

中山間地域における耕作放棄水田の植生変化が 復田作業に及ぼす影響

Influence of vegetation changes in abandoned paddy fields on their restoration measures in mountainous regions

大黒俊哉*, 有田博之**, 山本真由美**, 友正達美***

Toshiya Ohkuro*, Hiroyuki Arita**, Mayumi Yamamoto**, Tatsumi Tomosho***

(*農業環境技術研究所, **新潟大学, ***農業工学研究所)

(*National Institute for Agro-Environmental Sciences, **Niigata University, ***National Institute for Rural Engineering)

I はじめに

近年、全国各地で急速に進む水田の耕作放棄は、わが国の食糧生産ポテンシャルをさらに低下させるとともに、従来の二次的自然環境を大きく変容させ、水田が本来備えている各種の環境保全機能の低下を引き起こすことが懸念されている。とりわけ中山間棚田地域では、斜面崩壊などの自然災害の増加や、良好な棚田景観の消失が大きな問題となっている。そのため、植生をはじめとする自然環境の変化に関する詳細な調査に基づいた、放棄水田の適正な保全・管理方策の確立が、長期的な食料需給をふまえた農地資源の保全および、二次的自然環境の保全という両方の観点から、緊急の課題となっている(有田ほか2000)。

植生からみた放棄水田の環境変化は、二次遷移のプロセスとしてとらえることができる。放棄水田の植生遷移についてはこれまでも、雑草防除や復元対策の観点から多くの報告がなされている(箱山ほか1977;笠原ほか1978;安西・松本1988;松村ほか1988)。一方、最適な保全管理技術やそれにとりもなう費用、さらには復田に要する費用は、遷移系列上のステージごとに異なってくると考えられる。しかし、遷移の進行にとりもなう種組成・バイオマスの経時的変化を復田作業・費用との関連で詳細に論じたものはほとんどない。

そこで本研究では、中山間棚田地域を対象に、放棄水田における遷移系列を把握し、生態学的な

観点からいくつかのステージに区分したうえで、ステージごとの最適な管理手法や復田コストを診断・予測するための植生指標を、質的・量的な側面から検討することを目的とする。

II 調査地と調査方法

1. 調査地の概要

調査地として、新潟県東頸城郡大島村を選定した。大島村が位置する東頸城丘陵一帯の地質は第三紀泥岩層からなり、急傾斜地すべり地帯として知られる(足立ほか1994)。年平均気温は13℃、年降水量は3,038mmであるが、全国有数の多雪地帯であるため冬期(11~2月)の割合が50%を超える。積雪は平年で250cm、多い年では350cmに達する(北陸農政局1990)。

大島村をはじめとする東頸城地域では、多量の積雪がもたらす融雪水や湧水を利用して、山間部の谷間のみならず、比較的標高の高い急傾斜地にも水田が開かれてきた。そのため、ほとんどの水田は小区画・未整備の棚田として傾斜1/20以上の急傾斜地に分散している(中島1993)。

2. 調査方法

大島村北部のA地区(標高約350~400m)を対象として、まず、1976年以降ほぼ5年おきに撮影された空中写真の判読により、各撮影年における水田の管理状況を把握し、それらの休耕・放

棄年数を推定したうえで、2000年7月下旬に現地踏査を行い、遷移系列および休耕・放棄年数の異なる35圃場を調査圃場として選定した。

つぎに、植生変化の量的・質的指標を検討するための調査を2000年10月上～中旬に行った。調査方法・調査項目は以下のとおりである。各調査圃場内に1m×1mの方形区を設定し、全出現種の被度を測定するとともに、方形区内の全植物個体の地上部および未分解植物遺体のサンプリングを行い、80℃で48時間乾燥した後、乾重を測定した。

主要な優占種であるヨシ (*Phragmites australis*)、ガマ (*Typha latifolia*)、ススキ (*Miscanthus sinensis*) については、個体数・サイズに関する調査を行った。測定項目は、上記方形区内個体の草高、桿数、桿直径(地際)である。さらに、個体識別の可能なススキについては、株数、株直径、株あたりの桿数も測定した。なお桿直径については、ランダムに10本選んで測定した。

地下部については、上記調査圃場のうち8圃場について、バックホウにより幅1m、深さ1mの土壌断面を作成し、根系の分布状態を観察するとともに、縦15cm・幅30cm・深さ10cmの土壌ブロックを1mの深さまで採取し、地下部バイオマスの測定に供した。土壌からの根の分離は、村上(1998)の方法にしたがって行った。分離したサンプルについては80℃で48時間乾燥した後、乾重を測定した。

