

論文 (Article)

湧水湿地におけるモウセンゴケ (*Drosera rotundifolia*) の
HSI モデル構築

味岡ゆい¹⁾・中村早耶香²⁾・豊田 歩²⁾・愛知真木子²⁾・
横田樹広³⁾・那須 守⁴⁾・米村惣太郎⁵⁾・南 基泰²⁾

Development of a habitat suitability index model to assess the environmental factors
affecting the growth of *Drosera rotundifolia* in the spring-fed wetland

Yui AJIOKA¹⁾, Sayaka NAKAMURA²⁾, Ayumu TOYOTA²⁾, Makiko AICHI²⁾,
Shigehiro YOKOTA³⁾, Mamoru NASU⁴⁾, Soutarou YONEMURA⁵⁾ and Motoyasu MINAMI²⁾

摘 要

周伊勢湾地域における湧水湿地は、湿生植物の重要なホットスポットである。しかし、様々な開発行為による水源枯渇や植生遷移により湧水湿地の存続が懸念されており、湿地生態系の保全に向けた総合的な環境アセスメント手法の確立が急務となっている。本研究では、湿地生態系の評価種としてモウセンゴケを選定し、HSI モデルを用いた総合的な生息場所環境の評価手法の確立を目的とした。モウセンゴケに寄与する環境要因として湧出水の pH、電気伝導度を選定したところ、現況の生息分布との良好な一致が見られ、精度の高い総合的な評価モデルを構築することができた。

キーワード：モウセンゴケ、HSI モデル、湧水湿地、pH、電気伝導度

Abstract

The spring-fed wetland is widely considered to be an ecological hotspot of hygrobiose as well as peculiar ecosystem of the Circum-Ise-Bay area. However, the ecological value of the spring-fed wetland is threatened by the disruption of freshwater inflows due to development activity in the region and vegetation succession on the small spring-fed wetland. The purpose of this study is to clarify the environment of *Drosera rotundifolia* habitat which is the spring-fed wetland. We therefore developed a habitat suitability index (HSI) model to quantitatively evaluate and clarify the environmental factors affecting *D. rotundifolia*. The HSI model that used the pH and electric conductivity of spring water of variables was found to be model with high precision.

Key words: *Drosera rotundifolia*, Habitat Suitability Index model, spring-fed wetland, pH, electric conductivity

(2016年2月3日受付；2016年10月3日受理)

¹⁾ 中部大学現代教育学部 〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200, College of Contemporary Education, Chubu University, 1200 Matsumoto-cho, Kasugai-shi, Aichi, 487-8501, Japan

²⁾ 中部大学応用生物学部 〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200, College of Bioscience and Biotechnology, Chubu University, 1200 Matsumoto-cho, Kasugai-shi, Aichi, 487-8501, Japan

³⁾ 東京都市大学環境学部 〒224-8551 神奈川県横浜市都筑区牛久保西3-3-1, Faculty of Environmental Studies, Tokyo City University, 3-3-1 Ushikubonishi, Tuzuki-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 224-8551, Japan

⁴⁾ 室蘭工業大学地域共同研究開発センター 〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1, Center for Cooperative Research and Development, Muroran Institute of Technology, 27-1 Mizumoto-cho, Muroran-shi, Hokkaido, 050-8585, Japan

⁵⁾ 清水建設(株)技術研究所 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17, Institute of Technology, Shimizu Corporation, 3-4-17 Etchujima, Koto-ku, Tokyo, 135-8530, Japan

はじめに

伊勢湾を取り囲む地域（愛知県，岐阜県，三重県，静岡県）の丘陵，台地，段丘地帯（以下，周伊勢湾地域）には，砂礫層や基盤岩上に泥炭が堆積せず，湧水によって涵養された開水域を有する湿地（以下，湧水湿地）が成立している（広木，2002）。この湧水湿地は花崗岩地帯に多くみられ，周伊勢湾地域を特徴づける東海丘陵要素植物群（植田，1989）を多く含む植生群落が成立する重要なホットスポットとなっている（横田ほか，2011）。2012年には，愛知県豊田市に成立する湧水湿地が，国際的に重要な湿地として東海丘陵湧水湿地群（矢並湿地，上高湿地，恩真寺湿地）の名でラムサール条約に登録されるなど（豊田市環境部環境政策課，2015），保全の重要性が改めて認識された。しかし，湧水湿地に関する認知度は未だ低く，開発行為や植生遷移，水質の富栄養化，水源枯渇による乾燥化から縮小，消失し続けており（愛知県環境部自然保護課編，2007），多くの生物種が絶滅の危機に瀕している（岐阜県健康福祉環境部自然環境森林課，2001）。このような背景から，湧水湿地に成立する生物群集の保全のために，そこに生息する生物種にとって適切な生息場所の環境を明らかにすることが課題となっている。

