

水田の歴史的類型による生態的環境と労働生産性の比較および維持管理シナリオの検討

A Comparison of Ecological Environments and Labor Productivity among Historical Types of Paddy Fields and Consideration of Future Management Scenarios

高取 千佳* 村瀬 由伎** 宮脇 勝*** 北村 淳一**** 清水 裕之***

Chika TAKATORI Yuki MURASE Masaru MIYAWAKI Jun-ichi KITAMURA Hiroyuki SHIMIZU

Abstract: During the 20th Century, most part of Japanese paddy fields were transformed to productive efficient allotments by the “Agricultural Land Improvement Projects”. However, the rich biodiversity, which was maintained in traditional paddy field forms with nature-near water supply systems, has led to a loss. In this research, the methodology of sustainable paddy field management which is aimed at balancing “efficient paddy field management” and “ecosystem conservation” was proposed by conducting the following three points. The focused site was Asami district in Matsuzaka city. First, the paddy fields were classified into 3 types according to the introduction of the agricultural land improvement project. Secondly, the differences of biodiversity and labor productivity by farmers among the three types were clarified. Thirdly, the future paddy field management scenarios were proposed and examined by considering a compromise point in this trade-off relationship between biodiversity and labor productivity.

Keywords: *paddy field, agricultural land improvement project, ecological environment, labor productivity management scenarios*

キーワード: 水田, 圃場整備, 生態的環境, 労働生産性, 維持管理シナリオ

1. 研究の背景と目的

近年、少子高齢化や過疎化等による農業従事者の高齢化と減少に伴い、日本の農業の将来が危ぶまれている。少ない労力で効率的に管理し、尚且つ収量を増加させるため、全国で農業農村整備事業として水路整備・農道整備などを含む圃場整備が行われている¹⁾²⁾。圃場整備では水田の大区画化、水路の用水と排水用途の分離、田面と排水路との高低差の増大、水路の護岸と底の三面コンクリート化、水量の厳密な調整等が行われ、その結果、水路の耐性が高まり、管理が簡易化し、大型機械の導入が可能となり作業効率の向上が図られている。大正10年より、米の生産費に関する調査が全国的に行われており、農林水産省では、経営規模や個別経営・組織法人経営別の10a当たりの労働時間を広く公開している。こうした統計データを活用し、これまで、「効率的な圃場整備」に関する研究を行ったものとして、圃場整備事業による経営規模の拡大が労働生産性の向上に与える影響を分析した研究³⁾⁴⁾、圃場の大区画化による労働時間の低減効果を分析した研究⁵⁾、圃場整備と合わせた中核農家や生産法人等の担い手への農地集積による労働時間低減効果を分析した研究⁶⁾等多くの蓄積がある。

一方で、近年の圃場整備前の水田と水路は、日本において自然湿地の代替地としての生態系サービスを提供しており、そこでは、氾濫原の湿地に生息する淡水魚類にとって繁殖や成育の場として機能し、魚類の高い種多様性や豊富な生物量を担保してきた⁷⁾。しかしながら、以前の田面との高低差がなく通年通水してきた水路と比較して、近年の圃場整備により田面と排水路との高低差が増大し、また水利権設定に依拠し非灌漑期に水が枯れる水路では、淡水魚類が水路から水田への移動や生息を困難あるいは不可能にさせ、生息場としての機能が失われている⁸⁻¹⁰⁾。この状況を受けて、2001年の土地改良法で、土地改良事業は、環境との調和への配慮を原則とし、事業実施後の魚類ネットワークの復元などが試みられてはいるものの、未だ十分でない¹¹⁾。これまで、「生態系保全の計画」に関する既往研究として、整備済み水田用排水路

系における魚類生息の実態分析に基づく環境改善案の提示を行ったものがある¹²⁾。しかしながら、農村における農業従事者の減少・高齢化に伴う「効率的な圃場管理」と「生態系保全」を両立させる空間計画の視点で行った研究はない。

そこで、本研究では、歴史的に圃場整備状況の異なる水田を対象とし、1) 圃場整備状況別、個人・法人農家別の単位面積当たりにかかる労働時間と個人・法人農家一戸当たりの年間で投下可能な労働時間の算出、2) 圃場整備状況別生物種の生息状況の分析、および3) 生物多様性の高い圃場保全と管理可能な農家過不足数を加味した将来圃場維持管理シナリオの設定と評価を行うことにより、農業従事者の高齢化・減少という状況下において、「効率的な圃場管理」と「生態系保全」の両立を目指した持続可能な水田整備・維持管理計画への知見を得ることを目的とする。

2. 研究の流れ

(1) 調査地

本研究では三重県松阪市朝見地区を対象とした。朝見地区は市街地調整区域に位置し、榎田川下流左岸・金剛川支川真盛川下流右岸にあたる東西を川に挟まれた田園地帯で、地区の約7割を水田が占める(図-1)。人口2,146人、845世帯で構成され、高齢化率は31.8%¹³⁾に達し、朝田町・立田町・和屋町・上七見町・下七見町・新屋敷町・古井町・西野々町・佐久米町・大宮田町の10集落からなる農村地域である。面積約500haの水田のうち、62.0%は古代に整備された条里制の圃場で、用排兼用の素堀の土水路が残されている(以下、整備年代類型「古代圃場」とする)。19.0%が大正時代に圃場整理された水田で、平成に水路と一部農道の舗装工事が行われている(以下、整備年代類型「大正圃場」とする)。さらに、18.5%は経営体育成基盤整備事業として2011年から圃場整備が進められている水田である(以下、整備年代類型「平成圃場」とする)(図-2、表-1)。このように、整備年代による環境の異なる圃場を含むことから、各類型の圃場における