III 調査結果

1. 種組成の経時的変化

35圃場について植生調査を行った結果、全出現種数は80種であった。まず、耕作放棄にともなう種組成の経時的変化を把握するため、全サンプルを用いてTWINSPAN (Hill 1979) による分類を行った。TWINSPANは、区分種を利用して二分割によってサンプルを階層的に分類する手法である。解析に際しては、被度を0%、5%、25%、50%、75%で区切り、1～5の階級値に変換した。

TWINSPANの結果を図1に示す。サンプルは第3分割までで6スタンド群に分割されたが、そ

のうち2N、5N、5Pはヨシを中心とする湿性のグループ(以降湿性タイプとよぶ)、6N、6P、3Pはススキを中心とする乾性のグループ(以降乾性タイプとよぶ)であり、これらは第1分割で明瞭に区分された。

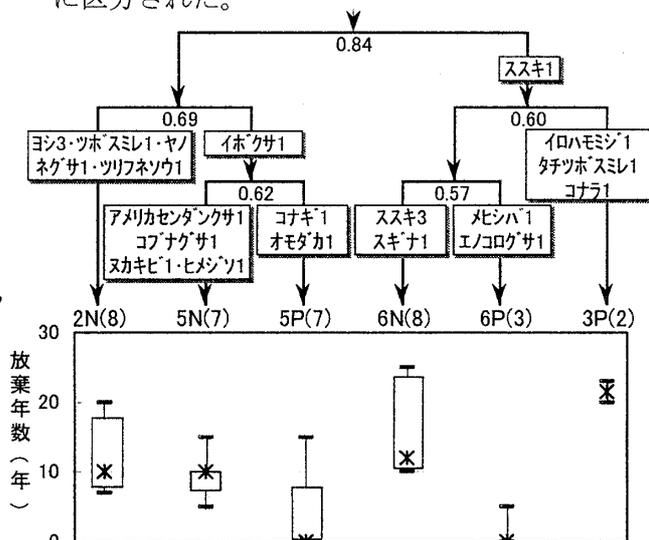


図1 TWINSPANによる分割過程および分割されたスタンド群と放棄年数の関係

図上の数字は各分割における固有値、種名は分割に使用された種および階級値を示す。矢印下の記号・カッコ内数字はスタンド群名・サンプル数を示す。箱型図は25～75%、中央値(*)および最大・最小値を示す。

湿性タイプでは、2Nはヨシ(被度階級3)・ツボスミレ (*Viola verecunda*) 等の多年生草本、5N、5Pはアメリカセンダングサ (*Bidens frondosa*)・コナギ (*Monochoria vaginalis var. plantaginea*) 等の水田雑草によって区分された。とくに5Pは、ほとんどが調整水田など常時湛水状態にある圃場であった。放棄年数との関係をみると、2Nが5N、5Pよりも放棄年数の長い圃場を多く含む傾向を示したが、5N、5Pのなかにも放棄後10年以上経過している圃場がみられた。

乾性タイプでも同様に、ススキ(被度階級3)・スギナ (*Equisetum arvense*) 等の多年生草本によって区分されるスタンド群(6N)、メヒシバ (*Digitaria adscendens*)・エノコログサ (*Setaria viridis*) 等の一年生畑雑草によって区分されるスタンド群(6P)が抽出された。同グループではさらに、タチツボスミレ (*V. grypoceras*)・コナラ (*Quercus serrata*) 等の周辺樹林地の構成種によ

って区分されるスタンダード群 (3P) もみられたが、これらはタニウツギ (*Weigela hortensis*)・バッコヤナギ (*Salix bakko*) 等の木本植物が侵入・優占した圃場であった。放棄年数は、6P<6N<3Pの順に長くなる傾向を示した。

2. 優占種サイズの経時的変化

つぎに、放棄年数の経過にともなう優占種サイズ変化の傾向を解析した。なお、調査では上述の乾性タイプについてはススキ、湿性タイプについてはヨシおよびガマを対象種としたが、ガマについてサンプル数が少なく明瞭な傾向が認められなかったため、ここではススキおよびヨシの結果を示す (図2)。

ススキでは、株数をのぞいて放棄年数の経過とともに増加する傾向を示した。とくに、草高、最大株直径では放棄後10年前後で急激に増加した。逆に株数は、10年前後に急減した。一方、樹林化が進んだ3Pでは、ススキ個体はほとんど消失していた。

