

オオバコ *Plantago asiatica* L. の刈取り後の地上部回復および水田畦畔における個体群維持要因の検討

誌名	雑草研究
ISSN	0372798X
著者名	松嶋, 賢一 平野, 繁 名越, 時秀 坂上, 潤一 玉井, 富士雄
発行元	日本雑草学会
巻/号	59巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-10
発行年月	2014年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



オオバコ *Plantago asiatica* L. の刈取り後の地上部回復 および水田畦畔における個体群維持要因の検討*

松嶋賢一^{*,***}・平野 繁^{**}・名越時秀^{**}・坂上潤一^{****}・玉井富士雄^{**}

要 約：オオバコの刈取りに対する個体の回復能力と水田畦畔における生残要因を現地調査と育成試験により検討した。神奈川県厚木市の水田畦畔では、オオバコ個体群は主に越冬個体で構成され、概ね 300 個体/m² 以下の密度で安定して推移し、6~8 月にのみ実生の発生とともに一時的に増加した。6~8 月の草刈りの度に花茎は未熟段階で切除された。刈取りの終了した 11 月以降に種子の自然散布が生じた。9 月、翌年 4 月および 7 月に播種した個体に対し、水田畦畔の頻度で刈取りを行い、無刈取りとの生育を比較した。9 月播種個体では翌年の刈取り後の生葉数は刈取りの度に無刈取りと同数もしくはそれ以上にまで回復し、茎・根部乾物重は無刈取りと比較してわずかに減少した。一方、4 月および 7 月播種個体では両形質とも無刈取りと比較して明らかに減少した。また、9 月播種個体では、翌年 6 月の刈取り時に切除した花茎のうち、蒴果が肥大中の種子の発芽率は 88% を示した。以上から、オオバコ種子は自然散布前に発芽できること、越冬個体では刈取り後の地上部回復能力が高いことが明らかとなった。このことが水田畦畔において個体が生残し、個体群を形成・維持している一因と判断された。

キーワード：オオバコ、刈取り、再生、種子発芽、水田畦畔

緒 言

著者らはオオバコが耕作地の周縁部に自生し、一年を通してその植生と景観の維持に寄与していることに資源的価値を見出し、その保全的管理法を模索するため、種々の人為的攪乱下におけるオオバコの生活史特性の解明を試みてきた（松嶋ら 2009ab; 玉井ら 2010）。

その中で、水田畦畔においてオオバコの個体群が形成される要因として、刈取りに対する個体の再生能力に注目し、オオバコの個体は刈取り後に出土速度を増大させることで、す

みやかに同化器官の回復を行うことを明らかにした（松嶋ら 2009b）。しかし、この報告では生育地での刈取り時期・頻度に応じた実際の個体地上部の回復・種子生産の様相および刈取りと個体密度の推移との関係など、水田畦畔におけるオオバコの保全的管理を模索するために重要な要素との関係が未検討である。

近縁種のセイヨウオオバコ *P. major* L. では種生態学的観点および芝地や道端管理などに基づいた刈取り後の個体の再生に関したいくつかの知見がある（Warwick and Briggs 1980; Parr and Way 1988; Reekie 1998ab; Rebele and Kehmman 2002; Abu-Dieyen and Watson 2005）。オオバコの個体密度に関して、中山ら（1997）はオオバコ普通型の生育する水田畦畔において個体密度の推移を調査し、刈取りに伴う地上植生の除去による地表面への光の到達により断続的に実生は発生してくるものの、その定着はわずかであることを報告している。この他に、オオバコは踏みつけなど生育地の人為的攪乱や光環境の変化に伴い、実生数の増加とともに春から初夏に個体密度が増加することが報告されている（Ikeda and Okutomi 1992; Kobayashi *et al.* 2001, 2005）が、刈取りとの関係は検討していない。一方、オオバコの個体に対する刈取りについては中山ら（1996）が検討している以外に見られない。そのため、水田畦畔におけるオオバコの個体群の成立要因を明らかにするためには、これらの知見を踏まえて、刈取りに対する個体レベルの反応が個体群の推移に及ぼす影響を検討する必要がある。

オオバコは多年生であり、個体の季節的反応として、越冬時には同化器官を最小限（一部には皆無）に留めて貯蔵器官を維持し（山西・福永 1983）、冬季における貯蔵器官への乾物分配率は他の時期に比べ高い（Sawada *et al.* 1994）。このことを踏まえると、刈取りされる立地におけるオオバコ個体の生残には、貯蔵器官への同化産物の蓄積が重要な要素であり、刈取りに遭遇した時点での齢および貯蔵器官のサイズが地上部の回復ならびに生残率に影響を及ぼすと考えられる。

本研究では、水田畦畔における植生と景観維持に果たすオオバコ個体群の定着・維持要因を明らかにし、その保全的管理法開発に資する目的で、畦畔管理のために行われる刈取りに対するオオバコ個体の反応と水田畦畔における個体群動態との関連性について検討した。

*本研究の一部は日本雑草学会第 49 回講演会（2010 年）において発表した。

**東京農業大学農学部

〒243-0034 神奈川県厚木市船子 1737

***現、国際農林水産業研究センター

〒305-8686 茨城県つくば市大わし 1-1

kmatsush@afric.go.jp

****鹿児島大学農学部

〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1 丁目 21 番 24 号

(2012 年 11 月 27 日受付, 2013 年 12 月 27 日受理)

材料および方法

(1) 水田畦畔におけるオオバコの個体数および成熟花茎数の季節的推移

神奈川県厚木市愛甲（北緯 35° 41' 35", 東経 139° 35' 60"）、恩名（同 35° 44' 02", 同 139° 34' 74"）、棚沢（同 35° 49' 98", 同 139° 34' 90"）および長谷（同 35° 43' 24", 同 139° 33' 14"）の水田地帯の畦畔を調査地とした。4 調査地は、半径 6 km 以内に位置し、すべて平坦地の水田で 10 年以上前に区画整備が行われており、一部にはコンクリート畦畔が導入されている。愛甲、恩名および棚沢の畦畔幅は 1.8 m、長谷のそれは 50 cm である。愛甲、恩名および棚沢では 2008 年 11 月より調査を開始した。水稻移植期以降については調査地を増やすため、2009 年 4 月から長谷の畦畔を加えた。