周伊勢湾地域のうち，岐阜県東濃地方（多治見市，土岐市，瑞浪市，恵那市，中津川市）には，東海層群（瀬戸層群）の上位層相における土岐砂礫層（中山，1990）上に成立した湧水湿地（植田，1989）が1,000以上，存在すると推定されている（岐阜県博物館学芸部自然係編，2000）。そのため，岐阜県東濃地方では東海丘陵要素植物群が多くの湧水湿地で確認できる。しかし，この東海丘陵要素植物群は，周伊勢湾地域で分化した種や大陸要素の残存分布種が含まれるなど，単一の起源をもつ植物群ではなく，その構成は地史的な要因に制限されており（植田，1989），必ずしも同所的に複数の植物種が生育しているとは限らない。そこで，湧水湿地に生育する湿生植物として，東海丘陵要素植物群と共に確認されることが多いモウセンゴケ（*Drosera rotundifolia*）（岐阜県博物館学芸部自然係編，2000）に着目した。モウセンゴケは，北半球の温帯～亜寒帯に広く分布し（西田，1989），日本では八丈島や御蔵島，屋久島（南限）などの島嶼を含み，北海道から九州まで広く分布する（佐竹，1982）。前記した通り，周伊勢湾地域では湧水湿地で主に生育が確認され（岐阜県博物館学芸部自然係編，2000），多湿もしくは過湿な土壌環境に生育するが（菅原，1994a），植物体全体を覆う冠水が数日間続くと，植物体は腐り枯死する（菅原，1994b）。本種は，周伊勢湾地域では小規模な地滑りによって露出した地面に成立した湧水湿地を主な生育地とし，多くの個体群が確認されている（岐阜県博物館学芸部自然係編，2000）。このことから，本種が生育する湧水湿地の調査は，東海丘陵要素植物群の生息場所環境の基礎的なデータになると考えられた。

これまでに広木・清田（2000）や愛知ら（2013）によって，湧水湿地における特異的な水質環境の保持が湿生植物の保全に重要な要因であると報告されてきた。しかし，いずれの報告も個別の水質指標を用いた評価であり，周伊勢湾地域の湧水湿地に寄与する複数の環境要因を統合した評価ではなかった。以上に鑑み，本研究ではモウセンゴケを対象としたハビタット適性指数（Habitat Suitability Index, HSI）モデル（以下では HSI モデルと表記）を構築することにより，周伊勢湾地域における湧水湿地環境のスクリーニング技術の確立を目的とする。これまでも HSI モデルを活用し，湧水湿地に生息するヒメタイコウチ（*Nepa hoffmanni*）に関する生息場所の適性分布が抽出されてきたが（中村ほか，2011），生息環境の変化により鋭敏に反応する湿生植物を対象とした評価は行われてこなかった。なお，本モデルの構築は周伊勢湾地域の中で湧水湿地が最も集中して分布する岐阜県東濃地方（岐阜県博物館学芸部自然係編，2000）を中心とした地域から収集した調査データを用いた。

方法

HSI モデルとは，対象種に寄与する環境要因を説明変数として，その生息場所適性の「質」を定量的に評価する手法である（田中，2006）。HSI モデルは手法に関する高度な数学的知識を必要としないことから，欧米諸国では環境アセスメントなどの現場において，開発事業者，研究者，一般市民などの多様な主体間での合意形成のツールとして利用されてきた。ここでは，モデルの作成手順，ハビタット変数の設定，参照データの収集，HSI モデルの構築と評価に分けて方法を記載する。

