資 料 [Material]

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—

村上哲生^{1,2,*}・久野良治¹⁾・岡田真衣¹⁾・堀田祥貴²⁾・南 基泰^{1,2)}

Spring-fed marshes in Oomori-okuyama, Kani City, Gifu Prefecture, Central Japan:
Landform, water characteristics, and aquatic flora and fauna

Tetuo MURAKAMI^{1,2,*}, Ryoji KUNO¹⁾, Mai OKADA¹⁾, Shouki HOTTA¹⁾ and Motoyasu MINAMI^{1,2)}

Abstract

The term “spring-fed marshes” characterizes wetlands without peat accumulation on the bottom gravel layer, contrasting with “peat mire”. Because this type of wetland is usually small and has a very short lifespan as an isolated habitat, it received little attention until the 1990s; even now information is quite limited. We herein describe the limnological features of spring-fed marshes distributed in Oomori-okuyama (Kani City, Gifu Prefecture, Tokai Region, Japan). These marshes develop on hill slopes, in gradients of 5-20°. They receive oozing waters at their upper margins, and typically lack inflowing waterways. The water flows over hill surfaces or as ground water in a shallow layer over an impermeable ground layer composed of Oniita (plate-like limonite). The volume of water decreases as it flows downstream. As a result, the wetland develops a fan-like shape. The water is characterized by low pH and low conductivity, and the small algal communities are dominated by filamentous *Tribonema affine* (Xanthophyceae) and desmids. These features are common in dystrophic environments distributed in high and cool regions in Japan. In contrast, the aquatic insect communities are composed of taxa that also inhabit ponds and swamps from lower altitudes.

Key words: aquatic biota, hydrology, landform, spring-fed marshes, Tokai Region

摘 要

岐阜県可児市大森地区に位置する湧水湿地群の陸水学的な性状を報告する。湧水湿地とは、基盤の砂礫層上にほとんど泥炭層が見られない湿地を指し、泥炭湿地と対比させて使われる。各湧水湿地は小規模であり、独立した生息場としては寿命が非常に短く、1990年代までは重視されてこなかった。そのため、今もほとんど報告例がない。

¹⁾ 中部大学大学院応用生物学研究科 〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200 Graduate School of Bioscience and Biotechnology, Chubu University, 1200 Matsumoto-cho Kasugai City, Aichi 487-8501, Japan

²⁾ 中部大学応用生物学部環境生物科学科 〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200 Department of Environmental Biology, College of Bioscience and Biotechnology, Chubu University, 1200 Matsumoto-cho Kasugai City, Aichi 487-8501, Japan

* 連絡先：村上哲生 Corresponding author: Tetuo MURAKAMI, Email: tetsumurakami@isc.chubu.ac.jp

大森奥山湿地群の各湿地は5～20°の斜面に発達し、典型的なものは特定の表面流入水路を持たず、湿地上部から滲出する水で涵養される。斜面表面近くの鬼板（板状の褐鉄鉱）層が難透水層となっているが、流下と共に水量が減じるため、湿地下部程面積は縮小し、湿地全体は扇状の形となる。

低pHや低電気伝導度で特徴付けられる湿地の水質や、*Tribonema affine*（黄緑色藻綱）とツヅミモ類から構成される藻類群集の組成は、高山域や寒冷地の腐植栄養型池塘のそれと一致する。一方、水棲昆虫群集は、低地の池沼と共通する種類のみで構成される。

キーワード：地形、水文、水生生物、東海地方、湧水湿地

（2019年4月5日受付：2019年8月20日受理）

はじめに

東海地方の丘陵地には、湧水により涵養される小規模な湿地が発達することがある。湿地の多くは、表面に腐植質や粘土・シルト等の堆積物層（黒泥（muck）層）を欠き、砂礫層が露出しているため、厚く泥炭層が発達した泥炭湿地と対比させて「湧水湿地（spring-fed marshes）」と呼ばれている（広木，2002；愛知県環境部自然環境課，2007；富田，2018）。湧水湿地は、土砂が堆積した谷底に発達するものと、丘陵斜面に形成されるものの二つの型に区分できるが、いずれも湧水に涵養されるものである（浜島，1976）。これらの型の湿地の特性に着目した呼称には様々なものがあり、浜島（1976）は面積が小さいことから、単に「小湿原」と呼び、広木・清田（2000）は、立地と、湿地を涵養する湧水が栄養塩に乏しいことから、「丘陵性貧栄養湿地（oligotrophic hill marsh）」と呼ぶことを提案している。一方、富田（2010）は、鉍質土壤に成立した植生の名称として「鉍質土壤湿原（wet grassland on mineral soils）」を採用している。

湧水湿地は、釧路湿原（北海道）や尾瀬ヶ原（福島・群馬・新潟県）等の長期に亘る遷移の結果成立した湿原ではなく、地滑り地形跡に生じ、面積も小さく樹木の侵入に伴う蒸発散量の増加により速やかに乾燥化が進み、また樹木の被陰の影響により、比較的短期間に消滅すると考えられている（愛知県環境部自然環境課，2007；福井他，2012；梅田，2013）。富田（2012）は、これらの湿地が、人の生活圏に有り、伝統的な薪炭の利用や下草の採集などの影響を強く受けることから、形成と消滅の過程への人の関与を強調している。

東海地方の湧水湿地には、いわゆる「東海丘陵要素」（植田，1989）の特異な植物が分布するため、保全の対象とされる場合が多い。愛知県環境部自然環境課（2007）は、県内の保全対象の湿地として66箇所を上げている

が、湧水湿地はその内の57箇所を占める。一方、人里に近く近年の開発圧も大きい地域であるため、既に無くなってしまったり、消滅の危機に瀕している湿地も多い（芹沢，1992）。しかし、これらの湿地の特徴、特に植物相以外の情報は未だ乏しく（波田・本田，1981；瀬沼，1998，後藤・広木；2001），開発や保全の要求に際して、適切な対応が取られないこともある。

