

# 市街地・郊外の人工林における下層植生と埋土種子の比較

— 石狩地域の森林における事例

細工藤 茉 緒\*・松 山 周 平\*

Comparing understory vegetation and seed bank in urban and suburban artificial plantations  
—a case for forests in Ishikari area

Mao SAIKUDO\* and Shuhei MATSUYAMA\*  
(Accepted 12 July 2018)

## 要 旨

森林の整備には生物多様性保全への配慮が求められている。北海道石狩地域の市街地にある野幌鉄道林では間伐を伴う森林整備が計画されているが、市街地での間伐は郊外とは異なる植生変化を生ずる可能性がある。そこで本研究では野幌鉄道林と郊外にある望来植林地の下層植生と埋土種子の種多様性と種構成を比較し、間伐後の植生を予測した。

各調査地で5m×5mのプロット10個について下層出現種と出現頻度を調べた。各プロットから土壌を採取し、撒き出し実験を行って、埋土種子中の植物種の構成と出現頻度を調べた。下層植生と埋土種子中の植物について種の豊富さ、Shannon および Simpson の多様度指数を求め、調査地間で比較した。種構成は各プロットを序列化し、NMDS を用いて分類した。

市街地と郊外では種多様度に有意な差は認められなかったが、NMDSによる分類は、市街地と郊外では下層種の構成は幾分異なることを示していた。市街地の指標種にはヤマブドウなどのツル植物だけでなく、外来種であるオオハンゴンソウとハリエンジュが含まれていた。指標種に大型草本があることは、現状では埋土種子からの更新が起こりにくいことを示唆しており、整備時に下層の刈り出しを行う方が下層の種多様性を高めることが期待できる。埋土種子では、種の豊富さに有意な差が認められた。市街地と郊外では種構成は異なっており、指標種には郊外にヤマグワが含まれていたが、下層と異なる大型草本や早生樹は含まれていなかった。これらのことから整備後の下層植生は現存の下層種によると

ころが大きいと考えられる。在来種主体の植生を維持するという観点からすると、市街地ではつる切りや下層での外来の大型草本や早生樹の継続的な除去が必要と考えられる。

keywords : 外来種, 指標種, 非計量多次元尺度法, 種の豊富さ, 種多様性

## 背景と目的

森林管理とそのための整備作業は従来、森林の生産性や作業効率を重視するものであった(相場, 1987)。しかし近年では生態系管理やモニトリオールプロセスなどの影響を受け、森林管理や整備作業には、持続的な森林資源の利用や森林生態系の機能や構造の保全が求められるようになってきている(長池, 2002)。そのため、樹木の伐採、笹の刈り払いといった森林整備作業でも、生物多様性保全に留意する必要がある。

上層木の伐採は、個体群や埋土種子を更新させると考えられている一方で、外来種に生息地を提供する場合がある(深田・亀山, 2005)。これは外来植物の土壌シードバンクが維持されている場合、上層木の伐採による攪乱を受けることで外来植物が優占することによる(鷺谷, 2000)。特に、分断化した森林では外来種が侵入しやすいことが報告されており(Yates et al., 2004)、孤立していることの多い市街地の森林の伐採では外来種の侵入を受けやすいことが予想される。森林が成熟すると外来種は減少するという指摘もあるが(Masaka et al., 2013)、上層木の伐採後に外来種が繁茂することは、景観上好ましくないと考えられる。

\* 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類

Rakuno Gakuen University, College of Agriculture, Food and Environmental Sciences, Department of Environmental and Symbiotic Sciences

こうした背景から、近年では開発や森林整備などの植生攪乱を伴う人為改変に対し、事前・事後のモニタリングや(矢部ら, 1997), 改変前に事後の植生を予測するための研究が行われている(e.g. 小柳ら, 2007; 小柳ら, 2011)。特に小柳ら(2011)では、埋土種子を調査し、伐採後出現する種や生態を予測することを試みている。

北海道石狩地域にある江別市では野幌駅を中心とした都心地区において、都市機能の充実による市街地の活性化や、環境に配慮した賑わいと魅力ある街づくりを目指す「江別の顔づくり事業」が進められている(江別市, 2017)。その中で野幌駅東側の鉄道林用地については、「江別市緑の基本計画」や「都心地区整備基本計画」において、「都心の希少な自然、市民の憩いの緑空間として整備・保全を図る」としており、都市環境や快適な生活環境の向上、防災機能の観点から貴重な緑空間として、整備・保全するための方針を検討している(江別市, 2017)。この事業では危険木の伐採、外来種の駆除やササの刈り払いをして在来種主体の林へ再生する案が出されているが(江別市, 2017)、伐採やササの刈り払いにより植生がどのように変化するのが十分にわかっているわけではない。

本研究では、野幌鉄道林整備における在来種保全対策の重要性を評価するために、市街地にある野幌鉄道林と郊外にある望来植林地の人工林において下層植生と埋土種子の種多様性と種構成を比較し、間伐後の植生を予測した。さらにこれらの結果を元に、上層木の伐採後に必要な整備について提言する。

## 材料と方法

### 調査対象地

野幌鉄道林は野幌駅東側に位置している JR 函館本線の鉄道防風林の一部であり、約 2.2 ha の広さを有している。中央部には、南北方向の連絡通路があり、中央部の連絡通路から西側はトウヒ類を主体とした人工林となっている(江別市, 2017)。連絡通路より東側は沢地形で、湿地を好むヤチダモ等の自生種が生育している(江別市, 2017)。この沢地形の樹林は平成 17 年と 24 年に環境調査が行われ、エゾサンショウウオが確認された(江別市, 2017)。