*九州大学大学院芸術工学研究院 **ランドブレイン株式会社 ***名古屋大学大学院環境学研究科 ****三重県総合博物館



図-1 三重県松阪市朝見地区¹⁴⁾

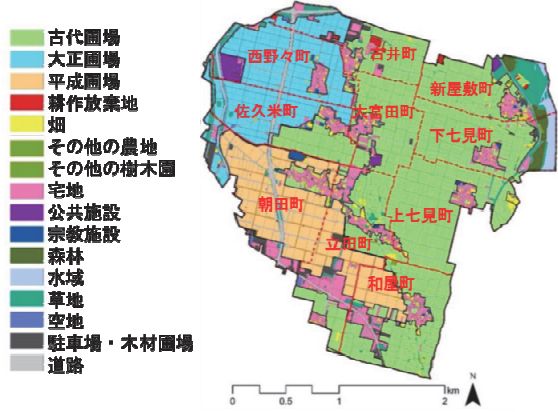


図-2 土地利用・圃場類型別分布

表-1 土地利用別面積

土地利用	農地						宅地	水域	森林	草地	その他	
	水田			農道	畑	耕作放棄地						その他
面積 (ha)	古代	大正	平成				19.0	18	2.3	1.6	75.9	
	317	101	95.7									
	513.7											
	741.5											

表-2 圃場類型別 空間的特徴

		古代圃場	大正圃場	平成圃場
形状	水田形状			
	合計面積 (a)	31694.2	10130.5	9419.6
	平均周囲長 (m)	208.5	197.8	318.5
	平均面積 (a)	17.0	23.3	61.2
	平均複雑度 (m/a)	14.8	10.4	7.9
形状	水田周囲長・面積・複雑度の平均値及び標準偏差			
	水路タイプ	用排兼用型	用排兼用型	用排分離型
水路農道	取水方法	堰板による水位調節	堰板による水位調節	パイプライン直接取水
	舗装	土の水路又は側面のみ舗装された水路が主 大きさは様々	コンクリート又はU字溝の舗装された水路 幅50cm~1mほど	コンクリートによる大型水路。排水路のみ 幅1m~4mほど
		水	多雨時水田と水面が一体となる場合あり 流速は比較的穏やか	水深差・流速差が天候・取水状況により大きい
	取水口 排水口	土を掘ったのみ、或いは仮設的にU字溝や分水弁の設置あり 修繕を要することが多い	取水：分水弁設置が主 排水：分水弁やコンクリート枠	取水：バルブによる排水 コンクリート枠あり 水路との高低差大
環境	水路内外ともに植物が豊富に生息 樹木も生える	水路内外ともに土面が少なく 植物は少ない	水路内外ともに植物は少ない ただし環境配慮型の集水マス・側壁あり	
水路写真				
農道特徴	舗装無しで草に覆われた農道が主 大型機械出入り不可	土又はアスファルト 土面には草が生える 大型機械出入り可	砂利面で農道脇・法面に草が生える 大型機械出入り可 最も道幅が広い	
農道写真				

生物の生息環境や維持管理の労働量を比較し将来像を考察する上で、相応しい地区として本調査地を選定した。

(2) 研究の流れ

航空写真を用いて GIS 上において土地利用図を作成する。3 章では、土地利用図を基とし、現地調査と現地での農家に対する聞き取り調査から、水田・農道を詳細に図化して古代圃場、大正圃場、平成圃場の 3 類型に分類し、その空間的特徴を整理する。次に 4 章では、圃場タイプごとの維持管理に掛かる労働生産性（労働時間）を算出する。さらに 5 章では、水田内と水路内の生物調査を行い、3 章で示した圃場タイプごとの生物生息状況の違いを明らかとする。最後に、6 章では、労働時間と将来農家数予測から将来の整備・管理計画のシナリオ策定と考察を行う。

3. 圃場類型ごとの空間的特徴

(1) 調査方法

調査地の圃場類型ごとの空間的特徴を把握するために、三重県航空写真（2011 年）、国土地理院基盤地図情報を基盤とし、朝見上土地改良区圃場整備図面（2015 年）を活用して GIS 上で水田の農地の区画まで区分した土地利用・圃場・水路網データを構築した。水路網・農道は現地調査（目視・ヒアリング）により取水方法と護岸状況・農道特徴等の確認を行った。次に、区分された農地の区画に対し、「周囲長 (m) / 面積 (a) = 複雑度 (m/a)」定義しその平均値を算出した。流速は、4 章の生物種の生息状況の各調査地点でプロペラ式流速計によって計測した(図-2)。

(2) 結果

3 類型の圃場が卓越する場所の地図を抽出して視覚的に比べると(表-2)、古代圃場の水田では約 109m 区画の正方形を形成しさらに圃場を細分する条里制の特徴が表れていた。圃場に曲線がみられ、各水田が細長く分けられていた。3 類型の水田の平均面積は古代圃場が最も小さく(17.0a)、大正圃場の水田(23.3a)、平成圃場の水田(61.2a)と、大きく正方形に近づいた。大正圃場の水田では東西方向約 55m 間隔に直線的に区切られており、平成圃場の水田では基本的に 1 枚が約 100m 区画となっていた。

水路の用途と水田への取水方法では、古代圃場と大正圃場においては用排水兼用で、取水時には堰板を使用し、水路の水面を上げて水田内に水を引込んでいた。一方、平成圃場では水路が用水と排水の用途ごとに分けられており、用水は幹線水路から地下に埋設されたパイプラインを通じて取水していた。水路の護岸や底の材質は古代圃場では素掘りの土水路、または側面のみ舗装である一方、大正圃場と平成圃場では護岸と底の 3 面がコンクリートであった。尚、平成圃場には、魚の生息場所や越冬場所のための深みである環境配慮型施設が 13 箇所設置されていた(図-3,4)。