愛甲、恩名および長谷の 3 調査地は農家水田で、肩掛け式の草刈り機で刈取りが行われた。恩名の水田は東京農業大学厚木キャンパス（神奈川県厚木市船子）に最も近く、刈取りの有無を毎日観察し 2009 年 5 月 12 日、6 月 2 日、7 月 1 日、7 月 29 日および 8 月 26 日に刈取りが施された。愛甲では 5 月 16 日、6 月 23 日、7 月 22 日および 9 月 1 日に、長谷では 5 月 27 日、6 月 23 日および 8 月 19 日の調査時にそれぞれ刈取りの有無を確認した。刈取り確認時の群落高は 5~15 cm であった。棚沢の水田は東京農業大学の圃場であり、畦畔は芝刈り用の除草機で概ね 1 cm 程度に刈り揃えられる。ここでの刈取り日は聞き取りにより、4 月 23 日、6 月 16 日、7 月 13 日、7 月 29 日および 8 月 26 日であった。人間の利用頻度は農繁期にはほぼ毎日、農閑期には散歩の人間やペットが侵入する程度である。

愛甲と長谷の畦畔では 50 cm × 50 cm の方形枠を 3 か所、棚沢と恩名の畦畔では 4 か所の定点に設置し、2008 年 11 月から 12 月および 2009 年 4 月から 12 月には 14 日毎に、2009 年 1 月から 3 月までは 21 日毎に以下の調査を行った。枠内のオオバコについて成長段階により以下の 3 段階に分けて個体数を記録した。すなわち、①出芽個体（子葉のみを展開している実生個体）、②栄養成長中の個体（本葉を展開している個体）、および③生殖成長中の個体（開花中または種子が未成熟で蒴果肥大中の花茎を有する個体）。なお、親個体とその腋芽に由来する分枝についてはそれらの判別が困難であったため、成長点を単位として個体数を記録した。さらに、枠内の成熟花茎（蒴果が容易に開裂し自然散布する成熟種子を付けた花茎の数）総数を調査した。成熟花茎については調査しながら切断して枠内に落とし重複計数を避けた。また、群落高、出現種数の他、除草剤使用の有無等の管理について調査を行った。

(2) 播種時期の異なるオオバコに対する刈取りが地上部の再生および種子生産に及ぼす影響

東京農業大学農学部圃場（神奈川県厚木市船子）において 1/5000 a ワグネルポットを用いて試験を行った。1 cm 目のふるいを通した腐植質火山灰土壌下層土を土壌深度 18 cm となるように各ポットに等量を充填した。2008 年 6 月に同学農場棚沢水田の畦畔より採種し、風乾後 4°C に設定した冷蔵庫に保管した種子を、後述する各播種時期に、土壌表面の中央に 5 粒播種した。本葉 2 葉展開時にポット当たり 1 個体に間引きを行い、同日に、ポット当たり 3.6 g のくみあい複合燐加安（N, P₂O₅, K₂O : 14, 14, 14）を表層施肥した。

越冬個体を養成するため 2008 年 9 月 16 日に播種を行った。また、当年出芽個体を養成するため (1) の全生育地での出芽盛期を指標として 2009 年 4 月 28 日および同 7 月 14 日に播種を行った。それぞれの播種期に対して「刈取区」および「無刈取区」の 2 区を設定した。2008 年 9 月播種では各区 45 個体、2009 年 4 月播種では 40 個体、2009 年 7 月播種では 30 個体を養成した。棚沢畦畔で刈取りが行われた日を目安として、刈取区における刈取りを 2009 年 5 月 14 日、6 月 22 日、7 月 21 日、8 月 5 日および 8 月 21 日に行った。オオバコの葉および花茎を束ね、棚沢畦畔での刈取り高に倣って地際から 1 cm の高さで切断した。

生葉数、未熟花茎数および乾物重を定期的に調査した。1 区当たり 15 個体の生葉と未熟花茎（上記 (1) で示した成熟花茎ではなく、開花中または種子が未成熟で蒴果肥大中の花茎）の数を 2009 年 4 月 7 日までは 1 または 2 か月おきに、それ以降は 14 日おきに測定した。乾物重については、2008 年 9 月播種個体では 2009 年 1 月 20 日と 4 月 10 日から 9 月 1 日までのおよそ 1 か月ごとおよび 11 月 24 日に、2009 年 4 月播種個体では 6 月 27 日から、2009 年 7 月播種個体では 9 月 1 日から 11 月 24 日までそれぞれ 1 か月ごとに測定した。1 区当たり 4 個体を、地上部および茎・根部に分け、80°C で 48 時間乾燥した後、乾物重を計測した。

刈取区の刈取り時に抽出していた未熟花茎を、開花前から開花中の花茎と花期が終了した蒴果肥大中（以下種子登熟中とする）の花茎に分け、それぞれの本数を調査した。6 月 22 日の刈取り時における種子登熟中の花茎から無作為に 5 本を選び、1 花茎当たり 20 粒の種子を供試し、25°C 恒温・明条件 16 時間に設定した人工気象器（LH-200RD 日本医化器械）において発芽試験を行った。明条件の設定には蛍光灯（200 μmol/m²・sec）を用いた。9 cm 径シャーレに 3~5 mm 厚の脱脂綿とその上に 2 枚のろ紙（ADVANTEC 製 No. 2）を敷き、蒸留水 10 ml を含ませ、その上に種子を置床した。幼芽および幼根が種皮から出現した種子を発芽種子と判定し、10 日間調査を行った。全置床粒数に対する発芽種子数の割合を求めた。

生育調査個体において成熟花茎があった場合には、毎月末日に花茎基部下端から切断して個体ごとに採取し、個体当たりの成熟花茎数および全花茎の花穂長を調査した。そのうち、各播種期とも刈取区では7から9本の、無刈取区では8から23本の花茎を無作為に選び、一穂種子数および花穂長を調査し、単位長さ当たりの種子数を算出した。この結果を基に個体当たりの種子数を換算した。

