

平成 22 年 9 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19780030

研究課題名 (和文) 水田における植物相維持・再生に向けた現存植生および埋土種子集団の解明

研究課題名 (英文) Clarifying factors affecting above-ground floristic composition and soil seed banks for the conservation and restoration of plant species in rice paddy fields

研究代表者

山田 晋 (YAMADA SUSUMU)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：30450282

研究成果の概要 (和文) : 耕作田や休耕田は湿地植物の生育地として評価されるが、種の生育を支える要因解明は不十分である。そこで以下の研究を実施した。圃場整備程度、地形条件が異なる耕作田における野外調査の結果、水田の立地する地形条件に応じ、圃場整備が植生に及ぼす影響の程度は異なった。この調査の際、稲刈り時期が成立植生を左右する要因と示唆されたため、耕作田の表土を用い発芽試験を行ったところ、稲刈り後の成立植生は稲刈り時期に応じて明瞭に異なる一方、翌春にはその影響がより不明瞭となった。また、表土中にしばしば希少種の埋土種子を維持する休耕田を対象に、放棄年数が異なる区画の表土を採取し、埋土種子種組成と放棄年数の関係を精査した。結果、放棄年数は埋土種子集団の種組成と関連するが、放棄後 30 年が経過しても半数の湿地植物の種子は表土中で発芽可能のまま残存した。

研究成果の概要 (英文) : Cultivated and abandoned paddy field are floristically highly diverse, but the mechanisms affecting this diversity are not clear. The following studies were carried out. First, field surveys in cultivated rice paddy fields showed that influence of land improvement intensity on floristic composition was different among different land form types. This study also implied the importance of the period of rice harvest as a factor controlling floristic composition. A germination test was, hence, carried out using surface soils of a cultivated rice paddy. The results suggest that floristic composition just after the crop harvest in autumn was strongly different according to the timing of rice harvest, while in the subsequent spring floristic composition was less affected by the timing of rice harvest in the previous year. As the third study topic, floristic composition in the soil seed banks was investigated along a chronosequence in abandoned paddy fields, where soil seed banks of rare wetland floristic species are often maintained in the surface soils. This study illustrates that duration of abandonment clearly decreased the number of wetland species, whereas no less than half species observed in the start of abandonment persisted in the seed banks under germinable condition.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：緑地植物学

科研費の分科・細目：分科：農学、細目：園芸学・造園学

キーワード：農業生態系、 $\beta$ 多様性、空間分布、雑草群落、絶滅危惧植物、田植え時期、圃場内生物多様性、耕作放棄年数

## 1. 研究開始当初の背景

1999年に策定された食料・農業・農村基本法では、自然循環機能や多面的機能を維持増進しつつ持続的農業を実施する必要性が明記された。こうしたなか、日本の耕地面積の過半数を占める水田において、自然循環機能を支える生態系機能を理解するとともに、さまざまな生物相の多様性を維持することが重要になっている。

水田の田面に生育してきた植物（以下、水田植物と呼ぶ）は、古来、防除対象の雑草と考えられてきたが、そのうち強害草とされる種（たとえばコナギ、タイヌビエ）は少数である。一方で水田植物には、現在では激減、あるいは立地環境が激変した氾濫原や池沼を主たる生育地とし、水田における害草程度は低い種（たとえばホシクサ類、トチカガミ類）も少なくない。しかし水田耕作の集約化と耕作放棄に伴い、害草程度が高くない種のなかには、近年、全国的にみて著しく生育地が減少した種も存在する。水田生態系において、水田植物は耕作への害草程度と関係なく生態系の基盤を支える不可欠な要素の一つであり、水田植物の多様性減少は水田における自然循環機能の低下をもたらすことが懸念される。したがって、強害草の過度な繁殖を制御しつつも、減少しつつある種の積極的な回復策を含め、水田植物全体の多様性を維持する視点で水田植物を評価することは重要かつ喫緊の課題である。

これまで水田植物に関する研究では、耕作上問題となる強害草の生態が個別に解明されてきた。一方、群落レベル、すなわち普通種を含めた全ての水田植物を対象とした研究が野外で行われることは少なかった。複数の種や群落を対象とした数少ない研究例では、低地と山間地では希少種の種類が異なること、圃場整備地は、未整備地に比べ水田植物種数が低下し、それは一年草の顕著な減少に起因することなどが指摘されている。しかしながら、こうした研究も、データベースに依拠した特定の数種の研究や、ごく狭い地区を対象とした事例的研究が中心である。水田植物を維持するためには、地域的な水田植物の現状や減少傾向を把握し、多様な植物相を維持すべき地区や多様性が減少する過程で指標性の高い種を把握する必要があるが、水田植物の多様性の現状、それをもたらすメカニズムはほとんど解明されていない。

