

# 耕作放棄水田における基盤管理のための土壌物理性の考察

## I. はじめに

日本の耕地面積は 1961 年の 609 万 ha をピークに減少に転じ、2003 年には 474 万 ha と約 40 年間に 135 万 ha 減少した。作付け延べ面積も長期的に減少傾向にあり、耕地利用率は 1994 年以降 100% を下回っている。また、農地改廃の要因は、1995 年以降耕作放棄が農地転用を上回っている（農林水産省、2003）。特に、中山間地では減反政策に加え、過疎化、高齢化、農業従事者の減少、棚田へのアクセスの悪さ、あるいは灌漑水確保の困難性などの要因により水田の耕作放棄が進んでいる。この中山間地における水田の耕作放棄は地域の水保全機能を低下させ、土砂崩壊を引き起こすことが懸念される。また我が国の農地政策は短期的には農産物の構造的過剰を抱えながらも、長期的な食料需給の不安定性に対応しなければならないという基本的課題を抱えている。このため耕作放棄水田の荒廃化を防ぎ、農地としての利用可能性を留保することによって生産基盤をストックしておくことが重要である。これを実現するためにはまず、耕作放棄された水田土壌の物理性を把握する必要がある。そこで、本研究は、①現地調査で田面の植生から圃場の乾燥湿潤を簡単に分類し、②現地踏査および地形図から圃場の標高・圃場を含む微地形の斜面の向き・微地形（谷地、尾根）を分類し、さらに③貫入式土壌硬度計（コーンペネトロメータ、大起理科 SR-II 型）により耕作放棄水田の基盤条件を定量化することで復田計画の基礎的な分析を行った。なお、本研究は圃場内の基盤条件に着目し、農道や水路等の付帯施設の考察は行わなかった。

## II. 調査の目的

圃場調査は様々な観点（土壌の化学性や物理性、田面の植生など）から行う必要があり、それらを総合的に分析することで最適な耕作放棄水田の管理法が見えてくる。本調査では特に土壌の物理性の観点から圃場調査を行った。

これまでの研究では数ヶ所の圃場に着目して種々の分析が行われてきた（太田ら、1999）。しかし地域全体を見通した管理計画の基礎資料の収集は困難であろう。耕作放棄水田は放棄年数や田面の乾湿などから似たタイプであっても、各圃場で異なった点があると考えられるので、調査圃場を増やして総合的に判断することが望まれる。したがって本研究ではサンプル圃場を 65 ヶ所とし、マイクロ（圃場レベル）ではなくマクロ（地区全体）な視点から圃場調査を行った。

## III. 調査地概要

調査地として新潟県大島村（北緯 37°，東経 138° 30"）を選定した。大島村は東頸城丘陵に属し、地形・地質の主な特徴は、

- ・ 山地に比べて高度が低く稜線の高さがそろっている、
- ・ 台地に比べて高く、小さな谷が複雑に入り組んでいる、
- ・ 固結の進んだ硬い岩石からなる山地とは異なり、半固結から未固結で、浸食されやす

い新第三紀または前期更新世の地質学的に新しい地層からなる、ことである。降水量については全国平均より高く、本調査地に隣接する新潟県松代町のアメダスデータ（表 1（気象庁））によると平年で年間 2,800mm を上回る。また冬季の積雪は多く、雪害や雪解け水による地すべり災害が起こりやすい（大島村史）。また、新潟県大島村は過疎化と高齢化が進んでいる地域である（図 1、表 1 参照）。

本調査ではこのような中山間地域である新潟県大島村の旭地区から、耕作履歴をたどることが可能な耕作放棄水田 65 枚をサンプルとした（図 2 参照）。

表 1 大島村の年間降水量(mm)

年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003
年降水量 (mm)	2,971	3,226	2,670	2,909	2,929	2,587

