

濤沸湖畔における植生分布に影響する環境要因について

中村隆俊・小松輝行

Environmental factors affecting the species composition
in the lakeside vegetation of Lake Tofutsu,
Takatoshi NAKAMURA and Teruyuki KOMATSU

Summary

The study area belonging to the marsh being hinterland behind seashore dunes in Koshimizu Genseikaen is covered with various plant communities dominated by *Carex lyngbyei*, *Phragmites communis*, *Rosa rugosa* and so on, respectively.

In order to clarify the main environmental factors affecting the species composition by using principal component analysis (P. C. A.), the coverage of each plant species and environmental factors such as water level, water quality and Eh of soil were examined at 46 sites in the marsh.

The summary of the results is shown below :

- ① Mean ground water level, oxidation-reduction potential of soil, pH, EC, Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , and K^+ of underground water were closely related to component score of P. C. A.
- ② As the basal environmental factors in the study area, mean ground water level and EC were selected by analyzing cause-result relationships among correlated factors.
- ③ In conclusion, two main environmental factors affecting the species composition were considered as follows :

- The primary factor : Mean ground water level
- The secondary factor : Effect of seawater

キーワード : 海水、主成分分析、植生、平均地下水位、EC

Key words : EC, mean ground water level, principal component analysis, seawater, species composition.

緒言

網走国定公園の重要な景勝地である小清水原生花園には、道内における有数の海岸草原群落の一つが分布しており、古くから様々な調査・研究が行われてきた^{4,5,6,7,8,9}。しかし、その多くは砂丘側に主眼がおかれており、後背湿地にあたる濤沸湖畔の草原についての調査報告は、当原生花園の包括的な植生調査の一部に記載されているにとどまり^{8,9,10}、詳しい研究はなされていない。そこで、今後の維持管理に関する研究に資するものとして、小松ら¹¹による調査が1993年より開始された。それらにより、相観的に決定された各群落における地下水位の相違や周年的推移についての知見が得られ、また、濤沸湖畔の草原における放牧馬の主要な飼料基盤がヤラメスゲであることが明らかにされた²。

本研究ではさらに植生と環境要因との対応に注目し、調査項目として、地下水位、地下水の水質、土壌Eh等、複数の環境要因を取り上げ、主成分分析を用いた数量的な解析を行った。その解析と見解に基づき、濤沸湖畔に存在する植物群落の分布に影響を及ぼす主要な環境要因を考察することが本研究の目的である。

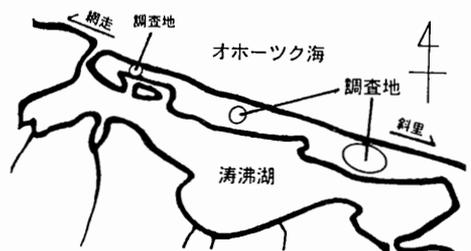


図1. 調査地 (小清水原生花園)

東京農業大学生物産業学部 (099-24 北海道網走市)

Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture, Abashiri 099-24, Japan

「平成8年度 研究発表会において一部発表」

調査地及び方法

当調査地は、オホーツク海沿いにみられる砂丘帯と、濤沸湖の間に形成された後背湿地にあたり、馬の放牧が調査地全域にわたり行われている（図1）。

調査の基準となる46ヶ所の定点を、本調査地域に出現する主要な群落を網羅するよう任意に設置した。その全てにおいて植生調査を行い1㎡の方形区内に出現する種の種名及び被度（五段階表記）を記録した。

地下水位は、側面に窮孔した塩ビ管を全定点に埋設し、地表から管内水面までの高さを約7日間隔で測定した（観測期間：1995年6月16日～10月29日）。

水質は、塩ビ管内の水を汲み上げ、pH、EC（常法）、Fe²⁺（1、10-フェナントロリン法）、Cl⁻（Mohr法）、SO₄²⁻（比濁法）、NH₄⁺（ネスラー法）、T-N（ペルオキソニ硫酸カリウム分解法）、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺（原子吸光法）を測定した。

