



北海道中央部における冷温帯落葉広葉樹林の林分構造

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2008-05-21 キーワード: 作成者: 並川, 寛司, 藤本, 典久 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00005156

北海道中央部における冷温帯落葉広葉樹林の林分構造

並川 寛司・藤本 典久

北海道教育大学札幌校生物学教室

Stand Structure of a Cool Temperate Deciduous Broadleaf Forest in Central Hokkaido, Northern Japan

NAMIKAWA Kanji & FUJIMOTO Norihisa

Department of Biology, