水生生物の保全を目的とした放棄水田の植生管理手法に関する事例研究

A Case Study of Vegetation Management of Abandoned Rice Fields for the Conservation of Water and Wetland Wildlife

浅見 佳世* 中尾 昌弘* 赤松 弘治* 田村 和也*
Kayo ASAMI Masahiro NAKAO Hiroji AKAMATSU Kazuya TAMURA

摘要：本研究では、放棄水田の水生生物を保全するための植生管理手法として、植生配置のローテーションにより谷全体で種多様性を維持するシステム（シフティング・モザイク・システム）を提案し、その有効性について京都の府立公園予定地を事例に検討した。まず、このシステムを用いるのに適した遷移系列と、初期化に適した遷移段階を把握し、次に抽出した植生を対象に初期化を行いその効果を調べた。調査の結果、コナギ群落からカンガレイ群落へとむかう遷移系列において、植生、水生昆虫相共に遷移当初の状態が復元でき、システムの有効性が明らかになった。このように本研究は、遷移を前提とした植生管理の一つの方向性を示し得たと考える。

1. はじめに

近年、水生生物に対する関心の高まりから、放棄水田など湿地地を利用した水生生物の保全活動が各地で行われている⁵⁾²²⁾²⁵⁾²⁷⁾²⁸⁾。このような活動が行われている湿地地の幾つかには希少とされる種も数多く見られ、開発などにより減少しつつある水生生物の生育・生息環境として大きな期待が寄せられている。

放棄水田を含む湿地地の生態遷移は森林に比べると早く、数年のうちに生物相が激変することも珍しくない。それゆえ、目標とする水生生物を保全していくためには、生態系の基盤ともなる植物群落を維持するための植生管理が欠かせない。放棄水田において水生生物の保全を図っている幾つかの事例でも、高茎草本の選択的な抜き取りや刈り取りといったきめ細かい管理を行い、当初設定した植物群落の持続を図っている²⁹⁾。しかし、このような手法は多大な労力や経費を要することから、水生生物の多様性を維持するための簡易な植生管理手法が求められてきている。

一般に、原生林や里山では倒木、伐採といった自然的、人為的に生じたギャップがローテーションし、遷移段階の異なる様々な植生がモザイク状に存在することによって生物多様性を維持していると言われる¹⁷⁾¹⁸⁾²⁰⁾。この考え方を放棄水田に適用することができれば、数年に一度の植生管理で多様な水生生物を保全することが可能となる。

そこで本研究ではこの考え方を応用し、放棄水田の水生生物を保全するための植生管理手法として、植生配置のローテーションにより谷全体で種多様性を維持するシステムを検討することとした。

2. 調査地域の概要

調査は、京都府宮津市の北部に位置する丹後リゾート公園（仮称）予定地で行った。本公園は、総面積 144ha の都市公園で、主に谷底部に伸びる棚田状の耕作放棄水田とその周囲の低山地からなる。放棄水田の大半は圃場整備の行われなかった湿田で、当地域では「ジュル田」と呼ばれる深田である。水田の耕作放棄は 1970 年頃から徐々にすすみ、現在では放棄年数や立地に応じて水田ごとに様々な湿地環境が形成されている。公園の放棄水田にはトンボ類やゲンゴロウ類といった水生昆虫、サンショウモ、スズメなどの水田雑草が豊富に確認され、公園の自然環境を大きく特徴づけている¹⁶⁾。これらの水生生物は公園の基本方針において

その保全がうたわれ、放棄水田とその周囲の低山地を含んだ約 80ha が自然保全を目的としたゾーンに設定されている。このゾーンでは、1996 年に 200㎡程度（1 筆 100㎡の 2 地点：このうち 1 地点を以後試験地と呼ぶ）と 1999 年に 1000㎡程度の、谷筋に伸びる草原化・低木林化した放棄水田を対象に、放棄直後の状態に戻す整備が行われた。

3. 研究の手順

(1) 植生管理システムの考え方

本研究で提案する植生管理システムは、以下のような流れを想定している（図－1）。

- ① 耕起直後の状態の水田を常に谷全体に多数設ける。
- ② 遷移が進行し、水生生物の生育・生息に適さない放棄水田から順に攪乱を与え、遷移の初期の段階に戻す（遷移の初期化）。
- ③ 遷移段階の異なる様々な状態の湿性な環境（植生）が、谷全体として常にモザイク状に揃う。
- ④ 成立するそれぞれの湿性な環境を主な生育・生息環境とする、各種水生生物の保全が可能となる。

本研究ではこのシステムを、Forman¹⁾、守山¹⁹⁾を参考に、シフティング・モザイク・システムと呼ぶこととする。

(2) 解析の手順

上記の管理手法の有効性を明らかにするために本研究では、植

図－1 シフティング・モザイク・システムの模式図
（初期化を 4 年に 1 回に想定した場合）

*（株）水辺研究所

生単位を基盤に次の2点について調査検討を行った。

(i)初期化に適した植生の抽出

シフティング・モザイク・システムを適用するのに適した遷移系列と、初期化を行うのに適した遷移段階を把握することを目的とする。遷移系列の把握は、公園内の放棄水田の現況植生や立地環境、公園周辺の放棄水田の観察結果などをもとに推定した。また各植生ごとの水生生物の出現状況から水生生物に欠かせない植生を把握し、これらの結果をもとに初期化に適した植生の抽出を行った。