各播種期別に試験区間でt検定を行った。

結 果

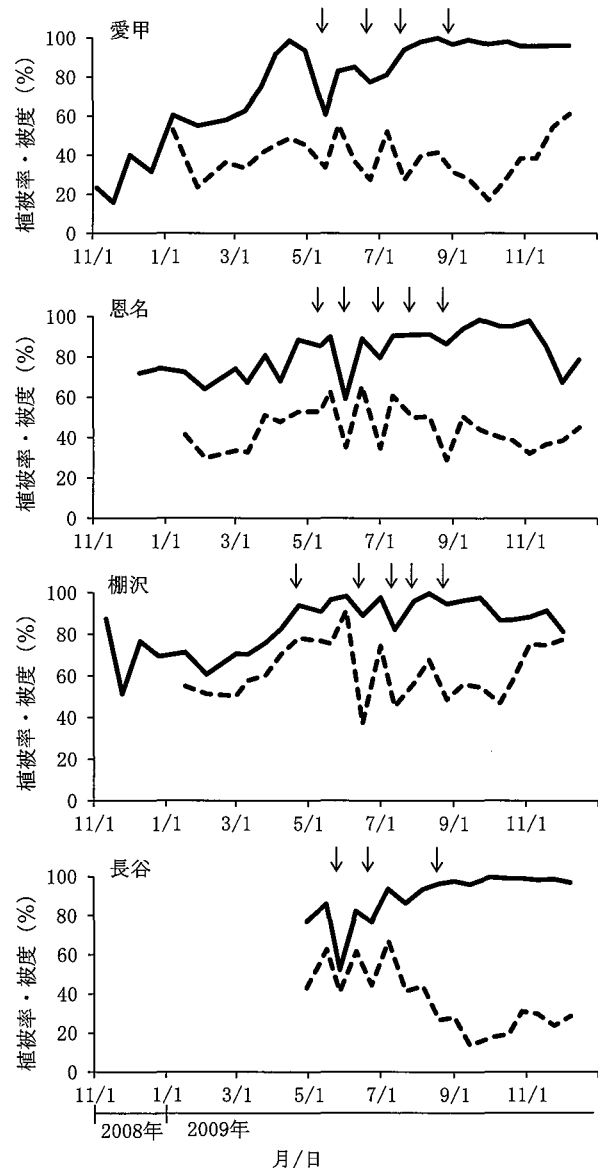
(1) 水田畦畔におけるオオバコの個体数および成熟花茎数の季節的推移

調査期間中の最高群落高は愛甲では35.4 cm (9月)、恩名では37.1 cm (11月)、棚沢では26.1 cm (11月) および長谷では30.8 cm (5月) であった。夏季の出現種としては、愛甲では21草種 (オヘビイチゴ、シロツメクサ、キシウズズメノヒエなど)、恩名では13草種 (シロツメクサ、オヒシバ、チドメグサなど)、棚沢では13草種 (メヒシバ、シロツメクサなど) および長谷では19草種 (オヘビイチゴ、メヒシバ、ツユクサなど) が観察された。

調査期間中の平均植被率は愛甲では77%、恩名では83%、棚沢では85%、および長谷では90%であった (第1図)。また、棚沢を除く3調査地では7~9月には刈取りで一時的に60%まで低下したが、概ね80%以上であった。調査期間中のオオバコの平均被度は愛甲では39%、恩名では45%、棚沢では63%、および長谷では32%であった (第1図)。また、愛甲、恩名および棚沢では1~3月や11月以降といった低温期でも20%以上を維持した。さらに、全調査地とも5~9月には、多くの刈取りの度に低下した (第1図)。

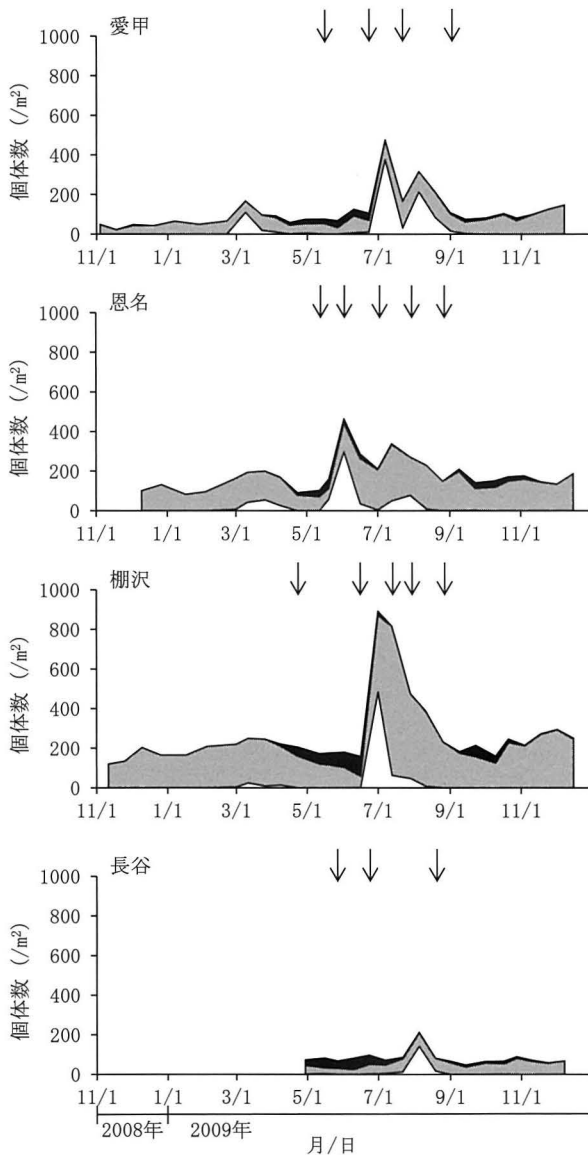
第2図に各調査地における単位面積 (1 m²) 当たりのオオバコの出芽個体数、栄養成長および生殖成長個体数の季節的推移を示した。出芽個体については、長谷を除き、3~4月に9~110個体/m²が観察された。また、全生育地とも2回目の刈取りが行われた直後に200~500個体/m²が観察され、愛甲および恩名ではその後も刈取りの直後に増加する傾向が見られた。しかし、刈取りが終了した9月以降には出芽個体がほとんど観察されなかった。生殖成長中の個体については、長谷を除く3生育地では4月から観察され、全調査地とも4~6月と9~10月に多くなったが、7~8月にはほとんど確認されなかった。また、どの調査地においても5~6月にかけて2回程度の刈取りが行われていたにも関わらず、全個体の2~69%は生殖成長中であった。総個体数は出芽の増減に連動して6~8月にかなり増加したが、それ以外の時期では300個体/m²以下であった。

