

外来種オランダミミナグサ (*Cerastium glomeratum*) と
在来種ミミナグサ (*C. holosteoides* var. *hallaisanense*) の比較生態
(2) 種子生態と発芽特性

Comparative ecology of the alien species, *Cerastium glomeratum*
and native species, *C. holosteoides* var. *hallaisanense*
(2) Seed ecology and germination

福原 晴夫・安田 香*・村田 隆子*・野田 晴美*・五十嵐 晴美*
(新潟大学教育人間科学部生物学教室)

Haruo FUKUHARA, Kaori YASUDA, Takako MURATA,
Harumi NODA and Harumi IGARASHI
(Laboratory of Biology, Faculty of Education and Human Sciences, Niigata University)

摘 要

外来種オランダミミナグサは在来種ミミナグサに比べて小型の種子を多くつけ、より雑草的な性質を有する。また、繁殖にいたる成長に可塑性があり、極めて小型の個体でも繁殖が可能であった。発芽実験の結果から、オランダミミナグサの休眠期間は約4ヶ月、ミミナグサの休眠期間は約2ヶ月であり、両種とも二次休眠を有しない明発芽種子であった。両種の発芽最適温度は15℃であったが、オランダミミナグサはより広い温度域で発芽し、ミミナグサには顕著なオランダミミナグサより低い高温による発芽抑制がみられた。裸地に播種した種子からの出芽及び野外における実生の二季の出現は、室内における発芽実験結果から説明可能であった。在来種ミミナグサと比較して外来種オランダミミナグサは、(1)より小型の種子を多くつけ、立地到達力が大きい、(2)繁殖個体の成長に大きな可塑性を有する、(3)発芽可能温度がより広い、(4)より長い休眠期間により、夏の間を種子で過ごし、秋に一斉発芽するなどの生物学的特性を有する。都市化等による土壌攪乱の進んだ土地へのオランダミミナグサの進出を空きニッチにより論じた。

Key words : オランダミミナグサ, ミミナグサ, 外来種, 在来種, 帰化植物, 種子生態, 発芽特性, 攪乱シグナル

1. はじめに

前報(福原, 2007)では外来種オランダミミナグサ (*Cerastium glomeratum*) と在来種ミミナグサ (*C. holosteoides* Fries var. *hallaisanense* (Nakai) Mizushima) の分布と生活史について述べた。オラ

ンダミミナグサは、明治の初期に帰化したと言われ、すでに全国で成員帰化(沼田, 1975)している。ミミナグサは、有史前または有史の初期に農耕文化と共に渡来した種として扱われており(前川, 1943, 1978), 厳密な意味では在来種とは言えないが、本邦の自然に少なくとも2000年にわたり生育して適応し、生態的な地位を確立していることから、一般に

2007. 7. 2 受理

*: 本研究は、教育人間科学部の前身である新潟大学教育学部において多くが行われた。

在来種とされ(清水, 2003), 本論でも在来種として扱う。もとより, 「史前帰化植物」と「在来種」の区別は記録がなく一般的には困難な面を持つ(清水・近田, 2003)。

分布については, 長岡市および新潟市西部周辺における調査で, オランダミミナグサは市街地や住居地域, 最近攪乱された土地に分布し, ミミナグサは畑の周辺, 山地の道端等に分布することを明らかにした(福原ら, 2007)。この分布様式はセイヨウタンポポと在来タンポポの分布(Ogawa and Mototani, 1985; 森田ら, 1985; 小川, 2001)と極めて似た傾向を示す。生育地の土壌条件ではミミナグサはオランダミミナグサより最大容水量の大きい, 有機物に富んだ土壌に生育していた。生活史については, オランダミミナグサは秋に発芽し, 小型で越冬し, 消雪直後から成長して5月に開花・結実し6月に枯死する冬型一年草(越年草)である。ミミナグサは夏の栄養繁殖個体と秋に発芽した個体がオランダミミナグサよりも大型に成長して越冬し, 4月-5月に開花・結実, 6月に地上部が枯死して一部栄養繁殖に入る個体もある基本的には多年生の, それも短命な多年草であった。しかし, 殆どの個体は6月に枯死するためオランダミミナグサと同様に大部分の個体は冬型一年草(越年草)である。

本論においては, 外来種オランダミミナグサと在来種ミミナグサの種子生態と発芽特性について述べ, 前報(1)で述べた分布と生活史の結果と合わせて比較生態学的な観点から在来種ミミナグサが外来種オランダミミナグサに交代(小川(2001)の意味において)している理由と新たな都市化の環境指標種としての可能性について考察する。

2. 調査方法

1) 種子生産と種子の形態

長岡調査区(福原ら(2007)の図1)のコドラート周辺で1980年6月上旬に両種をそれぞれ50個体採集し, 乾重量, 花数(蒴果数), 蒴果あたりの種子数を測定した。2006年5月27日に, 新潟市新潟大学五十嵐構内においてオランダミミナグサを, 2006年5月30日に新発田市大峰山山麓においてミミナグサを採集し, 室内開放貯蔵した両種の種子(種子I)について形態(長径および短径), 重量(1個単位)(Saltorius MC5)を測定した。

2) 発芽特性の調査

(1) 室内における発芽実験

基本操作: シャーレ(9 cm)に濾紙(東洋No. 2)を敷き, 150℃, 2時間滅菌したものに100粒の種子を撒き, 滅菌した蒸留水を加えた。発芽実験は特記のない場合は5連で行った。ミミナグサの種子は播種後, カビの発生が著しいため特記のない場合は予備実験により, 発芽への影響のほとんど認められなかったトップジン1000倍溶液により消毒して用いた。発芽実験には1980年5月16日に長岡調査区で採取し室温開放貯蔵した種子(種子II), 1981年5月23日に新潟調査区I・II(福原ら(2007)の図2)で採取し室温開放貯蔵した種子(種子III)と1ヶ月間室温開放貯蔵し, その後5℃で保存した種子(種子IV), 1980年6月に長岡調査区で採取し, 室温開放貯蔵した種子(種子V)を供した。発芽曲線の発芽率は累積発芽率で示した。

休眠期間: 採取年の5月から12月まで毎月中旬に100粒の種子IIをシャーレに播種し, 室温, 15℃・8000 Lux(12L-12D)の2条件で1週間ごとの発芽数を調べた。この実験ではミミナグサの種子の消毒を行わなかった。

二次休眠の有無と解除における要因を調査するため, 採取後320日間室温保存した種子Iを100粒シャーレに播種し, 以下の条件下で18日間インキュベート後, 15℃・8000 Lux(12L-12D)で発芽率を求めた。この実験ではミミナグサの種子の消毒は行わなかった。条件は5℃・乾(LD: 3連), 5℃・湿(LW: 3連), 30℃・乾(HD: 2連), 30℃・湿(HW: 2連), 室温・乾(RD: 2連)とした。15℃・8000 Lux(12L-12D)に移す前はいずれも暗条件でインキュベートし, 湿条件は濾紙上で滅菌水を吸水させた。**光条件:** 明条件(8000 Lux, 12L-12D)と暗条件(24D)において, 15℃で3週間後の発芽率を調べた。採取後163日(実験1), 184日(実験2)の種子IIを用いた。

温度条件: ミミナグサについては種子IVを用い, オランダミミナグサについては種子IIIを用いて5℃, 10℃, 15℃, 20℃(それぞれ8000 Lux・12L-12D)の条件で発芽率を調べた。用いた種子の条件が異なるのは, 結果で述べるようにいずれも休眠が解除され, 十分生存していると考えられる種子を用いたためである。種子IIIについては採取後183日, 種子IVについては採取後163日(5℃, 10℃, 20℃)と183日(15℃)の種子を用いた。播種後, 3週間毎日発芽を観察した。発芽率として3週間後の値をもちいた。**種子の保存と寿命:** 種子III及び種子IVを163日後に播種し, 15℃・8000 Lux(12L-12D)の条件下で室

温保存と5℃の保存条件による違いを調べた。

室温開放貯蔵で1年を経過した種子IIを1981年5月から10月まで毎月中旬に播種し、15℃・8000 Lux (12L-12D) の条件下で5日ごとに発芽数を調べた。この実験ではミミナグサの種子の消毒を行わなかった。