表 1 大島村センサス（1990）

面積	71.64 Km <sup>2</sup>
人口密度	34 人/Km <sup>2</sup>
世帯	834 世帯
人口増加率	-1.93%

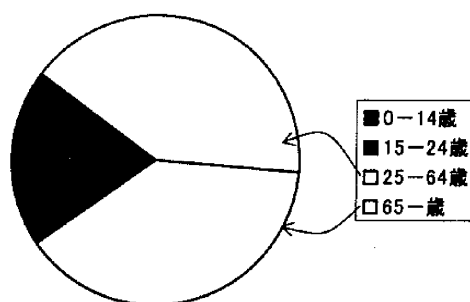


図 1 大島村の年齢別人口構成（2003年）

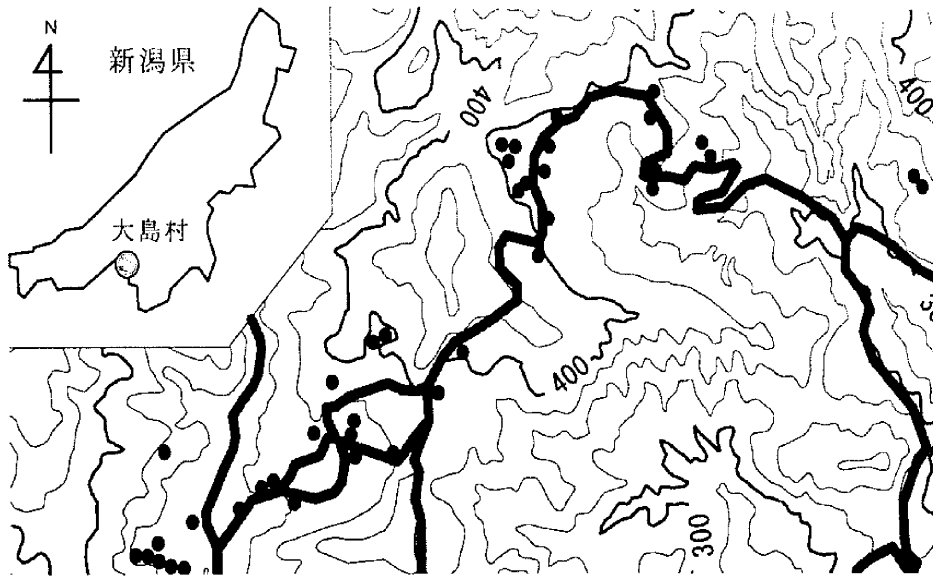


図2 新潟県大島村旭地区および調査圃場

#### IV. 調査材料と手法

調査地は新潟県大島村の 65 枚の耕作放棄田である。また、基盤条件の調査手法は以下の通りである。

##### 1. 田面の乾湿分類

植物を指標にして土壌の水分状態を乾性タイプ湿性タイプとに分類した。乾性タイプではススキ (*Miscanthus sinensis*) を、湿性タイプではヨシ (*Phragmites communis*)、ガマ (*Typha latifolia*)、ヨモギ (*Artemisia princeps*) を指標植物とした。

##### 2. 貫入式土壌硬度計による貫入抵抗測定と作土層の厚さの推定

SR-II 型の貫入式硬度計 (大起理化 DIK-5521, コーン最大断面積:  $6\text{cm}^2$  コーン頂角:  $30^\circ$ ) を用い各圃場のほぼ中央部において土壌貫入抵抗を測定し、作土層・耕盤層の有無を追跡した。

##### 3. 調査圃場の地理情報

- (1) 地形図 (1/500) による調査圃場の標高調査。
- (2) 現地踏査および地形図による圃場周辺の斜面方向の調査。
- (3) 地形図 (1/500) による調査圃場の微地形評価 (谷か尾根か)。その際、半径 500m 程度の周辺部から調査圃場への水分供給の影響を考慮した。

#### V. 結果と考察

##### 1. 田面の水分状態による乾湿の分類

田面の水分状態は現地調査をもとに植物を指標にして行い、湿性タイプと乾性タイプとに分類した (表 3 参照)。それぞれの圃場の特徴は、①湿性タイプ: 湿潤な立地に成立す

表3 田面水分状態による供試圃場分類

乾性タイプ	湿性タイプ
7, 8, 17, 18, 19, 20, 26, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, <i>II</i> , 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 圃場番号 37, 40, 41, 42, <u>47</u> , 48, 49, 50, 51	25, 27, 30, 31, 38, 39, 43, 44, 45, 46, 52, 53, 54, 60, 61, 62, 63, 64

る群落タイプでヨシ、ガマ、ヨモギを中心とした植生、②乾性タイプ：乾燥した立地に成立する群落タイプでススキを中心とした植生である。

本研究対象地域では、放棄田面の水分状態と優先植生の相関性は高かった。つまり、土壌面が湿潤であれば湿潤植生が優先し、反対に土壌面が乾燥していれば乾燥植生が優先した。しかし、ヨシを中心とした植生であるのにもかかわらず、田面が乾燥した圃場がいくつかあった(表3のイタリック数字)。逆にススキを中心とした植生であっても、土壌面が湿潤状態の圃場(表3の下線付き数字)がいくつか確認された。これらの圃場は調査当日の土壌水分状態ではなく、優先植生で分類した。