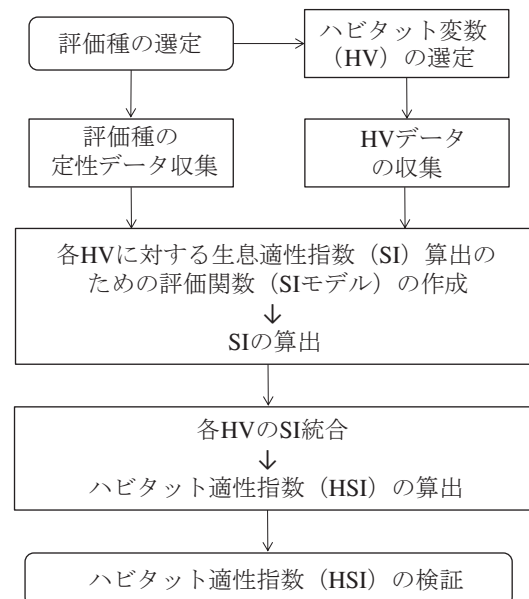


図1 HSI モデル構築のためのフローチャート

モデル作成手順

図1に、HSI モデルの構築フローチャートを示す。はじめに、評価種を選定し、その生物種の生存、繁殖などに必要な環境要因とその状態を既存の情報からハビタット変数 (Habitat Variable, HV) として選定する。ここで選定された HV について、評価地域における実際の評価種の分布状況と関連付けることにより、生息の適否を「0.0」(生息に不適) から「1.0」(生息に最適) で基準化した適性指数 (Suitability Index, SI) を算出するための評価関数 (SI モデル) を作成する。これによりハビタット変数 (HV) に応じた適性指数 (SI) が求められ、各 HV の SI を統合してハビタット適性指数 (HSI) が算出される。したがって、HSI モデルは選定された HV、各 HV に応じた SI を算出する評価関数と複数の SI の統合式により構成される。

ハビタット変数の設定

湧水湿地における環境要因は、湿地が成立するための微地形などに関する地形的要因 (湿地成立要因) と、本種を含む湿生植物の種間相互作用に基づく生物的要因や生息場所に関する理化学的要因など湿地生態系を構成する要因 (湿地生態系要因) の2つに大別される (中村ほか, 2011)。対象とするモウセンゴケは、土壤間隙が飽和していて多湿、もしくは、過湿な環境に生育していることが多く (菅原, 1994a; 上野ほか, 2006)、湧水湿地においても土壤水の存在は生息場所の必須条件といえる。なお、本種の生息には多湿な土壤水分が必要であるが、その湿地を形成する地質への依存性は認められておらず、チャートの礫で構成される葦毛湿原 (愛知県豊橋市) においても確認されている (広木, 2002)。このことから、周伊勢湾地域においては、湧水湿地における地形的要因 (湿地成立要因) がモウセンゴケの生息場所を制限している可能性は小さいものと考えられた。また、周伊勢湾地域に

おける湧水湿地には、礫を含む地層が露出し、ミミカキグサ (*Utricularia bifida*) が優占する湿地、植生の構成種、数量ともに豊富でミカヅキグサ属 (*Rhynchospora* sp.) の植物が優占し、アカマツ-コナラ林が周辺部を取り囲む湿地があり、植物相は大きく異なる (浜島, 1976)。しかし、いずれの湧水湿地においても本種は生息していることから (浜島, 1976)、種間相互作用のような生物的要因を介した影響についても大きくないものと考えられた。

モウセンゴケの生息場所に関する湿地生態系要因のうち、湧出水の水質に関する理化学的要因に関しては以下のような知見が得られている。電気伝導度 (electric conductivity, 以下、EC と表記) については、愛知県春日井市築水池湿地では16.9~18.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (広木・清田, 2000)、愛知県豊橋市葦毛湿原では30~50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の地点で生育が確認され (広木, 2002)、幅広い範囲を有することが報告されている。また、pH に関しては、愛知県尾張地方 (知多郡, 常滑市, 名古屋市, 日進市, 瀬戸市, 春日井市, 犬山市) の湿地で pH5.6~6.0 (浜島, 1976)、愛知県豊橋市葦毛湿原では pH3.9~5.7 (広木, 2002)、岐阜県恵那市の湿地では pH3~7 であり (愛知ほか, 2013)、概して弱酸性環境を嗜好しながらも広範囲の許容を持つことが明らかになった。本種は土壤水分が飽和した根圏環境を好むため (上野ほか, 2006)、EC や pH を介した土壤水質の変動は本種に直接影響を与えると考えられた。その他の理化学的要因として、広木 (2002) はモウセンゴケが生育する愛知県豊橋市葦毛湿原とモウセンゴケ非生育湧水湿地5地点において、土壤水の全窒素、全有機炭素を比較したが本種への影響は不明であった。以上より、モウセンゴケの生息を制限する理化学的要因として、EC、pH の2つの水質指標をハビタット変数 (habitat variables, HV) として選定した。

