



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	高層湿原の水環境と保全II-サロベツ湿原周辺水域の水質環境-
Author(s)	堀内, 晃; 齊藤, 寛朗; 南出, 美奈子 他
Description	第5回衛生工学シンポジウム (平成9年11月6日 (木) -7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 測定・調査 . P5-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 5, 205-210
Issue Date	1997-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7734
Type	departmental bulletin paper
File Information	5-5-7_p205-210.pdf



5-7

高層湿原の水環境と保全 II

—サロベツ湿原周辺水域の水質環境—

堀内 晃、斉藤寛朗（北海道大学）、南出美奈子（札幌市）、橘 治国（北海道大学）

1 緒言

近年、高層湿原を含め湿地が消失していることが重要な問題となってきている。湿地にすむ生物の多様性、湿地の持つ気候、洪水の調節機能や水質浄化機能、景観の美しさなどが消失するためである。我々は、今残されている数少ない自然の湿原を将来に残さなければならない。しかし、湿原に関する情報が少なく、データの収集が重要な課題となっている。その中でも水質学的データの収集を我々は行っている。湿原生態系にとって水質は重要な因子である。自然の湿原の水質がどのようなものであるのか、人間の手が加わることによってどのように変化するか、これらが植生や土壌とどう関わっているか、という事柄は今調査しておかなければならない重要な課題である。湿原内の地下水の水質については第3回衛生工学シンポジウム「高層湿原の水環境と保全」でその特徴を報告した。本報告では、湿原をとりまく水域について調査し、広域的な視点での湿原の保全について考察した。

2 調査水域

水域の概況 サロベツ湿原は、北海道北部の豊富町と幌延町にまたがる東西約5～8km、南北約27km、面積約23000haの広大な原野であり、そのうち約1700haにミズゴケ (*Sphagnum spp.*) やツルコケモモ (*Vaccinium oxycoccus*) などの湿性植物が優先する高層湿原が原野の中心部に発達している。また湿原内には多数の沼が存在しており、沼の周辺部は低層湿原が発達している。高層湿原は、植物の遺体が未分解のまま堆積した泥炭層の上に形成されており、泥炭層は平均3～5mに達する。湿原内には湿地溝と呼ばれる無数の水路がサロベツ川に向かって樹枝状に形成されており湿原内の余分な水を排出している。湿原の西には帯のように砂丘が平行に並び、砂丘と砂丘の間に細長い沼が無数に点在している。これらはほとんど人間の手が入っておらず、自然のままの姿を残している。これらの湖沼の中には泥炭の堆積が見られるものもあり、湿原に発展しつつある湖沼であると考えられる。この貴重な自然を保全する目的で、1974年にサロベツ湿原の一部が利尻礼文サロベツ国立公園に指定された。

サロベツ湿原開発の歴史 1870年代より、サロベツ湿原の周辺に日本人が定住し始めたが、小規模な開発にとどまり、第二次世界大戦前には本格的な開発が行われなかった。戦後の緊急入植によって大規模な開発が始まった。湿原を横切る現在の道道稚咲内豊富線が作られたのもこの時期である。1960年代～1970