第3図に成熟花茎数の季節的推移を示した。長谷を除き、調査開始直後の2008年11月~翌1月と2009年11月以降に

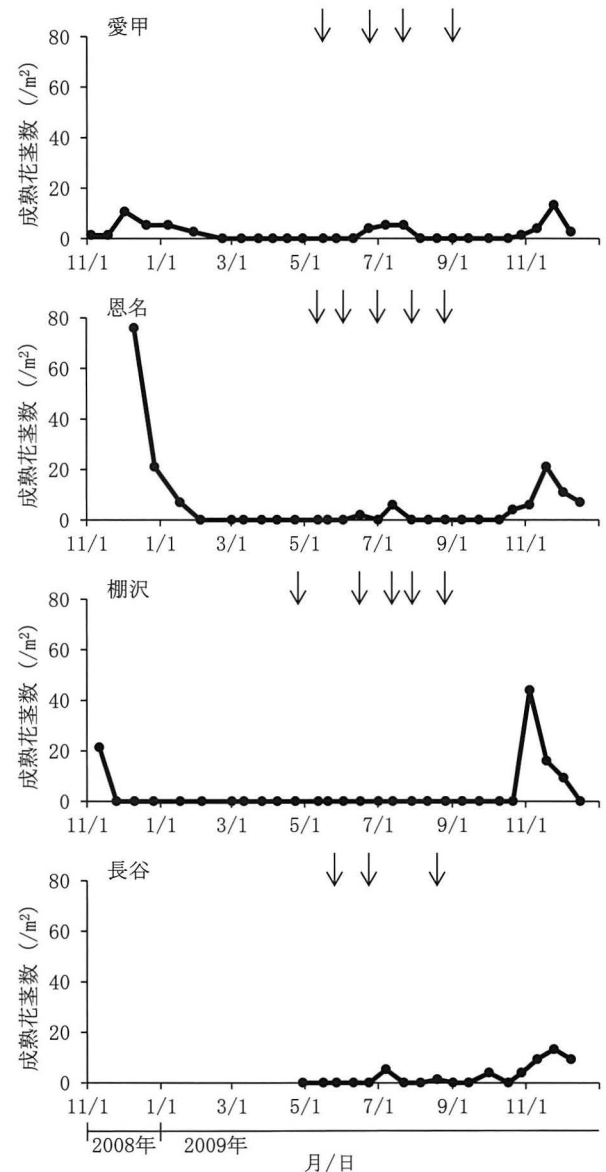


第1図 水田畦畔における植被率およびオオバコの被度の推移
実線：植被率、破線：オオバコの被度。図中の↓は刈取りを示す。
愛甲では5月16日、6月23日、7月22日および9月1日に、恩名では5月12日、6月2日、7月1日、7月29日および8月26日に、棚沢では4月23日、6月16日、7月13日、7月29日および8月26日に、長谷では5月27日、6月23日および8月19日にそれぞれ刈取りを確認した。

成熟花茎は多く観察された。また、恩名では7月13日まで、棚沢では11月4日まで花茎は生産されず、愛甲でも6月下旬から7月にかけて成熟花茎数は2~4本/m²であった。このように、いずれの調査地においても春期の花茎抽出がわずかであったにも関わらず、6~8月に大量の出芽個体が観察された (第1図)。



第2図 水田畦畔におけるオオパコの個体密度の推移
□出芽個体数, ■栄養成長個体数, ■生殖成長個体数。図中の↓は刈取りを示す。具体的な刈取り日は第1図の注釈に記載。



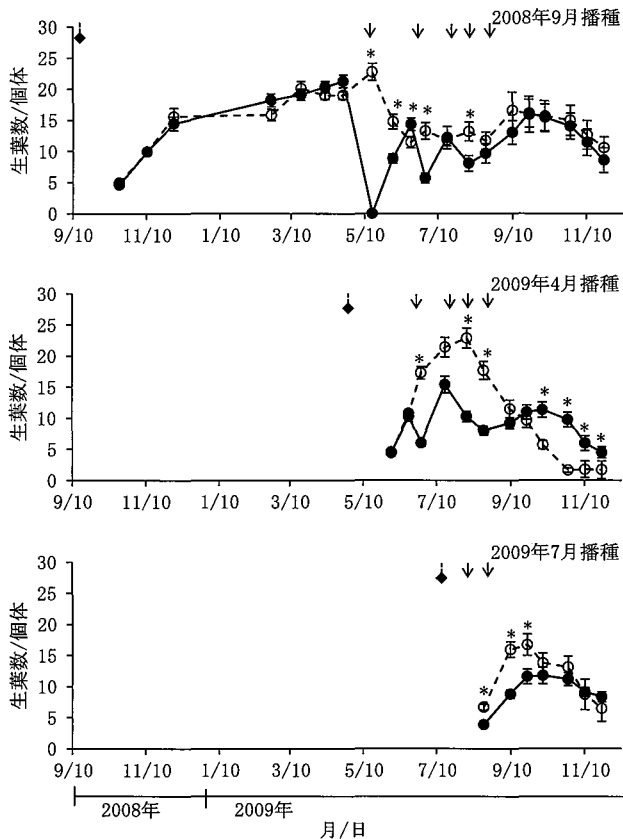
第3図 水田畦畔におけるオオパコの成熟花茎数の推移
図中の↓は刈取りを示す。具体的な刈取り日は第1図の注釈に記載。

(2) 播種時期の異なるオオパコに対する刈取りが地上部の再生および種子生産に及ぼす影響

いずれの播種期においても播種後15日以内にすべてのポットで出芽を確認した。刈取区の個体には、2008年9月播種では5回、2009年4月播種では4回、2009年7月播種では2回の刈取りをそれぞれ行ったが、すべての個体が刈取り後に地上部を回復した。

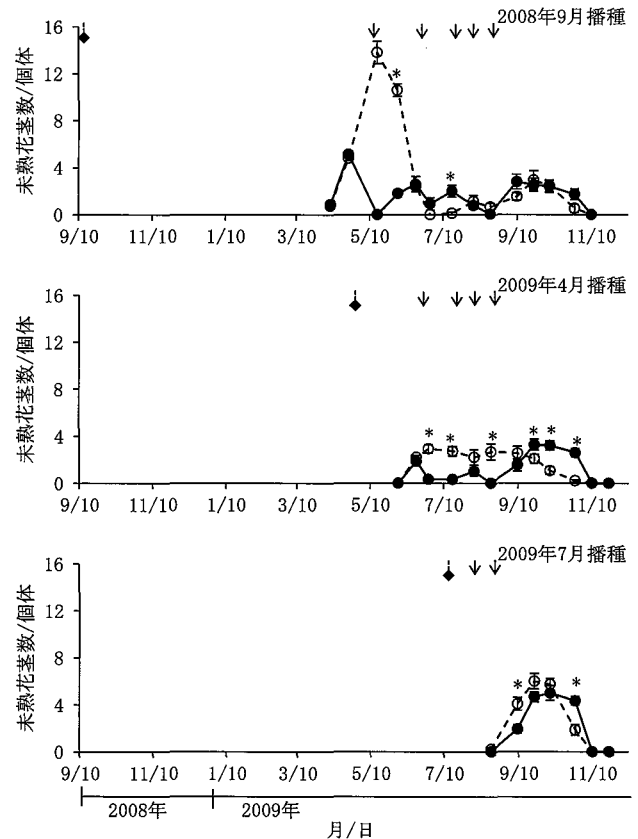
第4図に生葉数の推移を示した。2008年9月播種の刈取区では、2009年5月14日の刈取り後一旦は無刈取区に比べ有意に減少するものの、次回の刈取り直前の6月17日には無刈取区に比べ有意に増加した。また、その後も刈取りの度