表1 モウセンゴケの生息が確認された対象調査地の一覧

地点	調査地	緯度・経度	コドラート数	調査日
A	愛知県春日井市廻間町	北緯35.31度, 東経137.05度	1	2008/7/25
B	岐阜県多治見市喜多町	北緯35.34度, 東経137.10度	1	2008/7/9
C	岐阜県土岐市泉町	北緯35.38度, 東経137.21度	2	2008/7/2
D	岐阜県土岐市土岐津町	北緯35.32度, 東経137.21度	1	2008/7/2
E	岐阜県土岐市鶴里町	北緯35.28度, 東経137.21度	2	2008/7/30
		北緯35.27度, 東経137.21度	2	2008/8/20
F	岐阜県瑞浪市日吉町	北緯35.42度, 東経137.22度	1	2008/7/23
G	岐阜県瑞浪市釜戸町	北緯35.42度, 東経137.29度	2	2008/7/23
H	岐阜県瑞浪市稲津町	北緯35.34度, 東経137.26度	2	2008/7/9
I	岐阜県恵那市武並	北緯35.43度, 東経137.35度	7	2007/8/10, 10/19
			4	2008/8/5
		北緯35.43度, 東経137.36度	12	2007/6/30, 7/1
			2	2008/8/18
J	岐阜県恵那市東野	北緯35.44度, 東経137.49度	1	2008/8/1
K	岐阜県中津川市中津川	北緯35.44度, 東経137.50度	1	2008/8/1

参照データの収集

本研究で対象とするモウセンゴケは、種子繁殖と栄養繁殖の両方の繁殖形式を保持する（豊田，1979）。各調査地では多くの実生が確認されたことから、生活史の最重要時期は次世代を残すための生殖成長期であると考え、評価対象期間はモウセンゴケの開花から結実までの期間とした。具体的には、2007年6月30日から10月19日，2008年7月2日から8月20日にかけて、HSIモデル構築に必要な参照データを収集した。この際、湧水湿地における生息場所を対象とすることから、湧出水による湛水域が含まれるコドラート（30 × 30 cm）を対象とした。また、本研究で対象としたコドラートは、実際にモウセンゴケの生息が確認されたものであり、11調査地、41コドラートに及ぶ。表1には、本研究でデータ収集した調査地（図2）とコドラートを調査時期とともに示す。環境要因は前記した2つのハビタット変数（湧出水のEC，pH）について携帯型測定器によって計測するものとし、ECについてはTwin Cond B-173（堀場製作所），pHについてはTwin pH B-212（堀場製作所）を用いた。

HSIモデルの構築とその評価

はじめに、SIモデル構築のため、各ハビタット変数の測定値を階級化したヒストグラムを作成した。その後、調査結果によるデータ分布と既往情報の整合性を検討した上でSIを設定し、線形補正したSIモデルを構築した。本研究では、モウセンゴケの生息地に寄与する環境要因を総合的に評価するため、SIの評価軸については生息が確認されたコドラート