(ii)初期化の効果の検討

先に抽出した植生を初期化することにより、植生および水生生物がいずれも遷移開始の初期の状態に戻るかどうかを確認することを目的とする。本来ならば、各遷移段階を取りそろえ谷全体の種多様性について経年変化を見ることが望ましい。しかし、公園整備の都合上、当初2筆の整備しか行えなかった。そのため、遷移の進行には再現性があるものとし、初期化により成立した状態と遷移初期の状態とを比較することで、初期化の効果を確認する手法をとった。

4. 調査および初期化の方法

(1) 調査方法

(i)初期化に適した植生の抽出

公園内の放棄水田や試験地に成立している植生のうち典型とされる植分を対象に、植物社会学的な調査と、環境要因として水深の測定を行った。調査地は計43地点で、各調査地の面積は1～4㎡であった。調査を行った放棄水田では同時に植物相調査も実施した。調査は主に1997年に行ったが、放棄直後に成立する植生については、耕作放棄のあった1995年と1998年に行った。

植生調査とあわせて水生昆虫類のトンボ目、コウチュウ目（ゲンゴロウ科、ガムシ科）、カメムシ目（コオイムシ科、タイコウチ科、マツモムシ科）の調査も行った。トンボ目については成虫・幼虫を区別した。調査は、植生調査により区分された群落が単独で成立する放棄水田と流水環境（用水路）において、1997年8月の風のない晴れた日に行った。

(ii)初期化の効果の検討

1996年に整備した試験地を対象に、上述の調査と同様の方法で植生調査、植物相調査、昆虫相調査を1996年から2000年にかけて行った。

(2) 初期化の方法

遷移の初期化は、前述の試験地が、初期化に適した植生へと遷移した2000年7月に実施した。初期化では、水面から抜き出した植物体を鎌や草刈り機で刈り取り放棄水田外へ運び出した後、耕耘機による土壌の攪拌（耕起）を行った。耕起に際しては、植物体の根（大型の多年生草本）が全て掘り返されて見えなくなるまで繰り返し行った。また耕起には湿田用のカゴ車をつけた耕耘機を用いた。

5. 結果および考察

(1) 初期化に適した植生の抽出

(i)公園内に見られた放棄水田の植生

公園内の放棄水田の植生は、以下に述べる6群落2下位単位に区分された（表－1）。

【コナギ群落】

コナギの優占によって特徴づけられる水田雑草群落である。放棄当年の水田にだけ成立する。水深は10cm前後である。公園内や公園周辺の放棄水田の観察により、多くはカンガレイ群落へと移行することが確認されている。

【カンガレイ群落】

カンガレイ、サンカクイの優占によって特徴づけられる多年生草本群落である。本群落はさらに、ヒルムシロ、ヤナギスズタ、ミズオオバコなど、コナギ群落と共通する小型の水田雑草によって識別されるヒルムシロ下位単位と、チゴザサ群落やススキ群落などと共通するコケオトギリ、アカバナ、ヤノネグサなどによって識別されるアカバナ下位単位とに区分される。水深は、ヒルムシロ下位単位が10cm程度、アカバナ下位単位が0～3cm程度と、アカバナ下位単位の方が浅い。両下位単位ともに滞水した日当たりの良い放棄水田に成立している。公園内や周辺の放棄水田ではヒルムシロ下位単位はアカバナ下位単位へ移行することが確認されている。また、アカバナ下位単位は年々植物体が堆積し水深が浅くなることでススキ群落に移行すると思われるが、土壌の流入や水分条件の変化によりチゴザサ群落に移行した植分も一部に見られた。

【チゴザサ群落】

チゴザサの優占とオオチドメの出現によって特徴づけられる湿生群落である。放棄後畦が崩れて、緩やかな流れの生じた湿潤状態の放棄水田や、谷が広く日当たりの良い放棄水田に多く見られる。本公園内や周辺の放棄水田では少なくとも6年以上維持されていることが確認されている。

【ドクダミ群落】

ドクダミの優占、ヒメアギスミレ、イノコズチなどによって特徴づけられる湿生群落である。水深のほとんどない、樹冠で覆われた日照条件に恵まれない放棄水田に成立している。本公園内や周辺の放棄水田では少なくとも6年以上維持されていることが確認されている。また、本群落は公園の中でも初期（1970年代）に放棄された細い枝谷の水田を中心に広がっており、確認された6群落の中で最も経過年数を経ていると思われる。