一方、地上植生から消滅した種の回復を図るため、埋土種子集団（土壌中の生存種子の集団）を利用した自然再生事業が盛んである。水田の場合、遷移の進行のために水田植物が消失した耕作放棄水田において、水田耕作の再開や代かき管理による自然再生事業が実施され、その結果、埋土種子由来の水田植物が再生されている。ところが、これらの自然再生事業で報告された水田植物の種数、種組成は事例間で大きく異なる。埋土種子集団は管理履歴や土壌水分などに影響を受け、空間的不均一性が大きい。その不均一性は再生事業の成否に直結する重要な問題だが、埋土種子集団の空間分布の偏在性、それをもたらすメカニズムは、地上植生と同様、未解明である。そのため、全国に広がる水田、とくに多様性が低下した水田のうち、多様な水田植物を含む埋土種子集団がどの程度残存しているか、換言すれば、再生に適した多様な水田植物種子はどこにどれほど分布するか、分かっていない。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、第一の目的として、水田における水田植物の現存植生分布を把握し、その空間分布に影響を与える要因を解明する。第二に、埋土種子集団についても分布状況とそれに与える要因を解明する。

第一の目的に対応する研究として、①圃場整備程度や地形条件など、広域スケールで変化する要因が耕作田の植物種組成および希少種の分布に及ぼす影響を解明する。また、①の研究過程で、稲刈り時期が成立植生を左右する要因と示唆されたため、②稲刈り後の耕作田圃場において、稲刈り時期が植物種の生育状況に及ぼす影響を解明する。第二の目的に対応する研究として、③放棄水田の耕作再開により、湿地生植物の再生を目指す活動が増加するなかで効果的に希少な植物種の復元を目指すため、水田再生後の成立植生に影響をもたらす要因として耕作放棄年数を想定し、放棄年数が埋土種子集団の種組成に及ぼす影響を解明する。

## 3. 研究の方法

(1) 水田植物の現存植生分布に及ぼす地形条件と圃場整備程度の影響

利根川中下流域において、2006年から2008年にかけてのいずれも稲刈りが終了し

た耕作水田を対象に植生調査を行った。植生調査は1×10mの調査区を設定し、その内部に出現した種を記録した。

過去から現在に至る複数の時期に撮影された空中写真、土壌図を参考に、調査区ごとに、地形条件（湿潤土壌を有する沖積低地、乾燥土壌を有する沖積低地、旧河道にあった沖積低地、小規模な台地開析谷、大規模な台地開析谷）、圃場整備条件（未整備、小規模整備、1947年から1974年までに1回大規模整備、1974年以降に1回大規模整備、1947年以降に2回大規模整備）に分類した。

出現種を、水稲作に対する生育適性により以下3タイプの種群に分類した。水稲作に対する適性により、水田雑草と非水田雑草に分類した。非水田雑草については、湛水条件に対する生育適性から、さらに、湿生非水田雑草と非湿生非水田雑草に分類した。希少種は、関東地方における少なくとも1都県において希少種にランクされている種と定義した。

地形条件と圃場整備程度に応じて耕作田の種組成が異なるか確認するため、多変量解析の序列化手法の一つであるDCAにより、種組成データを序列化し、検出された第1-3軸のスコア値が地形条件や圃場整備程度により有意に異なるか、検定を行った。

## (2) 稲刈り時期が稲刈り後および翌春の田植え前の成立植生に及ぼす影響

本小課題では、稲刈り跡地における成立植生に大きな影響を及ぼす要因として、稲刈り前後で大きく変化する地表到達光に着目した。稲刈り前後の日射量変化を再現するため、夏季に耕作田から採取し日陰で保存した土壌を、秋季に時期を変えて全天下へ移動し、その後翌春まで発生個体の記録を行った。

2008年8月上旬、隣接する2筆の水田において50地点の表層4cmの土壌を採取した。8月下旬（実験区A）、9月上旬（実験区B）、同中旬（実験区C）、同下旬（実験区D）、10月上旬（実験区E）の5時期に、土壌下2cmの水位に設定した日当たりのよい実験区に土壌を移動した。各実験区の土壌サンプルは10サンプルずつとし、それぞれ一辺25cmのトレーに撒き出した。