数を基準化して用いた。すなわち、最多コドラート数が示された階級は生息に最適（SI=1.0），データの末端に該当する階級は生息に不適（SI=0.0）と判断した。

最後に、環境要因におけるSIを統合するためのHSIモデルを作成する。統合方法は、4つの基本的なパターンがある。1つ目はすべてのSIが必ずしも同時に必要ではなく、どれか1つあればハビタットとして機能すると考える算術平均法、2つ目は最も低いSIがハビタット適性を限定すると考える限定要因法、3つ目は個々のSIがお互いの不足を補うと考える加算要因法、そして、4つ目がSIのいずれかが0であるとハビタット適性が不適になる場合に用いる、乗法と幾何平均法である（田中，2006；日本生態系協会，2007a）。本モデルで選定した2つのハビタット変数は必ずしも従属関係に無く、かつ、この2つの変数以外では表現しえない環境要因と考えられることから、2つのハビタット変数のうち1つでも欠ければ生息不適（SI=0.0）になると考え、本種のHSIモデルにおけるSIの統合には、乗法 $SI1 \times SI2$ と幾何平均法 $(SI1 \times SI2)^{1/2}$ を採用した。これら2つの統合式で算出されたHSIの妥当性評価には、次に記す誤分類率を用いた。誤分類率は、各統合式から算出されたHSI（推定値）が0.5未満の場合HSIを0とし、0.5以上の場合HSIを1として分類し、実際に生息している場合を1、生息していない場合を0とした実測値と比較し、不整合が見られた割合を%で算出するもので、HSIモデルの精度を検討する手法である（日本生態系協会，2007b；中村ほか，2011）。一般的に、推定値であるHSIが0に対し実測値が1となる割合（誤分類率）が大きいモデルは、対象種の生息適性を評価するのに不適切

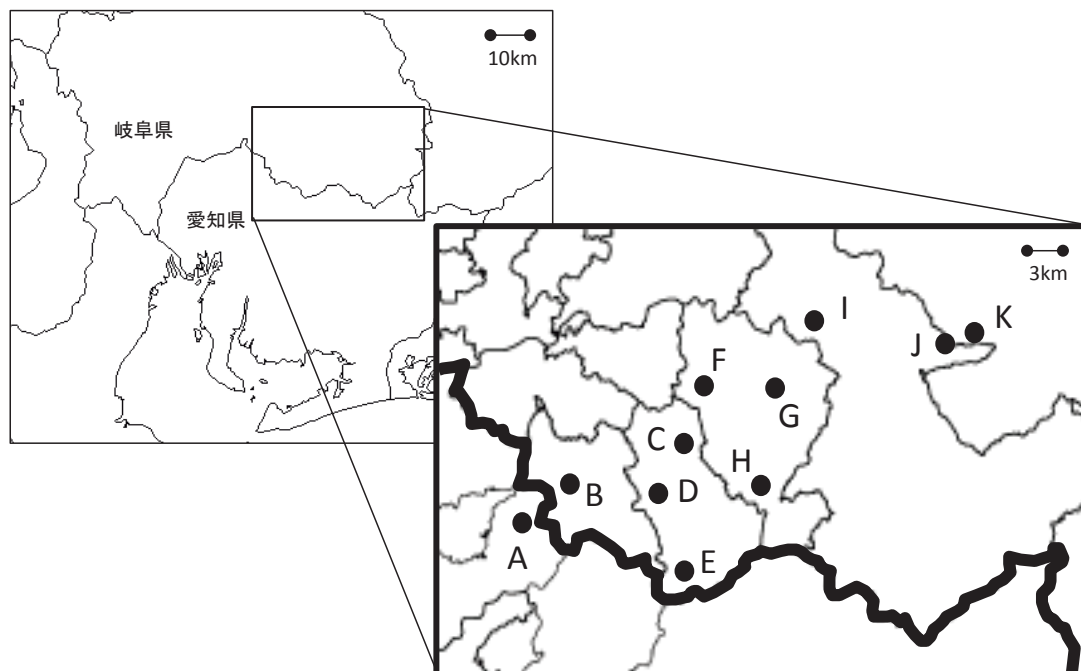


図2 モウセンゴケの生息が確認された対象調査地の位置図（太線：県境，細線：市境）
図中の地点A～Kは、表1の調査地を参照。

なモデルと判断される(日本生態系協会, 2007b)。なお, ここでの妥当性評価に使用した実測値の元データは, HSI モデル構築の参照データと同一であることから, いずれの場合においても低い誤分類率となるのは自明であるが, 統合式の妥当性を判断するうえでは有効であると考えられる。

結果および考察

モウセンゴケのハビタット適性と SI モデルの構築

図3には, 対象としたコドラートの EC に対する頻度分布(ヒストグラム)を示す。図より, 湧水湿地の10~30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲で全体の75.6% (41コドラート中31コドラート) が確認され, 16.9~18.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で生息が確認された広木・清田(2000)の報告に反しない結果となった。また, 調査した全コドラートの97.6% (41コドラート中40コドラート) が愛知ら(2013)の報告した10~60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲となったが, 本研究では1コ