表－1 公園内の放棄水田の総合常在度表

群落番号	1		2		3	4	5	6
	2-1		2-2					
調査地点数	10	5	7	5	6	5	5	
コナギ群落識別種								
コナギ			V2-5	I+	I+	・	・	・
カンガレイ群落識別種								
カンガレイ	・	V2-4	V1-3	・	・	・	I+	・
サンカクイ	・	IV+3	III2-4	II1	・	・	・	・
チゴザサ群落識別種								
チゴザサ	・	・	I1	V3-5	・	II+1	III1	
オオチドメ	・	・	・	V+1	・	III+1	I+	
ドクダミ群落識別種								
ドクダミ	・	・	・	・	V3-4	II1	・	
ヒメアギスミレ	・	・	・	・	IV+1	・	・	
イノコズチ	・	・	・	・	III+1	・	・	
チヂミザサ	・	・	・	・	III+1	・	・	
ミゾソバ群落識別種								
ミゾソバ	・	・	V+1	・	V1-2	V2-5	III1-2	
ススキ群落識別種								
ススキ	・	・	・	・	・	・	V2-4	
ヨシ	・	・	・	・	・	・	V1-2	
トダシバ	・	・	・	・	・	・	III2-3	
カンガレイ群落ヒルムシロ下位単位識別種								
ヒルムシロ	III+4	IV2-5	I1	・	・	・	・	
ヤナギスズタ	V+1	IV1-2	・	I+	・	・	・	
ミズオオバコ	I+	III+1	・	・	・	・	・	
カンガレイ群落アカバナ下位単位識別種								
コケオトギリ	・	・	V+	V+	・	III+	I+	
アカバナ	・	・	III+1	IV+1	・	I1	III+1	
ヤノネグサ	・	・	V+1	III+1	・	・	IV+1	
セリ	・	・	III3-5	・	II+1	II1-2	・	
随伴種								
ミソハギ	・	I+	III+	I+	・	・	・	
キツネノボク	・	I+	I3	・	・	I+	・	
ヘクソカズラ	・	・	I+	I+	III+	・	II+2	
サワヒヨドリ	・	・	I+	II+1	・	・	I+	
サンショウモ	II+	IV+1	II+4	・	・	・	・	

以下省略

【ミゾソバ群落】

ミゾソバの優占によって特徴づけられる湿生群落である。放棄後畦が崩れて、緩やかな流れの生じた水田や、全く滞水しなくなった水田など幅広い水分条件の放棄水田に成立する。チゴザサ群落よりやや日当たりの良くない谷頭付近の放棄水田にも多く見られる。本公園内や周辺の放棄水田では、少なくとも6年以上維持されていることが確認されている。

【ススキ群落】

ススキ、ヨシ、トダシバの優占によって特徴づけられる高茎草本群落である。日当たりの良い放棄水田に成立し、本公園の放棄水田の中では最も広く見られる。水深は浅く、踏むと水がにじみ出す程度である。なお、本公園の放棄水田は一筆一筆の面積が数～100㎡程度と比較的小さく、畦からのススキの侵入が激しいこともあり、ヨシの純群落はほとんど見られない。

(ii)各植生ごとの植物相の比較

(i)で区分した各群落で確認した植物相のうち、水田雑草と水生・湿性植物の希少種（以下、希少植物と省略）の出現状況を表－2に示す。水田雑草の基準は笠原⁹⁾、北村ほか¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾に、希少植物の基準は環境庁⁸⁾、レッドデータブック近畿研究会²¹⁾による。

群落ごとに植物相を比べると、カンガレイ群落、コナギ群落、チゴザサ群落に水田雑草と希少植物の多くが出現している。特にカンガレイ群落には全体の88%を占める水田雑草が出現する。また、スブタ、サンショウモ、キクモ、キカシグサなどの小型の

一年生植物の水田雑草は、カンガレイ群落とコナギ群落とを特徴づける種である。希少植物は、カンガレイ群落に3種、コナギ群落に2種、チゴザサ群落に1種と、3群落に集中している。一方、ミゾソバ群落、ドクダミ群落、ススキ群落には、若干の水田雑草が生育するものの上記3群落に比べると少なく、1種（ヨシ）を除き出現種は全てコナギ群落、カンガレイ群落、チゴザサ群落と共通し、希少植物の生育も見られなかった。以上から、本公園の水田雑草および希少植物の保全に際しては、カンガレイ群落、コナギ群落、チゴザサ群落を維持することが望ましいものと思われる。

(iii)各植生ごとの昆虫相の比較

(i)で区分した各群落における水生昆虫類の出現状況を表－3に示す。水生昆虫類の希少種（以下、希少昆虫と省略）の基準は環境庁⁷⁾、京都府衛生部公害対策室¹³⁾による。なお、(i)で区分した群落のうちコナギ群落は昆虫相調査実施時には成立していなかったため、本群落における昆虫相の調査は行っていない。

群落ごとに比べると水生昆虫類は、カンガレイ群落とチゴザサ群落に集中して出現していた。両群落で確認された種の大半は、止水域を好むとされる種⁴⁾であった。希少昆虫もカンガレイ群落に3種、チゴザサ群落に2種と、両群落に集中していた。一方、ミゾソバ群落、ドクダミ群落では、流水性のオジロサナエ、ミルンヤンマが両群落でのみ確認された。これら2種は、ともに幼虫で確認されており、上記の群落で繁殖活動を行っていると思われる

