

湿性圃場における復田コスト

I. はじめに

1. 調査目的

農地の荒廃化による土地利用変化はほとんど不可逆的であり、一旦荒廃化すると容易に復田できない。このため、短期的には農地が過剰であっても、荒廃化防止は農地資源の長期的な保全上不可欠の条件となる。そこで、当面は直接生産的に利用されなくても、農地の生産機能を保全するための維持管理を継続することが、わが国の農地政策における重要課題となる。

こうしたことから、耕作放棄農地（水田）の耕作再開（復田）に必要な費用（復田コスト）を評価することによって、これを農地資源ポテンシャルとして把握し、農地の保全対策を提案することを試みてきた（有田ら、2002）。しかし、従前の研究においては湿性圃場の復田費用については十分な検討を行っていない。本研究では、乾性圃場と同様の方法で湿性圃場の復田費用を把握し、その特性を検討するとともに、乾性圃場との比較を行うことを目的とする。

2. 調査地区

調査地は、乾性圃場の検討（有田ら：2002）を行った新潟県東頸城郡大島村旭地区（図1）とした。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。また、全国有数の豪雪地帯であり、積雪は平年で250cm、多い年には350cmに達する。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比較的標高の高い急傾斜地にも水田が拓かれてきた。そのため、調査地区の多くの水田は傾斜1/20以上の急傾斜地上に分散し、小区画・未整備である。また、大島村の耕作放棄面積は53.08haあり、耕作放棄率は16%に達する水準で、県平均値10%に比べて高い（農業センサス2000）。

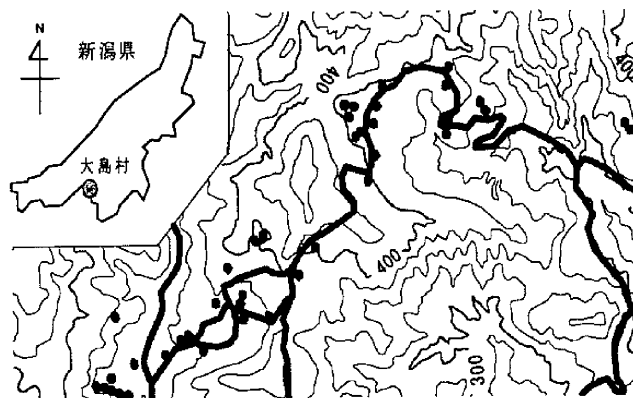


図1 大島村及びサンプル圃場位置

3. 調査の手順とサンプル圃場の選定

(1) 調査の手順

調査は、図2に示す手順で行った。これらは、①サンプル圃場の選定、②復田作業の見

積り，③復田コストの算定，の3段階に区分できる。

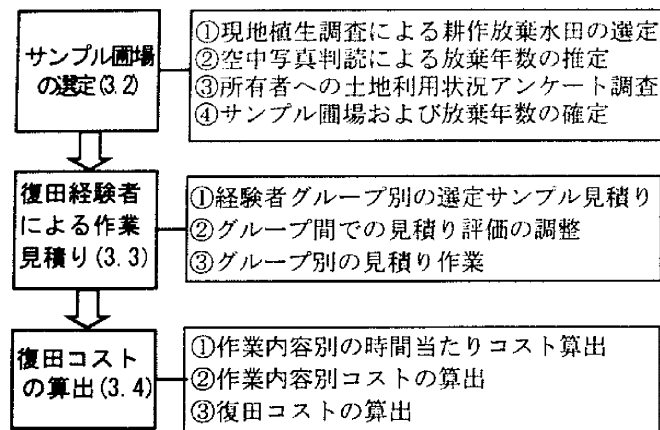


図2 復田コスト算出のフロー

(2) サンプル圃場の選定

サンプル圃場は次の手順で選定した。

①現地踏査によって植生のたまかな把握を行うことにより，多様な植生の耕作放棄水田を選定する。

②選定した耕作放棄水田について，空中写真（1999年，1994年，1992年，1988年，1984年，1982年，1976年）の判読によって放棄年数を推定する。

③耕作放棄地所有者に，農地の管理状況の経年変化についてアンケート調査を行い，判読の誤差修正を行うほか，継起的な管理の有無等の観点からサンプルとしての適性判定を行う。

上記作業の結果，最終的に，耕作放棄の履歴が明らかで，放棄後の管理が行われていない湿性圃場52区画をサンプル圃場とした。

II. 放棄年数と植生変化

1. 植生ステージの変化

湿性圃場（表1）の植生のステージ区分を行った。植生ステージとは，植生の遷移段階を大島村のサンプル圃場におけるいくつかの特徴的指標に基づいて類型化したもので表2の区分に基づいて行った（大黒,2000）。