に減少するものの、どの刈取り後にも次回の刈取りの前には無刈取区と有意差がないまでに生葉数は回復した。刈取りが終了した8月21日以降には両区間に差が見られなかった。一方、2009年4月および7月播種の刈取区では刈取り後に生葉が展開するものの、最後の刈取り日である2009年8月21日までは無刈取区に比べ一貫して少なかった。また、10月6日以降には、2009年4月播種の無刈取区でシロアヤヒメノメイガの幼虫によると見られる茎部の食害により、主茎からの葉の展開が抑制され、刈取区に比べ無刈取区で少なかった。しかし、2009年7月播種ではその食害は見られず、両区の間で差は見られなかった。



第4図 刈取り下におけるオオバコ生葉数の推移

●:刈取区, ○:無刈取区。図中の縦棒は標準誤差 (n=15)。*は5%水準で有意差があることを示し、無印は有意差のないことを示す (t-検定)。↓は刈取り日, ◆は播種日を示す。刈取り日は5月14日、6月22日、7月21日、8月5日および8月21日である。



第5図 刈取り下におけるオオバコ未熟花茎数の推移

●:刈取区, ○:無刈取区。図中の縦棒は標準誤差 (n=15)。*は5%水準で有意差があることを示し、無印は有意差のないことを示す (t-検定)。↓は刈取り日, ◆は播種日を示す。具体的な刈取り日は第4図の注釈に記載。

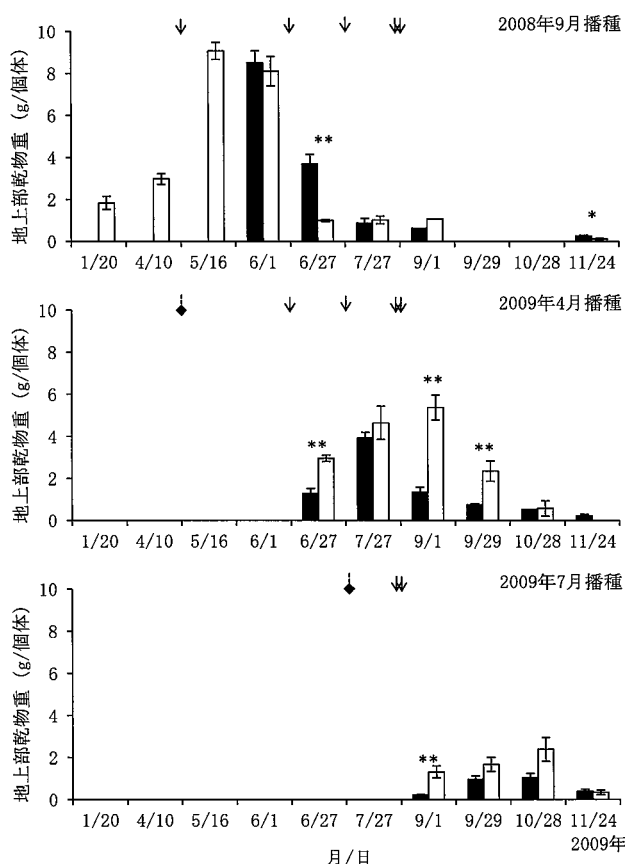
第5図に未熟花茎数の推移を示した。2008年9月および2009年4月播種の個体では、刈取区においては刈取りが行われた度に花茎数は0になった。しかし、刈取り初回の5月14日から最終回の8月21日までに、2008年9月播種の刈取区では5回、または2009年4月播種の刈取区では4回の刈取りを施したにも関わらず、0.1~3本/個体または0.3~1本/個体の未熟花茎が観察された。一方、2009年7月播種の刈取区では刈取り期間中には花茎の抽出が見られず、9月以降に花茎の抽出が見られた。

第6図に地上部乾物重の推移を示した。2008年9月播種では6月1日における地上部乾物重は無刈取区で 8.1 ± 0.7 g, 刈取区で 8.5 ± 0.6 gであり、両区間に有意差は見られなかった。一方、2009年4月および7月播種では10月28日までの地上部乾物重は無刈取区に比べ刈取区で小さい傾向にあった。第7図に茎・根部乾物重の推移を示した。2008年9月播種では2回目の刈取り直後である6月27日における根・茎乾物重は無刈取区で 5.2 ± 1.0 g, 刈取区で 6.4 ± 0.8 gで

両者間に有意な差は見られなかった。その後は刈取区で小さい傾向を示した。一方、2009年4月および7月播種では一貫して無刈取区に比べ刈取区で小さい傾向を示した。

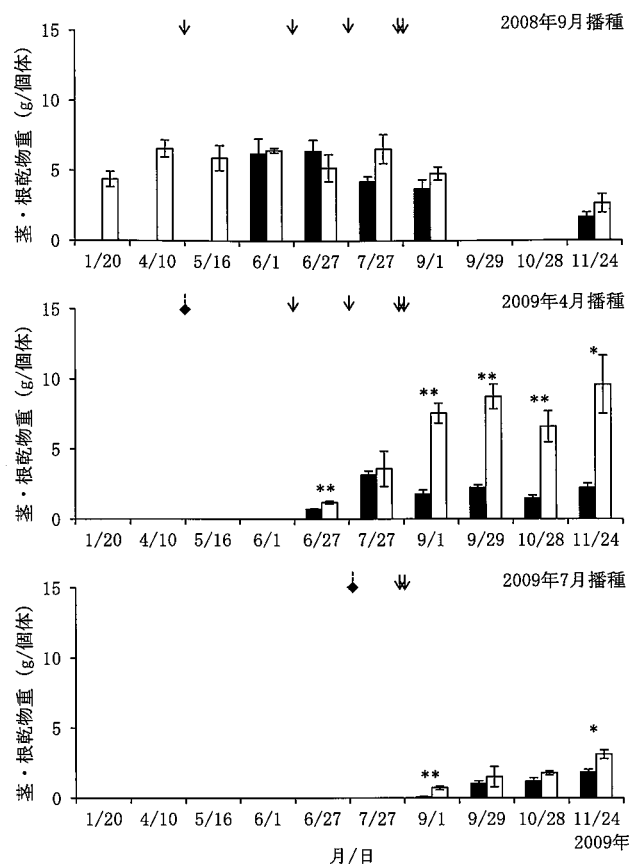
第1表に自然散布可能な種子の総生産量とその関連形質の調査結果を示した。刈取区の成熟花茎数および花穂長は無刈取区の21~68%および30~65%で、結果として花茎当たり種子数および一株種子数も無刈取区の30~64%および6~43%であったものの、播種期に関わらず自然散布可能な種子を生産した。第2表に成熟花茎数の月別推移を示した。無刈取区の個体については、2008年9月播種では5月から、2009年4月播種では7月から自然散布可能な種子を生産し、いずれも刈取り期間中であった。一方、2009年7月播種では刈取りが終了した2009年10月以降に自然散布可能な種子を生産した。刈取区の個体は播種時期に関わらず、刈取りが終了した2009年10月以降にのみ、自然散布可能な種子を生産した。