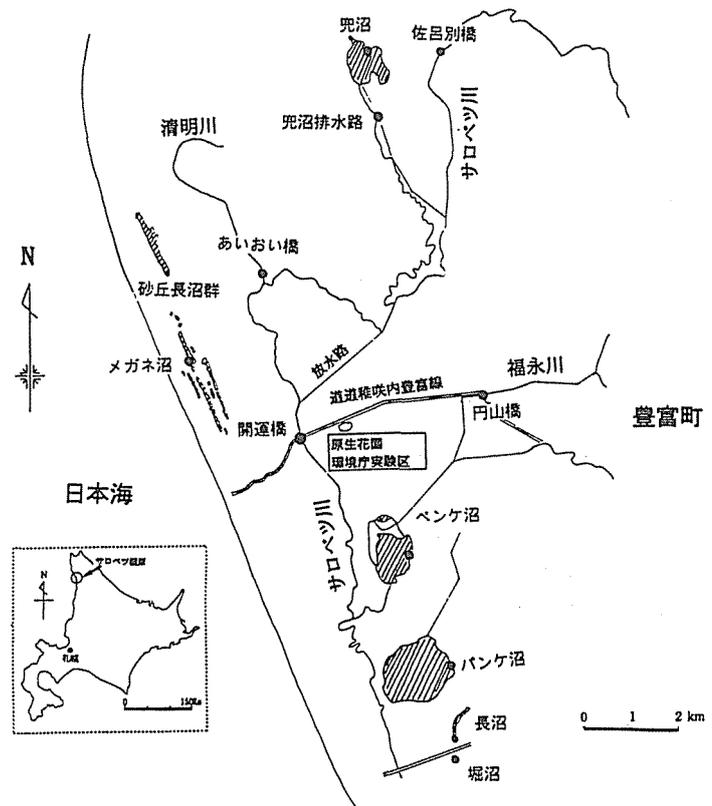


図1. サロベツ湿原および周辺水域の調査地点

年代にかけて急速に泥炭地の耕地化、道路、水路等の整備が行われた。その中でも1967年に開通したサロベツ川の放水路による水害の軽減によって開発はさらに進んだ。

湿地溝は泥炭層が吸収し得ない過剰な水分が泥炭地周辺部を流下した結果形成されたものと考えられており、降水にもとづく高層湿原の涵養水が豊富な場合、このような浸食形態が現れやすい。

研究対象水域 主たる研究対象とした湿原域は、豊富町管内にあるサロベツ湿原原生花園内の環境庁実験区(面積約48ha)、幌延町管内の下サロベツ原野にある長沼地区である。このほか湿原内湖沼として上サロベツ原野のほぼ北端に位置する兜沼、下サロベツ原野のペンケ沼、パンケ沼、長沼、堀沼、さらに湿原の西に位置する砂丘林に点在する湖沼の一つであるメガネ沼を調査対象とした。また、サロベツ湿原を北から南へ流れるサロベツ川とサロベツ川に流入する清明川、兜沼排水路、ペンケ沼に流入する福永川、湿原を横切る道道脇の道路側溝等の河川についても調査を行った。

3 調査期間

サロベツ原生花園の地下水や周辺水域の水質を対象とした調査は、1993年3月7日から1996年11月23日まで通算21回実施した。

そのうち筆者が担当したのは1996年7月25日～1996年11月23日の6回の調査である。

4 結果

4.1 サロベツ湿原環境庁実験区の地下水及び地表水の水質概況

筆者らの調査結果とこれまでの研究室の調査資料を併せて、水質の概況を表1に示した。なお、環境庁実験区に関する研究報告は第3回衛生工学シンポジウム「高層湿原の水環境と保全」に詳しく述べたので、ここでは簡単に水質データを示し、報告する程度とする。

ミズゴケ植生であるE地点はpHが4.6と低く、栄養塩濃度も低い。また電気伝導度は78.9 μ S/cmと低い。E地点からササ植生のW地点、湿地溝地点に行くにしたがって、pH、栄養塩濃度、電気伝導度が高くなる傾向がある。これはW地点、湿地溝地点では地下水位が低下しており、泥炭の分解が進んでいるためと考えられる。また、湿原地下水では泥炭溶出成分であるフミン酸濃度が高く、それと相関してCOD、TOC濃度が高くなっている。