個体の記録は、秋季には10月上旬、同中旬、11月上旬に、春季には2月下旬、3月中旬、4月上旬、同下旬、5月中旬、6月上旬に行った。ミズニラを除き、植物体は抜き取らず成立植生を観察した。種子生産の有無は水田圃場における個体群動態に影響があると考えられたため、開花個体数も記録した。

## (3) 埋土種子集団の分布状況に与える耕作放棄年数の影響

水田に見られる植物種の多くは、いったん耕作が放棄されると、ヨシ、オギ、ススキな

どの高茎多年草植物に被覆され、地上から姿を消してしまう。水田耕作を再開した場合に復元される湿地生植物の多くは、発芽可能な状態で維持されてきた土壌中の種子（埋土種子）に由来すると考えられている。埋土種子集団は、区画の放棄年数とともに減少することが予想され、放棄期間が長期化すると、水田耕作を再生しても植物相が再生されない恐れがあると予想される。このため、耕作放棄水田において水田雑草群落構成種の復元を目指した植生管理を実施する際、水田区画の耕作放棄年数は、復元事業の成否を左右する重要な指標のひとつになると考えられる。

本研究では、耕作が停止されてからの経過年数の異なる放棄水田において表層土壌を採取した。採取した表土を撒き出し、その後発芽してくる植物の種名と個体数を記録した。水田部における水田放棄年数は、1970年以降撮影された空中写真から写真判読を行うことにより推定した。各採取圃場では、縦横20cm深さ15cmの土壌を2m間隔で5箇所採取した。各土壌サンプルに含まれる植物体を除去し、砂を詰めたプランタに1-2cmの厚さで撒きだしを行った。多様な発芽適性条件を有すると考えられる土壌中の種子の発芽を確認するため、発芽条件として、土壌を湛水1-2cmに保つ条件と、常に湿っているものの湛水はしない条件で発芽実験を実施した。

水稲作地には出現するが、水田耕作が停止されると、二次遷移進行が原因で耕作停止後数年以内で区画から姿を消す種を典型水田雑草と定義し、この種群の埋土種子集団における出現傾向に特に注目した。

## 4. 研究成果

### (1) 水田植物の現存植生分布に及ぼす地形条件と圃場整備程度の影響

水田が存在する地形単位および整備の程度に応じて、DCAの1-3軸のスコア値のいずれかに有意な差異がみられた。このことから、水田の稲刈り後に成立する植生の種組成は異なることが明らかとなった。

種群別に行った解析の結果、地形条件は、湿生非水田雑草を除く種群の出現種数に対して明確な傾向を示さなかった。一方で、個別種の出現傾向を精査すると、複数の希少種の出現傾向が地形条件に応じて有意に異なった。すなわち、ミズニラとヒロハイヌノヒゲは小規模台地開析谷に有意に出現しやすく、ミズネコノオとヒメミソハギは旧河道に立地する水田に特異的に出現した。

つぎに、圃場整備程度に関しては、湿生、非湿生の非水田雑草種数、希少種の種数が、圃場整備程度の異なる水田において有意差を示した。とくにこれらの種の種数は、圃場未整備地で多くなる傾向がみられた。一方で、

個別の種の出現傾向を精査した結果、圃場未整備地に特異的に出現する希少種は、ミズネコノオとヒメミソハギのみとなり、地形条件における結果と比較して、特定の圃場整備程度に出現地点が偏る種は少数となった。つまり、耕作田に生育する希少種の多くは、一般的に考えられるように圃場未整備地により多く残存するわけではないことが明らかになった。

小規模台地開析谷の水田を選好していたミズニラとヒロハイヌノヒゲは、未整備地のみならず整備された水田にも出現した。一方で、未整備の水田を選好した種は、ミズネコノオとヒメミソハギの2種のみであったが、これらの種は、旧河道という特定の地形タイプに立地する水田に出現が限定されていた。このことより、旧河道で整備が行われていない水田は、保全上もっとも重要な立地であるといえる。また、以上の結果より、地形単位によって、圃場整備が出現種に及ぼす影響は異なることが示唆された(図1)。