1980年6月に長岡調査区で採取し、室温開放貯蔵した両種の種子(種子V)を用いて2007年2月に5℃・乾・暗の低温処理を40日間行い、15℃・8000 Lux (12L-12D) 条件下で26年10ヵ月後の発芽率を調べた。播種後18日間で発芽が認められなかったため、A処理(1シャーレ)はインキュベーションを継続し、B処理(2シャーレ)は5℃・暗条件下で、C処理(3シャーレ)は30℃・暗条件下で12日間インキュベートし、再び15℃・8000 Lux (12L-12D) でインキュベーションを継続した。A処理については96日後の、B処理については76日後の、C処理については9日後の発芽率を調べた。B処理種子のそれぞれ1シャーレについて、43日後に発芽率測定後種子の解剖を行い、内容物が無いもの、胚及び胚乳が明瞭な形で残っているもの、胚の形はあるが明瞭でなく胚乳がないか白濁しているものにわけて計数した。また30℃・乾・暗の高温処理を18日間行い、15℃・8000 Lux (12L-12D) で7週間後の発芽率を求めた。これらの実験ではミミナグサの種子の消毒を行わなかった。

(2) 野外播種による出芽実験

福原ら(2007)の生活史の調査を行った新潟調査区I・IIのコドラート付近に裸地区(50×50 cm)を設け、それぞれにミミナグサ、オランダミミナグサの種子IIを2000粒、採取年の5月24、25日に播種した。12月まで定期的に期間内に出芽した実生数を数えた、正確に計数するため実生は順次抜き取った。

(3) 野外における実生の出現

ミミナグサのみの生育する新潟調査区I(福原ら(2007)の図2、角田山五箇峠)とオランダミミナグサのみの生育する新潟調査区II(福原ら(2007)の図2、新潟大学構内)にそれぞれコドラート(1×1 m)、を設置し、親個体の枯死後の実生数を定期的に測定した(計数を確実にを行うため個体にマーキングした)。

3. 結 果

1) 種子生産

同化器官の割合は、間接的に再生産に係する要

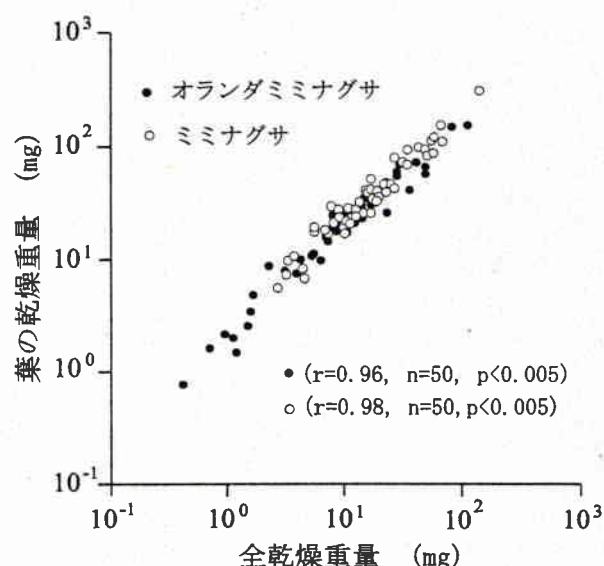


図1. オランダミミナグサとミミナグサの全乾燥重量と同化器官重の関係。

因であることから、全乾燥重量と同化器官(葉)重量の関係を求めた(図1)。全乾燥重量と同化器官重の間には両種とも強い相関が認められた($p<0.005$)。図より両種の葉への投資量にはほとんど差がないことがわかる。

蒴果あたりの種子数はミミナグサ(32.4 ± 10.1)が有意に多かった(表1, $p<0.001$, t -検定)。この個体群における平均花数(蒴果数)はオランダミミナグサのほうが多いが(44.4 ± 64.8)、有意な差はなかった($p>0.05$)。個体あたりの種子数は調査サンプルの平均の個体ではミミナグサが1092個、オランダミミナグサが1114個ではほとんど同じであった。

個体の全乾燥重量と種子数には図2に示すように両種とも有意な相関関係にあり($p<0.005$)、重量当たりではオランダミミナグサの方が種子生産性は

表1. オランダミミナグサ及びミミナグサの蒴果あたりの種子数、個体当たりの花数(蒴果数)、個体当たりの種子数。

	オランダミミナグサ (n=100)	ミミナグサ (n=100)
種子数/蒴果	25.1±9.1	32.4±10.1
花/個体	44.4±64.8	33.3±37.4
種子/個体 ¹⁾	1114.4	1092.2

1): 個体あたりの種子数は、蒴果あたりの種子数の平均と個体あたりの花数の平均から求めた。

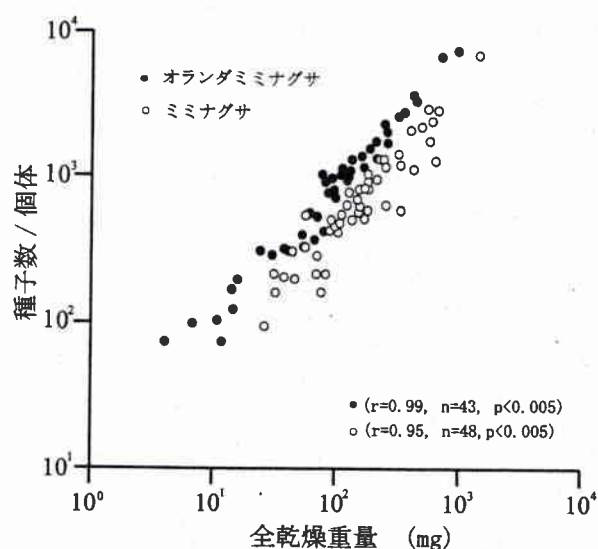


図2. オランダミミナグサ及びミミナグサにおける全乾燥重量と種子数の関係。種子数は表1より推定した値を用いた。

高かった。また、オランダミミナグサで特徴的な点は極めて小型の個体（数mg）でも種子をつけることが出来ることであった。

種子の大きさは明らかに異なり長径、短径がミミナグサでそれぞれ平均619 μm 、556 μm であり、オ

表2. オランダミミナグサ及びミミナグサの種子の大きさと重量の比較。

	平均値 \pm SD (測定数)		
	オランダミミナグサ	ミミナグサ	p
種子長径 (μm)	402 \pm 41 (54)	619 \pm 53 (60)	p<0.001
種子短径 (μm)	379 \pm 60 (54)	556 \pm 61 (60)	p<0.001
種子重量 (μg)	42.5 \pm 14.8 (54)	82.5 \pm 20.0 (50)	p<0.001

ランダミミナグサの種子に比較して有意に大型であった（表2）。また個体あたり種子重量もミミナグサで平均82.5 (μg)（1000粒で82.5mg）、オランダミミナグサ42.5 (μg)（1000粒で42.5mg）であり、約2倍ミミナグサの種子が重かった。これらのことから、ミミナグサは大型の種子を少なく、逆にオランダミミナグサは小型の種子を多数つけると言える。

2) 発芽特性

(1) 室内実験における発芽

発芽実験の過程で、吸水後に種皮が一部破裂し、内容物、時には胚が外部に放出される現象が見られた。特にミミナグサで顕著であった。これらの種子では殆どの場合胚が成長する（子葉と根の生育が認められたのは1.6%）ことはなかった。多くはその

