B.Clark: Humic and Fulvic Acids-Isolation, Structure, and Environmental Role- American Chemical Society(1996)
- 7) F.J.Stevenson Humus Chemistry(2nd edition)- Genesis, Composition, Reactions- John Wiley & Sons, Inc(1994)
- 8) K.Tsutsuki, S.Kuwatsuka: Chemical Studies on Soil Humic Acid II. Composition of Oxygen-Containing Functional Groups of Humic Acids, Soil Sci. Plant Nutr, vol.24, 547-560(1978)
- 9) 渡辺浩, 網走湖湖底堆積物中の腐植物質, 地質学雑誌, vol.78, 393-403 (1972)
- 10) M.Fukushima, S.Tanaka, H.Nakamura, S.Ito: Acid-Base Characterization of Molecular Weight Fractionated Humic Acid, Talanta, vol.43, 383-390(1996)

Characterization of humic substances extracted from surface water, peat, soil and sediment of Lake Furen and Furen Basin.

Shinichiro NAGAHORA,
Hidetoshi MIKAMI.

Abstract

The Furen River flows in eastward of Hokkaido prefecture, and the river reaches Lake Furen. There are some peat bogs in the drainage basin of the river. And somehow COD (Chemical Oxygen Demand) value often exceeds the environmental regulation. We supposed that natural organic matter (i.e. humic substances derived from peat or soil) account for a large part of COD value.

Hence we extracted and characterized natural humic substances. Elemental analyses, spectrometric analyses (UV-VIS and Infrared), HPLC-GPC (Gel Permeation Chromatography) showed similarity between soil fulvic acid and lake surface water fulvic acid.

環境試料中における殺菌剤の溶存態濃度と懸濁物(SS)吸着態濃度の相関

永洞 真一郎 三上 英敏 阿賀 裕英 村田 清康

要 約

北海道では、ゴルフ場で使用される農薬の大部分が雪腐病防除のための殺菌剤であり、そのほとんどが10月から12月にかけての降雪期に使用される。ここで使用される殺菌剤は一般に水溶解性が低く、河川などに流出しにくい化学構造になっている。しかしこの時期に河川水などで殺菌剤が検出されることがある。このことから、河川などで検出される殺菌剤が微小な懸濁粒子(Suspended Solid：SS)に吸着した状態で流出している恐れがある。このため環境水試料における殺菌剤の濃度を溶存体と懸濁粒子吸着体とそれぞれ測定した。この結果、殺菌剤によっては溶存態濃度とSS吸着態濃度の間に正の相関がみられた。さらに正の相関が見られた殺菌剤に関して、吸着におけるSS中の有機炭素画分の影響を評価したところ、トルクロホスメチルでは有機炭素画分の影響が大きく、メプロニルでは有機炭素画分の影響は小さいという結果が得られた。

Key words : 殺菌剤、懸濁粒子、水オクタノール分配係数(logPow)、有機炭素吸着係数(Koc)

1 はじめに

北海道ではゴルフ場で使用される農薬による環境汚染の未然防止を図るため、平成2年4月から「ゴルフ場で使用される農薬などに関する環境保全指導要項」を施行し、ゴルフ場排水などの水質調査を実施している。この間、本道におけるゴルフ場当たりの農薬の使用量は、図1に示すとおり平成5年ころまで減少し、それ以降はほぼ横ばい状態で推移している¹⁾。しかし、融雪状況や降雨状況などの気象条件により、一時的に農薬が流出することは起こりうることである。実際、毎年、いくつかのゴルフ場から農薬の流出が環境庁が定めた指針値以下ではあるが検出されている。特に、北海道においては、図1に示すとおり、殺菌剤の使用が農薬使用量全体の80%以上を占めており、その殺菌剤のほとんどが、芝の雪腐れ病防除のために積雪直前の時期に使用される。このため、秋の降雪期に殺菌剤が検出される事例が多い。ゴルフ場

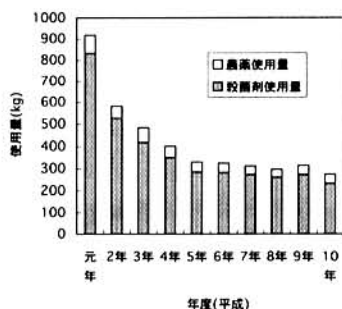


図1 18ホールあたりの農薬使用量と殺菌剤の占める割合

からの殺菌剤の流出に関しては、過去に「ゴルフ場の環境保全対策技術に関する研究開発」として調査が実施されている。しかし、流出する殺菌剤のよりミクロな視点での化学的形態に関しては実態が把握されていない。流出する殺菌剤が、懸濁粒子に吸着することにより殺菌剤の分析が妨害されるという報告も過去に当センターの沼辺らによって報告されている²⁾。これらに基づき、秋のゴルフ場農薬水質調査の試料において、懸濁粒子(Suspended Solid：以後SSと略記する)に対する吸着態農薬の濃度と溶存態農薬とを測定し、その濃度関係から環境中における農薬の分配に関する考察を試みたので報告する。

2 調査方法

毎年実施されている「ゴルフ場使用農薬水質調査」に基づいて21づつガラス瓶に採取された(採取年月日1998年10月29日～1998年12月4日)ゴルフ場排水、貯留水及び河川水16検体(10ゴルフ場分、サンプルNo.5とNo.15は貯留水、サンプルNo.12は河川水)について調査を行った。