4. 圃場類型ごとの管理状況

(1) 管理状況の調査方法

水田の管理体制について聞き取りおよびアンケート調査を計 44 戸の農家、本調査地区自治体、朝見上土地改良区、朝見まちづくり協議会に対し行った。聞き取りおよびアンケートの概要は表

表-3 聞き取り及びアンケート調査概要

ヒアリング及びアンケート調査	
労働時間について	
期間・方法	2015年作業についてのヒアリング及びアンケート形式の調査
調査軒数	個人農家(古代圃場:32戸 大正圃場:5戸 平成圃場:7戸) 法人農家(1人)
管理体制や出合について	
調査期間等	2015年4月から2016年9月まで継続的に ・朝見地区自治体会議・朝見上土地改良区・朝見まちづくり協議会にてヒアリングを行ったほか ・古井町、新屋敷町の出合参加・各農家への作業見学を通じて随時ヒアリングを行った。

表-4 アンケート項目

アンケート項目	
基本項目	日付・名前・年齢・居住している町・農家以外の仕事の有無・家族構成
耕作地	耕作場所・耕作面積(地図に記入・所有水田・請負水田・転作・その他別)
	個人で行う草刈り・水路掃除の場所(地図に記入)
	転作を行っている場合の担い手・草刈りなどの管理体制(自分・担い手) 請負水田における草刈等の管理の有無
作業	主な作業(例:自分・妻等)
	時々作業する作業(例:息子(田植え・稲刈り時)、父(草刈)等)
	作業スタイル(例:平日日中、週末日中、仕事後夜間等)
	年間の作業日数と作業時間
機械	機械種別台数、スペック・タイプ、共用の有無
労働時間	作業内容(※)別実施日、作業者、使用機械、1日の作業時間、期間、面積
	※作業内容は、育苗関連作業、耕起、堆肥まき・角打ち、草刈(秋・田植え期)・水さらい、畦塗・畦シート、水口・水尻処理、その他田植え準備作業(溝さらい等)、水入れ(代掻き前)、代掻き、水調整(田植え前)、田植え、さし苗、除草剤散布、草刈り(田植え以降)・水さらい、見回り・水管理(中干しまで)、見回り・水管理(中干管理)、見回り・水管理(中干後)、防除、水口・水尻処理(水を落とす、板を外す等)、刈り取りまでの作業(追肥・溝さらい等)、刈取、乾燥、稲摺、出荷・運搬、その他出荷までの作業

1-3. 項目は表-4の通りである。

聞き取りおよびアンケート結果から、農地における労働生産性として、労働時間を算出した。具体的には、個人・法人等の農家1戸・1人当たりの年間の労働時間である「農家別の総労働時間(h) = 農家の年間労働時間(h)」と、対象とする圃場にかかる単位面積当たりの労働時間である、「労働時間 = 農家別の総労働時間(h) / 管理面積(10a)」の指標を用いて、算出を行った⁷⁾。尚、本研究では管理対象地を農地(水田・畦・水路・農道)とした。また、複数の圃場タイプにまたがって農業を営む農家の場合は圃場タイプ別に労働時間を分けて回答してもらった。算出対象とする「労働時間」とは原則として、管理対象である農地に直接投下された労働時間とその移動時間とし、農地外での活動は含まない。経営耕地¹⁵⁾(水田と畦)に直接投下される労働を対象に個人農家1軒・法人農家1人当たりの農家別の総労働時間と10a当たりの労働時間を算出し、圃場タイプ別の平均値を算出した。ここで、労働時間算出に用いる「管理面積」とは、その農家の管理する総経営耕地面積とする。

次に、水路・農道に関しては、共同作業による管理体制を明らかにし、その管理に必要な年間の労働時間(h)について算出した。

(2) 結果と考察

本調査地の圃場の管理体制は、経営耕地(水田と畦)を各農家が担当し、共用部(水路と農道)を共同作業(「出合(であい)」)として行っていた。各農家による水田の管理に関しては、水稻栽培に直接関わる作業として、畦の管理等も含まれた。各農家の所有耕地は住んでいる集落内(町内)にあることが基本であった。農家のほとんどは兼業農家であり、近年後継者がいないなどの理由から、農地を貸し付けて土地持ち非農家になる農家が121戸だった。貸し付け・作業委託は経営規模や後継者の有無に関わらず、同集落内で耕作を続ける意欲のある農家に対してなされるか、あるいは法人農家や専業農家といった「担い手」になされる。各

表-5 担い手への委託面積割合・転作面積割合

	水田面積(10a)	水田担い手委託			転作				
		担い手	面積(10a)	割合	面積(10a)	割合			
古代	3168	2331	法人K	237	642	28%	148	202	9%
			法人A	85			57		
			農家O	119			-		
			農家Y	200			-		
			法人S	-			-		
朝見上土地改良区	836	31	法人K	13	4%	282	465	56%	
			農家T	18		182			
			法人K	204		-			
大正	10210		204		20%	339		33%	
平成	947		法人K	145	161	17%	301	301	32%
			農家T	16			-		
朝見地区	5136				20%	1307		25%	

古代、大正、平成圃場では「委託による担い手」の管理面積割合がそれぞれ21%、20%、17%に達しており(表-5)、法人農家によって転作も積極的に行われていた。

本調査地区における共同管理に関しては、農家出合を対象とした。農家出合は農家を主体として、各町の農家組合によって運営がなされ、主に農業に関連する共有物について管理を行う。作業項目ごとに日が設定され、原則農家1戸につき1人出席することが基本であった。水路・農道は、農家出合によって管理されており、管理作業内容としては、水路の泥上げ・草刈・清掃、農道の草刈・修繕(砂利敷)が行われていた。