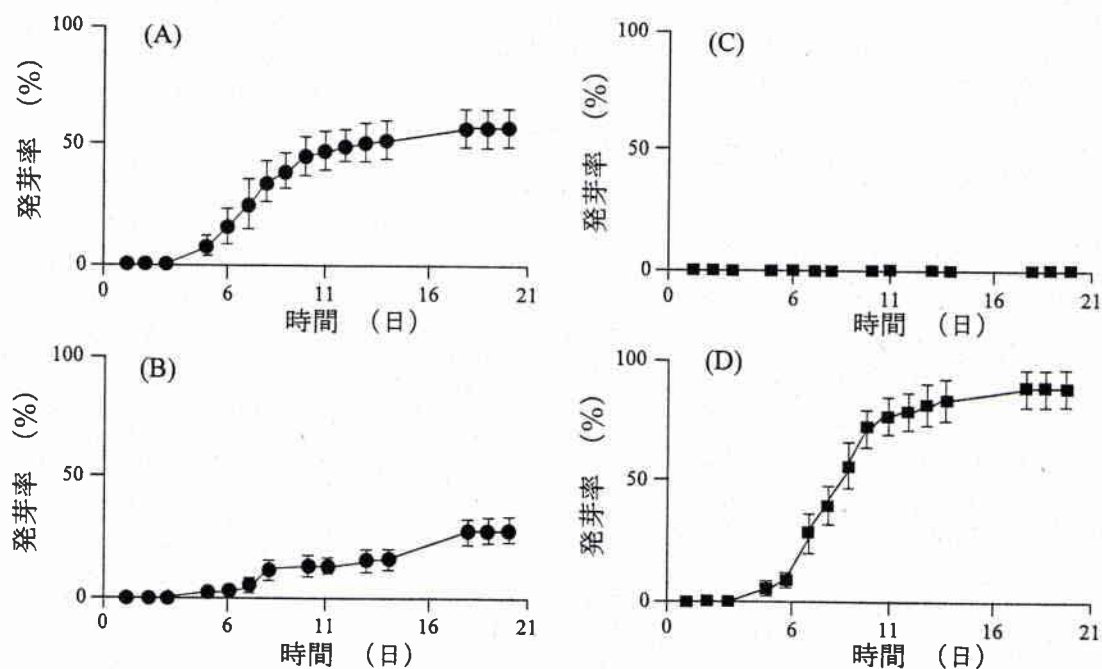


図3. 種子の保存状態における発芽率の比較。(A): オランダミミナグサ室温開放貯蔵, (B): オランダミミナグサ5℃開放貯蔵, (C): ミミナグサ室温開放貯蔵, (D): ミミナグサ5℃開放貯蔵。採取後163日の種子（種子Ⅲ, 種子Ⅳ）を15℃・8000 Lux (12L-12D)で発芽させた。

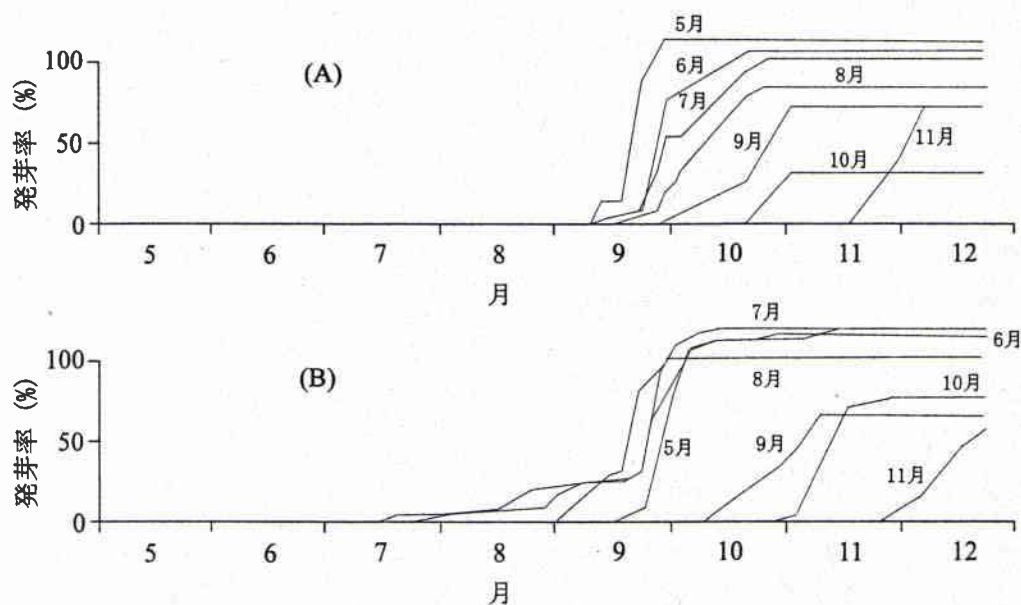


図4．オランダミミナグサ種子の月別発芽率。5月下旬に採取し、室温解放貯蔵した種子（種子II）を各月の中旬に室温条件（A）、15℃・8000 Lux（12L-12D）（B）で播種し、1週間ごとの発芽率を調べた。

後糸状菌に感染した。

種子の保存状態による発芽率の比較を図3に示す。オランダミミナグサは5日後から発芽を開始したが、室温開放貯蔵では3週間後に55%となり、低温保存（5℃）の27%の2倍であった。また、ミミナグサでは室温保存では3週間の間、発芽は認められず、低温保存では5日後から発芽し、3週間後には86%

に達した。

室温開放貯蔵したオランダミミナグサの種子は、室温条件では9月中旬以降に一斉に発芽を開始した（図4 A）。5月に播種した種子の発芽が最も早く、月を経過するにしたがい発芽が遅れる傾向がみられた。5月～7月の播種では発芽率は約90%以上であったが、その後発芽率が低下する傾向が認められ、11

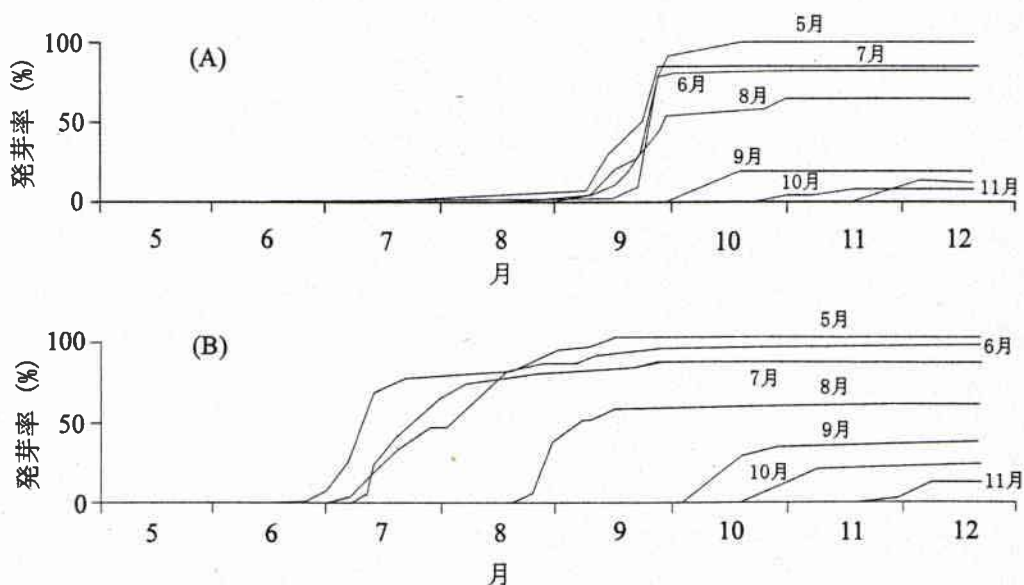


図5．ミミナグサ種子の月別発芽率。5月下旬に採取し、室温解放貯蔵した種子（種子II）を各月の中旬に室温条件（A）、15℃・8000 Lux（12L-12D）（B）で播種し、1週間ごとの発芽率を調べた。

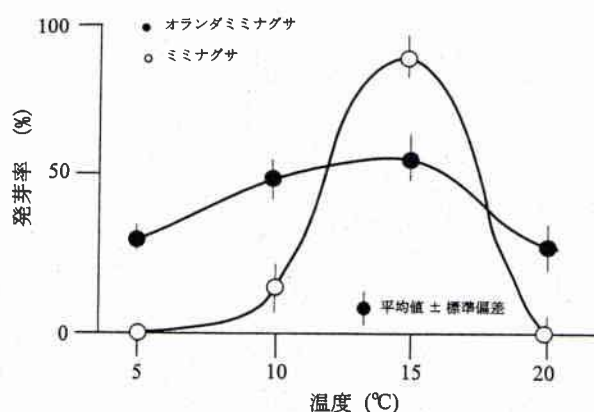


図6. オランダミミナグサ及びミミナグサの発芽率と温度の関係。オランダミミナグサは室温解放貯蔵した採取後183日の種子（種子Ⅲ）を用い、ミミナグサは5℃で保存した種子を採取後163日（5℃、10℃、20℃）と183日（15℃）に播種した（種子Ⅳ）。オランダミミナグサとミミナグサでは保存条件が異なるため、発芽率の直接的な比較はできないことに注意。

月では約65%であった。15℃の条件では、6月、7月、8月に播種した種子で若干の発芽が次月に認められたが、大部分の発芽は9月以降に起こり、5月－8月播種の種子では10月に発芽がほぼ終了し、発芽率は80%以上であった（図4B）。

ミミナグサの場合も室温条件では9月にほぼ一斉に発芽した（図5A）。6月、7月、8月に種子の発芽が認められたが極めて少数であった。5月－7月播種の発芽率は10月で80%以上であった。9月、10月、11月播種の発芽率は低いが、これはカビの感染による影響が大きいと思われた。15℃の条件では、7月から発芽が起こり、特に7月、8月には播種直後から発芽が開始された（図5B）。5月－7月播種の発芽率は8月で75%以上であった。発芽率の低下は8月以降に起こり、室内条件と同様にカビの感

