原著論文 ORIGINAL PAPER

結実季節の異なる鳥散布植物を利用した自然植生の誘導

高橋 一秋¹⁾・紙谷 智彦²⁾

1) 新潟大学大学院自然科学研究科 〒950-2181 新潟市五十嵐二の町8050

2) 新潟大学農学部 〒950-2181 新潟市五十嵐二の町8050

Kazuaki TAKAHASHI¹⁾ and Tomohiko KAMITANI²⁾: Leading the spread of natural vegetation by using bird-dispersed plants of different fruiting season. *Ecol. Civil Eng.* 5(2), 179-188, 2003.

1) Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 8050, Nino-cho, Ikarashi, Niigata 950-2181, Japan

2) Faculty of Agriculture, Niigata University, 8050, Nino-cho, Ikarashi, Niigata 950-2181, Japan

Abstract: We evaluated whether bird-dispersed tree species, which were planted for landscaping and would be used by birds as perches, facilitated the colonization of bird-dispersed plants beneath them. We compared the composition of both bird-dispersed seeds and plants beneath bird-dispersed perch trees that bore fleshy fruit (summer-fruiting *Prunus yedoensis*, $n=9$; autumn-fruiting *Sorbus commixta*, $n=10$), wind-dispersed perch trees (*Pinus thunbergii*, $n=10$), and a tall grass (*Miscanthus sinensis*, $n=10$) on man-made slopes alongside a road. Seeds that had fallen beneath the 29 perch trees and in the 10 grass sites were collected both in early summer (30 days) and from autumn to winter (150 days) in 39, 1×1.5-m seed traps made from 0.86-mm mesh polyester cloth. To sample bird-dispersed plants that had colonized sites beneath the perches, four 1×1-m quadrats were established in late summer near each of the 39 seed traps. Both the numbers and species of bird-dispersed seeds recorded were highest beneath bird-dispersed perch trees and intermediate beneath wind-dispersed perch trees compared to tall grass. The seed rain was higher beneath bird-dispersed perch trees whose fruiting season overlapped with the fruiting season of the seeds than beneath those that did not overlap. Similar trends were also found in the plants surveyed in the quadrats. Thus, bird-dispersed perch trees played an important role in facilitating the colonization of bird-dispersed plants, particularly plants whose fruiting season overlapped with the fruiting season of the perch trees. This suggests that perch trees used in landscaping act as attractive plants to frugivorous birds and can aid in the restoration of natural vegetation.

Key words: bird-dispersed plants, colonization, fruiting season, landscaping, restoration

はじめに

生物多様性を保全するための手法の1つとして、自然植生の復元技術が求められている。その際に、地域固有の植物相を模倣するだけでなく、地域の自然集団がもつ

遺伝的特性も考慮することが必要である(鷺谷・矢原 1996)。高速道路の法面緑化を例にとっても、従来までは園芸的に栽培された植物が多く利用されてきたが、最近では生態系の保全に配慮した「エコロード」や「自然再生」が整備目標の主体となり、郷土種の導入が進められつつある(安保 1983; 近藤 2001; 中野 2001)。具体的には、地域固有の埋土種子を含んだ表土の蒔き出し(大

2002年7月15日受付, 2003年1月4日受理

1) e-mail: takahasi@agr.niigata-u.ac.jp

内 2001; 上杉 2001), 表土の移植(山辺 2002), 自生幼樹の移植(有村 2002)などの試みが行われている。このような郷土植物を用いた緑化は, 地域固有の遺伝的な多様性を確保しつつ, 自然植生の遷移を促進するための技術として位置づけられる。しかしながら, 郷土植物の供給体制が整わないことや(中野 2001), 幼樹を移植した場合でも樹林化するまでには長い時間を必要とすることなど(大内 2001; 林 2002), いくつかの問題点が指摘されている。このような背景を踏まえ, 本研究では, 供給体制が十分に整っている液果を着ける栽培種を利用して, 自然植生の遷移を促進する緑化手法を提案する。

温帯地域や熱帯地域における遷移中期種の多くは液果を着ける鳥散布植物であり, 果実食鳥類が種子散布者として重要な役割を担っている(Howe & Smallwood 1982; Stapanian 1986; Willson 1986; Stiles 1989; Willson et al. 1989; Fleming 1991; Willson & Traveset 2000)。これらの果実食鳥類にはとまり木で種子を散布する習性があることから, とまり木には鳥散布植物の移住を促進させる働きがあることが指摘されている(Yarranton & Morrison 1974; McDonnell & Stiles 1983; McDonnell 1986; McClanahan & Wolfe 1987, 1993; Debussche & Isenmann 1994)。そのために, このような種子散布プロセスを積極的に利用して, 自然植生を復元する試みが行われている(Robinson & Handel 1993; Holl 1998, 2002; Holl et al. 2000; Toh et al. 1999)。

特に, 液果を着けた鳥散布植物には果実食鳥類が頻繁に訪れるために, その樹冠下には, 液果を着けていない植物の樹冠下と比べて, より多様で豊富な種子が散布されることが考えられる(Uhl et al. 1982; Guevara et al. 1986; Robinson & Handel 1993; Toh et al. 1999)。したがって, 液果を着ける鳥散布植物の樹冠下に散布される種子は, 必然的に, そのとまり木と同じ季節に結実する植物種が多く含まれる。すなわち, 結実季節の異なる鳥散布植物の樹冠下には, それぞれの結実季節に対応した種子が散布されやすいことが推測される。このような結実季節の対応関係がとまり木と移住する植物との間にあれば, 結実季節を考慮した樹種をとまり木として植栽することによって, 選択的に植物を移住させられる可能性がある。

