

# 本州南西部の冷温帯の畑地造成跡地に成立した オオミズゴケが生育する湿地の成立要因

高木康平<sup>1</sup>・丸山 望<sup>2</sup>・宇野女草太<sup>3</sup>・日置佳之<sup>4</sup>

<sup>1</sup> にちなん中国山地林業アカデミー, <sup>2</sup> 豊橋市役所建設部河川課,

<sup>3</sup> 中日本航空株式会社, <sup>4</sup> 鳥取大学農学部

## 要 旨

岡山県津黒高原の畑地造成跡地に成立したオオミズゴケが生育する湿地を調査地とし、人為攪乱とオオミズゴケが生育する湿地の成立要因についての解明を試みた。まず、聴き取りと空中写真判読により、本調査地が1970年頃に畑地として造成されていたことを明らかにした。次に、階層別植生図の作成、地下水位、水質、日射量の測定及び地形解析を行った。決定樹分析によりオオミズゴケが成立する環境要因の閾値を求めたところ、地下水位と日射量に下限値が設けられた。オオミズゴケは、この閾値を基に求めた潜在的生育地内に多く分布し、それは造成地や谷底面の地下水位の高い場所であった。また、ミヤコイバラ等の低木下に分布しており、弱光条件が適していることが示唆された。本調査地では、透水性の悪い造成地に、周囲から湧水が流入して地下水位の高い場所ができ、そこに低木が侵入することで、オオミズゴケの生育に適した環境が形成されたと考えられる。

キーワード：LiDAR, オオミズゴケ, 潜在的生育地, 湿地, 造成地

## 1. はじめに

ミズゴケは寒冷地の泥炭湿地 (mire) で主に分布し、日本国内では東北日本や中部・関東の高地に多く分布している (松田 2002)。一方、温暖な西南日本では常時水没している植生の一部を除いては泥炭が発達しない (矢部 2017)。西日本では、イネ科草本やスゲ類などが生える湿原 (marsh) や樹木が茂る湿原 (swamp) (鈴木 2003a) が成立し、ミズゴケが生育する湿地も確認されている (鈴木 1978)。このように、ミズゴケの見られる湿地一般を、mire の生態系と関連付けられる「ミズゴケ湿原」と区別する意味で、本研究では marsh や swamp に成立したミズゴケが生育する湿地を「ミズゴケ湿地」と呼称する。西日本におけるミズゴケ湿地の特徴は、泥炭湿原 (mire) である東北日本と異なり、構成種の大半がオオミズゴケ (*Sphagnum palustre*) であること、湿地の面積が小規模であることがあげられる (Hada 1984, 中西・中西 1995)。西南日本のミズゴケ湿地は、面積が小さく、希少であり、そこに生育するオオミズゴケは中国地方の全県でレッドデータ

ブックに記載されている (NPO 法人 野生生物調査協会・NPO 法人 Envision 環境保全事務所)。

岡山県北部に位置する津黒高原には、ミズゴケ湿地が存在する。本湿地は、放棄された畑地造成地と見られる場所とそれに隣接する谷間に成立しており、そこにオオミズゴケが生育している。本湿地のような湧水依存型の湿地は、西日本に多く存在しており、人為攪乱により湿地の形成と維持が促進されたことが指摘されている (富田 2014)。

ミズゴケ湿地と人為攪乱の関係に関する研究については、宅地造成跡地にミズゴケ湿地が成立した事例があり (石井ら 2017)、造成という強度の人為攪乱が、ミズゴケ湿地の成立に寄与している可能性が考えられる。ミズゴケ湿地の成立要因に関する研究については、農地造成地に隣接する湿地 (内田ら 1999) やオオミズゴケを移植した公園内の人工湿地 (矢部ら 2003) などがあり、ミズゴケ湿地の成立には地下水位や水質が関係していた。しかし、これらは泥炭が発達する寒冷地における研究である。西南日本におけるミズゴケ湿地に関する研究として、水

文環境や光環境などの生理生態学に主眼が置かれた研究（菊池ら 2002, Fukuta et al. 2012）や分布特性に関する研究（Hada 1984）があるものの、成立要因に関する詳しい研究は行われていない。

そこで本研究では、畑地造成という人為攪乱からミズゴケ湿地が成立したプロセスを明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、①聴き取り、文献、空中写真から畑地造成地の来歴を明らかにし、②地下水位等の環境要素や植生からミズゴケ湿地が成立した要因を明らかにした。また、③本研究の知見から事例調査地におけるミズゴケ湿地の保全・再生について提言を行った。

## 2. 方法

### 2.1 調査地

研究対象地は岡山県真庭市蒜山下和の津黒高原内に位置する湧水に涵養されたミズゴケが生育する湿地である（北緯 35 度 16 分 15 秒，東経 133 度 47 分 33 秒（Fig. 1））。平均標高 525 m，年平均降水量 2,351 mm，年平均気温 10.9℃，湿量指数 88.6 である（降水量，気温は岡山県上長田 2009～2018 の気象庁アメダス統計データを使用し，気温は 6.5 K/km で標高補正した）。湿量指数より冷温帯と暖温帯の境界にあたるが，現地は年平均最大積雪深 85.8 cm の多雪地帯のため，落葉広葉樹を主体とした冷温帯の植生が成立している。

本湿地は細長い形状をした谷底面及び谷底面に隣接する畑地造成跡地の一部に存在しており，一級河川旭川水系の下和川の支流が谷底面を貫流している。畑地造成跡地は湿地の中流から上流域の辺りの

南向き斜面に存在している。畑地造成跡地内でオオミズゴケが多く分布している箇所を選定し，畑地造成跡地から谷底面にかけて 3 つのライントランセクト（以下，東側のラインを第 1 ライン，西側南北方向のラインを第 2 ライン，西側東西方向のラインを第 3 ラインと呼ぶ）を設置した。各ラインの長さは，第 1 ライン 40 m，第 2 ライン 100 m，第 3 ライン 30 m で，幅は全て 10 m とした。

### 2.2 調査方法

調査・解析方法のフローチャートを Fig. 2 に示す。現地調査と LiDAR による解析により，オオミズゴケが成立する要因を明らかにした。また，LiDAR による解析から造成地の範囲を推定し，聴き取り調査等から造成地の来歴を明らかにした。さらに土壌や湧水箇所の結果を加えることで，造成地に湿地が成立した過程を明らかにした。これらの結果を踏まえ，造成地にオオミズゴケが成立した過程を明らかにした。

#### 2.2.1 LiDAR 計測

UAV LiDAR（以下，LiDAR）により地表面や植生等の地上物の形状を計測した。計測は 2019 年 10 月 16 日に中日本航空㈱により行われた。計測は Table 1 の設定により，UAV 搭載型レーザーシステムで実施し，同時に対象地について画像解像度約 2 cm/画素のオルソ空中写真を取得した。得られた LiDAR 点群を，地面及び植生等の地上物の二つに分類した。

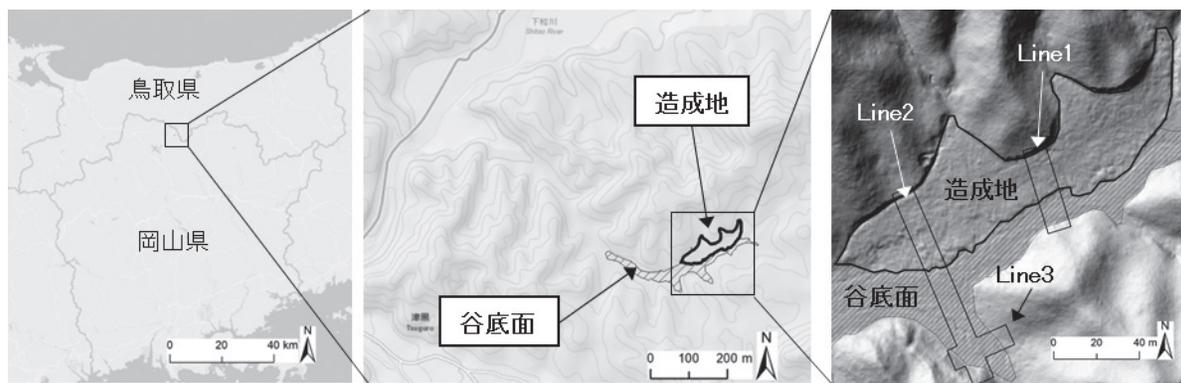


Fig. 1 調査地の位置と概要。

Fig. 1 Location and outline of the study site.

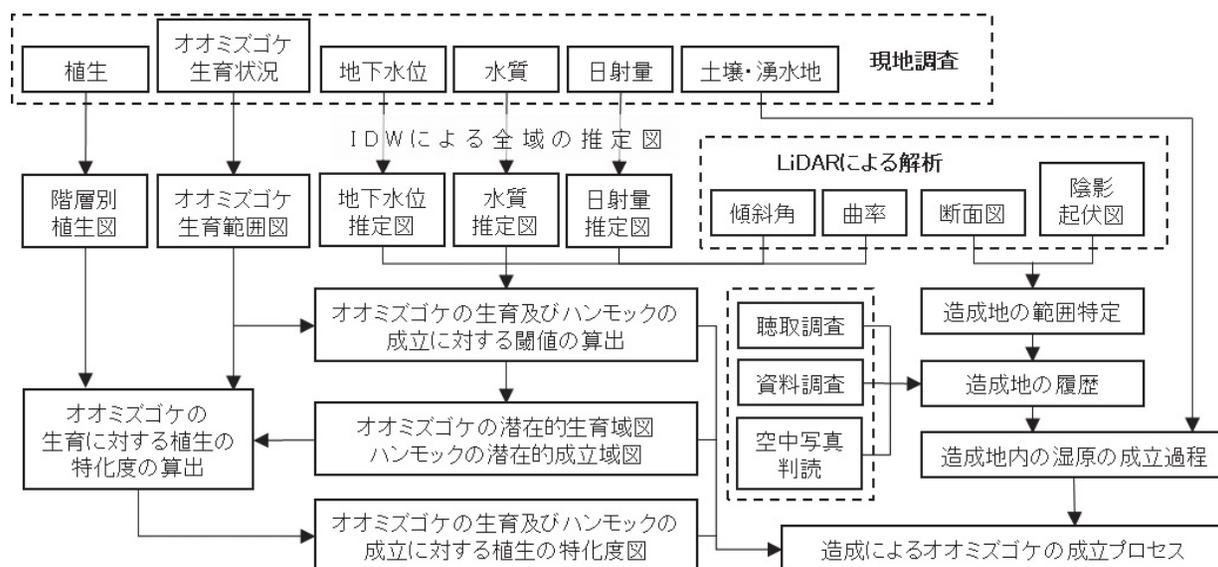


Fig. 2 調査解析方法のフローチャート.  
Fig. 2 Flow chart of survey and analysis methods.

Table 1 UAV 搭載型レーザーシステムの概要.

Table 1 Detail of UAV-mounted laser system.