次に、農家別の総労働時間・10a当たりの労働時間を算出した(表-6)。個人農家による水田の管理に関しては、労働時間が古代、大正、平成圃場とそれぞれ23.1(h/10a)、20.3(h/10a)、11.4(h/10a)であり、古代、大正、平成圃場の順に小さくなった。ここで、各圃場タイプの労働時間に対し、一元配置分散分析と多重比較による平均値の差の検定(有意水準5%)を行った。結果、古代圃場と平成圃場間では有意な差が見られたが、大正圃場と他2つの圃場タイプ間においては有意な差が見られなかった。このように、特に平成圃場において、労働生産性が向上することが示された。また、法人農家は労働時間が古代、大正、平成圃場とそれぞれ15.6(h/10a)、14.6(h/10a)、13.1(h/10a)であり、全ての類型の水田において、法人農家は個人農家よりも労働生産性が高かった。さらに、代表的な作業項目ごとに労働時間の平均値を圃場類型別に比較したところ(表-7)、畦塗・田植え・水管理・刈取において、古代圃場の労働時間が最も大きかった。古代圃場では、水田の所有が細分化され、広範囲に分散しており水田間の移動時間がかかることが挙げられる。さらに、平成圃場では圃場拡大によって機械作業が効率向上する上、パイプライン化することによる水管理の手間が解消されていた。

表-6 個人農家・法人農家の農家別の総労働時間と労働時間

圃場タイプ		古代		大正		平成	
個人	法人	個人	法人	個人	法人	個人	法人
個人農家1軒・法人農家1人当たり	平均労働時間(h/10a)	24.8	15.6	20.7	14.6	16.2	13.1
	平均農家別労働時間(h)	570	2340	438	2340	203	2340

表-7 作業項目別個人農家の平均労働時間

	古代圃場(データ数32:面積合計576.8(10a))			大正圃場(データ数5:面積合計112.1(10a))			古代圃場(データ数7:面積合計122.7(10a))		
	合計農家別労働時間(h)	平均農家別作業量(h)	平均労働時間(h/10a)	合計農家別労働時間(h)	平均農家別作業量(h)	平均労働時間(h/10a)	合計農家別労働時間(h)	平均農家別作業量(h)	平均労働時間(h/10a)
耕起	1881.7	58.8	3.3	395.0	79	3.5	207.2	29.6	1.7
畦塗	281.0	8.8	0.5	30.7	6.1	0.3	2	0.3	0
代掻き	620.8	19.4	1.1	127.5	25.5	1.1	103.8	14.8	0.8
田植え	1808.8	56.5	3.1	277.4	55.5	2.5	222.1	31.7	1.8
草刈	2624.5	82	4.5	630.8	126.2	5.6	317.9	45.4	2.6
水管理	4652.3	145.4	8.1	637.9	127.6	5.7	285.9	40.8	2.3
刈取	1437.3	44.9	2.3	174.0	34.8	1.6	256.4	36.6	2.1
計	13306.4	415.8	23.1	2273.3	454.7	20.3	1395.3	199.3	11.4

また、圃場類型の代表的な「町（集落単位）」を対象に、「農家出合」による町ごとの年間労働時間（h）を算出した結果、古代圃場（上七見町）では720（h）、大正圃場（佐久米町）では720（h）、平成圃場（朝田町）では2662（h）と、平成圃場が高く算出された。この要因としては、平成圃場では圃場整備による換地の草刈りや給水ポンプの管理（点検）等の作業内容が加わったためと考えられる。古代圃場では、素掘りの水路や条里制に見られる末端水路、舗装のない農道の維持管理が「農家出合」により定期的に行われており、労働時間の数値には表れない作業の体力面での負荷が高かった。一方、大正圃場では、近年農家の減少などにより、一部共同作業の法人農家への委託や、個人での管理への切り替えを行っていた。

5. 圃場類型ごとの生物種の生息状況

(1) 調査方法

土地利用データで作成した各類型の圃場における水田・水路において、生物の生息状況を調査した。調査時期は田植えが終わり水路に安定して水が供給される2015年5月17、18、30、31日、6月2、5、14、19、27日に行った。各類型の水田が卓越する場所で昼間に畦道上より目視又はたも網を用いて魚類・カエルを対象に採捕により確認生物種を計342枚（古代圃場：245枚、大正圃場：48枚、平成圃場：49枚）の水田で記録した。水路は、空間的差異の少ない直線的な水路空間では同様に生物が存在するものとして、昼間にたも網による採捕によって確認生物種を計114地点（古代圃場：60地点、大正圃場：46地点、平成圃場：8地点）で記録した。

(2) 結果

魚類において、水田では、古代圃場で6種（ギンブナ、ミナミメダカ、ドジョウ、タモロコ、コイ、ナマズ）、平成圃場で2種（ギンブナ、タモロコ）が確認され、大正圃場では確認できなかった（表-8）。一方、水路では、古代圃場で14種、大正圃場で7種、平成圃場で3種が確認され、平成圃場では生態系配慮水路も設置されていたものの確認種数は少なかった。水田・水路での生