表－2 群落別の水田雑草および希少植物の出現状況

種 名	コナギ 群落	カンガレイ 群落	チゴザサ 群落	ドクダミ 群落	ミゾソバ 群落	ススキ 群落
スブタ	○	○	-	-	-	-
サンショウモ	○	○	-	-	-	-
タウコギ	○	○	-	-	-	-
ミズオオバコ	○	○	-	-	-	-
ニッポニヌノヒゲ	○	○	-	-	-	-
キクモ	○	○	-	-	-	-
イヌビエ	○	○	-	-	-	-
ヒルムシロ	○	○	-	-	-	-
クログワイ	○	○	-	-	-	-
ホッスモ	○	○	-	-	-	-
コナギ	○	○	-	-	-	-
キカシグサ	○	○	-	-	-	-
アゼナ	○	○	-	-	-	-
アメリカアゼナ	○	○	-	-	-	-
ハリイ	○	○	○	-	-	-
ヤナギスブタ	○	○	○	-	-	-
コケオトギリ	○	○	○	-	○	○
ホタルイ	○	-	○	-	-	-
ミズトンボ *	-	○	○	-	-	-
アオコウガイゼキショウ	-	○	-	-	-	-
アオウキクサ	-	○	-	-	-	-
イヌタヌキモ	-	○	-	-	-	-
チョウジタデ	-	○	-	-	-	-
ミズハコベ	-	○	-	-	-	-
アメリカセンダングサ	-	○	-	-	-	-
ガマ	-	○	-	-	-	-
ハイスメリ	-	○	-	-	-	-
コアゼガヤツリ	-	○	○	-	-	-
サンカクイ	-	○	○	-	-	-
ミソハギ	-	○	○	-	-	-
ハリコウガイゼキショウ	-	○	○	-	-	-
コシロネ	-	○	○	-	-	-
セリ	-	○	○	○	○	-
タネツケバナ	-	○	-	○	○	-
ミゾソバ	-	○	-	○	○	-
キツネノボタン	-	○	-	-	○	-
カンガレイ	-	○	-	-	○	-
イ	-	○	○	-	-	○
アカバナ	-	○	○	-	○	○
イボクサ	-	○	○	-	○	○
チゴザサ	-	○	○	-	○	○
ヤノネグサ	-	○	○	-	-	○
サワオトギリ	-	○	-	-	-	○
アキノウナギツカミ	-	-	○	-	-	-
ヒメシロネ	-	-	○	-	○	-
ツユクサ	-	-	○	-	-	○
コブナグサ	-	-	○	-	-	○
ヨシ	-	-	-	-	-	○
計	18	42	20	3	10	10

* : ミズトンボは水田雑草に含まれない
アンダーライン : 希少植物

表－3 群落別の水生昆虫類の出現状況

目	種 名	カンガレイ 群落	チゴザサ 群落	ドクダミ 群落	ミゾソバ 群落	ススキ 群落	流水 環境
トンボ	オニヤンマ	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	シオカラトンボ*	◎	◎	-	-	◎	-
	シオヤトンボ*	◎	◎	-	◎	-	◎
	オオシオカラトンボ*	◎	◎	-	◎	-	◎
	コサナエ	◎	◎	-	-	-	-
	オグマサナエ*	◎	◎	-	-	-	-
	キイトトンボ	◎	◎	-	-	-	-
	オオアイトトンボ	◎	◎	-	-	-	-
	クロスジギンヤンマ	◎	◎	-	-	-	-
	リスアカネ	◎	◎	-	-	-	-
	モートンイトトンボ*	◎	◎	-	-	-	-
	ホソミオツネントンボ*	◎	◎	-	-	-	-
	ハッチョウトンボ*	◎	◎	-	-	-	-
	マユタテアカネ*	◎	◎	-	-	-	-
	アキアカネ*	◎	◎	-	-	-	-
	ノシメトンボ*	◎	◎	-	-	-	-
	ショウジョウトンボ*	◎	-	-	-	-	-
	ウスバキトンボ*	◎	-	-	-	-	-
	タカネトンボ	-	◎	-	-	○	-
	エゾトンボ	-	◎	-	-	-	-
	ヒメアカネ*	-	◎	-	-	-	-
	オオイトトンボ*	-	◎	-	-	-	-
	ニシカワトンボ	-	◎	-	○	-	○
コウチュウ	オジロサナエ	-	-	◎	◎	-	◎
	ミルンヤンマ	-	-	◎	◎	-	-
	ミヤマアカネ*	-	-	-	-	-	◎
	ゲンゲンゴロウ*	○	○	-	-	-	-
	マメゲンゴロウ*	○	○	-	-	-	-
	ヒメゲンゴロウ*	○	○	-	-	-	-
	コシマゲンゴロウ*	○	○	-	-	-	-
	スジヒラタガムシ	○	○	-	-	○	-
	マメガムシ	○	○	-	-	-	-
	クロゲンゴロウ*	○	-	-	-	-	-
	マルガタゲンゴロウ*	○	-	-	-	-	-
	シマゲンゴロウ	○	-	-	-	-	-
	マダラシマゲンゴロウ*	○	-	-	-	-	-
	ガムシ	○	-	-	-	-	-
	ヒメセマルガムシ	○	-	-	-	-	-
	セマルガムシ	○	-	-	-	-	-
	キイロヒラタガムシ	○	-	-	-	-	-
カメムシ	ヒメガムシ	○	-	-	-	-	-
	ゴマフガムシ	○	-	-	-	-	-
	ツブゲンゴロウ*	-	○	-	-	-	-
	クロズマメゲンゴロウ	-	○	-	-	-	-
	マルガムシ	-	-	-	-	-	○
	オオコオイムシ	○	○	-	-	-	-
	タイコウチ	○	-	-	-	-	-
計	マツモムシ	○	-	-	-	-	-
		37	30	3	6	4	7

