

小規模な湧水湿地内での2種のモウセンゴケ属（モウセンゴケ，トウカイコモウセンゴケ）の分布と土壤水環境との関係

村上哲生¹・福岡麻実²・藤井太一²・本田由佳子²・上野 薫²・南 基泰²

¹所属なし，²中部大学大学院応用生物学研究科

要 旨

2種のモウセンゴケ属植物（モウセンゴケ，トウカイコモウセンゴケ）の分布と各生育地の土壤水環境との関係を，湧水に涵養される小規模な湧水湿地（岐阜県可児市）での土壤水分の連続観測と水質の測定に基づき検討した．現場測定した誘電率から換算した土壤含水率（体積含水率）の変動は2種の分布の相違と明瞭な関連を示した．モウセンゴケは含水率 $0.4\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ 以上の状態が恒常的に維持される湿潤な環境に，またトウカイコモウセンゴケは少雨期には $0.1\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ 以下になる乾燥した環境に生育していた．2種の生育場から採集された土壤からの抽出水のイオン組成には，恐らく乾燥化による塩分集積のために差が認められ，特に K^+ ， NH_4^+ の濃度がトウカイコモウセンゴケの生育地区で相対的に高かった．土壤含水率及びその日変動，現場の土壤からの抽出水のイオン組成の比較からは，少雨期にはモウセンゴケに供給される水は湿地上部に浸透した雨水由来の滲出水に，トウカイコモウセンゴケは難透水層下部の湿った層からの吸い上げや露により涵養されている可能性がある．

キーワード：土壤含水率，塩類集積，モウセンゴケ，トウカイコモウセンゴケ，湧水湿地

1. はじめに

東海地方の丘陵地斜面には 100 m^2 程の小規模な湿地が発達する（浜島 1976）．これらの湿地は，腐植質や粘土・シルトから構成される黒泥（muck）層を欠き砂礫層が露出する土壤環境を特徴とし，湿地への水供給は，降水，雨溝（rill），湿地斜面上部からの滲出水などの様々な経路に依存しており，厚く泥炭層が発達した泥炭湿地と対比され湧水湿地（spring-fed marsh）と呼ばれることが多い（広木 2002，富田 2010，富田 2018，村上ら 2020）．

湧水湿地の植生が，土壤水分量により支配されることは当然予想され，この型の湿地の最初の報告者である浜島（1976）は，土壤の乾湿状態と湿性植物の分布との関連についての模式図を示している．しかし，湿地の土壤水分は，降水の履歴により大きく変動し，連続的な観測記録と植生を対照させなければ，湿性植物の分布に及ぼす土壤水分の関与を評価することは難しい．湧水湿地での観測例は乏しく，湿地表面への水供給の経路やその規模については，未だに議論が整理されていない感がある．

本研究は，岐阜県可児市の湧水湿地に生育するモウセンゴケ（*Drosera rotundifolia*: モウセンゴケ科）とトウカイコモウセンゴケ（*D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis*: モウセンゴケ科）の生育地の土壤含水率の連続観測の記録を紹介し，2種の分布を恒常的な土壤乾湿状態の違いで説明しようとするものである．さらに，詳細な土壤含水率の経時変化の情報は，降雨や結露，また蒸発散量に影響する気温などの気象条件と対照することにより，湿地への水分供給の各経路の寄与を知る指標として利用できる可能性もはらんでいる．対象とした両湿地は，地権者や地元の尽力により保存の措置がとられているが，湿地の遷移過程や周辺の開発などに伴い，土壤水分が変化する可能性が大きい．本研究の成果は，今後の湿地保全にも寄与することが期待できる．

2. 調査地域と調査方法

2.1 調査地域

調査地として岐阜県可児市大森に位置する2箇所の湧水湿地を選んだ（奥山湿地，奥洞湿地：図1，2）．

両湿地とも恒常的に表流水が流れ込む経路はなく、降水とそれが貯留される湿地上部からの滲出水で涵養されている。両湿地の砂礫斜面には、2種のモウセンゴケの他に、ミミカキグサ (*Utricularia bifida*: タヌキモ科)、ホザキノミミカキグサ (*U. caerulea*: タヌキモ科)、ミカヅキグサ (*Rhynchospora alba*: カヤツリグサ科)が多く、日当たりの良い場所にはサギソウ (*Pecteilis radiata*: ラン科)なども見られ、周伊勢湾地域(植田 1989)の典型的な湿地植生が成立している。湿地周辺は、コナラ (*Quercus serrata* var. *serrata*)、クヌギ (*Q. acutissima*)、クリ (*Castanea crenata*)などのブナ科の落葉広葉樹と常緑のアセビ (*Pieris japonica* subsp. *japonica* var. *japonica*: ツツジ科)、ソヨゴ (*Ilex pedunculosa* var. *pedunculosa*: モチノキ科)、ヒサカキ (*Eurya japonica* var. *japonica*: ペンタフィラクス科)、ネズミサシ (*Juniperus rigida*: ヒノキ科)などから成る二次林であり、東海丘陵要素(植田 1989)であるシデコブシ (*Magnolia stellata*: モクレン科)も見られる。