ドラートのみ96 $\mu\text{S}/\text{cm}$ でも生息が確認できた。このことから, 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上は本種の生息をある程度制限するが, 生息不適となる条件ではないと考えられた。

以上を踏まえて構築した EC に対する SI モデルを図4に示す。10~30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲は本種の生息に好適な条件であると考えて $SI1 = 1.0$, 60~100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ のときには $SI1 = 0.1$ とする一方, 生息が確認されなかったり, データが存在しなかったりした, 0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 及び100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上では $SI1 = 0.0$ とし, 0~10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 30~60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間をそれぞれ線形補間することで得られたものである。

図5には, 対象としたコドラートの pH に対する頻度分布(ヒストグラム)を示す。図より, 湧水湿地の pH4.5~6.0 の範囲で全体の53.7% (41コドラート中22コドラート) が確認された。また, 浜島(1976)は pH5.6~6.0 が本種の適性 pH と報告としているが, 本研究では2コドラートがこの範囲で生息確認でき, pH6.0 以上は pH の増加とともにコドラート数が低下傾

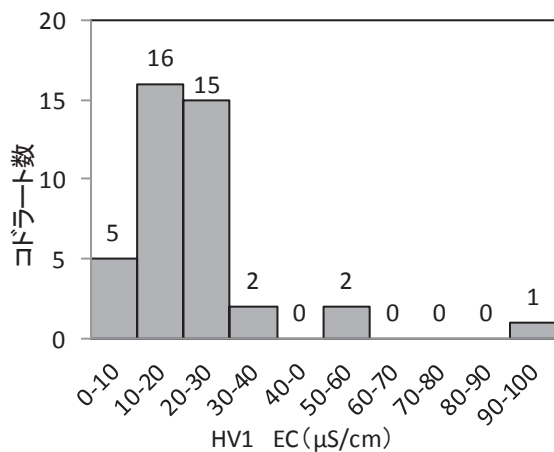


図3 HV1 (EC) のヒストグラム
ヒストグラム上の数字はコドラート数を示す。

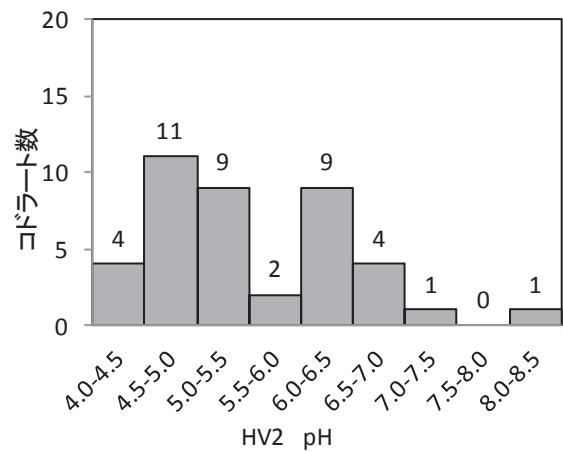


図5 HV2 (pH) のヒストグラム
ヒストグラム上の数字はコドラート数を示す。

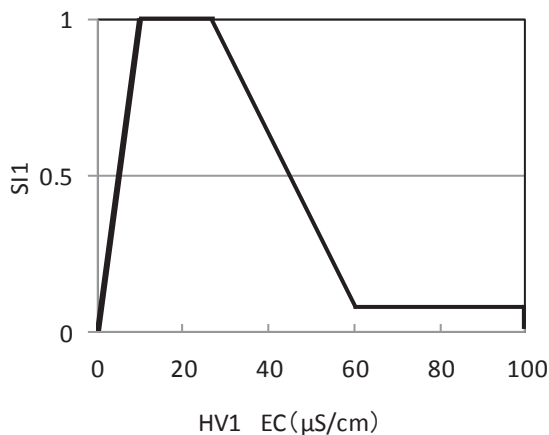


図4 HV1 (EC) の SI モデル
ヒストグラム上の数字はコドラート数を示す。

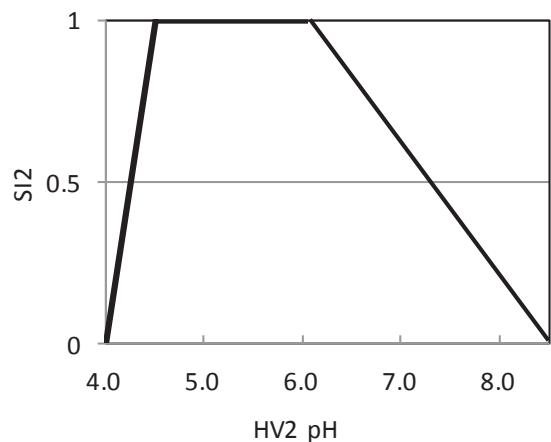


図6 HV2 (pH) の SI モデル
ヒストグラム上の数字はコドラート数を示す。

向を示した。このことから、pH6.0以上における生息は可能であるが、本種の生息適性は緩やかに低下すると考えられた。

以上を踏まえて構築した pH に対する SI モデルを図6に示す。pH4.5～6.0の範囲は本種に好適な条件であると考えて SI₂ = 1.0、生息が確認されなかったり、データが存在しなかったりした、pH4.0以下及び8.5以上では SI₂ = 0.0とし、pH4.0～4.5、6.0～8.5の間をそれぞれ線形補間することで得られたものである。

表2 モウセンゴケ統合式候補の誤分類率

乗法		幾何平均法	
HSI		HSI	