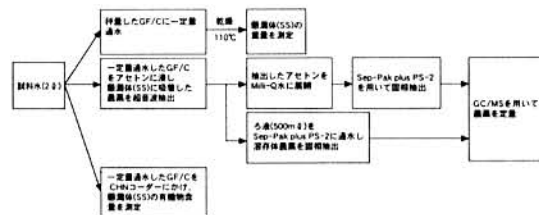


図2 実験調査の流れ

表1 殺菌剤の構造式と科学的特性

殺菌剤名称	分子量	構造式	魚毒性	logPow	Koc	水溶性(mg/ℓ)
トルクロホスメチル	301.13	<chem>CC1=CC=C(C=C1)C(=O)OP(=S)(OC)OC</chem>	A	4.56	1400	0.3~0.4(23℃)
メプロニル	269.34	<chem>CC(C)OC(=O)Nc1ccc(C)cc1</chem>	B	3.66	414	12.7(20℃)
フルトラニル	323.31	<chem>CC(C)OC(=O)Nc1ccc(C(F)(F)F)cc1</chem>	B	3.70	457	9.6(20℃)
プロピコナゾール	342.22	<chem>CCN1C=NC=N1CCOC2=CC=C(Cl)C(Cl)=C2</chem>	B	3.65~2.53	100	110(20℃)
イプロジオン	330.17	<chem>CC(C)C(=O)N1C(=O)N(C1)c2ccc(Cl)c(Cl)c2</chem>	B	3.10	410	12(20℃)

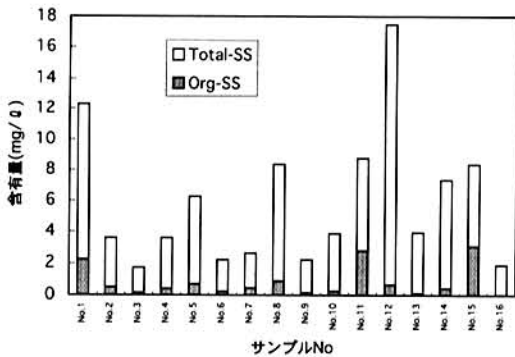


図3 試飲水のSS含量と有機炭素含量

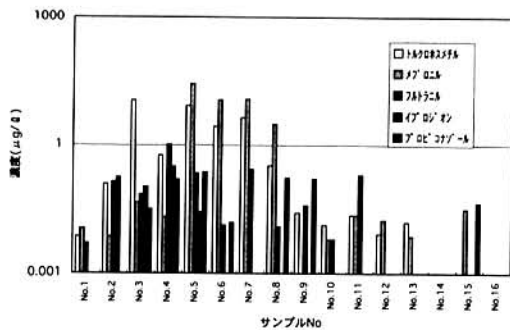


図4 各サンプルにおける殺菌剤の溶存態濃度

調査手順は、図2に示す³⁰⁾。

検体はあらかじめMilli-Q水で洗浄乾燥の後、秤量した47mmφガラスフィルターWhatman GF/C(保持粒子サイズ: 1.2μm)に一定量通水した後、ガラスフィルターを乾燥、秤量しSS重量を測定した。さらに、25mmφガラスフィルターWhatman GF/Cに一定量通水した後、ガラスフィルター上のSSの有機炭素含量をCHNコーダー(ヤナコMT-5)を用いて測定した。さらに、47mmφガラスフィルターWhatman GF/Cに一定量通水した後、ガラス

フィルターをアセトンに浸し、超音波抽出法によってSS吸着態農薬の抽出を行った。また、ガラスフィルターWhatman GF/Cのろ液を固相抽出カラムSep-Pak Plus PS-2を用いて溶存態農薬の抽出を行った。抽出した農薬の定量は、JEOL社製Automass-2 ガスクロマトグラフィ/質量分析装置(GC/MS)を用いて定量を行った。

3 結果と考察

調査を行ったゴルフ場における、分析対象農薬(殺菌剤)の構造および化学的特性を、表1に示す³⁰⁾。表1から、トルクロホスメチルは、疎水性が高いためSS吸着態が多く、特に、有機炭素吸着係数(Koc)も高いことからSS含量(特にSS中の有機炭素の含量)に依存すると予測された。一方、プロピコナゾールは水溶性が比較的高く、Kocが他の農薬に比べて小さいことから、SS吸着態に比べて溶存態の比率が高いと予測された。

図3に、試料水1リットル当たりのSS含有量とその中の有機炭素含量を示す。この図から、SS中における有機炭素はおよそ40%程度であった。図4に、各殺菌剤の溶存態として検出された濃度を示す。この結果から、トルクロホスメチル及びメプロニルが比較的高い濃度で検出された。これは、該当するゴルフ場での使用量に起因するものと考えられる。次に、SS吸着態として検出された殺菌剤の濃度とサンプル1リットル当たりのSS含有量を図5に示す。図4と図5の比較から、溶存態として高い濃度で検出される場合には、SS吸着態としても高い濃度で検出されている。このことは、液相と固相の間の分配が起こっていると考えられる。そこで、殺菌剤ごとに溶存態濃度とSS吸着態濃度の間の相関を表したもの

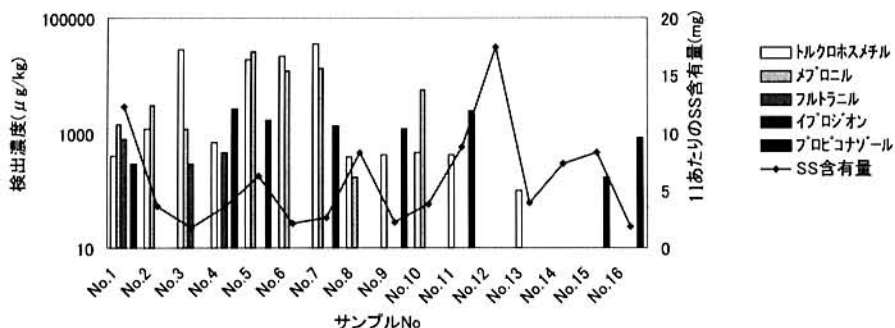


図5 各サンプルにおける殺菌剤のSS吸着態濃度とサンプル1リットル当たりのSS含有量

を、図6に示す。この図における相関性は、固相-液相間の分配平衡の到達度を示すことになる。この結果、メプロニルが高い相関性 (R=0.9657) を示し、トルクロホスメチルも比較的良い相関 (R=0.7894) を示した。フルトラニルは正の相関が得られなかった。プロピコナゾールは正の相関は得られたが、相関性は高くなかった (R=0.6541)。この結果から、メプロニルとトルクロホスメチルに関して、一般に、農薬が土壌等への吸着を解析する際に用いられる Freundlich の吸着等温式(1)に従ってサンプルの有機炭素含量から相関性を求めた⁷⁾。この結果を図7に示す。