湿性タイプでは（図3），水分環境の差異が圃場間の遷移の速度に差異をもたらしている。これは，放棄後の植生ステージ変化が直線的に進んでおらず，放棄後1～15年までは圃場によって進度の差異があることによって確認できる。しかし，放棄後16年以降は植生ステージは4となり，安定する。湛水状態の圃場（圃場番号12、13）では植生ステージの推移進度は遅く，放棄後7年でもステージ1を僅かに超える状態であった。

こうした湿性タイプの特性は，乾性タイプ圃場の植生段階の推移傾向（図4）と比較することによって明らかにすることができる。乾性タイプ圃場では，放棄5年前後で大型多年生草本が侵入するステージ2に移行している。また，ステージ3の多年生草本が優占する期間は極めて短く，10年から25年の間は，大型多年生草本が優占して固体サイズも最大となるステージ4になる。乾性タイプでは，植生ステージの推移速度は速いほか，圃場間の差異も小さい点に特徴がある。

表1 水田の乾湿に基づく植生のタイプ区分

タイプ	植生状態
乾性タイプ	乾燥した立地に成立する群落タイプ。 ススキを中心とした遷移系列を示す
湿性タイプ	湿潤な立地に成立する群落タイプ。 ヨシやガマを中心とした遷移系列を示す

表2 植生のステージ区分

ステージ	植生状態の特徴
ステージ0	転作または休耕状態
ステージ1	一年生草本と小型多年生草本が優占
ステージ2	大型多年生草本が侵入
ステージ3	大型多年生草本が優占
ステージ4	大型多年生草本の個体サイズが最大に達する
ステージ5	木本がギャップに侵入後優占

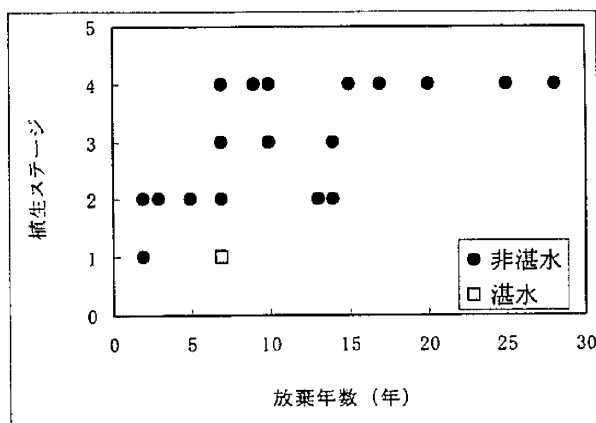


図3 湿性圃場の放棄年数と植生ステージ

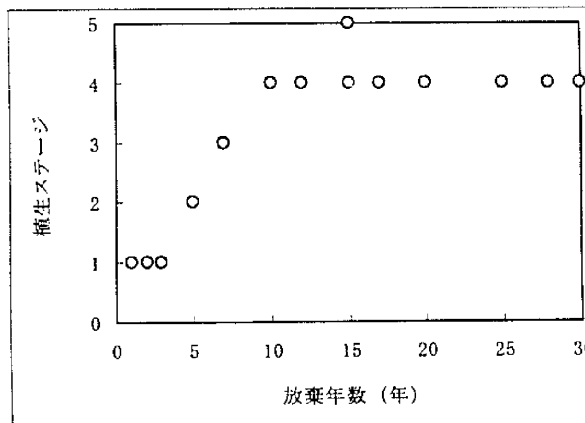


図4 乾性圃場の放棄年数と植生ステージ

2. 放棄年数と植被率および群落高

(1) 植被率

湿性タイプ(Fig3-5)においては、ステージ0(転作畑を含む)における圃場間での格差が大きく見られるが、乾性タイプにおける植被率(Fig3-4)は、放棄年数と関係なく一定して高い植被である。また、湛水状態の圃場(圃場番号12番:水深12cm, 13番:14cm)の植被率は低い。その他については、乾性タイプと同様に放棄後、すぐに高い値となっている。

群落高の変化をみると、乾性タイプは(Fig3-6)、木本がない場合において、放棄初期から10年間で増嵩しているのがわかる。その後は、250cm程度でほぼ変動がない状態である。また、木本が侵入した場合における急激な増加が著しい。

湿性タイプでは(Fig3-7)、非湛水タイプにおいて放棄初期におけるばらつきが多い。

このことは、放棄年数とステージの関係からも圃場間で差が出ていることに起因すると考えられる。また、放棄年数にともない増嵩しているのがわかる。乾性タイプと比較して値も大きいことがわかる。湛水タイプの圃場では、非湛水タイプの圃場との差がみられなかったが、やや低い傾向にあった。