対象とした奥山湿地は、地元で奥山湿地群と称されるものの一つである。同湿地群については、NPO 可児ネイチャークラブ(2014)、村上ら(2020)などの動植物相や水環境の調査報告がある。湿地群の多くは、地滑りなどで形成された裸地跡に発達したものと考えられるが、本調査の対象とした湿地は、近年の人の干渉により生じたものである。5~6°の緩傾斜面の一部が掘削され、41°の掘削面下部から水が滲出し、その涵養により湿地化したものと考えられる。湿地の表面の砂礫層は10 cm程で、その下に鬼板層、つまり「砂や礫が水酸化鉄により膠結した層」(福尾 1955)が見られ、それが難透水層となっている。

奥洞湿地については、籠橋ら(2019)に立地や植生が紹介されている。湿地斜面は砂礫から成り巨視的には一様な15°の傾斜であるが、小規模な凹凸があり、凸部では乾燥し、凹部では湿潤となり、特に傾斜が緩い場所では黒泥が薄く堆積している。

両湿地への人の干渉の程度は異なる。奥山湿地が位置する斜面上部の一部では、2010年代末から太陽光発電パネルの設置工事が進んでいるものの、特に人為的な汚染源となるわけではない。一方、奥洞

湿地上部の山地は切り開かれ大規模な物流基地となっており、排水や、車の排ガスや道路粉塵に由来する降下物などが湿地水質の形成に及ぼす影響は否定できない。

2.2 調査方法

2.2.1 土壌含水率の測定

両湿地で、2種のモウセンゴケ属のそれぞれが優占し、被度も大きい区画を調査対象とし、各3箇所の方角枠を設けた。奥山湿地に設定したモウセンゴケ区、及びトウカイコモウセンゴケ区の生育密度は30 cm × 30 cmの方角枠中に、それぞれ6~24株(3方角枠の平均13株)、17~25株(同20株)、奥洞湿地では8~13株(同10株)、35~45株(同40株)であり、両種が混生することはなかった。両湿地のモウセンゴケ区、及びトウカイコモウセンゴケ区の土性は、国際土壌学会(ISSS)基準によれば、それぞれ砂壤土、砂土であった。

土壌温度・体積含水率の測定センサー(5TM, DECAGON社)を各方角枠の表層5 cmの位置に設置し、30分間隔でセンサー出力を記録した。本器は埋設したセンサーの位置を中心とした半径6 cm

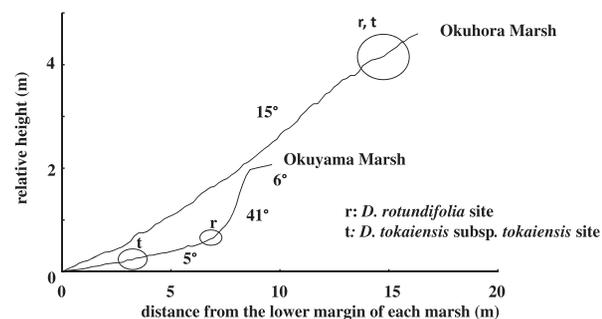


図1 奥山、奥洞湿地の傾斜図。奥山湿地は人の干渉により生じたものである。掘削された急斜面から滲み出した水はその下の緩斜面に新しい湿地を形成した。奥洞湿地は丘陵斜面での過去の地滑りにより形成されたらしい。モウセンゴケ(図中のr)は湿潤な場所に、トウカイコモウセンゴケ(同t)は滲み出しの場から離れた位置(奥山湿地)や湿地の周縁の乾燥した場所(奥洞湿地)に分布している。

Fig. 1 Profiles of Okuyama and Okuhora Marshes. The Okuyama Marsh is man-made. Oozed water from newly excavated steep slopes have formed the marsh on the lower gentle slope. The Okuhora Marsh seems to have originated from landslides in the past. *Drosera rotundifolia* distributes in the wet area ("r" in the figure), and *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* in the dry area ("t") which is located far from water leaking points (in Okuyama Marsh) or at the margins of the marsh (in Okuhora Marsh).



図2 湿地下部から見た奥山(2a)、奥洞(2b)湿地の景観。図中の“r”、“t”は、図1同様に、それぞれモウセンゴケが生育する湿った場所、トウカイコモウセンゴケが生育する乾いた場所であることを示す。

Fig. 2 Photographs from lower margins of the Okuyama (2a) and Okuhora (2b) Marshes. The “r” indicates the wet area where *Drosera rotundifolia* grew, and “t” indicates the dry area where *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* grew as in Fig. 1.