表2. 各群落における平均データ

	平均地下水位 (cm)	土壌Eh (mV)	水質										
			pH	NH ₄ ⁺ (mg/l)	T-N (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	EC (μS/cm)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
1: ハマナス-ナガハグサ群落	-36	265	4.88	4.28	10.25	0.73	53.4	286	41	28.0	5.27	5.35	4.94
2: ナガハグサ-ナガボノシロワレモコウ群落	-30	237	5.09	5.27	10.91	1.01	52.5	243	38	26.5	6.12	5.97	3.26
3: ヤラメス群落	-2	37	5.73	8.86	16.75	1.06	30.0	331	56	46.9	6.85	6.20	7.66
4: アゼス群落	7	44	5.72	6.57	12.36	0.41	14.1	136	14	15.6	3.89	5.03	6.80
5: ヒメハリイ群落	1	3	6.16	9.30	13.69	0.60	90.5	700	112	128.0	15.32	18.93	9.16
6: ヨシ群落	7	-176	6.64	7.74	9.80	0.96	102.6	3,803	1,030	734.9	71.48	54.40	46.35
7: ヤラメス, ヨシ-ミズゴケ群落	13	**	5.22	6.33	6.69	0.15	11.8	112	17	13.9	1.38	1.04	3.05

* : 地表面を基準として水面が地下であるときはマイナス、地上であるときはプラス表記
** : ヤラメス, ヨシ-ミズゴケ群落における土壌Ehは欠測

結果

1. 群落の決定

植生データより作成した組成表に基づき植生区分と優占種から、調査地域に存在する主な群落を次の7つに分類した（表1）。すなわち、ハマナス-ナガハグサ群落、ナガハグサ-ナガボノシロワレモコウ群落、ヤラメス群落、アゼス群落、ヒメハリイ群落、ヨシ群落、ヤラメス, ヨシ-ミズゴケ群落である。

2. 各植物群落における環境要因

調査データより各群落における平均値を求め、群落と環境要因との対応関係を表2に示した。ハマナス-ナガハグサ群落とナガハグサ-ナガボノシロワレモコウ群落において平均地下水位が低い点、及びヨシ群落でのECが極めて高いことが特徴的であった。

3. 主成分と環境要因との対応

植生と環境要因との関連性の強さを知るために、植生データを用いて主成分分析を行い、定点毎に算出された主成分スコアと、対応する各環境要因データとの相関係

数と求めた（表3）。表3に用いた主成分は寄与率の高い上位5主成分であり、合計寄与率が77.2%であった。

第1主成分は寄与率28.9%と最も高く、平均地下水位及び土壌Ehに対して極めて強い相関関係を呈した。第2主成分は主に土壌Eh、pHに相関を示し、第3、第5主成分はECをはじめとする各塩類と強い相関関係にあった。第4主成分における有意な相関関係はみられなかった。

第1主成分は寄与率28.9%と最も高く、平均地下水位及び土壌Ehに対して極めて強い相関関係を呈した。第2主成分は主に土壌Eh、pHに相関を示し、第3、第5主成分はECをはじめとする各塩類と強い相関関係にあった。第4主成分における有意な相関関係はみられなかった。

表1. 調査地域に存在する主な群落

決定された群落名	群落に出現する主要な種
1: ハマナス-ナガハグサ群落	ハマナス, ナガハグサ, オアワカ, エリ, エ, オヤマハコバ
2: ナガハグサ-ナガボノシロワレモコウ群落	ナガハグサ, ナガボノシロワレモコウ, コシカガ, ヨシ, エ, オヤマハコバ
3: ヤラメス群落	ヤラメス, エ, オヤマハコバ, ヒメハリイ, アゼス
4: アゼス群落	アゼス, エ, オヤマハコバ, アカハグサ
5: ヒメハリイ群落	ヒメハリイ
6: ヨシ群落	ヨシ, ドクゼリ
7: ヤラメス, ヨシ-ミズゴケ群落	ヤラメス, ヨシ, ナガボノシロワレモコウ, ミズゴケ, (ミズゴケ)

