

平成21年 5月28日現在

研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18580267  
 研究課題名（和文） ライグラス類野生化集団の雑草化ポテンシャルと遺伝子流出リスクの評価  
 研究課題名（英文） Evaluation of Weediness Potential and Gene Flow Risk of Ryegrasses Naturalized Populations  
 研究代表者  
 澤田 均 (SAWADA HITOSHI)  
 静岡大学・農学部・教授  
 研究者番号：10183831

## 研究成果の概要：

牧草種は野生化・雑草化しやすいため、遺伝子組換え体の環境放出による生態的インパクトが懸念されている。そこでライグラス類をモデル植物に選び、河原と農地における野生化集団の侵入状況、被害の実態を把握した。また野生化集団中の種間雑種個体の有無を推定し、予想以上に多くの集団で種間雑種を含むことを示唆した。主な遺伝子組換え体の環境放出シナリオを想定し、遺伝子流出の潜在的経路を特定した上で遺伝子流出リスクの推定を試みた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,900,000	0	1,900,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	450,000	3,850,000

## 研究分野：応用生態学

科研費の分科・細目：(分科) 畜産学・獣医学 (細目) 畜産学・草地学

キーワード：生態学、牧草、環境、外来生物、雑草、バイオテクノロジー

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 遺伝子組換え作物の賢明な利用には、適正な環境リスク評価が不可欠である。しかし、これまでのリスク評価法はトウモロコシやダイズのような一年生作物を主な対象としており、ライグラス類やフェスク類などの牧草種に適うものはほとんどないのが現状である。

(2) 牧草種は上記の一年生作物と異なり、野生化しやすい性質をそなえている。そのため、

遺伝子流出リスクが非常に高いと指摘されている。日本国内ではすでに野生化集団が広く分布しており、農耕地や自然地に深く侵入する恐れがある。

(3) 牧草種では遺伝子組換え体の開発が進められており、環境放出がすでに始まっている。我が国ではまだ野外試験の段階であるが、世界的にはすでに商業栽培が始まっており、我が国でも近い将来、商業栽培される可能性がある。最近、商業栽培の先行する米国では、

野生化集団を介した組換え品種の遺伝子流出および組換え品種と非組換え品種の共存の確保が問題となっている。そのため、牧草種の野生化集団の生態的特性に関する研究と、遺伝子流出研究に基づくリスク評価法の開発が急務である。

(4) 遺伝子流出と雑草性は環境リスク評価の基本要素である。しかし、どちらの研究も牧草種ではおこなわれている。特に不足しているのは、遺伝子流出経路と雑草性の実態である。組換え草種の遺伝子流出は複雑かつ多様な経路で起こる可能性がある。一方、野生化集団の環境雑草化や農業雑草化の詳細についてはほとんど不明である。放牧草地の基幹をなす牧草種は主に外来種である。その雑草性の評価は、組換え体のリスクマネジメントの面からだけでなく、外来生物（としての草種）の適正なマネジメントの面からも必要である。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究ではライグラス類をモデル植物として、雑草性の解析と遺伝子流出リスクの推定を行うことを目的とした。

(2) すでに日本国内に広く分布しているライグラス類野生化集団の雑草性を評価する。環境雑草化したライグラス類については、特に河原に野生化した集団に焦点を当て、空間分布の様相と、在来植生への影響の実態に着目して現地調査を行う。一方、農業雑草化したライグラス類については、特に小麦圃場に侵入した野生化集団に焦点を当て、その分布量および小麦収量への影響、野生化集団の生態的特性を調査する。

(3) ライグラス類の環境雑草化ポテンシャルを評価するために、環境雑草化の現状について広く国内外の情報を収集して整理する。日本国内の侵入危険度の高い地域、生育地を予測する基盤とする。さらに農業雑草化ポテンシャルを評価するために、国内外の農業雑草化の現状について情報を収集・整理する。

(4) 侵入生態学分野ではしばしば種間雑種形成によって侵入力が強化されることが報告されている。ライグラス類ではイタリアンライグラスとペレニアルライグラスが容易に交雑して雑種を形成する。ところが、我が国

の野生化集団がどのくらいの雑種個体を含むか、どのような地域に雑種個体が多く分布するか、ほとんどわかっていない。そこで、日本各地の野生化集団について雑種個体の発生を調べ、その分布状況を把握する。

(5) ライグラス類を対象に、組換え体の開発状況と環境放出の現状について国内外の情報を収集する。さらに組換え体の環境リスク評価に関する最新情報を収集・整理する。

(6) 遺伝子流出の基本的枠組みを考え、流出源、流出する繁殖体、流出の媒体、潜在的流出経路、流出先について検討する。主なライグラス類組換え体について、環境放出シナリオを想定し、ライグラス類の潜在的な遺伝子流出経路を推定する。さらに遺伝子流出リスクを推定する。