本研究は、開発に直面する岐阜県可児市大森奥山地区に残存する湿地群を調査対象とし、湧水湿地の形成要因、湿地を涵養する湧水の挙動、及び湿地での藻類植生や水生昆虫群集を記載し、湿地の特性を明らかにするものである。この型の湿地についての科学的な理解の現状は、富田（2018）が総説としてまとめているが、未だ、個別の湿地の記載的な調査が不十分な段階にあるため、多様な湧水湿地の成因、物理化学的環境要素、及び生物相を網羅的に解説し、それらの特性を関連させて説明したものとはなっていないと感じる。

泥炭湿地と比較して、湧水湿地は小規模であるため、湿地全体の存続に影響が及ぶ開発行為であっても、環境影響評価法による事前の影響予測や事後の監視が義務付けられない場合が多かったため、自治体や地域が独自に保全対策を採らざるを得ない社会状況にある。開発行為に対する保全策の取りまとめの際にも本報告は寄与できるものと考ええる。

調査地域と方法

調査地域

研究対象とした岐阜県可児市大森奥山の湧水湿地群は、同県多治見市との市境附近に位置し、大森奥山湿地群と通称されている。浜島（1976）の区分では、斜面の湧水を起源とする型であり、広木・清田（2000）の丘陵性貧栄養湿地、富田（2010）の鉍質土壤湿原の要件を満た

すものである。湿地群は標高180 mの丘陵の頂から標高150 m～140 mの小渓谷に至る北西斜面に分布している。

各湿地は、砂礫層が露出しており、斜面上部から滲出する湧水は、膜状に湿地斜面を流れ、湿地の下端で再び伏流する。湿地斜面は*Drosera rotundifolia* L. (モウセンゴケ; モウセンゴケ科), *Utricularia bifida* L. (ミミカキグサ; タヌキモ科), *U. caerulea* L. (ホザキノミミカキグサ; タヌキモ科) が優占する植物群落が発達し、5月から6月にかけて、それらの花に覆われる。

この湿地群については、河合他 (2003), NPO 可児ネイチャークラブ (2014), 河合 (2014) が動植物相を紹介しているが、地形や水収支などの調査は不十分なままである。

湿地の位置と形状

観察時の土壌の乾湿は問わず、低木の侵入がなく裸地又は低茎草地となっており、景観的に周囲の森林とは明らかに区別がつく範囲を湿地と見なし、各湿地の四隅の位置の緯度・経度をGPS (Holux 社 m-241 型) により測定して既存の都市計画図 (可児市) 中に位置を落とし、湿地の分布図を作った。域内には8箇所の独立した湿地があり、溪流上流方向の北東側にある湿地から順に番号 (M1～M8) を振り当てた (Fig. 1a)。

湿地の形態は、現場で巻尺により、斜面に沿って数ヶ所で横断方向の幅を測定し、外形を描いた。湿地面積は、その外形図に基づき算出した。

斜面傾斜は、湿地中央に測線を設定し (Fig. 2a), 傾斜定規を用い20 cm毎に平均傾斜を測定し、それらの線

Fig. 1. Topographic map of Oomori-Okuyama marshes (a) and the morphology of each marsh (b)

(a) Marshes distributed on the northwestern hillside along a small stream, which is one of the headstreams of the Oomori River, in Oomori-shinden, Kani City, Gifu Prefecture, Central Japan. Eight small marshes (M1-M8) are found in the study area.

(b) The marshes are classified into two types: irregularly shaped marshes (M3, M6, and M7) and fan-type marshes (M1, M2, and M5). The former type is fed by small channels (indicated with arrows); the latter lacks such channels and is fed by oozing waters from the upper margins. Marsh M4 is composed of an upper fan marsh and a lower irregular-shaped marsh that receives drained water from the upper marsh. The hatched areas of marshes M1, M2, and M3 have *Sphagnum* communities. Marsh M8 originated from artificial excavation of the slope approximately 10 years ago and is not shown in the Figure.

図1. 大森奥山湿地群周辺の地形図 (a) と各湿地の形態 (b)

(a) 大森奥山湿地群は、大森川 (岐阜県可児市大森新田) の水源の一つである小溪流に沿って丘陵地の北西斜面に分布している。調査対象とした地域には8つの小湿地が見られる。

(b) 湿地は不規則な形のもの (M3, M6, 及びM7湿地) と扇形のもの (M1, M2及びM5湿地) との二つの型に区別できる。前者は溝 (図中の矢印) が流れ込んでいるが、後者ではそれを欠き、湿地上方から滲み出した水で涵養されている。M4湿地は上方の扇形湿地とそこから流れ出る水により涵養される不規則な形の下方の湿地から成る。網を懸けた部分はミズゴケ群落であることを示す。10年程前に人の掘削の結果生じたM8湿地は図示していない。

Fig. 2. Landscape and geological features of the Oomori-okuyama marshes
(a) marsh M1 viewed from a lower position, (b) *Sphagnum* mound at the upper margin of marsh M1; water oozes out right below the mound (indicated with an arrow), (c) slope surface of marsh M1, composed of gravels and coarse sands with very little muck, (d) Oniita (plate-like limonite) exposed from the ground in marsh M8.

図2. 大森奥山湿地群の景観と地質

a: M1 湿地，下方から上方を望む，b: M1 湿地上縁のミズゴケ群落の高まり，その直下から水が滲出している，c: M1 湿地斜面，小礫と粗砂から構成され，黒泥をほとんど欠く，d: M8 湿地の浅い地中にみられる「鬼板」。

分をつないで斜面全体の平均傾斜を求めた。また測線に沿って1 m毎に金属製定規を湿地表面に差し込み，抵抗なく入る深さを堆積物厚とした。

滲出水量の推定

湿地を涵養する水は湿地上部の急傾斜面が緩くなる位置から滲出することが知られているし (Takeuchi, 2003)，また，大森湿地群でも M1 (Fig. 2b)，M2，M5，及び M8 湿地の上部の傾斜の変曲点附近に湧水や地面の湿りの上端が観察される。さらに，滲出部は傾斜に直交する方向に線状に分布することから (梅田, 2013)，湿地上部の変曲点下の1 m幅程を滲出部分と特定した。