表3. 主成分と各環境要因との相関係数

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Sample size
平均地下水位	-0.815 ***	-0.366 *	0.070	-0.065	0.008	46
土壌Eh	0.685 ***	0.517 **	-0.061	-0.284	0.465 *	29
pH	-0.374 *	-0.460 **	0.042	-0.032	-0.398 **	46
NH ₄ ⁺	-0.362 *	-0.137	-0.288	-0.088	-0.214	46
T-N	-0.046	-0.085	-0.356 *	-0.242	-0.202	46
Fe ²⁺	0.219	-0.005	-0.279	0.023	-0.305 *	46
SO ₄ ²⁻	0.250	-0.098	0.239	0.116	-0.324 *	46
EC	-0.095	-0.281	0.477 ***	0.231	-0.600 ***	46
Cl ⁻	-0.118	-0.275	0.487 ***	0.245	-0.589 ***	46
Na ⁺	-0.126	-0.291 *	0.476 ***	0.234	-0.593 ***	46
Mg ²⁺	-0.083	-0.300 *	0.452 **	0.225	-0.607 ***	46
Ca ²⁺	-0.036	-0.344 *	0.431 **	0.193	-0.563 ***	46
K ⁺	-0.160	-0.270	0.411 **	0.068	-0.563 ***	46
寄与率	28.87%	14.78%	10.86%	10.28%	8.43%	Total 77.22%

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

数を求めた（表3）。表3に用いた主成分は寄与率の高い上位5主成分であり、合計寄与率が77.2%であった。

第1主成分は寄与率28.9%と最も高く、平均地下水位及び土壌Ehに対して極めて強い相関関係を呈した。第2主成分は主に土壌Eh、pHに相関を示し、第3、第5主成分はECをはじめとする各塩類と強い相関関係にあった。第4主成分における有意な相関関係はみられなかった。

また、各主成分による群落の展開を行ったものが図2であり、図に用いた4つの主成分によってほぼ全ての群落が分離されることが明らかとなった。

考 察

表3の結果は、主成分化された植生と環境要因との関連性の強さを数値的に示したものである。しかし、ここでは各環境要因間の相互関係が考慮されておらず、その数値は具体性に欠けていると考えられる。つまり、ある環境要因から副次的に生み出された環境要因が存在する場合、それらに対し不適切な重みが主成分との相関係数において与えられることとなる。よって、各環境要因間の因果関係を掴むことによりそれらを解消し、最も基本的な環境要因を抽出する必要がある。

そこで、まず表3において強い相関を示した平均地下水位、土壌Eh、pH、EC、Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺間の相関関係を調べ、加えてその相互関係から次に示す3グループに分類した(表4)。それは、①:平均地下水位、②:EC、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺からなる要因群、③:①、②のどちらにも相関をもつ土壌Eh、pHの要因群である。

表4. 環境要因間の相関関係

	1	2	3	4	5	6	7	8
① 1 平均地下水位	.	.	.	.	.	.	.	.
② 2 土壌Eh	-3	.	.	.	.	.	.	.
3 pH	3	-3	.	.	.	.	.	.
② 4 EC	ns	-3	3	.	.	.	.	.
5 Cl ⁻	ns	-3	3	3	.	.	.	.
6 Na ⁺	ns	-3	3	3	3	.	.	.
7 Mg ²⁺	ns	-3	3	3	3	3	.	.
8 Ca ²⁺	ns	-3	3	3	3	3	3	.
9 K ⁺	ns	-3	3	3	3	3	3	3

表における数値は相関の強さを表す;1: p<0.05, 2: p<0.01, 3: p<0.001, ns: not significant, - : negative correlation