の範囲の誘電率を測定することができる。現場含水率は、それぞれの植生の土壌を採集し、既知の量の水を加えた試料の誘電率から誘電率・含水率の関係式を導き、算出した。設置期間は奥山湿地では2021年6月1日～17日、奥洞湿地では同年8月12日～24日とした。調査時期はそれぞれ、例年の梅雨の入り、梅雨明け後にあたるが、調査年度においては、前者は降水がほとんどない時期、後者は多雨の時期となった。

2. 2. 2 湿地表面水及び土壤抽出水の水質測定、気象情報

各湿地の土壤含水率センサーを設置した位置で、湿地表面を流下し、また滞留した水を湿地表面水とした。センサー設置位置の表面が乾燥している場合は、できるだけその近くの表面水を採集した。両湿地の、特にトウカイコモウセンゴケが優占する区画では水分に乏しい環境であり、間隙水を採集することができなかつたため、現場で採集した土壌を重量比5倍量の脱イオン水に懸濁し、30分静置した後の上澄水の水質を間隙水の特性を示す指標と見做した。

上澄水は電気伝導度(EC)を測定し、0.45 μmのメンブレン・フィルターで濾過した後、主要なイオン組成(Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Br⁻, F⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻)をイオンクロマトグラフィー

(850Professional IC, 872 Extension Module, Professional Sample Processor; Metrohm 社)で定量した。測定繰り返し回数は2, 3回とした。

雨量などの調査時の気象情報は、両湿地から東南方向約5 kmに位置するAMeDAS多治見観測所の観測結果を利用した(気象庁2022)。また、気温及び相対湿度は、現場で連続測器(HOBO RH Temp, Onset 社)により、30分ごとに記録した。

3. 調査結果

3.1 土壤含水率の連続測定機器の信頼性

誘電率を示す出力と既知の土壤含水率との関係は、奥山湿地モウセンゴケ区、同トウカイコモウセンゴケ区、奥洞湿地モウセンゴケ区、同トウカイコモウセンゴケ区の何れでも有意であったが($r^2=0.89 \sim 0.98$, $n=6 \sim 11$, $p < 0.01$)、大洞湿地モウセンゴケ区での、出力が高い測定値では含水率との間に比例関係が見られなかつた(図3)。

本報告では、それぞれの出力・含水率の関係式から求めた含水率を表示するが、この比例関係の乱れや0.5 m³ m⁻³以上の含水率は外挿による推定値であるために、高い出力域での換算の信頼性には問題があることに留意されたい。この方法での含水率の最も初期の研究であるTopp et al. (1980)は、誘電率と含水率との関係は、土壌タイプ、温度、塩分濃度などに影響されないとしているが、福本(1999)の

検討によれば、腐植や粘土の含有量の多い土壌では誘電率に特異性が認められると報告されている。Topp et al. (1980) の方法についての評論は、宮本 (2008) に詳しい。

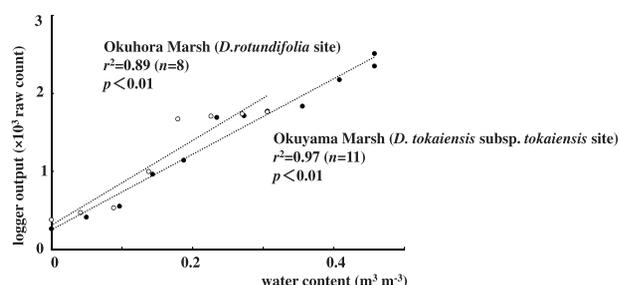


図3 奥山湿地 (●), 奥洞湿地 (○) の土壌を用いた実験に基づく含水率と誘電率センサーの出力の関係。両湿地共に統計的に有意ではあるが、含水率の高い試料では2変数の線型の関係が乱れることもある。

Fig. 3 Relationships between experimentally obtained water contents of the soils and the logger outputs of Okuyama (closed circles) and Okuhora (open circles) Marshes. Although there is a significant correlation between two parameters in both marshes, the linear relationship somewhat varies at high water contents.

3.2 少雨期の土壌含水率の変動

図4に奥山湿地における2021年6月1日～17日の土壌含水率の変動を示す。モウセンゴケ区に設置した3センサーでは、いずれも0.4～0.5 m³ m⁻³の高く、かつ安定した土壌含水率が記録された。調査期間中、時間雨量0.5 mm程度の降雨が数回あったものの、含水率には影響を及ぼさなかった。一方、トウカイコモウセンゴケ区では、0.1 m³ m⁻³程の含水率に止まり、降雨ごとに若干の増加が記録された。両区の含水率は村上ら (2020) が誘電率から Topp et al. (1980) の式で求めた同湿地の湿潤域と乾燥域での含水率の値とほぼ一致していた。

図4のトウカイコモウセンゴケ区の含水率の変動を示す3本の曲線中の1本は、明確に日変動を示しているし、さらに同図を拡大すれば、他の2本もわずかながら日変動が認められる (図5)。