$$S = k \cdot C^{-1/n} \quad \dots\dots(1)$$

式(1)で、Sは吸着態濃度、Cは溶存態濃度、kは吸着係数(ここでは有機炭素吸着係数Kocを表す)、nは定数であ

り、農薬の場合はn=1とされている。この結果から、トルクロホスメチルは非常に良好な相関 (R=0.9086) を示し、Kocの値は30290であった。一方メプロニルの相関性は若干低く (R=0.6181)、Kocの値は8894.6であった。ここで求められたKocの値が表1の値と大きく異なっているのは、一般にKocの測定が行われる濃度域よりもはるかに希薄な溶液において解析しているためと推察される。しかし、トルクロホスメチル、メプロニルそれぞれの殺菌剤のKocの比をとると、表1の値とよく一致するのは興味深い。このことから、希薄な溶液中においてもKocの大小関係は変化しないのかも知れない。これらの結果から、トルクロホスメチルのSS吸着は有機炭素含量に強く依存し、一方、メプロニルのSS吸着は、有機炭素画分があまり関与しないと推察された。今後は、より多くの農薬に関して同様の調査を行い、SSの粒子サイズによる農薬の吸着特性の違いの解明²⁾⁸⁾なども含めた詳細な調査

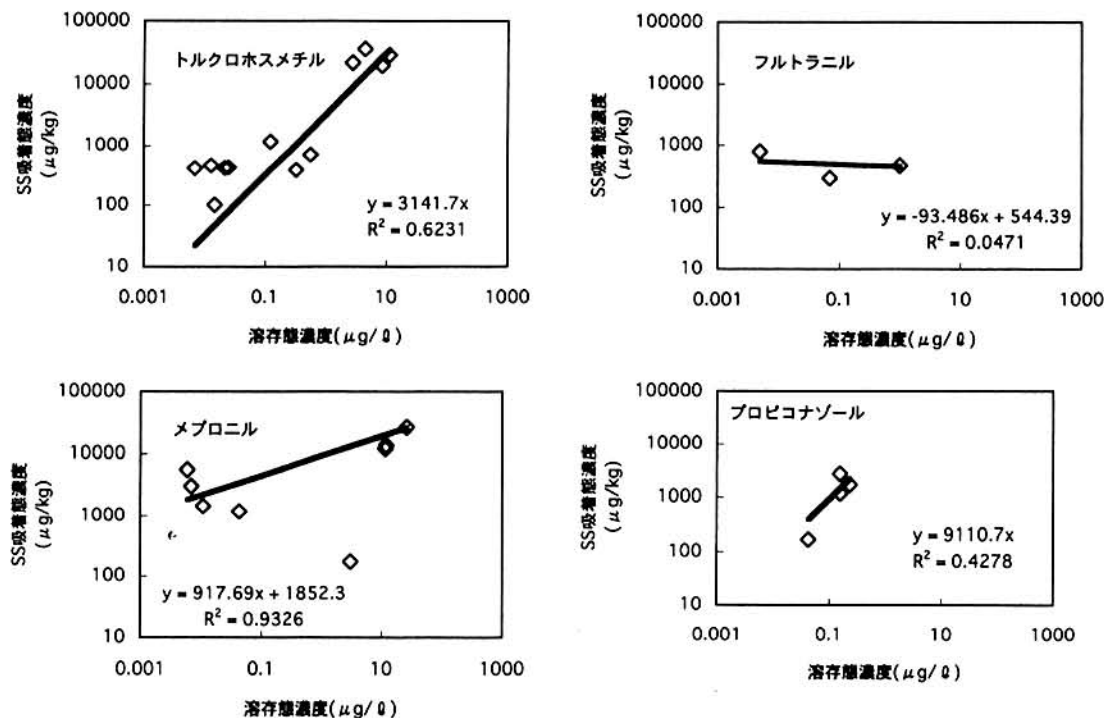


図6 溶存態濃度とSS吸着態濃度の相関

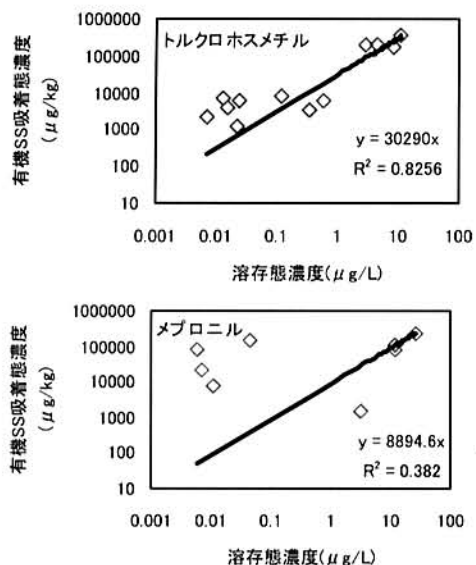


図7 トルクロホスメチルとメプロニルの有機炭素画分への吸着

を実施し、農薬を含めた多くの化学物質の流出メカニズムを解明することが必要と考えられる。そのことによって、農薬を含めた化学物質の環境への残留や河川などへの流出事故の未然防止への提言を行っていくことができると考えられる。

