大都市圏の耕作放棄水田における水田雑草群落復元に 向けた継続的な耕起と代かきの効果

The Effects of Annual Tillage and Puddling on the Restoration of Weed Communities in Abandoned Rice Paddy Fields in Metropolitan Areas

山田 晋* 大久保 悟** 北川 淑子** 武内 和彦**

Susumu YAMADA Satoru OKUBO Yoshiko KITAGAWA Kazuhiko TAKEUCHI

Abstract : Since paddy weed communities are declining with the intensification and abandonment of agricultural activities, restoring these species become important. To confirm the occurrence of species assemblages represented in rice paddy fields, we carried out two extensive managements; tillage and puddling for four years in an abandoned paddy field in a metropolitan area. We defined specialist species in paddy fields that were represented in cultivated paddy fields and not represented in abandoned paddy fields as well as other terrestrial habitats in the study area. We also investigated restored paddy fields where rice culture was restarted, and cultivated paddy fields where local farmers practice low-intensity farming as a reference. By comparing ecological properties between experimental fields and referred fields, we sought to clarify the effect of such management regimes. As a result, although ecological properties were more or less different between experimental fields and cultivated paddy fields, the number of specialist species in paddy fields remained high throughout the experiment period in puddled plots, while in tilled plots, these species declined significantly. This indicates that annual puddling is effective enough to restore specialist species at least for four years.

Keywords: *specialist species in paddy fields, Tama Hills; extensive management*

キーワード: 水田農業依存種, 多摩丘陵, 粗放管理

1. 研究の背景と目的

水田は日本の国土の約7%を占める主要な湿地環境であり、古来、多様な植物が生育してきた。しかし、近年、農業の集約化に伴い、水田における植物相の減少が全国的に顕在化している⁶⁾。とりわけ東京都心部近郊などの大都市圏では、開発や耕作放棄による水田の面的減少が加わり、水田の植物相構成種数の減少に拍車がかかっている。たとえば東京都の2005年における水田作付面積は、減反政策当初の1971年の約1/10にあたる、わずか2km²に減少した¹⁵⁾。他の農村域に広く残るとしても、地域ごとの個体群維持は生物多様性の保全上重要な観点であるため、大都市圏から失われつつある水田自体や本来の水田雑草群落¹³⁾の保全は必要不可欠である。加えて東京都では、全国的には耕作水田で普通に生育するミゾハコベ、キクモ、アブノメなどが希少種にリストされた¹⁹⁾。これらは耕作水田や放棄年数のごく短い耕作放棄水田に生育するものの、水田以外の立地や長期間土壌攪乱が停止された耕作放棄水田には確認されないことから²¹⁾、水田耕作地が消失する影響をとくに強く受けていると予想される。したがって、このように水田農業に強く依存して生育する種（本研究では水田農業依存種と定義する）は、大都市圏において水田雑草群落を保全するうえでとくに重要性が高いと考えられる。

一方、水田における植物相を再形成するため、放棄水田において植物相の復元手法が検討されてきた。こうした管理のなかで、水田耕作の再開や、水稲作までは行わない耕起（田起こし）あるいは代かきが実施され、土壌攪乱を伴う管理が、水田雑草群落¹³⁾の再形成につながることがわかってきた^{8), 14)}。なかでも耕起や代かきは、水田耕作と比べ粗放管理であるうへ、管理地では希少植物の出現頻度も高いことから¹⁸⁾、植物相の復元に有効な管理として注目されている。こうした植生管理を実際に継続して実施した場合に、種構成や優占種の動態を解明し、復元事業の労力や効果を把握することは、行政が行う事業の評価、市民活動の管理指針

として重要である。しかし、これまで放棄水田の植生管理に関する研究では、特定数種の消長に着目した報告¹⁰⁾、単年の植生管理を行った場合の成立植生に関する報告⁸⁾がほとんどだった。

そこで本研究では、耕作放棄水田において耕起と代かきによる植生管理を4年間継続して実施した。現在も水稲作が行われている水田や、耕作放棄水田において水稲作が再開された水田と比較しながら、耕起管理、代かき管理によって成立した植生を、生態学的特徴や上述の水田農業依存種の種数などに基づいて把握し、代かきや耕起が、水田雑草群落や、そのなかの1種群である水田農業依存種の維持に対して有効か検討した。