3.3 多雨期の土壌含水率の変動

図6に奥洞湿地における2021年8月12日～24日の土壌含水率の変動を示す。測定機器を設置した時期が多雨であったため、モウセンゴケ区、トウカイコモウセンゴケ区とも湿潤な環境であり、土壌含

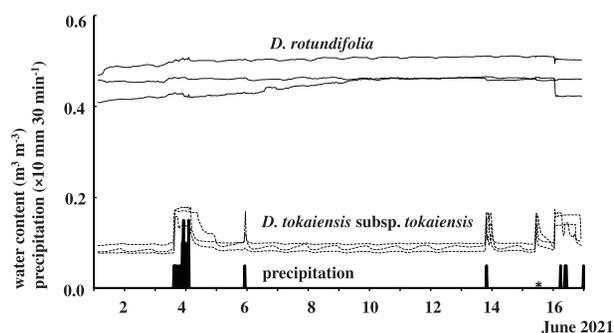


図4 奥山湿地のモウセンゴケ区 (実線), トウカイコモウセンゴケ区 (破線) の含水率, 及び現場から東南方向5 kmに位置する AMeDAS 多治見観測所で観測された降水量の30分ごとの変動 (少雨期)。トウカイコモウセンゴケ区では、土壌含水率が降水量に敏感に反応することが判る。アスタリスク印の時刻は、多治見での降水は記録されていないが、周辺の一宮, 名古屋, 美濃加茂の観測所で夜間に降水が記録されていることから (気象庁 2022), 現場でも局地的な降雨があったと判断される。

Fig. 4 Fluctuation in soil water contents at the *Drosera rotundifolia* (solid lines) and *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* (broken lines) growing sites in the Okuyama Marsh, and the precipitation at 30-minute intervals during the less precipitation seasons recorded at the AMeDAS Tajimi Observatory which is located 5 km southeast of the marsh. Soil water contents at the *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* growing sites were sensitive to precipitation. On the day indicated by an asterisk, no precipitation was observed at the Tajimi Observatory, but precipitation was recorded at Ichinomiya, Nagoya, and Minokamo Observatories around the Kani City at night (Japan Meteorological Agency 2022), which readily indicates that there was a local rainfall at the study site.

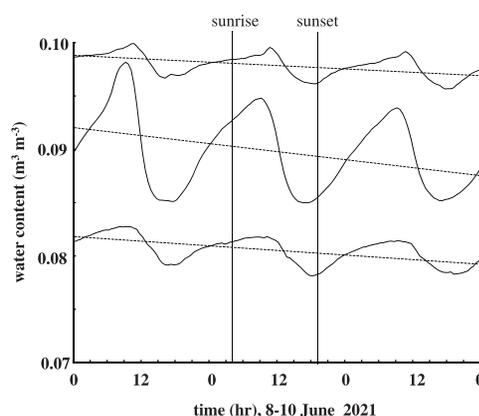


図5 奥山湿地のトウカイコモウセンゴケ区の土壌含水率の日変動 (2021年6月8日～10日)。図4に示した変動の一部を拡大した。夜間の水分増加と日中の水分減少は、それぞれ難透水層以深の湿った深い場所からの吸い上げによる水分供給と蒸発散による消費と考えられる。

Fig. 5 Diurnal fluctuation in water contents (8-10 June 2021) at three sites of Okuyama Marsh where *Drosera tokaiensis* subsp. *tokaiensis* is found. The figure is reproduced by expanding a portion of Fig. 4. Increases in the water content at night seem to be the effects of suction from the deep moist layers under the impermeable layer; and decreases in the day seem to be caused by water consumption by evapo-transpiration.

水率は、両区とも高く維持されていた。但し、含水率が低い測点については、図3に示したように出力・含水率の関係式が統計的に有意な線形にならない可能性があり、含水率の値そのものの信頼性は劣る。

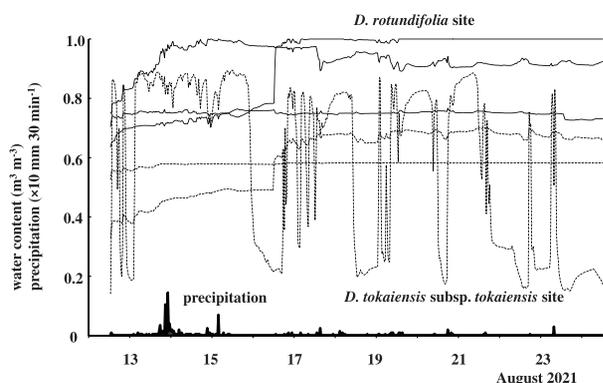


図6 奥洞湿地のモウセンゴケ区(実線), トウカイコモウセンゴケ区(破線)の土壤含水率, 及び現場から東南方向5 kmに位置するAMeDAS多治見観測所の降水量の変動(気象庁2022)(多雨期)。センサー設置位置の微地形により変動傾向は異なる。トウカイコモウセンゴケ区では、一定の水分含量が維持される場所がある一方、降水終了後の速やかな排水が見られる場所もある。

Fig. 6 Fluctuations in soil water contents at the *Drosera rotundifolia* (solid lines) and *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* (broken lines) growing sites in the Okuhora Marsh, and the precipitation at 30-minute intervals during the high precipitation season recorded at the AMeDAS Tajimi Observatory which is located 5 km southeast of the marsh (Japan Meteorological Agency 2022). Fluctuation patterns of water content differ according to micro-landforms in the *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* growing sites. Some sites maintain constant water content, and other drains rapidly after rainfall.