計測条件	諸元
計測日	2019年10月16日
機体	KL-8HL PowerCopter (ciDrone社)
レーザーस्कヤナ名	VUX-1(Riegl社)
レーザー計測装置	TOKI
対地高度	約100m
レーザー発射回数	50万発/秒
点密度	100点以上/m <sup>2</sup> (単コース)
計測ラップ率	50%
スキャン角	330°

### 2.2.2 土地利用に関する聞き取り及び資料調査

畑地造成された時期及びその目的について、調査地の近隣住民2名から聞き取りを行った。聞き取りは、2019年7月21日にA氏(60代男性)に、2019年9月19日にB氏(80代男性)に対して行った。また、資料調査では、1948年、1962年、1976年、1992年の空中写真より造成の時期を確認し、文献(中和村2004)より、その社会的背景を確認した。なお、空中写真は、1948年は米軍、1962年は林野庁、1976年と1992年は国土地理院により撮影されたものを使用し、画像解像度は、1948年から0.82 m/画素、0.39 m/画素、0.30 m/画素、0.52 m/画素である。1976年撮影の空中写真はカラー、それ以外はモノクロである。

### 2.2.3 オオミズゴケ生育地調査

オオミズゴケの分布は、2019年9月から10月にかけて、TruPulse360(Laser Technology社)を用いた放射測量により計測した。ミズゴケが集まって凸状に盛り上がった箇所はハンモック(hummock)、それ以外の箇所はホロー(hollow)に分類される(鈴木2003b)。本調査では、①オオミズゴケが連続して生育しており、地表面が見えないこと、②オオミズゴケがドーム状に盛り上がっていることの両方を満たしている場合はハンモック、そうでない場合はホローと記録した。最小図示単位は1 m<sup>2</sup>とし、1 m<sup>2</sup>未満のオオミズゴケパッチは対象外とし、計測しなかった。なお、本研究で行った測量は、全てTruPulse360を用いた。

### 2.2.4 生物的環境要素調査

本研究では、オオミズゴケに与える植生の影響を詳細に把握するため、階層ごとに植生を区分し、地図化することとした。

そこで、高木・亜高木層(3.0 m以上)、低木層(0.8~3.0 m)、草本層(地表~0.8 m)の3階層に分けて植生を調査した。高木・亜高木層については、2019年8月に、樹木個体の根元位置の測量、樹種の記録を行い、優占種により群落を区分した。低木層は2 m×2 m方形区を14プロット、草本層

は1 m × 1 m 方形区を27プロット設置し、Braun-Blanquetの植物社会学的植生調査(Braun Blanquet 1964)を行い、表操作により群落を区分した。植生調査は2019年7月から8月にかけて行った。

植生図も、高木・亜高木層、低木層、草本層の3階層に分けて作成した。高木・亜高木層、低木層は、LiDARの点群を地面、地面から0.8 m、0.8 mから3.0 m、3.0 m以上で分類し、その点群の最外角を囲うことで分布範囲予察図を作成した。これを現地踏査によって確認し、植生図を作成した。草本層は2019年10月に、測量により植生図を作成した。このような方法で識別された植生は、分層群落(synusia)と呼ばれる(Braun Blanquet 1964)。本研究で以下に述べる植生単位は、一部の引用を除き分層群落である。

## 2.2.5 非生物的環境要素調査

オオミズゴケの生育に影響を与える非生物的環境要素として、地下水位、水質、日射量を計測した。トランセクト内に地下水位計測パイプを134本設置し、ロープ式水位計(30WL Type 3B, アルファ光学社)を用いて2019年の6月から11月にかけて、月1回の頻度で地表面からの地下水位を測定した。その際、地下水位は負の値、地表水は正の値で記録した。なお、オオミズゴケが生育していた箇所については、オオミズゴケと土壌の境界を地表面とした。また、同じパイプで、マルチ水質ロガー(AS810, アズワン社)を用いて、pHと電気伝導度を、7月と10月に測定した。

トランセクト内の39地点にオプトリーフ(大成E & L社)を設置し、全天空を基準とした日射量の相対値(以下、相対日射量、単位は%)を2019年の8月と10月の2回、地上から高さ0.3 mと1.0 mで計測した。また、補足点として、地上高0.3 mのみの計測を、6箇所で行った。全天空下の日射量の計測は、湿地から直線距離で約800 m離れた津黒いきものふれあいの里で行った。

## 2.2.6 土壌調査及び湧水地点の確認

トランセクト内の15地点で、検土杖(DIK-1640, 大起理科工業)により土壌サンプルを採取した。土

壌サンプルはオオミズゴケの厚みも合わせて記録するため、オオミズゴケの表層から地下60 cmまで採取した。また、現地にて土の種類及び粒径組成を区分し、記録した。調査は2019年の10月に行った。また、造成地内の数箇所において掘削等による土壌の状態及び湧水の確認を行った。

## 2.3 解析方法

### 2.3.1 LiDAR データの解析

ArcGIS ver.10.7.1(ESRI社)を用い、LiDARの点群から、0.5 mメッシュのDTM(Digital Terrain Model)及びDSM(Digital Surface Model)を生成し、DSMとDTMの差分によりDCM(Digital Canopy Model)を作成した。また、ライン1及びライン2において、ArcGISの機能であるLasデータセットの断面図ビューにより、断面図を作成した。本機能では断面の厚みを数値指定できないため、目視により約1 mの幅で断面図を作成した。断面図の目視判読により造成地の範囲を確認し、合わせて地形別の植生高も確認した。

### 2.3.2 地形解析

DTMを用いて、地形解析を行った。地形解析はArcGISにより行い、傾斜角及び凹凸の指標である曲率を求めた。また、陰影起伏図を作成し、目視判読により、調査範囲の地形を造成地・谷底面・山地斜面の3種類に分類した。

### 2.3.3 地下水位、水質、相対日射量の推定値

非生物的環境要素調査で得られた実測値を用い、ArcGISの逆距離加重(IDW; Inverse Distance Weighted)により調査範囲全体の地下水位、水質、相対日射量の推定値を算出した。地下水位と水質に関しては、地形ごとに算出し、地下水位に関しては、実測が地下60 cmまでであり、直近の降雨量による値の変動が大きいことから、下記(1)の式により、各月の地下水位をZ値に変換した。

$$Z \text{ 値} = (x_i - \mu) / \sigma \cdots (1)$$

ただし、 $x_i$ は各地点における計測値、 $\mu$ は全計測地点の平均、 $\sigma$ は全計測地点の標準偏差とする。

地下水位と水質は、全ての計測回の平均値を用い

て推定値を算出した。日射量は、一般に季節と計測高による差が大きいため、計測回及び計測高別に推定値を算出した。

### 2.3.4 オオミズゴケの成立要因の推定

ArcGISにより、調査範囲を1595個の1 m × 1 m グリッドに分割し、全てのデータをグリッド毎に格納した。グリッドに複数の属性が含まれている際は、グリッドの中心点に含まれる属性を格納した。

次に、グリッド単位でオオミズゴケの生育に適した非生物的環境要素の閾値を推定した。閾値は、SPSS Decision Tree 22.0 (IBM社)の決定木分析により求めた。解析に使用した目的変数は、オオミズゴケもしくはオオミズゴケハンモックの有無とし、説明変数は地下水位のZ値、相対日射量、水質、傾斜角、曲率とした。分類は、QUEST (Quick Unbiased Efficient Statistical Tree)を用い、有意水準0.01以下で分岐させた。その分岐内の総グリッド数に対し、目的変数のグリッド数が3%以下の範囲をオオミズゴケの生育もしくはハンモックの形成に不適な範囲、それ以外を適した範囲とした。但し、適した範囲に該当するグリッドの割合(以下、該当グリッド割合)が高い場合は、閾値として不適と判断した(該当グリッド割合が100%の場合は、調査地全域が閾値内となる)。該当グリッド割合が80%以下の時に閾値と定義した。得られた閾値を用いて、各グリッドで、オオミズゴケのホロー及びハンモックが潜在的に成立可能か(以下、潜在的生育域)、オオミズゴケのハンモックが潜在的に成立可能か(以下、潜在的ハンモック域)を判定し、図化した。なお、潜在的生育域と潜在的ハンモック域が重複した場合は、潜在的ハンモック域とした。

植生とオオミズゴケの関係については、植生の階層別に(2)の式を用いて、特化度を算出した。特化度は武内(1976)を参考に、独自に作成した。特化度は、群落内に含まれるオオミズゴケのグリッド数、及び潜在的生育域(潜在的ハンモック域)に占める群落のグリッド数が多いほど高い値を示す。

$$\text{特化度} = \sqrt{s_i \times h_i} / \sqrt{c_i \times H} \times 100 \cdots (2)$$

ただし、 $s_i$ は各群落におけるオオミズゴケ(ハンモック)のグリッド数、 $h_i$ は各群落における潜在的

生育域(潜在的ハンモック域)のグリッド数、 $c_i$ は各群落のグリッド数、 $H$ は潜在的生育域(潜在的ハンモック域)のグリッド数とした。

次に、3つの層の特化度を統合し、各グリッドにおける特化度を算出した。統合に際し、いずれかの階層の特化度が低ければオオミズゴケの生育に適さないと考え、幾何平均により各グリッドにおける特化度を算出した。

## 3. 結果

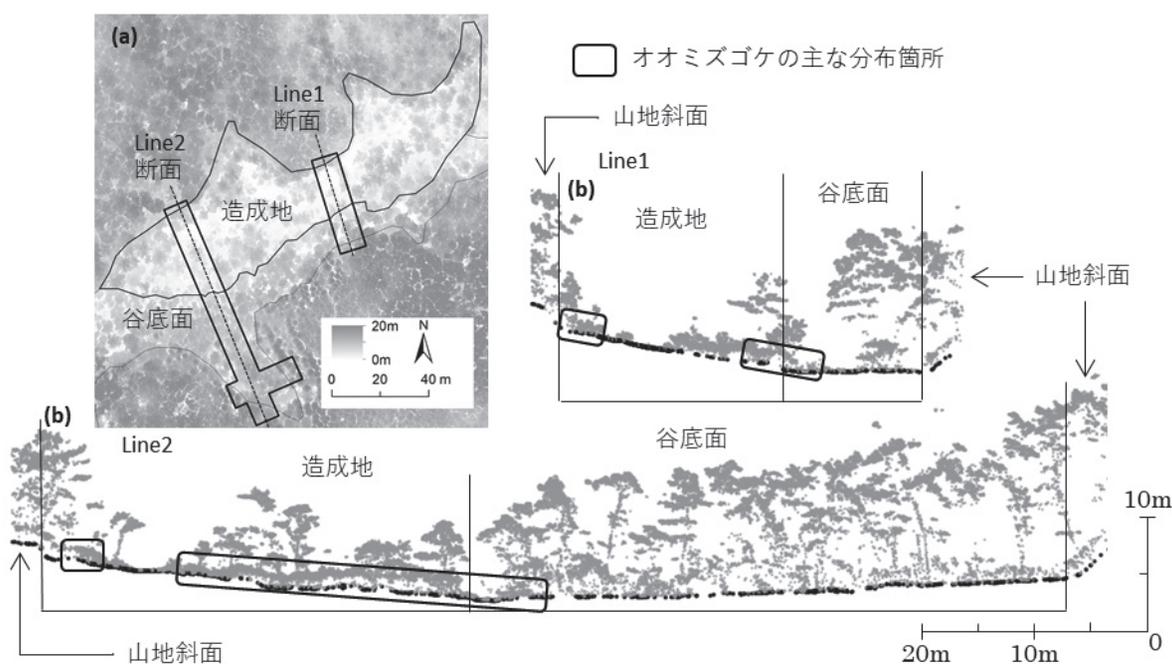
### 3.1 造成地の範囲の推定

陰影起伏図より切・盛土により作られたと思われる段差が確認された(Fig. 1)。また、断面図からも造成地と山地斜面の境界には、切土と思われる急斜面が、造成地と谷底面の境界には、盛土と思われる小さな段差が確認できた(Fig. 3)。そこで、これらの段差に囲まれた範囲を造成地と推定した。