4.2 周辺の湖沼及び河川の水質概況

ここでは湿原に影響を与えると思われる周辺の水域についての水質特性についてまとめる。結果を表1に示す。

(1) pHとアルカリ度

長沼ではpH5.0と酸性を示し、湿原の影響が見られる。しかし、兜沼ではpH7.1、ペンケ沼はpH6.9、パンケ沼はpH7.4、堀沼はpH6.3、メガネ沼はpH5.8であり比較的中性である。また、アルカリ度は兜沼、ペンケ沼、パンケ沼、河川全般において高く、微生物活動が活発であることが分かる。アルカリ度の高いこれらの地点は地点は栄養塩濃度の高い地点と一致している。一方、長沼、堀沼ではアルカリ度が小さく、湿原表層水のように微生物活動が抑制されていると考えられる。またメガネ沼は湿原性の湖沼ではないが、貧栄養なために微生物活動が抑制されていると考えられる。

(2) 電気伝導度と主要無機イオン

長沼、堀沼は電気伝導度88.4、107.5 μ S/cmと湿原表層水に近いが、ペンケ沼は170.5 μ S/cm、メガネ沼183.5 μ S/cm、兜沼183.0 μ S/cmで、泥炭とは異なった土壌の影響があると考えられる。パンケ沼が543.0 μ S/cmと非常に高いのは海水の遡上によって汽水域となっているためである。

表1. サロベツ湿原および周辺水域の水質

場所 深さ n	環境庁実験区				道路側溝 表層 1	R-E 0.5m 1	湿原北 全層平均 2	長沼 表層平均 16	長沼区		雨水 4
	E	W'	湿地溝	N-105					S-30		
	全層平均 105	全層平均 76	全層平均 41	全層平均 30					表層平均 13		
pH	4.6	4.6	6.7	5.8	4.9	4.3	5.0	4.7	5.6	4.6	
E.C. $\mu\text{S/cm}$	78.9	93.0	350.8	117.0	85.5	95.6	88.4	90.6	102.6	21.8	
TN mg/l	—	—	—	3.51	—	—	0.93	—	—	—	
DN mg/l	0.90	2.28	4.26	1.75	3.44	0.87	0.81	1.97	1.99	0.56	
NH ₄ ⁺ -N mg/l	0.181	1.111	3.635	1.075	2.339	0.451	0.043	0.757	0.526	0.273	
NO ₃ ⁻ -N mg/l	0.002	0.004	0.003	0.000	0.000	0.001	0.005	0.005	0.004	0.000	
NO ₂ ⁻ -N mg/l	0.004	0.008	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.003	0.259	
DIN mg/l	0.19	1.12	3.64	1.07	2.34	0.45	0.05	0.78	0.53	0.53	
DON mg/l	0.72	1.15	0.74	0.68	1.10	0.42	0.76	1.19	1.51	0.09	
PN mg/l	—	—	—	1.76	—	—	0.30	—	—	—	
TP mg/l	—	—	—	0.072	—	—	0.087	—	—	—	
DP mg/l	0.007	0.011	0.040	0.035	0.025	0.008	0.008	0.017	0.063	0.003	
DRP mg/l	0.002	0.003	0.029	0.003	0.004	0.003	0.001	0.004	0.031	0.002	
DOP mg/l	0.005	0.008	0.011	0.033	0.021	0.006	0.007	0.013	0.032	0.001	
PRP mg/l	—	—	—	0.012	—	—	0.006	—	—	—	
POP mg/l	—	—	—	0.025	—	—	0.073	—	—	—	
Na ⁺ mg/l	7.7	7.9	28.3	11.6	13.3	10.7	9.0	9.5	11.3	1.6	
K ⁺ mg/l	1.0	1.2	6.0	0.7	0.4	0.3	0.5	0.9	0.6	0.2	
Ca ²⁺ mg/l	1.2	0.8	9.9	2.8	0.7	1.4	1.1	1.1	2.2	0.8	
Mg ²⁺ mg/l	1.2	1.2	11.6	2.8	0.6	2.2	1.3	1.2	1.9	0.3	
Cl ⁻ mg/l	16.6	18.7	18.9	20.2	16.8	20.0	18.8	19.3	19.4	1.6	
SO ₄ ²⁻ mg/l	0.4	1.0	0.4	1.8	0.3	1.4	1.5	0.5	1.7	1.4	
4.3Bx meq/l	0.05	0.06	2.86	0.13	0.11	0.02	0.05	0.09	0.20	0.01	
SiO ₂ mg/l	5.2	6.7	36.2	9.1	1.2	3.7	3.0	5.8	4.2	1.7	
フミン酸 mg/l	37.1	39.3	13.9	35.4	—	23.0	12.3	37.0	47.9	0.1	
COD mg/l	39.2	40.4	15.7	36.4	76.9	25.9	15.1	41.4	48.6	1.1	
DOC mg/l	26.2	31.2	11.2	24.8	56.4	17.1	10.3	30.0	35.4	1.0	
TOC mg/l	—	—	—	77.1	—	—	14.8	—	—	—	