望来植林地は厚田区に酪農学園大学が所有している植林地で、約 121 ha の広さがあり、主にトドマツを植林している(酪農学園大学 HP)。標高は 20~126 m である(古賀, 2017)。天然林の面積は 38.8 ha あり、植林地全体の約 33% である。天然林は尾根筋や谷の急斜面等の植林が困難な場所に多く、全

体として遷移中期の二次林である(古賀, 2017)。人工林の面積は 74.1 ha あり、植林地全体の約 63% である。74.1 ha のうちトドマツ林は 65.5 ha の面積を占めている(古賀, 2017)。

### 下層の種多様性と種構成

各調査地の下層植生を調べるため、2017 年 8 月 4 日に野幌鉄道林(以下、市街地人工林)、2017 年 7 月 5 日に望来植林地(以下、郊外人工林)の植生を調査した。

各調査地で 35 m×35 m の調査区を作り、その中から 5 m×5 m のプロットをランダムに 10 個抽出した。そのプロットをさらに 4 つに分割してサブプロットを設置し、サブプロットごとに出現種を記録した。出現種の生活形、また、外来種かどうかはそれぞれ北川(1994)、五十嵐(2016)を参照した。また、各調査地の林相を把握するため、調査区内の胸高直径 5 cm 以上の樹木について、胸高直径を測定し、胸高断面積を算出した(Table 1)。さらに、林床の光環境を把握するために、各プロットにおいて相対光子束密度(rPPFD(%))を測定した(Table 2)。

### 埋土種子の種多様性と種構成

各調査地の埋土種子を調べるために、実生出現法を用いて埋土種子相を調査した。

土壌は、2017 年 6 月 6 日と 6 月 9 日に市街地人工

**Table 1** The basal area at breast height (m<sup>2</sup>/ha) for total of all species and the total of every species in urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Numbers in the parenthesis indicate number of trees in a plot (35 m × 35 m).

Species	Urban	Suburban
<i>Picea abies</i>	29.27( 83)	—
<i>Abies sachalinensis</i>	21.12( 73)	48.43(122)
<i>Betula tauschii</i>	1.04( 1)	—
<i>Quercus crispula</i>	0.43( 1)	—
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.32( 1)	—
Total	52.19(159)	48.43(122)

**Table 2** The relative photosynthetic photon flux density (rPPFD, %) of understory layer in urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Means and standard errors are shown.

Site	rPPFD (%)
Urban	3.52 ± 0.47***
Suburban	0.96 ± 0.10

\*\*\*; t-test  $P < 0.001$

林, 2017年6月11日に郊外人工林で採取を行った。下層植生調査の各プロットにおいて, 表面上のリターを除き, 土壌約400 mlを土壌コアサンプラーを用いて採取した。採取したサンプルは撒き出し実験開始まで冷蔵庫で保存した。

酪農学園フィールド教育研究センターのビニールハウスで, 2017年8月7日から同年9月3日の28日間撒き出し実験を行った。長さ46.5 cm×幅23.7 cm×高さ17.5 cmのプランター20鉢にパーミキュライトを入れ, 1つの鉢に1プロット分の土壌を均等になるように広げて撒き出した。2日毎に灌水し, 3日毎に出現種を種同定し, カウントした。

### 統計解析

下層植生におけるプロットごとの各種出現頻度, 撒き出し実験での出現種数から種の豊富さ, ShannonおよびSimpsonの多様度指数を求め, 種の豊富さにはMann-Whitney検定, 多様度指数には $t$ 検定を用いて調査地間で比較した。種構成はBray-Curtisの非類似度を用いた非計量多次元尺度法(nonmetric multidimensional scaling, NMDS)でプロットを序列化し, 分類した。kはSTRESS値が0.05よりも小さい値を取ったものを採用し, グ

ループ数は2~6のうちCalinski-Harabasz基準値が最大となるグループ数とした。また, 指標種分析により指標種を抽出した。

解析にはR version 3.2.4(R Core Team 2016)を用いた。NMDSにはRパッケージvegan(Okusanen et al., 2016)のmetaMDS, 指標種分析にはRパッケージlabdsv(Roberts, 2016)のindvalを用いた。

## 結 果

### 下層植生調査

出現種は科, 属レベルまでの同定のも含め, 全体で122種であった。

主要種は異なっており, 市街地人工林ではヤマグワやヤマブドウ, ツククサ, セイヨウタンポポ, オオハンゴンソウ, ナナカマド, コナスビ, エゾニワトコ, アオスゲであり, 郊外人工林ではツルアジサイやトドマツ, タラノキ, サルナシ, クルマバソウ, チシマザサ, アキタブキであった。ツタウルシ, クマイザサ, チシマアザミは各調査地に共通してよく出現していた(Table 3)。

種の豊富さ, Shannonの多様度指数, Simpsonの多様度指数では, 市街地人工林と郊外人工林との間に有意な差は認められなかった(Table 4)。

**Table 3** The frequency of each species in the understory layer of urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Life forms from Kitagawa (1994) (Japanese) are shown. Frequency indicates the number of subplots (40 plots in total for each site). Asterisk indicates exotic species.