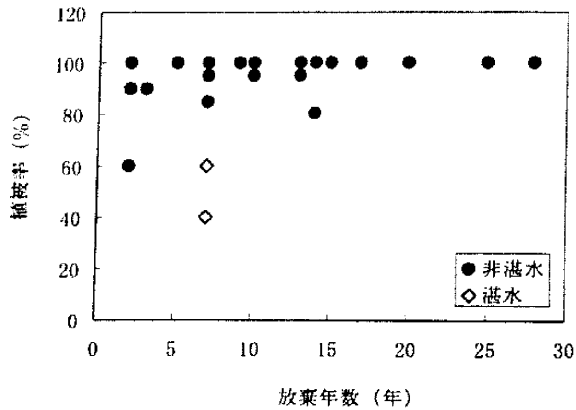


図5 湿性タイプ圃場の放棄年数と植被率
(大島村：2000.07)

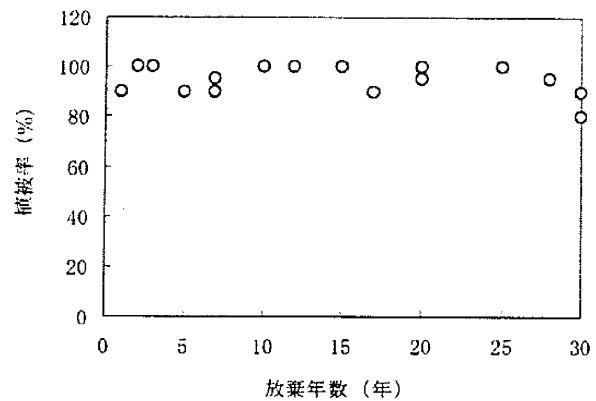


図6 乾性タイプ圃場の放棄年数と植被率
(大島村：2000.07)

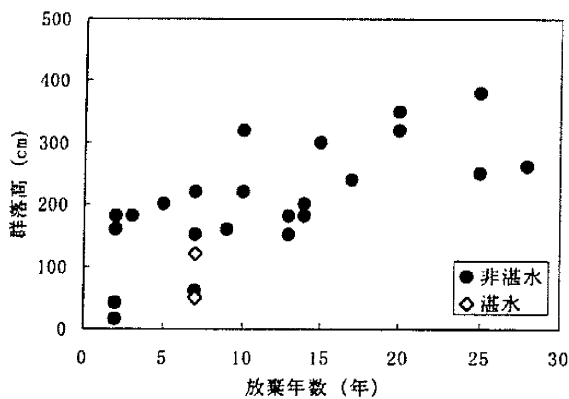


図7 湿性タイプ圃場の放棄年数と群落高
(大島村：2000.07)

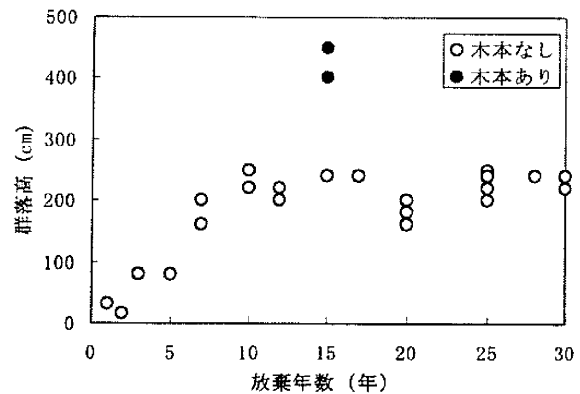


図8 乾性タイプ圃場の放棄年数と群落高
(大島村：2000.07)

IV. 復田コストの算出

1. 復田経験者による作業内容の見積り

(1) 復田に必要な作業の見積り

サンプル圃場の調査は、2000年10月10～11日と2001年9月20日に行った。復田に必要な作業の把握は、地元で復田を請負っている建設業者K氏、T氏による現場での見積りによって進めた。見積りは実際の復田作業手順に沿って、①作業内容、②労力、③使用機械、④時間について行った。なお、K氏、T氏は、1960年代後半(昭40頃)から村の圃場整備に携わっているほか、復田についてもピーク時の10年(1970～1980)は年間200～300区画をこなし、現在でも年間8～10区画(30～40a)を請負っている。そのため、耕作放棄水田の状態を見ただけで、復田に必要な作業内容、時間等が推測できるだけの現場感覚をもち合わせている。

見積りは、建設業者1名(K氏あるいはT氏)、農家1名、記録者2名の計4名を1組とするチーム2組で行った。最初の数筆は両チームの判断を調整するため、現場で重複して見積り、相互の差異を点検・調整した後、チーム毎に分かれて作業を進めた。

