

耕作放棄水田における土壌・土層構造の変化と植物遷移

*Change of Soil Structure and Plant Succession of Renounced Rice Field
in Hilled Rural Area*

岩田 文明[†] 成岡 市^{††}
(IWATA Fumiaki) (NARIOKA Hajime)

I. はじめに

わが国では、1960年代から農山村の過疎・高齢化問題、水田や畑の耕作放棄問題が顕在化し、農業・農村の一部では傾斜地農業問題がクローズアップされてきた。その後、耕作放棄がより一層深刻な問題として取上げられ、中山間地域の概念が頻繁に論じられるようになった¹⁾。このなかで農村や棚田には多面的・公益的な機能がありながら、過疎化あるいは耕作放棄によってその機能が失われていくことなども論じられている²⁾。

本報は、これらの諸情勢ならびに「環境保全」や「多面的・公益的機能」を念頭におきながら、長野県内の中山間地を取上げ、棚田が耕作放棄された場合に生じる土壌・土層構造、植生の変化・変遷メカニズムに注目し、中山間傾斜地の保全と利用の方向性について考察した。

II. 調査方法

1. 調査地

長野県大岡村(北緯 36° 30' 20", 東経 137° 59' 26")は、丘陵性の山々に囲まれ、集落および農地は海拔 500~900 m の急傾斜地に点々と形成されている。雄大な飛騨山脈の山並みを一望できる景観は、ふるさとづくりを目指す同村の象徴となっている。同村は典型的な内陸性気候を有し、気温の年較差・日較差が大きく、積雪も多い。耕地面積の約 67% を占める棚田(170 ha; 大岡村, 1993)は、ほとんどが谷地に形成され、周辺の極相林はコナラやイヌシデであった。現地調査は 1995~1996 年の 6 月(写真-1)、10 月(写真-2)に実施した。

2. 最適なバルーン空中撮影による谷地地形の把握

バルーンに取付けたカメラの遠隔操作によって棚田の空中撮影を行い、モザイク状に撮った個々の写真を集成した。あらかじめ地表の測量を行っておき、集成図の位置合わせをした。降雨後の午前中、風が弱く空気が澄ん



写真-1 耕作放棄水田の春の調査



写真-2 耕作放棄水田の秋の調査

だ状態での撮影が有効である。この方法は、航空機による撮影より安価であり、谷地地形において、時間の経過とともに順次撮影するには有効である。

3. 現場圃場の迅速な土壌調査

(1) 土層の硬度分布 表土が薄く、浅い位置に礫層があり、起伏に富んだ地形での土層の力学的構造(硬度分布)調査には、貫入式硬度計(DIK 5520)が有効だった。春と秋、後述する植生調査用コドラート設置圃場において、圃場の中央に 1 点、四隅に各々 1 点の計 5 点で鉛直方向の硬度分布を測定した。

(2) 土層の土壌物理的環境 上記の調査を行った圃

[†] 月ヶ瀬健康茶園

^{††} 岡山大学環境理工学部



中山間傾斜地水田, 耕作放棄, 土壌・土層構造, 植物遷移, 多面的機能, 公益的機能

場の上流側（山側）と下流側（谷川）について検土杖による鉛直方向の土性、水分量、酸化還元反応などの調査（たとえば、現場調査法³⁾による）を行った。とくに含水比は、表層から30 cm深までの採取土を密封して持ち帰り、炉乾法で測定した。また、植生調査のために行った作土層の体積含水率をTDR（Trime-System）で測定した。測定範囲は16 cm深、径8 cmの円柱範囲であり、測定値は作土層の平均体積含水率と判断した。

4. 植生分布と積算優占度（SDR）の算出

限られた調査期間で植生分布と優占度を求める方法としてSDR (Summed Dominance Ratio) 法⁴⁻⁷⁾を用いた。耕作放棄圃場の22カ所に各々2×2 mの枠（コドラート）を5区設置して優占度を算出した。