これまで, このような植生復元を目的として緑化木を使う考え方は無かった。果実食鳥類は栽培種の液果も餌として利用することが知られており(福井 1993; 岡本 1999; 上田 1999), 郷土種と同様に, 栽培種の緑化木でも自然植生の誘引木として利用できる可能性がある。

本研究は, 以下の2点を明らかにすることによって,

鳥散布植物の緑化木が自然植生の誘引木としての役割を果たすか否かについて検討する。

- 1) 鳥散布植物の緑化木は, 風散布植物の緑化木や緑化木が植栽されていない草地に比べて, 鳥散布植物の移住を促進させるか?
- 2) 鳥散布植物の結実季節の違いは, 移住する鳥散布植物の構成に影響を与えるか?

さらに, 本研究の結果より, 道路法面に自然植生を復元させるための緑化木の選定手法について考察する。

方 法

調査地と調査方法

調査は, 新潟県三条市, 北陸自動車道三条燕インターチェンジ周辺の盛土法面で行った。調査した法面は住宅地や田畑に囲まれた新潟平野のほぼ中央に位置し, 自然植生がみられる信濃川や中之口川の河畔から約2~3 km, 弥彦・角田山塊からは約15 km 離れている(Fig. 1A, B)。対象とした緑化木は, 鳥散布植物として初夏に液果を着けるソメイヨシノ *Prunus yedoensis* 9 個体と秋から冬にかけて液果を着けるナナカマド *Sorbus commixta* 10 個体, 風散布植物としてクロマツ *Pinus thunbergii* 10 個体とした。これらの緑化木は, いずれも植栽してから22年経過しており, 道路に沿って約5 m 間隔で植栽されている。一方, 樹木が植栽されていない対照区は, ススキ *Miscanthus sinensis* 草地10カ所とし, 道路に沿って5 m 間隔に調査地点を設けた。これらの調査地はインターチェンジを中心とする半径約250 m 以内に位置している(Fig. 1C)。

各調査木の樹冠下とススキ草地の10カ所に, 開口部1 m × 1.5 m のシードトラップ(0.86 mm メッシュ)を地上から約50 cm の高さに1個ずつ設置し, 落下する種子を捕捉した。落下種子の回収は, ソメイヨシノが成熟液果を着けている期間(2001年6月25日~2001年7月25日)とナナカマドが成熟液果を着けている期間(2000年10月1日~2001年3月1日)に分けて行った。液果は可食部の果肉によって種子が覆われている。そこで, 果肉に覆われた種子は調査木から自然落下した種子とし, 果肉が除去された種子は鳥の消化器官を通過した鳥散布種子と定義した(Kominami et al. 1998)。回収した種子は形態によって種名を同定し, 種ごとに個数を記録した。

シードトラップを設置する前の2000年9月上旬に, 調査木の樹冠下とススキ草地に1 m × 1 m の植生調査枠を各シードトラップに対して各4個ずつ設置し, 出現した

Fig. 1. Location of study sites (A), vegetation map around the study sites in 2001 (B), and location of bird-dispersed perch trees that bore fleshy fruit (summer-fruiting *Prunus yedoensis*; autumn-fruiting *Sorbus commixta*), wind-dispersed perch trees (*Pinus thunbergii*), and a tall grass (*Miscanthus sinensis*) in the Sanjo-Tsubame IC of Hokuriku Expressway (C).

鳥散布植物の種名と種類ごとの個体数を記録した。なお、植生調査枠は、樹木の場合には調査木を中心として斜面の上部と下部に各2個ずつシードトラップと重ならないように配置し、ススキ草地の場合にはシードトラップの四隅に各4個ずつ配置した。

データ解析

データ解析にあたって、シードトラップで捕捉された種子のうち鳥類によって果肉が除去された鳥散布種子のみを用いた。これら鳥散布種子と植生枠に出現した鳥散布植物は、9月1日以前に結実期がある場合に夏結実種、それ以降を秋結実種と定義した。捕捉された鳥散布種子は種ごとの個数をトラップごとに合計し、緑化木の樹種間やススキ草地との間で比較した。さらに、夏結実種と秋結実種に分けて同様の比較をした。植生調査枠に出現した鳥散布植物についても、捕捉された鳥散布種子の場合と同様な比較を行った。これらの解析には Mann-Whitney の U-test あるいは Bonferroni の不等式を利用した多重比較を用いた。

結果

鳥散布種子の組成

シードトラップで捕捉された鳥散布種子の総種数および総個数は、ソメイヨシノの樹冠下に16種628個、ナナカマドの樹冠下に14種2,300個、クロマツの樹冠下に8種53個、そして、ススキ草地に1種1個であった (Table

1)。捕捉された鳥散布種子の種数および個数を樹種間やススキ草地との間で比較した。ソメイヨシノの種子はソメイヨシノの下でのみ、ナナカマドの種子はススキ草地を除く全ての樹種の下で確認された (Table 1)。種数はソメイヨシノとナナカマドで有意な差は無く、クロマツとススキ草地よりも有意に多かった (Table 2)。個数ではナナカマドの下で有意に多く、ついで、ソメイヨシノ、クロマツ、ススキ草地の順で有意に少なかった (Table 2)。