第3表には、刈取区の刈取り時に伸長していた個体ごとの花茎数を、花茎に着く蒴果の肥大程度に基づき「開花前~開



第6図 刈取り下におけるオオバコ地上部乾物重の推移

■：刈取区，□：無刈取区。図中の縦棒は標準誤差（ $n=4$ ）。**，*は1%，5%水準で有意差があることを示し，無印は有意差のないことを示す（ t -検定）。↓は刈取り日，◆は播種日を示す。具体的な刈取り日は第4図の注釈に記載。2008年9月播種において5月14日までは刈取りが行われていない。5月16日は刈取り2日後であったため刈取区の個体乾物重の調査を行わなかった。また，9月29日および10月28日には調査しなかった。2009年7月播種個体は7月27日に刈取り高1 cm未満であったので，調査を行わなかった。



第7図 刈取り下におけるオオバコ茎・根乾物重の推移

■：刈取区，□：無刈取区。図中の縦棒は標準誤差（ $n=4$ ）。**，*は1%，5%水準で有意差があることを示し，無印は有意差のないことを示す（ t -検定）。↓は刈取り日，◆は播種日を示す。具体的な刈取り日は第4図の注釈に記載。2008年9月播種において5月14日までは刈取りが行われていない。5月16日は刈取り2日後であったため刈取区の個体乾物重の調査を行わなかった。また，9月29日および10月28日には調査しなかった。

第1表 オオバコに対する刈取りが自然散布可能な種子の生産に及ぼす影響

播種	試験区	成熟花茎数 本/株	花穂長 cm	花茎あたり種子数 粒/花茎	個体当たり種子数 粒/個体
2008年9月播種	刈取	3.1 ***	3.2 ***	101 ***	310 ***
	無刈取	14.9	10.5	338	4973
2009年4月播種	刈取	3.0 ***	3.7 ***	117 ***	318 ***
	無刈取	6.8	10.0	325	2226
2009年7月播種	刈取	4.3 *	5.8 ***	184 ***	770 ***
	無刈取	6.3	8.9	287	1776

***，*はそれぞれ0.1%，5%水準で有意差あり（ t -検定）。

第2表 自然散布可能な種子をつける花茎数（本/個体）の月別推移

播種	試験区	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2008年9月播種	刈取	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.2	0.0
	無刈取	3.4	8.8	0.0	0.8	0.3	1.6	0.1	0.0
2009年4月播種	刈取	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.2	0.0
	無刈取	0.0	0.0	2.6	1.8	2.0	0.3	0.1	0.0
2009年7月播種	刈取			0.0	0.0	0.0	3.8	0.4	0.0
	無刈取			0.0	0.0	0.0	4.6	1.7	0.0

第3表 刈取り処理時に抽出していた未熟花茎数と種子登熟中の花茎の種子の発芽率

	刈取り日				
	5月14日	6月22日	7月21日	8月5日	8月21日
2008年9月播種					
総数（本/個体）	12.5 ± 0.6	2.2 ± 0.3	1.5 ± 0.3	0.7 ± 0.2	0.3 ± 0.1
開花前～開花中（本/個体）	4.2 ± 0.3	0.3 ± 0.2	1.5	0.7	0.3
種子登熟中（本/個体）	8.3 ± 0.5	2.0 ± 0.2	0.0	0.0	0.0
発芽率（%）	—	88.0	—	—	—
2009年4月播種					
総数（本/個体）	—	2.0 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.7 ± 0.3	0.1 ± 0.1
開花前～開花中（本/個体）	—	2.0	0.4	0.7	0.1
種子登熟中（本/個体）	—	0.0	0.0	0.0	0.0
発芽率（%）	—	—	—	—	—

平均値 ± 標準誤差。

表中の—は未調査または刈取り時になかったことを示す。

花中」と「種子登熟中」に類別し、それぞれについて示した。2008年9月播種の個体は、2009年5月14日および6月22日の刈取り時に種子登熟中の花茎があり、その数は両日とも開花中の花茎数に比べ多かった。6月22日刈取り時に種子登熟中の花茎の種子発芽率は88%を示した。一方、2009年4月播種個体では、刈取り時にわずかに花茎を抽出していたものの、種子登熟中の花茎は見られなかった。

考 察

(1) 水田畦畔におけるオオバコの個体数および種子生産量の季節的推移

調査地域の水田においては、5月中旬から水稻移植が始まり、10月中旬に収穫が終了する。また、畦畔の植生管理は主に刈取りで、本調査地においても3～6回程度の刈取りが行われていた。刈取りの直後の調査で単位面積当たりのオオバコ出芽個体数が増大している（第2図）という点では、中山ら（1997）が報告した水田畦畔に生育するオオバコ普通型の発生の傾向と類似している。しかし、さらに6～7月に大量の出芽個体が観察されている（第2図）という点ではその報告と傾向が異なる。水田畦畔に生育するオオバコでは休眠種子の割合が小さい（松嶋ら 2009a）。また、耕うんなどの

土壌攪乱がなく、畦畔土壌の湿潤状態は5月中旬から継続している。したがって、大量の出芽個体の由来が埋土（地表）種子とは考えにくい。

この出芽個体観察以前の成熟花茎（自然散布する種子を付する花茎）数は、恩名、棚沢および長谷では皆無、愛甲では2～4本/m²とわずかで（第3図）、種子が未熟な状態で刈取りによって花茎がすべて切断されている。しかし、5～6月に複数回の刈取りが行われても生殖成長中の個体は最大で全個体数の69%であった（第2図）。また、播種時期別の刈取り試験で、2008年9月播種の刈取区において、5月14日の刈取りから次の刈取り（6月22日）の間に伸長した花茎のうち、種子登熟中の花茎の種子の発芽率は88%であった（第3表）。イネ、タマネギおよびナスといった栽培植物の種子は完熟前に高い発芽能力をすでに保有している（鈴木 2003）。オオバコ種子の開花後の成熟程度や切断後の追熟と発芽能力との関連については別途詳細に検討する必要がある。しかし、本試験の結果はオオバコ種子も高い発芽能力を有する種子を自然散布前にかかなり多く生産することを示している。したがって、水田畦畔において刈取りが施される時期における大量の出芽個体の集団は、埋土（地表）種子の発芽とともに、自然散布前であってもオオバコ花茎の朔果内にある高い発芽能力を有