抽出した枠数（ $N=5$ ）、第 i 位の種類の出現する枠数（ N_i ）、枠面積（ $q=1\text{ m}^2$ ）、全枠面積についての第 i 位の種類の個体数（ n_i ）、全枠面積についての第 i 位の種類の被覆面積の合計（ C_i ）、第 i 位の種類の頻度（ F_i ）、全枠面積についての第 i 位の種類の各枠での最高自然高の合計（ H_i ）、全枠面積についての第 i 位の種類の合計重量（ W_i ）を群落を測定する尺度（記号）として決めた。被度（coverあるいはcoverage）はある植物の地上における広がり、地上部の地表面に対する投影面積（ $C=C_i/N$ ）であり、被度を枠面積に対する百分率で表したものを被度百分率とした。植生の高さ（height）は自然のままの高さ（自然高）を測る方法で行った。斜めになっているものはそのままにして、最も高い部分の垂直の高さを測るようにした（ $H=H_i/N$ ）。

優占度は、群落を構成する種類の関係を表す総合的尺度であり、被度（ C ）と高さ（ H ）の2要素を組み合わせ、次式の積算優占度（SDR）によって優占度を算出した。

$$\text{SDR} = (C + H) / 2 \quad [\%] \quad \dots\dots\dots(1)$$

また、聞き取りによる耕作放棄年数を整理し、低水分および高水分土壌における耕作放棄経過年数と植生優占度との関係を求めた。

III. 結果と考察

1. バルーン空中写真

撮影した空中写真の一例を写真-3に示す。棚田写真の北側（谷川）と南側（山側）の高低差は30 mであった。水田農業を中心に発展してきた村の棚田の耕作放棄状況が写されている。北西側の林部は、1960年代から耕作放棄され20年以上が経過していた。このような組写真を原図にして、調査地区全域における棚田の面積・位置関係、植生分布等の分析に供した。

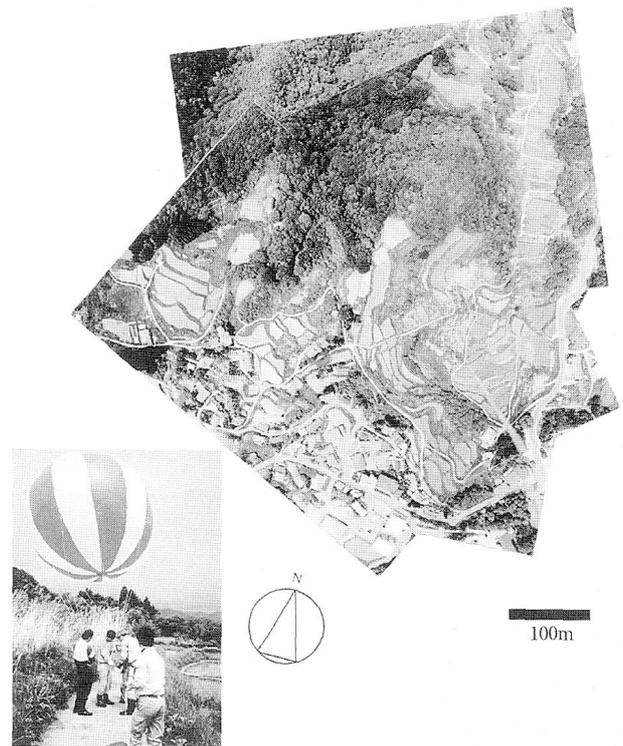


写真-3 調査地のバルーン写真の一例(6月撮影)

2. 典型的な土層の硬度分布

全般的に深さ20~50 cmに礫層があった。谷地田での礫層は地形的にみて川底と同じ堆積様式である。多数の硬度分布群の中で、①深さ10~20 cmの層で硬度10~20×98 kPaに増加し、耕盤層が存在する水田（乾田型）、②表層から下層まで硬度が弱く凹凸もみられない水田（湿田型）、③深さ約10 cmまでの浅層（根群層）では硬度が弱く下層に向かって漸増する水田（半湿田型）などに類型化した。

3. 作土層・耕盤層の土壤物理的環境

土性分布は、同じ圃場内ではほとんど同質の土性であったが、標高の高い圃場は粘土分が多く、低い圃場では砂分が多い傾向にあった。

作土層の水分分布（図-1）は、同じ圃場内でも上流側は下流側に比べて明らかに多かった。標高の高い圃場は低い圃場に比べて水分量が多い傾向にあった。

耕盤層～耕盤層直下の水分分布（20~30 cm深；図-2）は、同じ圃場でも上流側は下流側に比べて多い傾向があった。また、標高の高い圃場は低い圃場に比べて水分量が多い傾向にあった。これは、山側（切土部）は谷側（盛土部）より地下水水位が浅い地形的な要因による。実際、山側では地下水が湧出するなど湿田の特徴（水分量が多い、排水性が低い、地盤支持力が低いなど）が強く現れていた。また盛土部では、水稲作放棄後に畑として