染の影響が大きいと思われた。15℃の定温下においてもカビに感染したオランダミミナグサの種子は約5%であるのに対し、ミミナグサでは約75%あった。

明条件（8000 Lux, 12L-12D）と暗条件（24D）における発芽率を表3に示す。発芽率には両種で差が認められたが、これは前述のようにミミナグサの場合には種皮の破裂後カビの感染による影響があったためと思われる。両種とも2回の実験で明と暗の発芽率にそれぞれ有意な差（ $p < 0.01$ ）が認められた。両種とも明条件における発芽率が高かった。

両種の温度と最高発芽率の関係を図6に示す。オランダミミナグサとミミナグサでは保存条件が異なるため、発芽率の直接的な比較はできない。オランダミミナグサは15℃で最も発芽率が高かった。5℃を除く他の温度では一週間後に発芽が開始され、2週間後に一定となった。5℃では発芽の開始は遅く、16日間発芽しなかった。20℃では発芽率は15℃の46%であった。一方、ミミナグサは15℃で発芽率が最も高く、本実験においては5℃、20℃の発芽率は極めて低かった。オランダミミナグサはミミナグサよりも広い範囲の温度で発芽するといえる。

種子採取後19ヶ月間の最高発芽率（1980年は図4A、図5Aの最高発芽率、1981年は発芽率が一定となった45日後の発芽率）の播種月別の変化を図7に示す。1年間室温開放貯蔵した種子では、オランダミミナグサでは早い月で、10日後、遅い月では15日後に発芽種子を認めた。またミミナグサでは15日後に発芽が認められた。オランダミミナグサでは最初の3ヶ月間は発芽率がほぼ100%であったが、その後低下し、6ヶ月後（10月）には約50%であった。13ヶ月後（翌年5月）では、80%程度への回復がみられたが、その後は低下し、17ヶ月（9月）以降は発芽が認められなくなった。ミミナグサでは2ヶ月後から、発芽率は低下し、7ヶ月後（11月）には7%となった。2年目においても13ヶ月後（翌年5月）に15%で多少回復したが、その後低下し、17ヶ月

表3. 15℃、明（8000 Lux, 12L-12D）と暗（24D）条件におけるオランダミミナグサ及びミミナグサの発芽率。採取後室内条件で保存した163日後（実験1）、184日後（実験2）の種子を用いた。

光条件	発芽率 (%)			
	オランダミミナグサ		ミミナグサ	
	実験 1	実験 2	実験 1	実験 2
明	66.8±6.7	66±4.6	22.7±5.9	14.2±3.3
暗	12.8±7.7	4.6±5.1	3.8±1.5	1.5±0.5

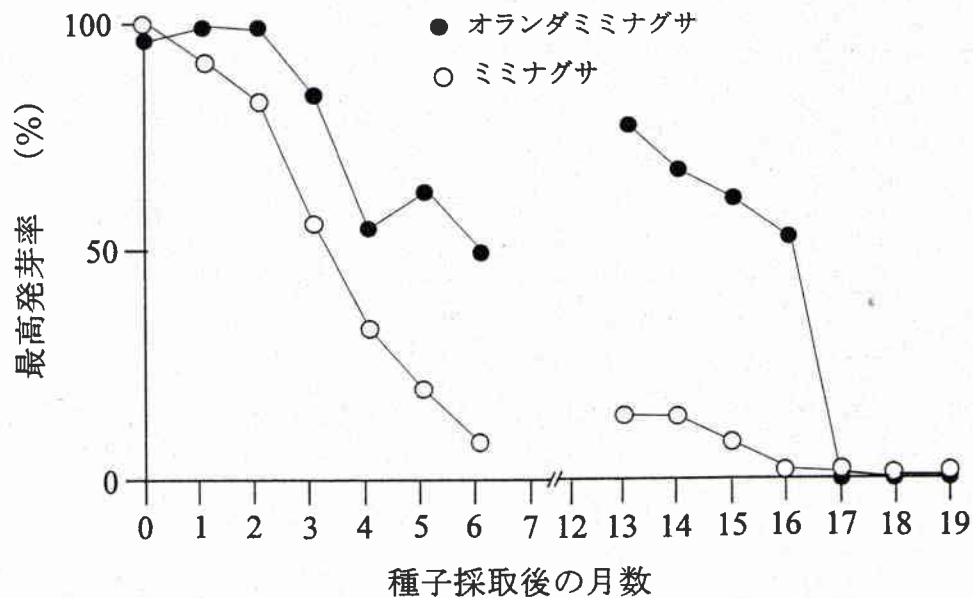


図7. オランダミミナグサ及びミミナグサにおける室温開放貯蔵種子の発芽率の変化。採取した種子（種子II）を紙袋内で室温保存し、1月ごとに15℃・8000 Lux (12L-12D) 条件下に播種した。播種月（種子採取後の月数）と最高発芽率の関係を示している。採取直後の播種を0ヶ月とした。

（9月）以降には発芽しなくなった。

採取後320日間室温保存した両種の温度処理、湿潤処理種子の発芽率の変化を図8に示す。湿潤条件下における温度処理ではオランダミミナグサ（図8A）は5℃保存期間中に11日後に発芽が認められ（オHD）、15℃でのインキュベート開始時（18日後）には約60%であった。これに対し30℃・湿潤条

件（オHW）では発芽が行われず、15℃に移した直後から発芽が開始された。しかし同条件における22日後の二連の発芽率は38.8%、75.5%で差が大きかった。累積発芽率はほぼ方物線に近似した。30℃・湿潤条件を除くと約10日後にすべての実験条件においてほぼ最高発芽率に達した。22日後の累積発芽率は78.0~85.7%で5℃（オLD, オLW）、30℃（オHW,

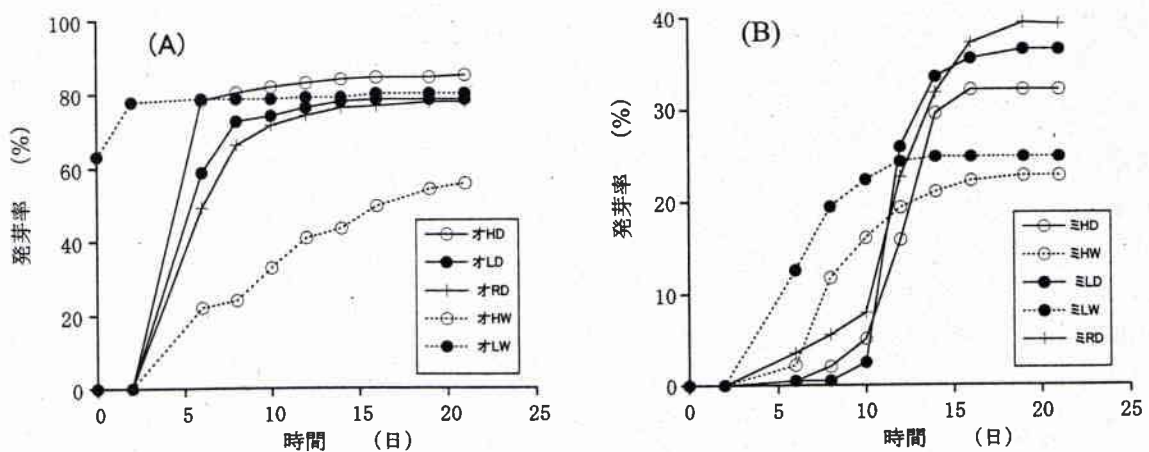


図8. オランダミミナグサ (A) 及びミミナグサ (B) における5℃ (L), 30℃ (H), 室温 (R), 湿潤 (W), 乾燥 (D) 処理条件における発芽率の変化。発芽実験は15℃・8000 Lux (12L-12D) で行った。オはオランダミミナグサを、ミはミミナグサを示し、処理方法はL, H, D, R, W の組み合わせで示した。室温開放貯蔵した採取後320日の種子（種子I）を用いた。