4 まとめ

北海道のゴルフ場における排水、貯留水およびゴルフ場下流の河川水において、存在形態ごとに殺菌剤の定量を試みた。そして、その存在形態から殺菌剤ごとの土壌微粒子への吸着機構の解明を試みた。その結果、固相-液相間の分配平衡が比較的成立していると考えられた。さらに、固相への吸着形態は殺菌剤ごとに異なることが示唆された。すなわち、トルクロホスメチルとメプロニルを比較すると、トルクロホスメチルは固相の有機炭素画分の存在に大きく影響を受けることが示され、メプロニルは、むしろ有機炭素画分以外の影響を受けていると考えられる。一般に、ゴルフ場等で使用される殺菌剤は、疎水性が高くかつ水溶性が低く、河川などに流出しにくいように設計されているし、その使用に際しては展着剤を併用するなど、流出事故防止には細心の注意が払われている。しかし河川水において高濃度で検出されたという報告事例も散見される。また、自然環境への残留も危惧される。こういった事態を防ぐためにも、殺菌剤を含めた農薬などの化学物質が、環境中に放出されたときにどういった化学的挙動をとるかを解明することは非常に重要であると考えられる。

5 謝辞

本研究に当たり、試料水の採取を担当していただきました各支庁の環境生活課環境保全係の皆さま、そして

CHNコーダーを用いた有機炭素含量測定の前処理を担当していただきました当センター環境科学部臨時職員の南向さち子さんに深謝いたします。

6 参考文献

- 1) 北海道環境白書'99, 北海道(1999)
- 2) 沼辺明博, 村田清康: 環境試料中の有機銅(オキシ銅)分析における懸濁物(SS)の影響, 北海道環境科学研究センター所報, vol.20, 35-39(1993)
- 3) 早川修二, 佐来栄治, 荒木志一: 農薬の河川底質への吸着性に関する検討, 三重県環境科学センター研究報告, 17-21(1994)
- 4) 北野肇一, 南由美子: 水・底泥系における農薬の挙動に関する研究, 石川県保健環境センター年報, 79-85(1996)
- 5) 「最新農薬の残留分析法」, 中央法規出版(1995)
- 6) 金澤純「農薬の環境特性と毒性データ集」, 合同出版(1996)
- 7) 金澤純「農薬の環境科学」, 合同出版(1992)
- 8) R. J. FARCASANU, Toshio YAMAGUCHI, P. MOLDRUP, L. W. de JONGE, Takehiko FUKUSHIMA: Simazine Sorption and Transport in Soils and Soil Particle Size Fractions, 環境化学, vol.8, 769-779(1998)

The concentration correlation of dissolved state and suspended particulate adsorbed state of the Fungicides in the environmental samples.

Shinichiro NAGAHORA,
Hidetoshi MIKAMI, Hirohide AGA,
and Kyoyasu MURATA.

Abstract

In order to prevent the grass disease, most of fungicides (disinfectants) scattered on golf course before snowfall in Hokkaido. In general, almost fungicides have low solubility to the water. But often fungicides are detected in the surface water downstream of golf course. This implies fungicides elutes not only dissolved-state but also adsorbed-state on the suspended particle. Some pesticides have high affinity to organic carbon (dissolved or suspended). So we quantified fungicides both dissolved-state and adsorbed-state in the golf course reservoir, drainage and river water. And we evaluated the relationship between adsorption of fungicides to the suspended solid and organic carbon content. The results

美々川周辺地域の植生とその変化

一澤 麻子 宮木 雅美 西川 洋子

要 約

千歳市南部に源流を持つ自然河川、美々川において、植生の現状を把握し、近年の変化を明らかにするために、現存植生図を作成した。空中写真の判読や現地踏査から作成した現存植生図と過去20年間に作成された植生図とを比較したところ、美々川流域では、空港拡張に伴って、ゴルフ場や駐車場の建設が目立ち、さらに工業地域の開発、高速道路の敷設などにより、森林や湿原が分断されその面積は減少していた。近接する市街地、工業地帯からの影響を少なくするために、生物の重要な生息の場である植生の連続性を保ち、さらにバッファーとなる周辺の植生の保全にも十分な配慮を行うべきである。

Key words : Actual vegetation map, Bibi-river, Natural river, Vegetation change

1 はじめに

開発の進んだ石狩低地帯の中で、美々川は自然の流路が残されている数少ない自然河川である。美々川はまた、「すぐれた自然地域」に指定され¹⁾、その下流部に形成されるウトナイ湖は、1991年にラムサール条約の登録湿地に指定されるなど貴重な自然地域である。過去の研究によってこの地域を保全することの意義・必要性は幾度となく論じられてきたが²⁾、美々川の周辺地域の開発は続いている。

本稿では、こうした重要な美々川周辺地域の植生に関して現状を把握し、自然環境保全に対する基礎データとするため、現存植生図を作成し、さらに植生にどのような変化が起こっているのかを明らかにした。

2 調査地および方法

2.1 調査地

美々川は千歳市南部に位置する千歳沼と左支川の湧水群を源流とする小河川である。勇払低地帯を南下しウトナイ湖を形成した後、勇払川に合流する。河川法上、美々川は千歳沼から勇払川合流点までの延長18.2kmを指す³⁾。本報では、南北には千歳沼からウトナイ湖まで、東西にはパンケナイ川、パンケナイ川、美沢川の支流域がおおよそ含まれるよう、南北約14km、東西約7kmの約95km²の地域を調査対象地とした(図-1)。

2.2 方法

美々川流域の植生の現況を明らかにし、近年の変化を調べるために現存植生図を作成した。植生図は、現地踏査の

結果から相観的に優占する種及び土地利用に着目して、空中写真(縮尺1万分の1、1万5千分の1、平成11年、12年撮影)の判読を行い作成した。現存植生図の基図には国土地