滲出部に高吸水性樹脂 (SAP) を軽く押し当て，単位時間後の重量の増加分を滲出水量とした。SAP は市販の紙オムツ (ムーニー M サイズ; ユニチャーム社製) を用いた。本製品は20 cm × 10 cm の吸水部とそれ以外の撥水加工された部分から成り，地面に押し当てることにより，200 cm² の範囲から滲出する水量のみを捕捉できる。吸水部には25 g のSAP が用いられている。SAP は1 g 当

り1,000 g のイオン交換水を吸収する能力があるとされており (増田・田中, 1989)，本製品でも，水道水を1 L 以上吸水することを確認した。

滲出水量と，湿地面積や植生との関連を検討するために，湿地上部が *Sphagnum* sp. (ミズゴケ属; ミズゴケ科) で縁取られている M1 湿地 (Fig. 2a, 2b) とミズゴケ群落を欠く M5 湿地を観測対象として選び，M1 湿地では3箇所 (湿地上方から見て右側，中央，左側)，M5 湿地では2箇所 (右側，左側) で測定を行った。両湿地とも地表水の流入はなく，滲出水のみで涵養されている。まず1分間SAPを滲出面に押し付け重量の増加を測定し，次にSAPを取り除いた1分後に再度新しいSAPで1分間の吸水試験を繰り返した。最初の試験で吸収した水量は，滲出後の履歴が明らかではないため，2度目以降の測定値の平均値を2分間 (滲み出しを待つ時間1分 + 吸水時間1分) 当りの滲出水量とした。測定は1箇所当り8~9回繰り返した。観測は2018年7月20日，同30日，8月21日，9月20日に行った。滲出水量は直前の降水量と関係すると考えられるため，観測地に最も近い多治見地域

気象観測所（岐阜県）の降水量資料を引用し、測定値の変動との関連を検討した。

湿地の土壌温度と水分量

土壌温度と水分量は、2018年8月27日（11:00～11:45、15分毎に4回測定）にM1湿地、8月29日（10:30～13:30、15分毎に13回測定）にM8湿地の表面（深さ10 cm）に、土壌水分・温度センサー（METER社5TM型）を埋設して測定した。本器はセンサー周辺の媒体の誘電率を測定し、水分量（容積比）に換算するものである。同時に、地温はサーミスタにより測定される。

M1湿地は大森奥山湿地群で最大の面積のものであり、また地表からの流入水が無い場合、湧水湿地の典型例として観測対象とした。M1湿地でのセンサー埋設位置は、湿地上部の滲出部の縁から5.5 m下った場所とし、下から見て左側縁から5 m程離れた位置から始め、湿地横断方向に5 m間隔で、4個のセンサーを置いた。各センサーを埋設した場所は、いずれも観測時には薄く水を被っていた。また湿地上部を縁取るミズゴケ群落の中に1個、横断方向の設置場所中央から2 m程下った位置で、比較的乾燥し表面に水の膜が見られない位置に1個設置した。

M8湿地の測定場所は、Fig. 3bに示す。この湿地では、急崖下の滲出水は、地表に現れた後、再び地中に浸透

し、湿地内の近接した場所でも乾湿状態が異なる。約5 m四方の範囲で乾湿状態が異なる6箇所にセンサーを埋設した。同湿地は、10年程前に人の干渉により生じたものである。本来の湿地斜面（Fig. 3bのP5周辺）の下部を掘削し急崖としたところ（Fig. 3bの破線）、崖下から水が滲み出し、裸地化した緩斜面が湿地化し、水を常時被る場所（Fig. 3bの陰を付けた部分）にモウセンゴケと *Rhynchospora alba* (L.) Vahl（ミカヅキグサ；カヤツリグサ科）を主とする湿地が、比較的乾燥した場所（Fig. 3bのP1、P2、P6附近）では *Drosera tokaiensis* (Komiya et C. Shibata) T. Nakam. et K. Ueda subsp. *tokaiensis*（トウカイコモウセンゴケ；モウセンゴケ科）の群落がそれぞれ発達したものである。

湿地内の水の移動

水の移動速度は湿地の上部の滲出部で塩水を流し、下部で電気伝導度を測定することにより推定した（トレーサー法；新井，1994）。トレーサーとして実験に用いた塩は約60 gで、現場の水で溶かし、1分程度の時間をかけて、湿地表面を流れず湿地に滲み込む程度で塩水を供給した。電気伝導度はFUSO社CD-4318SD型の電気伝導度計を用いて20秒ごとに測定した。観測は、M1、M2、M3、M5、M6、M8湿地でそれぞれ、2018年5月23日、

Fig. 3. Profile of marsh M8 (a) and a map showing the positions of the water content measurement sensors in marsh M8 (b)

(a) No muck layer developed on newly excavated slopes regardless of the gradient. Water oozed out from the lower part of the steep gradient slope and formed a new marsh.

(b) Water was dribbling over the surface in hatched area.

図3. M8湿地の傾斜図 (a) と水分含量を測定した位置 (b)

(a) 新しく掘削された急緩の斜面には黒泥層は全く発達していない。水は、急斜面の下部から滲出し、その下の緩い斜面に新しい湿地が形成されている。

(b) 影を付けた部分は、薄い水膜が覆っている。

同30日, 6月1日, 同13日, 同15日, 同8日に実施した。トレーサー法による流速測定は, M1湿地内に見られる溝の表流水においても湿地の水の移動速度と比較するために行った。

滲出水の水質

2018年5月23日にM1湿地上部, 及び湿地下部の凹地に溜まった水の硬度, 化学的酸素要求量(COD), 及び溶存酸素濃度(DO)を測定した。硬度はEDTA滴定法, COD及びDOは上水試験法により定量した。また, 同年6月13日の正午前後に各湿地の上部から滲出する水のpHを測定した。電気伝導度は, M1, M2, M3, M5, M6, M7及びM8湿地の上部の水溜りで, それぞれ同年5月23日, 同30日, 6月1日, 同13日, 同15日, 同8日, 同24日に測定した。M4湿地では, 各測定器のセンサー部を浸すほどの量の水を湛えた凹地がなかったため, 測定は行わなかった。pHはポータブル型pHメーターD-71型(堀場製作所)で, 電気伝導度はFUSO社CD-4318SD型の電気伝導度計を用いてそれぞれ測定した。