場所 深さ n	ペンケ沼			兜沼 表層 1	堀沼 表層 1	円山橋 表層平均 2	開運橋 表層平均 15	佐呂別橋 表層平均 2	あいおい橋 表層平均 2	兜沼排水路 表層 1
	表層	表層平均	表層平均							
	1	2	2							
pH	6.9	7.4	5.8	7.1	6.3	6.6	7.2	6.7	7.1	6.9
E.C. $\mu\text{S/cm}$	170.5	543.0	183.5	183.0	107.5	157.5	185.3	152.3	293.5	174.5
TN mg/l	1.89	1.04	0.27	1.05	0.94	1.95	1.58	1.71	3.55	1.60
DN mg/l	1.75	2.45	0.23	0.68	0.92	1.43	1.61	1.13	2.39	1.22
NH ₄ ⁺ -N mg/l	0.170	0.098	0.009	0.055	0.069	0.296	0.210	0.265	0.664	0.052
NO ₃ ⁻ -N mg/l	0.015	0.007	0.002	0.004	0.001	0.009	0.014	0.010	0.017	0.006
NO ₂ ⁻ -N mg/l	0.669	2.051	0.000	0.062	0.057	0.607	0.719	0.444	0.720	0.577
DIN mg/l	0.85	2.16	0.01	0.12	0.13	0.91	0.94	0.72	1.40	0.63
DON mg/l	0.89	0.30	0.22	0.56	0.80	0.52	0.67	0.41	0.99	0.58
PN mg/l	0.14	0.26	0.05	0.37	0.02	0.52	0.31	0.58	1.15	0.38
TP mg/l	0.261	0.131	0.018	0.110	0.030	0.172	0.211	0.168	0.841	0.077
DP mg/l	0.078	0.045	0.006	0.030	0.024	0.060	0.076	0.059	0.422	0.034
DRP mg/l	0.040	0.013	0.001	0.004	0.002	0.043	0.049	0.025	0.357	0.009
DOP mg/l	0.038	0.032	0.005	0.026	0.021	0.017	0.026	0.034	0.070	0.025
PRP mg/l	0.091	0.063	0.001	0.032	0.002	0.047	0.099	0.061	0.282	0.017
POP mg/l	0.092	0.012	0.010	0.047	0.004	0.066	0.028	0.048	0.137	0.026
Na ⁺ mg/l	14.9	33.0	22.0	12.2	11.5	15.1	19.0	13.0	23.2	12.5
K ⁺ mg/l	5.1	4.7	1.4	6.2	0.9	4.0	3.8	4.4	10.4	5.3
Ca ²⁺ mg/l	5.2	5.8	2.2	7.8	0.9	4.9	6.9	5.8	10.7	7.6
Mg ²⁺ mg/l	4.3	8.8	3.9	6.3	2.1	3.8	4.5	3.8	9.1	6.6
Cl ⁻ mg/l	21.6	71.2	27.8	20.5	19.9	21.8	25.0	20.6	26.5	21.1
SO ₄ ²⁻ mg/l	10.4	24.0	5.0	8.6	1.9	9.6	9.7	8.3	18.6	9.9
4.3Bx meq/l	0.39	0.54	0.04	0.77	0.09	0.29	0.70	0.38	1.00	0.70
SiO ₂ mg/l	16.8	20.7	0.4	8.7	3.3	23.5	17.8	19.5	18.8	12.1
フミン酸 mg/l	8.7	6.2	0.9	4.3	13.2	6.5	8.0	5.8	18.6	5.8
COD mg/l	11.8	9.4	5.2	9.4	16.2	9.2	12.5	8.4	22.9	10.4
DOC mg/l	8.3	8.7	4.7	8.7	11.9	6.8	9.9	5.8	18.5	8.1
TOC mg/l	11.7	3.4	3.3	9.0	14.2	10.1	11.7	11.2	26.5	9.6