◎ : トンボ目のうち、幼虫が確認された種
* : 水田に生息するトンボ類、ゲンゴロウ類（松村，1998）
アンダーライン : 希少昆虫

る。また同じく流水性のミヤマアカネ、マルガムシも流水環境でのみ出現していた。遷移の進行したススキ群落では、オニヤンマ、シオカラトンボ、タカネトンボ、ヒラタガムシの4種が確認された。しかし、この4種は他の群落においても確認されており、特に生息がススキ群落に限定されているわけではない。以上から、水生昆虫類の保全に際しては、水辺環境として少なくとも、カンガレイ群落、チゴザサ群落、ミゾソバ群落、ドクダミ群落や流水環境が必要となることが明らかとなった。

なお、今回確認した種のうちトンボ類15種、ゲンゴロウ類7種は、松村¹⁵⁾の示す「日本の水田に生息する」トンボ類やゲンゴロウ類に該当する。今回は、放棄直後に成立するコナギ群落を対象とした昆虫相調査は行えなかったが、水田耕作時と類似した植生であるコナギ群落が成立していれば、そこには多様な水生昆虫類が生息するものと予想される。

(iv) 初期化に適した植生

植生の遷移過程および水生生物の生育・生息状況をもとに、シフティング・モザイク・システムに適用できる系列を模式化した(図-2)。

本公園における放棄水田の遷移系列では、コナギ群落からカンガレイ群落に至る遷移系列が最も一般的に見られた。この遷移系列ではコナギ群落とカンガレイ群落に水生生物の出現が集中し、それ以降のススキ群落では極端に少なくなる。また、遷移の進行は他の遷移系列よりも早く、コナギ群落からカンガレイ群落アカバナ下位単位への移行にはわずか数年しか要しない。そのため、これらの植生が成立する環境を主な生育・生息域とする水生生物を保全していくためには、植生管理が欠かせない。一方、チゴザサ群落にも水生生物の出現は多く、また、ミゾソバ群落やドクダミ群落では流水性の種が生息する。しかしこれらの群落は遷移の進行が緩慢で、長期にわたり持続することが各地でも報告されている¹⁴⁾²³⁾。以上から、シフティング・モザイク・システムによる植生管理の有効性については、遷移の速いコナギ群落からカンガレイ群落に至る遷移系列を対象に検討することとした。

初期化を行う遷移段階については、次のように考えられる。コナギ群落からカンガレイ群落に至る遷移系列では、ススキ群落になると水田雑草や水生昆虫類の種多様性が激減する。本公園内に成立するカンガレイ群落では、これまでに述べてきた水生昆虫類の他にも、メダカ、ニホンアカガエル、ヤマアカガエル、ニホンイモリなど、多くの水生動物が生息したり繁殖に利用している。例えば、アカガエル類については、遷移が進み解放水面が狭まる

ことは、産卵場所の消失につながる事が報告されており³⁾、滞水状態にあるカンガレイ群落は水生生物の保全には欠かせない。また、管理作業の点から見ても、ススキ群落では遷移の初期化に際して大型重機を必要とするなど、多大な労力を要する。これらの点から初期化は、ススキ群落に移行する前、つまりカンガレイ群落の水面が残っている段階で行うこととした。

(2) 初期化の効果の検討

(1)の結果に基づき、試験地に成立したカンガレイ群落ヒルムシロ下位単位を対象に耕起による初期化を実施した。初期化には、地元農家で0.25人日/100㎡程度の労力を要した。

(i) 植生および植物相

初期化の効果を検討するために、耕起後の植生と目標群落となるコナギ群落および初期化前のカンガレイ群落ヒルムシロ下位単位それぞれの種組成を常在度級および平均被度により比較した(表-4)。目標となるコナギ群落については、(1)で得られたコナギ群落と試験地整備直後に成立したコナギ群落の資料を用いた。また表-4には、植物相調査で確認した種も記した。

カンガレイ群落に優占していた同群落の識別種(カンガレイ、サンカクイ)は、耕起により消失し、替わってコナギ群落の識別種(コナギ)の優占する植生が成立した。群落構成種を見ても、チゴザサ、ヤノネグサ、オオチドメ、ミソハギ、キツネノボタンなど、カンガレイ群落アカバナ下位単位や、ミゾソバ群落、ススキ群落など遷移が進行した段階に出現する種が消失し、小型の一年生植物が主体となる種組成となっている。また、希少植物のサンショウモとスプタは初期化後にも出現した。