湿地の一次生産者

2018年8月21日にM1湿地の5箇所で5 cm×5 cmのコドラートをを用い, 1 cmの深さで表面堆積物を採集し, Lorenzen (1967)の方法でクロロフィルaとフェオ色素量を測定した。また, 各湿地で, 肉眼で確認できる藻類塊をスポイトで採集し, 常温で持ち帰り, 顕微鏡観察により, 主要な構成種を確認した。種名の表記は, 廣瀬・山岸(1977)に倣った。

湿地の水棲昆虫

湿地の水棲昆虫は, 2018年5月6日, 6月6日, 7月13日, 同20日, 8月21日, 同29日, 9月20日, 及び11月9日に採集した。湿地表面, 凹地にできた水溜りなどで, 目の細かい網を使い, 目視で確認できた昆虫を全て集めた。採集時間は1湿地当たり30分~1時間程度とし, 同じ1名の採集者が全調査を担当した。同定及び種名の表記は, 鞘翅目成虫については上野他(1985), その他は川合・谷田(2005)に従った。

結 果

湿地の分布と形状

湿地は小溪流の左岸側の西斜面の林内に分布している。対岸の斜面にも分布していたとの伝聞情報はあがあるが, 現在では右岸側は土砂採集のため, 地形は変わり, 樹木は伐採され裸地となっている。湿地の面積が100 m²を超えるものはM1, M2湿地のみであり, 他は30~80 m²の小規模なものであった。(Fig. 1b, Table 1)

湿地の形は, 湿地の下方端を要とした扇形のものと, 斜面の傾斜方向に伸びた不規則な形のものとに区分できる。前者の典型は, M1, M2, M5湿地であり(扇形湿地), 後者に属するものはM3, M6, M7湿地である(不規則形湿地)。扇形湿地には, 流入水路は全く見られず, 湿地上部の扇の孤の位置から滲出する水のみによって涵養されている。一方, 不規則形湿地には, 湿地上部からの滲出水に加え, 地表水の流入水路が明らかに見られ, 流入部が広がって不規則な形になる。M4湿地は上部の扇形湿地とそこから流れ出した水により形成された下部の

Table 1. Landform and water qualities of eight studied marshes.

表 1. 調査した8箇所の湿地の地形と水質.

	Marsh No.							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
direction	NW	W	NW	W	NW	W	W	NW
gradient (m/10 m)	1.2	1.8	0.7	1.5	3.5	2.1	1.3	0.9
gradient (°)	6.8	10.6	3.6	8.9	19.9	12.3	7.5	5.3
morphology	fan	fan	irregular	irregular	fan	irregular	irregular	*
area (m ²)	420	120	82	74	71	40	33	*
water temperature (°C)	23.5	19.2	20.0	-	19.8	21.9	23.0	24.3
pH	5.13	5.13	4.96	-	4.05	4.47	3.47	4.63
conductivity (mS m ⁻¹)	1.25	1.12	1.33	-	1.25	1.37	-	0.94

Water temperature, pH and conductivity were measured around 12 pm.

*: M8 marsh is a man-made marsh except for upper parts.

-: not measured

水温やpH, 電気伝導度は正午前後に測定した。

*: M8湿地は上部を除き, 人の手によって造られたものである。

-: 欠測

湿地とが融合したものである。

M8湿地は崖が掘削された跡に生じた人為的なものであり、掘削範囲とその下方が低木の侵入の無い裸地と草地、水溜りとなっていた。

M1, M2, M3湿地の上部及び上方の側面はミズゴケにより縁取られているが、他の湿地ではミズゴケは見られなかった。

湿地の傾斜と黒泥の堆積

M1～M7湿地の傾斜に関する情報をTable 1に示す。湿地傾斜は一樣ではなく、湿地上部端で急傾斜となりミズゴケ群落や藪に連続し、一方、湿地下部では傾斜が緩くなる傾向が認められた。湿地斜面は砂礫層が露出しているか、または薄く黒泥が堆積していた (Fig.2c)。堆積物厚は傾斜が緩くなる湿地下部で大きくなる傾向が見られた (Fig. 4)。

M8湿地の上部に残る本来の湿地傾斜は10 m当り1.0 m (5.7°), 掘削面上部の傾斜の急な部分は7.1 m (40.8°), その下の緩傾斜の部分は0.9 m (5.3°) であった (Fig. 3a)。M6・M7湿地間に雨溝 (rill) が発達しているが、その傾斜は5.7 m/10 m (32.5°) で湿地に比べて遥かに急な地形となっていた。

M8湿地の掘削跡には、石英またはチャートの砂及び礫を水酸化鉄によって固く膠結した、いわゆる「鬼板」

(福尾, 1955) が掘り起こされ、露出していた (Fig. 2d)。各湿地の砂礫層では、検土杖は約10 cmの深さにまでしか刺さらない。この深さが鬼板層になるものと思われる。鬼板は湿地群北西を流れる小溪流の露頭でも観察された。

湿地上部の滲出水量

2018年7月20日, 同30日, 8月21日, 9月20日にM1及びM5湿地で測定した滲出水量の値をFig. 5に示す。最初の観測日の7月20日を含む直前10日間の多治見地域気象観測所観測の積算降水量は0.5 mm, 20日間のそれは212.5 mmであり, 7月21日から30日, 7月31日から8月21日, 8月22日から9月20日までの積算降水量はそれぞれ0 mm, 16 mm, 271 mmであった。2分間の吸水でのSAPの重量増加と吸水部の面積 (200 cm²) から推定された滲出水量は, 夏季の少雨の時期の測定では, 1 L m⁻² min⁻¹以下に減少するが, 9月上旬のまとまった雨により, 少雨期以前の状態に回復し, 場所によっては4 L m⁻² min⁻¹に達することが示された。滲出水量は滲出部直上の植生により大きく異なる。各観測日において, ミズゴケ群落を湿地上部に有するM1湿地では, それを欠くM5湿地に比べて多量の滲出が観測された。

M1, M5湿地の湿地縁の孤の長さは, それぞれ26 m, 7mであるため, 滲出部分を幅1 mの帯状とし, 最大の

Fig. 4. Profile of marsh M1

The thin line indicates the slope gradients of the marsh surface, and the thick line indicates the surface of firm ground formed with gravels and coarse sands. The thin muck layer between the two lines is composed of fine sand, silt, and humus. The gradient is steep at the upper slope and gentle at the foot of the marsh. Water oozes out from a point on the upper slope where the slope gradient inflects.