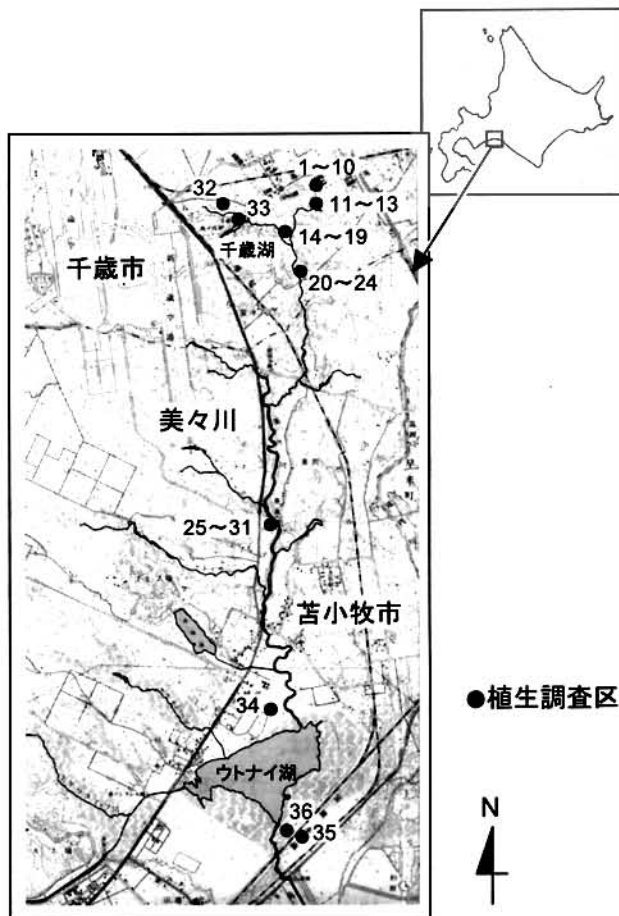


図1 調査地域及び植生調査位置図

表1 エゾイタヤーシナノキ群落、クリーミズナラ群落、カシワウラジロタデ群落群落組成表(大木層)

Table with columns for community types (A, B, C) and species names, showing abundance data for the large tree layer.

理院発行の地形図(昭和58年発行, 1万5千分の1)を用いた。凡例は環境庁(3)に準拠した。

植生調査は1991年8月から10月に実施した。調査区規模を森林植生の木本層が(10×10)m²、林床の草本層と草原植生が(1×1)m²~(2×2)m²を基本とし、33地点の調査区を設定した(図-1)。

3 結果と考察

3.1 現存植生図の凡例解説

空中写真判読と野外調査から決定された16凡例により現存植生図を作成した(図-2)。以下に各凡例について解説した。

3.1.1 エゾイタヤーシナノキ群落(表-1、2)

エゾイタヤーシナノキ群落は、サワシバ、ミズナラ、シナノキなどの落葉広葉樹に加え、ヤマモミジ、イタヤカエデ、クロビイタヤといったカエデ類が多く混生する森林群落である。

フネソウが生育していることから、かなり湿性の立地であることがうかがえる。群落高は、12mから22m程度まで幅があるが、この地域の中では良く発達した森林といえる。

3.1.2 ハンノキ群落(表-3、4)

ハンノキ群落は、ハンノキ、ヤチダモが優占する、地下水位の高い湿性の河畔林である。ハルニレやミズナラ、カラコギカエデが混生する林分も見られる。

3.1.3 カシワ群落

カシワ群落は、カシワが優占する単純林だが、ミズナラやコナラが混生することもある。火山灰土壌の平坦地や台地上に発達する群落である(5)。

3.1.4 ハナゴケ-カシワ群落(表-1、2)

ウトナイ湖東南部には、古砂丘上にカシワ林が発達しているが、カシワの樹高が低く、林冠もまばらである。

表2 エゾイタヤーシナノキ群落、クリーミズナラ群落、カシワウラジロタデ群落群落組成表(草木層)

Table with columns for community types (A, B, C) and species names, showing abundance data for the herb and grass layer.

出典: 図の補遺 通し番号1-10, 13-15, 1991/07/14, 11, 12, 1991/10/2, 16, 1992/10/5, 17, 1992/10/2, 引用文献 通し番号15, 16, 25の抜粋(1987)

表3 ハンノキ群落(木本層)

通し番号	1	2	3	4	5	6	7	8
調査番号	14	17	15	16	20	25	21	18
面積(m ²)	100	100	100	100	100	100	100	100
傾斜(°)	0	0	0	0	0	0	0	0
高木層の高さ(m)	-	-	-	-	27	-	14	-
低木層の高さ(m)	10	7	9	7	-	8	-	16
種数	8	7	6	4	6	2	6	1
ヤチハンノキ	15	18	8	9	4	2	14	15
ヤチガモ	2	14	15	18	4	-	-	-
カラコキカエデ	2	31	4	4	-	3	-	-
ブリウツギ	4	9	-	3	15	1	-	8
ハルニレ	4	9	-	-	-	-	-	-
ミズナラ	7	5	-	-	-	-	-	-
シラカンバ	2	-	1	-	-	-	-	-
ヤマウルシ	1	-	-	-	-	-	2	-
ミヤマザクラ	-	-	2	-	-	-	2	-
アオガモ	5	-	-	-	-	-	-	-
エノコリンゴ	1	-	-	-	-	-	-	-
ハリギリ	-	2	-	-	-	-	-	-
ホゾシモツケ	1	-	-	-	-	-	-	-
キタコブシ	-	1	-	-	-	-	-	-
エンジュ	-	-	1	-	-	-	-	-
ハシロイ	-	-	-	6	-	-	-	-
マユミ	-	-	-	2	-	-	-	-
イタヤカエデ	-	-	-	1	-	-	-	-
ツリバナ	-	-	-	-	1	-	-	-
ウルシ	-	-	-	-	-	1	-	-

調査年月日 通し番号1-8:1991/8/15

や、ハナゴケ類²⁾、ウラジロタデなどの高山性の植物が生育し特異な景観を作っている。そこで、前述のカシワ群落と区別し、ハナゴケーカシワ群落とした。この地域は、苫小牧市自然環境保全地区に指定されている⁹⁾。