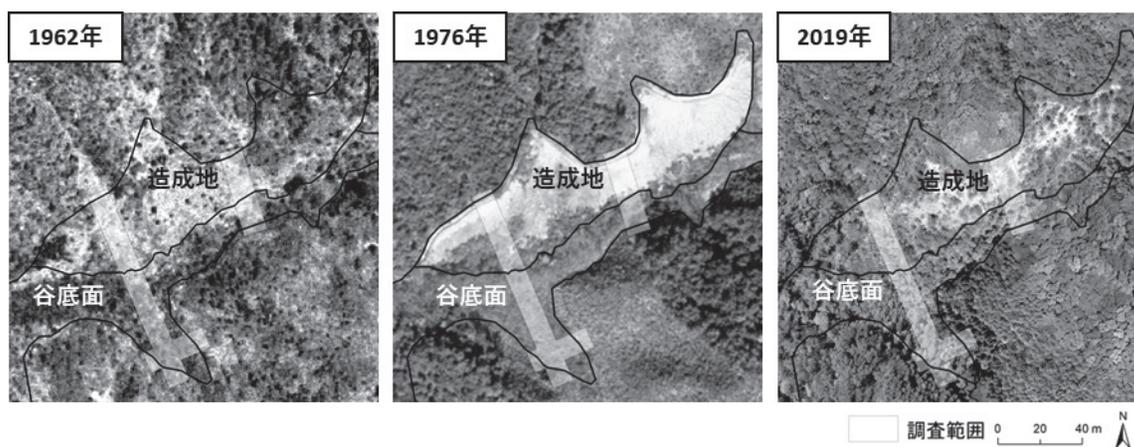
植生は、谷底面及び山地斜面で樹高が12 m程度あるのに対し、造成地では8 m以下であり、ギャップも確認できた。また、造成地の東側や山地斜面との境界付近では高木林化が進んでいるものの、造成地内の大半では高木林化が進んでいなかった(Fig. 3)。

### 3.2 土地利用の履歴

調査地における1962年、1976年、2019年の空中写真をFig. 4に示す。A氏によると、本造成地は、1970年頃に農業構造改善事業により造成された夏大根用の畑地であることが判明した。空中写真からも、1962年から1976年の間に土地造成を行ったことが分かった。また、造成以前は1960年頃まで薪炭林として利用されており、1962年の空中写真では立木間の間隔が広い疎林のような状態であった。本地域は、2004年の市町村合併以前は中和村だった。中和村で農業構造改善事業が開始されたのは、1967年であり(中和村2004)、聴き取りの結果とも一致した。しかし、この畑地では土壤改良が行われなかったことから収量が低く、1972年にリゾート開発を目的とした土地買収が行われたこともあり、造成後数年で作付けは行われなくなった。



**Fig. 3** (a) 調査地の DCM と断面図の作成箇所, (b) LiDAR により作成した断面図内の主なオオミズゴケの分布箇所と地形の境界線.  
**Fig. 3** (a) DCM in the study site and lines that created cross-sections, (b) Habitats of *Sphagnum palustre* and boundary of land form category in the cross-section of the study site created by LiDAR.



**Fig. 4** 1962 年, 1976 年及び 2019 年の調査範囲周辺の空中写真と造成地の範囲.  
**Fig. 4** Aerial photographs of the survey area in 1962, 1976, and 2019, and range of developed land.

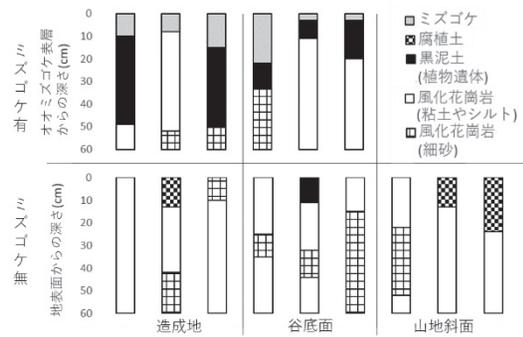
リゾート開発はバブル経済の崩壊に伴って 1990 年代に凍結され、調査地を含む近辺の山林は、2009 年から 2010 年にかけて、開発業者から真庭市に譲渡された。また、B 氏によると、ここでは 1990 年頃オオミズゴケが出荷されていた。手で寄せ集め、バケツで運んで採取されていたが、群生している場所がなくなり、作業効率が悪化したため採取が中止された。

以上より、本調査地は 1970 年頃に放棄された薪

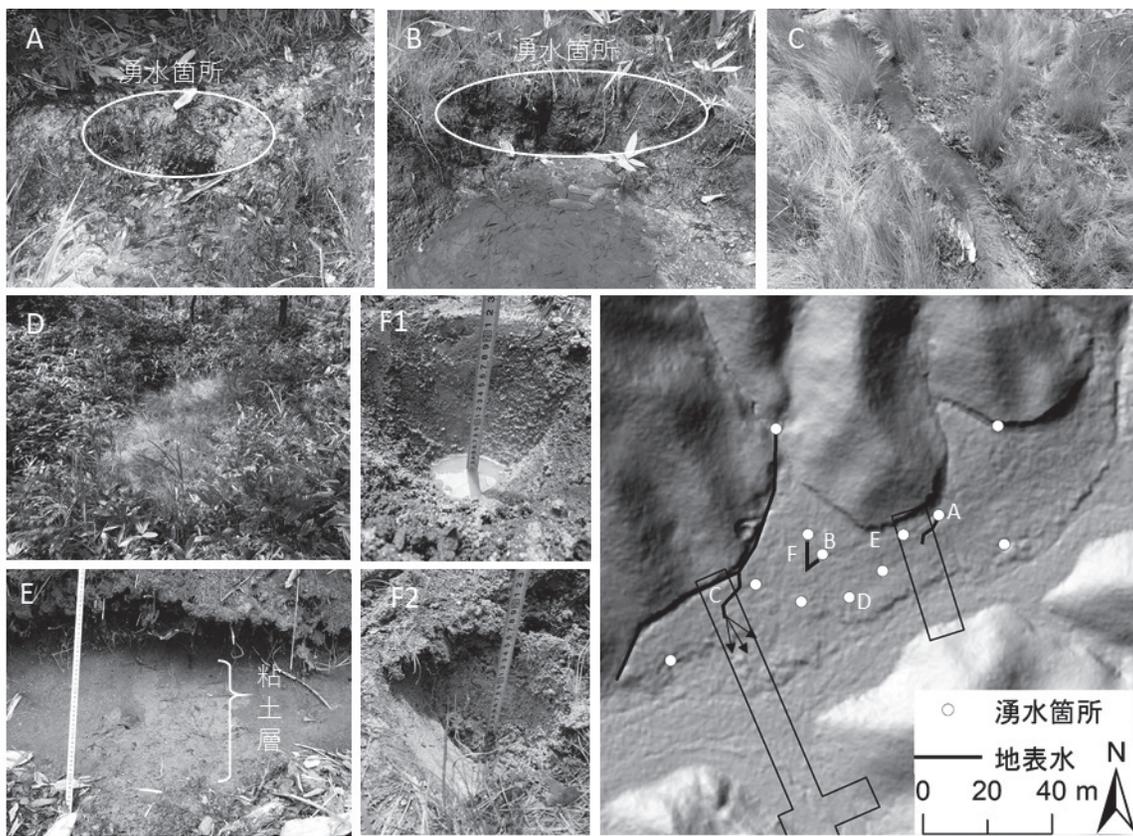
炭林を造成した畑地であり、造成地のミズゴケ湿地は、1970 年頃に裸地だった場所に成立したことが明らかとなった。1976 年には造成地の一部に植生が侵入しており、2019 年には植生の面積は増加していた。また、谷底面を含め、1990 年頃には、オオミズゴケが大規模な攪乱を受けており、2019 年現在の植生は、そこから回復したものである。

### 3.3 土壌及び湧水箇所

土壌調査の結果を **Fig. 5** に示す。調査地の土壌は、全体的に風化花崗岩だった。風化花崗岩には、粘土やシルトの粒径が小さい層と、細砂の層があった。15箇所の調査坑のうち、13箇所では粘土やシルト層があり、その厚さは10～60 cmであった。風化花崗岩の上層として、腐植層や黒泥土など有機物を含む層がある箇所もあった。造成地と山地斜面の境界である切土法面でも、粒径の小さい粘土層が40 cm以上堆積していることが確認できた(**Fig. 6** のE)。



**Fig. 5** 地形及びオオミズゴケの有無による土壌構成の違い。  
**Fig. 5** Difference of soil composition according to land form category and presence of *Sphagnum palustre*.



**Fig. 6** 土壌及び湧水箇所の調査写真。(A, B: 湧水箇所 C: 山地からの地表水 D: 湧水により局所的に成立した湿生植物群落 E: 切土法面における土壌断面 F1: 地表水付近の土壌 F2: 地表水から5 m程度離れた位置での土壌)

**Fig. 6** Photographs of soil and spring locations in the study site. (A and B. Location of the springs. C.: Location of the surface runoff water from the hill. D: Hydrophyte communities established near the spring water. E: Soil profile on the cut slope. F1: Soil profile near the surface water. F2: Soil profile approximately 5 m apart from the surface water.)