表-4 植生および植物相における初期化の効果

	試験地			コナギ群落*
	初期化前	初期化後	整備直後	
平均草丈 (m)	1.2	0.3	0.4	0.4
全植被率 (%)	92	84	90	69.5
平均水深 (cm)	4.0	4.4	12.5	4.8
調査地点数	5	5	4	10
コナギ群落識別種				
コナギ	I +	V 2	4 2	V 3
カンガレイ群落識別種				
カンガレイ	V 4	-	-	-
サンカクイ	I 1	-	-	-
随伴種				
サンショウモ	II 4	I +	4 4	II +
スプタ	II +	V 1	1 1	III 1
ヤナギスプタ	V +	V 1	3 1	IV 1
ヒルムシロ	V 2	IV 1	3 2	III 2
ホッスモ	III 1	IV 4	3 1	II 3
ハリイ	V 1	(+)	1 +	IV 1
キクモ	I +	I +	2 +	I +
クログワイ	III +	IV 1	4 1	II +
ミズオオバコ	I +	I +	2 1	I 1
ニッポニヌノヒゲ	IV 1	(+)	2 +	III 1
キカシグサ	I +	II +	2 1	I +
イヌビエ	I +	II +	2 +	II 1
アオウキクサ	II +	I +	3 +	-
イボクサ	II +	(+)	4 +	-
イヌタヌキモ	II 2	-	1 +	-
ヘラオモダカ	IV 2	-	-	-
ヤノネグサ	II 1	-	-	-
ミズハコベ	II +	-	-	-
ミソハギ	II 1	-	-	-
キツネノボタン	II +	-	-	-
チゴザサ	I +	-	-	-
オオチドメ	I +	-	-	-
イネ科 s.p.	I +	-	1 +	-
タウコギ	-	(+)	1 1	II +
ホタルイ	-	(+)	-	(+)
アゼナ	-	(+)	-	(+)
コケオトギリ	-	(+)	-	I +
アメリカアゼナ	-	(+)	-	I +
ウキクサ	-	I +	2 +	-
チョウジタデ	-	(+)	1 +	-
ヒロハイスノヒゲ	-	-	1 1	-

* : 表-1のコナギ群落
(+) : 植物相調査で確認した種
アンダーライン : 希少植物

図-2 本公園の放棄水田の遷移系列とシフティング・モザイク・システムとの関係

試験地を整備した直後の状態（コナギ群落）と比較すると、欠けた種（ヒロハイヌノヒゲ、イヌタヌキモ）もあるが、初期化によって遷移当初の状態はほぼ復元したと言える。

(ii) 昆虫相

水生昆虫類についても初期化の効果を検討した（表－5）。ただし、耕作放棄直後のコナギ群落での昆虫相調査を行っていないため、試験地を整備した直後に成立したコナギ群落での調査結果を遷移の初期段階の状態と想定し比較を行った。

トンボ目では、整備当初のコナギ群落に21種が出現しているのに対して、初期化後には19種が出現した。このうち18種は、整備当初のコナギ群落に出現していた種と共通している。また幼虫では、整備当初に出現した11種のうち9種が再び出現した。

コウチュウ目では整備当初の14種に対して、初期化後には11種が出現した。8種は整備当初のコナギ群落と共通している。耕起前には確認できなかった希少昆虫のマダラシマゲンゴロウは、初期化後に再び確認することができた。

カメシ目では、整備当初に出現した5種中4種が共通している。

試験地を整備した直後の状態と比較すると種の変動は見られるが、水生昆虫類においても初期化によって遷移当初の状態はほぼ

復元したと言える。

(iii) 本事例におけるシフティング・モザイク・システムの有効性

上述の結果から、カンガレイ群落の初期化により植生、水生昆虫類ともに目標としたコナギ群落に近い状態がほぼ復元し、初期化が可能なが示された。畦や水路の維持管理が行われていれば、コナギ群落からカンガレイ群落に至る遷移過程は再現すると考えられるため、シフティング・モザイク・システムの有効性は高いと考えられる。ただし、植物相・昆虫相ともに若干の種の欠落が見られた。この点に関しては、次のような原因が考えられる。

公園整備の都合上、初期化を行える試験地はわずか100㎡の1筆であった。そのため、初期化の補足として、放棄後2年目でカンガレイ群落が成立した水田（約100㎡の1筆）においても同時に耕起を実施した。この補足の調査資料を加えると、整備当初に出現し耕起後の試験地に出現しなかった水生昆虫類（コウチュウ目）が新たに4種（マルガタゲンゴロウ、ヒメガムシ、ケシゲンゴロウ、ヤマトゴマフガムシ）出現することになる。水田の環境は日照、土壌、水量・水質・水温等の違いが大きく、1筆ごとの生物相が微妙に異なる²⁹⁾。これらのことは、シフティング・モザイク・システムによって遷移当初の昆虫相を維持するには、同じ遷移段階の植生が複数同時に存在する必要性、あるいは少なくとも今回試験地で行った100㎡では面積が不十分なことを示唆していると考えられる。

また、水田に付随して存在する多様な環境や水域の連続性も大きな要因と考えられる。伝統的な農法で稲作を行っている水田では、用排水路との連続性が保たれていたり、1筆の水田の中でも、水を温めるための付随的な畦を設けていたり、畦の内側に排水路も兼ねた深堀りを行っていたりする。耕耘機を使えないほど深い箇所が部分的に存在することもある。試験地に当初生育していたが耕起後に欠落したイヌタヌキモには、雄性不稔で結実しない集団があるという⁵⁾。このような種もあるため本システムを応用する際には、一時的な避難場所を残しておいたり、他の水域との連続性を保つなどの考慮も必要となろう。