表-8 生物調査確認生物種一覧

圃場の整備年代別類型	古代圃場		大正圃場		平成圃場									
	水田	水路	水田	水路	水田	水路								
調査地点数	245	60	48	46	49	8								
分類群	種名	生息確認地点	合計確認地点	生息確認地点	合計確認地点	生息確認地点	合計確認地点							
	学名	割合(%)	数	割合(%)	数	割合(%)	数							
淡水魚類	ギンブナ <i>Carassius auratus langsdorffii</i>	20	60	36	100	0	15	7	19	2	0	0	0	
	ミナミメダカ <i>Oryzias latipes</i>	27	53	32	79	0	57	26	98	0	25	2	7	
	ドジョウ <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	5	48	29	79	0	54	25	88	0	13	1	2	
	タモロコ <i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	7	47	28	59	0	17	8	15	2	38	3	3	
	コイ <i>Cyprinus carpio</i>	0	37	22	65	0	7	3	5	0	0	0	0	
	トウカイゴ <i>Cobitis minamorii tokaiensis</i>	0	23	14	23	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ヤリタナゴ <i>Tanakia lanceolata</i>	0	12	7	13	0	2	1	1	0	0	0	0	
	オオクチバス <i>Micropterus salmoides</i>	0	12	7	8	0	7	3	5	0	0	0	0	
	オイカワ <i>Zacco platypus</i>	0	10	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ナマズ <i>Silurus asotus</i>	2	10	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
	タイリクバラタナゴ <i>Rhodeus ocellatus kurumeus</i>	0	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ヨノボリ類 <i>Rhinogobius spp.</i>	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ウキゴリ <i>Gymnogobius urotaenia</i>	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	カワヒガイ <i>Sarcocheilichthys variegatus variegatus</i>	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	カエル目	ヌマガエル <i>Rana limnocharis</i>	39	0	0	0	29	0	0	0	67	13	1	1
		ニホンアマガエル <i>Hyla japonica</i>	27	2	1	1	56	0	0	0	22	0	0	0
		トノサマガエル <i>Rana nicromaculata</i>	6	5	3	3	4	2	1	1	6	25	2	2
		ナゴヤダルマガエル <i>Rana porosa brevipoda</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		カエル類の幼生(オタマジャクシ)	36	0	0	0	54	2	1	1	33	0	0	0
		は割合が20%以上を示す												

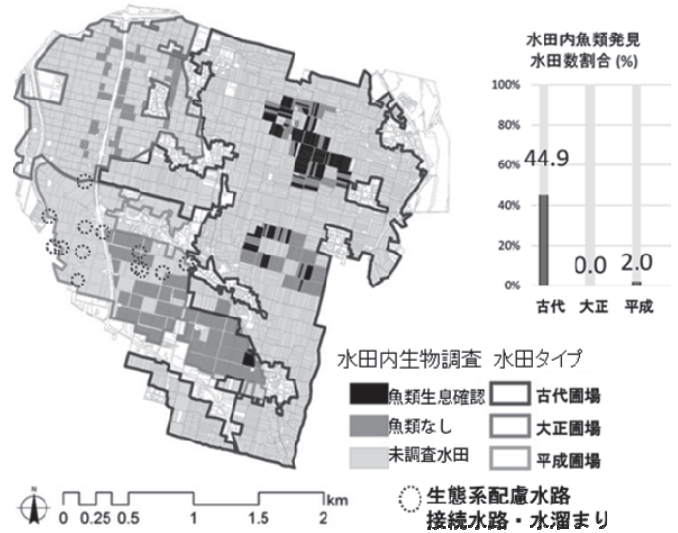


図-3 水田における魚類の生息状況の分布

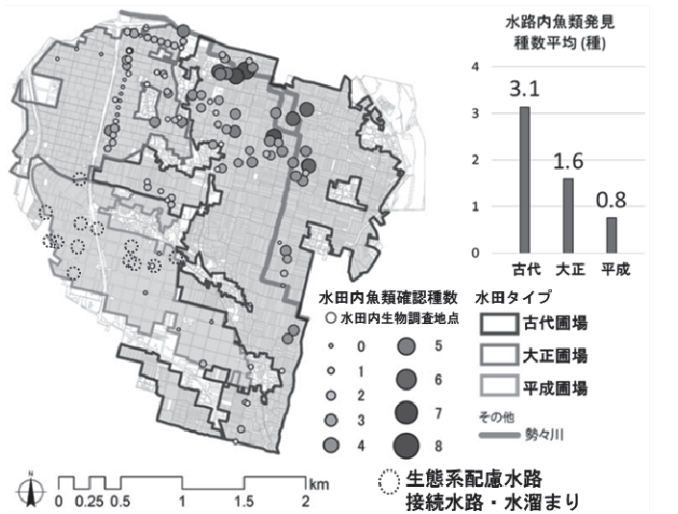


図-4 水路における魚類の生息状況の分布図

息状況の分布（図-3, 4）を見ると、古代圃場内の勢々川付近において、確認種数が多かった。

カエル目では4種が確認され、うちナゴヤダルマガエルが古代圃場の水田でのみ確認された。他3種（ヌマガエル、ニホンアマガエル、トノサマガエル）は、すべての類型の圃場の水田で確認された。一方、水路では、ヌマガエルが平成圃場のみで、ニホンアマガエルが古代圃場のみで、トノサマガエルがすべての類型の圃場で確認された。

次に、各圃場タイプ（水田・水路）の調査地点ごとの魚類の確認種数に対し、一元配置分散分析と多重比較による平均値の差の検定（有意水準 5%）を行った。結果、水田・水路とも古代圃場と他2つの圃場タイプ間において有意な差が見られたが、大正圃場・平成圃場間では有意な差は見られなかった。

(3) 考察

魚類の種数は水田・水路とも圃場タイプで異なっており、古代圃場が大正・平成圃場より2倍以上多かった。古代圃場では、田面と排水路との高低差が大正・平成圃場より少なかったため、排水路から田面に比較的容易に魚類が移動できたと想定される。