湧水箇所は、造成地内や山地斜面の境界である切土法面の直近など、多くの箇所で確認できた (**Fig. 6** のA, B, D)。しかし、山地斜面の谷部からも地表水は流入しており、流量は山地斜面からの方が多かった (**Fig. 6** のC)。地表水により涵養された場

所では土壌のグライ化が確認できたのに対し、地表水から5 m程度離れた場所では土壌のグライ化は確認できず、土壌は乾燥していた (**Fig. 6** のF1, F2)。

### 3.4 オオミズゴケの生育状況

オオミズゴケの生育範囲を Fig. 7 に示す。山地斜面にはオオミズゴケは確認されず、造成地では 136 m<sup>2</sup> と多く生育していた。谷底面のオオミズゴケも、主に造成地に近い場所に生育しており、生育面積は 73 m<sup>2</sup> だった。オオミズゴケの形態は、ハンモックが 181 m<sup>2</sup> と大半であり、ホローは 28 m<sup>2</sup> しか確認できず、造成地から離れた谷底面に多く分布していた。

### 3.5 植生

低木層及び草本層の種組成を整理した要約表を Table 2, 3 に示す。また、各階層の植生図を Fig. 8 に示す。造成地は、高木・亜高木層にアカマツ (*Pinus densiflora*) 群落やアセビ (*Pieris japonica subsp. japonica*)・ソヨゴ (*Ilex pedunculosa*) 群落が多かったが、林冠が欠けたギャップも見られ

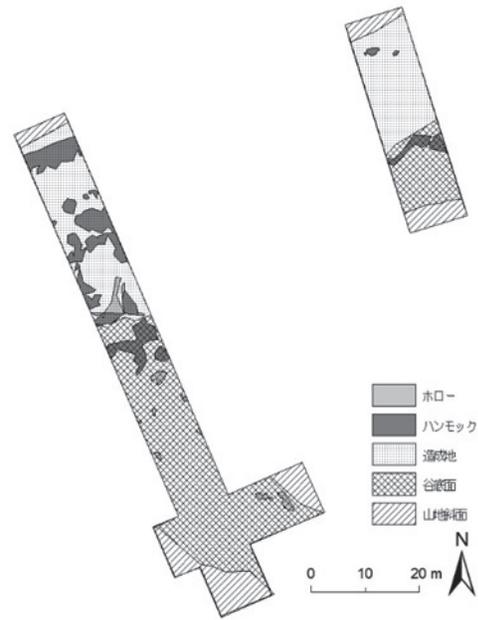


Fig. 7 各地形におけるオオミズゴケ生育位置.

Fig. 7 Distribution of *Sphagnum palustre* in each land form category.

Table 2 低木層における植生調査の要約表. 太線は群落区分種, 細線は下位群落区分種.

Table 2 Summarized table of the vegetation. (shrub layer)

群落名		A	B1	B2	C
スタンド数		4	2	2	6
出現種数		4~8	3~5	2~4	1~5
A: <i>R. paniculigera</i> community ミヤコイバラ群落					
<i>Rosa paniculigera</i>	ミヤコイバラ	4 <sup>1-3</sup>	2 <sup>1-2</sup>	.	.
<i>Pinus densiflora</i>	アカマツ	2 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	1 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Lindera umbellata</i> var. <i>umbellata</i>	クロモジ	1 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Eurya japonica</i> var. <i>japonica</i>	ヒサカキ	1 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Weigela hortensis</i>	タニウツギ	1 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	ネジキ	1 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Clethra barbinervis</i>	リョウブ	1 <sup>1</sup>	.	.	.
B1: <i>L. tschonoskii</i> - <i>I. macropoda</i> community ミヤマイボタ - アオハダ群落					
<i>Ligustrum tschonoskii</i>	ミヤマイボタ	.	2 <sup>3</sup>	2 <sup>1-2</sup>	.
<i>Ilex macropoda</i>	アオハダ	.	1 <sup>3</sup>	.	.
<i>Ilex nipponica</i>	ミヤマウメモドキ	.	1 <sup>3</sup>	.	.
B2: <i>L. tschonoskii</i> community ミヤマイボタ群落					
<i>Sasa palmata</i>	チマキザサ	4 <sup>2-4</sup>	.	1 <sup>3</sup>	V <sup>3-5</sup>
<i>Toxicodendron trichocarpum</i>	ヤマウルシ	1 <sup>1</sup>	.	.	I <sup>1</sup>
<i>Pieris japonica</i> subsp. <i>japonica</i>	アセビ	.	.	.	I <sup>1</sup>
<i>Ilex pedunculosa</i>	ソヨゴ	.	.	.	I <sup>1</sup>
<i>Abelia spathulata</i> var. <i>spathulata</i>	ツクバネウツギ	.	.	.	I <sup>1</sup>
<i>Rhododendron lagopus</i> var. <i>lagopus</i>	ダイセンミツバツツジ	.	.	.	I <sup>1</sup>
<i>Ilex crenata</i> var. <i>radicans</i>	ハイイヌツゲ	4 <sup>1-3</sup>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>1-3</sup>	II <sup>+</sup>
<i>Viburnum wrightii</i> var. <i>wrightii</i>	ミヤマガマズミ	2 <sup>1</sup>	.	1 <sup>3</sup>	.
<i>Phragmites australis</i>	ヨシ	2 <sup>1</sup>	1 <sup>+</sup>	.	.

※太線は群落区分種、細線は下位群落区分種

本州南西部の冷温帯の畑地造成跡地に成立したオオミズゴケが生育する湿地の成立要因

Table 3 草本層における植生調査の要約表. 太線は群落区分種, 細線は下位群落区分種.

Table 3 Summarized table of the vegetation. (herb layer)

群落名	A	B	C	D	E1	E2	F
スタンド数	5	4	5	4	2	4	3
出現種数	6 ~ 12	6 ~ 8	5 ~ 10	4 ~ 6	4	3 ~ 4	2 ~ 6
A: <i>R. fauriei</i> community オオイヌノハナヒゲ群落							
<i>Rhynchospora fauriei</i>	V <sup>3-4</sup>	.	.	.	.	.	.
<i>Gonocarpus micranthus</i>	V <sup>+3</sup>	.	.	.	.	.	.
<i>Fimbristylis subbispicata</i>	V <sup>1-2</sup>	.	.	.	.	.	.
<i>Drosera rotundifolia</i>	IV <sup>+1</sup>	.	.	.	.	.	.
<i>Ixeridium dentatum</i> subsp. <i>dentatum</i>	IV <sup>+1</sup>	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus densiflora</i>	II <sup>1</sup>	.	I <sup>+</sup>	.	.	.	.
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	II <sup>+</sup>	.	.	.	.	.	.
<i>Phragmites australis</i>	II <sup>+</sup>	.	.	I <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Eleocharis wichuriae</i> f. <i>petasata</i>	I <sup>1</sup>	.	.	.	.	.	.
<i>Eupatorium lindleyanum</i> var. <i>lindleyanum</i>	I <sup>+</sup>	.	.	.	.	.	.
B: <i>V. verecunda</i> community ツボスミレ群落							
<i>Viola verecunda</i>	.	4 <sup>1-2</sup>	I <sup>+</sup>	.	.	.	.
<i>Lycopus maackianus</i>	.	3 <sup>+1</sup>	.	.	.	.	.
<i>Alnus japonica</i>	II <sup>1-2</sup>	3 <sup>+2</sup>	.	.	.	.	.
<i>Persicaria thunbergii</i>	.	2 <sup>3</sup>	.	.	.	.	.
<i>Carex capillacea</i>	.	2 <sup>1</sup>	.	.	.	.	.
<i>Eleocharis congesta</i> var. <i>japonica</i>	.	2 <sup>+</sup>	.	.	.	.	.
<i>Carex dickinsii</i>	.	1 <sup>+</sup>	.	.	.	.	.
<i>Galium trifidum</i> subsp. <i>columbianum</i>	.	1 <sup>+</sup>	.	.	.	.	.
C: <i>C. barbinervis</i> community リョウブ実生群落							
<i>Clethra barbinervis</i>	.	.	IV <sup>1-2</sup>	I <sup>1</sup>	.	.	I <sup>1</sup>
<i>Pieris japonica</i> subsp. <i>japonica</i>	.	.	III <sup>1-2</sup>	.	.	.	.
<i>Toxicodendron trichocarpum</i>	I <sup>1</sup>	.	III <sup>1</sup>	.	.	.	.
<i>Ilex pedunculosa</i>	I <sup>+</sup>	.	III <sup>+1</sup>	.	1 <sup>+</sup>	.	.
<i>Toxicodendron orientale</i>	.	.	III <sup>+</sup>	.	1 <sup>+</sup>	.	.
<i>Viburnum wrightii</i> var. <i>wrightii</i>	.	.	II <sup>1</sup>	.	.	.	.
<i>Weigela hortensis</i>	.	.	I <sup>2</sup>	.	.	.	.
<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	.	.	I <sup>2</sup>	.	.	.	.
D: <i>C. dispalata</i> community カサスゲ群落							
<i>Carex dispalata</i>	I <sup>+</sup>	3 <sup>+5</sup>	I <sup>1</sup>	4 <sup>1-2</sup>	.	.	2 <sup>1</sup>
<i>Ilex macrospoda</i>	.	.	.	2 <sup>+</sup>	.	.	.
<i>Juncus decipiens</i>	.	.	.	1 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	.	.
<i>Neanotis hirsuta</i> var. <i>hirsuta</i>	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	1 <sup>+</sup>	.
<i>Thelypteridaceae</i> sp.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	.	.	.
E1: <i>S. palmata</i> - <i>R. paniculigera</i> community チマキザサ - ミヤコイバラ群落							
<i>Sasa palmata</i>	III <sup>+1</sup>	2 <sup>1</sup>	I <sup>1</sup>	.	2 <sup>1-2</sup>	4 <sup>+1</sup>	1 <sup>1</sup>
<i>Rosa paniculigera</i>	II <sup>+1</sup>	1 <sup>1</sup>	I <sup>2</sup>	2 <sup>+1</sup>	2 <sup>1-2</sup>	.	.
<i>Struthiopteris niponica</i>	.	.	I <sup>+</sup>	.	.	2 <sup>1</sup>	.
<i>Abelia spathulata</i> var. <i>spathulata</i>	.	.	.	.	.	1 <sup>1</sup>	.
<i>Rhododendron kaempferi</i> var. <i>kaempferi</i>	.	.	.	.	.	1 <sup>1</sup>	.
E2: <i>S. palmata</i> - <i>S. niponica</i> community チマキザサ - シシガシラ群落							
<i>Sasa palmata</i>	III <sup>+1</sup>	2 <sup>1</sup>	I <sup>1</sup>	.	2 <sup>1-2</sup>	4 <sup>+1</sup>	1 <sup>1</sup>
<i>Rosa paniculigera</i>	II <sup>+1</sup>	1 <sup>1</sup>	I <sup>2</sup>	2 <sup>+1</sup>	2 <sup>1-2</sup>	.	.
<i>Struthiopteris niponica</i>	.	.	I <sup>+</sup>	.	.	2 <sup>1</sup>	.
<i>Abelia spathulata</i> var. <i>spathulata</i>	.	.	.	.	.	1 <sup>1</sup>	.
<i>Rhododendron kaempferi</i> var. <i>kaempferi</i>	.	.	.	.	.	1 <sup>1</sup>	.
F: <i>P. tricuspidata</i> community ツタ群落							
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	.	.	.	.	.	.	3 <sup>+1</sup>
<i>Wisteria floribunda</i>	.	.	.	.	.	1 <sup>+</sup>	2 <sup>+1</sup>
<i>Hydrangea hydrangeoides</i>	.	.	.	.	.	.	2 <sup>+1</sup>
<i>Ilex crenata</i> var. <i>radicans</i>	I <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	IV <sup>+2</sup>	3 <sup>+1</sup>	2 <sup>+2</sup>	3 <sup>+1</sup>	3 <sup>+1</sup>
<i>Miscanthus sinensis</i>	II <sup>1-2</sup>	.	II <sup>2</sup>	.	.	.	.
<i>Carex maximowiczii</i>	I <sup>1</sup>	.	.	1 <sup>1</sup>	.	.	.
<i>Metanarthecium luteoviride</i>	I <sup>+</sup>	.	I <sup>1</sup>	.	.	.	.
<i>Epipactis thunbergii</i>	I <sup>+</sup>	.	I <sup>+</sup>	.	.	.	.
<i>Ligustrum tschonoskii</i>	.	1 <sup>1</sup>	.	1 <sup>1</sup>	.	.	.