ヨシでも、草高、桿直径が放棄後10年前後に急増する傾向が認められた。しかし、ススキと比較して、同一年数の圃場間でサイズにやや大きなばらつきがみられた。また、湛水条件下の5Pではヨシはほとんどみられなかった。

ススキおよびヨシが優占する6N、2Nについてロジスティック曲線を当てはめたところ、ススキでは草高・桿直径・最大株直径で、ヨシでは草高・桿直径で比較的良好に近似できた。

3. 地上部現存量の経時的変化

つぎに、地上部の刈り取り調査および未分解植物遺体 (リター) の採取を行い、放棄年数の経過にともなう地上部現存量変化の傾向を解析した (図3)。

乾性タイプでは、ススキの現存量が、サイズでみられた変化と同様に、放棄後10年前後で急増する傾向を示した。リターも同様の増加傾向を示し、10年以上経過した6Nのサンプルでは、生存個体の現存量とほぼ同程度の堆積量を示した。一方、木本植物の優占する3Pでは、リターの堆積量は減少したものの、生存個体の現存量はさらに増加し、10kg/m²以上に達した。

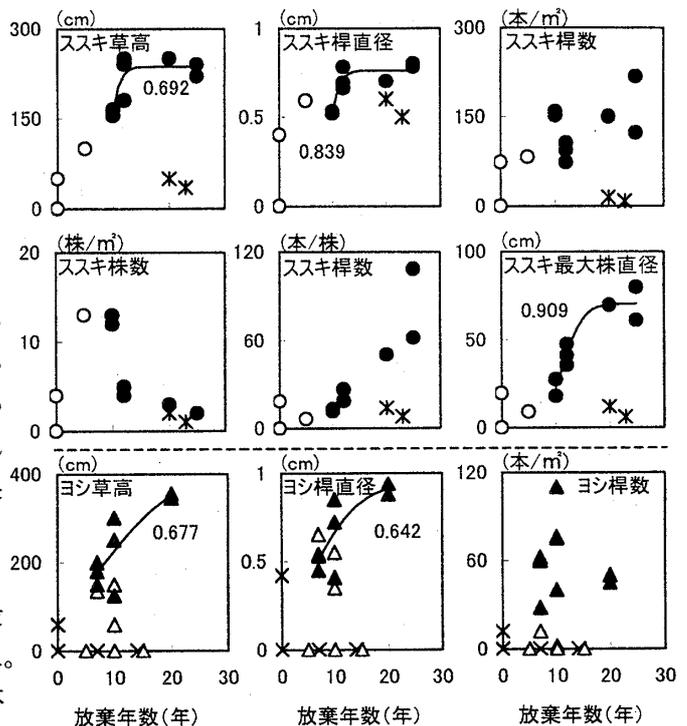


図2 乾性タイプにおけるススキおよび湿性タイプにおけるヨシのサイズ変化

図中のシンボルは、TWINSPLANで分割されたスタンダード群を示す。

○: 6P, ●: 6N, *: 3P, △: 5N, ▲: 2N, ×: 5P。各スタンダード群の内容については図1および本文参照。曲線: 6N, 2Nへのロジスティック曲線のあてはめ。r²(図中の数値)>0.5のもののみ示した。

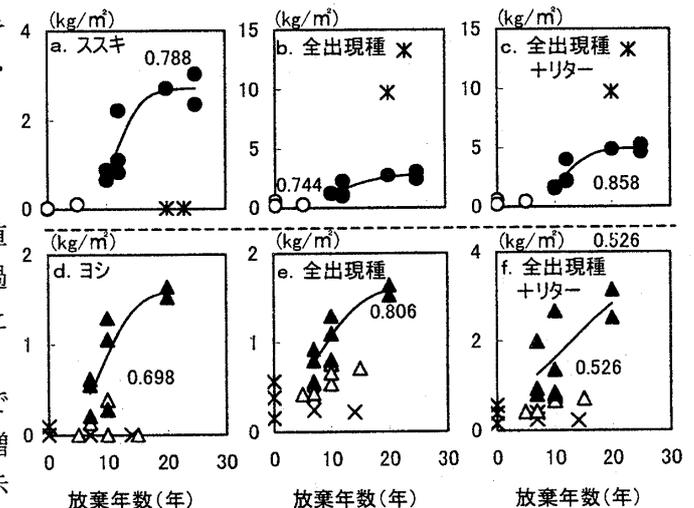


図3 乾性タイプおよび湿性タイプにおける地上部乾重の推移

a~c: 乾性タイプ, d~f: 湿性タイプ。シンボルおよび曲線については図2参照。

湿性タイプでも乾性タイプと同様、ヨシの優占する2Nを中心に、放棄後10年前後で生存個体の現存量およびリターの堆積量が急増する傾向を示した。しかしこれとは対照的に、5N、5Pでは放棄後10年以上経過した圃場でも現存量の増加はみられず、リターの堆積もほとんど認められなかった。