一方、放棄されてから排水され、再び畑として利用されていた(No.24, No.28, No.55, No.57, No.58, No.65)や、復田された No.56, No.59 は調査対照から外し、耕作中の圃場として取扱った。

水田は放棄されると乾燥し田面がひび割れを起こすと想定されたが、本調査地では乾性タイプの圃場数を湿性タイプの圃場数が上回った。また乾性タイプの圃場でも目に見えるひび割れは確認できなかった。これらの原因は、本調査地の気象条件と、耕作時の水田管理の方法によると考えた。本調査地である新潟県大島村は湿度が高く、降水量が多い地域で、ここ数年の年平均降水量は 2,800mm を超える(気象月報)。この湿潤多雨な気象条件が圃場の乾湿に影響したと考えられよう。

棚田の開墾は一般的に、まず切盛を行い、次に漏水を防止するための耕盤層を人為的に作る床締めを行う。水管理の特徴は、収穫直後に代掻き・湛水が行われ非耕作期間も湛水状態とされ、乾燥による亀裂の発生を防いでいる。このような耕作当時の丁寧な圃場管理も、耕作放棄後の水田が老朽化するのを少なからず遅らせていると推測できる。また、本調査地のような中山間棚田地帯では水の確保が困難であるため、開田時は地形的に水の集

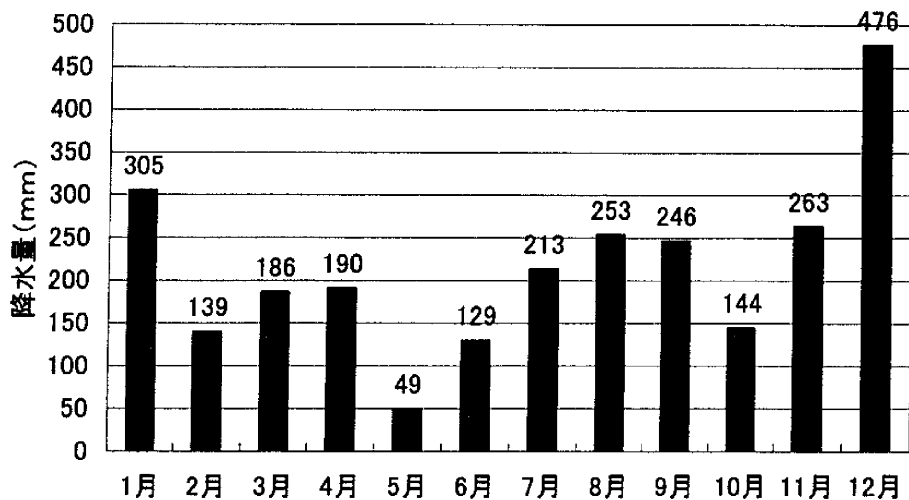


図3 2003年度の月別降水量

まりやすい位置に水田を作ったと考えられ、耕作放棄後もたえず水の供給が行われていた。これら複数の要因が圃場を乾性に向かわせなかった理由と考えられる。

イタリック体で示した圃場 (No.11, No.38, No.39, No.43, No.44) が存在したのは気象条件、特に降雨量に依存すると考えた。これらの圃場の現地調査は 2003 年 5 月 25 日に行った。気象庁のデータによると 2003 年 5 月は降水量が極端に少なく (図 3 参照)、その影響で田面が一時的に乾燥し、他の湿性タイプ圃場よりも水が集まりにくく、抜けやすいと推定した。また下線付き数字で示した No.47 が湿性だったのは調査日 (2003 年 7 月 21 日) の前日から降り続けていた雨で一時的に田面に湛水したものと考えた。No.47 圃場は他の乾性タイプ圃場より水が集まりやすく抜けにくいためであろう。このように気象条件や地形的条件は土壌の水分状態に大きく影響すると考える。