Japanese name	Species	Life form	Exotic	Urban (40)	Suburban (40)
Akabana	<i>Epilobium pyrricholophum</i>	HH		1	0
Akikaramatsu	<i>Thalictrum kemense</i>	H		0	1
Akinokirinsou	<i>Solidago virgaurea</i>	H		0	4
Akitabuki	<i>Bynostemma pentaphyllum</i>	G		5	9
Amachaduru	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	G		1	0
Amerikatsurumasaki	<i>Euonymus fortunei var. radicans</i>			2	0
Aosuge	<i>Carex leucochlora</i>	H		17	0
Chishimaazami	<i>Cirsium kamtxhaticum</i>	H		8	17
Chishimazasa	<i>Sasa kurilensis</i>	N		0	13
Enreisou	<i>Trillium smallii</i>	G		2	0
Enreisou (genus) sp.	<i>Trillium</i> sp.			0	4
Ezofuyunohanawarabi	<i>Sceptridium multifidum</i>	G		0	1
Ezoniwatoko	<i>Sambucus sieboldiana</i>	N		26	2
Ezonoyotsubamugura	<i>Galium kamschaticum</i>	H		0	2
Ezoyamasakura	<i>Prunus sargentii</i>	MM		0	3
Fukkisou	<i>Pachysandra terminalis</i>	Ch		0	2
Furansugiku	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	H	*	5	0
Gagaimo (family) sp.	Asclepiadoideae sp.			0	1
Gamazumi (genus) sp.	<i>Viburnum</i> sp.			0	1
Ginran	<i>Cephalanthera erecta</i>			0	8
Haiinugaya	<i>Cephalotaxus harringtonia</i>			0	9

Table 3 のつづき

Japanese name	Species	Life form	Exotic	Urban (40)	Suburban (40)
Harienju	<i>Robinia pseudoacacia</i>		*	9	0
Harigiri	<i>Kalopanax pictus</i>			0	12
Harujoon	<i>Erigeron philadelphicus</i>		*	0	5
Harunire	<i>Ulmus japonica</i>			0	5
Heraoobako	<i>Plantago lanceolata</i>		*	1	0
Hikiokoshi	<i>Plectranthus japonicus</i>			2	0
Hoonoki	<i>Magnolia obovata</i>			0	2
Houchakusou	<i>Disporum sessile</i>	G		0	7
Ichii	<i>Taxus cuspidata</i>	M		2	0
Ichiyakusou	<i>Pyrola japonica</i>	H		0	1
Inugansoku	<i>Matteuccia orientalis</i>	Ch		0	1
Ishimikawa	<i>Polygonum perfoliatum</i>	Th		1	0
Itayakaede	<i>Acer mono</i>	MM		0	5
Iwagarami	<i>Schizophragma hydrangeoides</i>	MM		0	5
Kasumizakura	<i>Prunus verecunda</i>	MM		0	1
Kayatsurigusa (family) sp.1	Cyperaceae sp.1	H		0	2
Kayatsurigusa (family) sp.2	Cyperaceae sp.2	H		0	1
Kayatsurigusa (family) sp.3	Cyperaceae sp.3	H		0	1
Kayatsurigusa (family) sp.4	Cyperaceae sp.4	H		2	0
Kayatsurigusa (family) sp.5	Cyperaceae sp.5	H		1	0
Kayatsurigusa (family) sp.6	Cyperaceae sp.6	H		3	0
Kiku (family) sp.1	Asteraceae sp.1			4	0
Kiku (family) sp.2	Asteraceae sp.2			0	1
Kiku (family) sp.3	Asteraceae sp.3			0	5
Kofutabaran	<i>Listera cordata</i>	G		0	3
Koichiyakusou	<i>Pyrola secunda</i>	H		0	2
Konasubi	<i>Lysimachia japonica</i>	H		17	0
Kumaizasa	<i>Sasa senanensis</i>	N		22	15
Kuri	<i>Castanea crenata</i>	MM		1	0
Kurumabasou	<i>Asperula odorata</i>	H		5	18
Kusanoou	<i>Chelidonium majus</i>	Th		9	0
Maidurusou	<i>Maianthemum dilatatum</i>	G		0	1
Mamushigusa	<i>Arisaema japonicum</i>	G		9	1
Matatabi (genus) sp.	<i>Actindia</i> sp.			0	1
Mimikoumori	<i>Cacalia auriculata</i> var. <i>kamtschatica</i>	G		0	5
Mitsuba	<i>Cryptotaenia japonica</i>	H		1	0
Miyamaibota	<i>Ligustrum tschonoskii</i>	N		12	0
Miyamauzura	<i>Goodyera schlechtendaliana</i>	H		0	2
Mizuki	<i>Cornus controversa</i>	MM		1	11
Mizunara	<i>Quercus crispula</i>	H		2	5
Mukagoirakusa	<i>Laportea bulbifera</i>	M		0	1
Nanakamado	<i>Sorbus commixta</i>	H		35	7
Nishikigi (genus) sp.	<i>Euonymus</i> sp.			0	1
Nogeshi	<i>Sonchus oleraceus</i>	Th		1	0
Noriutsugi	<i>Hydrangea paniculata</i>	N		0	5
Ohyou	<i>Ulmus laciniata</i>	MM		0	1
Ooamadokoro	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>maximowiczii</i>	G		0	2
Oobako	<i>Plantago asiatica</i>	H		1	0
Oohanaudo	<i>Heracleum dulce</i>	G		0	1
Oohangonsou	<i>Rudbeckia lainiata</i>	H	*	18	0