ロジスティック曲線を当てはめたところ、ススキ・ヨシの優占する6N、2Nのみを対象とした場合には比較的良好に近似できた。

4. 地下部現存量の経時的变化

地下部については、乾性タイプ、湿性タイプから遷移段階を代表すると思われる8圃場について調査を行った。調査断面の地下部現存量の垂直分布を図4に示す。

根系の深さをみると、遷移初期段階の圃場(6P, 5N)ではおおそ50cm程度まで、ススキ・ヨシなどの大型多年生草本が優占する圃場(6N, 2N)では1m以上に達していた。しかし、現存量の割合でみると、いずれの圃場でも表層付近に集中しており、0~30cmの層位に8割以上が分布していることがわかった。一方、木本植物の優占する圃

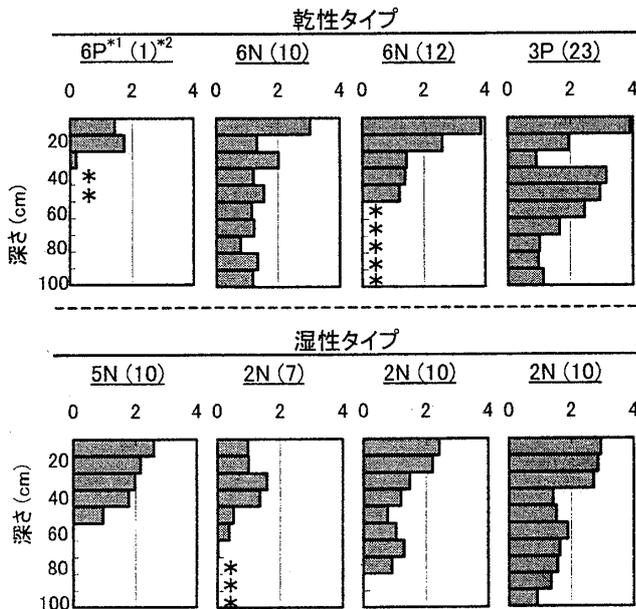


図4 地下部現存量の垂直分布

*1: 図1参照, *2: 放棄年数。

横軸の数値は、 \log_{10} (乾重) (g/m^3) を示す。図中の*は、その層位に1 ($=10^0$) g/m^3 以下の根が存在していることを示す。

場(3P)では、より深い層まで根系を発達させており、40~60cm付近でも現存量が多かった。

図5に地下部現存量と放棄年数および地上部現存量との関係を示す。サンプルが少ないため、乾性・湿性両タイプを同一グラフにプロットしたが、放棄年数との関係はおおよそ地上部現存量と同様、放棄後10年前後で急増する傾向を示した。地上部現存量との関係を見ると、地上部の増加にともない地下部も同様の増加傾向を示すことがわかった。

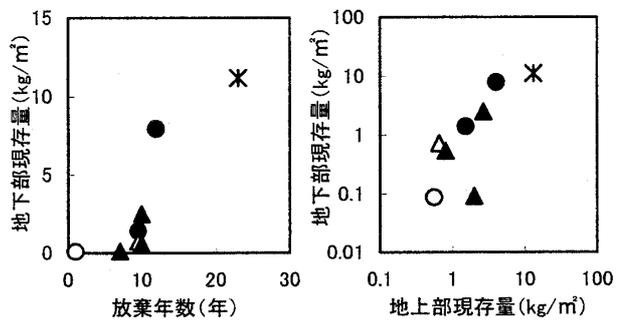


図5 地下部現存量と放棄年数(左)および地上部現存量(右)との関係

シンボルについては図2参照。

IV 考察

放棄水田の植生遷移では一般に、水分状態によって乾性および湿性の遷移系列にわかれるが(箱山ほか 1977)、優占種の生活型レベルで見れば、両者とも①一年生・二年生草本→②多年生広葉草本→③多年生イネ科草本→④木本という、二次遷移にみられる一般的な推移(林 1990)を示すことが多い。調査地の放棄水田でも同様のパターンが認められた。そこでまず、こうした生活型レベルでの変化と復田作業との関係について考察する^{注1)}。