2. 研究方法

(1) 研究対象地

本研究は多摩丘陵に位置する東京都町田市で実施した（図-1）。

図-1 研究対象地の概要 (a) 実験農場と復元水田の位置
(b) 実験農場における定置調査枠の配置

* (独) 農業環境技術研究所 ** 東京大学大学院農学生命科学研究科

注) 管理2年目の2004年以降には代かき前に畦塗りを行わなかったため、出水部側の水位低下が顕著だった。

図-2 実験圃場における地下水位の経時変化

本地域の小規模な開析谷には、現地で谷戸田と呼ばれる排水不良の水田が分布する。植生管理実験を実施した約200m²の放棄水田一筆（以下、実験圃場と呼ぶ）も、そうした特徴を持つ水田だった。空中写真判読および聞き取りによると、この放棄水田は、大規模な土地改良や区画整理は行われないうまま1980年代後半に耕作放棄され、ヨシが優占する湿性草原へ植生遷移した。

実験圃場が存在する開析谷は東京都の歴史環境保全地域内に位置し、1997年に水田生態系の復元を目指した管理が開始された。以来、東京都の委託を受けた地元地権者からなる管理組合が、休耕を組み入れた水田耕作を行っている¹⁷⁾。実験圃場では1999年に水田耕作が行われたが、管理コストの問題から、その後水田耕作は行われず、2002年まで年2回程度の刈り取り管理のみが行われた。

表-1 主な出現種一覧

種名	生態的特性		a)	実験圃場 (N = 4)												復元水田 (N = 2)			慣行水田 (N=10)
	生活史	草高		代かき管理区				耕起管理区				刈照区				1 3 6			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	3	6	
水田農業依存種																			
アビナ	SA	L	1	4(1)	4	3	4	2	2	-	-	-	-	-	-	2	-	2	5
オモダカ	P	M	1	3	2	2	2(2)	-	1	-	-	-	-	-	-	2	2	-	4
オモダナ	SA	L	1	2	3	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	2
オモモ	P	L	2	2	4	3	3	3	3	-	1	1	-	-	-	2	2	1	3
コナギ	SA	L	1	4(4)	4(3)	4(2)	4(1)	4(2)	3(1)	2	3	-	-	-	-	2	2	2(2)	8(4)
カササギ	SA	M	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
クササギ	SA	M	1	1	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
マツバ	P	L	1	2	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2(1)
ミヅハコ	SA	L	2	4	4	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ハコ	SA	L	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
アサギ	SA	L	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5(1)
アサノ	SA	L	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
クサ	SA	L	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4(2)
水田農業依存種以外の出現種																			
代かき管理区に出現する傾向が強かった種																			
アサノ	SA	L	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2(1)	-	2	1
ヒメ	SA	L	1	2	2	2	2	1	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	2
耕起管理区、代かき管理区に出現する傾向が強かった種																			
アビナ	SA	M	3	1	2	3	2	2	1	1	3	2	-	-	-	1	-	-	1
クサ	SA	M	3	4	2	1	2	4	2	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-
カササギ	SA	M	2	2	1	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
コナギ	P	L	2	1(1)	1	-	2	3(1)	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
コナトギ	SA	L	2	-	3	2	-	3	2	4	3	2	-	-	-	-	1	1	1
クサ	SA	H	1	4(5)	4(1)	4(4)	4(5)	4(4)	3(1)	4(1)	3(1)	4(2)	1	-	-	2(1)	-	-	2
クサ	SA	M	1	4	4(3)	3(3)	4	3	3	3	3	2	-	-	-	2	2	2	8
クサ	SA	M	2	3	4(1)	3(3)	2(2)	4	1(1)	1(1)	1	4	-	-	-	1	-	-	-
ミズ	P	L	-	3	4(1)	2(1)	2(1)	3	1	-	1	1	-	-	-	-	1	2	2
刈照区に出現する傾向が強かった種																			
アサノ	P	M	3	-	-	-	-	-	1	-	-	2	2	2	3(1)	-	-	-	-
イ	P	M	2	-	-	-	-	4	2	-	-	2	3	3	4(3)	-	2	2	1
スズ	P	M	2	1	-	-	-	2	2	-	-	2(1)	2(2)	2	2	-	-	-	-
セキ	P	H	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	2	2	-	-	-	-
フタ	SA	M	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	1	-	-
ハコ	SA	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	-	-	-	-
その他の出現種																			
イ	SA	L	1	3	4(1)	4	4	1	3	2	4	3	3	4	3	2	2	2	6(1)
オモダ	P	M	-	2	2	1	-	1(1)	1	1(1)	3	4(2)	4(3)	4(2)	4(2)	-	-	-	1
コ	P	M	3	-	-	-	-	2	3(1)	1	1	4(1)	4(2)	4(2)	4(2)	1	-	-	1
ゴ	P	M	-	4	3	2	1	4(2)	4(4)	3(4)	2(2)	4(5)	4(5)	4(5)	4(4)	2	2	1	-
ササ	P	M	2	-	2	3(3)	2(2)	2(3)	2(4)	3(5)	3(5)	1(1)	1(3)	2(3)	2(2)	2	1	-	-
シ	P	M	3	4	1	1	3	4(2)	4(3)	2	1	4(2)	4(3)	4(2)	4(2)	1	-	-	-
セ	P	M	1	2	1	-	1	-	2	-	1	2	1	1	2(1)	2	1	1	6(1)
スズ	SA	H	3	1	-	1	1	3	1	1	2(1)	1	-	1	-	-	-	-	1
ハ	SA	M	2	2	3	3	4	2	4(1)	2	4(2)	2	1	2	2	-	-	-	-
ミ	SA	M	2	3(1)	2	3(1)	3(2)	3(3)	4(1)	4(3)	4(3)	4(3)	4(1)	4(2)	4(3)	2	2	2	3
ムササ	P	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4(1)
ヤノ	SA	M	2	1	1	1	1	4	3(1)	2(1)	2	4	4	4(1)	3	2	-	1	-