無機イオン濃度をみると長沼、堀沼は湿原表層水に近い。兜沼、ペンケ沼は全体的に大きく、特に K^+ 、 Ca^{2+} が大きい。パンケ沼は海水の影響のため Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} が大きい、また、 SO_4^{2-} も大きい。メガネ沼は逆に Na^+ 、 Cl^- が大きい。

佐呂別橋、開運橋、兜沼排水路、円山橋において電気伝導度は $152.3 \mu S/cm \sim 185.3 \mu S/cm$ で湿原の表層水や地下水にくらべて高く、一般的な河川の値である。とりわけ清明川のあいおい橋は $293.5 \mu S/cm$ と高い。これは泥炭地を農地化し、客土や施肥を行ったため、これらの成分が農地から溶出していると考えられる。

(3) 窒素

湖沼と河川の窒素を形態別に分画し、濃度を円グラフで表した。(図2)円全体の面積が全窒素濃度(TN)mg/lを表している。兜沼、パンケ沼、長沼、堀沼は、高層湿原(E地点)と比較して、全窒素濃度、組成も類似しており、有機態窒素(DON)の割合が高い。また、無機態窒素(DIN)のうちアンモニア態窒素(NH_4^+-N)が大部分を占める。それに比べて河川では無機態窒素(DIN)、特にアンモニア態窒素(NH_4^+-N)、硝酸態窒素(NO_3^--N)の占める割合が多くなる。これは河川においては溶存酸素が豊富なため、有機態窒素が分解されアンモニア態窒素(NH_4^+-N)や硝酸態窒素(NO_3^--N)に変化しているためであろう。あいおい橋でTN濃度 $3.35mg/l$ と大きいのは清明川の集水域に農地が広く広がっており、農地からの排水路が幾本も流入しているためである。一方、メガネ沼はTN濃度が非常に小さく $0.27mg/l$ であり貧栄養湖であると言える。また、道路側溝では全窒素濃度が高くその中でもアンモニア態窒素(NH_4^+-N)、懸濁態窒素(PN)が高い割合を示す。

このように周辺水域のTNは高く、とくに河川では無機化が進んでいる。無機態の窒素は植物にとって重要な成分であることから植生に影響すると考えられる。

(4) リン

窒素と同様に、湖沼と河川のリン濃度を円グラフで表した。(図3)湿原域E地点表層、長沼で懸濁性有機態リン(POP)が大きいこれは泥炭粒子の影響で溶存性リンは非常に小さい。リンは窒素よりも地点間の差がはっきりとでている。これは自然界中に高濃度にリンが存在しないためである。本来湿原の地下水や表層水はリンが少なく貧栄養である。長沼、堀沼は湿原表層水に近く、全リン濃度(TP)が小さい。またメガネ沼もTP濃度 $0.018mg/l$ と小さく、先の窒素と合わせても貧栄養的な湖沼であり、人為的影響が小さいことがよく分かる。ペンケ沼はパンケ沼に比べてリン濃度が高い。これは流入河川である福永川と下エベコロベツ川の影響である。本来はこれらの河川はペンケ沼に流入していなかったが排水路が作られ、流入するようになった。どちらも農