3.1.5 ミズナラーカシワコナラ群落

ミズナラーカシワコナラ群落は、ミズナラ、サワシバなどが優占し、カシワやコナラが混生する森林である。北海道では、コナラの分布域は南部に限られ⁷⁾、さらに、ミズナラ、カシワとあわせて3種が同所的に生育する林分は珍しい。美々川源流から東岸にかけて分布が見られる。

表4 ハンノキ群落(草本層)

通し番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
調査番号	20	17	18b	21	25b	25a	14	16a	15	16
面積(m ²)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
低木層の高さ(m)	-	2	-	-	-	-	2.4	-	-	-
草本層の高さ(m)	0.9	1.5	1.4	2.1	1.6	2.6	-	2.5	2.1	-
種数	11	2	5	8	6	9	7	13	17	17
ホゾシモツケ	*	-	-	2	4	3	3	3	1	*
ヒメシダ	-	-	-	*	*	*	*	1	2	1
ミズトクサ	-	-	-	-	-	-	-	1	*	*
イワノガリヤス	-	1	1	1	-	-	5	1	1	1
ヨシ	-	1	3	2	-	-	3	3	3	3
カラコキカエデ	*	*	-	-	*	1	-	-	-	*
コウヤクザビ	*	-	-	1	-	-	-	-	-	-
スズメsp.3	*	-	-	-	-	-	-	1	-	1
アキウナギツカミ	-	*	-	*	*	-	-	-	-	-
タチキボウシ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	*
イネ科sp.2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
クロミノウグイスカグラ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
アキノキリンソウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
ゴウワ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
ミズハシヨウ	1	-	1	-	-	-	-	-	-	*
ツリフネソウ	*	-	-	1	-	-	-	-	-	*
ミゾソバ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
クワレマ	-	*	-	-	-	1	-	-	-	*
ヒメシロネ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*

出現1回の種 通し番号1:スズメsp.4, 3:ユキザサ, 1:エゾノサアザミ, ドクゼリ, ナツハシヨウ, 2:ミヤマベニシダ, 2:エノコリンゴ, 1:ヨツバヒドリ, 3:ヤマメダ, 3:4:ヤナギトラノオ, 1:6:ツリバナ, ナガボシシロウレモコウ, 8:ヒコウクシ, 9:クサソテツ, 2:スズメsp.5, 1:ツタウルシ, 10:シロネ, 1:ウラジロエノキ, エゾノトウ, オトギリソウ, ナンボク, ナンボクsp.

調査年月日 通し番号1-8:1991/8/15

3.1.6 ミズナラ群落(表-1, 2)

ミズナラ林で、カシワやコナラが混生していないものをミズナラ群落とした。美々川西岸の丘陵地に広く分布が見られる。環境庁¹⁰⁾のクリーミズナラ群落にほぼ相当する凡例である。

3.1.7 伐採跡地群落

森林伐採後に成立する群落をこの凡例にまとめた。伐採後の年数や立地によって、ハンゴンソウなどの高茎草本群落から低木林まで様々な相観を示している。

3.1.8 ヨシクラス(表-5)

この凡例には、低湿地に生育するいくつかのタイプの草原が含まれる。この美々川流域でもっとも広く見られるヨシクラスの群落は、ヨシ、イワノガリヤス、ミズトクサなどで構成されるヨシーイワノガリヤス群落である。この群落は、群落高が1m程度から高いものでは2m程度にまで

発達する。このヨシーイワノガリヤス群落は、ミゾソバ、ミズトクサが出現するタイプとエゾササゲ、モウセンゴケなどが出現するタイプがみられた。これらは、土壌の栄養状態によって出現する植物に違いがでたものと考えられる。また、オオカサスゲや、ヤマメダなどの大型のスゲ類が優占する群落も分布していた。さらに、水位の高い立地では、マコモや抽水植物のコウホネが生育する群落もみられた。いずれの場合も過湿な立地のため、出現する植物の種数は少ない。

表5 ヨシクラスに属する植生の群落組成表

通し番号	A:マコモ群落				B:ヤマメダ群落				C:オオカサスゲ群落				D:ヨシーイワノガリヤス群落			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
調査番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
面積(m ²)	31	24	30	13	19	27	29	23	28	26	36a	36b	36c	36d	36e	36f
傾斜(°)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
高木層の高さ(m)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高さ(m)	1.7	1.9	1.0	0.5	1.1	1.3	0.7	2	2.1	0.9	2.2	0.7	0.8	0.7	0.8	1.2
種数	3	5	5	4	4	5	7	4	6	4	6	9	10	9	10	11
調査区分類	マコモ															
マコモ	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
コウホネ	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ヤマメダ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
オオカサスゲ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
オランダガラシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ヨシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
イワノガリヤス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
オオアザミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
下田草	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
下田草区分	ミズトクサ															
ミズトクサ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アキノノギツカミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ナガボシシロウレモコウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
エゾササゲ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アキスシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
エゾトウモロコシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ホソコシロ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
サワキキョウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ミゾソバ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ツルソウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
その他の種	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ドクゼリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アオミズ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ワスレナグサ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ツリフネソウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ハンノキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
イネ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アヲナ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ツルソウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
エンコウソウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アキノノギツカミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ホゾシモツケ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

調査年月日 通し番号1-3: 9-11, 1991/8/15, 4: 1991/8/14, 12-16: 1992/7/15

3.1.9 常緑針葉樹植林

トドマツを主とするの常緑針葉樹の植林が、美々川西部にまとまってみられる。また小面積ながら、ヨーロッパトウヒ、ストローブマツ、チョウセンゴウなど外国産の常緑針葉樹の植林がみられる。