6. まとめ

これまで、放棄水田など水生生物の保全を図ってきた湿性地では、生態系の基盤となる植物群落を維持するために多大な労力と費用を要してきた。例えば、放棄水田や休耕田の植生管理試験で一部選択的な植物の刈り取り・抜き取りを取り入れている福井県敦賀市中池見では、管理作業に多大な労力と費用（4haを年間のべ約500人で管理）が必要であるとされている²⁾。保全に際しては一般に、生態系の基盤となる植生は固定して維持することが必要でそのために多大な労力を要する、と捉えられてきた。しかし、生態系には変化や進化がつきもので、持続を図る際には静的な一つの状態を目標とするのではなく、ダイナミックな動的変化を前提とする必要がある³⁰⁾。シフティング・モザイク・システムは、植生配置をローテーションさせることで場全体の種多様性を保全しようという考え方をとっている。今回の結果は、コナギ群落からカンガレイ群落へとむかう湿性遷移系列に対して本システムが有効なことを示し得た。作業内容としても、植物や希少種に関する専門的な知識を必要としない。このように本研究は、従来の植生管理手法に対して、放棄水田の遷移を前提とした植生管理の一つの方向性を示し得たものとする。

ただし、供給源ともなる周辺地域の生物の状態、植生の遷移過程や優占種の生態的特性、水深や日照条件、あるいは対象とする水辺環境の面積や植生配置などの違いが植生遷移に及ぼす影響は大きい。例えば、前述の中池見において植生管理試験を行ってきた下田²⁴⁾は、ヨシの優占する放棄水田において耕起を行うとその

表－5 水生昆虫類における初期化の効果

目		試験地	
		初期化後	整備当初
トンボ	オオイトトンボ	◎	◎
	キイトトンボ	◎	◎
	クロスジギンヤンマ	◎	◎
	ショウジョウトンボ	◎	◎
	シオカラトンボ	◎	◎
	シオヤトンボ	◎	◎
	オオシオカラトンボ	◎	◎
	モノサシトンボ	◎	◎
	ウスバキトンボ	◎	◎
	モートンイトトンボ	◎	○
	オニヤンマ	○	○
	オオルリボシヤンマ	○	○
	ナツアカネ	○	○
	マユタテアカネ	○	○
	ノシメトンボ	○	○
	クロイトトンボ	○	○
	オオアオイトトンボ	○	○
	マルタンヤンマ	○	○
	ホソミイトトンボ	-	◎
	カトリヤンマ	-	◎
計	トンボ目	19種	21種
	(幼虫のみ)	(10種)	(11種)
コウチュウ	ヒメゲンゴロウ	○	○
	クロゲンゴロウ	○	○
	ツブゲンゴロウ	○	○
	シマゲンゴロウ	○	○
	コシマゲンゴロウ	○	○
	ガムシ	○	○
	マメガムシ	○	○
	マダラシマゲンゴロウ	○	○
	クロズマゲンゴロウ	○	-
	キベリヒラタガムシ	○	-
	シジミガムシ	○	-
	マルガタゲンゴロウ	-	○
	ヒメガムシ	-	○
	ケシゲンゴロウ	-	○
	ヤマトゴマフガムシ	-	○
計	コウチュウ目	11種	14種
カメシ	オオコオイムシ	○	○
	タイコウチ	○	○
	ミズカマキリ	○	○
	マツモムシ	○	○
	コマツモムシ	-	○
計	カメシ目	4種	5種

◎：トンボ目のうち、幼虫が確認された種
アンダーライン：希少昆虫

後数ヶ月で残存した地下茎からヨシが再び繁茂することや、埋土種子に由来すると考えられる希少種が多く出現することを報告している。このように、具体的な植生管理のあり方は個々の事例により異なってくる。各地において植生管理に本システムを応用するに当たっては、事例ごとに対象とすべき植生遷移や初期化の間隔などを確かめ、水生生物の出現状況をモニタリングし、より良い手法を探していくことが必要となろう。

なお、結果および考察にも述べたように、水生生物を維持するのに必要な面積や植生配置などの問題点は残っており、これらについては今後の課題としたい。

謝辞

本論文をまとめるにあたり資料の公開を快く承諾して下さった京

都府企画環境部の桜井俊彦氏、吉村幸雄課長と木下哲男係長をはじめとする京都府宮津土木事務所の皆様、研究を支援していただいた京都府道路公社の小林暢彦氏に厚くお礼申し上げます。また、農林水産省農業環境技術研究所の守山弘博士には、シフティング・モザイク・システムの考え方について有益なご助言をいただきました。深く謝意を表します。野外調査および植生管理では、(株)里と水辺研究所辻秀之氏、兵庫県洲本農林水産事務所松村俊和氏、チリ内務省本郷真氏、(株)ウェスコ栗山みどり氏および、神戸大学学生諸氏に多大なご協力をいただきました。地元農家の小西喜信氏には、維持管理作業の指導と便宜を図っていただきました。中野美和氏、信本励氏には、昆虫の同定でお世話になりました。皆様に感謝すると共にお礼申し上げます。