図4. M1湿地の傾斜図

細線と太線はそれぞれ湿地表面と基盤の礫・粗砂層の傾斜を示す。2本の線の間が細砂及びシルトと腐植物質から成る薄い黒泥層となっている。湿地の傾斜は上方で急で、湿地の裾で緩くなる。水は湿地上方の傾斜の変曲点から浸み出している。

Fig. 5. Volume of water oozing out from the upper margins of marshes M1 and M5

Measurements were performed at the right (M1R), center (M1C), and left side (M1L) of marsh M1, and right (M5R) and left (M5L) sides of marsh M5 on 20 and 30 July, 21 August, and 20 September 2018.

The oozing volumes decreased during the summer dry season from 20 July to 21 August, and again reached the previous level after heavy precipitation in early September. Water volumes in marsh M1 with the *Sphagnum* community were larger than those in marsh M5 without *Sphagnum*.

図5. M1, M2 湿地から滲出する水量

観測はM1 湿地の右側 (M1R), 同中央 (M1C), 左側 (M1L), とM5 湿地の右側 (M5R), 左側 (M5L) でそれぞれ, 2018年7月20日, 7月30日, 8月21日, 及び9月20日に行った. 7月20日から8月21日にかけての夏の乾季には滲出水量は減少し, 9月上旬の降水により元の状態に回復した. ミズゴケ群落が発達しているM1 湿地の滲出水量がそれを欠くM5 湿地よりも多かった.

滲出量が観測された9月20日の, M1, M5 湿地での滲出水量の平均値をそれぞれ, $3.1 \text{ L m}^{-2} \text{ min}^{-1}$, $2.1 \text{ L m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ とすれば, 当日 M1 湿地で $4.8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, M5 湿地では $0.9 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ の水が供給されていたことになる。

湿地の水分量と地温

M1 湿地上部4箇所の水を被った部分で測定した水分量は, 湿地上部から見て右方向から 0.40 ± 0.01 ($n=4$), 0.42 ± 0.01 ($n=4$), 0.35 ± 0.01 ($n=4$), 0.36 ± 0.02 ($n=4$) $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ であった。一方, 水を被らず比較的乾燥した場所では 0.14 ± 0.05 ($n=4$) $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ と低い値であり, 晴天時の午前中の観測では時間の経過とともに, 水分量が減少する傾向が見られた。ミズゴケ群落内では 0.23 ± 0.01 ($n=3$) $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ であった。

晴天時の観測であったため, 湿地表面の温度は $31 \sim 40^\circ\text{C}$ と高かったが, 樹木によって被陰されているミズゴケ群落の中では 25°C と低い値であった。

M8 湿地では, 地形や地表部の水の有無により, 水分量が著しく違っていた (Fig. 6)。地表面が水を被っているP3, P4, P5では $0.4 \sim 0.5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であったが, 乾燥し

たP1, P2, P6では $0.1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ と低い値であった。M1 湿地と同様に晴天時の午前中の観測であったが, 各観測点の水分量の時間的変化はほとんどなかった。

湿地斜面での水の移動

トレーサー法による水の移動速度は, M4及びM7 湿地を除く6 湿地で観測したが, M5, M6 湿地では, それぞれ試験開始から5時間, 6時間を経過しても電気伝導度の明確な極大は検出されなかった。電気伝導度の極大から推定したM1, M2, M3, M8 湿地での移動速度は, それぞれ, $12, 25, 2, 16 \text{ cm min}^{-1}$ であった (Fig. 7)。この4 湿地での水の移動速度と湿地の傾斜角度には相関関係 ($r^2=0.81$, $n=4$, $p<0.1$) が認められた。

湿地面での水の移動速度は湿地内の雨溝等を通る表層水のそれと比較すると著しく遅い。例えば, M1 湿地の端には湿地とほぼ等しい傾斜の溝がみられるが, 湿地内の水の移動が 12 cm min^{-1} であるのに対し, 溝を通る水の速度は 190 cm min^{-1} にも達する。

湿地の表面を流れる水は, 膜状に湿地斜面を流れる水も, 溝のものも湿地末端で伏流し, 湿地下部の小溪流の

Fig. 6. Water contents (volume %) of the dry (P1, P2, and P6) and wet (P3, P4, and P5) grounds in marsh M8.
 図6. M8湿地内での乾燥した区域 (P1, P2, P6) と湿った区域 (P3, P4, P5) の水分含量 (容積%).

Fig. 7. Water movements through the marshes, estimated by salt injection

The vertical axis shows relative electric conductivity (EC) based on the maximum EC value in each experiment. Peaks of the EC value were observed shortly after the salt injection in marshes M2 and M8. No peak EC values were identified in marshes M5 and M6. Distances between salt injection and EC measurement points and the slope gradient of this distance were 26.3 m and 1.1 m/10m for M1, 7.2 m and 1.8 m/10 m for M2, 4.0 m and 0.6 m/10 m for M3, and 6.6 m and 0.9 m/10 m for M8, respectively. Water moving rates were estimated to be 12 cm min⁻¹, 25 cm min⁻¹, 2 cm min⁻¹, and 16 cm min⁻¹, for M1, M2, M3, and M8, respectively.

図7. 塩流しによる湿地内の水の移動速度の推定

縦軸は、各実験で観測された最大の電気伝導度を1とした場合の各測定時間の電気伝導度の相対値。M2, M8湿地では短時間で明瞭な電気伝導度の極大が観測されたが、M5, M6湿地では、この方法では移動速度は推定できなかった。

M1, M2, M3, M8湿地での実験条件 (距離と傾斜) はそれぞれ、26.3 m: 1.1 m/10m, 7.2 m: 1.8 m/10 m, 4.0 m: 0.6 m/10 m, 6.6 m: 0.9 m/10 m. 移動速度は、12 cm min⁻¹, 25 cm min⁻¹, 2 cm min⁻¹, 16 cm min⁻¹となる。

Fig. 8. Photos of marsh algal communities

(a) algal community from marsh M8, (b) the algal community from marsh M3 produced bubbles that were seen in fine middays, (c) The algal communities from all studied marshes were mainly composed of the filamentous algae *Tribonema affine*, (d, e) desmid algae between algal filaments. Scale bars in c, d, and e correspond to 100 μm .