## 2. 地形図から見た田面の水分状態

### (1) 圃場の位置と田面の水分状態

地形調査を行った結果、65 枚のサンプル圃場のうち 6 枚 (圃場番号 No.7, No.8, No.37, No.50, No.51, No.58) を除いてすべて山の凹部分 (谷内) に位置していた (表 4 参照)。これはサンプル圃場がすべて雪解け水や湧水だけを利用した天水田であるためと考える。水の確保が困難な天水田は大抵、水が集まりやすい部分、つまり山の凹部分に作られる。山の凹部分に作られず、凸部分 (尾根) に作られた 6 枚の圃場 (圃場番号 No.7, No.8, No.37, No.50, No.51, No.58) については、凹部分の圃場に比べ漏水量が多いため、圃場管理 (耕起・秋しろ・田打ち等) によって水を確保したと考えた。しかし耕作放棄されると、圃場管理が行われなくなるため、水田は乾燥しやすくなる。実際に本調査でこの 6 枚の圃場 (圃場番号 No.7, No.8, No.37, No.50, No.51, No.58) がすべて乾性であることが分かった。これに対し、水が集まりやすい凹地形に位置する湿性タイプの圃場は乾性タイプのものより数多かった。乾湿両タイプの圃場が存在する原因としては、広い視野で見れば同じ凹部分でも、そのブロック内での標高差や、道路による地形の改変が土壌水 (地下水) の集積具合などを耕作していた時と変わったためと考えられる。