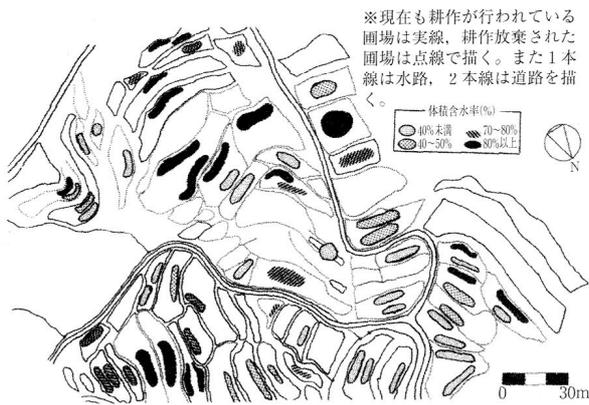


図-1 作土層の水分分布 (TDRによる体積含水率)

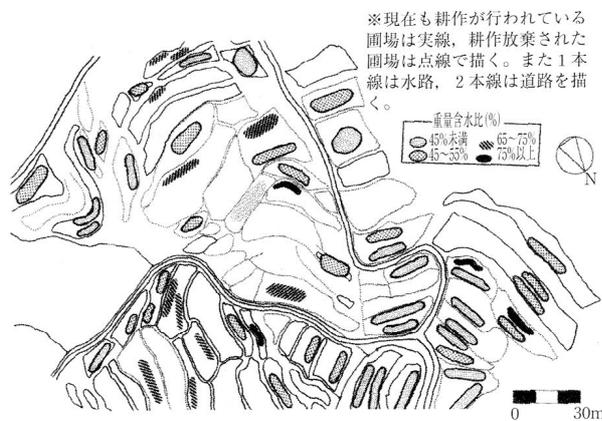


図-2 耕盤層～耕盤層直下の水分分布 (炉乾法による含水比)

利用され、ダイズやトウモロコシなどが栽培された圃場もあった。

4. 出現する植生の優占種と耕作放棄経過年数

植生の出現種はおよそ100種類以上であり、そのうち優占割合の高い植生は30種類程度であった。また、乾湿に関わらず優占種が4~5種類以上混成する傾向がある圃場と、1種類の植生が単独優占する圃場が存在するという特徴が見られた⁵⁻⁷⁾。

耕作放棄水田に出現する植生の優占度から、単独優占傾向が強い区内では出現優占種1つを、混成している区内では上位優占種複数を取上げ、植生調査区の作土層の体積含水率について、平均値の上下限を考慮し、便宜上25~50%を「乾燥土壌」、70~100%を「湿潤土壌」とした。立地条件等によって各圃場の出現種は多少異なったが、乾燥土壌と湿潤土壌での耕作放棄経過年数や植生優占度との相関性を整理した。

その結果(表-1)、乾燥土壌(耕作放棄後2~3年)で

はヨモギ、ヒメジョオンなど比較的優占種の入れ替わりが頻繁な混成様式があり、それ以降はススキが優占する傾向がみられた。耕作放棄後10~15年以上経過した圃場では、ヤナギの優占度が高くなっていた。

湿潤土壌(耕作放棄後2~3年)ではウシクグ、イ、イヌビエ、クサイなどが混成していたが、次第にヨシが単独に優占していた。また、地下水湧出が豊富な圃場ではセリ、ミゾソバなども優占しやすいようであった。

植物群落の遷移と分布の一般的傾向⁹⁾としては、養分が豊富で種子や地下茎が土壌中に含まれている場合の二次遷移の特徴をみせていた。

5. 棚田の切土部と盛土部の土壌・土層構造と植物遷移の相違(表-2)