(2) 作業量見積り調査における前提条件

復田作業量の見積り調査においては、データを均質化するため、以下のような条件づけを行った。

①復田においては、放棄前と同様の耕作ができる状態に復旧するが、区画形状の変更は考えない。

②復田の見積り対象は本地部分だけとし、用水路、排水口、道路（農道）等は対象外とする。

③各圃場の規模・形状に差があるため、標準的な 10 a 区画（56 × 18 m）を想定し、圃場の長短各 1 辺を畦畔として算定する。

④作業時間は、作業機械 1 台、人力 1 人の場合を想定して見積る。

⑤復田コストを実態に近い形で把握するため、耕作放棄初期において、農家が自力で手持の農機を用いて復田できる場合はこれによるが、雑草株の増大等によって農家が自力で対応できない場合には、業者に依頼することとする。

2. 復田作業の内容および使用機械

耕作放棄水田の復田に必要な作業の内容と使用機械は、表 3 のようであった。

作業内容は荒廃化が進むにつれて多様化し、最大 12 工程に及んだ。復田機械は現場で用いられているものとした。トラクタ（ロータリープラウを装着）は、15PS (=11.025kW) と 75PS (=55.125kW) を使用するが、前者は農家、後者は業者が保有するものである。補助作業員は手作業が必要な場合に導入する。

作業内容が同一でも、荒廃化の程度によって作業機械の組み合わせは異なる。例えば、除根作業において、根株が大きく深い場合はバックホウが必要だが、それ以外では小型の湿地ブルドーザ (3.5 t 級) で対応できる。

表 3 復田作業の内容と使用機械

作業機械	規格	作業内容											
		①伐木	②草の刈払い	③除根	④集積	⑤荒整地	⑥畦締め	⑦畦盛り	⑧レベル測量	⑨基盤均平	⑩耕起	⑪水張り均平	⑫排水口設置
チェーンソー	600mm	×											
草刈り機	肩掛け式		×										
湿地ブル	3.5t級			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
バックホウ	0.35m ³			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
トラクタ	15PS級										×	×	
トラクタ	75PS級								×		×	×	
補助作業員				×					×				

3. 植生と復田作業内容の関係

耕作放棄水田は、排水の状態、水路の管理状況等の差異によって乾性化あるいは湿潤化し、それぞれが固有の植生パターンを形成することが知られている（安西ら，1988）。そこで、サンプル圃場を乾性・湿性の 2 タイプに分け（表 1）、さらに植生のステージによる区分を行った。植生ステージとは、大島村のサンプル圃場における植生の遷移段階を特徴的指標に基づいて類型化したものである（表 2）。

表 4 は、植生ステージと復田作業の手順・構成との関係を示す。復田作業は農地の荒廃化に応じて多様化するとともに、作業機械も重装備化するなど、作業機械の組み合わせと荒廃化との間には固有の結びつきがある。このため、双方の結合形態をもとに、作業段階

として以下のように類型化できる（友正ら，2000）。

類型Ⅰ：20～30cm程度と草丈が小さく，地上部のバイオマス量も少ないため，農家の保有トラクタによる耕起が可能な段階である。復田作業は最小限で済むため，農家の自力復田が可能である。

類型Ⅱ：草丈が30～60cm程度に大きくなり，農家所有のトラクタ（小型ロータリープラウ）による直接耕起ができず，刈り払いが必要となる段階である。この段階まで，農家の自力対応が可能である。

類型Ⅲ：さらに草丈が大きくなり，ロータリープラウによる刈り草のすき込み可能量を超える段階であり，刈り払い後に刈り草の集積が必要である。大面積の場合はブルドーザでの集積となる。これ以降は，地上部バイオマス量の増加や根株の発達によって，ブルドーザ等の強力機械でないと対応できないため，業者に委託することになる。

類型Ⅳ：植生遷移が進み，地上部だけでなく，地下部土中のバイオマス量も多い段階であり，これを取り除く作業工程が加わる。ここでは，ブルドーザで根系の発達した地表部を10cm程度剥ぎ取り，圃場外に押し出す。このとき畦畔も同時に撤去し，後にブルドーザで復元・造成する。

類型Ⅴ：放棄の長期化によって圃場面に不陸が生じたり，地下部バイオマス量が更なる大きくなる段階であり，部分的に深くまで除根する必要が生じる。ここでは，基盤均平が必要となるため，ロータリープラウを装着したトラクタ（75PS）で荒整地後，レベル測量，ブルドーザによる均平作業を行う。

類型Ⅵ：ススキ等の大型株が発達して小型ブルドーザでは除根できない段階であり，バックホウによる除根作業が加わる。

類型Ⅶ：木本が侵入した場合，草刈り機による刈り払い前に，チェーンソーによる立木の伐採と人手による排除作業が加わる。

サンプル圃場の植生ステージ毎のサンプル数と作業類型を対応させると（表4），相互に密接な関連が認められる。このことは，復田コストと植生ステージ（あるいは放棄年数）との相関を示唆している。