・表中の数値は出現頻度、括弧内の数字は最大の被度階級を示す。被度階級の区分は、5: 被度75%以上、4: 同50-75%、3: 同25-50%、2: 同10-25%、1: 同1-10%、記入なしは被度1%未満である。
 ・水田農業依存種については出現した全種、水田依存種以外については実験圃場、復元水田、慣行水田における出現頻度が通算3回以上の種のみを示す。「その他の出現種」は、優占種として確認されたことのある種のみを示す。
 ・植生管理区、復元水田の下欄の数値は管理継続年数を示す。
 ・生活史: SA: 一年草, P: 多年草, 草高: L: 低草種, M: 中草種, H: 高草種
 ・a) 水田雑草の発生源: 1: 強害水田雑草, 2: 中害水田雑草, 3: 弱害水田雑草

2003年に植生管理実験が開始される直前には、コシロネ、ゴウソなどが優占するほぼ均一な相観の植物群落が成立していた。

(2) 植生管理方法および調査方法

実験圃場には2m×2mの定置調査枠を12箇所設置した。枠間は最低0.5mの間隔をとった。枠間に仕切は設けず、種子、栄養繁殖体は水流によって自由に移動できるようにした（図-1(b)）。

次に定置調査枠において、耕起（耕起のみ）、代かき（耕起および代かき）、対照（土壌攪乱なし）の3つの管理を4つずつ実施した。耕起では、鋤を用いて表層土壌の深さ15cm程度で天地換えた。代かきでは、耕起に続き実験圃場を湛水し、目立った植物体を定置調査枠外に除きつつ、植物体と土塊が水面下に沈むまで細砕、攪拌した。植物体が多い場合には、除ききれない植物体を地中に踏み込んだ。（植物体を土層の下部に踏み込む作業は、ヨシの優占を抑えるために対象地域で慣行的に用いられている方法である。）耕起、代かきは、1950年代ごろまでの農事暦に合わせ、6月中旬から下旬に実施した¹¹⁾。ただし、2004年は、管理日程の都合から7月11日となった。対照として、土壌攪乱を行わない定置調査枠を設置した。以下、耕起のみ、耕起および代かきを実施した定置調査枠を、それぞれ耕起管理区、代かき管理区と呼び、対照として土壌攪乱を行わなかった定置調査枠を対照区と呼ぶ。なお、対照区を含む各種管理区と定置調査枠外では、冬季（12～2月）に、耕起と代かき管理を妨げる枯死した地上植生を刈り取り、植物体を除去した。

実験圃場では取水部付近と出水部付近で水位の動態が異なることが予想された。そこで、

同一植生管理の4定置調査枠が特定の水分条件に偏らないよう配慮し、枠を設置した（図-1(b)）。月1回程度の頻度で地下水位を測定したところ、出水部側は地下水位が頻繁に低下した一方、取水部側の地下水位は安定して高く（図-2）、定置調査枠の配置は概ね妥当と判断された。