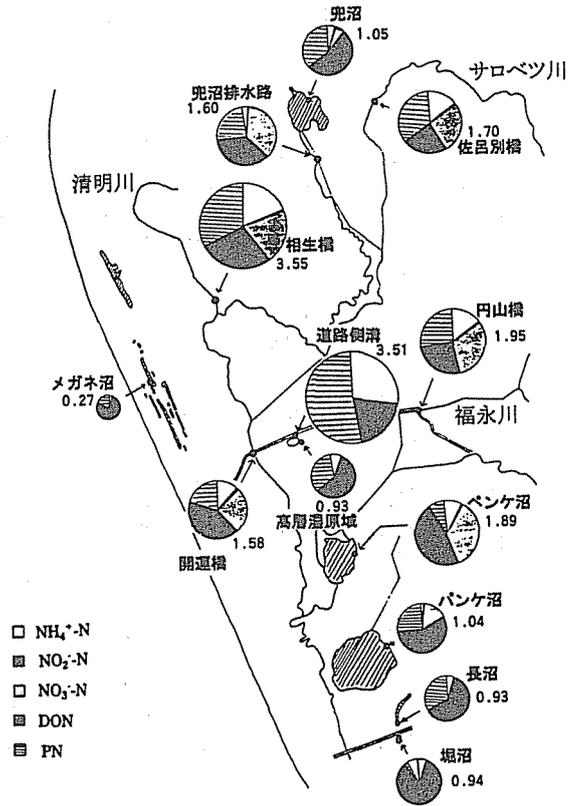


図2. サロベツ湿原域の窒素濃度 (mg/l)

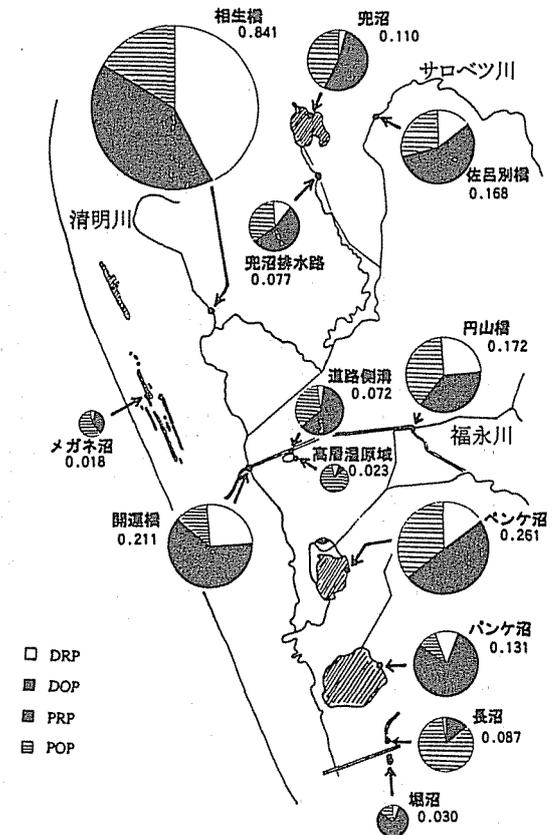


図3. サロベツ湿原域のリン濃度 (mg/l)

地からの排水を含んでおり、また下エベコロベツ川は豊富町を經由しているため生活排水が流入していると思われる。このためにペンケ沼が富栄養化していると考えられる。清明川あいおい橋がTP濃度0.84mg/lとかなり高い値を示している。清明川の水質には農地への客土、施肥の影響が顕著にあらわれている。また、道路側溝では全リン濃度が若干高い。

リンについても窒素同様に湿原植生に与える影響が大きいといえる。特にリンは本来低濃度であるため、十分注意が必要である。

(5) 有機物

対象とした湖沼、河川ともに湿原地下水、表層水と比較してCOD、TOC、フミン酸濃度が低い。長沼、堀沼はCOD、TOC、フミン酸が高く湿原の影響を強く受けていることが分かる。メガネ沼はフミン酸が0.9mg/lとかなり小さく、湖底に泥炭が堆積しているとはいえ、そこからの溶出はほとんどなく極めて未分解の泥炭であると考えられる