0	1	0	1
実測値 1	4 ¹⁾	2	39
誤分類率 9.8%		4.9%	

¹⁾ 統合式候補で分類されたコドラート数を示す。

HSI モデルの適用と妥当性評価

本研究では、モウセンゴケに寄与する複数の環境要因 (HV1 : EC 及び HV2 : pH) を統合した HSI モデルを構築した。これを適用することにより周伊勢湾地域の湧水湿地に分布するモウセンゴケ (生殖成長期) のハビタット適性の評価が可能になる。表2には、SI 値の2つの統合式 (乗法と幾何平均法) における妥当性について、実測値との不整合があったコドラート数と誤分類率について示す。表より、乗法の誤分類率は9.8%であったのに対し、幾何平均法の誤分類率は4.9%であった。したがって、本研究で対象とした範囲においては、幾何平均法を利用した HSI モデルの方が妥当であったと考えられる。

本研究ではモウセンゴケが生息する湧水湿地を対象に調査を行い、各環境要因に対するモウセンゴケの出現頻度を評価軸に設定し、モウセンゴケのハビタット適性評価を行った。ただし、調査地における多くの湧水湿地でモウセンゴケの生息が確認できた一方で、必ずしも存在するすべての湧水湿地に生息しているとは限らない。そのため、今回のモデルでは生息不適地までを含めた予測は困難である可能性が高い。モウセンゴケのハビタット適性評価の精度向上のためには、モウセンゴケが生息していない湧水湿地における環境要因のデータを取り入れ検討していく必要があると考えられた。なお、自明ながら、他地域などで EC、pH 以外の環境要因が生息を制限している状況には適用できないことも合わせて申し添える。

また、本研究で用いた HSI モデルは、中学校で学習する一次関数などの数学知識で構築可能なモデルであることから、環境アセスメント以外にも、地域環境を理解する環境教育教材として教育的な観点からの活用も期待できると考えられる。ただし、湧水湿地に生育する湿生植物を対象としたハビタット適性評価は、現状、本研究のモウセンゴケ一種に留まっ

ている。周伊勢湾地域に分布する湧水湿地のうち、ラムサール条約に登録された東海丘陵湧水湿地群の矢並湿地 (豊田市環境部環境政策課, 2015) には、本種の他、東海丘陵要素植物群の一種であるシラタマホシクサ (*Eriocaulon nudicuspe*) (絶滅危惧Ⅱ類, 環境省第4次レッドリスト) (環境省, 2012) やミカワシオガマ (*Pedicularis resupinata* var. *microphylla*) (絶滅危惧Ⅱ類, 環境省第4次レッドリスト) (環境省, 2012) など多くの絶滅危惧種や地域固有種が生育している (富田, 2012)。今後は、東海丘陵要素植物群を含む湿生植物を対象とした湧水湿地に内在する環境要因を明らかにし、周伊勢湾地域における湿地生態系の保全をさらに検討していく必要があると考えられた。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、調査測定にご協力いただいた中部大学応用生物学部環境生物科学科2007年度卒業生都築穂高氏、2008年度卒業生松井結希氏に深謝します。本研究は独立行政法人日本学術振興会学術研究助成基金補助金 (若手研究 B, 課題24710031)、平成25年度中部大学特別研究費 (B) の援助を受けて行われました。記して謝意を表します。