図8. 湿地の藻類群集

a: M8 湿地の藻類群集, b: M3 湿地の藻類群集, 天気の良い日中には, 光合成生産の結果, 泡が生じる, c: 藻類群集は, 調べた湿地の全てで, 糸状藻類の *Tribonema affine* で構成されていた, d, e: 糸状藻類の間にはツツミモ類が見られる. 写真c, d, eのスケール・バーは, いずれも 100 μm .

崖から再びしみだし排水されている。

湿地の水質

湿地上部の滲出水のpHは3～5の範囲であった。電気伝導度はいずれも低く、測定値が 1.5 mS m^{-1} を越す湿地はなかった (Table 1)。5月23日のM1湿地上部、及び下部の湿地表面水の硬度、COD、及びDOは、それぞれ、5.3, 17.4, 7.08 mg L^{-1} , 6.7, 18.7, 4.62 mg L^{-1} であり、湿地斜面を流下することにより、硬度とCODが若干増加し、酸素濃度が低下した。

湿地の一次生産者

いずれの湿地でも、地表面が薄い水膜に覆われている場所では緑色の糸状藻類の繁茂が認められ、検鏡により黄緑色藻綱の *Tribonema affine* G. S. West と同定した。 *Tribonema* 群落中には大型のツツミモ科の緑藻類も見られた (Fig. 8)。2018年8月21日のM1湿地の測定では、単位面積当たりのクロロフィルa, フェオ色素密度は、それぞれ $1.2 \sim 2.9 \mu\text{g cm}^{-2}$ ($n=5$), $0.1 \sim 0.3 \mu\text{g cm}^{-2}$ ($n=5$) であった。

湿地の水棲昆虫

2018年6月から9月までの間に18種類、104個体の

Table 2. Aquatic insects collected from each of the eight marshes in Oomor-okuyama.

表 2. 大森奥山湿地群の8つの湿地で採集した水棲昆虫の個体数.

Order	Family	Species	Marsh No.								Total
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Odonata	Lestidae	<i>Lestes</i> sp. (N)								1	1
	Aeshnidae	<i>Anax</i> sp. (N)								1	1
	Cordulegastridae	<i>Anotogaster shieboldii</i> (N)	1	1						1	3
	Libellulidae	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i> (N)			4	2				1	7
		<i>O. triangular melania</i> (N)			2			1			3
		<i>Nannophya pygmaea</i> (N)	1	1				2			4
		<i>Sympetrum</i> sp. (N)	1	1			1	1	2		6
Hemiptera	Nepidae	<i>Nepa hoffmanni</i> (A, N)	5	10	3	1	10	7	2		38
	Corixidae	<i>Sigara</i> sp. (A)				1					1
	Notonectidae	<i>Notonecta (Paranecta) triguttata</i> (A)				2				2	4
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis</i> sp. (L)				1					1
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Agabus japonicus</i> (A)			1	1					2
		<i>Hydaticus bowringi</i> (A)								1	1
	Hydrophilidae	<i>Enochrus japonicus</i> (A)	7	2	1	1	3	1	3		18
		<i>Hydrochara affinis</i> (A)								1	1
		<i>Sternolophus rufipes</i> (A)				1				5	6
		(unknown) (L)	5								5
	Elmidae	(unknown) (L)	5								5
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i> sp. (L)			1	1					2
Total			20	15	12	11	14	12	7	13	104

N, L, and A in parenthesis denote nymph, larvae, and adult, respectively.

括弧の中のN, L, Aは、それぞれ若虫、幼虫、成虫であることを示す。

水棲昆虫を採集した。最も頻繁に採集された種類は、*Nepa hoffmanni* Esaki (ヒメタイコウチ; 半翅目) で、38個体が見つかった。体長20 mmを越える成虫は8月下旬に3個体採集されたのみであった。次に多く採集されたのは、*Enochrus japonicus* (Sharp) (キベリヒラタガムシ; 鞘翅目) の成虫で18個体が見つかった。両種は、M1～M7湿地に共通に見られたものの、M8湿地では全く採集されなかった。一方、*Lestes* sp. (アオイトトンボ属; 蜻蛉目), *Anax* sp. (ギンヤンマ属; 蜻蛉目), *Hydaticus bowringi* Clark (シマゲンゴロウ; 鞘翅目), *Hydrochara affinis* (Sharp) (コガムシ; 鞘翅目) は、M8湿地のみで採集された (Table 2)。

おわりに—観測結果の解釈と今後の課題—

湧水湿地の起源、構造、及び位置・面積・ミズゴケ群落との関連性

東海地方の湧水小湿地には、斜面に分布するものと土砂が堆積した谷底に形成されたものの2つの型があることを最初に示した浜島 (1976) は、前者の湿地が見られる斜面傾斜を、例外的に3°のものも見られるものの、概ね10～22°としている。また、広木・清田 (2000) は愛知県春日井市の湧水湿地の傾斜の観測で、それらの傾斜が13～24°の範囲であることを示し、40°以上では水

は地表の流路を流れ、湿地を形成しないと述べている。本調査が対象としている大森湿地群でも、3.6° (M3湿地) ～19.9° (M5湿地) の範囲の斜面に湿地が発達しており、それより急な地形では、滲出水は雨溝により排水されている。

丘陵地を構成する鉱物の粒子径により、およその斜面傾斜 (安息角) は決まる (Welland, 2011)。波田他 (1999) は本調査の対象地域・可児市の南に位置する愛知県瀬戸市の丘陵地帯の斜面傾斜を地形図から測定し、花崗岩地域の傾斜分布の最頻値が25～30°であるのに対して砂礫層地域では20°前後であり、前者では崩落地がごく少なく、後者では実に多いことを示している。本研究が対象とした大森奥山湿地も、砂礫層の斜面が崩壊し裸地となった場所で、適当な傾斜があるために湿地が発達したものと考えられる。地滑りにより斜面の崩落が起こりやすい地形では、また地下水の供給量も多いことも黒田 (1966) が指摘している。崩壊地での湿地形成は、人為的に崖が造られたM8湿地でも見られる。M8湿地は、2010年頃の宅地造成工事の時期にできたものと考えられる (テクノ中部, 2010)。