古代圃場において、勢々川付近に生物種数が多い傾向にあった。本調査地は、春夏の灌漑期になると榊田川から取水し、幹線水路を通して、圃場に通水される。一方、非灌漑期になると水利権設定に依拠して榊田川からの取水はなくなり、ほとんどの水路が水

枯れを起こし、水枯れした水路では魚類が死滅するのが観察される。勢々川では非灌漑期でも上流端にある上七見町の生活排水が水源となり、水枯れを生じず年中通水されている。上流端は、嫌気化し魚類は少なくなるが、徐々に生物により浄化され、中下流の下七見町や新屋敷町では、冬季でも深みにおいて、ミナミメダカやトウカイコガタスイジシマドジョウなどの魚類が越冬しているのが観察されている。さらにこれら2種は環境省により絶滅危惧種に指定され、特にトウカイコガタスイジシマドジョウは、調査地区内でも古代圃場でしか観察されない(表-8)。さらに、勢々川はほぼ流程の全域が素掘りの土水路であることから、自然と魚類が産卵、生息、越冬のための多様な環境が形成されている。これらのことから、古代圃場の中でも、勢々川とその周辺の圃場は、希少種を含めた多くの魚種やカエル目が産卵、生息、越冬できる種多様性の「ホットスポット」で、優先的に保全する必要があると考えられる。

6. 将来の圃場維持管理シナリオの検討

(1) シナリオ設定方法

調査時点から20年後2035年を目標とした将来整備シナリオを作成し、投入可能な労働時間を算出し、管理可能性を検討した。

まず、シナリオにおける農家戸数の過不足を検証するため、本調査地の将来農家戸数を予測した。表-9は、町別に「将来の個人農家戸数」(=将来農家戸数)を算出したものである。2005年農林業センサス¹⁰⁾における「年齢別の農業経営者数」の町別データを基準とし推計した。また、「農業後継者の有無別農業後継者の就業状態別経営体数」から各町の「後継者保有率」を算出した。経営者をリタイアする年齢を「79歳まで」と仮定し、リタイア数に対して「後継者保有率」を乗じることで継続する「農家戸数」を予測し、これを加算しながら推移させて「将来農家戸数」を推計した。また、推移させる際に「残率」を加味した。各町の圃場類型で「将来農家戸数」の和を算出し、各圃場類型の「将来農家戸数」とした。

次に、土地利用は農地として維持され、耕作放棄地は増加しないという前提で、【シナリオ1：現状維持型】は現在進行中の圃場整備が完了し、その状態が維持されるもの、【シナリオ2：全面圃場整備型】は本調査地区全体を圃場整備するもの、【シナリオ3：生態系・生産性折衷型】は将来農家人口でも管理可能な生態系ホットスポットである勢々川とその周辺の古代圃場内にある条里制水田のみ残して保全する一方、残りはすべて圃場整備を行う、という3つのシナリオを描き、「将来農家の過不足数」を算出する(A)。さらに、現代の圃場整備済み水田は積極的に法人農家へ委託できるとし、管理面積を補正した「将来農家の過不足数」と「法人農家数の増分」を考察する(B)。尚、(A)においては、個人管理と法人管理による面積割合は現状と一定のままとする。また、圃場類型ごとの法人・個人の10a当たりの労働時間には、表-6の値を使用した。法人農家に関しては、経営体ごとに雇人数が異なるため、経営体単位ではなく、年間の労働時間が2340(h)の(一日7~8時間、週6日程度の作業を行う)従業員(人)単位で増分換算を行った(表-6)。

表-9 将来の個人農家戸数

エリア	古代圃場					大正圃場		平成圃場			
	上七見	下七見	新屋敷	大宮田	古井	佐久米	西野々	朝田	立田	和屋	
各町	2005	18	22	23	5	16	18	11	35	30	25
	2035	11	19	13	1	12	14	7	13	22	14
タイプ別	2005	84					29		90		
	2035	55					21		49		

表-10 将来農家数の過不足数の算出方法

$$\begin{aligned} & \text{圃場タイプ別水田面積 (10a)} \times \text{労働時間 (h/10a)} = \text{必要年間労働時間 (h)} \\ & \frac{\text{必要年間労働時間 (h)}}{\text{農家1戸あたり年間労働時間 (h/戸)}} = \text{必要農家戸数 (戸)} \\ & \text{将来農家戸数 (戸)} - \text{必要農家戸数 (戸)} = \text{将来農家戸数の過不足 (戸)} \end{aligned}$$

表-11 シナリオ3の古代圃場の将来管理可能面積の算出方法

$$\frac{\text{将来農家戸数 (戸)} \times \text{農家1戸あたり年間労働時間 (h/戸)}}{\text{労働時間 (h/10a)}} = \text{将来管理可能面積 (10a)}$$

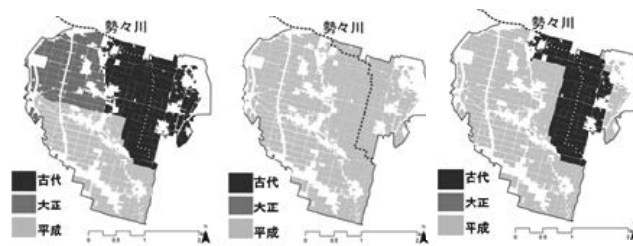


図-5 シナリオ1 図-6 シナリオ2 図-7 シナリオ3

具体的には、【シナリオ1・2】では、各圃場類型の面積に対して労働時間を乗じることで得られる「必要年間労働時間」を「農家1戸あたり年間労働時間」で割ることで「必要農家戸数」を算出した。その上で、「将来農家戸数」と「必要農家戸数」との差分によって「将来農家の過不足数」を推計し、不足すれば管理が困難であるとした(表-10)。一方、【シナリオ3】では、古代圃場の「将来農家戸数」に「農家1戸あたり年間労働時間」を乗じ、古代圃場の「労働時間」で除することで、古代圃場の「将来管理可能面積」を算出する(表-11)。