植生調査は2003年から2006年の8月下旬から9月上旬に行った。各定置調査枠内で全出現種の被度（%）と最高の草高（cm）を記録した。

(3) 既存の植生データの利用

実験圃場の成立植生と比較するため、上記の管理組合により水稲作が再開された水田（以下、復元水田と呼ぶ）、水稲作が毎年実施されている水田（以下、慣行水田と呼ぶ）で得られた既存の植生データ²¹⁾を利用した。復元水田は、実験圃場に隣接する圃場2筆である（図-1(a)）。この2筆での水田耕作は、1998-2000、2003-2006年に実施された。復元水田では実験圃場と同時期に代かきが行われ、田植え後、水位管理、1回の手取り除草、稲刈りが行われた。慣行水田は、実験圃場と同様、小規模な開析谷の未整備水田だった。田植えは復元水田より早い5月中旬～6月上旬に行われたが、管理手法自体は類似していた。

復元水田、慣行水田では下層植生の生育密度が低かったため、水田内全域を対象に植生調査を実施し、全出現種を被度とともに記録した。復元水田の植生調査年は、復元年当初の1998年、3年目の2000年、途中2年間の休耕をはさむものの、耕作を開始してから通算6年目の2003年だった。慣行水田の植生

調査は 2000 年のみだった。各調査年とも 8-9 月に取得した植生調査データを解析に使用した。

(4) 解析方法

実験圃場における植生管理の効果を明確に把握するため、出現種の生態的特性(生活史、草高)と水田雑草の発生度を整理した。生活史は新版日本雑草図鑑¹⁶⁾に従い、夏季一年草(以下、単に一年草と呼ぶ)、越年草、多年草に分類した。草高については、全草本植物の草高に関する情報が記載されている千葉県植物誌²⁾、ならびに本調査結果を参考に、低茎(草高 30cm 未満)、中茎(同 30cm-1 m)、高茎(同 1 m 以上)に分類した。水田雑草の抽出は笠原⁷⁾に従った。同文献に記載された発生度にもとづき、水田雑草を、強害水田雑草(笠原⁷⁾の強害草に相当する)、中害水田雑草(同、害草)、弱害水田雑草(同、弱害草)に細分類した。

大都市圏で保全の必要性がとくに高いと考えられる水田農業依存種は、土壤攪乱などにより裸地が出現しやすい立地に生育する種群であると考えられるが、現在のところ水田農業依存種に該当するかどうかの統一された基準が存在しない⁵⁾。本研究では、一試行例として、Yamada *et al.*²¹⁾が同地域の耕作水田植生、耕作放棄水田植生を対象に行った植生調査結果から、耕作水田に生育する湿生種であり、耕作が放棄されると 2-3 年で姿を消す傾向がみられる種を水田農業依存種とした。

各種植生管理区において、以上の分類群の出現種数が管理年次間で有意に異なるか確認するため、R ver. 2.3.0 (R development core team, 2006)を用いて反復測定による一元配置分散分析を行った。

3. 結果

4 年間の調査の結果、実験圃場では 57 種が確認された。主な出現種を復元水田、慣行水田に出現した種とともに表-1 に示す。

(1) 実験圃場における植生変化

管理年次別にみた各種管理区の出現種の特徴を表-2 に示す。

(i) 代かき管理区

代かき管理区における総出現種数は各年次平均 15-20 種/4m²で推移し、年次間に有意差はみられなかった(表-2, $P > 0.05$)。いずれの管理年次も出現種の半数以上は一年草であり、また、中茎種の種数が低茎種と同等か上回った。水田雑草は出現種のほとんどを占め、なかでも強害水田雑草の種数が最も多かった。

水田農業依存種については、管理 3 年目において、他の管理年次に出現したミゾハコベ、タマガヤツリを確認できず、管理 3 年目の種数はやや低下した(表-1)。オモダカは管理 3 年目と 4 年目に、地下水位が低い 2 つの定置調査枠で姿を消した。管理 3