表4 復田作業の類型と内容

類型	復田作業主体		復田作業類型の特徴	復田作業構成										ステージ別サンプル圃場数					
	農家	業者		立木伐採	刈り払い	除根	集積	整地		レベル測量	基盤均平	畦畔造成	耕起	水張り均平	ステ1ジ1	ステ1ジ2	ステ1ジ3	ステ1ジ4	ステ1ジ5
								B	BH										
I	○		直接耕起が可能																
II	○		耕起前の刈り払いが必要		×														
III		○	刈り払い後に刈草等の集積が必要		×										3	1			
IV		○	土中の除根が必要		×	×										9	1	3	
V		○	除根による基盤の不陸の修正が必要		×	×	×											1	4
VI		○	除根にバックホウが必要		×	×	×	×									3	22	
VII		○	木本類の伐採が必要	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×						1

4. 復田コストの算出

作業機械の使用経費は，「機械損料＋燃料費＋人件費」によって構成される。本研究で用いた使用単価は表5に示すとおりである。

人件費については、復田を農家が自力で行う場合は、平成 13 年度米生産費における家族労働費 1,564 円/時を使用し、業者に依頼する場合には建設物価等の積算単価を用いた。なお、業者に依頼する場合の人件費算入において、農用トラクタの操作時には普通作業員単価、ブルドーザ、バックホウ等の大型機械操作時には特殊作業員単価とした。作業機械の時間当たり単価決定で準拠した資料は、①土木工事については農林水産省・土地改良事業等請負工事標準積算基準、②機械経費については農林水産省・土地改良事業等請負工事標準積算基準、あるいは（財）建設物価調査会の建設物価である。

表 5 復田用作業機械の使用料単価

作業機械	作業形態別単価（円/時間）	
	業者に委託	農家が行う
チェーンソー	2,635	-
肩掛け式草刈機	2,852	1,689
湿地ブルドーザ	5,912	-
バックホウ	6,534	-
トラクタ(15ps)	-	2,695
トラクタ(75ps)	9,119	-
普通作業員	2,086	1,564
特殊作業員	2,528	-

乾性圃場、湿性圃場共に 0～30 年の間で均等にデータを得ることができた。これは、共同研究者の大黒俊哉氏が以前から進めていた耕作放棄地の調査データを基礎とできた幸運による。本調査は、こうした前提がなければ実施は困難であった。表 6 は 2001 年度に行った復田コスト調査結果の一覧である。

表 6 湿性圃場における草本侵入による復田作業・費用の推計

圃場番号	放棄年数	圃場タイプ	植生ステージ	復田作業の類型	復田費用(円)	
56	0～5	0	湿性	0	1	8085
57		0	湿性	0	1	17787
10		0	湿性	0	II	21097
21		0	湿性	0	II	34109
⑥		1	湿性	2	II	27040
③		2	湿性	1	II	40206
52		3	湿性	1	II	37210
⑮		3	湿性	2	II	24035
12	6～10	7	湿性	1'	III	215577
13		7	湿性	1'	III	229145
11		7	湿性	2	IV	229145
3		10	湿性	3	IV	361838
45		10	湿性	4	V	407505
5	11～20	13	湿性	2	IV	191201
15		13	湿性	2	IV	264428
4		14	湿性	2	IV	240136
14		14	湿性	3	IV	264428
44		15	湿性	4	IV	249392
16		15	湿性	4	V	279929
67		15	湿性	4	V	307256
28		17	湿性	4	IV	298909
46		20	湿性	4	IV	250430
2		20	湿性	4	V	220291
42	21～30	25	湿性	4	V	452877
54		25	湿性	4	V	391799
43		25	湿性	4	V	318359
34		28	湿性	4	V	379658

5. 復田コストの分布

(1) 湿性圃場の復田コスト分布

湿性タイプの復田コストは耕作放棄後数年で大幅に増加するが、圃場間の格差は初期段階から大きい。これは、今回調査した湿性タイプの圃場では、深水状態であったり、ほとんど湛水がないなど、水環境は圃場毎に区々であることが影響していると考えられる。植生は、水環境によって大きく左右される。このため、優占種もガマ、ヨシなど、圃場によって異なるほか、遷移の速度にも遅速を生じている(大黒ら, 2001)。このように、湿性タイプの圃場では、水環境の差異に基づく植生の遷移構造が圃場間で大きく異なった。