一年生草本や小型多年生草本が優占する①~②のステージでは、地上部・地下部ともバイオマスが小さいことから、プラウによる反転やロータリーによるすき込み等の耕起作業が中心になると考えられる。また、草丈がやや伸長した場合や、ツル植物が被覆した場合には、耕起の前に刈り払いや植物体の集積等の作業が加わる。これに対し

木本植物の優占する④のステージに達した場合、復田のためにはチェーンソーによる伐採やバックホウによる除根、さらには農地基盤の均平作業等が必要になる。これらのステージおよび作業工程を、本調査で区分された群落タイプと関連づけると、①～②は6P, 5N, 5P, ④は3Pによって指標されるといえる。

一方、ススキやヨシなどの大型多年生草本が侵入・優占する③のステージは、本調査では2N, 6Nに対応するが、これらのタイプに含まれる圃場は放棄年数に大きな幅があることが示された(図1)。このことから、③のステージで必要とされる復田作業も多岐にわたることが想定され、生活型レベルの群落タイプのみから復田作業を指標することは困難と考えられる。

そこでつぎに、優占種を中心としたバイオマスの変化と復田作業との関係について考察する。本研究では、乾性タイプについてはススキ、湿性タイプについてはヨシに着目して調査を行ったが、サイズやバイオマスの変動パターンには共通する点が多く認められた。すなわち、放棄後10年前後でススキ、ヨシが急激に地上部のサイズを増加させ、優占度を高めていくことが明らかになった(図2, 図3)。ススキのサイズ成長については、株拡大にともなって中心部が枯死していくとともに(矢野1965)、株サイズが10数年で上限に達することなどが知られている(小林1992; 大黒ほか1996)。本調査でも、サイズが急激に増加した後は放棄年数が経過しても大きな変動を示さず、これまでの報告と同様の傾向を示した。また地下部バイオマスについても、ススキ株の成長にともなって地上部とほぼ同程度に達することが示された(図4, 図5)。これらのことから、③のステージにおける復田作業の難易度は、優占種のバイオマスが急激に変化する時期によって、クリティカルに区分されることが示唆された。すなわち、急増する前の段階では、上述した①～②に近い作業か、ブルドーザによる除根が加わる程度にとどまるのに対し、後の段階では、株や根系が発達するためバックホウによる除根が必要となる、植物体の集積量も著しく増加するなど、④に近い作業内容になると考えられる。

したがって、復田の労力とコストを考慮すれば、前者の段階に植生の状態を維持しておくことが望ましい。ススキのサイズを指標として植生変化をみた場合、本調査地域についていえば、草高2m, 最大株直径50cm, 地上部乾重2kg/m²などの値が、後者の段階に達したことを示すおおよその量的指標としてあげられ(図2, 図3)、少なくともこのサイズに達する前に何らかの管理を行うことが必要と考えられる。ヨシについても、ススキと同様の傾向を示したことから、ヨシのサイズを指標とした場合には、草高3m, 茎直径0.8cm, 地上部乾重1kg/m²といった値が量的指標としてあげられよう(図2, 図3)。

ところで、湿性タイプでは、放棄後5～15年でヨシのサイズにバラツキがみられた(図2, 図3)。これは、湿性タイプのなかには過湿な立地も含まれるなど、水分状態に大きな幅があったため、遷移進行の速度や遷移系列の変動も大きくなったことが原因と考えられる。とくに特徴的なのは、湛水状態にあった5Pのバイオマスが、放棄後長期間にわたって低く維持されていることである(図3)。このような例は、他の放棄水田でも報告されており(松村ほか1988; 角野1998)、湛水管理がバイオマス増加の抑制に効果的であることを示唆するものである。

V おわりに

以上のように、放棄水田の植生遷移と復田作業との関係を考察した結果、生活型組成に基づく質的な指標とバイオマス変化に基づく量的な指標を利用することにより、遷移ステージごとの復田作業の診断・予測が可能であることが示唆された。すなわち、①～②および④のステージでは主に種組成を指標として、また③のステージでは優占種のサイズを指標として、それぞれの植生タイプに対応した復田作業の構成を示すことができた。