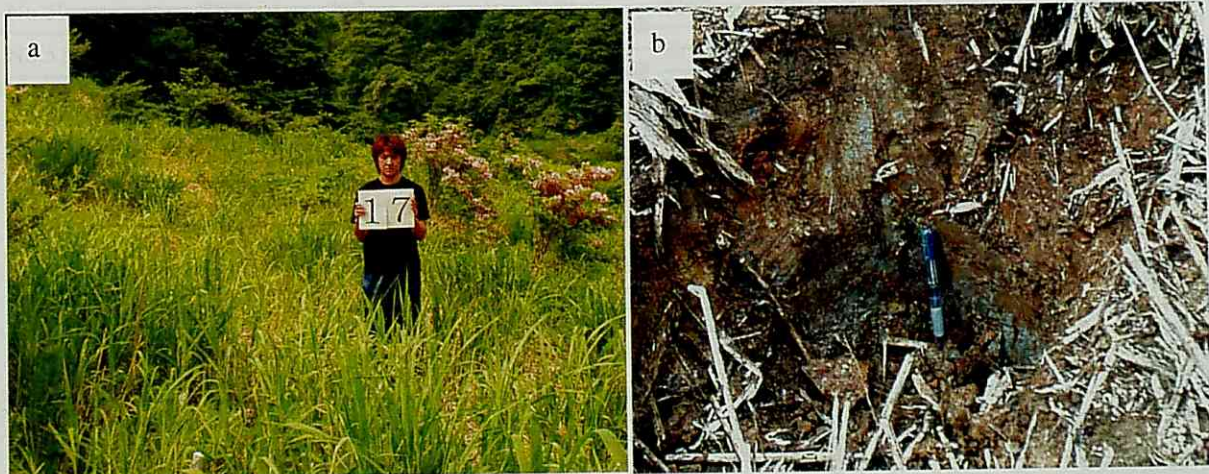


写真 1 乾性タイプ圃場 No. 17

a: 地表面の植生 (ススキが占有), b: 表層土壌

撮影日: 2003 年 5 月 25 日

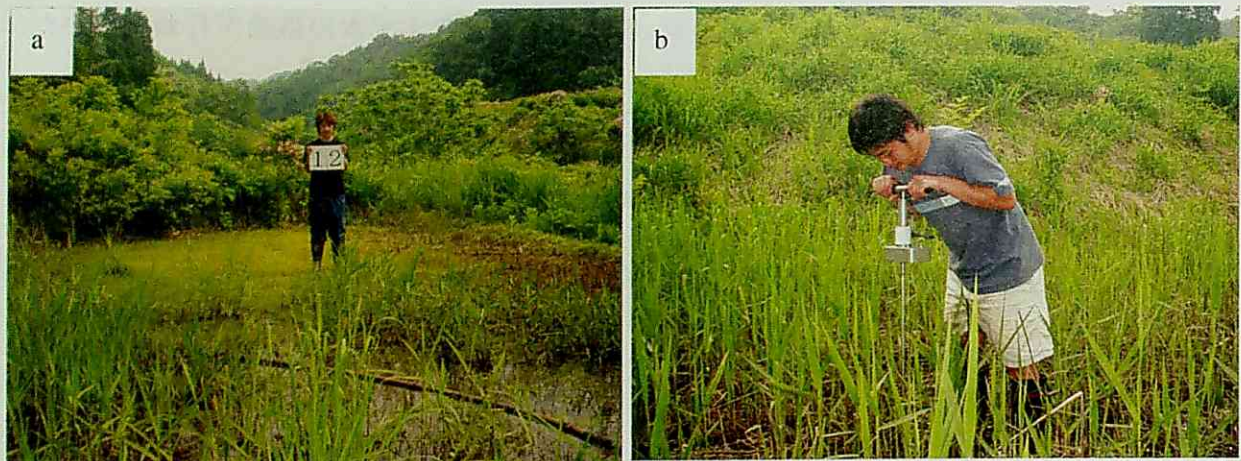


写真2 湿性タイプ圃場 No. 12

a: 地表面の植生(ヨシ, 一部湛水), b: 土壌硬度測定の様子  
撮影日: 2003年5月25日

表4 供試圃場の地理情報

圃場番号	微地形	標高(m)	斜面の向き	水分状態	田面植生
No.1	谷	320	東	乾性	
No.2	谷	324	北北東	湿性	ヨシ
No.3	谷	324	北北東	湿性	ヨシ
No.4	谷	352	東	湿性	ヨシ
No.5	谷	352	東	湿性	ヨシ
No.6	谷	362	東	湿性	ヨシや木
No.7	尾根	382	東	乾性	木(スギ)
No.8	尾根	387	東	乾性	ササや杉, 桜 法肩にはススキ
No.9	*	*	*	*	斜面崩壊により未測定
No.10	谷	336	東	湿性	ヨシ
No.11	谷	339	東	乾性	ヨシ
No.12	谷	342	東	湿性	部分的にヨシ
No.13	谷	347	東	湿性	ヨシ
No.14	谷	348	東	湿性	ヨシ
No.15	谷	340	東	湿性	部分的にヨシと芝のような草
No.16	谷	325	東	乾性	シロツメクサ, ヨモギ
No.17	谷	339	西北西	乾性	ススキ
No.18	谷	348	西北西	乾性	ヤナギ, ススキ, ヨシ
No.19	谷	353	西北西	乾性	
No.20	谷	340	南西	乾性	ススキ
No.21	谷	350	南西	湿性	
No.22	谷	347	西南西	湿性	
No.23	谷	354	南西	湿性	
No.24	谷	372	南西	畑作物	
No.25	谷	373	南西	湿性	ヨモギ, アヤメ, スイセン

No.26	谷	373	南西	乾性	
No.27	谷	374	南西	湿性	ススキ
No.28	谷	371	南西畑作物		
No.29	谷	382	南南東	乾性	ススキ
No.30	谷	398	南南東	湿性	
No.31	谷	398	南南東	湿性	ガマ
No.32	谷	378	南東	乾性	
No.33	谷	377	南東	乾性	
No.34	谷	398	南東	乾性	ヨシ, ススキ, シダ植物
No.35	谷	404	南南東	乾性	クズ, つくしの根が地表覆う
No.36	谷	405	北東	乾性	ススキ
No.37	尾根	395	東	乾性	ススキ, シダ植物
No.38	谷	394	東南東	乾性	ヤナギ, ヨシ
No.39	谷	394	東南東	乾性	ヤナギ, ヨシ
No.40	谷	394	東	乾性	クズ, ススキ
No.41	谷	395	東	乾性	ススキ
No.42	谷	393	北東	乾性	ススキ, 根多い
No.43	谷	394	東	乾性	ヨシ
No.44	谷	392	南東	乾性	ヨシ
No.45	谷	381	南南東	湿性	
No.46	谷	380	南東	湿性	
No.47	谷	383	南東	湿性	ススキ
No.48	谷	375	南	乾性	ススキ, ヤナギ
No.49	谷	370	南南西	乾性	ススキ
No.50	尾根	362	南西	乾性	ススキ, シダ植物
No.51	尾根	360	南	乾性	ススキ
No.52	谷	333	南西	湿性	ヨシ
No.53	谷	345	北	湿性	ヨシ
No.54	谷	344	北	湿性	ヨシ
No.55	谷	360	北西畑作物		土を起こしてある
No.56	谷	363	北西再耕作		湛水, 稻十本程度あり
No.57	谷	368	北西畑作物		畑にする模様
No.58	尾根	313	北西畑作物		畑にする模様
No.59	谷	304	北北東再耕作		湛水, 稻十本程度あり
No.60	谷	301	北北東	湿性	
No.61	谷	323	北北東	湿性	
No.62	谷	318	北	湿性	ヨシ, ガマ
No.63	谷	282	北	湿性	ガマなど
No.64	谷	278	西	湿性	
No.65	谷		西畑作物		畑にする模様