※太線は群落区分種、細線は下位群落区分種

た。低木層はミヤコイバラ (*Rosa paniculigera*) 群落が大半を占め、草本層はミヤコイバラ・チマキザサ (*Sasa palmata*) 群落、オオイヌノハナヒゲ (*Rhynchospora fauriei*) 群落、リョウブ (*Clethra barbinervis*) 実生群落が多かった。谷底面は、高木・亜高木層の大半をハンノキ (*Alnus japonica*) とリョウブが占め、低木層ではミヤマイボタ (*Ligustrum tschonoskii*) 群落が広く分布していた。草本層はカササゲ (*Carex dispalata*) 群落、ツボスミレ (*Viola verecunda*) 群落、ツタ (*Parthenocissus tricuspidata*) 群落が多かった。山地斜面では、高木層はコナラ (*Quercus serrata*)、アセビが多く、スギ

(*Cryptomeria japonica*) の人工林もあった。低木層以下ではチマキザサが多く占めていた。随伴種であるハイイヌツゲ (*Ilex crenata* var. *radicans*) は、低木層、草本層の全ての群落で出現した。

### 3.6 オオミズゴケの生育に寄与する非生物的環境要素

調査対象地全域における非生物的環境要素の平均値、標準偏差、最小値、最大値及び決定木分析により設定したオオミズゴケの生育及びハンモックの形成に関する閾値を **Table 4** に示す。閾値があった変数は、目的変数がホロー及びハンモックの場合、地

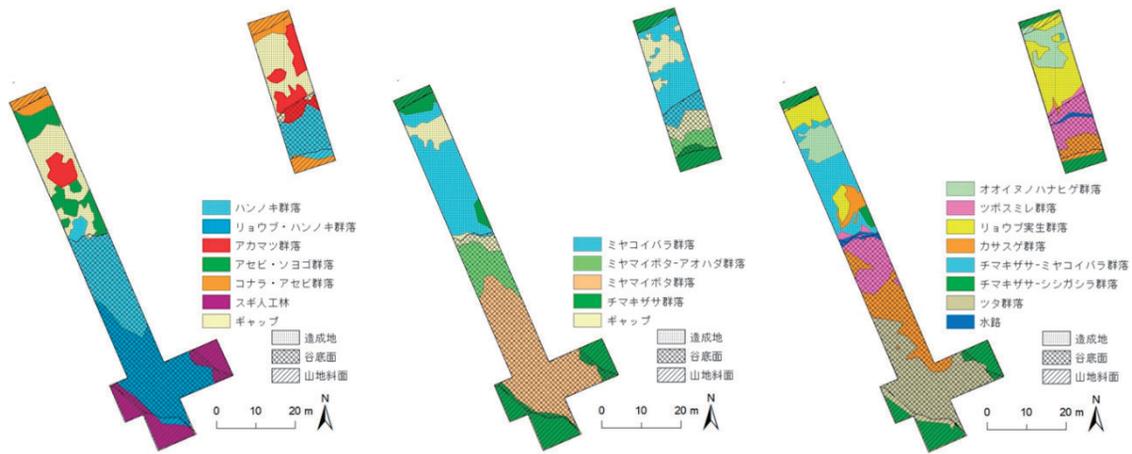


Fig. 8 植生図。(左：高木・亜高木層，中：低木層，右：草本層)  
 Fig. 8 Vegetation map. (Left: Tall/sub-tall layer, Center: Shrub layer, Right: Herb layer)

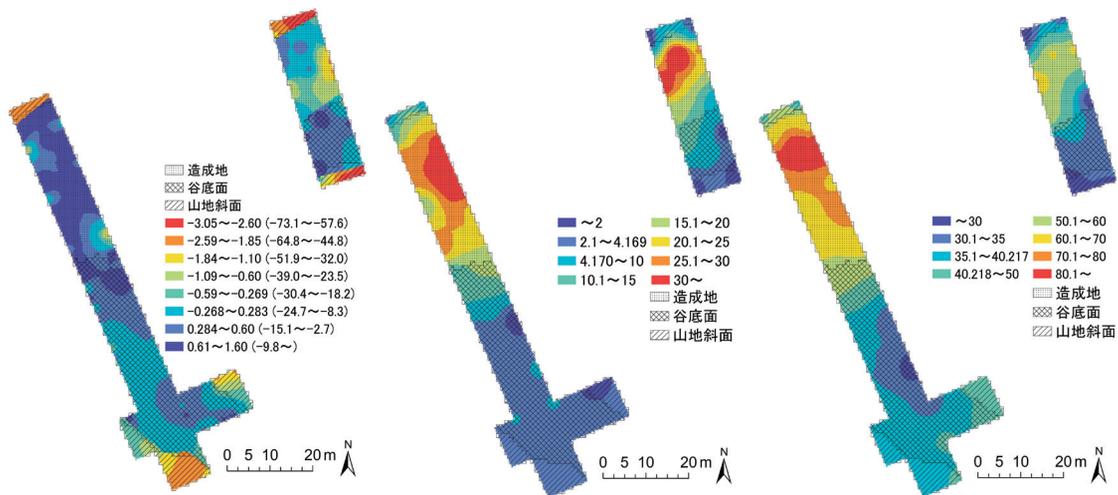


Fig. 9 非生物的環境要素の推定図。(左：地下水位 Z 値及び実測値 (実測値の単位は cm)，中：夏季地上 1.0 m の相対日射量，右：秋季地上 1.0 m の相対日射量)  
 Fig. 9 Estimated environmental elements. (Left: Z valued of groundwater level with measured value; the unit is cm, Center: Relative solar radiation of 1.0 m from ground in summer, Right: Relative solar radiation of 1.0 m from ground in autumn)

下水位のZ値と夏季の地上1.0m地点における相対日射量だった。閾値はそれぞれ-0.269, 4.2%であった。一方、目的変数がハンモックのみの場合は、下水位のZ値, 夏季および秋季の地上1.0m地点における相対日射量に閾値があった。閾値はそれぞれ0.283, 4.5%および40.2%であった。なお、Z値が-0.269の時の地下水位は-18~-25cmであり, 0.283の時は-8~-15cmだった。閾値があった地下水位

のZ値, 夏季の地上1.0m地点における相対日射量及び秋季の地上1.0m地点における相対日射量の分布推定図をFig. 9に示す。

閾値により作成されたオオミズゴケの潜在的生育域及び潜在的ハンモック域をFig. 10に示す。潜在的ハンモック域は造成地が344m<sup>2</sup>, 谷底面が112m<sup>2</sup>であり, 造成地に多かった。一方, 潜在的生育域は, 潜在的ハンモック域に加え, 造成地で122

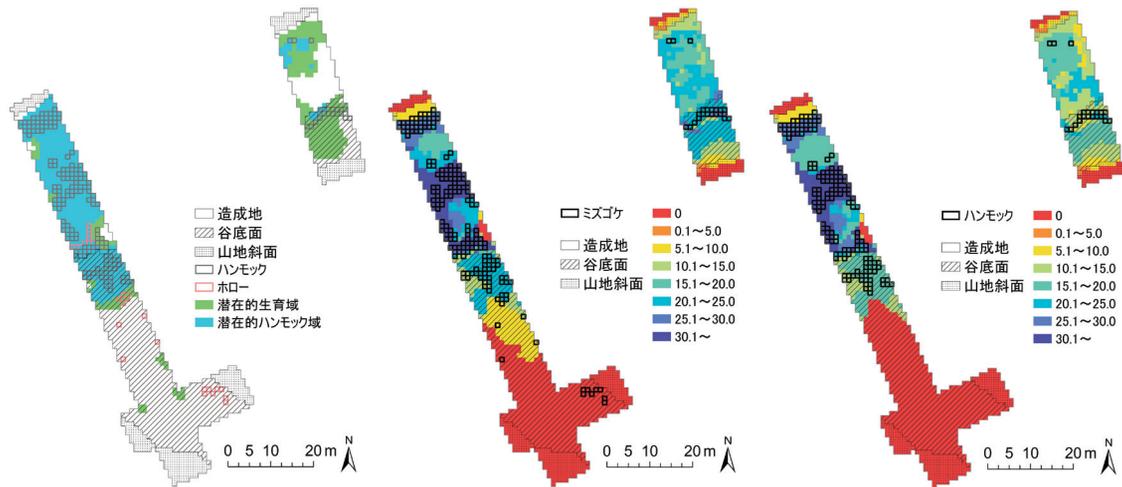


Fig. 10 オオミズゴケの生育範囲と(左)潜在的生育域及び潜在的ハンモック域, (中)オオミズゴケの生育に対する植生の特化度, (右)ハンモックの形成に対する植生の特化度。

Fig. 10 Overlay maps of grids for (left) *Sphagnum palustre* distribution, its potential habitat and the potential hummock formation, (center) vegetation specialization of *S. palustre* distribution, and (right) vegetation specialization of hummock distribution.

Table 4 非生物的環境要素の平均値, 標準偏差, 最小・最大値及び決定木分析により求められた閾値。

(\* 範囲外に含まれる目的変数は, 3%以下である。 \*\*80%以下の時, 閾値として採用した。)

Table 4 Average, standard deviation, and minimum/maximum value of the environmental elements and the threshold values calculated by decision tree analysis and the corresponding grid ratios.

\*Objective variables present outside the range are  $\leq 3\%$ .

\*\*When the corresponding grid ratio was  $\leq 80\%$ , it was adopted as the threshold value.