Table 3 のつづき

Japanese name	Species	Life form	Exotic	Urban (40)	Suburban (40)
Oomarubanohoroshi	<i>Solanum megacarpum</i>	G		1	0
Oomeshida	<i>Athyrium pterorachis</i>	Ch		0	2
Ootachitsubosumire	<i>Viola kusanoana</i>	H		0	4
Ooyomogi	<i>Artemisia montana</i>	H		2	0
Oshida	<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	Ch		0	2
Ottachikatabami	<i>Oxalis dillenii</i>		*	11	0
Ran (family) sp.	Orchidaceae sp.			1	0
Ruiyoushouma	<i>Actaea asiatica</i>	G		0	3
Ruiyoushouma (genus) sp.	<i>Actaea</i> sp.			0	1
Sakura (genus) sp.	<i>Prunus</i> sp.			0	1
Sarunashi	<i>Actindia arguta</i>	M		7	24
Seiyoukatabami	<i>Oxalis</i> sp.			1	0
Seiyoutannpopo	<i>Taraxacum officinale</i>	H	*	16	2
Sentousou	<i>Chamaele decumbens</i>	H		0	1
Seri (family) sp.1	Apiaceae sp.1			1	0
Seri (family) sp.2	Apiaceae sp.2			0	2
Shida (class) sp.1	Pteridopsida sp.1			3	0
Shida (class) sp.2	Pteridopsida sp.2			1	0
Shirakaba	<i>Betula tauschii</i>	MM		1	4
Sugina	<i>Equisetum arvense</i>	G		4	0
Tachitsubosumire	<i>Viola grypoceras</i>	H		0	9
Tanigikyuu	<i>Peracarpa carnosus</i> var. <i>circaeoides</i>	H		0	4
Taranoki	<i>Aralia elata</i>	M		8	11
Todomatsu	<i>Abies sachalinensis</i>	MM		7	32
Tokusa	<i>Equisetum hyemale</i>	G		1	0
Tsukubanesou	<i>Paris tetraphylla</i>	G		0	1
Tsuribana	<i>Eunymus oxyphullus</i>	N		2	0
Tsurifunesou	<i>Impatiens textori</i>	Th		1	1
Tsuruajisai	<i>Hydrangea petiolaris</i>	MM		0	11
Tsurumasaki	<i>Euonymus fortunei</i>	M		2	1
Tsuruumemodoki	<i>Celastrus orbiculatus</i>	M		21	5
Tsuturaushi	<i>Toxicodendron orientale</i>			18	34
Tsuyukusa	<i>Commelina communis</i>	Th		24	0
Udo	<i>Aralia cordata</i>	G		0	4
Umanomitsuba	<i>Sanicula chinensis</i>	H		0	1
Umegasasou	<i>Chimaphila japonica</i>	Ch		0	2
Yabutabirako	<i>Lapsana humilis</i>	Th		1	0
Yachidamo	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	MM		1	0
Yamabudou	<i>Vitis coignetiae</i>	M		31	9
Yamaguwa	<i>Morus bombycis</i>	M		11	14
Yamamomiji	<i>Acer palmatum</i> var. <i>matsumurae</i>	MM		0	2
Yamaurushi	<i>Toxicodendron trichocarpum</i>	M		0	2
Yanagi (family) sp.	Salicaceae sp.			1	0
Yobusumasou	<i>Cacalia hastata</i> var. <i>orientalis</i>	G		0	2
Yomogi	<i>Artemisia princeps</i>	H	*	1	0
Yoroppatouhi	<i>Picea abies</i>		*	1	0
Yotsubahiyodori	<i>Eupatorium chinense</i>	H		0	3
Youshuyamagobou	<i>Phytolacca americana</i>	G	*	1	0
Yuri (family) sp.1	Liliaceae sp. (before APGIII classification)			0	1
Yuri (family) sp.2	Liliaceae sp. (before APGIII classification)			0	1



**Table 4** The species richness, Shannon index, and Simpson index of understory layer in urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Means and standard errors are shown.

Site	Species richness	Shannon index	Simpson index
Urban	21.3 ± 0.9 <sup>NS</sup>	3.05 ± 0.04 <sup>NS</sup>	0.95 ± 0.00 <sup>NS</sup>
Suburban	24.1 ± 1.5	3.17 ± 0.06	0.96 ± 0.00

<sup>NS</sup>, Wilcoxon rank sum test  $P > 0.05$  (for species richness)

<sup>NS</sup>,  $t$ -test  $P > 0.05$  (for Shannon index and Simpson index)

**Table 5** The list of indicator species as a result of indicator species analysis for understory layer in urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. The indicator values and  $P$ -values are shown. Asterisk indicates exotic species.

Species	Exotic	Indicator value	$P$
<b>Urban</b>			
<i>Commelina communis</i>		1.000	0.001
<i>Sambucus sieboldiana</i>		0.929	0.001
<i>Lysimochia japonica</i>		0.900	0.001
<i>Rudbeckia lanata</i>	*	0.900	0.001
<i>Sorbus commixta</i>		0.833	0.001
<i>Carex leucochlora</i>		0.800	0.003
<i>Vitis coignetiae</i>		0.775	0.001
<i>Oxalis dillenii</i>	*	0.700	0.005
<i>Taraxacum officinale</i>	*	0.622	0.014
<i>Ligustrum tschonoskii</i>		0.600	0.016
<i>Robinia pseudoacacia</i>	*	0.600	0.007
<i>Celastrus orbiculanus</i>		0.565	0.044
<i>Arisaema japonicum</i>		0.540	0.033
<b>Suburban</b>			
<i>Abies sachalinensis</i>		0.738	0.006
<i>Kalopanax pictus</i>		0.700	0.006
<i>Actindia arguta</i>		0.697	0.013
<i>Toxicodendron orientale</i>		0.654	0.017
<i>Cornus controversa</i>		0.642	0.011
<i>Asperula odorata</i>		0.626	0.027
<i>Sasa kurilensis</i>		0.600	0.013
<i>Cephalotaxus harringtonia</i>		0.600	0.008
<i>Cephalanthera erecta</i>		0.600	0.012
<i>Erigeron philadelphicus</i>	*	0.500	0.034
<i>Acer mono</i>		0.500	0.034
<i>Hydrangea petiolaris</i>		0.500	0.028