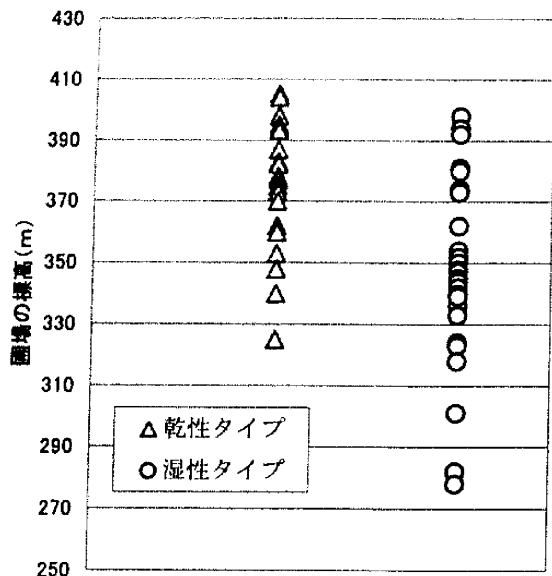


図4 圃場標高と田面タイプ

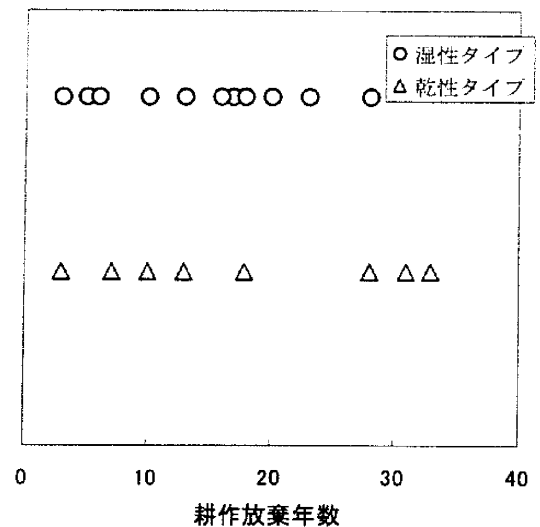


図5 耕作放棄年と田面タイプ  
(耕作放棄年数が同じ圃場は重なるため点数が少ない)

### (2) 各圃場の標高と田面のタイプ

圃場が位置する標高と田面の水分タイプとの関係を調べた結果、湿性タイプの圃場は標高の低い場所に、乾性タイプの圃場は標高の高い場所に位置するという傾向が見られた(図4参照)。このような傾向が確認できたのは地下水が山の上方から下方に向かって移動するため、標高の低いところに集まりやすいからであると考えられる。ただし実際、山は複雑な形をしており、その複雑な地形によって水の集まりやすい場所が決まってくるため、ただ単に標高が低ければ水が集まるというわけではない。標高はあくまで複雑な地形条件の一つとして考えるべきであろう。

### (3) 耕作放棄年数と田面のタイプ

耕作放棄後の経過時間と田面の乾湿条件を図5に示す。放棄後の経過時間の増加にともない圃場が乾燥すると考えたが、本調査対象地域では予測に反し、耕作放棄年数が長くても湿性を保っている圃場が多く確認された。また逆に耕作放棄年数が短くても乾性タイプになっている圃場も存在した。このことから本調査地においては、放棄年数の増加は田面の水分状態に大きく影響を与えないことが分かった。したがって、田面水分の変化に与える影響は地形条件や気象条件が優先されると考えた。

### (4) 圃場面からの深さに対する貫入抵抗値の分類

貫入抵抗値のピーク深さから、耕盤層上端面までの深さ(作土層の厚さ)を特定した。同時に、田面からの深さに対する貫入抵抗は図6の如く3つのパターンに分類できた。

- 1) パターン1: 田面からの深さが20cm前後で一度貫入抵抗値が大きくなるが、それ以後で小さくなり、およそ50cmで最大値を示す。
- 2) パターン2: 田面からある一定の深さまでは比較的小さい貫入抵抗を示すが、耕盤と思われる深さで貫入抵抗値が急増する。
- 3) パターン3: 田面から貫入抵抗値が急増し、浅い位置で貫入抵抗の最大値を示す。