非生物的環境要因	平均	標準偏差	最小	最大	目的変数がホロー及びハンモック			目的変数がハンモックのみ		
					オオミズゴケが生育する範囲*	該当グリッド割合**	閾値	ハンモックが形成される範囲*	該当グリッド割合**	閾値
地下水位のZ値	0.00	0.86	-3.05	1.40	-0.269<x	77.7%	○	0.283<x	47.9%	○
地下水位(実測値:cm)	-17.86	15.48	-65.00	1.33						
pH	5.93	0.17	5.16	6.49	-	-		-	-	
電気伝導度( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	70.0	15.4	38.4	151.4	-	-		-	-	
夏季地上高0.3mの日射量(%)	5.1	4.1	0.0	31.8	$x \leq 16.2$	97.4%		-	-	
夏季地上高1.0mの日射量(%)	12.2	11.3	0.1	61.0	$4.2 < x$	55.1%	○	$4.5 < x$	53.3%	○
秋季地上高0.3mの日射量(%)	37.3	7.3	12.8	69.7	-	-		-	-	
秋季地上高1.0mの日射量(%)	47.3	15.8	21.2	99.3	$x \leq 95.2$	99.6%		$40.2 < x$	48.9%	○
傾斜角(度)	10.40	10.41	0.33	51.65	$x \leq 26.07$	90.1%		$x \leq 26.23$	90.2%	
曲率	-0.99	46.48	-222.80	271.24	-	-		-	-	

m<sup>2</sup>, 谷底面で 141 m<sup>2</sup> 拡大した。各地形における潜在的生育域の割合は、造成地、谷底面、山地斜面の順に 78.7%, 32.5%, 0.4%, 潜在的ハンモック域は、58.1%, 14.4%, 0.4% だった。

次に、推定した潜在的生育域及び潜在的ハンモック域の一致率を **Table 5** に示す。潜在的生育域（潜在的ハンモック域）内にオオミズゴケ（ハンモック）が含まれる割合は 27%（33%）であった。一方、オオミズゴケ（ハンモック）が潜在的生育域（潜在的ハンモック域）内に含まれる割合は 93%（85%）であった。また、潜在的生育域（潜在的ハンモック域）外にオオミズゴケ（ハンモック）が含まれる割合は 1.7%（2.5%）であった。

**Table 5** 潜在的生育域及び潜在的ハンモック域の一致率。  
**Table 5** Corresponding ratio of potential habitat grids and potential formable hummock grids.

	潜在的 生育域内	潜在的 生育域外	一致率 (%)
ミズゴケ在	194	15	93%
ミズゴケ不在	526	860	62%
一致率 (%)	27%	98%	
	潜在的 ハンモック 域内	潜在的 ハンモック 域外	一致率 (%)
ハンモック在	153	28	85%
ハンモック不在	304	1110	79%
一致率 (%)	33%	98%	

### 3.7 オオミズゴケの生育に対する植生の特化度

**Table 6** に、オオミズゴケの有無及びハンモックの成立に対する植生の特化度を示す。高木・亜高木層では、ハンノキ群落、アセビ・ソヨゴ群落で特化度が高く、低木層ではミヤコイバラ群落、ミヤマイボタ・アオハダ (*Ilex macropoda*) 群落で特化度が高かった。また、ギャップはどちらの層でも特化度が高かった。草本層ではチマキザサ・ミヤコイバラ群落、ツボスミレ群落、リョウブ実生群落で特化度が高かった。

特化度の分布を **Fig. 10** に示す。特化度が高い場所は、造成地に最も広く分布し、次いで谷底面、山地斜面の順に広がった。また、谷底面の中では、造成地に隣接している場所で特化度が高く、山地斜面

に隣接している場所で低かった。

**Table 6** 各植生及び地形のオオミズゴケの生育又はハンモックの成立に対する特化度。

**Table 6** Specialization of vegetation and land categories in the habitat of *Sphagnum palustre* and hummock formation.

群落名・地形	特化度	
	オオミズゴケ 生育	ハンモック 成立
高木・亜高木層		
ハンノキ群落	21.80	17.43
リョウブ・ハンノキ群落	0.00	0.00
アカマツ群落	8.90	1.82
アセビ・ソヨゴ群落	29.65	35.04
コナラ・アセビ群落	4.12	4.32
スギ人工林	0.00	0.00
ギャップ	24.48	21.75
低木層		
ミヤコイバラ群落	39.35	36.02
ミヤマイボタ・アオハダ群落	17.67	16.48
ミヤマイボタ群落	1.28	0.00
チマキザサ群落	2.55	2.79
ギャップ	14.13	13.18
草本層		
オオイヌノハナヒゲ群落	10.55	8.84
ツボスミレ群落	26.70	17.97
リョウブ実生群落	15.19	16.15
ツタ群落	0.00	0.00
カサスゲ群落	8.35	6.94
チマキザサ・ミヤコイバラ群落	32.31	34.85
チマキザサ・シシガシラ群落	0.00	0.00
水路	5.27	5.40
地形		
造成地	22.63	20.99
谷底面	8.13	5.67
山地斜面	0.75	0.74

### 3.8 非生物的環境要素と植生の関係

非生物的環境要素と植生の関係を、オオミズゴケと共に **Table 7** に示す。低木層の群落別の地下水位の Z 値は、谷底面の造成地側にみに分布したミヤコイバラ・アオハダ群落で平均が 0.52（地下水位：-4 ~ -11 cm）と最も高く、主に山地斜面に分布していたチマキザサ群落で -1.08（地下水位：-32 ~ -39 cm）と最も低かった。また、その他の群落では

0.20（地下水位：-10～-17 cm）程度であった。草本層では、主に造成地に分布していたチマキザサ・ミヤコイバラ群落で0.60（地下水位：-3～-10 cm）と最も高く、次いで、主に谷底面に分布するツボスミレ群落で0.47（地下水位：-5～-12 cm）、カサス

ゲ群落で0.34（地下水位：-7～-14 cm）と高かった。また、主に山地斜面に分布するチマキザサ・シシガシラ (*Struthiopteris niponica*) 群落では-1.40（地下水位：-37～-44 cm）と最も低かった。

Table 7 オオミズゴケの生育状況と低木群落・草本群落別の非生物的環境要素。

Table 7 Environmental elements of *Sphagnum palustre*, shrub layer and herb layer.

オオミズゴケの 生育状況 群落名	地下水位		日射量(%)				電気伝導度 ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH
	実測値 (cm)	Z値	夏季0.3m	夏季1.0m	秋季0.3m	秋季1.0m		
オオミズゴケの生育	-13.3±5.8	0.60±0.29	6.7±3.4	3.4±20.0	20.0±10.1	10.1±36.5	36.5±7.8	5.94±0.11
ハンモックの形成	-13.5±6.0	0.65±0.26	7.0±3.3	3.3±21.5	21.5±9.4	9.4±37.1	37.1±8.0	5.95±0.11
低木群落名								
ミヤコイバラ群落	-17.6±10.4	0.20±0.74	6.7±3.3	3.3±22.0	22.0±8.6	8.6±36.1	36.1±7.2	5.95±0.12
ミヤマイボタ・アオハダ群落	-10.8±4.0	0.52±0.24	4.8±3.0	3.0±8.1	8.1±4.1	4.1±32.9	32.9±3.0	5.97±0.13
ミヤマイボタ群落	-13.2±3.8	0.21±0.19	2.7±1.3	1.3±3.4	3.4±0.7	0.7±38.5	38.5±7.1	5.81±0.16
チマキザサ群落	-34.6±13.7	-1.08±1.14	3.1±2.2	2.2±5.2	5.2±5.7	5.7±36.3	36.3±4.8	6.03±0.19
ギャップ	-12.8±7.3	0.34±0.40	9.6±6.5	6.5±22.6	22.6±12.7	12.7±41.8	41.8±10.0	5.96±0.14
草本群落名								
オオイヌノハナヒゲ群落	-15.9±11.3	0.16±0.73	11.2±6.7	6.7±29.3	29.3±11.7	11.7±42.8	42.8±10.5	5.96±0.10
ツボスミレ群落	-11.2±4.6	0.47±0.29	5.4±3.4	3.4±9.8	9.8±4.2	4.2±32.4	32.4±3.1	5.93±0.14
リョウブ実生群落	-26.1±12.8	-0.31±1.05	6.0±2.8	2.8±19.8	19.8±7.3	7.3±39.4	39.4±7.0	5.95±0.11
ツタ群落	-15.4±6.3	0.05±0.47	2.5±1.1	1.1±3.3	3.3±0.5	0.5±36.7	36.7±4.9	5.79±0.18
カサスゲ群落	-13.1±4.5	0.34±0.22	3.6±2.4	2.4±6.7	6.7±7.1	7.1±38.3	38.3±8.7	5.96±0.17
チマキザサ・ミヤコイバラ群落	-11.9±5.8	0.60±0.34	8.0±3.0	3.0±26.7	26.7±6.5	6.5±37.2	37.2±8.7	5.95±0.12
チマキザサ・シシガシラ群落	-38.1±12.7	-1.40±0.98	2.8±2.2	2.2±4.2	4.2±4.8	4.8±36.7	36.7±4.5	6.06±0.19
水路	-8.6±4.7	0.61±0.21	8.2±4.0	4.0±13.4	13.4±3.4	3.4±30.4	30.4±2.9	5.97±0.16

相対日射量は、低木層では、主に造成地に分布するミヤコイバラ群落とギャップで高く、谷底面では造成地側に分布するミヤマイボタ・アオハダ群落がミヤマイボタ群落に比べて高かった。草本層では、オオイヌノハナヒゲ群落、チマキザサ・ミヤコイバラ群落、リョウブ実生群落の順で高く、これらは主に造成地に分布する群落だった。

水質については、電気伝導度、pHともに群落ごとの違いは小さかった。

#### 4. 考察

##### 4.1 オオミズゴケの生育に寄与する環境要素

オオミズゴケの潜在的生育域と潜在的ハンモック域は、地下水位と地上1.0 mの相対日射量により説

明された。潜在的生育域に対し、オオミズゴケが占める割合はわずか30%前後であった。一方、オオミズゴケの90%前後は潜在的生育域内に含まれていた。これは、潜在的生育域であっても、オオミズゴケが未発達な部分があるためと解釈することもできる。ハンモックの分布と潜在的ハンモック域の関係性についても、同様の傾向が見られた。

潜在的生育域の地下水位は地表面から-18～-25 cmよりも高く、また、潜在的ハンモック域では-8～-15 cm以上であることが要件となった。菊池ら(2002)の研究では、ホローとハンモックの区別はないものの、オオミズゴケは豊水期に地下水位が-20 cm以上、平水期に-30 cm以上の場所に生育しており、本研究と同様の傾向を示していた。矢部ら

(2003)の研究では、冠水箇所でおオミズゴケが生育できないという結果だったが、本事例地では水路周りの僅かな箇所しか冠水する場所がなく、結果に反映されなかったと考えられる。

次に相対日射量について見ると、閾値があったのは地上 1.0 m の全天空に対する相対日射量で、夏季 4% 以上、秋季 40% 以上だった。地上高 1.0 m で一定以上の日射があることがおオミズゴケ生育の要件であることになる。夏季と秋季で閾値となった相対日射量に大きな差が生じたが、これは、①夏季は葉量が多く、日射計測点に到達するまでに上層の葉群で遮断される日射量が大きいこと、②秋季は、上層の葉群の減少に加え、太陽高度が低くなるため、日射が下層に届きやすいことが原因と考えられる。相対日射量が閾値を超えていた場所は、造成地及び谷底面の造成地側だった。造成地では森林化が徐々に進んでいるもののギャップが多く、日射量が高い状態が維持されていた。