しかしいくつかの課題も残されている。遷移初期や木本植物侵入期など、今回の調査でサンプル数が十分に確保できなかったステージについては、今後補足調査を行ってより詳細なプロセスを明らかにする必要がある。また、水分状態の程度

に大きな差のみられた湿性タイプについては、今後さらにタイプを細区分するなど、遷移系列を再検討するとともに、水分環境変動の履歴等に関する調査も必要と思われる。

今後は、植生指標の精緻化を進めるとともに、それらに対応した復田作業の内容およびコストとの関係をより詳細に検証していく必要がある。さらに、本研究で対象としなかった田面以外の再整備コスト等の評価も組み入れたうえで、農地資源保全のための管理体系を構築していく必要がある。

なお、本研究を行うにあたり、農業土木総合研究所安井秀則氏、河原秀聡氏には、終始多くのご助言とご協力をいただいた。大島村役場滝沢恵一氏、小山建設小山章喜氏、新潟大学農学部の学生諸氏には、現地調査の際に多大なご協力をいただいた。以上の方々に記して謝意を表す。

注1)復田作業には、植生の処理(刈り払い・除根・集積等)、圃場面の整備(整地・均平・耕起等)、畦畔の造成などの工程が含まれるが、ここでは植生の状態と関連の強い前2者の工程を対象とした。

参考文献

- 1) 足立一日出・津田幸徳・備前信之・田村弘幸(1994)「多雪・地すべり地帯の農業と農村環境」農業土木学会誌 62, pp.515-519.
- 2) 安西徹郎・松本直治(1988)「水田の休耕にともなう雑草の発生状況と土壌の変化」千葉県農業試験場研究報告 29, pp.93-104.
- 3) 有田博之・友正達美・河原秀聡(2000)「粗放管理による農地資源保全」農業土木学会論文集 209, pp.109-117.
- 4) 箱山晋・田中日吉・縣和一・武田友四郎(1977)「休耕田の植生遷移に関する研究 第1報 福岡県北西部地域における休耕田の植生」日本作物学会記事 46, pp.219-227.
- 5) 林一六(1990)『植生地理学』, 大明堂.
- 6) Hill, M.O. (1979)『TWINSPAN- A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes.』Cornell University Press, Ithaca, New York.
- 7) 北陸農政局計画部資源課(1990)「総合整備計画手法調査報告書・旭地区(新潟県大島村), 基礎調査編」
- 8) 角野康郎(1998)「中池見湿地の植物相の多様性と保全の意義」日本生態学会誌 48, pp.163-166.
- 9) 笠原安夫・藤沢浅・黒田耕作(1978)「休耕乾田の雑草群落の遷移に関する生態的研究」農学研究 57, pp.93-126.
- 10) 小林克実(1992)「温暖地の非相互作用下におけるススキ株の地際面積の上限」日本生態学会誌 42, pp.45-59.
- 11) 松村正幸・西村伸郎・西條好迪(1988)「飛騨地域の山間休耕田における植生遷移」日本生態学会誌 38, pp.121-133.
- 12) 村上敏文(1998)「根の洗い出し法」『根の事典(根の事典編集委員会編)』, 朝倉書店, pp.378-380.
- 13) 中島寛爾(1993)「中山間傾斜地域における農地保全と水田農業の展開条件—新潟県東頸城地域を対象として—」北陸農業研究資料 29, pp.1-36.
- 14) 大黒俊哉・松尾和人・根本正之(1996)「山間地における放棄水田と畦畔のり面の植生動態」日本生態学会誌 46, pp.245-256.
- 15) 大黒俊哉・松尾和人・根本正之(1997)「生物多様性保全の視点からみた中山間地の耕作放棄水田植生—新潟県大島村を事例として—」農村計画学会 1997 年度学術研究発表会講演要旨, pp.145-148.
- 16) 矢野悟道(1965)「草原植物の地下器官について. 第1報 ススキ」日本草地学会誌 11, pp.48-54.

Summary: We surveyed vegetation changes in abandoned paddy fields in mountainous regions of central Japan, to examine both qualitative and quantitative indices to an assessment of appropriate restoration measures. The surveyed samples were classified into two types, *Miscanthus sinensis* type at dry sites and *Phragmites australis* type at wet sites. Individual sizes and aboveground phytomass of dominant species increased abruptly after abandonment in about ten years. Litter accumulation and belowground phytomass also increased with fallow duration. Based on the results, we discussed the relation between succession and restoration works, and proposed species groups and size values of dominant species to indicate restoration measures.