4.3 パイパーダイアグラムによる水質解析

主要無機イオン成分によるパイパーダイアグラムを図4に示す。湿原地下水および地表水はほぼIVに属している。一般的に河川などの表層水は区分IIに属し、地下水は区分IIIに属する。湿原地下水は雨水とほぼ同じ位置にあり、湿原の地下水は雨水により涵養されていると言える。また道路側溝も湿原表層水に近い位置にあり、湿原表層水及び地下水が流入していると考えられる。長沼、堀沼メガネ沼も湿原表層水によって満たされていると思われる。兜沼、ペンケ沼、及び河川水は湿原水とは少し異なり、水質成分の起源が異なることがわかる。

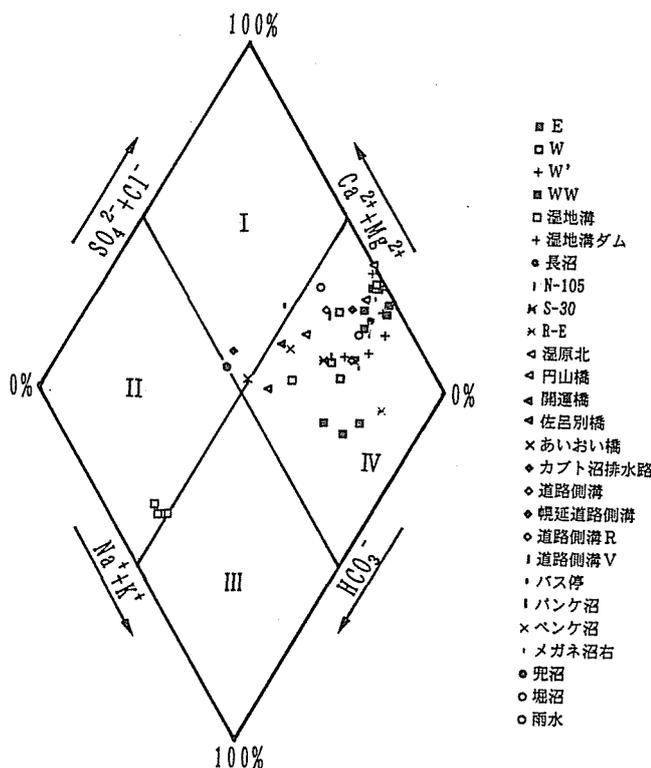


図4. パイパーダイアグラム

5 考察

環境庁実験区ではミズゴケが生育している地域（以後ミズゴケ区）と地下水の低下によってササが生育している地域（以後ササ区）があり、ササがミズゴケ区を侵食しつつある。前回の報告でも述べたが地下水の水質はササ区がミズゴケ区に比べて栄養的になっている。また観光施設であるビジターセンターの近くは本来の高層湿原の性質を失っている。また、湿原を横切る道々沿いの道路側溝では土砂の混入などの影響のため水質が栄養的になり、本来高層湿原には生育しないヨシが生育している。一方、道路を挟んで北側は特別に保護区域に指定されていないものの、環境庁実験区のミズゴケ区と同様に高層湿原の特徴を示している。

サロベツ湿原の南端に位置する長沼区は、植生的には中層～低層湿原で地下水は若干栄養塩濃度が高い。湿原内の長沼は、これよりも栄養塩濃度が低く極めて貧栄養的である。栄養塩が流入河川より補給されず、雨水で涵養されているためであろう。また、ササの繁茂する草地開発地区（S-30）はリンの濃度が非常に

高く、電気伝導度も高い。これは明らかに農地化に伴う土壌改良の影響である。

サロベツ湿原の北端に位置する兜沼周辺は農地開発が進み、その影響で兜沼は栄養的な湖沼である。また山地からの流入河川もあり土砂の流入もあると考えられ、低層湿原の様相を呈している。