造成地にオオミズゴケが多く分布することから、地上 0.3 m の相対日射量でも同様に、高い場所で閾値があると予測していたが、予測に反し、閾値とならなかった。ハンノキ下の地上 0.3 m の相対日射量の平均値は、夏季で 4.7%、秋季で 34.4% と、オオミズゴケが多く分布するミヤコイバラ・チマキザサ群落と比べて低かった。ハンノキ下で相対日射量が夏季で 2% 以下と極めて低いハンノキ・ミヤコイバラ・チマキザサ・ツボスミレ群落におオミズゴケが分布していた一方、夏季で 10% 程度だったハンノキ・ミヤマイボタ・アオハダ・カサスゲ群落にはオオミズゴケの分布が確認できないなど、一定の傾向はみられなかった。広島事例では、オオミズゴケは葉の密生するイヌツゲ (*Ilex crenata* var. *crenata*) 下でも生育しており、光補償点が低く、光合成を行っていたことが明らかにされている (Fukuta et al. 2012)。これらのことから、オオミズゴケは耐陰性が高く、地上高 0.3 m の相対日射量では閾値がなかったものと考えられる。

pH については、最も高い値で 6.48 と、全域で弱酸性を示した。室内実験で、オオミズゴケは pH が 7.00 を超えると光合成速度が低下していくことが報告されている (原口 2015)。また、矢部ら (2003)

の研究では pH が 6.76 を超える区域でおオミズゴケが生育しなかったことが報告されている。本調査地の pH は全体的におオミズゴケにとって良好であり、pH には閾値がなかったと考えられる。

電気伝導度は平均で  $70 \mu\text{S cm}^{-1}$ 、標準偏差  $15 \mu\text{S cm}^{-1}$  だった。電気伝導度が  $75 \mu\text{S cm}^{-1}$  を超えると、カサスゲやアゼスゲが優占する単調な植生になりやすいとされており (波田ら 1995)、本湿地の水質は多様な湿生植物群落の生育できる水質とは言い難い。内田ら (1999) では、ミズゴケ群落の成立は水質に規制されやすいという結果だったが、本事例地ではオオミズゴケ群落が成立しており、水質に閾値がなかったことから、水質は問題のない範囲内と考えられる。しかし、北海道の歌才湿原において、電気伝導度が  $75 \mu\text{S cm}^{-1}$  を越えた区域で代償植生のハンノキ・シラカンバ林に変化した事例がある (矢部ら 1999)。本調査地では、ハンノキが優占していない造成地にオオミズゴケが多く分布していたことから、将来的におオミズゴケの生育面積が減少する可能性がある。

曲率は土地の凹凸を示す指標である。ホソバミズゴケ (*Sphagnum girgensohnii*) の事例であるが凹地に出現する割合が高かった (上野ら 1995)。オオミズゴケでも同様に、凹地に多く分布すると予測していたが、曲率には閾値がなかった。本研究では、LiDAR により DTM を作成し、解析を行った。オオミズゴケのハンモックが成立すると、植生の生育基盤となる地面でなく、オオミズゴケの表面にレーザーが照射される。そのため、オオミズゴケの表面が地面と認識され、基盤である地形の凹凸が反映されなかったことが原因と考えられる。

## 4.2 オオミズゴケと植物群落の関係

植生の考察に当たり、本調査地の植生の位置付けを行った。Hada (1984) は中国地方のミズゴケ湿原を調査し、分類を行っている。Hada (1984) の分類に本調査地を当てはめると、造成地ではアカマツ林にアセビやソヨゴが混生するアカマツ - オオミズゴケ群落 (*Pinus densiflora* - *Sphagnum palustre* community) に該当する。また、谷底面はハンノキ林にミヤコイバラ、ハイイヌツゲ、ヒメシロネ

(*Lycopus angustus*) などが生育するハンノキ群落 (*Alunus japonica* community) に該当する。しかし、造成地では高木・亜高木層にアセビ・ソヨゴ群落が存在するものの、低木層、草本層にはミヤコイバラ群落が存在しており、アカマツ-オオミズゴケ群落からハンノキ群落への移行帯と捉えるのが妥当と考えられる。

オオミズゴケの生育は、主に造成地及び谷底面の造成地側に集中していた。造成地の低木層で特化度が高かったのは、ミヤコイバラ群落であり、面積の7割近くを占めていた。一方、草本層では特化度の高い(30以上)チマキザサ・ミヤコイバラ群落の他に、特化度が比較的高い(10程度)、リョウブ実生群落とオオイヌノハナヒゲ群落も広く分布していた。この3群落の地下水位のZ値の平均を比較すると、チマキザサ・ミヤコイバラ群落は0.60(地下水位:-3~-10 cm)、リョウブ実生群落は-0.31(-19~-25 cm)、オオイヌノハナヒゲ群落は0.16(-11~-17 cm)であり、特化度の高いチマキザサ・ミヤコイバラ群落は地下水位がより高い傾向にあった。谷底面の高木・亜高木層は、造成地側がハンノキ群落であり、山地斜面側がリョウブ・ハンノキ群落だった。リョウブはHada(1984)の分類によるハンノキ群落の構成種ではなく、本研究でも特化度は0とオオミズゴケの分布と重ならなかった。谷底面は山地斜面側で地下水位が低下しており、リョウブ・ハンノキ群落の分布と同様の傾向を示した。従って、リョウブ・ハンノキ群落は、やや乾燥した場所に立地していると考えられる。また、低木層ではミヤマイボタ群落、草本層ではツタ群落がリョウブ・ハンノキ群落と同様な分布をしており、これらも相対的に乾燥した場所に立地していると考えられる。

オオミズゴケの生育には、地上1.0 mにおける相対日射量が閾値となっていたことから、低木や草本の分布と関係が強いと考えられる。低木層で特化度が30を超えた群落はミヤコイバラ群落であり、草本層ではチマキザサ・ミヤコイバラ群落だった。以上から、ミヤコイバラはオオミズゴケの分布と強い関係があると考えられる。Yazaki and Yabe(2012)では、北海道の歌才湿原において、ミズゴケと共に生育していた植物を除去したところ、乾燥により生

長の抑制及び枯死の増加が確認された。北海道よりも低緯度である本調査地では直射日光による乾燥ストレスが強いため、ミヤコイバラのように、葉の密生する植物とオオミズゴケの分布が重なったのではないかと考えられる。また、随伴種であるハイヌツゲも、ミヤコイバラと同様に葉を密生する。ミヤコイバラ群落においてハイヌツゲは常在度と被度が高く、その存在がミヤコイバラ群落の特化度の上昇に寄与していたと考えられる。以上のように、オオミズゴケはミヤコイバラ等の低木下という、弱光条件を選択して生育していると考えられる。

谷底面ではハンノキにより直射日光を避けることができるにも関わらず、オオミズゴケの分布は造成地との境界付近に集中していた。主に谷底面に分布するカサスゲ群落は、地下水位の高い場所に分布するにも関わらず、特化度が低かった。また、ヨシ(*Phragmites australis*)群落における、ミズゴケ類を含むコケ植物の分布に関する研究において、カサスゲ群落ではコケ植物が出現しなかった(杉村・鶴沢2015)。これらのことから、カサスゲはオオミズゴケと競合関係にあると考えられる。湿生環境に分布する低木群落とカサスゲ群落の関係をみると、低木層のミヤコイバラ群落の内、草本層のカサスゲ群落が占める割合は6.5%であるのに対し、低木層のミヤマイボタ・アオハダ群落では43.7%、低木層のミヤマイボタ群落では30.9%だった。相対日射量の高い場所でミヤコイバラ群落が優占し、その群落下ではカサスゲが分布していなかったため、オオミズゴケが生育しやすかったものと考えられる。しかしながら、なぜミヤコイバラ群落下にカサスゲ群落が分布しないのかについては不明である。

#### 4.3 オオミズゴケが生育する湿地の成立過程と土地の造成の影響

本調査地は1970年頃に行われた畑地造成跡地に成立した、オオミズゴケが生育する湿地である。石井ら(2017)は、北海道の宅地造成跡地及びその周辺において、ミズゴケ群落が成立していたことを報告し、人為による裸地の創出がミズゴケ群落の成立に寄与したことを示している。また、三浦(1996)は、青森県の八甲田山において、乾燥していた裸地が湛

水環境に変化したことにより、20年後に裸地からミズゴケパッチが成立したことを示している。

本調査地では1970年頃に畑地造成が行われた。断面図より山地斜面と造成地の境界には切土法面が確認でき、その下側に、掘削によって緩やかに傾斜する等斉斜面状の土地が造成されたと考えられる。山地斜面では、腐植土の下には粒径の小さい風化花崗岩が堆積しており、造成地の表面付近も同様な土壌だった。このことから、掘削土を敷き均すことにより畑地が造成されたと見られる。また、粒径の小さい風化花崗岩を転圧したことで、表層付近に難透水層が形成されたと考えられる。本調査地と同時期の1971年から1973年に、風化花崗岩の土壌に造成された畑地において、造成時の転圧土層が水の流出口を塞ぐことによって、造成地内に湧水箇所が出現したと報告されている(松本ら1980)。本調査地でも、造成地内に湧水箇所が確認されたことから、同様な現象が起きている可能性がある。耕作が放棄されると、作物という土地被覆がなくなり、表土の流出量が増加したと考えられる。また、山地からの地表水は造成地と山地斜面の境界を流れているが、途中で分岐して造成地内にも流れ込んでいる。これは造成地と山地斜面の境界が本来の水路だったものが、耕作放棄により水路の管理がされなくなり、造成地まで越水するようになったと考えられる。これらの要因から、造成地では、土壌表層付近に存在する難透水層により、水路から越水した水が地表水として滞留したことで湿地化したと考えられる。また、造成により傾斜が緩やかになったことも、湿地の成立に寄与していると考えられる。しかし、地表水から少し離れた場所では土壌が乾燥していたことから、地表水が涵養される範囲において地下水位が高い場所が形成され、湿生植物群落が発達したと考えられる。調査区域内でも、ライン2では山地から地表水が涵養されているため、広い範囲が湿生環境となっていた。一方、ライン1では造成地内での湧水のみ依存しており、湿生環境は局所的に分布することとなった。

造成地内の湿生環境下では、森林への遷移は抑制されていた。そして、高い地下水位の場所でも生育可能なミヤコイバラ等の低木が侵入し、地下水位と

相対日射量の両面でオオミズゴケの生育に適した範囲が拡大したものと考えられる。また、造成により、谷底面との境界付近で相対日射量が増加したことも、オオミズゴケが拡大した要因と考えられる。しかし、1990年頃にオオミズゴケの採取圧が高まり、大半のハンモックは一旦消失したと考えられる。その後、地下水位が高く、かつ、光環境が好適な造成地及び造成地と谷底面の境界付近において、オオミズゴケが再度拡大した。しかし、山地斜面側の谷底面では、ハンノキの生長により光環境が悪くなったため、ミヤマイボタ・アオハダ群落やカサスゲ群落が繁茂し、ハンモックの成立に至っていないと考えられる。