する種子が、刈取りによって地表面に散布された後、発芽したと考えられる。

一方、刈取りが終了した2009年9月以降には出芽個体がほとんど観察されていない(第2図)。その理由として9月の植被率はどの生育地も80%以上であったことが挙げられる(第1図)。中山ら(1997)は、刈取りの度にオオバコの出芽が観察される要因を刈取りにより光が地表面に到達しやすくなることと関連づけており、これはオオバコが極めて強い光発芽性を持つ(Yamamoto 1977)ことによると考えられる。したがって、本研究で示されたように刈取りの終了に伴う地上植生の回復はオオバコの実生の出現を抑制していると考えられる。

また、11月以降には全調査地で自然散布可能な種子を生産している(第3図)。しかし、オオバコは15°C以下の温度では発芽率が急激に低下すること(Sawada *et al.* 1994)から、冬期には低温のため出芽種子は限定されると考えられる。本報でも中山ら(1997)の報告でも示されている春期の実生の多くは、この時期に生産された種子に由来すると判断される。

このように、発芽可能な種子の生産と出芽個体の出現については刈取りに依存しているところが大きいと判断された。しかし、秋季に生存していた個体のほとんどは2年以上生育した多年生個体あるいはその分枝と推察される個体であり、出芽個体の定着はわずかであった。

(2) 出芽時期の異なるオオバコに対する刈取りが再生および種子生産に及ぼす影響

刈取り遭遇時の齢により、刈取りに対する反応は異なった。すなわち、越冬個体である2008年9月播種の刈取区では、刈取り期間中の刈取り後には生葉数および地上部乾物重は無刈取区と同程度もしくはそれ以上にまで回復した(第4, 6図)。また、茎・根部乾物重は2回目の刈取りが行われた6月27日においても刈取り前と同程度を維持し、その後は減少傾向を示すものの無刈取区と明瞭な差が見られなかった(第7図)。一方、2009年4月および7月に播種した当年出芽個体については、刈取り後に生葉数は速やかに回復する(第4, 6図)ものの、地上部・地下部乾物重は無刈取区に比べ小さく(第6, 7図)、刈取りによって個体が減衰した。このように、複数回の刈取り下において、越冬個体では十分な生葉の回復が見込まれるが、当年出芽個体では生葉の回復や地上部の充実は越冬個体に比べ劣ると判断される。これらのことは、越冬個体と当年出芽個体とは、刈取り後の地上部回復と貯蔵器官の維持に差異があることを示している。これには、刈取りに遭遇するまでの期間の長短に加え、越冬前の貯蔵器官への養分蓄積が関与すると推察される。

若齢時に刈取りの度に地上部が切除されると、出芽から刈取りまでの貯蔵栄養の多くは同化器官である葉の回復に消費されると考えられる。2009年7月播種個体は出芽後22日で

地上部を除去されても個体が枯死しないものの、本試験においても初回の刈取り後の茎・根部乾物重は2009年4月および7月播種個体とも無刈取りに比べ明らかに小さかった(第7図)。また、高頻度の刈取りは生葉の十分な発達を阻害する。したがって、十分な同化産物の生産を行えずに、茎・根からなる地下器官のサイズが減少し、それに伴って個体の生存力は低下すると考えられる。

一方、オオバコ個体は越冬時に貯蔵器官を維持するために同化器官を最小限(一部には皆無)に留め(山西・福永1983; Sawada *et al.* 1994)、秋季には生殖器官と同程度の乾物分配率を示す(Kawano and Matsuo 1982)。2008年9月播種個体は、Yoshie(2007)が明らかにしているのと同じく、当年内は生殖成長に移行せず、翌年4月下旬から花茎の抽出が見られる(第2表, 第5図)。したがって、本試験における越冬個体は越冬前に多くの同化産物を地下器官に貯蔵するといった越冬個体の特徴を示しているとともに、翌春に生殖器官を速やかに伸長させるだけの栄養も保持していると考えられる。また、2008年9月播種個体に対する初回の刈取り直後の茎・根部乾物重は刈取区および無刈取区の間で有意差は認められなかった(第7図)。したがって、越冬した個体には、刈取りで地上部が複数回除去されても同化器官の回復に十分な養分がすでに貯蔵器官に蓄積しており、このことが、速やかな葉の展開をもたらしたと考えられる。このような特性は、刈取りで群落植被率が一時的に低くなった場合に、オオバコ個体がいち早く地表面を占有するのに有利であろう。

種子生産を見ると、刈取区の成熟種子の主要な生産時期は9月以降で、刈取りによって種子生産の時期が狭まった(第5図)。また、刈取りが終了後から花茎を生産した2009年7月播種の刈取区では花茎数が無刈取区に比べ減少した。さらに、播種時期に関わらず花穂長が刈取区で無刈取区に比べ短縮しており、これらが要因となって刈取区では成熟種子数が減少している(第1表)。しかし、5回刈取りを受けた2008年9月播種の刈取区の個体でも年間に無刈取区個体の約6%の成熟種子を生産している。したがって、いずれの時期に出芽した個体でも、刈取り後に生存した個体は刈取り終了後の秋季には種子生産が可能である。

梅本・山口(1997)は畦畔植生の個体乾物重を経時的に調査し、水稻生育期間中に双子葉植物の乾物重の割合が低下し単子葉(主にイネ科)植物の割合が増加することを示している。本調査地でも水稻生育期間中の畦畔の構成植物種にはイネ科植物が含まれ、オオバコの出芽盛期の植被率は刈取りの度に低下するものの、80%以上であった(第1図)。したがって、オオバコは刈取りが行われても強い競合下にあったものと推察される。また、水田畦畔には刈取りの他にも頻繁に人間や機械の侵入があり、5~10月の農繁期にはオオバコ個体群は頻繁な刈取りと本田や畦畔管理に伴う人為的攪乱を受け

る。この条件では子葉段階の個体が地上部を失うと同化器官の回復が不可能であると推察される。オオバコは刈取りで茎頂が除去されるわけではなく（柳原 1990）、刈取り高によらず地上部回復が可能である（松嶋ら 2009b）。しかし、複数回の刈取り下において、越冬個体では十分な生葉の回復が見込まれるが、当年出芽個体では生葉の回復や地上部の充実は越冬個体に比べ劣るという本研究の結果から、水稻生育期間中には若齢個体の生存は難しいと判断される。一方で、前述のように未熟花茎に由来する種子からも頻繁に実生が生じると考えられる。したがって、当年に出現した個体で刈取り後にも生残した個体は越冬前に同化産物を地下器官に貯蔵することで前年から生残している集団に加わると考えられる。さらに、翌年にはこれらの個体が、刈取りを受けた後にも地上部を回復しそれに続いて発芽可能な種子を生産することによって、水田畦畔においてオオバコ個体群を維持していると考えられる。