NMDSによる下層種構成の序列化は、 $k=4$ で有意であった ( $STRESS$  値=0.041)。NMDSプロットでは、市街地人工林はいずれも第2、第3象限、郊外人工林は第1、第4象限に分布しており、市街地と郊外では下層種の構成は異なっていた。市街地人工林の指標種にはヤマブドウやツルウメモドキなどのツル植物、外来種であるオオハンゴンソウとハリエンジュが含まれていた (Table 5)。郊外人工林

の指標種にはツルアジサイやツタウルシなどのツル植物、チシマザサやハリギリが含まれていた (Table 5)。

#### 撒き出し実験

出現種は科、属レベルまでの同定のも含め、全体で32種であった。

主要種は異なっており、市街地人工林ではカヤツリグサやヒメジョオン、クサノオウ、コナスビ、オッタチカタバミがよく出現し、郊外人工林ではハルタデが多く出現したプロットがあった。ヤマグワが両調査地に共通してよく出現していた (Table 6)。

種の豊富さは郊外人工林よりも市街地人工林で有意に高くなっていったが (Table 7)、Shannonの多様性指数とSimpsonの多様性指数では、市街地人工林と郊外人工林との間に有意な差は認められなかった (Table 7)。

NMDSによる埋土種子構成の序列化は、 $k=5$ で有意であった ( $STRESS$  値=0.048)。市街地人工林はいずれも第2、第3象限、郊外人工林は第1、第4象限に分布しており、市街地と郊外では埋土種子の種構成は異なっていた。市街地人工林の指標種にはクサノオウ、イヌホオズキ、カヤツリグサ、コナスビ、オッタチカタバミが含まれていた (Table 8)。郊外人工林の指標種にはヤマグワが含まれていた (Table 8)。

#### 考 察

市街地と郊外の人工林では、種多様性に有意な差はなかったが、主要種は異なっていた (Table 3)。出現頻度の高い種の数、郊外よりも市街地でやや多く、これは市街地人工林が孤立しており、林縁部が多いことを反映しているのかもしれない。Yates et al. (2004) は、林縁部で外来種が多く侵入することを報告している。郊外人工林でも外来種はいくらか出現していたが、市街地人工林ではオオハンゴンソウやセイヨウタンポポが比較的高頻度で出現していたことから、1サイトずつの比較ではあるが、市街地と郊外の人工林の特徴を表していると考えられ

**Table 6** The frequency of each species in the soil seed bank of urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Life forms from Kitagawa (1994) (Japanese) are shown. Frequency indicates the number of seedlings. Asterisk indicates exotic species.

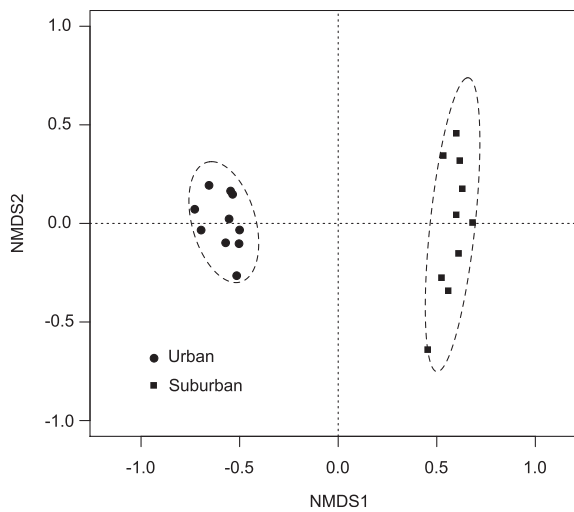
Japanese name	Species	Life form	Exotic	Urban(10)	Suburban(10)
Akinokirinsou	<i>Solidago virgaurea</i>	H		2	1
Butana	<i>Hypochoeris radicata</i>	H	*	6	7
Chishimaazami	<i>Cirsium kamschaticum</i>	H		0	1
Ezonogishigishi	<i>Rumex obtusifolius</i>	H	*	2	0
Furansugiku	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	H	*	1	0
Gagaimo (genus) sp.	Asclepiadoideae sp	G		1	0
Harujoon	<i>Erigeron philadelphicus</i>	Th	*	18	4
Harutade	<i>Polygonum persicaria</i>	Th		2	13
Hebiichigo	<i>Duchesnea chrysantha</i>	H		2	3
Himejoo	<i>Erigeron annuus</i>	Th		4	0
Ine (family) sp.1	Poaceae sp.1			1	0
Ine (family) sp.2	Poaceae sp.2			0	2
Inuhoozuki	<i>Solanum nigrum</i>	Th	*	20	0
Kayatsurigusa (family) sp.	Cyperaceae sp.			81	6
Kinenokoro	<i>Setaria glauca</i>	Th		4	1
Konasubi	<i>Lysimachia japonica</i>	H		373	0
Kusanoou	<i>Chelidonium majus</i>	Th		19	1
Mematsuyoigusa	<i>Oenothera binnis</i>	Th	*	2	1
Naginatakouju	<i>Elsholtzia ciliata</i>	Th		5	0
Okukurumamugura	<i>Galium trifloriforme</i>	H		1	0
Ooawadachisou	<i>Solidago gigantea</i>	H	*	1	0
Ottachikatababmi	<i>Oxalis dillenii</i>		*	37	0
Suberihyu	<i>Portulaca oleracea</i>	Th		4	0
Sumire (genus) sp.	<i>Viola</i> sp.			0	1
Tachiinunofuguri	<i>Veronica arvensis</i>	Th	*	0	5
Tsuyukusa	<i>Commelina communis</i>	Th		11	0
Urajiroakaza	<i>Chenopodium glaucum</i>	Th	*	3	1
Yabutabirako	<i>Lapsana humilis</i>	Th		0	1
Yamabudou	<i>Vitis coignetiae</i>	M		11	0
Yamaguwa	<i>Morus bombycis</i>	M		17	60
Yomogi	<i>Artemisia princeps</i>	H	*	1	2
Yotsubahiyodoroi	<i>Eupatorium chinense</i>	H		8	8