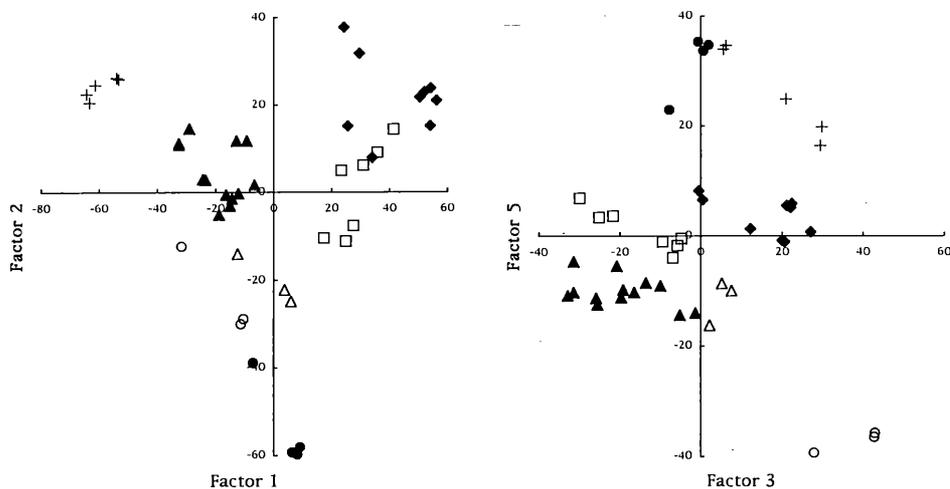


図2. 主成分による各群落の展開

◆: ハマナス-ナガハグサ群落, □: ナガハグサ-ナガボノシロレモコ群落, ▲: ヤラメスグ群落, ●: アゼスグ群落, △: ヒメハリイ群落, ○: ヨシ群落, +: ヤラメスグ, ヨシ-ミズゴケ群落, 寄与率: Factor1 28.87%, Factor2 14.78%, Factor3 10.86%, Factor5 8.43%

これらの相互関係をもとに、具体的な因果関係を考察すると、①の平均地下水位は、土壌に供給される酸素量を大きく支配するため、土壌Ehに対し大きな影響力を持つ。さらに、地下水位の低下は水中におけるCO₂の大气拡散を妨げ弱酸性化を招き、水位が高く安定している場合には、有機物の分解が不完全となり有機酸が発生するであろう¹⁵⁾。よって、平均地下水位からpHへの影響も考えられる。

次に、②の要因群である地下水中のEC、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺は、海水の混入程度によりこれら全てがほぼ同調的に増減し、その濃度から(表2)それぞれが養分として作用するよりも、むしろ塩分として植生に作用していると思われる。従って、水の塩分濃度の指標でもあるECで②の要因群を代表させるのが適当であると考え

られる。海水のpHは約8と高いために、ECに代表されるこれらの塩類が結果としてpHの値を左右し、さらに、湛水状況下において海水成分の混入がみられる場合、海水中に多量に含まれるSO₄²⁻が硫酸還元菌等により還元され、土壌Eh低下を助長すると思われる。つまりECで代表される②の要因群は、塩分としての海水構成要素であり、それらはpH、土壌Ehに対し間接的に影響を与えていると考えられる。



図3. 因果関係模式図

土壌Ehと、pHは、前述のように平均地下水位、海水成分（EC）からの作用によりその値を大きく変動させると考えられる。また、pHは微生物活性に作用するため、微生物による呼吸量と強く関連する土壌Ehは、さらにpHにも影響を受ける可能性がある。

以上にわたる因果関係の解析を模式化したものが図3であり、平均地下水位と海水成分（EC）が濤沸湖畔

において最も基本的な環境要因であると考えられる。ここで初めて表3における各主成分に対する環境要因の相関係数、寄与率が具体性を帯びる。よって、それら主成分分析の客観的な結果（表3、図2）と、群落と環境要因との実際の対応（表2）を交え、濤沸湖畔における植物群落の分布に影響を与える主要な環境要因をここに決定・順位づけを行った。

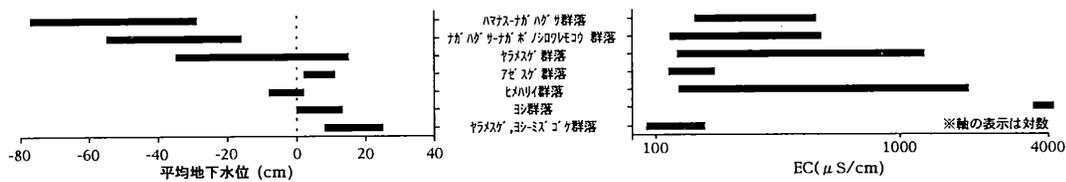


図4. 地下水位、ECにおける群落の対応（最高値、最低値）

1：平均地下水位を中心とする環境要因群

第一にあげられるのが、平均地下水位とそれに付随する環境要因、すなわち表3において高い寄与率を有する第1、2主成分と強い相関を示す環境要因群である。中でも、これら要因群の基盤をなす平均地下水位は、第1主成分と極めて強い相関関係にあり、さらに図4が示すようにほぼ全ての群落の序列に関与することから、特に重要な環境要因であるといえよう。水位が湿原植生に対し重要な要因であることはYabe³⁾らが同様な統計解析を用いて示しているほか、多くの研究者により言及されている^{11,12,13,14)}。本調査地のように特異な草原においても、水分環境を表す環境要因群が、植生分布に大きな影響を持つことが明らかとなった。