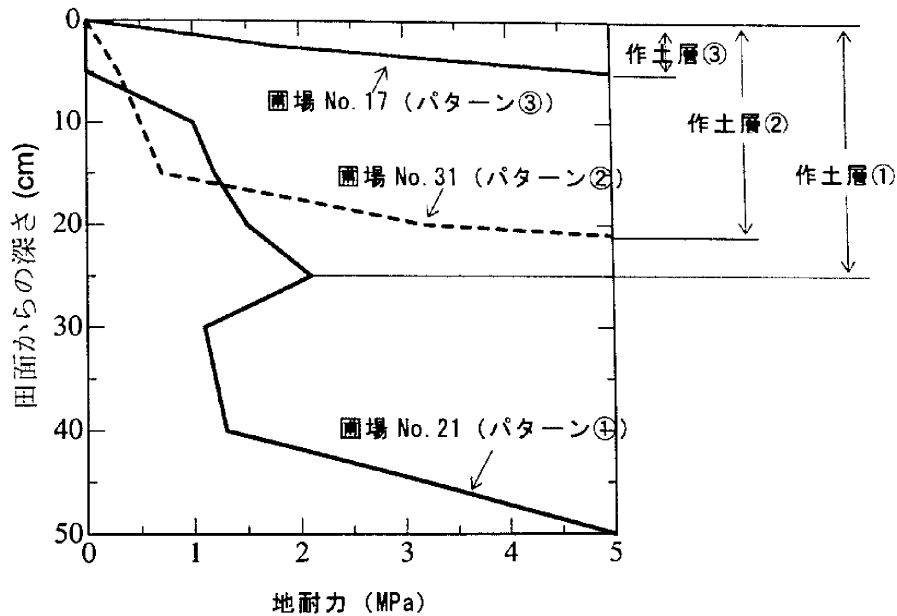


図6 供試圃場の地耐力パターン

湿性タイプの圃場では、ほぼすべてがパターン1、パターン2のどちらかで、乾性タイプの圃場ではすべてがパターン3であった。

(5) 作土層の厚さと耕作放棄年数の関係

作土層の厚さはばらつきが大きく、乾湿両タイプともに耕作放棄年数との相関性は低い。しかし、大まかな傾向として作土層の厚さを湿性タイプと乾性タイプの比べると乾性タイプの方が薄いことが確認された(図7参照)。これは2つのメカニズムが考えられる。①耕作放棄時間が増加すると畦畔の老朽化により作土が流出し、特に乾性タイプの圃場で老朽化の進行が顕著となる。②本調査地では冬季の積雪が250cm~350cmもあり、積雪荷重が乾性タイプの土壤に大きな有効応力として働き(排水により間隙水圧が減少するため)、作土層を収縮させる。畦畔崩壊のあった供試圃場 No.17, No.18, No.19 を掘削してみると作土がほとんど流出しており、①の機構で説明できる。供試圃場 No.17, No.18, No.19 以外では畦畔が崩壊していないことから、②のメカニズムにより作土層が薄くなったと考える。

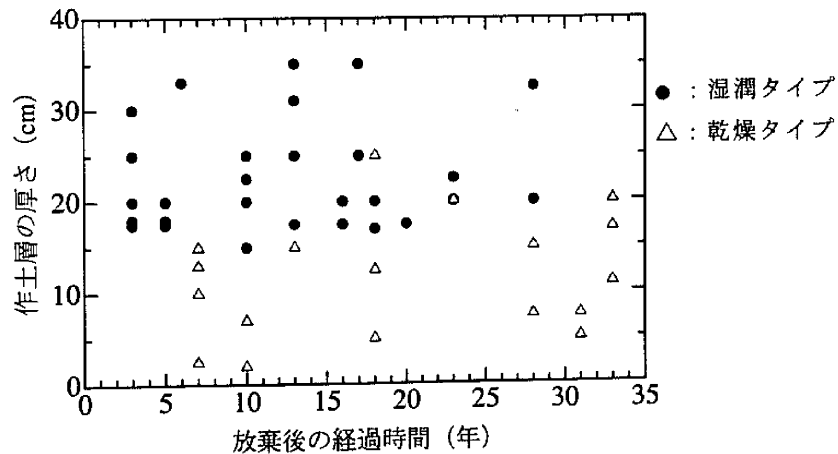


図7 放棄年数と作土層の厚さ

一方、現在耕作中水田の作土層厚さを測定した結果、その平均が 22cm (最大:30cm 最小:13cm)であった。湿性タイプ圃場での作土層の厚さはほぼこの範囲内に入っており、湿性タイプの耕作放棄水田では放棄年数が長くなっても作土層厚さは変化しないことが分かった。これは重要な事実で、耕作を放棄しても田面に水を張ることで、農地基盤の破壊が緩和され、かつ放棄年数とほぼ無関係に硬盤の強度が維持される。秋の稲刈り後、漏水防止の目的で田打ち・畦塗り・代かきを行うことがこの調査地区の慣行的な農業技術だが(吉田, 1982)、耕作放棄農地の維持管理に水張りの有効性がここでも確認できた。