捕捉された鳥散布種子を夏結実種と秋結実種とに分けて、種数および個数を樹種間やススキ草地との間で比較した。種数、個数ともに、夏結実種は夏結実のソメイヨシノの下で最も多く、ついで、秋結実のナナカマドと風散布植物のクロマツ、ススキ草地の順で少なかった (Table 3a, b)。一方、秋結実種は秋結実のナナカマドの下で最も多く、ついで、夏結実のソメイヨシノと風散布植物のクロマツ、ススキ草地の順であった (Table 3a, b)。さらに、各樹種の樹冠下で夏結実種と秋結実種の種数および個数を比較した。種数、個数ともに、夏結実のソメイヨシノの下では秋結実種より夏結実種が有意に多く、それに対して、秋結実のナナカマドの下では夏結実種より秋結実種が有意に多かった (Table 3a, b)。一方、風散布植物のクロマツの下とススキ草地との間では、有意な差はなかった (Table 3a, b)。

移住鳥散布植物の組成

植生調査枠に出現した鳥散布植物の総種数および総個

Table 1. Bird-dispersed seeds and plants found beneath four perch types. ■■■: fruiting season of two bird-dispersed perch tree species, □□□: fruiting season of bird-dispersed seeds and plants that were recorded.

Perch type	Species	Life form	Fallen seeds	Occurred plants	Fruiting season (month)												
					4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
<i>Prunus yedoensis</i> (N=9, n=36)	Summer-fruiting species
	<i>Sambucus racemosa</i> ssp. <i>sieboldiana</i>	Subtree	207
	<i>Cornus controversa</i>	Tree	136
	<i>Morus australis</i>	Shrub	119	70
	<i>Prunus yedoensis</i>	Tree	65
	<i>Rubus parvifolius</i>	Dwarf shrub	24	27
	<i>Eleutherococcus spinosus</i>	Shrub	12
	<i>Viburnum plicatum</i> var. <i>plicatum</i> f. <i>glabrum</i>	Subtree	7
	<i>Prunus verecunda</i>	Tree	2	2
	<i>Prunus grayana</i>	Tree	1
	<i>Machilus thunbergii</i>	Tree		8
	Autumn-fruiting species
	<i>Rose multiflora</i>	Shrub	34	45
	<i>Ilex integra</i>	Tree	6
	<i>Paederia scandens</i>	Herbaceous vine	4	16
	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	Woody vine	4	3
	<i>Sorbus commixta</i>	Tree	3
	<i>Phytolacca americana</i>	Herb	2
	<i>Viburnum dilatatum</i>	Shrub	2
	<i>Rhus javanica</i> var. <i>roxburghii</i>	Subtree		55
	<i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	Tree		4
	<i>Celastrus orbiculatus</i>	Woody vine		2
	<i>Trachycarpus fortunei</i>	Tree		1
	<i>Ligustrum japonicum</i>	Subtree		1
<i>Sorbus commixta</i> (N=10, n=40)	Summer-fruiting species
	<i>Sambucus racemosa</i> ssp. <i>sieboldiana</i>	Subtree	37
	<i>Morus australis</i>	Shrub	22	7
	<i>Machilus thunbergii</i>	Tree		1
	Autumn-fruiting species
	<i>Rose multiflora</i>	Shrub	1295	62
	<i>Paederia scandens</i>	Herbaceous vine	506	146
	<i>Ilex integra</i>	Tree	160	3
	<i>Sorbus commixta</i>	Tree	159	1
	<i>Celastrus orbiculatus</i>	Woody vine	63	26
	<i>Phytolacca americana</i>	Herb	42
	<i>Callicarpa japonica</i>	Shrub	7
	<i>Viburnum dilatatum</i>	Shrub	3
	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	Woody vine	2	30
	<i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	Tree	2	1
	<i>Liriope platyphylla</i>	Herb	1
	<i>Rhus javanica</i> var. <i>roxburghii</i>	Subtree	1
	<i>Ilex crenata</i> var. <i>paludosa</i>	Shrub		14
	<i>Euonymus japonicus</i>	Shrub		10
	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	Woody vine		3
	<i>Rubia argyi</i>	Herb		3
	<i>Pinus thunbergii</i> (N=10, n=40)	Summer-fruiting species
		<i>Sambucus racemosa</i> ssp. <i>sieboldiana</i>	Subtree	2
		Autumn-fruiting species
<i>Paederia scandens</i>		Herbaceous vine	25	176
<i>Rose multiflora</i>		Shrub	12
<i>Sorbus commixta</i>		Tree	6	4
<i>Ilex integra</i>		Tree	3
<i>Liriope platyphylla</i>		Herb	3
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>		Woody vine	1	5
<i>Celastrus orbiculatus</i>		Woody vine	1	3
<i>Ilex crenata</i> var. <i>paludosa</i>	Shrub		3
Grass (N=10, n=40)	Autumn-fruiting species
	<i>Rhus javanica</i> var. <i>roxburghii</i>	Subtree	1

'N' and 'n' indicate the numbers of seed traps (1.5m²) and quadrats (1m²), respectively. Values in the table are the total numbers of bird-dispersed seeds and plants that occurred.