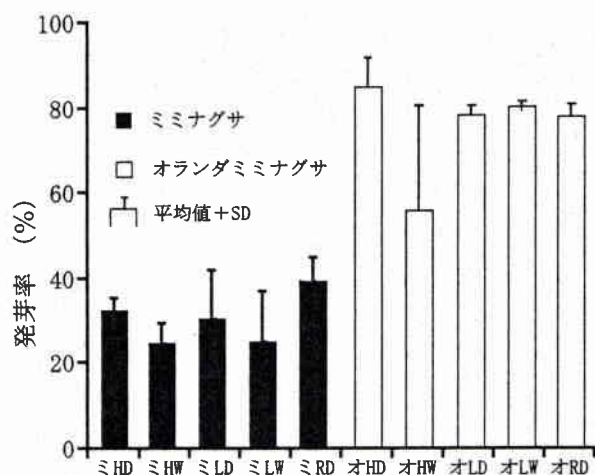


図9. 図8に示したオランダミミナグサ及びミミナグサの22日後の発芽率。横軸の記号は図8を参照。

オHD), 室温 (オRD) の処理条件による違いは認められなかった (図9, Tukey-Kramer, $p < 0.05$)。

ミミナグサでは5℃・湿潤条件における発芽 (ミLW) は18日間では認められなかったが、その後の15℃における発芽は他の条件より早かった (図8B)。発芽は5℃・湿潤条件を除くと、ほぼロジスティック曲線に近似して起こり、特に5℃・乾 (ミLD), 30℃・乾 (ミHD), 室温保存 (ミRD) で顕著であった。ミミナグサの22日後の発芽率は22.8~39.3%でオランダミミナグサより低く、発芽率には処理による

違いはなかった (図9, Tukey-Kramer, $p < 0.05$)。

約27日間室温開放保存の両種の種子では、低温処理, 高温処理, 湿潤処理, 変温処理のいずれの処理においても、今回の実験条件下では発芽は全く認められなかった。発芽終了後のB処理種子の解剖観察では、オランダミミナグサは87.6% ($n=95$) の種子が形態的に明瞭な胚と胚乳を有し、内容物の無い種子はなかった。一方ミミナグサでは明瞭な胚は50.0% ($n=82$) の種子にみられ、胚が不明瞭で胚乳がないか白濁していた種子は45.1%, 内容物を失った種子は4.8%であった。

(2) 野外播種による出芽

新潟調査区I (図10A) (角田山麓) においては、オランダミミナグサは8月から実生が観察され、9月中にほぼ出芽は終了した。このようにオランダミミナグサの出芽は8月~9月に集中した。一方、ミミナグサは7月と9月に発芽が集中した。

新潟調査区II (図10B) (新潟大学構内) においては、極めて少数のオランダミミナグサの種子が7月に発芽し、その後出芽は一旦休止した後、再び9月下旬から11月にかけて出芽した。ミミナグサは7月に大部分が出芽し、9月にもわずかな種子が出芽した。両種とも二季的な出芽パターンを示した。

(3) 野外における実生の出現

実生は親個体の枯死後の6月から数えた。

新潟調査区I (ミミナグサ) における実生密度の季節変化を図11Aに示す。種子発芽によるミミナグ

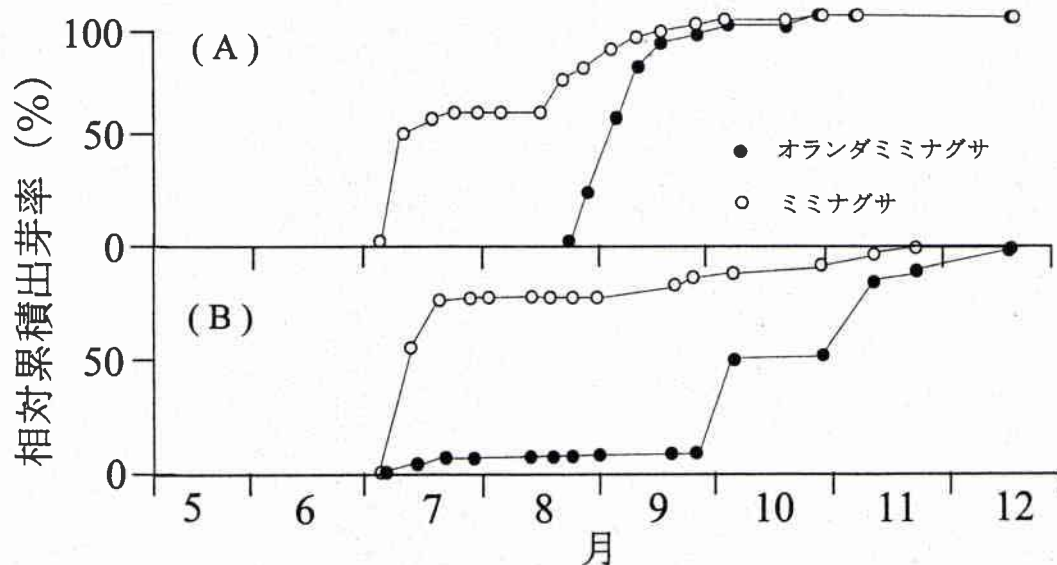


図10. 新潟調査区I (A), 新潟調査区II (B) の裸地区 (50cm×50cm) に播種したオランダミミナグサとミミナグサ種子 (種子II) の累積出芽率。出芽率は相対値で示した。

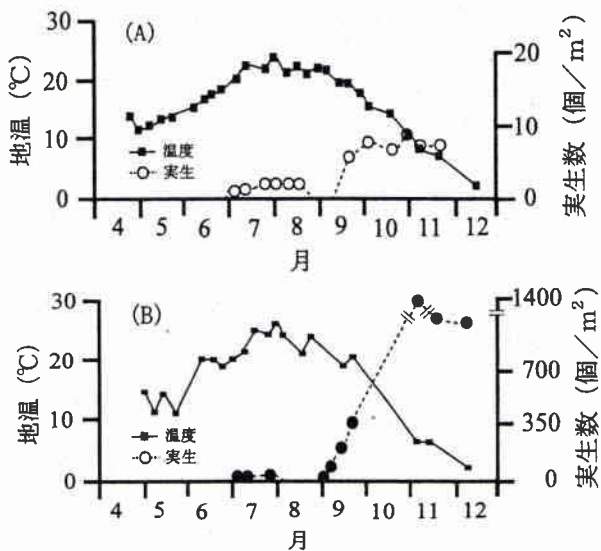


図11. 新潟調査区 I (角田山麓) におけるミミナグサ (A) び新潟調査区 II (新潟大学構内) におけるオランダミミナグサ (B) 実生密度の季節変化。計数は親個体の枯死した 6 月以降に行った。地温は福原ら (2007) の図 7 及び図 8 から再録した。

サの実生は 8 月に出現したがこれらは定着せず、再び 9 月中旬から実生が出現した。このコドラートでは越冬時の密度はわずかに 5 個体/m²であった

新潟調査区 II (オランダミミナグサ) においては、図 11B には示されていないが、福原ら (2007) によると 4 月下旬に極めて少数である 7 実生/m²の増加があり (全個体の 2.0%)、種子の出芽が春季にもあった。親個体の枯死した 6 月中旬以後は 7 月に 20 個体/m²の実生が出現したが定着しなかった (図 11B)。9 月から出芽が始まり、急激に実生数は増加し、11 月上旬には 1400 個体/m²となり越冬に入った。

野外においては両種は顕著な二季的な出芽パターンを示したと言える。

4. 論 議

1) 種子生態

オランダミミナグサの種子はミミナグサの種子よりも小型で軽量であった (表 2)。今回調査地の平均的な両個体の比較では、種子数に大きな違いはなかったが、種子への投資の面ではオランダミミナグサのほうがミミナグサよりも多かった (図 2)。これらの結果は、オランダミミナグサのほうがより雑草的な面を持つことを示す。また、ミミナグサに比

較して草丈約 5 mm の極めて小型の個体においても種子をつけ (福原ら, 2007)、繁殖に参加できることは可塑的な成長戦略を持ち、繁殖上有利であることを示している。

大型の種子は一般に小型の種子よりも、貯蔵エネルギーが多くて生存率が高く (立地占有率が高く)、またより環境的に安定な地中の深いところから出芽出来ることが知られている (伊藤, 1993)。この点はミミナグサにとって繁殖に有利な面を提供する。一方大型のより重い種子は種子散布において小型のより軽い種子よりも立地到達力で劣ることが知られている (林, 1975)。両種は種子に散布のための特別な装置をもたず、自動散布の後、風による飛散、いわゆる dust seed として分布を広げているものと思われる。種子散布の範囲は今回測定されていないが、オランダミミナグサのほうが種子が軽い事と、風蝕量の多い裸地や攪乱地に分布することにより、より散布範囲が広いことが予想される。