**Table 7** The species richness, Shannon index, and Simpson index of the soil seed bank in urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Means and standard errors are shown.

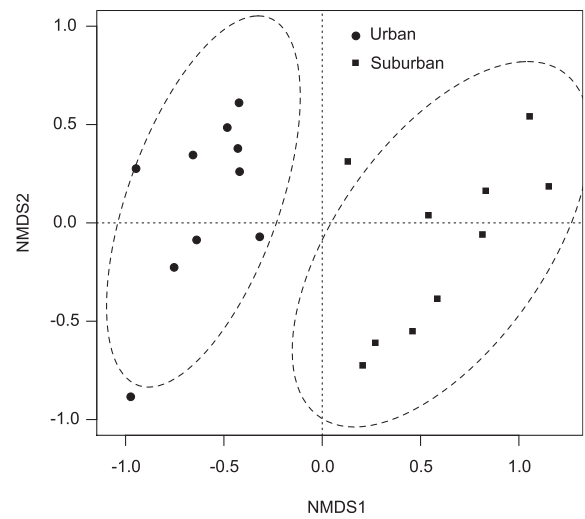
Site	Species richness	Shannon index	Simpson index
Urban	9.3 ± 0.9*	1.39 ± 0.16 <sup>NS</sup>	0.59 ± 0.06 <sup>NS</sup>
Suburban	4.4 ± 0.7	1.19 ± 0.17	0.60 ± 0.07

\*: Wilcoxon rank sum test  $P < 0.05$  (for species richness)<sup>NS</sup>:  $t$ -test  $P > 0.05$  (for Shannon index and Simpson index)**Table 8** The list of indicator species as a result of indicator species analysis for the soil seed bank of urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. The indicator values and  $P$ -values are shown. Asterisk indicates exotic species.

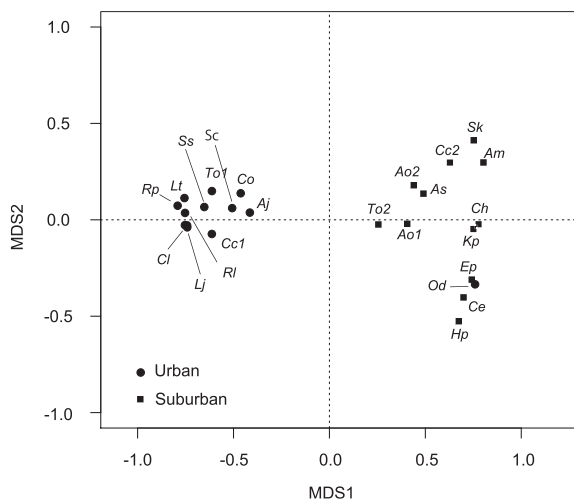
Species	Exotic	Indicator value	$P$
<b>Urban</b>			
<i>Lysimochia japonica</i>		1.000	0.001
<i>Solanum nigrum</i>	*	0.900	0.001
Cyperaceae sp.		0.838	0.001
<i>Oxalis dillenii</i>	*	0.800	0.002
<i>Chenopodium glaucum</i>		0.570	0.022
<b>Suburban</b>			
<i>Morus bombycis</i>		0.779	0.004



**Fig. 1** NMDS plots for understory layer in urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Circles and squares represent the plot in urban forest and the plot in suburban forest, respectively.

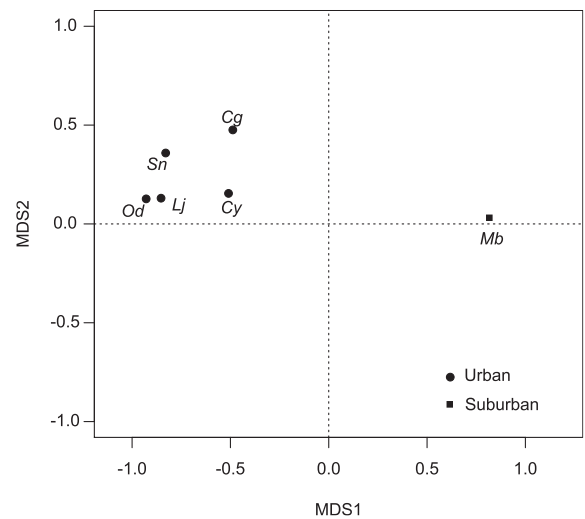


**Fig. 3** NMDS plots for the soil seed bank in urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Circles and squares represent the plot in urban forest and the plot in suburban forest, respectively.