Table 2. Numbers and species of bird-dispersed seeds recorded beneath four perch types during the early summer (25 June 2001 to 25 July 2001) and in the autumn-winter period (1 October 2000 to 1 March 2001).

Perch type	N	Seeds (1.5 m^{-2})	Seed species (1.5 m^{-2})
<i>Prunus yedoensis</i>	9	71.8± 37.0 (78.0)a	6.7±2.0 (7.0)a
<i>Sorbus commixta</i>	10	240.9±149.3 (187.0)b	7.5±1.3 (7.0)a
<i>Pinus thunbergii</i>	10	5.3± 8.0 (2.0)c	1.6±1.5 (1.5)b
Grass	10	0.1± 0.3 (0.0)d	0.1±0.3 (0.0)c

Values in the table show means and sds (medians). Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) across perch types based on Mann-Whitney U-test using Bonferroni's method. 'N' indicates the numbers of seed traps.

Table 3. Numbers (a) and species (b) of bird-dispersed seeds classified as summer-fruiting and autumn-fruiting species beneath four perch types in early summer (25 June 2001 to 25 July 2001) and in autumn-winter (1 October 2000 to 1 March 2001).

(a)

Perch type	N	Seeds (1.5 m^{-2})		P
		Summer-fruiting species	Autumn-fruiting species	
<i>Prunus yedoensis</i>	9	65.7±35.4 (70.0)a	5.5± 7.6 (3.0)a	***
<i>Sorbus commixta</i>	10	5.9±10.3 (1.5)b	235.0±150.7 (180.5)b	***
<i>Pinus thunbergii</i>	10	0.2± 0.4 (0.0)b	5.1± 8.1 (2.0)a	ns
Grass	10	— c	0.1± 0.3 (0.0)c	ns

(b)

Perch type	N	Seed species (1.5 m^{-2})		P
		Summer-fruiting species	Autumn-fruiting species	
<i>Prunus yedoensis</i>	9	5.1±1.7 (5.0)a	1.4±1.2 (2.0)a	***
<i>Sorbus commixta</i>	10	1.0±0.8 (1.0)b	6.5±1.4 (6.5)b	***
<i>Pinus thunbergii</i>	10	0.2±0.4 (0.0)b	1.4±1.6 (1.0)a	ns
Grass	10	— c	0.1±0.3 (0.0)c	ns

Values in the tables show means and sds (medians). Different letters are significantly different ($p < 0.05$) across perch types based on Mann-Whitney U-test using Bonferroni's method. P indicates the significance of the differences (***, $P < 0.001$; ns, $P \geq 0.05$) between summer-fruiting and autumn-fruiting species for each perch type based on Mann-Whitney U-test. '—' and 'N' indicate the absence of a species and the numbers of seed traps, respectively.

体数は、ソメイヨシノの樹冠下で 12 種 234 個体、ナナカマドの樹冠下で 13 種 307 個体、クロマツの樹冠下で 5 種 191 個体、そして、ススキ草地には皆無であった (Table 1)。出現した鳥散布植物の種数は、ソメイヨシノとナナカマドで有意な差は無く、クロマツとススキ草地より有意に多かった (Table 4a)。一方、個体数はこれら 3 樹種の間で有意な差はなかった (Table 4a)。これは、クロマツの下ではつる性草本のヘクソカズラ *Paederia scandens* が著しく多かったことが影響していた (Table 1)。そこで、出現した植物のうち木本種のみで同様の比較を行ったと

ころ、種数、個体数ともに、クロマツやススキ草地に比べてソメイヨシノとナナカマドで有意に多かった (Table 4b)。

出現した植物を夏結実種と秋結実種とに分けて、種数および個体数を樹種間で比較した。種数、個体数ともに、夏結実種は秋結実のナナカマドの樹冠下より夏結実のソメイヨシノの樹冠下で多く、逆に、秋結実種は夏結実のソメイヨシノの樹冠下よりも秋結実のナナカマドの樹冠下で多かった (Table 5a, b)。さらに、各樹種の樹冠下に出現した夏結実種と秋結実種の種数および個体数を比

Table 4. Numbers and species of both all bird-dispersed plants (a) and bird-dispersed woody plants (b) beneath four perch types in September 2000.

(a)

Perch type	N	All plants(m ⁻²)	
		Plants	Plant species
<i>Prunus yedoensis</i>	36	6.7±3.6 (7.0)a	2.8±1.3 (3.0)a
<i>Sorbus commixta</i>	40	7.7±5.5 (5.5)a	2.7±1.3 (3.0)a
<i>Pinus thunbergii</i>	40	4.8±2.8 (5.0)a	1.2±0.5 (1.0)b
Grass	40	— b	— c

(b)

Perch type	N	Woody plants(m ⁻²)	
		Plants	Plants species
<i>Prunus yedoensis</i>	36	6.1±3.5 (6.5)a	2.4±1.1 (3.0)a
<i>Sorbus commixta</i>	40	2.4±2.8 (2.0)a	1.1±0.8 (1.0)a
<i>Pinus thunbergii</i>	40	0.2±0.6 (0.0)b	0.1±0.3 (0.0)b
Grass	40	— c	— c

Values in the tables show means and sds (medians). Different letters are significantly different ($p < 0.05$) across perch types based on Mann-Whitney U-test using Bonferroni's method. '—' and 'N' indicate the absence of a species and the numbers of quadrats, respectively.