(1) 切土部 地下水の影響で土壌水分が多く、還元土壌も散見され、好氣的植物や土壌動物の進入を妨げていた。また、乾湿の繰返しが少なく、亀裂や間隙の増加が少なく、土壌構造も急激に変化していないと考えられた。

植生をみると、ヨシ、セリ、ミゾソバ、イなどの水湿植物が出現優占種となっていた。とくにヨシは根茎が横走して広い範囲に連絡体をつくり、セリ、ミゾソバは地表に匍匐茎を伸ばし、あるいは倒状し、節から根を下ろ

表-1 耕作放棄水田の土壌水分条件による植生の違い

種別	湿潤土壌(切土部)	乾燥土壌(盛土部)
植生	ヨシ [*] 、イ、セリ、ミゾソバ、ガマ、ショウブ、ウシクグ、イヌビエ、クサイ等の水湿植物→(ヤナギ)	ススキ [*] 、ヨモギ、チガヤ、クサフジ、ヒメジョオン等の一年草、多年草→(落葉紅葉樹)
根の特徴	・細い ・屈曲性が小さい ・根群が浅い ・根量が多い	・太い ・屈曲性が高い ・根群が深い ・根量が少ない
典型的形態	ひげ根	直根

^{*}は指標植物

表-2 棚田の切土部と盛土部の土壌・土層構造と植物遷移

切土部	盛土部
① 出現優占種となる水湿植物の根茎は、細く根群が浅いため、土壌構造破壊への影響は少ない	① 出現優占種となる多年草・一年草・越年草の根茎は、太く根群が深いために耕盤層破壊に大きく影響する
② 枯れたヨシなど、表層への堆積によるマット状の軟らかい層の形成	② 枯れたススキなど、表層への堆積によるマット状の軟らかい層の形成
	③ 乾湿の繰り返しによる亀裂の発生や間隙の増加、さらには土壌構造の変化
	④ 土壌動物の進入による土壌の耕うん・粉碎

して連絡体をつくり、イは根茎が短く分枝し狭い範囲に連絡体をつくる⁸⁾。これらの根は細く、根群が浅く、しかも根量が多い特徴がある(ひげ根系;表-1)。作土層を中心に発達しているこのような植物根によって、土壌構造の変化や崩壊は相当制御されていると考えられる。なお、ヨシ群落がしばらく安定した後は、ヤナギが出現し、その後、切土部上段の畦畔崩壊が進み、やがて森林化が進むと推定される^{4,9)}。

(2) 盛土部 耕作放棄によって農作業や湛水がなくなり、水田の土壌や土層構造にさまざまな変化が生じてくる。まず、乾湿の繰返して亀裂が表層から連鎖的に生じ、団粒や粗間隙も増加する。土層構造の発達が加わり、通気性・透水性が増加する。そして、雨水は地下に浸透しやすくなり、好気性動植物の進入が増える。植生は、多年草のススキ、ヨモギ、チガヤ、さらに一年草または越年草のヒメジョオン、クサフジ等が出現優占種となる。これらの根は深く伸張し、太い特徴(直根系;表-1)があり、耕作放棄後それらが地中に進入し、次第に土層が破壊されていく。ススキがしばらく安定した後は、ヤナギが少しずつ優占し、森林化が進行するという遷移をたどることが推定される⁴⁾。

VI. おわりに

「森に戻る」という言葉がある。土と水の相互関係が、動植物の生活に深い関わりを持ち、永年続けられてきた中山間傾斜地水田(棚田)においては、これらの相互作用が何らかの平衡状態で保たれている。

棚田は、その断面構造や地下水の動態に合わせて、自ずと土壌物理環境を保っている。本報では、長期間続いていたバランスが崩れると、植生遷移と水田崩壊が始まることが再認識された。耕作放棄年数からみれば、数年のうちに湿潤土壌ではヨシ、乾燥土壌ではススキが単独優占種となり、しばらくの間安定する傾向があり、加えて土壌の乾湿条件や人為的な影響(火入れ・草刈等)があり、ヨシ、ススキの次にヤナギが優占種となる傾向があり、陽樹林から陰樹林への極相林に変貌していく。

こうした地形の将来展望を考えてみよう。耕作放棄後の棚田が森林へ変貌することが推定されたとして、時代の流れにのって「自然に返すのがよい」という考え方や意見が出されるかもしれない。しかし、延々と引継がれてきた農耕と自然の調和を即時に断ち切ることにについては、種々の観点から十分論議される必要があろう。