3.4 モウセンゴケ区及びトウカイコモウセンゴケ区の湿地表面水・土壤抽出水の水質の特徴

測定された8例(奥山湿地・奥洞湿地×モウセンゴケ区・トウカイコモウセンゴケ区×湿地表面水・土壤抽出水)の陰陽イオンの測定値の総計(各3方形枠の平均)とEC(同)には有意な関係が認められた($r^2=0.70, n=8, p < 0.01$)。決定係数が低くなったのは、1例(奥洞湿地・トウカイコモウセンゴケ区・土壤抽出水)でイオン総量に対して、低いECが測定されたためである。この場所では他の場所と比較し、高い NH_4^+ 濃度が記録されている。測定されたイオン組成の均衡は悪く、陰陽イオンの当量差は、総イオン当量に対して1%以下から30%に達する場合もあった。恐らく測定していない鉄やアルミニウムなどの金属イオンによる差分がそれに相当すると思われる。図7では、ヘキサ・ダイアグラムとするため、便宜的に陰陽イオン総量の差を HCO_3^- の値として表示しているが、実測ではなく信頼性は乏しい。

4. 考察

4.1 既存の知見から推測される湧水湿地への水供給、及び消失の経路

湿地上部の急斜面下部から滲出する水量について

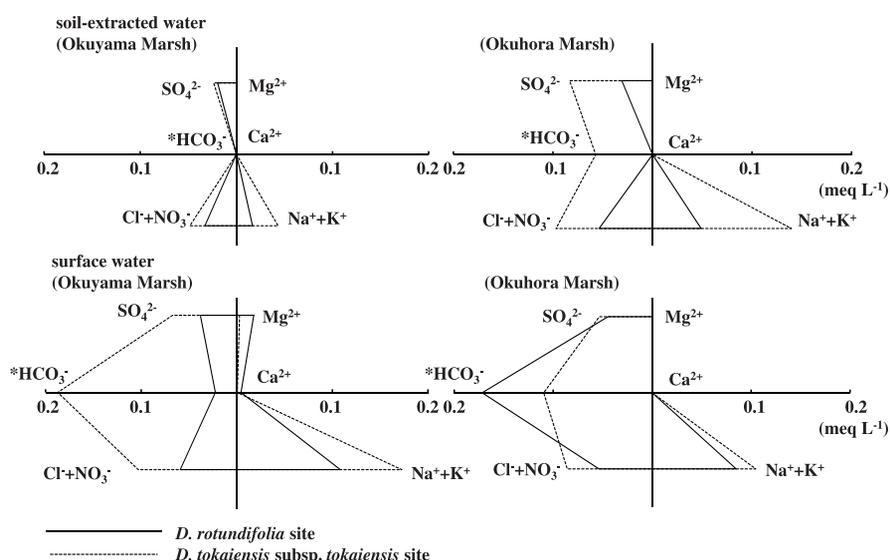


図7 奥山, 奥洞湿地の表層水及び土壤抽出水のイオン組成。 HCO_3^- は実測した陰陽イオン当量の差から算出した。
Fig. 7 Hexa-diagrams of major ion composition of extracted soil water and surface water at Okuyama and Okuhora Marshes. HCO_3^- values were estimated from the differences between the total anion and cation equivalents.

は、村上ら（2020）の奥山湿地群での観測例がある。湿地最上部からの滲出水量は降水履歴により著しく変動するものの、滲出帯に近い斜面では、難透水層を覆う薄い砂礫層を飽和し、常時湿地表面を流れる量に達する。滲出水量は、滲出帯より高い斜面での蒸発散速度などに影響されるため、日変動があることが予想されるが、実測された例はない。

湿地表面の水は、斜面を 10～20 m 程の距離を流れた後に消失し、そこが湿地の下限となる。消失は主として、湿地表面からの蒸発散によるものと考えられるが、湿地の傾斜によっては雨溝が穿たれ、地表流として排水される場合もある。これらの観測結果は、湿地斜面での水の収支が、僅か数十 m 規模の斜面の範囲で、しかも難透水層以浅での過程で概ね完結していることを示すものであると考えられる。もちろん、鬼板層により形成される難透水層の遮水は一様に完全ではなく、鬼板層を通過しての水の浸透や吸い上げの寄与も完全に否定できるわけではない。しかし、湿地の形成に難透水層による斜面表面での滞水が不可欠であることや（浜島 1976）、本研究の対象の湿地のみならず湧水湿地が小規模で滲出水量に応じた面積となるため（村上ら 2020）、また湿地が斜面の一部に限定され難透水層より深部の、恐らく多量かつ遍在する地下水からの集水が考え難いことから、難透水層のある程度の遮水性は考察の前提として適切であると考えられる。