## 3. 研究の方法

(1) 環境雑草化したライグラス類の実態および特徴を知るために、静岡県安倍川（一級河川）の河原に侵入したライグラス類を対象に、本流全体という流域スケールと、1地点に注目して堤防側から河道側という局所スケールの両面から、調査を行った。流域スケール調査では、上流から下流までの31地点について、野生化集団および近縁なフェスク属植物の分布の有無、在来植物（特に環境省レッドリストの絶滅危惧Ⅱ類種ミヤマシジミの食樹コマツナギ）への被害の有無を調べた。一方、局所スケール調査では4地点を定めて、堤防側から河道方向に幅1m、長さ60mのベルトトランセクトを引き、ライグラス類の被度、生育状況、種子生産を調べた。

(2) ライグラス類の環境雑草化の現状について、国内外の情報を収集・分析した。

(3) 農業雑草化したライグラス類の雑草性の実態・特徴を知るために、静岡県内の小麦圃場に侵入したライグラス類を対象に調査を行った。さらにライグラス類の農業雑草化の現状について、国内外の情報を収集・分析した。

(4) 農業雑草化したイタリアンライグラス野生化集団の発芽生態およびシードバンク動態を理解するために、土中および地表面で後

熟させた種子の運命を解析した。さらに定期的に種子を回収し、明暗条件（12時間明期）および暗条件下で発芽試験を行い、発芽特性を調査した。

(5)日本国内のライグラス類の雑種個体の分布パターンを把握するために、各地から野生化集団を収集し、55 集団について雑種識別 DNA マーカーを用いて集団構造を解析した。これら核 DNA および葉緑体 DNA マーカーは、イタリアンライグラスとペレニアルライグラスを識別するのに有効であることが確認されている。さらに 55 集団の形態的特性（簡易的に雑種識別に利用される形質群）も解析した。

(6)ライグラス類組換え体の開発状況および環境放出の現状、環境リスク評価、ライグラス類の生物的特性に関する最新情報を収集・分析した。さらに遺伝子流出の基本的枠組みを定め、流出源、流出する繁殖体、流出の媒体、潜在的流出経路、流出先について検討した。その上で、主なライグラス類組換え体（除草剤耐性、耐乾性、低リグニン、高フルクタン）の環境放出シナリオを想定し、遺伝子流出の起こりやすさと影響度を推定した。

#### 4. 研究成果

(1)静岡県安倍川の中・下流域の河原にはイタリアンライグラス野生化集団が広く分布しており、調査を行った 31 地点中 19 地点（61.3%）で確認された。2007 年に絶滅危惧Ⅱ類種ミヤマシジミの生息が確認された 7 地点中、4 地点（57.1%）でイタリアンライグラスの侵入が確認された。さらに食樹コマツナギの生育が確認された 27 地点中、17 地点（63.0%）で侵入が確認された。しかし、いずれの場合もイタリアンライグラスが広く蔓延している地点は観察されず、コマツナギに対して悪影響を及ぼしていることは確認されなかった。

ライグラス類と近縁なフェスク類は 4 種が分布しており、そのうち在来種（トボシガラ）は 1 種、外来種は 3 種（トールフェスク、メドーフェスク、レッドフェスク）であった。この外来種 3 種は、ライグラス類と交雑しうることが報告されている。

安倍川の河原では、堤防およびその周辺の緑化サイトが野生化集団の侵入源になったものと推定された。堤防側から河道側に向けてイタリアンライグラスの個体密度は減少

し、草丈および個体あたり茎数、穂数も減少した。この個体の成長量の低下は、減水期間中の乾燥ストレスによるものと推察された。一方、種子生産を調べたところ、河道側の小個体でさえ、種子を生産しており、結実率および 100 粒重の値は予想以上に大きかった。アリー効果が予想に反して小さいことが確認された。イタリアンライグラスの風媒他殖性と、河原という生育地の開放性が影響している可能性が高い。以上の成果は、国内で初めてのものである。

(2)ライグラス類の環境雑草化の現状について国内外の情報を収集したところ、河原や海岸草原、高山に侵入している事例が確認された。一部の生育地ではイタリアンライグラスが問題雑草化しており、駆除等のリスクマネジメントが進行中であった。したがって、日本でも、海岸、河原、高山等の特に保護優先地域において、ライグラス類の侵入に注意を払うべきであると結論づけた。今後さらに国内外の情報を収集・分析する必要がある。

(3)小麦圃場に侵入したライグラス類野生化集団は、小麦の収量および品質を有意に低下させた。蔓延した圃場では、大きな経済的被害を受けた。一方、国内の農業雑草化に関する情報を収集したところ、関東・東海を中心にイタリアンライグラスが小麦圃場に侵入していることが確認された。