本調査の対象とした湿地群では、斜面の掘削調査は行っておらず、湿地の難透水層の深さや地質は明らかではない。しかし、M8湿地を除く、各湿地斜面では、薄い黒泥層の下から10 cm付近の深さに検土杖が貫通でき

ない層が共通にあり、これがM8湿地の掘削跡に露出している鬼板層であると考えられる。

湿地上部の傾斜の変曲点から滲み出す水は、線状の湧水部となり（梅田, 2013）、深い位置の粘土層ではなく、湿地表面近くに形成された鬼板層を難透水層として、湿地表面と鬼板層より浅い砂礫層を流れるものと考えられる。鬼板層が難透水層となることは、広木・清田（2000）も愛知県春日井市の湿地群で観察している。

砂礫層内を流れる水は、同様な斜面傾斜であっても、雨溝の様な表層の流れよりも抵抗が大きい。そのため長時間斜面に滞留し、そこに湿地環境が維持されるのであろう。一方、鬼板層には亀裂も生じるため、全く水を通さないわけではなく一部の水は地中に深く浸透し、また斜面を流下する際の蒸発により、湿地下方では次第に水量が減じる。従って、湿地はその下部で面積を縮小し、特定の流入水路のない湿地では、扇形となるのである。湿地の水の計算上の滞留時間は、湿地の面積、難透水層の深さ、砂礫層の含水率、及び滲出水量から推定できる。M1湿地の面積は420 m²であり（Table 1）、鬼板層が10 cm程の浅い位置に分布し、湿地表面に水が見られる斜面の含水率を50%と考えれば（Fig. 6）、湿地の貯水量は21 m³となる。多雨の時期、渇水の時期の単位面積当たりの平均滲出水量は、それぞれ3 L m⁻²min⁻¹、0.5 L m⁻²min⁻¹であり（Fig. 5）、湿地上部からの給水量全体は、4.8 m³ h⁻¹、0.8 m³ h⁻¹と換算されるため、滞留時間は、多雨の時期に4.4時間、渇水の時期に26時間となる。一方、多雨の5月（観測日を含む直前10日間、20日間の積算降水量は、それぞれ36 mm、178 mmであった）に、トレーサー法により推定した湿地内の水の移動速度は12 cm min⁻¹、湿地の上端から下端までの距離は28 mであるので、水は湿地を3.9時間かけて通過することになる。計算上の多雨の時期の平均滞留時間と概ね一致する。

大森奥山湿地群の各湿地の面積と位置する標高には関連が見られ、高い位置のものほど面積が大きい（Fig. 1, Table 1）。これは湿地を涵養する水の量が高位置程多量であり、それが湿地の面積を決めることを示すものである。表面流入のない扇形のM1、M5湿地の面積比は6:1、推定された滲出水量比は6:1～25:1（n=4）である。

湿地群で上部に位置し、面積が大きいM1～M3湿地では、ミズゴケ群落が発達しており、下部の湿地ではそれを欠く（Fig. 1b）。また、ミズゴケ群落があるM1湿地では、それを欠くM5湿地に比べ多量の滲出水量がある（Fig. 5）。土壌水分とコケ植物の分布との関係を調査した竹崎他（2012）は、*S. girgensohnii* Russow（ホソバミズ

ゴケ）が生育する土壌水分が80%以上と極めて高いことを示した。大森奥山湿地群のミズゴケ種名は未だ明らかではなく、ミズゴケの種類により乾湿の嗜好は異なると思われるが、大森奥山湿地の高位置の湿地の上部のみに見られるミズゴケ群落は、そこに多量の水が供給されていることの傍証となろう。

湧水湿地の水質と生物相の特異性と他の立地の湿地との共通性

pHが低く、栄養塩に乏しい水で涵養されるのは、本研究が対象とした低地に分布する湧水湿地だけではなく、高地に位置する湿原でも同様である（本多, 1963; 福原・宮下, 1995; 栗田・峰村, 1999）。また、水質の影響を強く受ける藻類等の小型の一次生産者も共通性が高く、低地の大森奥山湿地群で共通に見られた*T. affine*とツツミモ類から構成された群集は、高地の日光兎島や（根来, 1938）、北アルプスの餓鬼田の藻類植生（村上他, 2019）と良く似た構成となっている。

最も多数採集された水棲昆虫であるヒメタイコウチは、東海地方の洪積台地と沖積平野の境に特有なものである（伴他, 1988）。また、次いで多く採集されたキベリヒラタガムシも尾瀬ヶ原や（Satô, 1982）、白山（石川県; 上馬・富沢, 2009）等の高地の湿原での採集記録があるが、湿原特有な種類ではなく、平地の水田や湖沼に普通に見られる種類である（市川・大庭, 2015; 森, 2017）。

興味深いのは、この2種が従来からの湿地群（M1～M7）には普通に見られるのに対して、新しくできたM8湿地では全く採集されなかったことである。M7・M8間は、5 m程の高低差があるが、距離は10 mしか離れていない。両種の移動性で説明することには無理がある。同様な分布は*Nannophya pygmaea* Rambur（ハッチョウトンボ; 蜻蛉目）にも見られる。同種の成虫は、M8湿地を含む大森湿地群の全域で良く見かけるものの、本種の若虫はM8湿地では採集されていない。起源の新しいM8湿地では、他の湿地と比較すると、未だ黒泥層が全く発達しておらず、恐らく、この様な微環境の違いが、水棲昆虫相の違いとして現れるものと考えられる。

一方、*Pecteilis radiata* (Thunb.) Raf.（サギソウ）や*Platanthera tipuloides* (L. f.) Lindl. subsp. *nipponica* (Makino) Murata（コバノトンボソウ）等のラン科の植物は、NPO可見ネイチャークラブ（2014）等の過去の調査では大森湿地群で記録されているものの、我々の調査では、日当たりの良いM8湿地でしか確認していない。湿原植生の成立には、強い日照が必要であると考えられている（波田,