3.1.10 落葉針葉樹植林

カラマツ植林を落葉針葉樹植林とした。植林としては、北海道において最も広くみられるものである。

3.1.11 畑地

畑地では、小麦、てんさい、とうもろこしなどが主に栽培されており、美々川の東岸に大きく広がっている。

3.1.12 牧草地

牧草地は、カモガヤ(オーチャードグラス)やオオアワガエリ(チモシー)といったイネ科の多年生草本を中心とする草地である。

3.1.13 ゴルフ場・飛行場

ゴルフ場・飛行場は、人為的な圧力の高い地域だが、ゴルフ場には植林地やナガハグサなどの草地が、飛行場は広大な草地が含まれる。

3.1.14 市街地

住宅地と工業地帯を含む地域である。植生は少ないが、

街路樹、庭木、路傍雑草などが存在する。

3.1.15 造成地

造成後の年数や立地によって、裸地から草本群落まで異なる相観を示している。

3.1.16 開放水域

湖沼と、河川の水流通るいは滞水地域を示す。美々川は、水深が平均1 m前後²⁾、ウトナイ湖は平均0.6m前後と浅いため²⁾、セキショウモ、エゾノヒルムシロなど様々な水生植物が見られる²⁾。

3.2 現存植生図からみた美々川流域の植生

植生図の中心部を北から南に美々川が流下しており、ミズナラカシワコナラ群落²⁾が源流から東岸にかけて残存している。源流河岸の急斜面にのみ、エゾイタヤシナノキ群落²⁾が小面積で見られる。また、河岸の水流通るいは、ヨシヤスゲによって構成されるヨシク拉斯の湿原が広がっている。特に、美々川中流から下流にかけてと、ウトナイ湖周辺やウトナイ湖西部のオタルマップ川やトキサタマップ川に特に大きな広がりが見られる。こうした湿原植生は、水質の浄化など様々な機能を持ち、野鳥をはじめとするさまざまな動物の重要な生息域となっている。このヨシク拉斯の草原を囲むように、水面からより高い立地には、ハンノキヤチダモなどで構成されるハンノキ群落²⁾が分布している。

美々川を挟んだ東西の植生には大きな違いが見られる。東部は、畑地と牧草地が大きく広がり、開発が進んでいる。森林は美々川に面した斜面地に残されているが、それぞれの林分の分断化がすすんでいる。東部の森林は、ミズナラとカシワ、コナラが混成するミズナラカシワコナラ群落²⁾とカラマツの落葉針葉樹植林²⁾がみられる。ミズナラカシワコナラ群落²⁾は、美々川上流部では兩岸にみられる。また源流部北部には、カシワの純林であるカシワ群落²⁾が見られる。美々川西部は、新千歳空港やいくつかのゴルフ場がみられるが、その他の場所にはミズナラ群落²⁾が広く分布している。常緑針葉樹やカラマツの植林もかなりの広面積で見られる。

こうした美々川の東西での植生の違いは、地形の違いが大きく影響していると考えられる。美々川の東部の地形は、低平な台地や平野であり、開発が容易である。これに対し、西部に広がる台地は、より樽前山に近く、いくつかの小河川により開析が進んで複雑な地形になっており、開発が行われてこなかったため、森林が広面積で残存したものと考えられる。

ウトナイ湖の周辺は、湿原、森林、砂丘など多様な環境が混在している。しかし、ウトナイ湖と勇払川の南部は、大規模な開発が進み、自然の植生は失われている。

3.3 美々川流域の植生変化

美々川流域に関しては、過去いくつかの調査が行われ、植生図も作成されている。それらと今回作成した現存植生図を比較し、近年の美々川流域の植生に関する変化を追った。

1981年の植生図²⁾から1992年の植生図²⁾にかけての約10年間での大きな変化は、新千歳空港が建設されたことであり、森林が減少し、美々川の支流が分断された。その後、現在までに、空港付近にいくつかのゴルフ場が建設され、ウトナイ湖南部に高速道路（道央自動車道）が敷設された。さらに、勇払川の改修工事が行われ、トキサタマップ川下流の湿地が改変された。また、空港付近に小規模の伐採跡地や造成地が見られるようになり、そこでは、主に空港利用者を対象とした駐車場の建設工事が進められている。そのほかに、森林が畑地や牧草地へと置き換わり減少していた。

3.4 美々川流域の植生を保全する上での留意点

美々川周辺は、湿原植生と多様な森林、砂丘など特殊な環境とが組み合わさった一つの地域として残存していること、また、そのため、野鳥をはじめとする野生生物にとっての極めて重要な生息地となっていることなどから、非常に貴重な地域となっている²⁾。

また、この地域の湿原植生は、北海道の低湿地帯に広く見られるものである。しかし、都市化の進んでいる道央地域においては残り少なく²⁾、湿性林の規模や質についても石狩低地帯においては美々川周辺域のもののが最も優れているといわれている²⁾。ウトナイ湖周辺のウトナイ緑地は、都市公園法によって現状改変行為は規制されているが、その周辺部に規制はない。湿原は水文に大きく支配され、周辺の環境の変化によって大きな影響を受ける。そのため、湿原の保全を考える場合に、流域内の森林もあわせて保全する必要がある。現在のミズナラ林～ハンノキ林～ヨシク拉斯の湿原～河道や湖沼内の水生植物群落といった植生の連続性を分断しないように配慮し、地域の総合的な保全に取り組むべきである。また、美々川では河川水の流入量は西岸からが約80%を占めて多い²⁾。しかし、湧水と自然性の高い斜面林による、すぐれた景観をもつ左支川源流の水源地は、一見森林が分断されている馬追丘陵にまで達すると考えられ¹⁾、こうした環境の保全には、広域的な地域のシステムにも目を向ける必要が強く感じられる。