(4)農業雑草化したイタリアンライグラスの、土中および地表面で後熟させた種子の運命を比較したところ、土中がほとんど出芽しなかったのに対して、地表面種子は出芽の開始が早く、多くが夏期に出芽した。このように出芽パターンが異なったのは、暗条件下よりも明暗条件下のイタリアンライグラス種子が発芽可能温度範囲が拡大し、より高温域において発芽可能となったためであった。種子が地表面に集中分布しやすい不耕起圃場では、小麦播種期である初冬までに、発芽によってイタリアンライグラス種子が大きく減少すると考えられた。一方、耕起による種子の埋土は、発芽を抑制させるため、種子の大部分が小麦生育期まで生存するものと考えられた。この成果は、農地に侵入したイタリアンライグラス野生化集団の発芽特性とシードバンク動態を初めて解明したもので、総合防除への応用が期待される。

(5)日本各地の 55 野生化集団について DNA マーカーを用いてイタリアンライグラスと

ペレニアルライグラスの種間雑種の有無を調べたところ、24 集団 (43.6%) で雑種個体を含むことが示唆された。これは、形態調査に基づいて判定される値よりもはるかに多く、ライグラス類野生化集団において予想以上に種間雑種個体を含む可能性を初めて示したものである。

地方別 (北海道、北陸および甲信越、近畿および中国、四国および九州) に見ると、北海道の集団はペレニアルライグラス、本州以南の 4 地方はいずれも雑種個体を含む集団が分布した。

(6) ライグラス類野生化集団の雑種個体の分布パターンを、推定される侵入源タイプの面から解析した。その結果、緑化用に使用されるライグラス種子中の雑種個体の混入の可能性が示唆された。今後、緑化用種子の輸入および流通の諸段階で雑種個体混入率を精査する必要があることを指摘した。

(7) ライグラス類組換え体の開発状況に関する最新情報を収集し、イタリアンライグラス、ペレニアルライグラスについて多様な組換え体が開発または開発中であることを確認し、それらの情報を整理した。また環境放出の現状および環境リスク評価についても情報を収集・整理した。組換え体からの遺伝子流出の受け手となるライグラス類野生化集団の実態を深く理解しておくこと、遺伝子流出の潜在的経路を推定しておくこと、組換え体の挿入遺伝子が流出した場合、その遺伝子を含む個体の適応度がどのようになり、侵入性や雑草性がどうなるかを予測することが急務であることを指摘した。

(8) 主な組換え体 (除草剤耐性、耐乾性、高リグニン、高フラクタン) を選び、河原を例に組換え体の環境放出シナリオを想定し、遺伝子流出リスクの推定を試みた。特に耐乾性を強化した組換え体の遺伝子流出リスクが高く、丸石河原に固有の在来植物に悪影響を及ぼすものと推定された。したがって、耐乾性を強化した組換え体の環境放出には十分な注意が必要である。

(9) 以上の成果は、今後我が国で予想される牧草種の遺伝子組換え品種の環境放出に際して、適正な環境リスク評価を実施するために、その科学的基盤を強化するものである。さらに我が国では外来種を基幹牧草として栽培・利用しているため、外来種の適正なリスクマネジメントの観点からも重要である。

## 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 3 件)

① 澤田 均、山下雅幸、萩原陽二郎、福田美寿々、静岡県安倍川におけるライグラス類野生化集団の侵入および生育状況、日本草地学会誌、55、印刷中、2009、査読有

② Minoru Ichihara、Masayuki Yamashita、Hitoshi Sawada、Yoichi Kida、Motoaki Asai、Influence of after-ripening environments on the germination characteristics and seed fate of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*)、Weed Biology and Management、9、In press、2009、査読有

③ Hiroyuki Tobina、Masayuki Yamashita、Atsuhiko Koizumi、Masahiro Fujimori、Tadashi Takamizo、Mariko Hirata、Toshihiko Yamada、Hitoshi Sawada、Hybridization between perennial ryegrass and Italian ryegrass in naturalized Japanese populations、Grassland Science、54、69-80、2008、査読有

〔学会発表〕 (計 1 件)

① 飛奈宏幸、山下雅幸、澤田 均、日本国内のライグラス自生集団の遺伝構造. III. 東北地方集団の種子および生育初期における形態的特徴、日本草地学会、2009 年 3 月 30 日、藤沢市

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

澤田 均 (SAWADA HITOSHI)

静岡大学・農学部・教授

研究者番号：10183831

### (2) 研究分担者

山下 雅幸 (YAMASHITA MASAYUKI)

静岡大学・農学部・准教授

研究者番号：30252167