Table 5. Numbers (a) and species (b) of bird-dispersed plants classified as summer-fruited and autumn-fruited species beneath four perch types in September 2000.

(a)

Perch type	N	Plants(m ⁻²)		P
		Summer-fruited species	Autumn-fruited species	
<i>Prunus yedoensis</i>	36	3.1±2.6 (2.0)a	3.7±3.2 (3.0)a	ns
<i>Sorbus commixta</i>	40	0.2±0.6 (0.0)b	7.5±5.4 (5.0)b	***
<i>Pinus thunbergii</i>	40	— c	4.8±2.8 (5.0)c	***

(b)

Perch type	N	Plant species(m ⁻²)		P
		Summer-fruited species	Autumn-fruited species	
<i>Prunus yedoensis</i>	36	1.1±0.6 (1.0)a	1.6±1.2 (2.0)a	ns
<i>Sorbus commixta</i>	40	0.2±0.4 (0.0)b	2.5±1.2 (2.0)b	***
<i>Pinus thunbergii</i>	40	— ab	1.2±0.5 (1.0)a	***

Values in the tables show means and sds (medians). Different letters are significantly different ($p < 0.05$) across perch types based on Mann-Whitney U-test using Bonferroni's method. P indicates the significance of the differences (***, $P < 0.001$; ns, $P \geq 0.05$) between summer-fruited and autumn-fruited species for each perch type based on Mann-Whitney U-test. '—' and 'N' indicate the absence of a species and the numbers of quadrats, respectively.

較した。種数、個体数ともに、夏結実のソメイヨシノの樹冠下では夏結実種と秋結実種の間に有意な差はなかった (Table 5a, b)。一方、秋結実のナナカマドの樹冠下では夏結実種より秋結実種の方が有意に多かった (Table 5a, b)。

種子が散布されていたにもかかわらず定着していなかった植物種や、逆に、種子が散布されていなかったにもかかわらず定着していた植物種は、ソメイヨシノ、ナナカマド、クロマツのいずれの樹冠下においても確認された (Table 1)。

考 察

緑化木の樹冠下に散布された鳥散布種子の種数および個数、また、出現した鳥散布植物の種数および個体数は、ともに、ススキ草地よりも多かった。この結果は、草地などに孤立する樹木が種子散布や実生更新を増加させる働きをもつことを示した多くの研究 (Werner & Harbeck 1982; McDonnell & Stiles 1983; McDonnell 1986; McClanahan & Wolfe 1987, 1993; Robinson & Handel 1993; Vieira et al. 1994; Aide et al. 1995; Cardoso da Silva et al. 1996; Holl 1998, 2002; Holl et al. 2000; Kamitani et al. 1998; Duncan & Chapman 1999; Toh et al. 1999) と同様であった。

同じ緑化木であっても、風散布植物のクロマツの樹冠下よりも液果を着ける鳥散布植物のソメイヨシノとナナカマドの樹冠下で鳥散布種子は多かった。鳥散布植物の樹冠下で多くの鳥散布種子が確認された原因としては、果実食鳥類が緑化木の液果を餌として利用し、頻繁に緑化木に訪れたことが考えられる。

これらの結果は、種子散布者としての果実食鳥類が緑化木の樹冠下に移住する植物の種組成や個体数に影響を与えていることを示唆している。本研究では、実際に種子を散布していた鳥類を特定していないが、調査地周辺にはヒヨドリ、ツグミ、メジロ、ムクドリ、オナガ、ハシボソガラス、ハシブトガラスなどの果実食鳥類が分布している (新潟県野鳥愛護会 1982; 長岡野鳥の会 1988)。したがって、これらの鳥類が重要な種子散布者であると推測される。

本研究では、夏と秋・冬の異なる結実時期で鳥散布種子の捕捉を行った。その結果、ソメイヨシノの樹冠下では秋結実種よりも夏結実種が多く、ナナカマドの樹冠下には散布された鳥散布種子は夏結実種よりも秋結実種で多かった。すなわち、樹冠下に散布される鳥散布種子は、

結実季節が重ならない緑化木よりも重なる緑化木の樹冠下で多くなり、その緑化木の結実季節に類似する傾向にあることが示された。一方、ナナカマドの樹冠下に移住していた鳥散布植物は夏結実種よりも秋結実種で多かったのに対して、ソメイヨシノの樹冠下では夏結実種と秋結実種の間に有意な差がみられなかった。これらの結果は、緑化木とその樹冠下に散布された鳥散布種子との間で結実季節が類似する傾向にあったとしても、必ずしも、その散布種子の種組成が樹冠下に定着する鳥散布植物の種組成に反映されないことを示唆している。その原因は、種子散布後の発芽率の違いや定着に影響を与える環境条件の違いなどが考えられるが、明確にはできなかった。

種子散布者となる鳥類の種組成や個体数、行動範囲、食性などは、季節によって異なる (Jordano 1988; Herrera et al. 1994; Noma and Yumoto 1997; Herrera 1998)。したがって、これらの複合的な要因も夏結実種と秋結実種の種子散布の違いをもたらししていたと考えられる。クロマツの樹冠下で夏結実種がほとんど散布されていなかった原因も、このような季節による鳥類側の要因の違いと考えることができる。