2：塩類供給源としての海水の影響

調査地は汽水湖である濤沸湖に隣接するため、海水由来の塩類が多量に供給されていると考えられる。よって、塩類に対しある程度の耐性を持った群落が存在し、それらの群落と耐性を持たない群落の住み分けが明確に数値に現れた。極めて高塩類環境ではヨシ群落以外の植生出現が制限され、一方、低塩類環境がヤラメスゲ・ヨシ・ミズゴケ群落出現の必要条件として植生に作用していると推察される（表2、図4）。さらに表3における第3、5主成分に対し、塩類を表す要因群（EC、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺）は強い相関を示しており、これらの要因群を大きく支配する海水の影響を、第二の主要な環境要因として取り上げた。

平均地下水位及び、海水の影響が最終的に抽出されたが、それら2つを中心とする多くの環境要因から生み出される多様な立地環境に対応した植物が、群落を成し現在の濤沸湖畔における低地草原を形成していると考えられる。

謝辞

本研究にすすめるにあたり、御助言、御指導をいただいた美幌農業博物館の鬼丸和幸博士に、ここに記して謝意を表す。

引用文献

- 1) 小松輝行・小原宏文・小林早苗(1994)小清水原生花園内の馬放牧湿原における地下水と植生の関係. 北草研報 28, 42-44.
- 2) 小原宏文(1995)小清水原生花園の馬放牧湿原における水分環境の季節変化と植生の関係. 東京農業大学生物産学部卒業論文
- 3) 矢部和夫・沼田 真(1984)Ecological studies of the Mobar-Yatsumi marsh. Main physical and chemical factors controlling the marsh ecosystem. Jap. J. Ecol. 34, 173-186.
- 4) 俵 浩三(1986)川湯・硫黄山および網走・濤沸湖の自然保護と植生景観の変遷. 専大北海道紀(自然) 19, 55-68.
- 5) 斉藤新一郎(1984)小清水町原生花園における砂丘植生について. 知床博物館研究報告 6, 67-86.
- 6) 斉藤 満・宮木雅美(1986)自然公園地域における海浜植生の保全に関する調査研究報告書. 北海道生活環境部自然保護課 1-4.
- 7) 富士田祐子(1993)生態学からみた北海道. 53-63. 北海道大学図書刊行会.
- 8) 館脇 操(1942)北日本牧野の植物学的研究. 札幌農林学会. 35, 1, 66-101.
- 9) 館脇 操・呂 照雄(1960)海岸草原群落(北見国浜小清水). 奈良女子大学生物学会誌. 10, 84-90.

- 10) 辻井達一・清水雅男 (1976) 野鳥生息環境実体調査報告書. 北海道. 19~25.
- 11) Wallen, B., Falkengren - Grerup, U. and Malmer, N. (1988) Biomass, productivity and relative rate of photosynthesis of *Sphagnum* at different water levels on a South Swedish peat bog. Holarctic Ecology, 11, 70~76.
- 12) A. J. A. Stewart and A. N. Lance (1991) Effects of moor-draining on the hydrology and vegetation of northern Pennine blanket bog. Journal of Applied Ecology, 28, 1105~1117.
- 13) Carter V. (1986) An overview of the hydrologic concerns related to wetlands in the United States. Can. J. Bot. 64, 364~374.
- 14) A. Haraguchi (1991) Effect of Flooding-Draw down Cycle on Vegetation in a System of Floating Peat Mat and Pond. Ecol. Res. 6, 247~263.
- 15) 半谷高久・小倉紀雄 (1995) 水質調査法. 丸善
- 16) 北海道栽培漁業振興公社 (1990) 斜網西部地区濤沸湖漁業影響調査業務報告書.

摘 要

濤沸湖畔に存在する植物群落の分布に影響を及ぼす主要な環境要因を、植生被度を用いた主成分分析結果と地下水位、地下水の水質、土壌Ehとの関係から考察した。

1. 平均地下水位、土壌Eh、pH、EC、Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺が主成分スコアと強い相関を示した。

2. 強い相関を示した環境要因間の解析により、調査地における最も基本的な環境要因として平均地下水位とECが抽出された。

3. 植生に影響を及ぼす主要な環境要因として、以下の2つの環境要因が考察された。

1 : 平均地下水位

2 : 海水の影響

(1997年6月15日 受理)