2) 発芽特性

種子の発芽において、恒温条件と変温条件では休眠の覚醒や休眠期間、発芽率、光発芽特性に違いがあることが多くの植物で知られている (中山, 1966; 1973; 鈴木 (善), 2003)。本実験結果は、装置的な制約から恒温条件と室温変温条件でのみ行われており、解釈は限定的なものにならざるを得ないが、野外における出芽観察などと組み合わせ、可能な限りの考察を行う。

オランダミミナグサの発芽は 15°C 及び室温条件で、大部分が 9 月中旬から発芽を開始しており (図 4)、ほぼこの時点で一次休眠は解除されていると考えられる。5 月中旬に採取した種子を使用していることより休眠期間は約 4 ヶ月間 (約 120 日程度) と推定される。一方ミミナグサの場合は 15°C の条件では 7 月上、中旬から発芽が起こり、特に 7 月、8 月には播種直後から発芽が開始された (図 5)。この点とミミナグサの種子の採取も 5 月中旬に行われたことより、本種の休眠期間は約 2 ヶ月間 (約 60 日程度) と推定された。

しかし両種とも少量の割合の種子が、上記で推定した休眠期間以前に発芽している。これは、休眠期間に種子集団の中でバラツキがあることを示しており、いわゆる不斉一発芽 (鷲谷, 1991) の一因となるものであろう。

種子採取後 19 ヶ月間の最高発芽率の播種月別の変化では、オランダミミナグサとミミナグサには違いが認められた (図 7)。オランダミミナグサでは 3 ヶ

月間は発芽率がほぼ100%であり、その後低下し、6ヶ月後(10月)には約50%となったが13ヶ月後(翌年5月)には、再び80%程度への回復がみられた。この結果は少なくとも多くの種子に二次休眠が認められないことを示すものと解されるが、一年後に発芽率が回復した点は種子集団の中に二次休眠状態にあり、何らかの要因で休眠が解除されたことにより発芽率が上昇した可能性も考えられる。しかし、採取後320日の種子を用いた低温・湿、低温・乾、高温・湿、高温・乾のすべての条件で発芽率の差は認められず(図9)、二次休眠状態ではないと考えられた。オランダミミナグサに二次休眠が認められない事は埋土種子について鈴木(光)(2003)も報告している。しかし、鈴木(光)(2003)による埋土種子の屋外ポット実験結果でも11ヵ月(5月播種)で一時的に発芽率が上昇する現象がみられ、発芽率の一時的な上昇の原因は不明である。

ミミナグサにおいても13ヶ月後(翌年5月)にやはり多少発芽率が回復する(7%から15%へ)事が認められたが、1ヶ月(5月)以降、発芽率は低下しつづけた。採取後1年以内の種子(320日)においても、温度変化、湿潤乾燥条件においても発芽率の上昇は認められず(図9)、本結果の範囲内ではミミナグサにおいても二次休眠は認められないことを示すものと思われる。

暗条件下においては両種とも多少の発芽が認められたものの、基本的には明発芽種子であると言える(表3)。笠原(1941b)は岡山県で採取したミミナグサを19日後に川砂床に暗条件下で置床して、15℃、20℃、25℃変温での発芽率をみたが、80日目で1-2%の発芽率しか得ていなく、その後の明条件で発芽を確認している。しかし、採取後377日後に暗条件下で置床した場合、15℃で50日後に12%、40日後に20℃の変温をあたえた場合には25%の発芽を観察している。このことは、貯蔵中の発芽特性の変化を示すと言える。明発芽は多くの雑草に認められる発芽特性であり(伊藤, 1993; 鈴木(善), 2003)、ギャッピングナル(鷲谷, 1993)をキャッチするとともに、逆に埋土種子集団を維持する重要な特性である。

種子の発芽可能期間に関しては、極めて限定的な結果であるが、オランダミミナグサ、ミミナグサ両種とも、17ヶ月(9月)以降は発芽が認められなくなったことから、室温開放貯蔵の場合の種子の発芽可能期間は約1年半程度であるかも知れない。オランダミミナグサの埋土種子の発芽特性を調べた鈴木

(光)(2003)は埋土1年間は発芽率が80-90%で発芽率が低下しなかったことを報告している。二次休眠を示さず、発芽停止が約一年半でおこることは、種子の寿命の可能性もあるが、断定はできない。5℃の乾燥・低温保存ではミミナグサのほうが発芽率が明らかに高く(図3)低温で種子寿命が延びていることが予想される。室温開放貯蔵条件において、27年後の種子に発芽が認められなかったが、オランダミミナグサで87.6%、ミミナグサで50.0%の種子が形態的に明瞭な胚と胚乳を有していたことは興味深い。これらの種子の生存状態は不明であるが、埋土条件などにおける寿命の測定が課題として残る。

恒温条件では発芽最適温度は両種とも15℃付近であるが、オランダミミナグサは発芽温度の範囲が広いのに対し、ミミナグサは狭く、5℃、20℃では発芽率は極めて低かった(図6)。オランダミミナグサが5℃においても発芽を示すことは図8Aにおいても示されており、休眠が解除されているならば5℃前後の低温においても発芽が可能であることを示す。

ミミナグサにおいては、室温播種は15℃播種に比較して、発芽が遅れることを示した(図5)。この現象は、すでに種子の休眠が解除されていることから、強制休眠(環境休眠)の状態にあったといえる。30℃の高温・湿潤処理の種子は発芽せず(図9B)、15℃に移しても発芽率は20%程度であった。また、10月中旬の室温における発芽実験では20日間で発芽は観察されなかった(図3)。これらの結果はミミナグサでは高温障害による発芽抑制が起こっていることを示すと思われる。最適温度実験の結果より(図6)20℃以上では強くミミナグサの発芽が抑制される可能性が高い。笠原(1941a)はミミナグサを濾紙床で発芽させ、25℃では60日間全く発芽せず、20℃・3日間に移して通算90日後に67%の発芽を観察し、やはり高温障害をみている。オランダミミナグサの場合、30℃・18日間の湿潤条件では発芽が認められず、その後15℃に移しても発芽率は他に比較して低かった(図8A)このことはやはり本種に対しても高温が抑制的に作用するが、20℃ではある程度発芽することより、ミミナグサよりもその障害温度は高いと予想される。

以上の室内における発芽実験の結果から、野外における両種の出芽と実生の出現状況の説明を試みたい。標高の異なる、すなわち温度条件の異なる2調査区では、裸地に播種した種子の出芽には時期的な違いが認められた。オランダミミナグサの場合は調査区Iにおいて7月に少数の出芽がみられたが、大

部分は、9月以降に出芽が集中する(図10)。これは室内における発芽実験からほぼ説明可能である。すなわち休眠期間の異なる少数の種子集団が存在するが大部分は休眠期間過ぎた4ヶ月以降に発芽している。これはまた、裸地における埋土種子からの実生の二季的な出現(図11)の説明も可能としている。すなわち野外においても7月に少数の実生が出現し、大部分の実生は9月以降に出現している(図11B)。オランダミミナグサでは極めて少数の春に発芽した実生が認められている(福原ら, 2007)。オランダミミナグサの場合、5℃の低温においても発芽が可能であることから、積雪や土壌の凍結がない地域では秋から春にかけて連続的に発芽が行われている可能性がある。

ミミナグサの場合は、裸地への播種実験では7月に発芽が認められた(図10)。これは休眠期間が約2ヶ月とする予想と一致している。調査地IIにおいて一斉発芽起きている事は、一般に冬雑草の種子は夏の高温によって休眠が覚醒する(伊藤, 1993; 鈴木(善), 2003)ことから、より高い地温の影響によるのかもしれない。調査地Iにおける7月と9月の二季的発芽パターン(図10A)は同じ場所の裸地区での実生の出現パターン(図11A)と一致した。これは、調査地Iの8月の地温は20℃を超える程度であるが(図11A)、高温障害による発芽率の低下の可能性が高い。

以上のように室内発芽実験による結果は、およそ野外における播種実験や実生の出現状況を説明可能であった。しかし、一次休眠の覚醒条件や種子集団内における不斉一発芽の要因解析、埋土種子の密度や寿命などは残された比較生態学的課題である。

3) 分 布

前報(福原ら, 2007)で述べたように、現在ではオランダミミナグサは、都市化や圃場整備、土地改良などにより強い攪乱を受けた土地や果樹園に分布し、一方ミミナグサは農村部の畑や農道、路傍、人里の山道などに分布している。久内清孝談として沼田(1975)が「大正時代には東京近郊はミミナグサばかりでオランダミミナグサを見つけるのはたいへんだったという」を紹介し、「それが今は全く逆転してオランダミミナグサが圧倒的に多い状態になっている」としたが、この交代は、すでに全国の多くの都市部や圃場整備の進んだ農村部で、起きていることは十分予想される。