その上で、古代圃場の「将来管理可能面積」を古代圃場(条里制水田)として残し、その他は圃場整備を行う。その結果から、管理可能性と生態系保全の可能性について考察した。

(2) シナリオ結果

シナリオごとの各圃場類型の分布は図-5, 6, 7のようになり、シナリオ別将来農家戸数の過不足や圃場類型別の水田面積は表-12のようになった。

【シナリオ1：現状維持型】の(A)では、平成圃場の不足農家数が38戸と目立ったが、(B)での法人農家への委託により解消された。古代圃場の不足農家数は12戸であり、必要農家数67戸の2割未満であるが、さらに将来を考慮すると、農業の持続可能性の点からは厳しい状況になりうる。一方、生物多様性のホットスポットの周辺および条里制水田一帯が維持されるため生態系保全においては高い効果を有する。

【シナリオ2：全面圃場整備型】の(A)では、平成圃場の不足農家戸数が126戸にまで増加した一方、(B)での法人農家への委託により解消された。法人農家人数は、(A)の11人から、(B)の20人へと増加する算定となるが、現状での参入している法人農家人数を踏まえると、実現可能性のある結果となった。一方、生態系保全の面からは生物多様性のホットスポットが完全に消失する結果となった。

【シナリオ3：生態系・生産性折衷型】の(A)では、将来農家数から算出した古代圃場の「将来管理可能面積」が12,469(a)となり、生物多様性のホットスポットである勢々川の周辺を帯状に残すことが可能となった。残りを圃場整備した結果、平成圃場の不足農家戸数は80戸にまで増加したが(B)において法人農家人数を11人から17人へと増加することでまかなうことができる。

(3) 考察

現状維持の【シナリオ1】では、持続的な農業経営が困難であ

表-12 シナリオ別将来農家戸数の過不足

シナリオ	圃場タイプ	個人農家1戸 法人農家1人 当たり		シナリオ面積 (10a)		必要年 間労働 時間 (h)	将来 農家 戸数			過不足 農家 戸数
		労働時間 (h/10a)	年間労働 時間(h)	シナリオ面積 (10a)			A人	B2人	B2-A	
				個人管理	法人管理					
シナリオ 1A	古代	24.8	570	個人管理	1539	2258	38156	67	55	-12
		15.6	2340	法人管理	720		11224	5	0	
	大正	20.7	438	個人管理	513	1052	10608	24	21	-3
		14.6	2340	法人管理	539		7873	3	0	
	平成	16.2	203	個人管理	1095	1827	17734	87	49	-38
13.1		2340	法人管理	733	9597		4	0		
合計				3146	5137	66499	179	125	-53	
				1991		28694	12	0		
シナリオ 1B	古代	24.8	570	個人管理	1539	2258	38156	67	55	-12
		15.6	2340	法人管理	720		11224	5	0	
	大正	20.7	438	個人管理	513	1052	10608	24	21	-3
		14.6	2340	法人管理	539		7873	3	0	
	平成	16.2	203	個人管理	616	1827	9978	49	49	0
13.1		2340	法人管理	1211	15869		7	0		
合計				2667	5137	58742	140	125	-15	
				2470		34967	15	0		
シナリオ 2A	古代	24.8	570	個人管理	0	0	0	0	0	0
		15.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	大正	20.7	438	個人管理	0	0	0	0	0	0
		14.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	平成	16.2	203	個人管理	3146	5137	50961	251	125	-126
13.1		2340	法人管理	1991	26087		11	0		
合計				3146	5137	50961	251	125	-126	
				1991		26087	11	0		
シナリオ 2B	古代	24.8	570	個人管理	0	0	0	0	0	0
		15.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	大正	20.7	438	個人管理	0	0	0	0	0	0
		14.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	平成	16.2	203	個人管理	1565	5137	25356	125	125	0
13.1		2340	法人管理	3572	46792		20	0		
合計				1565	5137	25356	125	125	0	
				3572		46792	20	0		
シナリオ 3A	古代	24.8	570	個人管理	1265	1265	31369	55	55	0
		15.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	大正	20.7	438	個人管理	0	0	0	0	0	0
		14.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	平成	16.2	203	個人管理	1881	3872	30470	150	70	-80
13.1		2340	法人管理	1991	26087		11	0		
合計				3146	5137	61839	205	125	-80	
				1991		26087	11	0		
シナリオ 3B	古代	24.8	570	個人管理	1265	1265	31369	55	55	0
		15.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	大正	20.7	438	個人管理	0	0	0	0	0	0
		14.6	2340	法人管理	0		0	0	0	0
	平成	16.2	203	個人管理	877	3872	15199	70	70	0
13.1		2340	法人管理	2996	39244		17	0		
合計				2141	5137	45569	125	125	0	
				2996		39244	17	0		

り、全面圃場整備による【シナリオ2】では、生態系保全の面から課題があることが明らかとなった一方で、個人農家・法人農家による「農家別の総労働時間・10a当りの労働時間」の結果を用いることによって、「農地管理の効率化」と「生態系保全」を両立させうる【シナリオ3】の定量的評価を行うことが可能となった。さらに、【シナリオ3】で保全した古代圃場の南北方向の帯の幅は約600メートルであり、これは伝統的な条里型地割区画の1里区画に相当し、地域の文化的景観を損なうことなく継承するという点でも意義のあるシナリオとなりうる。