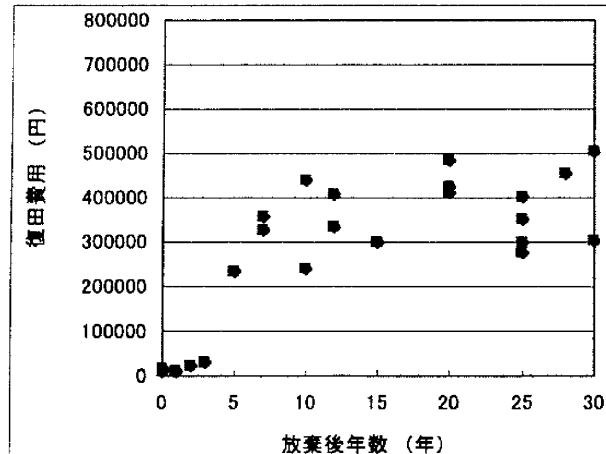
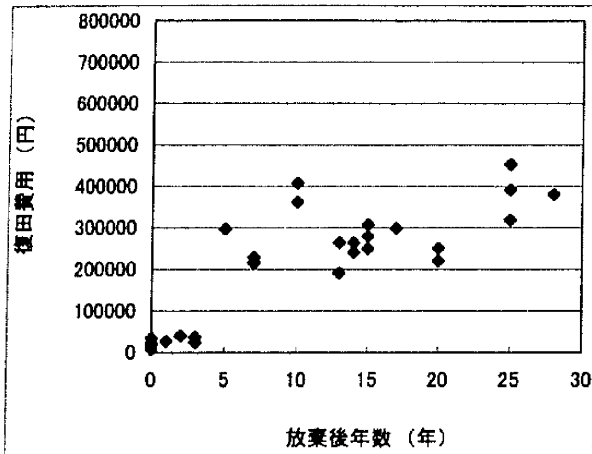


図9 草本が侵入した湿性圃場の復田コスト 図10 草本が侵入した乾性圃場の復田コスト

(2) 乾性圃場の復田コスト分布

乾性タイプでは、復田コストは初期の数年で急激に増加している。これは、大島村の事例では、乾性タイプの圃場における植生は、植生ステージ3(表2)における大型多年生草本であるススキの優占により、遷移の初期段階においてバイオマス量が急激に増加する(大黒ら, 2001)ことに対応すると考えられる。また、耕作放棄後10年以上を経過した場合、復田コストの圃場間格差が大きい。これは主として耕作放棄地の立地条件、すなわち日照、温度等の微気象が圃場間で異なるため、地上部及び地下部でのバイオマス蓄積量に差異が生じるためと考えられる。

6. ロジスティックモデルへの当てはめ

(1) パラメータの決定

耕作放棄地の復田コストは、ロジスティック曲線の当てはめに適合することが知られている(有田ほか(2003))。そこで、今回の調査データにもロジスティックモデル $Y = a / (1 + b \cdot \exp(-c \cdot X))$ に Java Script の統計処理を用い、非線形最小二乗法(Marquardt法)による当て嵌めを行った。この結果、表7の係数値をえた。

(2) データと理論値

理論値とデータを図示したのが、図11～図12である。

復田コストデータは、圃場間の格差が大きい。とりわけ格差は10～15年の間で大きく、

表7 ロジスティックモデルの係数値および残差平方和

類型	サンプル数	$Y=a/(1+b*exp(-c*X))$ のパラメータの値および残差平方和	
乾性農地	21	a b c 残差平方和	396857.45 80.78 0.9012 66844365549
湿性農地	27	a b c 残差平方和	304424.18 84.04 0.8063 88522791921

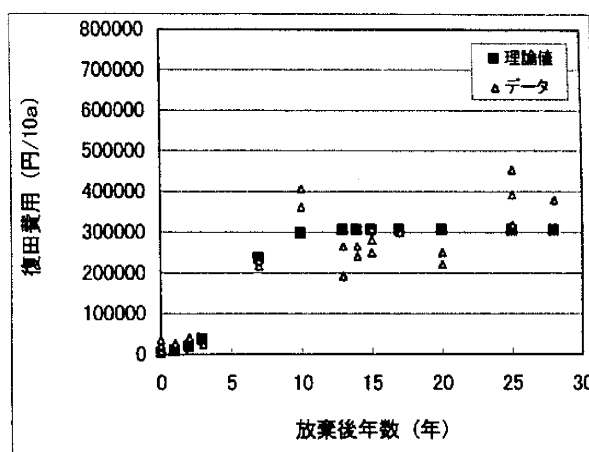
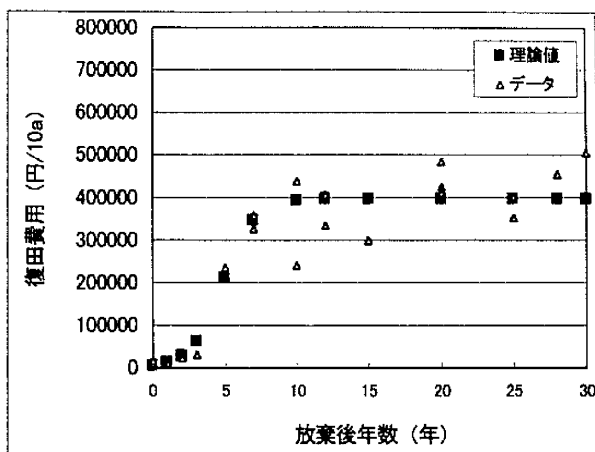