#### (6) 作土層の貫入抵抗値と放棄年数との関係

耕盤層の貫入抵抗値はかなりのばらつきがあるものの耕作放棄年数の増加に伴う硬度低下はなく、放棄年数が増加しても 0.5MPa 以上を保っており、土壤硬度の面ではその機能を失わないことが分かった。また、乾性タイプの圃場で貫入抵抗値が大きいのは、冬期の雪による圧密と夏期の乾燥による収縮によると考える。

湿性タイプ圃場では耕盤層の貫入抵抗値の平均が 2.0MPa で、現在耕作中水田での耕盤層の貫入抵抗値平均 2.3MPa にやや及ばないもののほぼ近い値となった(図 8 参照)。

### VI. まとめ

本調査では地域全体を見通した基盤管理のための基礎的知見を整理する目的で、これまでの研究よりも多い 65 枚のサンプル圃場において、土壤の水分状態や圃場の地理情報を調査した。その結果、

- ① 調査地区では、耕作放棄後も湿潤状態の圃場が乾燥状態のそれを上回った。
- ② 圃場の水分条件は耕作放棄年数と相関性が低く、圃場の地理条件や気象条件に依存する。
- ③ 土壤の貫入試験から、湿性タイプ圃場における作土層の厚さおよび耕盤層の硬度は、耕作中の水田に近似している。
- ④ 耕作を放棄しても田面に水を張ることで、農地基盤内部の間隙水圧を維持するため、雪圧などによる法面の破壊が緩和され、かつ放棄年数とほぼ無関係に硬盤の強度が維持される。

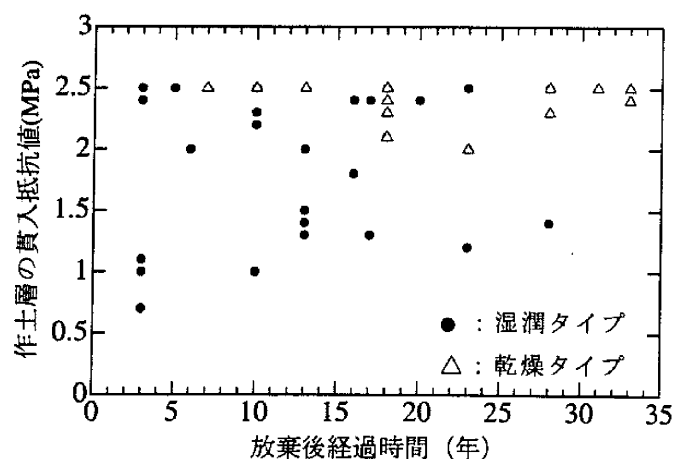


図 8 作土層の貫入抵抗と耕作放棄年数

⑤ 乾性タイプの圃場では、畦畔の崩壊に伴う土壌流亡や積雪による圧縮により作土層が薄くなる。

⑥ 田面に湛水する強度の湿潤条件であれば雑草の抑制効果大きい。

これらを総合して耕作放棄水田を管理するには土壌基盤、特に法先に相当する谷内田を湿潤状態（余剰水を排除した湛水）に保つことが重要であると分かった。この谷内田は水源を確保しなくても、伏流水で土壌水分が年間を通してほぼ飽和に保てることも重要である。

## Ⅶ. 今後の課題

本調査では耕作放棄水田の放棄履歴、耕盤硬度、供試圃場周辺の微地形、供試圃場の植生など、耕作放棄水田の効率的な管理手法の確立のための基礎分析にとどまった。農地基盤の劣化防止・雑草抑制の目的で休耕田に水を張ることが既に行われている。耕作放棄履歴との関係を整理する必要がある。

## Ⅷ. 引用文献

安西徹郎，松本直治（1990）：水田における休耕中の管理と休耕年数の限度，日本土壌肥料学雑誌，61巻1号 pp.94-97.

増本隆夫，高木強治，吉田修一郎，足立一日出（1997）：中山間地水田の耕作放棄が流出に与える影響とその評価，農業土木学会論文集 189号 pp.59-68.

大島村史。

太田 健，谷山一郎，草場 敬，森 昭憲，荒谷 博（1996）：耕作放棄棚田における土壌特性の経年変化，土壌の物理性 73号 pp.3-10.

吉田昭治（1982）：新潟農業土木の今後の研究課題-積雪地域の農業土木を探る-，農業土木学会誌 50巻7号 pp.43-50.

吉田修一郎，高木強治，足立一日出，増本隆夫（1997）：気象条件の変化に伴う中山間地耕作放棄田の土壌物理性の変化，農業土木学会論文集 191 pp.75-83.

## 謝辞

本論文は、新潟大学農学部早津 翼君の卒業論文を加筆修正したものである。ここに記して感謝の意を表す。

（栗生田忠雄）