一方で、【シナリオ3】において、古代圃場を維持していく際の問題点としては、古代圃場の共同管理（農家出合）作業を持続的に行っていくための議論をしなければならない。例えば、古代圃場に関しては、本地区全体での共有財産として、1) 地区全体で管理する、2) 生態環境維持活動として外部からのボランティアにも支援してもらう、3) 既に複数の集落で行われているように出合作業のみ非農家にも参加を促す、等の方法が考えられる。古代圃場の生態的価値を認識し、地区全体で維持管理作業を分担する意識を持つことが、その持続可能性において重要と考えられる。

7. 総括

本研究では、本調査地である三重県松阪市朝見地区の圃場を、古代（奈良時代から）に圃場整備された条里制の古代圃場、大正時代に耕地整理された大正圃場、2011年から圃場整備された平成圃場の3類型に分類し、空間的特徴の比較と生態的環境の比較を

行った。その結果、圃場整備年代が進むにつれ生息する生物種数が減少していることを明らかにし、特に古代圃場が大正圃場・平成圃場よりも有意に生物多様性が高いこと、また古代圃場におけるホットスポットを特定した。

次に、各農家と共同で行う管理体制と近年の担い手への委託傾向等を把握し、農家別の総労働時間と労働時間を算出した。その結果、平成圃場の方が古代圃場よりも有意に労働生産性が高いことが明らかとなった。このように、圃場の整備年代類型別に生態的環境と労働生産性の比較を定量的に行った研究は見られず、本研究の新規性である。その結果、これまでの圃場整備による作業効率の向上と生態的環境はトレードオフの関係にあることを定量的に明らかとした。

さらに、以上の結果を踏まえ、将来の維持管理シナリオを作成し、法人化を踏まえた過不足農家数の算出に基づいて管理可能性について検証を行うことにより、「管理の効率化」と「生態系保全」を両立させた、一定の現実味を持った将来の水田整備・維持管理シナリオを検討することができた。

今後は、1) 作業項目別の肉体的負荷についても反映した労働時間の算出方法を考案し、さらなる精緻化を図ること、2) 金銭的成本や直接支払い制度等の補助金等を踏まえたより総合的な計画へと結びつけること等が課題である。また、近年注目されるスマート農業（ICT・AI活用、作業の自動化）を導入した際の労働時間の低減効果については、将来想定が容易ではないため本研究では対象としていない。しかしながら、本研究で明らかとした圃場類型別・作業項目別の労働時間に対し、今後圃場類型別の空間特性をふまえ導入可能な先端技術の検証を行い、労働時間低減率を係数として導入することで、「生態的価値の高いエリアの最大化」と「将来の管理の効率化」とのトレードオフを踏まえた持続可能な将来シナリオの比較評価が可能になる点において、本研究は展開可能性が高く、住民主体の意思決定の支援ツールの構築に向け意義あるものと考えられる。

謝辞：本研究に際し、三重県松阪市朝見地区の皆様には多大なるご協力を頂きました。また、本研究は三精テクノロジーズ㈱、JSPS 科研費 16K1820 の助成を受けました。記して謝意を表します。

補注及び引用文献

- 1) 農林水産省 (2008) : ほ場整備の効果と農家の負担について
(http://www.maff.go.jp/study/kome_sys/11/pdf/data2.pdf) , 2008.4 更新, 2020.3.11 参照
- 2) 農林水産省 (2005) : 経営体育成基盤整備事業
(http://www.maff.go.jp/study/other/seibi_zissi/h17_01/pdf/data2.pdf) , 2005.7.25 更新, 2020.3.11 参照
- 3) 國光洋二 (1998) : 圃場整備事業の効果に関する統計学的考察 事業完了地区の経営規模拡大と労働生産性向上効果を中心に 農業土木学会論文誌 198, 63-70
- 4) 國光洋二 (1999) : 圃場整備事業完了地区における稲作生産性の変化と費用対効果分析 圃場整備事業の効果に関する統計学的考察 (2) 農業土木学会論文誌 204, 39-46
- 5) 松森一浩・富樫千之・佐々木邦男・斎藤尚保 (1994) : 圃場の大区画化における作業量の変化について 農作業研究 29 (3) , 181-191
- 6) 齋藤清美・福川和彦・多田浩光・加治屋強 (1994) : 農地流動化による規模拡大のための新たな圃場整備事業の分析と提案 農業土木学会論文誌 172, 131-142
- 7) Yoshihito Natsuhara (2013) : Ecosystem services by paddy fields as substitutes of natural wetlands in Japan : Ecological Engineering 56, 97-106
- 8) 斎藤憲治・片野修・小泉顕雄 (1988) : 淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入と産卵 日本生態学会誌 38, 35-47
- 9) 片野修・細谷和海・井口恵一朗・青沼佳方 (2001) : 千曲川流域の3タイプの水田間での魚類相の比較 魚類学雑誌 48 (1) , 19-25
- 10) 皆川明子・田和康太・北村淳一 (2013) : 三重県の用排水水路における灌漑開始直後の魚類の分布の変化 : 魚類学雑誌 60(2), 163-17
- 11) 西田一也・藤井千晴・皆川明子・千賀裕太 (2006) : 一時的水域で繁殖する魚類の移動・分散範囲に関する研究—東京都日野市の向島用水・国立市の府中用水を事例として— 農業土木学会論文誌 244, 151-163
- 12) 松井明・佐藤政良 (2004) : 整備済み水田用排水路系における魚類生息の実態分析に基づく環境改善案の提示 : 応用生態工学 7 (1) , 25-36
- 13) 松阪市 (2016) : 町別年齢別人口 : 住民基本台帳
- 14) 2016 年撮影衛星画像 Esri Digital Globe GeoEye, Geographics を使用
- 15) 農林水産省 (2005) : 2005 年農林業センサス

(2019.9.28 受付, 2020.3.30 受理)