奥山湿地のトウカイコモウセンゴケ区では、多量の降雨の直後でなければ砂礫表面は乾燥している。雨後、滲出水は、表層及び極浅い砂礫層を流れることもあるが、そのような一時的な流路は、乾燥した時期でも滲出水由来の酸化鉄の被膜が礫上に残っており、その着色により流路を辿ることができる。設置した方形枠は流路痕を避けて設置している。図 4 に示す少雨期のモウセンゴケ区、トウカイコモウセンゴケ区の含水率の明瞭な差は、湿地上部に線状に分布する滲出帯からの水の移動の限界を示しているものと考えられる。つまり、トウカイコモウセンゴケ区では、滲出水からの水供給はほとんどないか、数 mm 程度の降水の寄与よりも更に小さいと判断できる。

4.2 少雨期のトウカイコモウセンゴケ区での含水率の周期的な変動、及びそれから予想される水分供給経路

少雨期のトウカイコモウセンゴケ区での含水率の周期的な変動は、誘電率の温度依存性によるものではないであろう。このような日変動は、少雨期のトウカイコモウセンゴケ区のみに見られる現象であって、同じく地温変動が認められる他の 3 区では同一仕様のセンサーであるのにも関わらず、規則的な変動は認められない。また地温の極大・極小値と含水率のそれとが全く一致しているわけでもない。Hillel（1980）が耕地での観察例として紹介している日変動と同様に、現実の含水率の変動を示していると考えるのが妥当であろう。彼の示す事例では、含水率の日較差が最大 $0.14 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ にも達しているが、本研究のトウカイコモウセンゴケ区では、その 1/10 規模の $0.01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 程度の較差である。耕地など難透水層が深い位置にある場合、含水率の日変動は日中の蒸発散と湿った下層からの吸い上げの収支で説明され、含水率の日変動は、日の出及び日没直前に、それぞれ含水率の極大、極小値が見られる（Hillel 1980）。

東海地方の湧水湿地からの流出特性を調査した吉田ら（2014）は、流出量の極大が 6 時頃、また極小が 15 時頃になることを観測し、流出量の日周期が蒸発散量の変動を示すものと推論している。流出量の日変動は、難透水層以深も含む斜面全体の流出を反映したものと考えられ、本研究の扱う湿地の難透水層以浅の表面部分の乾湿とは直ちに関連付けることは難しいが、湿地の含水率の日変動を考える際の貴重な知見である。

一方、図 5 では、極大・極小がそれぞれ日の出より大きく遅れ、日没より早まっている（暦上の日出入時間は、6 月 9 日の名古屋でそれぞれ 4:37, 19:06, 国立天文台 2003）。含水率の極大・極小値をとる時間帯は、斜面に沿って置かれた方形枠の位置ごとに異なり、極大値に至る時間は斜面の下方に位置する方形枠ほど早く（上部の方形枠から、10:10, 8:18, 8:16: 降水の無い 10 日間の平均、各方形枠間の距離は 2, 3 m 程）、極小値も同様な傾向であり（同 17:49, 17:28, 16:57）、極大・極小時間には日ごと

の変動があるものの、その順位は各方形枠間で有意である ($r_s=0.80 \sim 0.93, n=10, p < 0.01$)。含水率が極大値をとる時間帯は、相対湿度が30分ごとに10%以上も急減する時間帯の直前に相当し、その始まりはまた、日照により気温が上昇し地温よりも高くなる時刻でもある。

含水率の極大値をとる時間帯が必ずしも滲出帯の位置からの距離に応じたものではないため、滲出水量の変化とは考えられない。また、結露や蒸発霧などの大気からの供給についても、その寄与を矛盾なく説明することは難しく、本報告の観測事実からは、日中の蒸発散と湿地深部からの吸い上げ効果と考える方がより確からしいと判断される。この結論は、難透水層と見做した鬼板層の遮水が不完全であり、難透水層で深部の水の供給が湿地表面に到達することを示すものである。また、遮水の不完全さは多雨期のトウカイコモウセンゴケ区の一部に見られた速やかな排水(図6)も説明することができる。一方、Hillel (1980)の観測と比較し、極大値に達する時刻が遅れることや、含水率の日変動幅が遥かに小さいことは、難透水層を通過する際の抵抗がかなり大きいことを示唆するものでもある。

遮水性の定量的評価は、今後の課題である。鬼板層で偶発的に生じる亀裂や空洞などが遮水性に影響するのならば、湿地全域を均一な構造を持つものと考えすることはできず、含水率やそれに応じた植生分布についての数値モデル的な扱いは相当難しいものとなるであろう。