表-2 各種管理区における出現種の生態的特性および発生度別にみた水田雑草、水田農業依存種の種数

	総出現種	生活史		草高		水田雑草	水田雑草の発生度			水田農業 依存種
		一年草	多年草	低茎種	中茎種		強害水田雑草	中害水田雑草	弱害水田雑草	
実験圃場										
代かき管理区 (4m ²)										
1年目	20.3 ± 4.6	12.8 ± 3.0	7.5 ± 2.4 *	7.3 ± 2.1	11.8 ± 3.1 *	17.0 ± 5.0	8.0 ± 2.4	6.0 ± 1.8	3.0 ± 0.8	5.8 ± 2.5
2年目	19.5 ± 2.4	13.3 ± 2.2	6.3 ± 1.7	9.3 ± 1.3	9.3 ± 1.3	16.5 ± 1.9	7.5 ± 1.7	7.3 ± 1.5	1.8 ± 0.5	5.8 ± 1.7
3年目	15.0 ± 5.0	11.3 ± 4.6	3.8 ± 0.5	6.3 ± 3.3	7.5 ± 2.6	12.8 ± 4.1	5.8 ± 1.0	5.0 ± 2.2	2.0 ± 1.8	3.3 ± 1.0
4年目	17.8 ± 2.5	12.8 ± 1.9	5.0 ± 0.8	8.0 ± 1.4	8.5 ± 2.1	15.8 ± 2.5	7.5 ± 1.0	5.5 ± 1.7	2.8 ± 1.0	5.3 ± 1.0
耕起管理区 (4m ²)										
1年目	22.8 ± 2.1 **	13.0 ± 1.8 *	9.3 ± 1.0 **	7.3 ± 0.5	13.5 ± 2.4 *	19.5 ± 1.0 *	4.8 ± 0.5	9.8 ± 1.7 **	5.0 ± 1.4 *	3.5 ± 1.0 **
2年目	18.5 ± 3.1	10.0 ± 1.6	8.5 ± 2.4	5.5 ± 2.6	12.0 ± 1.2	16.0 ± 2.6	4.8 ± 3.3	7.8 ± 1.0	3.5 ± 0.6	2.8 ± 2.5
3年目	11.3 ± 4.9	8.0 ± 2.8	3.3 ± 2.2	2.8 ± 1.7	7.3 ± 3.3	9.3 ± 4.1	2.8 ± 1.3	4.3 ± 1.3	2.3 ± 2.6	0.5 ± 0.6
4年目	14.0 ± 1.2	10.3 ± 1.0	3.8 ± 1.7	3.8 ± 1.9	9.0 ± 2.2	11.5 ± 0.6	3.8 ± 0.5	5.0 ± 0.0	2.8 ± 1.0	1.0 ± 0.8
対照区 (4m ²)										
1年目	22.3 ± 2.8 **	11.8 ± 1.0 **	10.3 ± 3.3	6.3 ± 3.2 *	14.5 ± 1.7 *	17.0 ± 1.6 *	2.8 ± 0.5 *	8.8 ± 2.1 **	5.5 ± 1.0 **	0.3 ± 0.5
2年目	14.5 ± 3.3	6.0 ± 1.4	8.5 ± 2.4	3.0 ± 0.8	10.8 ± 2.4	10.5 ± 3.1	1.3 ± 1.3	5.8 ± 1.7	3.5 ± 0.6	0.0 ± 0.0
3年目	14.5 ± 3.3	5.5 ± 1.9	9.0 ± 1.8	2.3 ± 1.0	11.0 ± 2.7	10.5 ± 2.5	1.3 ± 0.5	6.0 ± 2.0	3.3 ± 1.0	0.0 ± 0.0
4年目	15.8 ± 1.7	6.0 ± 1.6	9.8 ± 1.3	2.8 ± 1.5	12.3 ± 1.7	11.0 ± 1.4	1.3 ± 0.5	6.0 ± 1.8	3.8 ± 1.0	0.0 ± 0.0
復元水田 (一筆)										
1年目	24.5 ± 6.4	13.0 ± 2.8	11.5 ± 3.5	9.5 ± 2.1	11.5 ± 2.1	19.0 ± 4.2	10.0 ± 1.4	6.0 ± 1.4	3.0 ± 1.4	5.5 ± 2.1
3年目	13.0 ± 2.8	6.0 ± 0.0	7.0 ± 2.8	6.0 ± 0.0	6.5 ± 2.1	11.0 ± 1.4	6.5 ± 0.7	4.0 ± 0.0	0.5 ± 0.7	4.0 ± 0.0
6年目	14.0 ± 2.8	8.5 ± 0.7	5.5 ± 3.5	7.5 ± 0.7	6.5 ± 2.1	10.5 ± 2.1	6.0 ± 1.4	4.5 ± 0.7	0.0 ± 0.0	3.0 ± 1.4
慣行水田 (一筆)										
	10.3 ± 4.1	6.1 ± 2.5	3.8 ± 2.2	5.7 ± 2.0	4.1 ± 2.9	8.8 ± 3.8	6.1 ± 3.1	2.1 ± 1.3	0.6 ± 1.0	3.8 ± 2.0