ソメイヨシノ、ナナカマド、クロマツのいずれの樹冠下においても、種子が散布されていたにもかかわらず定着していなかった植物種や、逆に、種子が散布されていなかったにもかかわらず定着していた植物種が確認された。前者の原因としては、それらの植物種にとって樹冠下の環境が発芽や定着に適していなかったことが考えられる。一方、後者の原因としては、出現した植物が過去数年間に集積された種子散布を反映しているのに対して、捕捉された種子は年変動する結実状況や鳥類相の影響 (Herrera 1998) を受けたことが考えられる。

本研究結果より、隣接する植生から植物の種子を移住対象地に誘導するためには、目的とする植物と結実季節が重なる樹木を誘引木として植栽することが効果的であることが示唆される。一般に温帯地域では、秋から冬にかけて結実する鳥散布植物種が最も多く、ついで、夏結実種、春結実種の順で少なくなることが知られている (Thompson & Willson 1979; Stiles 1980, 1989; Herrera 1982; Willson 1986; Skeate 1987; 小南 1993; Noma and Yumoto 1997)。実際には、地域ごとに対象種の結実季節は異なる (Stiles 1980; Fuentes 1992)。また、種子が散布される距離は数十 m～数百 m の範囲にあり (Smith 1975; Howe & Vande Kerckhove 1981; Hoppes 1988; Murray 1988; 福井 1993)、稀に数 km にも及ぶことが知られている (Stakman et al. 1927; Nakanishi 1991)。これらの

ことを考慮して、ここでの研究成果を自然植生の復元を前提とした緑化に応用するためには、まず、対象地周辺の自然植生に分布する移住対象植物の結実季節を把握することが必要である。そこで得られた結実季節のスペクトルを基に、液果が様々な季節に次々と存在するように誘引木を選定することによって、多様な鳥散布植物から構成される植生へと誘導することが可能になると考えられる。

本来、植生復元のため材料は生態系や地域固有の遺伝的特性に負の影響を与えないことが必要である。そのために、対象地周辺に自生する樹木が選定され、移植されることが望ましい(鷲谷・矢原 1996)。しかしながら、郷土植物の供給体制は十分に整っていないのが現状である(中野 2001)。本研究の結果は、栽培種の鳥散布植物でも自然植生の復元を早期に図る媒体として十分に機能することを示した。したがって、地域固有の遺伝的特性を有する郷土種の植物材料が安定的に供給できるようになるまでは、ソメイヨシノやナナカマドのような栽培種を利用することも、次善の策としては有効な方法であると考えられる。特に、ソメイヨシノのように発芽能力のない不稔種子を形成する樹木は、たとえそれらの種子が散布されたとしても周辺植生に影響を与えることが少ない。

鳥散布植物は他の種子散布様式の植物に比べて都市化や道路建設の影響を受けにくい(亀山 1997)。したがって、早急に緑化対象地の樹林化を図る場合には、鳥散布植物を植生復元の材料として利用することは有効である。一方で、遷移初期の植生は、環境条件の変化にともない、遷移後期種や移住速度の遅い他の種子散布様式をもつ植物種から成る植生へと変化する(Connell & Slayter 1977; McIntosh 1980)。しかしながら、鳥散布植物を積極的に道路法面へと誘導すれば、鳥散布植物のみが優占して、他の種子散布様式の植物種が移住する余地がなくなること懸念される。したがって、さらに遷移を促進させるためには、移住対象とする植物の水分、光、養分などの要求性や生活史戦略(Grime 1977)を考慮して、緑化木の植栽密度を調整し、客土量や施肥量などを調整しておく必要がある。また、特定の植物種が優占して他の植物種の移住が妨げられる場合には、その植物の密度を小さくするように調整することも必要である。

本研究では、自然植生の復元を促す誘引木として鳥散布植物の緑化木を利用する考え方や誘引木の選定方法について提案した。このような方法で復元された植生の特徴は、地域固有の遺伝的な多様性や周辺の自然植生を構成

する植物種との連続性が確保されていることである。したがって、生物多様性を保全していく上で、本研究で提案する植生復元の方法が試みられることの意義は大きいと考えられる。さらに、ダム工事や河川改修工事の跡地、鉱山の跡地、埋立地などのように周辺植生との連続性が早急に求められる緑化にも応用できると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、JH 新潟管理事務所には調査に便宜を図っていただいた。調査には、新潟大学農学部生産環境科学科および新潟大学大学院自然科学研究科の学生にご協力をいただいた。なお、本研究は(社)道路緑化保全協会の助成事業の一環として行われた。

摘 要

道路沿いの盛土法面に緑化木として植栽された鳥散布植物が、鳥散布植物の移住を促進させるかどうかについて検討した。結実季節の異なる鳥散布植物や風散布植物の樹冠下と緑化木が植栽されていない草地に散布される鳥散布種子や出現する鳥散布植物の構成を比較した。対象とした緑化木は、鳥散布植物として初夏に液果を着けるソメイヨシノ(9 個体)と秋から冬にかけて液果を着けるナナカマド(10 個体)、風散布植物としてクロマツ(10 個体)とした。一方、緑化木が植栽されていない対照区は、ススキ草地(10 ヵ所)とした。鳥散布種子の調査は、各調査木の樹冠下とススキ草地の 10 ヵ所にシードトラップ(1.5 m², 0.86 mm メッシュ)を 1 個ずつ設置し、夏期(30 日間)と秋冬期(150 日間)に行った。また、植生調査は、各シードトラップに隣接して調査枠(1 m²)を 4 個ずつ設置し、晩夏に行った。