本研究では刈取り下における種子供給の実態や個体の齢と刈取り後の回復能力に関しては示すことができた。しかし、越冬個体の死滅要因や当年出芽個体の生残要因などが明らかになっていない。水田畦畔におけるオオバコ個体群の維持要因を詳細に示すには越冬個体の死滅要因や種子による世代更新の頻度や割合とともに、その生残条件について、検討する必要がある。また、群落内での実際の競合や刈取り高については本研究では明らかでないので検討する必要がある。

謝 辞

本研究遂行に当たり、東京農業大学農学部卒業生の大貫祥平氏、金井大祐氏ならびに斉藤貴弘氏に多くのご協力をいただきました。また、取りまとめに際し、独）農研機構 浅井元朗博士に多くの貴重なご助言をいただきました。記して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Abu-Dieyen, M. H. and A. K. Watson 2005. Impact of mowing and weed control on broadleaf weed population dynamics in turf. *Journal of Plant Interactions* 1, 239–252.
- Ikeda, H. and K. Okutomi 1992. Effects of species interactions on community organization along a trampling gradient. *Journal of Vegetation Science* 3, 217–222.
- Kawano, S. and K. Matsuo 1982. Studies on the life history of the genus *Plantago*. *Journal of the College of Liberal Arts, Toyama University (Natural Science)* 16, 85–112.
- Kobayashi, T., K. Okamoto and Y. Hori 2001. Variations in size structure, growth and reproduction in Japanese plantain (*Plantago asiatica* L.) between exposed and shaded populations. *Plant Species Biology* 14, 13–28.
- Kobayashi, T., K. Okamoto, Y. Kanazawa and Y. Hori 2005. Differences in plants-size structure and biomass allocation in plants between exposed and shaded *Plantago asiatica* populations at a mid-elevated habitat in the cool-temperate region of Japan. *Plant Species Biology* 20, 47–56.
- 松嶋賢一・玉井富士雄・福山正隆 2009a. 水田畦畔と踏跡広場に生育するオオバコの種子発芽および休眠性の差異. *雑草研究* 54, 17–20.
- 松嶋賢一・玉井富士雄・野口勝可・廣瀬友二・福山正隆 2009b. オオバコの刈取りに対する再生力. *雑草研究* 54, 55–62.
- 中山祐一郎・梅本信也・草薙得一 1996. オオバコの種生態学的研究 4. 種内 2 型のすみわけに関係する環境要因の探索. *雑草研究* 40 (別), 220–221.
- 中山祐一郎・梅本信也・草薙得一 1997. オオバコ種内 2 型（普通型と minima 型）の生活史特性. *雑草研究* 42, 97–106.
- Parr, T. W. and J. M. Way 1988. Management of roadside vegetation: The long-term effects of cutting. *Journal of Applied Ecology* 25, 1073–1087.
- Rebele, F. and C. Lehmann 2002. Restoration of a landfill site in Berlin, Germany by spontaneous and directed succession. *Restoration Ecology* 10, 340–347.
- Reekie, E. G. 1998a. An experimental field study of the cost of reproduction in *Plantago major* L. *Ecoscience* 5, 200–206.
- Reekie, E. G. 1998b. An explanation for size-dependent reproductive allocation in *Plantago major*. *Canadian Journal of Botany* 76, 43–50.
- Sawada, S., Y. Nakajima, M. Tsukuda, K. Sasaki, Y. Hazama, M. Futatsuya and A. Watanabe 1994. Ecotypic differentiation of dry matter production processes in relation to survivorship and reproductive potential in *Plantago asiatica* population along climatic gradients. *Functional Ecology* 8, 400–409.
- 鈴木善弘 2003. 種子の発育と発芽力生成. 鈴木善弘著「種子生物学」, 東北大学出版会, 仙台, pp. 82–101.
- 玉井富士雄・松嶋賢一・名越時秀・平野繁・福山正隆 2010. 水田畦畔に生育するオオバコ (*Plantago asiatica* L.) は特徴的な種子発芽特性を有する. *東京農業大学農学集報* 54, 277–282.
- 梅本信也・山口裕文 1997. 伝統的水田における畦畔植物の乾物生産. *雑草研究* 42, 73–80.
- Warwick, S. I. and D. Briggs 1980. The genecology of lawn weeds. V. The adaptive significance of different growth habit in lawn and roadside populations of *Plantago major* L. *New Phytologist* 85, 289–300.
- Yamamoto, M. 1977. Effects of light on seed germination in *Plantago asiatica* L. *Bull. of Yamagata Univ., Nat. Sci.* 9, 311–322.
- 山西弘恭・福永典之 1983. 日本列島におけるオオバコ *Plantago asiatica* L. の生態型分化. *日本生態学会誌* 33, 473–480.
- 柳原欣彌 1990. オオバコを用いた実験・観察 (2) —教材化を目指して—. *遺伝* 44 (11), 60–65.
- Yoshie, F. 2007. Length of the pre-reproductive period of *Plantago asiatica* L. from different latitudes. *Plant Species Biology* 22, 135–139.

The survival and recovery ability of *Plantago asiatica* L. after mowing at the paddy rice field levee

Ken-ichi Matsushima***, Shigeru Hirano*,
Tokihide Nagoshi*, Jun-Ichi Sakagami***
and Fujio Tamai*

Summary

Vegetation survey and cultivation experiments were conducted to investigate recovery and survival ability of *Plantago asiatica* for shoot removal by mowing at the paddy rice field levees. At four paddy rice field levees in Atsugi, Kanagawa Pref., populations of *P. asiatica* were mainly comprised of overwintering plants. Plant

density of *P. asiatica* was maintained almost less than 300/m² throughout year, however, temporally increased with seedling emergence from June to August. Prematured inflorescences were totally removed by each mowing during summer and seed shattering occurred after final mowing in November. Performance of un-cut plants which sowed in the previous September, following April and June were compared to the cut plants with cut in frequency of the paddy rice field levee. As results, overwintering plants sowed in the previous September developed a similar number of leaves to the un-cut plants. However, they slightly reduced their shoot and root dry matter weight compared to the un-cut plants. On the other hand, plants sowed in April and July markedly decreased their leaf number as well as dry weight of shoot and root in comparison with un-cut plants. In addition, though the plants sowed in the previous September were removed in next June, seeds in premature capsules of those plants exhibited high germination percentage (88%). It became clear that seed of *P. asiatica* could germinate before shattering and regrowth ability after shoot removal of overwintered plants were high. These factors are considered to confer on *P. asiatica* to persist in paddy field levees.

Keywords: cutting, paddy rice field levee, *Plantago asiatica*, regrowth, seed germination

*Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, 1737, Funako, Atsugi, Kanagawa 243-0034, Japan

**Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1, Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8686, Japan
kmatsush@affrc.go.jp

***Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima, Kagoshima 890-0065, Japan