4.3 土壌抽出水のイオン総量の差

奥山・奥洞両湿地の土壌抽出水のイオン総量の違いは供給される水の量と起源に関連している可能性がある。降水状態が異なる時期であり、また湿地上部の土地利用の違いにも関わらず、トウカイコモウセンゴケ区ではモウセンゴケ区よりもイオン総量が相対的に高い値であることは共通している(図7)。奥山湿地、奥洞湿地のトウカイコモウセンゴケ区/モウセンゴケ区で実測されたイオン総量比(各3方形枠の平均)は、それぞれ $0.180 \text{ meq L}^{-1}/0.116 \text{ meq L}^{-1}$ ($\times 1.5$: トウカイコモウセンゴケ区/モウセンゴケ区の比, 以下同)、 $0.452 \text{ meq L}^{-1}/0.169 \text{ meq L}^{-1}$ (\times

2.7) であり、EC測定でも $1.36 \text{ mS m}^{-1}/1.12 \text{ mS m}^{-1}$ ($\times 1.2$)、 $1.79 \text{ mS m}^{-1}/1.47 \text{ mS m}^{-1}$ ($\times 1.2$) と差が感知される程であった。奥山・奥洞両湿地のイオン総量の差は湿地の立地、つまり人の干渉の程度で説明できるが、同一湿地内でのトウカイコモウセンゴケ区とモウセンゴケ区の差は、給水量、特に両種の生育場に到達する滲出水量の差による塩類の洗い流しの効果や供給される水の由来によるものと考えられる。つまり湿地上部からの滲出水が常時供給されるモウセンゴケ区では塩類の集積は少なく、供給の乏しいトウカイコモウセンゴケ区では集積が進む。両種の生育地に供給される水の起源が滲出水か地下水の吸い上げによるものかの違いも関係している可能性があるが、難透水層より深部の地下水の水質や、吸い上げの過程でのイオン交換などの水質変化についての情報は無い。

4.4 モウセンゴケとトウカイコモウセンゴケの分布の違いを決める要因についての議論

2種のモウセンゴケ属の分布を決める要因としては、栄養塩、特に窒素濃度が着目されてきた。例えば小規模な湧水湿地を貧栄養環境と見る広木・清田(2000)に対して、愛知ら(2013)はトウカイコモウセンゴケの生育地の間隙水の水質調査に基づき、必ずしも貧栄養環境だけに生育するものではないことを示した。

本研究においては、奥山・奥洞両湿地のトウカイコモウセンゴケ区/モウセンゴケ区の土壌抽出水の NO_3^- の当量比は、それぞれ $0.015 \text{ meq L}^{-1}/0.015 \text{ meq L}^{-1}$ ($\times 1.0$)、 $0.014 \text{ meq L}^{-1}/0.015 \text{ meq L}^{-1}$ ($\times 0.9$) とほぼ一致していたが、 NH_4^+ の当量比は $0.046 \text{ meq L}^{-1}/0.030 \text{ meq L}^{-1}$ ($\times 1.5$)、 $0.115 \text{ meq L}^{-1}/0.021 \text{ meq L}^{-1}$ ($\times 5.5$) とトウカイコモウセンゴケ区で高い傾向にあった。 PO_4^{3-} は、いずれの区画でも検出されていないが、 K^+ についても、 $0.021 \text{ meq L}^{-1}/0.005 \text{ meq L}^{-1}$ ($\times 4.2$)、 $0.083 \text{ meq L}^{-1}/0.014 \text{ meq L}^{-1}$ ($\times 5.9$) と、やはりトウカイコモウセンゴケ区で高い。しかし、土壌含水率と栄養塩濃度の二つの条件は、本研究のような屋外観測では互いに関連しており、どちらが分布を規定する要因であるかは決定できない。土壌中へ

栄養塩の集積もまた水分供給量の多少に支配されるためである。両要因の寄与については、現場研究だけではなく、管理された環境での栽培実験に基づく生理学的な議論が必要であるが、湿地植生保全の現場では、当面、両要因に関係する水収支の現状を維持することを目的とすべきであろう。

本研究が提案する湿地表面での水収支の機構は、もちろん定量化などの検討すべき課題は多いが、湧水湿地を涵養する水については、滲出水だけではなく、難透水層以深の地下水の寄与を考慮すべきことを示した。また、根系が土壤表面に限られるモウセンゴケ属については、露や霧などの水蒸気の凝結に伴う大気からの水供給も、少雨期には、特に水質面では重要となるかもしれない。トウカイコモウセンゴケ区での塩類集積は、各イオンに共通しているわけではなく、 K^+ や NH_4^+ はモウセンゴケ区のそれに比べて特異的に高い。両イオンは、雨水に比べ露水で濃度が高くなる傾向がある（福崎 2005）。湧水湿地の多様な水供給源について目を向けることは、開発圧に直面している現場で、最低限、保全すべき区域選定の議論や科学的な合意形成にも寄与できるものと考ええる。