本報をまとめるにあたり、多くの方々からご教示ならびにご協力を賜った。現地調査に際して長野県大岡村の

ご協力を得た。東京農業大学の中川昭一郎教授(現、山崎農業研究所)、榊田信彌講師、駒村正治教授、農業工学研究所の小倉力室長には研究全般、現地調査法および分析に関するご教示をいただいた。ここに記して深謝申し上げます。なお、本研究の一部は文部省(現、文部科学省)科学研究費(中川昭一郎代表、07456108)の補助により遂行された。

参考文献

- 1) 中川昭一郎:耕作放棄水田の実態と対策, (社)農業土木事業協会(1993)
- 2) 高須俊行編著:農地・農村の整備, 土地改良技術情報センター(1993)
- 3) 日本ペドロロジー学会編:土壌調査ハンドブック改訂版, 博友社(1997)
- 4) 榊田信彌:植物と環境, 土と水と植物の環境(駒村正治・中村好男・榊田信彌編), 理工図書, pp.96~157(2000)
- 5) 中川昭一郎・成岡市・駒村正治・榊田信彌・岩田文明・小倉力:中山間傾斜地の耕作放棄水田における土壌条件と植物遷移, 農土学会講要, pp.360~361(1997)
- 6) 中川昭一郎他:耕作放棄傾斜地水田の変遷・崩壊メカニズムと防災・土地利用対策に関する研究, H7~H9年度文部省科研費報告書, 基盤研究B(2)(中川昭一郎代表, 07456108)(1998)
- 7) 榊田信彌・中川昭一郎・成岡市・駒村正治・西山昌宏・小倉力:中山間傾斜地耕作放棄水田における植生遷移系列, 農土学会講要, pp.362~363(1997)
- 8) 清水建美・梅林正芳:日本草本植物根系図説, (株)平凡社(1994)
- 9) 小倉力・中川昭一郎・成岡市・駒村正治・榊田信彌:耕作放棄された傾斜地水田における畦畔形状変化, 農土学会講要, pp.472~473(1998)

[2001.10.15. 受稿]

岩田 文明



略 歴
1974年 奈良県に生まれる
1997年 東京農業大学農学部卒業
現在に至る

成岡 市



1955年 東京都に生まれる
1985年 岩手大学大学院農学研究科修了
現在に至る

5. 耕作放棄水田における土壌・土層構造の変化と植物遷移

岩田 文明・成岡 市

1960年代から農山村の過疎・高齢化問題、水田や畑の耕作放棄問題が顕在化した。同時に傾斜地農業問題がクローズアップされ、耕作放棄がより一層深刻な問題として取上げられ、中山間地域の概念が頻りに論じられるようになった。農村や棚田には多面的・公益的な機能がありながら、過疎化あるいは耕作放棄によってその機能が失われていくことなども論じられてきた。本報は、これらの諸情勢ならびに「環境保全」や「多面的公益的機能」を念頭におき、長野県内の中山間地を一事例として取上げ、棚田が耕作放棄された場合に生じる土壌・土層構造、地覆植生の変化・変遷メカニズムを調査し、中山間傾斜地の保全と利用の方向性について考察した。

(農土誌 70-3, pp. 17~20, 2002)



中山間傾斜地水田, 耕作放棄, 土壌・土層構造, 植物遷移, 多面的機能, 公益的機能

6. バリ島高地における傾斜地農業の立地特性

成岡 市・マストゥル・S. M. メディナ

火山灰土壌に覆われたバリ島北部高原において現地調査を行い、この地域の土壌侵食状況や傾斜地農業の活用方向について検討した。現地情報（気候、土地利用、地形、土壌、傾斜型、土壌侵食など）は、現地公的機関の資料提供、現地調査、室内分析、農家聞き取りなどから得た。AndosolsやRegosolsを主体とする現地土壌の侵食量は、森林でわずかに、低木地域では激しく、野菜畑地域でわずかであることを知り、林地と農地を組み合わせた農林生産体系（アグロフォレストリ）が、土壌侵食防止や営農意欲の向上をはかった手段として適切かつ多層的に組み入れられる必要性を論じ、地域の実状に応じた農業システムが農家の手によって自主的に確立されることが重要であることを述べた。