地形条件と圃場整備程度を用いて水田における植生パターンを予測することは、水田における植物多様性を維持するうえで重要なツールとなりうるということが明らかとなった。

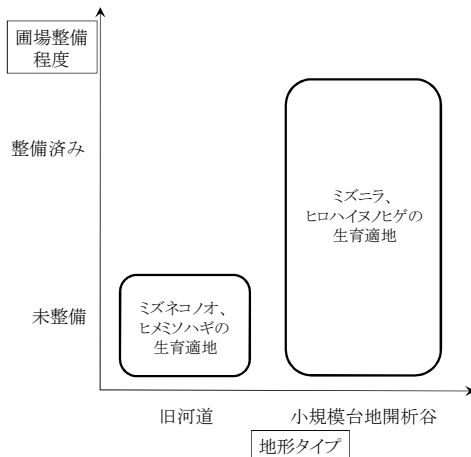


図1 地形条件に応じた希少種が生育する圃場整備程度の違い

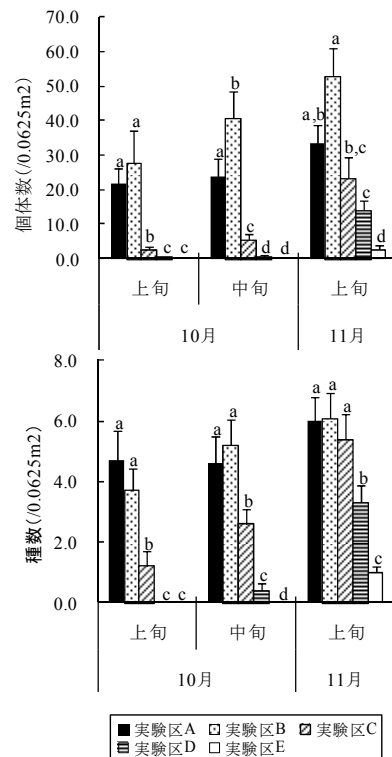
(2) 稲刈り時期が稲刈り後および翌春の田植え前の成立植生に及ぼす影響

発芽試験の結果、試験開始時期が8月下旬から10月上旬へと遅れるにつれ、その後、秋季から翌春における成立植生の種数や個体数に差異がみられることが明らかとなった。とくに、秋季に成立した植生では、種数、個体数とも実験開始時期に応じた差異が明瞭だった(図2)。そうした差異は個別種の出現傾向の違いに起因した。夏季一年草のコナギやヒデリコは、実験開始時期が9月中旬以降では、発芽が確認されなかった。一方、アゼナ類やミゾハコベは、実験開始時期の遅れとともに個体数に顕著な低下がみられたものの、いずれの実験区でも発生は確認された。

このような傾向の差は、既往文献に知見より、種ごとの発芽適温域の差から説明できると考えられる。

一方、春季に関しては、前年の実験開始時期が早いほど個体数や種数が有意に多くなる、あるいは少なくなるという傾向は認められなかった(図省略)。ただし、越年草のスズメノテッポウは、秋季の実験開始時期が早いほど、翌春の出現個体数が多い傾向がみられ、これも既往の知見と合致した。

稲刈り後の秋季では、実験区A、B、Cと比較して、実験区D、Eの種数が有意に少なかった。すなわち、本実験の結果からは、9月中旬までに稲刈りが行われると、稲刈り後の秋季の非耕作期に、より多様な湿地植物が生育可能であることが示唆された。ただし、実験区B、Cでは、実験区Aにおいて開花した種のうち、何種かの開花を確認できなかった。種子生産の有無は水田圃場における個体群動態に影響を及ぼすと考えられるため、9月中旬以前の稲刈り時期においても、埋土種子集団の変化を通し、非耕作期における植物種組成は長期的に大きく変化する。したがって、稲刈り時期が水田の個体群に及ぼす影響を把握するためには、単に種数の記録のみならず、開花状況など、生育ステージも加味した観察が不可欠である。



注) 図中のバーは平均値を、エラーバーは標準誤差を示す。アルファベットが異なる区間では、同調査時期の数値差が有意であることを示す(修正ボンフェローニ補正済みのU検定)。

図2 秋季における各実験区の個体数(上)と種数(下)

(3) 埋土種子集団の分布状況に与える耕作放棄年数の影響

図3に、耕作放棄年数と土壤中に含まれる典型的水田雑草種数の関係を示す。放棄年数が増加するほど、土壤中の埋土種子に含まれる典型水田雑草の種数は減少した。ただし、耕作放棄後40年が経過しても、なお何種かの水田雑草が埋土種子として残存していることが分かった。