図11 草本のみ侵入・乾性圃場の復田コスト

図12 草本侵入・湿性農地の復田コスト

湿性圃場で著しい。

理論値の増加傾向は、初期には弱いですが、3～10年の範囲で急増した後に急速に減退し、概ね10～15年後に頭打ちとなる。こうした推移は、乾性圃場・湿性圃場共に変わらない。両者の差異は、湿性圃場では乾性圃場に比べて復田コストが少し早めに頭打ちとなることである。

V. 考察

1. 復田コストの比較

湿性圃場と乾性圃場の復田コスト(理論値)を比較したのが、図13である。復田コストは、乾性圃場が湿性圃場を上回る。これは、乾性圃場の植生繁茂が湿性圃場を早期の段階から大きく上回ることに起因すると考えられる。両者の差異が明確になるのは5年目前後以降であり、13～15年後辺りまで格差は拡大し、その後格差は固定的となる。今回の調査の範囲では両者の格差は長期的にも解消されない。

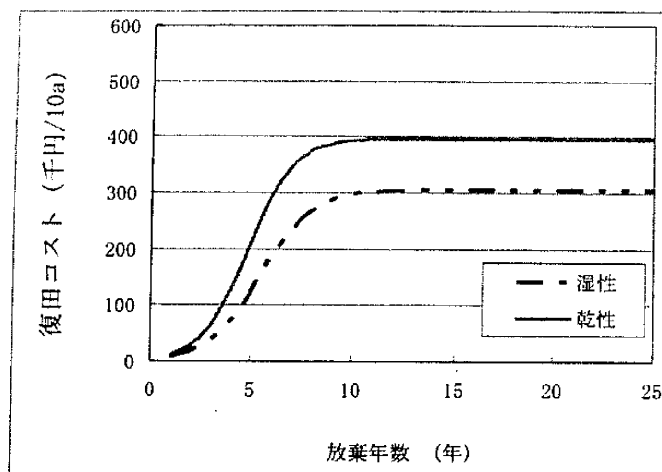


図13 復田コストにおける理論値の対比

2. 復田方式と総費用

(1) 総費用

耕作放棄地を農地資源として長期的に保全するには経済的な方法によって復田を繰り返す必要がある。そこで、前節で得た復田コスト(理論値)を用いて、耕作放棄後に異なる期間で復田を繰り返すことによって資源保全を行うのに必要な費用合計：総費用を算定・比較し、適切な復田間隔を検討する。

総費用： T_x は、(1)式で求めることができる。ただし、復田のための費用は、毎年定額を積み立てることとする。

$$T_x = p_x \sum_{t=1}^x (1+i)^t / (1+i)^{(x+1)} \quad (1)$$

ここに、

p_x : x年毎に復田する場合の年平均積立額

$$p_x = C_x / \sum_{t=1}^x (1+i)^{(x-t)} \quad (2)$$

C_x : x年毎に復田する場合の一回当たり費用(ロジスティック曲線から読み取り)

(2) 耕作放棄田の復田総費用

耕作放棄田の復田を繰り返すことによる資源保全の総費用を計算した(図14、図15)。総費用は、以下のような特徴をもつ。

①総費用は、放棄後毎年復田をする方式から7～8年間隔で復田する方式に至るまで急速に増大し、その後徐々に減少する。

②利子率が高まるほど総費用は減少する。

③毎年復田を繰り返す方式と長期間放置した後復田する方式では、総費用の値は近づき、場合によっては毎年復田を繰り返す方式を下回る。これらに影響するのは、総費用の比較期間、利子率、復田コストの初期値等である。