都市化による土地の攪乱で在来種と外来種が交代している有名な例は、各地で調べられている在来タ

ンポポとセイヨウタンポポ(アカミタンポポを含む)である(内藤, 1975; Ogawa, 1979; 末広・山田, 1980; Ogawa and Mototani, 1985; 森田ら, 1985; 陣野・本多, 1989; 末広ら, 1989; 小川, 2001)。小川(2001)はこの交代現象を、競争による駆逐ではなく(1)多量の種子をつくることにより生存のチャンスを利用できることや(2)3倍体のため一個体でも殖えることができるなどの生物学的特性と(3)人間活動による生物学的空地の形成によるとしている。一般に新しい生育地への種の侵入には鷺谷(1996)が言うように(1)従来から存在していた生育場所にもともと存在する空いているニッチ(生態的な地位)への侵入、(2)ヒトが新たにつくりだしたために豊富な空きニッチを含む生育場所への侵入、(3)競争による在来種との置き換わり、つまり在来種のニッチを奪うことによる侵入、の三つがあげられる。

オランダミミナグサの市街地への進入と明治以降の各地での分布拡大は、基本的には分布調査の結果から、セイヨウタンポポの場合と同様に鷺谷(1996)の(2)にあたる市街地などに新たに形成された攪乱を主体とする生育環境への侵入と思われる。ではオランダミミナグサの侵入を成功させた生物学的特性は何であろうか。

第1にオランダミミナグサは、種子への投資率がより高く、小型の種子を多くつけ、いわゆる雑草性を示す。種子は新たに生育地を広げる第一歩であり、多産性と軽量性は散布域(立地到達力)を広げることにより有利である。

オランダミミナグサは極めて小型の個体、草丈5mmでも繁殖に参加できる高い可塑性を有している(福原ら, 2007)。本研究では必ずしも追跡できなかったが、春早くに発芽した個体も、種子をつけたであろうことは容易に想像できる。コンクリートの小さな割れ目などに生育している事例も観察できるが、これらも立派に種子生産が可能である。より貧栄養条件の土壌に生育出来(2007, 福原ら)、繁殖個体の成長に大きな可塑性を有することが第2の生物学特性である。

第3の特性として、オランダミミナグサの発芽温度の範囲が広いことが挙げられる。本研究においては、発芽温度に対する変温の効果を明らかに出来ていないが、多くの雑草種子では変温は発芽率を上昇させ、発芽可能温度を広くしている(伊藤, 1993; 鈴木(善), 2003)。5℃の低温においても発芽可能であり、積雪のない地域では秋から春まで発芽が可能としている可能性が高い。

オランダミミナグサの大部分の種子は休眠解除後の秋に一斉に発芽した。一方ミミナグサの場合は、温度環境が良好であれば休眠の2ヶ月後の夏にも発芽が可能となっており、事実野外において実生が確認できた。今回他の植物との関係を述べていないが、これらの実生は被陰により生育できなかった。夏の高温はミミナグサの発芽を抑制し秋の一斉発芽をもたらしているが、温度条件により夏に発芽し、被陰により枯死するならば、シードバンクを減少させている可能性が高い。被陰されやすい夏期間を休眠で過ごし、秋に一斉発芽するのがオランダミミナグサの第4の生物学的特性である。

都市化による土壌攪乱は、表層土を剥ぎ取って貧栄養化させ、同時に土壌の乾燥化やアルカリ化をもたらし、裸地化した空地进行を増加させる。これらは地温のより上昇をもたらす（鷲谷，1991），ミミナグサのような低い温度と高温による発芽抑制は、分布を制限する要因になるであろう。一方、発芽温度域が広く、乾燥による実生の生残もより高く（福原，2007），貧栄養化した土壌に生育して繁殖個体の大きさに大きな可塑性を有するオランダミミナグサは、容易に攪乱された空地などで分布を広げることが可能となっているのではないだろうか。

松尾・佐々木（1996）は帰化種であるセイヨウオオバコ（*Plantago major*）と在来種のオオバコ（*Plantago asiatica*）（史前帰化種（前川，1978））の発芽特性を比較し、帰化種セイヨウオオバコは発芽最適温度が高いこと、温度変化により発芽率が上昇することなどから、在来種オオバコより裸地環境では有利であろうと述べている。また最近の帰化種で人間の影響ある空地に分布を広げている外来種ミチタネツケバナ（*Cardamine hirsute*）と水田を主な分布域としている在来種タネツケバナ（*C. flexuosa*）の比較生態を明らかにしたYatsu et al.（2003）は、在来種は休眠性が弱く夏と冬に発芽する長命な一年草であるのに対してミチタネツケバナの種子は夏の間強い休眠性を示す越年性一年草であり、水没に耐性のない点で水田には侵入できないが、都市化による人為的環境の増大により、今後外来種が分布をひろげていくであろうと述べている。

多くの帰化種が、攪乱された土地に侵入し、その侵入は空きニッチ論で説明されているが、「攪乱」が発するシグナルというものがあり、それらに種が発芽や生残、成長、繁殖で反応しているとする、「攪乱シグナル」を定量的にとらえる研究がさらに必要であろう。

4) 指標性

外来帰化植物の侵入と近縁な在来種との交代を都市化という社会的な要因との関係で理解でき、多くの世代が参加できる環境指標の材料としてタンポポ属が選ばれ、各地でタンポポ調査が行われてきた（小川，2001）。このような調査の材料の必要な特徴として、(1)出来るだけ誰にでも簡便に区別のつきやすい形態的特徴を有すること、(2)適当な大きさで個体性が明確であり、定量的な扱いができること、(3)普通種で個体数が多く、目につきやすいこと、(4)生物学的特性が明確で分布の説明が可能なこと、があげられるであろう。帰化種と在来種のタンポポはこれらの特徴を有し、最適な材料として選ばれてきていた。しかし、最近、タンポポ属の帰化種と在来種の問題は、帰化種と在来種との間で雑種が形成され（森田，1988；Morita et al., 1990；渡辺ら，1997 a），さらにこれらの雑種が高い頻度で存在することも各地で報告されつつあり（渡辺ら，1997 a, 1997 b, Shibaike et al., 2002），複雑な様相を呈してきている。渡辺ら（1997 a）は東海地方西部の調査で90%以上が雑種であり、雑種はセイヨウタンポポと形態的に明確に区別がつかないとしている。従来から帰化種の同定に用いられてきた「外総苞片の反り返り」は3倍体雑種，4倍体雑種でも変異があり、少数の割合で在来タンポポと同様に直立するものもある（森田，2004）。雑種の発芽特性について、在来種の特徴である休眠性を獲得した雑種個体（渡辺ら，2003），発芽率が高温で在来種よりも高くなる雑種個体や高温で実生の生存率が高くなる雑種個体（Hoya et al., 2004）など新たな生物学的な特性を獲得した個体が出現し、従来の分布との関係を再度検討する必要性が生まれてきている。このような状況の中で芹沢（2004）の「タンポポの分布調査が環境調査として重要である状況は変わらない」としながらも、「誰でも容易に識別できるという条件は失われ」、タンポポ地図作りは「これが絶対というほどのものではなくなった」という意見も現われている。小川ら（2007）は雑種の問題点を整理し、環境指標性の再検討をおこなった。その結果、雑種は変異が連続的で在来種や純粋の外来種と区別できない個体があり、在来種と判定する誤答率は在来種の頻度により異なるが、訓練で下げることが出来、「在来種ではないグループ」による在来種の生育拠点への顕著な侵入はなく、雑種の遺伝学的、生態学的解明が今後も重要であるが、種類の識別が出来れば環境指標性は有効である、とした。

タンポポ属の花は誰にでも目に付き、発見が容易で、生物学的特性も明らかにされており、今後も環境指標の代表種としての位置は維持されることが考えられるが、種類の識別にこれまでの肉眼的な同定に花粉などの顕微鏡的な観察や場合によっては、アイソザイム分析を組み合わせたことが必要となるなら、この点が上記(1)に照らして問題になってきていると言える。