**Fig. 2** NMDS species scores of indicator species ( $P < 0.05$ ) for plots in the understory layer of urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Circles and squares represent the plot in urban forest and the plot in suburban forest, respectively.

*Aj*; *Arisaema japonicum*, *Ao1*; *Actindia arguta*, *Ao2*; *Asperula odorata*, *Am*; *Acer mono*, *As*; *Abies sachalinensis*, *Cc1*; *Commelina communis*, *Cc2*; *Cornus controversa*, *Ce*; *Cephalanthera erecta*, *Ch*; *Cephalotaxus harringtonia*; *Cl*; *Carex leucochlora*, *Co*; *Celastrus orbiculanus*, *Ep*; *Erigeron philadelphicus*, *Hp*; *Hydrangea petiolaris*, *Kp*; *Kalopanax pictus*, *Lj*; *Lysimochia japonica*, *Lt*; *Ligustrum tschonoskii*, *Od*; *Oxalis dilleni*, *Rl*; *Rudbeckia laniata*, *Rp*; *Robinia pseudoacacia*, *Sc*; *Sorbus commixta*, *Sk*; *Sasa kurilensis*, *Ss*; *Sambucus sieboldiana*, *To1*; *Taraxacum officinale*, *To2*; *Toxicodendron orientale*, *Vc*; *Vitis coignetiae*



**Fig. 4** NMDS species scores of indicator species ( $P < 0.05$ ) for plots in the soil seed bank of urban (Nopporo) and suburban (Mourai) forests. Circles and squares represent the plot in urban forest and the plot in suburban forest, respectively.

*Cg*; *Chenopodium glaucum*, *Cy*; *Cyperaceae sp.*, *Lj*, *Lysimochia japonica*, *Mb*; *Morus bombycis*, *Od*; *Oxalis dilleni*, *Sn*; *Solanum nigrum*

る。

序列化による種構成の比較もまた市街地と郊外の人工林では下層植生が異なることを示していた (Fig. 1)。市街地と郊外でツル植物が指標種となっており、また、市街地人工林ではオオハンゴンソウやハリエンジュなどの外来種が指標種に選択され、郊外人工林ではチシマザサやハリギリが指標種に選



択された。トドマツ林の天然下種更新の研究によると、下層の状態によって木本が更新できるかを議論しており、下層を大型草本やササが覆っていると、稚苗や埋土種子からの更新が難しく、刈り出しが必要であるとしている（菊沢ら, 1980）。本研究の調査地でも下層の指標種にはササや大型草本があることは、伐採後にはこれらの刈り出しや地拵えを行わなければ、他の稚苗や埋土種子からの更新が起こりにくいことを示唆している。したがって、上層木の伐採によって林床の相観を変えるには整備時に下層の刈り出しが必要になる可能性が高い。

埋土種子では種の豊富さは市街地人工林で有意に大きかったが、Shannon の多様度、Simpson 多様度では有意差はなかった（Table 7）。種の豊富さの違いはコナスビやオッタチカタバミなどの小型草本の数種が多いことを反映しており、埋土種子の多様度は市街地と郊外の人工林でそれほど変わらないとみるべきだろう。したがって、下層植生の結果と合わせると、本研究の市街地と郊外の人工林では、今後の林床の相観を形成する種の多様性には違いがないと考えられる。

埋土種子の指標種分析では、野幌鉄道林の埋土種子には下層植生で見られた大型草本や早生樹は含まれていなかった。この事から伐採後の下層の景観は現存の下層種によるところが大きいと考えられる。

在来種主体の植生を維持するという観点からすると、市街地人工林ではつる切りと下層での外来大型草本や早生樹の継続的な除去が必要と考えられる。一方、つる植物の中にはヤマブドウ、サルナシなど多肉果をつける植物が含まれた。これらの多肉果やマツ科樹木の球果は、鳥類や哺乳類の重要な食料源となっている（林, 2001; Koike et al., 2008）。調査地となっている野幌鉄道林では、エゾリスの生息が確認されている（笹岡, 2018）。野生動物の保全という観点を加えるならば、これらの動物の食料を確保するためには、すでに果実をつけているようなサイズのヤマブドウやサルナシを残すことや、生育状態の良いトドマツ、ヨーロッパトウヒについては徐々に密度を減らし、混交林へと移行することも検討すべきだろう。

## 結論

本研究は市街地の森林整備では、従来の人工林管理法に加えて外来種への対策、野生動物への対応も検討すべきであることを示唆している。市街地人工林で外来種の大型草本や早生樹が含まれていたことは、林縁部には外来種が侵入しやすい傾向（Yates

et al., 2004）を反映している。市街地の森林は分断されていることが多いため、本研究と同様に外来種が下層を形成することがよくあると考えられる。そのため、整備に景観上の配慮を含む場合には、外来種対策を念頭に置く必要があるだろう。また、従来の育林を目的とした整備ではつる切りを行うことが普通であるが、整備に野生動物などの生態系への配慮を含む場合には、つる切りや刈り出し、除伐の強度に関する検討も必要であろう。

## 謝 辞

調査や実験では地域環境保全学研究室の宮木雅美教授、環境植物学研究室の皆様、実践野生動物学を履修していた学生の皆様、園芸学研究室の上田真梨子さんに多大なるご助力を頂きました。また、撒き出し実験では酪農学園フィールド教育研究センターの方々にご協力いただきました。