引用文献

愛知真木子・味岡ゆい・上野薫・寺井久慈・南基泰 (2013) 東海丘陵要素植物群の無機窒素栄養に対する種特異性. 湿地研究, 3, 3-14.
 福本昌人 (1999) 土壤面蒸発と表層土壌水分量に関する実証的研究. 北海道農業試験場研究報告, 169, 15-86.
 福尾券一 (1955) 愛知県瀬戸地方産鬼板中の褐鉄鉱について. 鉱物学雑誌, 2, 292-296.
 福崎紀夫 (2005) 露と霜の化学. 新潟理化学, 30, 17-32.
 浜島繁隆 (1976) 愛知県・尾張地方の小湿原の植生 (I). 植物と自然, 10 (5), 22-26.

Hillel D (1980) Diurnal fluctuations of surface-zone moisture and hysteresis effects. Applications of soil physics (ed. Hillel D), 128-132. Academic Press.
 広木詔三 (2002) 湿地・湿原の区分と呼称. 里山の生態学 (広木詔三編著), 58-60. 名古屋大学出版会.
 広木詔三・清田心平 (2000) 愛知県春日井市の東部丘陵の砂礫層地帯における湿地植生とその成因. 情報文化研究, 11, 31-49.
 籠橋まゆみ・横井洋文・河合和幸・盾千江子・籠橋いずみ・富田啓介 (2019) 大森奥洞湿地群および柿下蔵沢湿地群. 東海地方の湧水湿地 1643 箇所の調査から見えるもの (湧水湿地研究会編), 122. 豊田市自然観察の森.
 気象庁 (2022) 過去の気象データ. < <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/> > (参照 2022 年 7 月 15 日)
 国立天文台 (2003) 各地の日出入. 理科年表 平成 16 年 (国立天文台編), 暦 37 (37). 丸善.
 宮本輝仁 (2008) 古典を読む G.C. Topp, J.L. Davis and A.P. Annan 著「電磁波を利用した土壌水分計測: 同軸導波管での測定」. 土壌の物理性, 108, 99-105.
 村上哲生・久野良治・岡田真衣・堀田祥貴・南基泰 (2020) 大森奥山 (岐阜県・可児市) の湧水湿地群—地形, 水, 及び水生生物相—. 陸水学雑誌, 81, 45-58.
 NPO 可児ネイチャークラブ (編) (2014) 大森湿地群の動植物 貴重な自然遺産の記録. 可児市.
 富田啓介 (2010) 日本に見られる鉱質土壌湿原の分布・形成・分類. 湿地研究, 1, 67-86.
 富田啓介 (2018) 湧水湿地の環境は東海地方においてどこまで理解されたか? 湿地研究, 8, 63-79.
 Topp GC, Davis JL, Annan AP (1980) Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. Water Resource Research, 16, 574-582.
 植田邦彦 (1989) 東海丘陵要素の植物地理: I. 定義. 植物分類地理, 40, 190-202.
 吉田耕二・福山泰治郎・岡尚男・小野知洋 (2014) 名古屋市東部丘陵の湧水湿地「八竜湿地」における 2013 年の降雨流出特性. 金城学院大学論集 (自然科学編), 10 (2), 13-20.

Relationship between the distribution patterns of two *Drosera* species (*D. rotundifolia* and *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis*: Droseraceae) and their soil water conditions in small-scale spring-fed marshes

Tetuo MURAKAMI¹, Asami FUKUOKA², Taichi FUJII², Yukako HONDA², Kaoru UENO², Motoyasu MINAMI²

¹ no affiliation, ² Graduate School of Bioscience and Biotechnology, Chubu University

Abstract: Distribution patterns of two *Drosera* species (Droseraceae), *D. rotundifolia* and *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis*, are discussed in relation with the soil water conditions studied by continuous observation of soil water content and soil water qualities during the dry and wet seasons in summer in small-scale spring-fed marshes, Kani City, Central Japan. Soil water contents calculated from the electrical permittivity in fields correlated with the distribution pattern of two *Drosera* species; *D. rotundifolia* grew in wet areas over 0.4 m³ m⁻³ water content and *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* in dry areas under 0.1 m³ m⁻³ water content. The ion compositions of the water extracted from the soil differed; K⁺ and NH₄⁺ were more abundant in the habitats of *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* than those of *D. rotundifolia*, perhaps due to the difference in salt concentrations caused by drying off. Judging from the water content of the soil and the diurnal quantitative fluctuation and qualities of soil water, we deduce that, in dry seasons, habitats of *D. rotundifolia* are recharged by rainfall leaking out from the ground, and those of *D. tokaiensis* subsp. *tokaiensis* by sorption from the moister layers under impermeable layers or dewfalls.

Key words: soil water content, salt concentration, *Drosera rotundifolia*, *Drosera tokaiensis* subsp. *tokaiensis*, spring-fed marsh