文献

- 1) Forman, R. T. T. (1995) : Land Mosaic -The Ecology of Landscapes and Regions- : Cambridge University Press, pp632
- 2) 藤井 貴 (2000) : 農村ビオトープの保全・造成管理－敦賀市中池見での事例－ 「農村ビオトープ」 (自然環境復元協会編) : 信山社サイテック, 83-107
- 3) 長谷川雅美 (1997) : 湾岸都市千葉市の両生類・爬虫類 「湾岸都市の生態系と自然保護」 (沼田 眞監) : 信山社サイテック, 505-521
- 4) 石田昇三・石田勝義・小島圭三・杉村光俊 (1988) : 日本産トンボ幼虫・成虫検索図鑑 : 東海大学出版会, pp140
- 5) 石井 栄・石井 実・石井 亘・小林幸司 (1997) : 休耕田を利用した水生昆虫のビオトープの創造に関する研究 : 大阪自然環境保全協会, pp70
- 6) 角野康郎 (1994) : 日本水草図鑑 : 文一総合出版, pp178
- 7) 環境庁 (1991) : 日本の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブック－無脊椎動物編 : 自然環境研究センター, pp271
- 8) 環境庁 (2000) : 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブック－植物 I : 自然環境研究センター, pp660
- 9) 笠原安夫 (1951) : 本邦雑草の種類及び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
- 10) 北村四郎・村田 源 (1961) : 原色日本植物図鑑草本編Ⅱ : 保育社, pp390
- 11) 北村四郎・村田 源・堀 勝 (1957) : 原色日本植物図鑑草本編Ⅰ : 保育社, pp297
- 12) 北村四郎・村田 源・小川鐵夫 (1964) : 原色日本植物図鑑草本編Ⅲ : 保育社, pp465
- 13) 京都府衛生部公害対策室 (1983) : 京都府の昆虫 (Ⅰ) : 京都府, pp52
- 14) 松村正幸・西村伸郎・西篠子迪 (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), 121-133
- 15) 松村 雄 (1998) : 水田生態系における昆虫の多様性とは何か 「水田生態系における生物多様性」 (農林水産省農業環境技術研究所編) : 養賢堂, 127-155
- 16) 宮津土木事務所 (1997) : 丹後リゾート公園都市公園等一体整備促進事業業務委託報告書, pp78
- 17) 守山 弘 (1996) : 雑木林の歴史性と蝶類 : 日本産の蝶類の衰亡と保護 (4), 77-90
- 18) 守山 弘 (1997) : むらの自然をいかす : 岩波書店, pp128
- 19) 守山 弘 (1998) : 不均一性と攪乱－農村環境を特徴づける要因のもとでの生物多様性－ : 第45回日本生態学会自由集会-里と生態学-資料, 10-11
- 20) Pichett, S. T. A. and J. N. Thompson (1978) : Patch dynamics and the design of nature reserves : Biol. Conserv. (13), 27-37
- 21) レッドデータブック近畿研究会 (1995) : 近畿地方の保護上重要な植物 : 関西自然保護機構, pp121
- 22) 関岡裕明・下田路子・中本 学・水澤智・森本幸祐 (2000) : 水生植物および湿性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(5), 491-494
- 23) 下田路子 (1996) : 放棄水田の植生と評価-広島県の湿性放棄水田- : 植生学会誌 (13), 37-50
- 24) 下田路子 (1998) : 福井県敦賀市中池見の農業と植生, および維持管理試験について : 植生情報 (2), 7-18
- 25) 杉村光俊・一井弘行 (1990) : トンボ王国へようこそ : 岩波書店, pp204
- 26) 地球環境関西フォーラム (2000) : 水田・休耕田, 放棄水田の現状と生物多様性の保全のあり方について, pp307
- 27) 上赤博文 (1999) : 佐賀県鳥栖市に造成されたビオトープ水田に発生した水生植物と湿性植物 : 水草研究会会報 (68), 18-20
- 28) 上田尚志 (1997) : コウノトリの郷公園のビオトープ : FLY TO THE WILD (9) : 豊岡市教育委員会, 1-3
- 29) 宇根 豊 (1996) : 田んぼの忘れもの : 葦書房, pp195
- 30) 鷲谷いづみ (1998) : 生態系管理における順応的管理 : 保全生態学研究 (3), 145-166

Summary : The purpose of this paper is to show one vegetation management method of abandoned rice fields for conservation of water and wetland wildlife. We carried out this study on the abandoned rice fields where Kyoto Prefectural Park is scheduled to be constructed. In this management system, we maintain the diversity of species by keeping patches of various successional stages in the rotation of progress. We call this system, the "Shifting Mosaic System." To apply this method, we first selected the suitable sere and the stage for initializing, by using vegetation analysis. Secondly, we initialized the vegetation that we have selected, and examined whether it was properly initialized. As the results of the study, we found it was suitable in this area to apply this system to the hydrosere shifting from *Monochoria vaginalis* community to *Scirpus triangulatus* community. From the study of initialization, it was made clear that by plowing the field sufficiently, it is possible to restore the floristic composition and the fauna of aquatic insects in the initial stage. As a conclusion, we believe that by proving the effectiveness of the "Shifting Mosaic System," we have shown a way of managing the abandoned rice fields considering the process of succession.