4 謝辞

現地調査にあたり、梅木賢俊、梶光一、間野勉、富沢昌章、堀繁久の各氏には多大なご協力を頂きました。厚く感謝の意を表します。

引用文献

1) 北海道環境科学研究センター「すぐれた自然地域自然

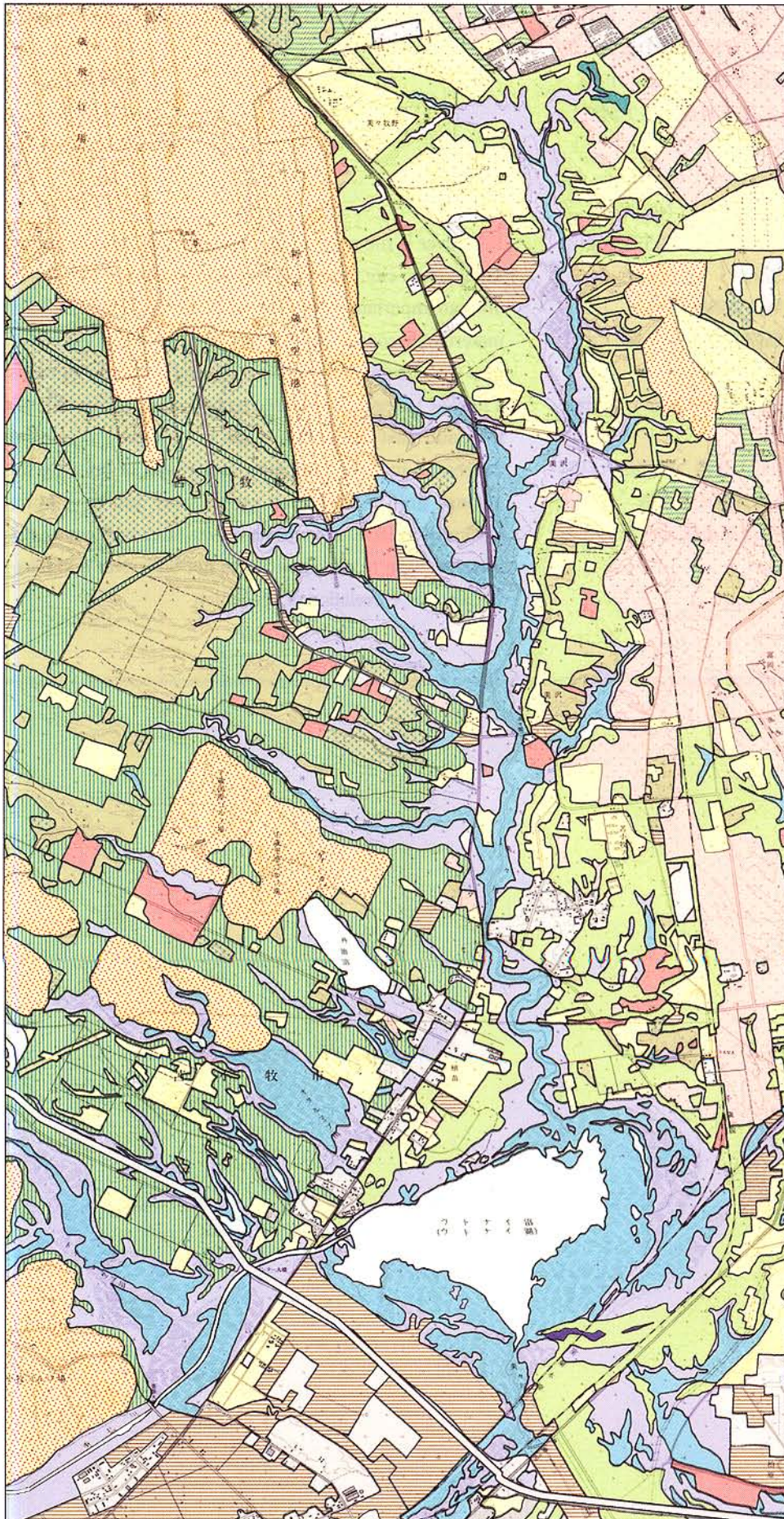
- 環境調査報告書、道南圏域・道央圏域」p302, 1993.
- 2) 北海道保健環境部「美々川流域の自然環境の資質と現状 (美々川流域自然環境調査報告書)」133pp, 1992.
 - 3) 環境庁「第2回自然環境保全基礎調査 (植生調査), 現存植生図—北海道 (縮尺5万分の1)」1981.
 - 4) Braun-Blanquet, J.: "Pflanzensoziologie", Grundzuge der Vegetationskunde"865pp, Springer, Wien / New York.
 - 5) 北海道「第2回自然環境保全基礎調査, 植生調査報告書 (環境庁委託)」134pp, 1979.
 - 6) 苫小牧市環境衛生部「苫小牧市の環境」120pp, 1994.
 - 7) 北海道立林業試験場「広葉樹の育成ガイド ミズナラ林の造成技術」191pp, 1998.
 - 8) 苫小牧市「ウトナイ沼自然環境調査報告書」184pp, 1987.
 - 9) 矢部和夫: 勇払原野の湿原地域の変遷, 財団法人自然保護助成基金1994・1995年度研究助成報告書「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—」79-81, 1997.

The vegetation around Bibi River and its recent change

**ICHISAWA Asako,
MIYAKI Masami,
NISHIKAWA Yoko.**

Abstract

Bibi River is the natural river remained in Yufutsu plain in Tomakomai city, Hokkaido and has precious mires, which offer an important habitat for wildlives. To obtain the basic material for conservation of this area, an actual vegetation map was drawn. From field survey and aerial photographs, a total of 16 legends were recognized. Comparing with this map and past vegetation maps in this area, vegetation decreased in forest and mire as a result of building the airport, golf links and an expressway and developing agricultural land. For conservation of ecosystem of this area, we have to pay attention to not only river and mires but also the correlation of vegetation



凡例

- エゾイタヤ
ーシナノキ群落
- ハンノキ群落
- カシワ群落
- ミズナラーカシワ
ーコナラ群落
- ハナゴケー
カシワ群落
- ミズナラ群落
- 伐採跡地群落
- ヨシクラス
- 常緑針葉樹植林
- 落葉針葉樹植林
- 畑地
- 牧草地
- ゴルフ場・飛行場
- 市街地
- 造成地
- 開放水域



1 : 50,000

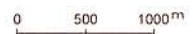


図2 美々川周辺の現存植生図