ペンケ沼には下エベコロベツ川と福永川の二つの河川が流入しているが、これは人間の手によって河川改修が行われたもので、本来これらの河川はペンケ沼に流れ込んではいなかった。これらの河川は農地排水や、豊富町の都市廃水や土砂をペンケ沼に持ち込んでいると考えられ、ペンケ沼は非常に富栄養化している。このことが周辺の湿原域に影響を与える可能性もあり、監視が必要である。ペンケ沼はペンケ沼ほど富栄養化していないが、周辺の農地排水により富栄養化する可能性は十分あり、こちらも監視が望まれる。

サロベツ湿原の西部に位置する砂丘林内の湖沼は、人為的な汚染を受けておらず、また湧水によって涵養されているため窒素、リン濃度が小さく、きれいな湖沼である。今回調査した湖沼の他に砂丘林には60以上の湖沼があるともいわれておりそのほとんどが名前もなく未知のまま原始の姿を残している。

サロベツ川は湿原の影響を受けながら流れているもののサロベツ湿原に入る前と湿原の中ではそれほど水質の違いは認められない。

さらに上流、下流についても調査し、湿原水が河川に与える影響を評価することは残された課題である。

サロベツ川に流入する清明川は農地化の影響を極めて強く反映しており、窒素、リンが高濃度であることをはじめ、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} も高濃度であることなど、施肥や土壌改良の影響が顕著である。このことが河川の氾濫によって下流の湿原域に影響を与える可能性があり、早急に手を打つ必要がある。

総合的に判断するとサロベツ湿原周辺の水環境が本来の性質を失いつつあることが、今回の水質の調査で明らかになった。それは農地開発や都市化、道路建設、観光事業などの人間活動の影響のために河川水や湖沼水が栄養的になっていることから判断できる。このことが植生や生態系に悪影響を与える可能性は高く、場合によっては回復が非常に困難になることが予想される。一方で長沼や砂丘林の中のメガネ沼、などの自然のままの状態で保存された場所があることが確認できた。現在国立公園に指定されている原生花園地区の保全のためには周辺の管理が非常に重要である。そのためにはその周囲も保全の対象区域とする必要があり、何らかの制限がなされるべきである。しかし農業開発との兼ね合いが最も困難な課題である。

参考文献

- 1) 坂口 豊 (1974) : 泥炭地の地学、p. 4、p. 137~p. 146 東京大学出版会
- 2) 辻井達一 (1994) : 湿原生態系、p. 41~49 講談社
- 3) 北海道開発局 (1984) : 環境保全対策基礎調査サロベツ地区報告書(1980~1982) 泥炭地の構造、p. 8~13 P. 105~110
- 4) 橋 治国、堀田暁子、南出美奈子、斉藤寛朗、川村哲司 (1996) : 高層湿原及びその周辺水域の水質環境、水環境学会誌、第19巻、第11号、p. 910~p. 921
- 5) 福田正己、石城謙吉、酒井 昭、佐久間敏雄、菊地勝弘(1994) : 日本の自然 地域編1 北海道p. 99~p. 111 岩波書店
- 6) 日本分析化学会北海道支部編 (1994) : 水の分析、第4版
- 7) 南出美奈子(1995) : サロベツ湿原の地下水および泥炭の化学的特性、1994年度卒業論文
- 8) 斉藤寛朗(1996) : 湿原の地下水水質と環境保全、1995年度卒業論文
- 9) R. S. CLYMO: Ion Exchange in sphagnum and its Relation to Bog Ecology
- 10) 久馬一剛、庄司貞雄、服部 勉、和田光史、加藤芳郎、和田秀徳、大羽 裕、岡島秀夫、高井 康雄 (1984) : 新土壌学、p. 86~93 、朝倉書店
- 11) 辻井達一、正富宏之 : 日本の湖沼と溪谷1 北海道1 p. 148~155