#### 4.4 ミズゴケ湿地を保全・再生する上での提言

本調査地は、もともと細長い形状の湿地に生育していたオオミズゴケが、畑地造成地で拡大したものである。しかし、造成地内の一部に分布するのみであり、長期間維持させるためには面積の拡大が重要と考えられる。

本調査地におけるオオミズゴケの潜在的生育域・潜在的ハンモック域は、地下水位のZ値と地上1.0mの相対日射量により規定されていた。造成地内は樹林化している箇所は少なく、日射量は条件を満たす箇所が多く存在する。従って、地下水位を改善することで、潜在的生育域・潜在的ハンモック域は拡大すると考えられる。造成地と山地斜面の境界を流れる水路の水は、現状では、その一部が造成地に流れているものの、残りは谷底面に流れている。水路を改修し、造成地内に導水することで、かけ流しを行った範囲は、潜在的生育域・潜在的ハンモック域になる可能性が高い。特に、適当な日照条件が得られるミヤコイバラやハイヌツゲの生育地に向かって導水することは効果的だと考えられる。

既存のオオミズゴケに関しては、現状では日照条件の良い、造成地から谷底面の造成地側に集中して分布していた。造成地内ではアカマツを中心とした高木・亜高木が侵入しており、将来的には光環境の悪化からオオミズゴケの生育地が縮小すると考えられる。特に、谷底面のオオミズゴケは、造成地からの日射に依存しており、高木林の拡大が、生育面積の減少に直結する恐れがある。現状では、高木・亜

高木林の面積も限られているため、労力の面から早期に伐採することが適切と考えられる。谷底面では、オオミズゴケが生育できる地下水位の範囲に対し、実際に生育していた範囲は小さく、日射量が生育の制限要因となっているものと考えられた。しかし、谷底面の光環境の悪い箇所にも、僅かながらオオミズゴケのパッチは存在していたため、ハンノキを抜き切りすることにより、谷底面でもオオミズゴケの生育面積を拡大できると考えられる。

## 5. 結論

本研究では、オオミズゴケの成立要因を明らかにし、畑地造成という人為攪乱が、オオミズゴケの生育に与えた影響について考察した。

本研究地におけるオオミズゴケの生育環境要因は、以下の様にまとめられる。

- ① 地下水位のZ値が-0.269（地下水位：-18～-25 cm）以上の場所に生育、0.283（地下水位：-8～-15 cm）以上の場所でハンモックを形成しており、高い地下水位の場所を選好していた。
- ② 相対日射量の多い場所に生育するミヤコイバラ等の低木の茂みの下に広く分布しており、低木によって日射が遮られた弱光環境を選好して分布していた。
- ③ 地下水位と相対日射量を閾値として用いることにより、オオミズゴケが生育もしくはハンモックが成立できる可能性が高い範囲を抽出することができ、高い一致率を示した。

さらに、造成がオオミズゴケの生育に与えた影響として、

- ④ 畑地造成の際に土壤改良を行わず、粒径の小さい風化花崗岩を敷き均したことにより、地表付近に難透水層ができ、そこに湧水が流れ込むことにより、オオミズゴケに適した地下水位の高い場所ができた。
- ⑤ 造成により植生がいったん除去されたことで、オオミズゴケに適した低木群落が増大した。また、ハンノキの樹冠下である谷底面でも、造成地側からの日射により、オオミズゴケに適した低木群落が分布していた。

## 謝 辞

真庭市役所環境課には、調査全般にわたり配慮をいただいた。津黒いきものふれあいの里の館長雪江祥貴氏には、ご助言や施設利用に関するご協力をいただいた。エナゴ (<https://www.enago.jp/>) には英文を校正して頂いた。記して深く感謝申し上げたい。

## 引用文献

- Braun Blanquet J (1964) Pflanzensoziologie. Grundzüge Vegetationskunde. 3. Aufl. Wien. New York. (ブラウン-ブランケ, J・鈴木時夫 (訳) (1971) 植物社会学 I, II, 朝倉書店.)
- 中和村(2004)紀-村制施行115周年記念誌-. 山本印刷.
- Fukuta E, Sasaki A, Nakatsubo T (2012) Microclimate and production of peat moss *Sphagnum palustre* L. in the warm-temperate zone. *Plant species biology*, 27, 110-118.
- Hada Y (1984) Phytosociological studies on the moor vegetation in the Chugoku district, S.W. Honshu, Japan. *Bulletin of the Hiruzen Research Institute, Okayama University of Science*, 10, 73-110.
- 波田善夫・西本孝・光本信治 (1995) 岡山県自然保護センター湿生植物園1. 基盤地形の造成と植生移植の方法, 岡山県自然保護センター研究報告, 3, 41-56.
- 原口昭 (2015) ミズゴケ類の光合成に及ぼす温度, pH, 塩濃度の効果 (北方林の生理・生態), *低温科学*, 73, 31-40.
- 石井潤・和田翔子・吉岡明良・大谷雅人・リチャードリンゼイ・塩沢昌・高橋興世・鷺谷いづみ (2017) 北海道黒松内町の表層土壌剥離跡に発達したミズゴケパッチと湿原植生の現状, *保全生態学研究*, 22, 361-370.
- 菊池亜希良・恩田裕一・中越信和 (2002) 湧水湿地の植生配分に及ぼす地下水流動の影響, *植生学会誌*, 19, 95-111.
- 松田行雄 (2002) ミズゴケ類の分布と湿原植生, *植物地理・分類研究*, 50(1), 1-13.
- 松本康夫・五十崎恒・河合芳郎 (1980) 開畑地におけるユウ水の出現機構について, *農業土木学会誌*, 48(2), 105-110.
- 三浦修 (1996) 裸地へのミズゴケの侵入過程とミズゴケ泥炭の形成-東北大学八甲田山植物実験所における例-, *季刊地理学*, 48, 1-13.
- 中西こずえ・中西弘樹 (1995) 九州北西部におけるミズゴケ類の分布, *植物地理・分類研究*第, 43(1), 87-90.
- NPO 法人 野生生物調査協会・NPO 法人 Envision 環境保全事務所, 日本のレッドデータ検索システム. <<http://jpnrd.com/search.php?mode=map&q=1001010010010>> (参照 2020年7月1日)
- 杉村康司・鶴沢美穂子 (2015) 茨城県妙岐ノ鼻(浮島湿原)のヨシ群落の立地指標としてのコケ植物, *保全生態*

- 学研究, 20, 27-34.
- 鈴木兵二 (1978) 所産ミズゴケ類 2 種以上の湿地湿原目録. 植物生態論集 - 吉岡邦二博士追悼 -, 東北植物生態談話会, 234-245.
- 鈴木邦雄 (2003a) 沼沢湿原. 生態学辞典 (巖佐庸・松本忠夫・菊沢喜八郎・日本生態学会編), 253-254. 共立出版.
- 鈴木邦雄 (2003b) 高層湿原. 生態学辞典 (巖佐庸・松本忠夫・菊沢喜八郎・日本生態学会編), 156-157. 共立出版.
- 武内和彦 (1976) 景域生態学的土地評価の方法, 応用植物社会学研究, 5, 1-60.
- 富田啓介 (2014) 湧水湿地の保全・活用と地域社会, E-journal GEO, 9(1), 26-37.
- 上野健・樋口正信・沖津進 (1995) 八ヶ岳 (中部日本) におけるホソバミズゴケの生育地と地形条件, 日本蘚苔類学会会報, 6(8), 151-156.
- 内田泰三・後藤美和子・丸山純孝 (1999) 湿性植物群落の成立に影響を及ぼす諸環境要因の抽出, 日本草地学会誌, 45(3), 304-319.
- 矢部和夫 (2017) 低層湿原・中間湿原・高層湿原. 図説 日本の湿地 - 人と自然と多様な水辺 - (日本湿地学会監修), 96-99. 朝倉書店.
- 矢部和夫・中村隆俊・河内邦夫・高橋興世 (1999) 排水路と国道がミズゴケ湿原に与えた影響, ランドスケープ研究, 62(5), 557-560.
- 矢部和夫・関沢さくら・北原陽介 (2003) 札幌平岡公園における人工湿地の緑化, ランドスケープ研究, 66(5), 603-606.
- Yazaki T, Yabe K (2012) Effects of snow-load and shading by vascular plants on the vertical growth of hummocks formed by *Sphagnum papillosum* in a mire of northern Japan. *Plant Ecology*, 213, 1055-1067.

## Habitat factors of wetlands with *Sphagnum palustre* on the agricultural reclamation in the cool temperate zone, Southwest Honshu, Japan

KOHEI TAKAGI<sup>1</sup>, NOZOMI MARUYAMA<sup>2</sup>, SOUTA UNOME<sup>3</sup>, YOSHIYUKI HIOKI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>The Nichinan Chugoku-sanchi Forest Academy, <sup>2</sup>River Division, Construction Department, Toyohashi city office

<sup>3</sup>Nakanihon Air Co. Ltd. <sup>4</sup>Faculty of Agriculture, Tottori University

**Abstract:** In southwest Japan, there are many small wetlands formed and maintained by anthropogenic disturbance, including *Sphagnum* wetlands. The main species is *Sphagnum palustre*, which is listed in the red lists of all the prefectures in the Chugoku Region, Japan. However, studies have not clarified the relationship between anthropogenic disturbances and environmental conditions of *Sphagnum* wetlands. This study surveyed a *Sphagnum* wetland developed on a farmland in Tsuguro Highland in Okayama Prefecture. Local elderly residents were interviewed, and aerial photographs were interpreted to gather information on the history of the agricultural reclamation. Multilayer vegetation maps were drawn using unmanned aerial vehicles (UAVs) light detection and ranging (LiDAR) data. The groundwater level, water quality, and relative solar radiation were measured. Also, the terrain was analyzed as an abiotic factor. The farmland was reclaimed and abandoned in the 1970s and 1980s. A decision tree analysis determined the threshold value of abiotic environmental factors of *Sphagnum palustre*, and lower limits were set for the groundwater level and the relative solar radiation. Additionally, the potential habitat of *Sphagnum palustre* was estimated based on the threshold value, which displayed a high level of corresponding ratio in relation to the actual habitat. The habitat of *Sphagnum palustre* consisted of the agricultural reclamation up to the boundary of the valley bottom with the high water level and the half shade conditions provided by shrubs, such as *Rosa paniculigera*. It grows under shrubs, owing to the relatively low light conditions provided by the shade of the shrubs. In the study site, it was estimated that a suitable condition for *Sphagnum palustre* was provided by a high groundwater level caused by spring water flowing into the agricultural reclamation area, which has low water permeability and is invaded by shrubs.

**Key words:** Agricultural reclamation, LiDAR, Potential habitat, *Sphagnum palustre*, Wetland