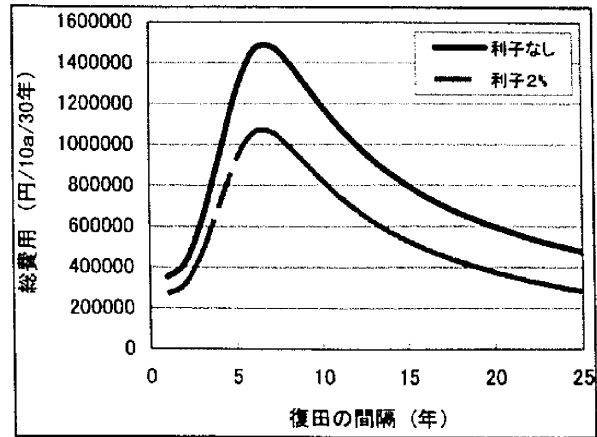
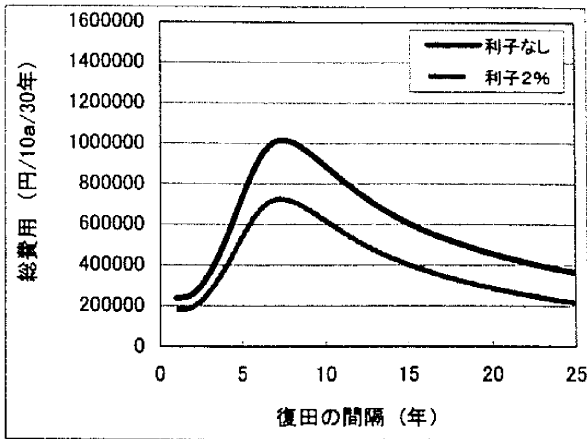


図14 湿性圃場における復田総費用（草本） 図15 乾性圃場における復田総費用（草本）

（3 総費用の比較

乾性圃場と湿性圃場の総費用を対比すると（図16：利子を見込まない）、乾性圃場が湿性圃場を全期間に亘って上回る。乾性圃場では、植生の繁茂が早いのに対して、湿性圃場では湛水や土壌の湿潤が植生の繁茂に対して乾性圃場より抑制的に働くことが、こうした差異をもたらしたものと思われる。ピーク値を示す7～8年間隔を上回る間隔の段階にも、今回の調査では両者の差異は縮小していない。木本が侵入しても、湿性圃場では乾性圃場と同様の復田コストの押し上げには繋がっていないのである。

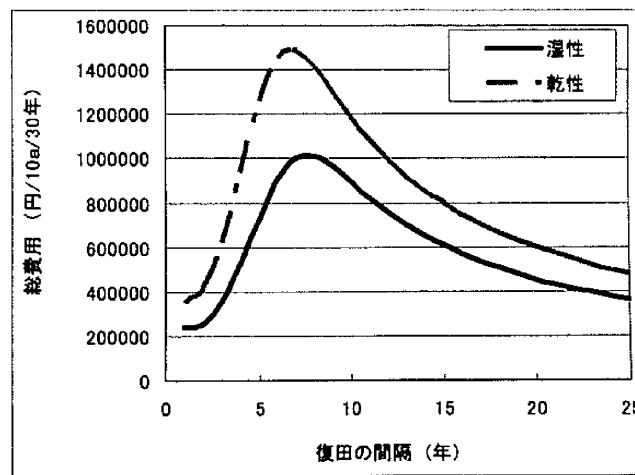


図16 復田総費用の比較（草本のみ、利子無し）

VI. おわりに

乾性圃場のデータに基づく復田コストの分析は先行して行っていたが、本報告は残されていた湿性圃場について分析したものである。これによって、水環境の差異が復田コストに影響を及ぼすことを明らかにすることができた。

本研究のデータは、2000年の大島村での調査を基礎としている。この調査に続いて本科研を実施できたことが、多様な検討を可能にしたが、先行する調査での経験がなければ今回の調査は困難であった。先行する調査では、日本農業土木総合研究所（現・日本水土総合研究所）から研究支援をいただいた。また、大島村の小山章喜氏には復田費用の見積もりや技術的な判断等で多くを教えていただいた。小山氏の助けがなければ、本調査は困

難であった。新潟大学生産環境科学科の卒論生・大学院生の諸君には、夏の旱天の中を現地調査に付き合ってもらった。記してお礼に代えたい。

引用文献

- 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，農土論集 209，pp.109-117
- 有田博之・山本真由美・友正達美・大黒俊哉(2003)：耕作放棄水田の復田コストからみた農地保全対策－新潟県東頸城郡大島村を事例として、農業土木学会論文集225、pp. 95 -102
- 鑑定評価理論研究会(1996)：要説不動産鑑定評価基準，pp.102-110，住宅新報社
- 大黒俊哉，松尾和人，根本正之（1997）：生物多様性の視点から見た中山間地の耕作放棄水田植生，農村計画学会 1997 年度学術研究発表会講演要旨，pp.145-148
- 大黒俊哉，有田博之，山本真由美，友正達美(2001)：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，農村計画論文集，第3集，pp.211-216
- 友正達美，有田博之(2001)：平成12年度農地の維持保全手法検討調査報告書，日本農業土木総合研究所，pp.40-41

(有 田 博 之・山本真由美・大黒俊哉・友正達美)