(農土誌 70-3, pp. 21~24, 2002)



インドネシア, 火山灰土壌, 傾斜地農業, 土壌侵食, 現場調査法, アグロフォレストリ

7. 急傾斜地集落・下栗の表土保全技術と土壌特性

鈴木 純・深尾 恭子・星川 和俊・内川 義行

下栗は、長野県南部、遠山郷の標高980~1120mに位置する58戸、78人（平成10年現在）が暮らす、畑地の平均斜度が20°以上にもなる急傾斜地集落である。本報では、農業がこの集落で永続的に営まれてきた背景を、営農技術、とりわけ表土保全技術と土壌特性の面から考察した。表土には、レキや単粒分が多く含まれ、また厩肥が不断に投入される結果、耐水性団粒が維持されていることがわかった。圃場の管理手法では、収穫後の根株は残し、収穫後の葉や茎などを地表面にバラ蒔いてマルチする、耕起は「逆さうない」と呼ばれる下から上への耕起法がとられている。これら種々の手法によって、下栗では表土が保全されている実態を明らかにした。

(農土誌 70-3, pp. 25~28, 2002)



急傾斜地集落, 土壌特性, 表土保全, 営農管理, 団粒, 単粒

8. 乗用田植機の作業能率から見た傾斜地水田のまち直し整備

細川 雅敏・井上 久義・内田 晴夫

傾斜地の狭小な水田を対象とするまち直し整備では、出来上がり後の区画は不整形となるが、歩行型から乗用型への機械利用を可能とし、労働時間、労働強度の大幅な改善が見込まれる。しかし、まち直し整備圃場（不整形区画）における乗用機械の作業特性については、データも少なく明らかになっていない。そこで、営農主作業の中でも特に多忙となる田植え作業に着目し、不整形区画における乗用4条田植機の圃場作業量を重回帰式を用い推定した。次に、当該式をもとに、まち直し整備後、歩行型から乗用型へ移行することによる圃場作業量の増加の程度および乗用田植機の圃場作業量から見たまち直し整備の推奨拡大面積について検討した。

(農土誌 70-3, pp. 29~32, 2002)



傾斜地水田, 圃場整備, まち直し整備, 乗用田植機, 圃場作業量, 作業能率

9. 傾斜地カンキツ園の整備と保全

中尾 誠司・吉川 弘恭・長谷川美典・森永 邦久

近年、傾斜地カンキツ園では作業の省力・軽労化を図るため、園内道整備が進められている。また、マルチ栽培等による高品質実栽培が広く実施されてきている。これらの導入に伴って、園地内の水・土環境は大きく変わることが予想される。したがって、これらの変化などを的確に捉え、園地保全への十分な対応を図る必要がある。本報では、カンキツ園の現状と園内道整備とは何かについて整理し、園内道整備等が土壌侵食や降雨流出に及ぼす影響を現地観測データを基に明らかにした。また、土壌侵食制御を中心とした保全技術の検討を行い、今後の傾斜地カンキツ園の園内道整備のあり方ならびに研究的に取組むべき課題等について言及した。

(農土誌 70-3, pp. 33~37, 2002)



傾斜地カンキツ園, 園内道, マルチ栽培, 降雨流出, 土壌侵食, 園地保全

10. 傾斜地における農地基盤の整備水準とその保全の方向

山路 永司

傾斜地は標高の高いところに主に立地することを示したうえで、傾斜度別の土地利用を整理した。農業的土地利用については、傾斜が急になるにつれて、水田から畑、畑から森林へと推移していた。

傾斜地における農地の整備水準については、水田の区画形状、農道、用水、畑地の農道の面で、傾斜とともに整備水準が低くなっている一方で、水田排水および畑地灌漑では逆の傾向にあった。傾斜地ではまた労働生産性が低くなるため、耕作放棄された農地も多い。

傾斜地において農地を含む豊かな空間を維持するためには、直接支払などの経済的な支えと地域外住民との交流などの社会的な支えとが不可欠である。

(農土誌 70-3, pp. 39~42, 2002)



傾斜地, 棚田, 圃場整備, 国土数値情報