引用文献

- 愛知県環境部自然保護課編 (2007) : 愛知県湿地・湿原生態系保全の考え方—適切な保全活動の推進を目指して—。愛知県, 名古屋。
- 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。
- 岐阜県健康福祉環境部自然環境森林課 (2001) : 岐阜県の絶滅のおそれのある野生生物—岐阜県レッドデータブック—。財団法人岐阜県公衆衛生検査センター, 岐阜。
- 岐阜県博物館学芸部自然係編 (2000) : すばらしき東濃の自然。再発見—巨大ヒノキが見てきた生き物たち—, p.25。岐阜県博物館, 岐阜。
- 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** : 22-26。
- 広木詔三 (2002) : 東海地方の植生の特色。里山の生態学, p.42-96, 名古屋大学出版会, 愛知。
- 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。
- 環境省 (2012) : 植物 I (維管束植物) のレッドリスト。第4次レッドリストの公表について, <http://www.env.go.jp/press/15619.html>, 2016年10月6日閲覧。

- 中村早耶香・味岡ゆい・上野薫・寺井久慈・南基泰・横田樹広・那須守・小田原卓郎・米村惣太郎 (2011) : 岐阜県東濃地方の土岐砂礫層湿地におけるヒメタイコウチの HSI モデルの構築. 環境アセスメント学会誌, **9** : 58-63.
- 中山勝博 (1990) : 東海層群2—東海地方—. アーバンクボタ, **29** : 13-15.
- 日本生態系協会 (2007a) : アカガネオサムシの HSI モデル ver.1.0. 日本生態系協会, 東京, 9p.
- 日本生態系協会 (2007b) : ヒメミズカマキリの HSI モデル ver.1.0. 日本生態系協会, 東京, 8p.
- 西田尚道 (1989) : 野に咲く花 : 山溪ハンディ図鑑 I. p.308, 山と溪谷社, 東京.
- 佐竹義輔 (1982) : 日本の野生植物 : 草本離弁花類. p.120, 平凡社, 東京.
- 菅原陽子 (1994a) : モウセンゴケの生態学的研究 (その1). 食虫植物研究会会誌, **45** : 53-62.
- 菅原陽子 (1994b) : モウセンゴケの生態学的研究 (その2). 食虫植物研究会会誌, **45** : 79-87.
- 田中章 (2006) : HEP 入門—ハビタット評価手続き—マニュアル. 朝倉書店, 東京, 266p.
- 富田啓介 (2012) : 湧水湿地をめぐる人と自然の関係史 : 愛知県矢並湿地の事例. 地理学評論, **85** : 85-105.
- 豊田良男 (1979) : 食虫植物 ふしぎな魅力, ガーデンライフ編集/食虫植物研究会監修. pp.122-131, 誠文堂新光社, 東京.
- 豊田市環境部環境政策課 (2015) : 東海丘陵湧水湿地群 (ラムサール条約湿地). <http://www.city.toyota.aichi.jp/kurashi/kankyou/sizen/1003865.html>, 2016年3月21日閲覧.
- 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.
- 上野薫・安藤憲亮・加藤知恵・愛知真木子・南基泰・寺井久慈・谷山鉄郎 (2006) : 東海丘陵要素植物群落の保全生態学的研究—保全・修復とその管理に関する研究— (3) 中部大学恵那キャンパス内湿地の土壌調査. 生物機能開発研究所紀要, **6** : 33-43.
- 横田樹広・中村早耶香・味岡ゆい・南基泰・那須守・米村惣太郎 (2011) : 土岐川・庄内川流域圏における種多様性と固有種生息適地の空間的關係性の把握. 土木学会論文集 G (環境), **67** : 45-55.
- (担当編集委員 : 田代喬, 名古屋大学減災連携研究センター)