シードトラップに捕捉された鳥散布種子の種数および個数は、ススキ草地よりも緑化木の樹冠下で有意に多かった。同じ緑化木であっても、クロマツの樹冠下よりもソメイヨシノとナナカマドの樹冠下で有意に多かった。緑化木の樹冠下に落下した鳥散布種子の結実季節は、その緑化木の結実季節と有意な重なりを示した。また、植生調査枠に出現した鳥散布植物についても、鳥散布種子の場合と同様な結果を示した。

したがって、鳥散布植物の緑化木は、特に、その緑化木と結実季節が重なる鳥散布植物の移住を促進させることが明らかになった。すなわち、緑化のために植栽された鳥散布植物は、鳥類にとって魅力的な植物であり、自

然植生の復元を促進させる植生誘導木の役割を果たしていた。

引用文献

- 安保昭 (1983) のり面緑化工の発展経過と土木工学的位置。『のり面緑化工法—のり面の安定と緑化—』, pp. 13-18. 森北出版, 東京。
- 有村恒夫 (2002) 植栽バックの開発について。『道路と自然』**108**: 36-38。
- Aide T. M., Zimmerman J. K., Herrera L., Rosario M. & Serrano M. (1995) Forest recovery in abandoned tropical pasture in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* **77**: 77-86.
- Cardoso da Silva J. M., Uhl C. & Murray G. (1996) Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology* **10**: 491-503.
- Connell J. H. & Slatyer R. O. (1977) Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist* **111**: 1119-1144.
- Debussche M. & Isenmann P. (1994) Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. *Oikos* **69**: 414-426.
- Duncan R. S. & Chapman C. A. (1999) Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. *Ecological Applications* **9**: 998-1008.
- Fleming T. H. (1991) Fruiting plant-frugivore mutualism: the evolutionary theater and the ecological play. In: Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions (eds. P. W. Price, T. M. Lewinsohn, G. W. Fernandes & W. W. Benson), pp. 119-144. Wiley, New York.
- Fuentes M. (1992) Latitudinal and elevational variation in fruiting phenology among western European bird-dispersed plants. *Ecography* **15**: 177-183.
- 福井晶子 (1993) 被食種子散布における動植物の相互関係—ヒヨドリによる種子散布—。『動物と植物の利用しあう関係』(鷲谷いづみ・大串隆之編), pp. 222-235. 平凡社, 東京。
- Grime J. P. (1977) Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* **111**: 1169-1194.
- Guevara S., Purata S. E. & van der Maarel E. (1986) The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetatio* **66**: 77-84.
- 林太郎 (2002) 高速道路のり面における環境保全林づくり。『道路と自然』**114**: 8-9。
- Herrera C. M. (1982) Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers. *Ecology* **63**: 773-785.
- Herrera C. M., Jordano P., López-Soria L. & Amat J. A. (1994) Recruitment of a mast-fruited, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs* **64**: 315-344.
- Herrera C. M. (1998) Long-term dynamics of Mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. *Ecological Monographs* **68**: 511-538.
- Holl K. D. (1998) Do bird perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? *Restoration Ecology* **6**: 253-261.
- Holl K. D. (2002) Effects of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology* **90**: 189-187.
- Holl K. D., Loik M. E., Lin E. H. V. & Samuels I. A. (2000) Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* **8**: 339-349.
- Hoppes W. G. (1988) Seedfall pattern of several species of bird-dispersed plants in an Illinois woodland. *Ecology* **69**: 320-329.
- Howe H. F. & Smallwood J. (1982) Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* **13**: 201-228.
- Howe H. F. & van de Kerckhove G. A. (1981) Removal of wild nutmeg (*Virola surinamensis*) crops by birds. *Ecology* **62**: 1093-1106.
- Jordano P. (1988) Diet, fruit choice and variation in body condition of frugivorous warblers in Mediterranean scrubland. *Ardea* **76**: 193-209.
- Kamitani T., Kawaguti Y., Miguti H. & Takeda H. (1998) The role of *Rhus trichocarpa* Miq. patches in pine forest dynamics in Japan. *Journal of Sustainable Forestry* **6**: 175-186.
- 小南陽亮 (1993) 鳥類の果実食と種子散布—二面性をもった密接な共生関係—『動物と植物の利用しあう関係』(鷲谷いづみ・大串隆之編), pp. 207-211. 平凡社, 東京。
- Kominami Y., Tanouti H. & Sato T. (1998) Spatial pattern of bird-dispersed seed rain of *Daphniphyllum macropodum* in an evergreen broad-leaved forest. *Journal of Sustainable Forestry* **6**: 187-201.
- 近藤三雄 (2001) 道路緑化と植物材料—道路緑化に必要なとされる特性と今後の展望—。『道路と自然』**113**: 6-7。
- 亀山章 (1997) エコロード。ソフトサイエンス社, 東京。
- McClanahan T. R. & Wolfe R. W. (1987) Dispersal of ornithochorous seeds from forest edges in central Florida. *Vegetatio* **71**: 107-112.
- McClanahan T. R. & Wolfe R. W. (1993) Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology* **7**: 279-287.
- McDonnell M. J. (1986) Old field vegetation height and the dispersal pattern of bird-disseminated woody plants. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **113**: 6-11.
- McDonnell M. J. & Stiles E. W. (1983) The structural complexity of old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. *Oecologia* **56**: 109-116.
- McIntosh R. P. (1980) The relationship between succession and the recovery process in ecosystems. In: The recovery process in damaged ecosystems (ed. J. Cairns), pp. 11-64. Ann Arbor, Mich., Ann Arbor Sciences.
- Murray K. G. (1988) Avian seed dispersal of three neotropical gap-dependent plants. *Ecological Monographs* **58**: 271-298.
- Nakanishi H. (1991) Annual, monthly and daily variations of avian seed dispersal in an urban area. *Hikobia* **11**: 73-83.
- 長岡野鳥の会 (1988) 信濃川の野鳥。長岡野鳥の会, 新潟。
- 中野裕司 (2001) 郷土植物利用の意義と課題について。『道路と自然』**113**: 14-16。
- 新潟県野鳥愛護会 (1982) 鳥類生息状況調査報告書。新潟県生活環境部自然保護課, 新潟。