・表中の数値は平均±標準偏差を示す。

・越年草、高茎種の出現種数は少なかつたため、表から除外した。

・実験圃場の各種管理区について、各分類群種数の管理年次による差を、繰り返しのある一元配置分散分析により検定した。*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$

年目以外における水田農業依存種は 5 種/4m²程度であり、管理年次による種数の有意差はみられなかった ($P > 0.05$)。

優占種はタイヌビエやコナギ、チョウジタデなどの一年草だった(表-1)。タイヌビエは管理 2 年目を除く年次で被度 50% を越える定置調査枠が確認され、高い被度を維持した。管理 2 年目、3 年目の優占種は定置調査枠の水分条件に応じて異なり、地下水位が低い定置調査枠ではチョウジタデ、ヌメリグサが優占した。

(ii) 耕起管理区

耕起管理区では、管理 1, 2 年目に出現したウシググ、コウガイゼキショウなどが管理 3 年目に姿を消し、管理 3 年目の総出現種数、水田雑草種数は管理 1 年目の半分程度に低下した。一年草、多年草の種数は管理年次によって有意に異なり(それぞれ $P < 0.05$, $P < 0.01$, 表-2)、管理 3 年目に最小となった。水田雑草が出現種のほとんどを占め、中害水田雑草種数が最も多かった。草高については、いずれの管理年次も出現種の半数以上が中茎種だった。

水田農業依存種は、管理 1 年目には平均 3.5 種/4m² 出現したが、管理 3, 4 年目に高い頻度で出現する種はコナギだけだった(表-1, 2)。優占種については、管理 1 年目に、3 定置調査枠においてタイヌビエが最も高い被度だったが、2 年目にはその被度は著しく低下し、代わってサヤヌカグサの被度が顕著に上昇した(表-1)。3 定置調査枠では、管理 3 年目と 4 年目のサヤヌカグサの被度がとくに高く、70% 以上となった。地下水位が低い 1 枠ではコシロネなどが高い被度で定置調査枠を覆った。このように、優占種は管理年次が進むにつれて多年草の割合が増加した。

(iii) 対照区

対照区では、管理 1 年目、アゼガヤツリ、コケオトギリなど多くの一年草が出現し、一年草種数が多年草を上回ったが、これらの種は管理 2 年目から 4 年目には姿を消し、一年草の種数は管理 1 年目より顕著に減少した(表-1, 2)。一方、多年草種数は 4 年間有意に変化しなかった ($P > 0.05$)。その結果、管理 2 年目以降は多年草の種数が一年草を上回った。

草高に関しては、耕起管理区と同様、中茎種の種数が最大となった。発生度タイプ別にみた水田雑草についても、耕起管理区と同様管理年次を通して中害水田雑草の種数が最大となった。水田雑草の種数は、管理 2 年目を除き、耕起管理区と同等だった。水田農業依存種は、管理年次を通してほとんど確認されなかった(表-2)。優占種は、管理を実施する以前に優占したコシロネやシカクイが、いずれの定置調査枠でも 4 年間優占し続けた。

(2) 復元水田、慣行水田の植生

復元水田では、圃場の全範囲で出現種を記録したにもかかわらず、とくに耕作 3 年目、6 年目の総出現種数、水田農業依存種数は、実験圃場の代かき管理区より少なかった(表-2)。強害水田雑草種数が中害水田雑草を上回り、耕作 6 年目に一年草が多年草を上回った点は代かき管理区と類似した。一方、低茎種の種数が中茎種を上回り、耕作 6 年目に弱害水田雑草が姿を消す点は、代かき管理区と異なった。復元水田で出現した水田農業依存種のうち、アオウキクサを除く全種が代かき管理区に確認された(表-1)。逆に、代かき管理区に出現したタカサプロウ、ミゾハコベ、タマガヤツリは復元水田にみられなかった。