2001)。M1～M7湿地の遷移が進み、被陰の影響が表れてきており、新たに生じた空地が生息場となった可能性がある。サギソウ等のラン科植物が新たな生息場所で目立つようになるには、5年程の時間が必要らしい（波田，2001）。

謝 辞

愛知学院大学教養部・富田啓介博士からは、東海地方の湧水湿地の様々な情報を教えていただき、また、湿地の保全についても意見を交換させてもらった。本研究の対象とした大森奥山湿地の地権者及び隣接する可児市桜ヶ丘地区の自治会連合会の皆様からは、現地への立ち入りや調査についてご理解を賜り、便宜を図っていただいた。謝意を表する。

引用文献

愛知県環境部自然環境課（編）（2007）：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。

新井正（1994）：トレーサー法。水環境調査の基礎，新井正（著）：64-67。古今書院，東京。

伴幸成・柴田重昭・石川雅宏（1988）：日本の昆虫⑭ ヒメタイコウチ。文一総合出版，東京。

福原晴夫・宮下高志（1995）：小松原湿原（新潟県中魚沼郡）における池塘の分布といくつかの陸水化学的特徴。新潟大学教育学部紀要，36（2）：85-97。

福井聡・栃本大介・吉田久視子・武田義明（2012）：湧水湿地における周辺樹木の生長による湿地面積の縮小と種多様性の変化。ランドスケープ研究，75：457-460。

福尾券一（1955）：尾張瀬戸地方産鬼板中の褐鉄鉱について。鉱物学雑誌，2：292-296。

後藤稔治・広木詔三（2001）：大根山湿地（岐阜県恵那市飯地町）の植生。植物地理・分類研究，49：57-62。

波田善夫（2001）：湿原における保護と復元。生態学からみた身近な植物群落の保護，日本自然保護協会（編）：80-85。講談社サイエンティフィク，東京。

波田善夫・本田稔（1981）：名古屋市東部の湿原植生。Hikobia Supplement，1：487-496。

波田善夫・中村康則・能美洋介（1999）：海上の森の自然：多様性を支える水。保全生態学研究，4：113-123。

浜島繁隆（1976）：愛知県・尾張地方の小湿地植生（I）。植物と自然，10（5）：22-26。

広木詔三（2002）：湧水湿地の遷移。里山の生態学，広木詔三（編）：89-96。岩波書店，東京。

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性植生とその成因。情報文化研究，（11）：31-49。

廣瀬弘幸・山岸高旺（編）（1977）：日本淡水藻類図鑑。内田老鶴圃新社，東京。

本多啓七（1963）：奥黒部のガキ田の生態。自然と社会，29・30：10-15。

市川憲平・大庭伸也（2015）：兵庫県西部におけるタガメとゲンゴロウが繁殖する池と水田の水生昆虫相。日本環境動物昆虫学会誌，26：89-93。

河合和幸（2014）：岐阜県東濃地方における湧水湿地の現状。湿地研究，4：19-22。

河合和幸・北村光男・横井洋文・近藤紀巳（2003）：可児市の湿原群。東海花の湿原紀行，自然学総合研究所・地域自然科学研究所（編）：72-75。風媒社，名古屋。

川合禎次・谷田一三（2005）：日本産水生昆虫一科・属・種への検索。東海大学出版会，秦野。

栗田秀男・峰村宏（1999）：尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究1。水質と一次生産 第1報。尾瀬の自然保護，（22）：68-78。

黒田和男（1966）：地すべり地と地質構造の因果関係について。地学雑誌，75：123-135。

Lorenzen, C. J. (1967): A note on the estimation of chlorophyll a in freshwater algal communities. Limnology and Oceanography, 12: 340-346.

増田房義・田中健治（1989）：高吸水性ポリマーとその利用。日本家政学会誌，40：721-724。

森正人（2017）：兵庫県の水生ガムシ類。きべりはむし，39：42-52。

村上哲生・久野良治・岡田真衣・上野薫・南基泰（2019）：飛騨山脈・太郎兵衛平湿原池塘群（富山県）の陸水学的性状。陸水学雑誌，80：1-11。

根来健一郎（1938）：日光兔島ミズゴケ湿原の藻類。陸水学雑誌，8：9-13。

NPO可児ネイチャークラブ（編）（2014）：大森湿地群の動植物。可児市役所，可児。

Satô, M. (1982): The Coleoptera of the Ozegahara Moor. Ozegahara; Scientific research of the highmoor in Central Japan, Hara, H., Asahina, S., Sakaguchi, Y. Hogetsu, K. and Yamagata, N. (eds.): 379-408. Japan Society for Promotion

of Science, Tokyo.

瀬沼賢一 (1998) : 美濃－三河地域の低湿地植生. 植生学会誌, 15: 47-59.

芹沢俊介 (1992) : 愛知県および岐阜県東濃地方の丘陵・低山地における湿地性植物の現状. 愛知教育大学植物標本室報告 No. 1. 愛知教育大学生物学教室, 刈谷.

竹崎大悟・安田正次・百原新・梅木清・沖津進 (2012) : 日光金精峠亜高山針葉樹林林床におけるコケ植物の分布と土壌水分の関係. 食と緑の科学, (66) : 55-59.

Takeuchi, K. (2003): Satoyama landscapes as managed nature. Satoyama, the traditional rural landscape of Japan, Takeuchi, K., Brown, R. D., Washitani, I., Tsunekawa, A. and Yokohari, M. (eds.): 9-16. Springer, Tokyo.

テクノ中部 (2010) : 可児市宅地造成事業に係る動植物調査業務最終報告書. テクノ中部, 名古屋.

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 (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, 85-2: 85-105.

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.

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.

上馬康生・富沢章 (2009) : 白山判官堂湿原の動物相. 石川県白山自然保護センター研究報告, 36: 29-31.

上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝 (1985) : 原色日本甲虫図鑑 (Ⅱ). 保育社, 大阪.

梅田美彦 (2013) : 土岐砂礫層堆積地域に立地する湧水湿地の成因と形成時期. 地形, 34: 113-128.

Welland, M. (林裕美子訳) (2011) : 砂山の不思議な性格. 砂, Welland, M. (著) : 45-48. 築地書館, 東京.