とくにアゼナ、タマガヤツリなどは、30年以上耕作放棄された区画の土壤にも多くの発芽可能な個体数が残存していることが確認された。一方、ウキクサやマツバイなど、主要な繁殖方法を休眠芽などによる栄養繁殖に依存する種は、概ね十数年以上放棄された区画の土壤中には発芽可能な個体が残存しなかった。コナギをはじめとする数種は、放棄後30年以上が経過した区画の表土では、出現個体数密度が顕著に低下した。

耕作田や放棄水田に生育する希少種の多くは、種子により繁殖を行う種である。したがって、十年程度の耕作放棄によって、埋土種子集団が消失する恐れは低いと考えられる。しかし一方、放棄期間が30年以上の長期にわたるような場合には、種によっては埋土種子集団が消失する恐れがある。日本の水田は1970年代より大規模に耕作放棄されており、30年以上の放棄期間が経過する水田も少なくない。本小課題により、今後、さらに耕作放棄期間が長期に及べば、耕作放棄水田における希少な湿地性植物の復元ポテンシャルは顕著に低下する恐れがあることが明らかになった。

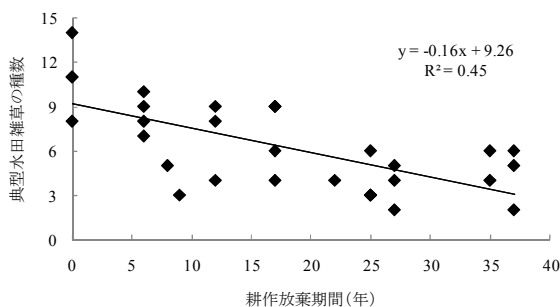


図3 耕作放棄年数と土壤中に含まれる典型的水田雑草種数の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Yamada S, Kusumoto Y, Tokuoka Y, Yamamoto S, Landform type and land

improvement intensity affect floristic composition in rice paddy fields from central Japan, Weed Research, 査読有、2010 in press (Article first published online: 24 AUG 2010, DOI: 10.1111/j.1365-3180.2010.00815.x)

- ② 山田晋、関東地方南部の水田における非栽培期の植物相に及ぼす水稲収穫時期の影響、ランドスケープ研究、査読有、73巻、2010、417-420
- ③ Yamada S、Trajectory of a restoration activity in a Satoyama landscape and change on biological diversity due to the activity、Proceedings of preservation of biocultural diversity – a global issue、査読無、2008、50-56
- ④ Yamada S、Kusumoto Y、Tokuoka Y、Yamamoto S、Landscape heterogeneity enhances the diversity of paddy weed species in a lowland area of Japan、CBD technical series、査読無、2008、34、102-107

[学会発表] (計6件)

- ① Yamada S、Kusumoto Y、Tokuoka Y、Yamamoto S、Landform condition and land improvement affect floristic composition in rice paddy fields, central Japan、Marco symposium、Oct. 2, 2009、Tsukuba Japan
- ② Yamada S、A comparative study of the seed banks of abandoned paddy fields along a chronosequence in Japan、Society for Ecological Restoration、Aug. 25, 2009、Perth Australia
- ③ 山田晋、農村の耕地植生における生物多様性管理、平成21年度日本造園学会全国大会、2009年5月25日、明治大学 東京
- ④ 山田晋、楠本良延、徳岡良則、山本勝利、稲刈り時期はその後の雑草群落発達にどの程度影響を及ぼすか、第56回日本生態学会全国大会、2009年3月18日、岩手県立大学 盛岡
- ⑤ 荒金恵太、大久保悟、山田晋、北川淑子、大黒俊哉、武内和彦、水田生態系における景観スケールの立地区分と植物相の対応に関する事例研究、第56回日本生態学会全国大会、2009年3月18日、岩手県立大学 盛岡
- ⑥ 山田晋、楠本良延、徳岡良則、山本勝利、広域スケールの環境要因が耕作水田の成立植生に及ぼす影響、第55回日本生態学会全国大会、福岡国際会議場 福岡、2008年3月15日

[図書] (計1件)

- ① 山田晋、里山と谷津田の生物多様性、根本正之編、身近な自然の保全生態学 49-68 pp、培風館、東京、2010

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田晋 (YAMADA SUSUMU)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：30450282