慣行水田の総出現種数は復元水田よりも少なかった(表-2)。

水田雑草として出現した種のほとんどは強害水田雑草だった。水田農業依存種については、実験圃場で出現しなかったアオウキサ、ウキサ、アブノメの3種を含む12種記録された(表-1)。水田農業依存種以外で慣行水田のみに出現した種は、ムラサキサギゴケ、スギナなど、畦畔から侵入したと思われる種だった。一年草種数が多年草種数を、低茎種数が中茎種数を上回った。

4. 考察

本研究の結果、実験圃場、復元水田、慣行水田では、それぞれ異なるタイプの成立植生が確認された。慣行水田の成立植生は種組成からウリカワ-コナギ群集¹³⁾に位置づけられる。この群集の標徴種にはコナギ、キカシグサなどがあり、慣行水田で確認した一年草、低茎種が卓越する結果と類似した。一方、土壌攪乱が行われなかった対照区では、とくに管理2年目以降、多年草、中茎種、中害水田雑草が卓越した。耕起管理区、代かき管理区、復元水田は、慣行水田と対照区の中間的な種構成の特徴を示し、耕起管理区、代かき管理区、復元水田へと管理強度が増すにつれ、慣行水田の種構成の特徴に近づいた。休耕田の植生管理により多年草の割合が低下し、低下の程度は刈り取り管理より耕起管理で大きいこと⁴⁾、代かき管理が施された休耕田は水田雑草中心の種組成となり、耕起管理は代かき管理と比較してより高茎の種が多いこと¹²⁾については既往の報告があり、ともに本結果と類似した。

代かき管理によって成立した植生は、一年草と強害水田雑草が卓越した点で慣行水田と一致した。しかし、中茎種が低茎種を上回り、中害および弱害水田雑草も一定の割合で生育した点、また4m²という小面積に、より多くの種が高密度で出現した点では、慣行水田で成立する水田雑草群落と異なる群落が形成されたと考えられる。この原因は管理手法の違いに大きく起因する。たとえば、慣行水田では、代かきに加え、手取り除草により水田区画の植物は取り除かれるが、攪乱が頻繁に行われる環境ほど、発芽から成長までの期間を短くすることができる低茎種の生育に適した環境となることが知られている³⁾。また、イネによって下層の光環境が低下しやすい水田耕作地に適応した多くの水田雑草は、遮光下で積極的に発芽を抑制する性質を持つことが知られている¹⁾。

一方、本研究で保全価値が高いとして注目した水田農業依存種については、代かき管理区では、限られた面積に、より多種が出現した。管理年次による種数の有意な差はみられず、代かきはこの種を複数年にまたがり維持する点で有効な管理であると考えられた。また、慣行水田にはみられないヌメリグサ、ウシグサなどの中茎の中・弱害水田雑草を含んだことから、耕作水田よりも幅広い生態的特性を有する植物種の生育地としても評価することができる。代かき管理区では、上述した除草やイネ優占に伴う遮光がなかったうえ、水田雑草の中には、代かきに適応した生活パターンを獲得している種が少なくない。たとえば、コナギの種子は湛水下などの低酸素状態において発芽が促進される⁹⁾。さらに、耕起管理区で優占した多年草が代かき管理区で顕著に低い被度だった原因は、土壌の細碎、捏ね、均しといった、耕起にない一連の過程が植物体を破壊したことにも起因する可能性がある。

耕起管理区における深さ15cmでの土塊ごとの天地返しのみでは、多年草の根茎が切断されつつもまとまって残り、多年草の優占化を招いた。本論で提案した水田農業依存種や、管理当初は代かき管理区よりも種数が多かった中・低害水田雑草は、管理年次とともに有意に減少した。すなわち、それらの保全を図るうえで耕起管理は継続的な管理手法として不適であると考えられた。

耕起に加えた代かきを行うことは、耕起のみの場合の2倍の労力を必要とする²⁰⁾。しかし、代かき管理は水田耕作と比較すれば1/6程度の作業量であり²⁰⁾、復元手法として、水稻作を選ぶよりも大幅に粗放的な管理として評価できる。また、本研究の植生管

理を実際に行った際、多年草の根茎が存在する管理1年目の代かき管理は、その後の年次よりも作業量は大きかった。したがって、代かき管理が多年草の優占化を抑えたことは、作業効率の面の効果が一層大きいと考えられる。