以上の皆様方に、心よりお礼申し上げます。

## 引用文献

- 相場芳憲（1987）7. 造林. 東京農工大学農学部（編）林業実務必携. 朝倉書店. 147-187.
- 江別市（2017）野幌地区都市緑地等における整備・保全の方針及びゾーニング計画（案）.
- 深田健二, 亀山 章（2005）雑木林における上層木の伐採が林床草本の種組成と開花に及ぼす影響. 環境システム研究論文集 **33**: 461-467.
- 林 文（2001）植物食性による野鳥の分類の試み—数量化Ⅲ類の活用例として. 森林野生動物研究会誌 **27**: 53-59.
- 五十嵐博（2016）北海道外来植物便覧—2015年版—. 北海道大学出版会.
- 菊沢喜八郎, 福地 稔, 水谷栄一, 浅井達弘（1980）トドマツ人工林の天然下種更新（Ⅱ）—林内更新のための施業指針—. 北海道林業試験場報告第18号.
- 北川政夫（1983）改訂版日本植生便覧. 宮脇 昭, 奥田重俊, 望月陸夫（編）至文堂.
- Koike S, Morimoto H, Goto Y, Kozakai C, Yamazaki K（2008）Frugivory of carnivores and seed dispersal of fleshy fruits in cool-temperate deciduous forests. *Journal of Forest Research* **13**: 215-222.
- 古賀 豊（2017）望来植林地の現況と今後の課題. 環境共生学類卒業論文 2016年度（平成28年度）.
- 小柳知代, 楠本良延, 山本勝利, 大久保悟, 北川淑

- 子, 武内和彦 (2011) 管理放棄後樹林化したススキ型草地における埋土種子による草原生植物の回復可能性. 保全生態学研究 **16**: 85-97.
- 小柳知代, 楠本良延, 山本勝利, 大黒俊哉, 井手任, 武内和彦 (2007) 関東地方平野部におけるススキを主体とした二次草地の過去と現在の種組成の比較. ランドスケープ研究 **70** (5): 439-444.
- Masaka K, Yamada K, Sato H, Torita H, Kon H (2013) Understory plant richness and native tree invasion in exotic *Robinia pseudoacacia* stands in Hokkaido, Japan. Forest Science **59**: 589-597.
- 長池卓男 (2002) 森林管理が植物種多様性に及ぼす影響. 日本生態学会誌 **52**: 35-54.
- Oksanen J, Blanchat FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solvmoos P, Stevens MHH, Wagner H (2016) vegan: community ecology package. R package version 2.3-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- 酪農学園大学ホームページ ([www.rakuno.ac.jp](http://www.rakuno.ac.jp)) 2018.1.25 確認.
- Roverts DW (2016) labdsv: ordination and multivariate analysis for ecology. R package version 1.8-0. <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>
- 笹岡和音 (2018) 酪農学園大学構内及び市街地におけるエゾリス (*Sciurus vulgaris orientis*) の行動範囲と生息地要素. 環境共生学類卒業論文 2017 年度 (平成 29 年度).
- 津田 智, 西廣美穂 (2009) 第 14 章生態学的発芽実験. 埋土種子の調査. 種生物学会 (編) 発芽生物学 種子発芽の生理・生態・分子機構. 文一総合出版. 319-325.
- 矢部和夫, 吉田恵介, 金子正美 (1998) 札幌市における都市化が緑地の植物相に与えた影響. ランドスケープ研究 **61** (5): 571-576.
- 鷺谷いづみ (2000) 生物多様性を脅かす「緑の」生物学的侵入. 生物科学 **52**: 1-6.
- Yates ED, Levia FLJ, Williams CL (2004) Recruitment of three non-native invasive plants into a fragmented forest in southern Illinois. *Forest Ecology and Management* **190**: 119-130.

### Abstract

Biodiversity conservation should be considered in forest management. Forest management including thinning was planned for an urban forest in Nopporo, Ishikari region of Hokkaido, but the vegetation changes as result of thinning in urban forest may be different from the case in suburban forest. We compared the species diversity and species composition of understory layer and soil seed bank between Nopporo (urban) and Mourai (suburban) forests located in Ishikari region of Hokkaido, and estimated the understory vegetation after thinning.

The understory's species composition and frequency were enumerated for ten 5 m × 5 m plots in each forest. We sowed soil from the plots and examined the species composition and frequency of the soil seed bank. Species diversity indexes (richness, Shannon  $H'$ , Simpson D) were compared between sites. Species composition of each plot was ranked and was scaled with nonmetric multidimensional scaling (NMDS), an ordination method.

Species richness and diversity indexes at understory layer were not significantly different between the two sites. Meanwhile, NMDS result indicated that the species composition of understory layer was different between the two sites. Indicator species of the urban forest include vines such as *Vitis cignetiae* and exotic species such as *Rudbeckia lainiata* and *Robinia pseudoacacia*. Indicator species which also include large herbs, suggesting that regeneration of understory vegetation may not coming from the soil seed bank. Hence, trimming of the understory layer may increase species diversity. Species richness of the soil seed bank was significantly greater in urban than in suburban forest. Species composition of the soil seed bank was different between sites. *Morus bombycis* was found in the suburban forest, whereas large herbs and fast-growing trees were not found in the urban forest. These inferred that vegetation after thinning would depend on present understory layer. To conserve the native-dominated vegetation, continuous removal of vines, exotic large herbs and fast-growing trees are needed.

keywords: exotic, indicator species, nonmetric multidimensional scaling, species richness, species diversity