本研究で用いたオランダミミナグサとミミナグサは、上記の(1)～(3)の指標性を十分満たす。(両種のみわけかたについては浅野(1979)の紹介がある)。(2)についてはミミナグサの場合、繁殖後栄養生殖個体が初夏に少数出現する場合があるが、開花の時期を中心に調査を行うならば、個性性は明確である。しかし、(4)についてはタンポポ属に比較して両種の繁殖生態や雑種形成の可能性などが明らかにされていない状態であり、これらに加えて、発芽の変温の効果などの基礎的課題もあり、今後環境指標種として用いる場合にはこれらの生物学的特性の検討が必要となってくる。

最後に福原ら(2007)の結果も含め、オランダミ

ミナグサとミミナグサの比較生態学的形質を表4にまとめて示す。

5. 謝 辞

本研究の遂行にあたり、多くの助言をいただいた新潟大学名誉教授(故)杵渕 博博士に感謝致します。新潟大学教育人間科学部森田龍義博士には実験の当初より多くの助言と、まとめにあたりさまざまな点で議論をしていただきました。記して感謝致します。

6. 引用文献

- 浅野貞夫(1979):身近な雑草の見分け方. 沼田真編「雑草の科学」, 137-181. 研成社.
 福原晴夫・安田 香・村田隆子・野田晴美・五十嵐晴美(2007): 外来種オランダミミナグサ(*Cerastium glomeratum*) と在来性種ミミナグサ(*C. holosteoides* var. *hallaisanense*) の比較生態(1) 分布と生活史. 新潟大学教育人間科学部紀要

表4. オランダミミナグサとミミナグサのいくつかの生態的形質の比較。福原ら(2007)の結果も含めて作成した。

	オランダミミナグサ	ミミナグサ
生育地	不安定地, 攪乱地, 市街地, 裸地, 圃場整備した農地	安定地, 路傍, 畑地, 人里の山道
生活環	冬型一年草	短命な多年草, 大部分が冬型一年草
越冬時の個体の大きさ	小	大
繁殖様式	種子繁殖	種子繁殖, 栄養繁殖
繁殖個体	極めて小型で可能	小型
土壌 pH (H ₂ O)	酸性	酸性
保水量	低	高
有機物含量	低	高
土壌粒子	均一	不均一
花 開花期	4 - 5 月中旬	4 - 5 月中旬
花数	多	少
種子 種子数/蒴果	少	多
種子生産効率(投資率)	高	低
種子重	軽	重
種子の大きさ	小	大
種子休眠期間	約4ヶ月	約2ヶ月
種子発芽期	少数夏, 大部分秋, 極く少数翌春,	少数初夏, 大部分秋
発芽の光要求性	明発芽	明発芽
最適発芽温度(恒温)	15℃	15℃
種子発芽の高温阻害	あり	あり(より低温)
発芽温度範囲	広い	狭い
一年後の発芽率(室温開放貯蔵)	高	低

- (自然科学), 9 (2): 45-54.
- 林 一六 (1975): 帰化植物の種子と発芽. 沼田真編「帰化植物」, 73-111. 大日本図書.
- Hoya A., H. Shibaike, T. Morita and M. Ito (2004): Germination and seedling survivorship characteristics of hybrids between native and alien species of dandelion (*Taraxacum*). *Plant Species Biology*, 19: 81-90.
- 伊藤操子 (1993): 雑草学総論. 養賢堂.
- 陣野信孝・本多幸一 (1989): 長崎市における在来タンポポの分布. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 41: 21-33.
- 笠原安夫 (1941 a): 雑草種子の発芽の研究「第2報」. 農及び園, 16: 436-444.
- 笠原安夫 (1941 b): 雑草種子の発芽の研究「第3報」. 農及び園, 16: 1007-1016.
- 前川文夫 (1943): 史前帰化植物について. 植物分類・地理 12: 274-279.
- 前川文夫 (1978): 史前帰化植物考. 朝日百科世界の植物, 12: 3214-3217.
- 松尾和人・佐々木華織 (1996): 温度要因に対するオオバコとセイヨウオオバコの発芽特性の比較. 雑草研究, 41 (別): 50-51.
- 森田竜義 (1988): タンポポの無融合生殖. 採集と飼育, 50: 128-132.
- 森田竜義 (2004): セイヨウタンポポの雑種とは何か?—発生のメカニズムと雑種の特徴. 関西自然保護機構会誌, 26: 57-63.
- 森田龍義・後藤慎子・大沼洋美 (1985): 新潟市における在来及び帰化タンポポの分布調査. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学), 26(2): 133-146.
- Morita T., S. B. J. Menken and J. C. M. den Nijs (1990): Hybridization between European and Asian dandelions (*Taraxacum* section *Ruderalia* and section *Mongolica*) 1. Crossability and breakdown of self-incompatibility. *New Phyt.*, 114: 519-529.
- 内藤俊彦 (1975) タンポポ属 (*Taraxacum*) の侵入と定着について. 生物科学, 27: 195-202.
- 中山 包 (1966): 発芽生理学. 内田老鶴園新社.
- 中山 包 (1973): 農林種子の発芽. 内田老鶴園新社.
- 沼田 真 (1975): 帰化植物の生態学的特性. 沼田真編「帰化植物」, 7-41. 大日本図書.
- Ogawa K. (1979) Distributions of native and introduced dandelions in the Tokyo metropolitan area, Japan. In Miyawaki A. and S. Okuda (eds.) 「Vegetation und Landschaft Japans」, 417-421.
- 小川 潔 (2001): 日本のタンポポとセイヨウタンポポ. どうぶつ社.
- Ogawa K. and I. Mototani (1985): Invasion of the introduced dandelions and survival of the native ones in the Tokyo metropolitan area of Japan. *Jap. J. Ecol.* 33: 443-452.
- 小川 潔・芝池博幸・出口雅也・金子信也・森田竜義 (2007): タンポポの雑種化と環境指標性の再検討. 人間と環境, 33: 2-12.
- 芹沢俊介 (2004): 雑種性帰化タンポポの増加とタンポポ調査の意義. 関西自然保護機構会誌, 26: 43-50.
- Shibaike, H., H. Akiyama, S. Uchiyama, K. Kasai and T. Morita (2002): Hybridization between European and Asian dandelions (*Taraxacum* section *Ruderalia* and section *Mongolica*) 2. Natural hybrids in Japan detected by chloroplast DNA marker, *J. Plant Res.*, 115: 321-328.
- 清水建美 (2003): ナデシコ科. 清水建美 (編)「日本の帰化植物」, 54.
- 清水建美・近田文弘 (2003): 帰化植物とは. 清水建美 (編)「日本の帰化植物」, 11-39.
- 末広喜代一・山田恵子 (1980): 岡山県玉野市におけるタンポポ属 *Taraxacum* の分布と生育環境. 香川大学教育学部研究報告 II, 30: 157-180.
- 末広喜代一・山田恵子・岡岡美奈子・蓮井博子 (1989): 高松市におけるタンポポの分布. 香川大学教育学部研究報告 II, 39: 103-126.
- 鈴木光喜 (2003): 秋田県的主要畑雑草種子の埋土条件における休眠・発芽特性. 雑草研究, 48: 130-139.
- 鈴木善弘 (2003): 種子生物学. 東北大学出版.
- Yatsu Y., N. Kachi and H. Kudoh (2003): Ecological distribution and phenology of an invasive species, *Cardamine hirsute* L., and its native counterpart, *Cardamine flexuosa* With., in central Japan. *Plant Species Biology*, 18: 35-42.
- 鷲谷いづみ (1991): 雑草種子の発芽における不斉一性の要因. 植調, 25: 241-247.
- 鷲谷いづみ (1993): 種子発芽時における環境モニ

ター. 生育にふさわしい場所と時を選ぶメカニズム. 化学と生物, 31: 382-384.

鷲谷いずみ (1996): オオブタクサ, 闘う. 平凡社自然叢書34.

渡辺幹男・神崎 護・櫛田敏弘・芹沢俊介 (2003): セイヨウタンポポ, ニホンタンポポおよびその雑種の発芽特性. 植物地理・分類, 51: 183-186.

渡辺幹男・丸山由香里・芹沢俊介 (1997 a): 東海地方西部における在来タンポポと帰化タンポポの

交雑 (1) ニホンタンポポとセイヨウタンポポの雑種の出現頻度と形態的特徴. 植物研究雑誌, 72: 51-57.

渡辺幹男・丸山由香里・芹沢俊介 (1997 b): 東海地方西部における在来タンポポと帰化タンポポの交雑 (2) ニホンタンポポとアカミタンポポの雑種の出現頻度と形態的特徴. 植物研究雑誌, 72: 352-356.