5. まとめと今後の課題

代かきによって管理された耕作放棄水田の成立植生は、水田雑草群落とは異なったが、大都市圏の耕作水田において維持する必要性が高い水田農業依存種を、少なくとも4年間の期間内では維持する点で有効な管理手法だった。本研究では、一部の定置調査枠で水分条件を十分制御できず、水分条件の違いによって、優占種や水田農業依存種のオモダカなどの出現傾向が変化した。水分条件は水田や休耕田の植生に影響を与える要因のひとつである¹²⁾。今後、放棄水田における植物相復元の際には、水分条件を考慮して植生管理やその効果の検証を行う必要がある。慣行水田にみられたアオウキサ、ウキサ、アブノメの3種が実験圃場に出現しなかった理由は不明であり、そうした種の繁殖器官の生存期間、圃場間での分散能力などについても検討する必要があるだろう。

参考文献

- 1) 浅野紘臣 (2001) : 水田雑草の発生に及ぼす遮光の影響 : 雑草研究 46, 31-36
- 2) 千葉県史料研究財団編 (2003) : 千葉県の自然誌 別編4 千葉県植物誌 : 千葉日報社, 千葉. 1181pp.
- 3) Grime, J.P. (1977): Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111, 1169-1194
- 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 : 日本作物学会記事 46, 219-227
- 5) 日鷹一雅・嶺田拓也・榎本敬 (2006) : 湿生植物 RDB 掲載種の農業依存性評価—博物館等の収蔵標本における採集地記載情報を用いた一事例から— : 保全生態学研究 22, 124-132
- 6) 環境庁編 (2000) : 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 8 植物 I (維管束植物) : 自然環境研究センター, 東京, 660 pp.
- 7) 笠原安夫 (1951) : 本邦雑草の種類及地理的分布に関する研究 第4報 水田雑草の地理的分布と発生度 : 農学研究 39, 143-154
- 8) 柏原一凡・夏原由博・森本幸裕 (2005) : 環境と植生の異なる放棄水田における草刈および耕起による植生変化の事例 : ランドスケープ研究 68, 669-674
- 9) 片岡孝義・児嶋清・古谷勝司 (1979) : コナギの生育と種子生産 : 雑草研究 24, 86-91
- 10) 小荒井晃・芝山秀次郎 (2001) : 水田の代かき後における数種一年生雑草の発消長と出芽深度 : 雑草研究 46, 5-12
- 11) 町田市誌編集委員会編 (1976) : 町田市誌下巻 : 第一法規出版, 東京. 1718pp.
- 12) 嶺田拓也・石田憲治・飯嶋孝史・松森堅治 (2005) : 中山間地休耕田の効率的維持管理に向けた植生指標の検討 : 農業土木学会論文集 237, 75-80
- 13) 宮脇昭・奥田重俊・藤原陸夫 (1994) : 改訂新版日本植生便覧 : 至文堂, 東京. 910pp.
- 14) 中本学・関岡裕明・下田路子・森本幸裕 (2002) : 復田を組み入れた休耕田の植生管理 : ランドスケープ研究 65, 585-590
- 15) 農林水産省統計部 (2006) : 耕地及び作付面積統計 : 農林水産省, 東京. 283pp.
- 16) 沼田真・吉沢長人編 (1997) : 新版日本原色雑草図鑑 : 全国農村教育協会, 東京, 414pp.
- 17) 斉藤勝成 (1998) : 図師小野路歴史環境保全地域—新たな谷戸管理手法の確立を目指して— : ランドスケープ研究 61, 312-313
- 18) 関岡裕明・下田路子・中本学・水澤智・森本幸裕 (2000) : 水生植物および湿生植物の保全を目的とした耕作放棄水田の植生管理 : ランドスケープ研究 63, 491-494
- 19) 東京都環境局 (1998) : 東京都の保護上重要な野生生物種 : 山広印刷所, 東京. 77pp.
- 20) 東京都多摩環境保全事務所・自然教育研究センター (1996) : 保全地域における谷戸の管理手法調査報告書, 160pp.
- 21) Yamada, S., Okubo, S., Kitagawa, Y. and Takeuchi, K. (2007) : Restoration of weed communities in abandoned rice paddy fields in the Tama Hills, central Japan : *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 88-102