- Noma N. & Yumoto T. (1997) Fruiting phenology of animal-dispersed plants in response to winter migration of frugivores in a warm temperate forest on Yakushima Island, Japan. *Ecological Research* **12**: 119-129.
- 岡本素治 (1999) 鳥と多肉果のもちつもたれつの関係—果実の形態, 生長・成熟フェノロジーとヒヨドリの好み—. 「種子散布く助けあいの進化論 1」—鳥が運ぶ種子— (上田恵介編), pp. 27-39. 築地書館, 東京.
- 大内千秋 (2001) 東富士五湖道路におけるエコロード追跡調査. *道路と自然* **113**: 24-29.
- Robinson G. R. & Handel S. N. (1993) Forest restoration on a closed landfill: rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology* **7**: 271-277.
- Skeate S. T. (1987) Interactions between birds and fruits in a Northern Florida Hammock Community. *Ecology* **68**: 297-309.
- Smith A. J. (1975) Invasion and ecesis of bird-disseminated woody plants in a temperate forest sere. *Ecology* **56**: 19-34.
- Stakman E. C., Kempton F. E. & Hutton D. (1927) The common barberry and black stem rust. *In*: USDA Farmers Bulletin No. 1544. pp. 28.
- Stapanian M. A. (1986) Seed dispersal by birds and squirrels in the deciduous forests of the United States. *In*: *Frugivores and seed dispersal* (eds. A. Estrada & T. H. Fleming), pp. 225-236. Dr. W. Junk, Dordrecht, The Netherlands.
- Stiles E. W. (1980) Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest. *American naturalist* **116**: 670-688.
- Stiles E. W. (1989) Fruits, seeds, and dispersal agents. *In*: *Plant-animal interactions* (ed. W. G. Abrahamson), pp. 87-122. McGraw-Hill, New York. New York.
- Thompson J. N. & Willson M. F. (1979) Evolution of temperate fruit/bird interactions: phenological strategies. *Evolution* **33**: 973-982.
- Toh I., Gillespie M. & Lamb D. (1999) The role of isolated trees in facilitating tree seedling recruitment at a degraded sub-tropical rainforest site. *Restoration Ecology* **7**: 288-297.
- 上田恵介 (1999) 意外な鳥の意外な好み—目立たない“乾果”を誰が食べる?—. 「種子散布く助けあいの進化論 1」—鳥が運ぶ種子— (上田恵介編), pp. 64-75. 築地書館, 東京.
- 上杉章雄 (2001) 現場発生表土を利用した吹付緑化工法について. *道路と自然* **111**: 38-41.
- Uhl C., Clark H., Clark K. & Maquirino P. (1982) Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro region of the Amazon Basin. *Biotropica* **14**: 249-254.
- Vieira I. C. G., Uhl C. & Nepstad D. (1994) The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a 'succession facilitator' in an abandoned pasture, Paragominas, Amazonia. *Vegetatio* **115**: 91-99.
- 鷲谷いづみ・矢原徹一 (1996) 生物多様性の管理・回復. 「保全生態学入門—遺伝子から生態まで—」, pp. 211-237. 文一総合出版, 東京.
- Werner P. A. & Harbeck A. L. (1982) The pattern of tree seedling establishment relative to staghorn sumac cover in Michigan old fields. *American Midland Naturalist* **108**: 124-132.
- Willson M. F. (1986) Avian frugivory and seed dispersal in eastern North America. *In*: *Current Ornithology*, vol. **3** (ed. R. F. Johnston), pp. 223-279. Plenum Press, New York. New York.
- Willson M. F. & Traveset A. (2000) The ecology of seed dispersal. *In*: *Seeds, The ecology of regeneration in plant communities*, 2nd ed. (ed. M. Fenner), pp. 85-110. CABI Publishing, New York.
- Willson M. R., Irvine A. K. & Walsh N. G. (1989) Vertebrate-dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities with geographical comparisons. *Biotropica* **21**: 133-147.
- 山辺正司 (2002) 表土移植による自然環境の復元について. *道路と自然* **114**: 26-29.
- Yarranton G. A. & Morrison R. G. (1974) Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. *Journal of Ecology* **62**: 417-428.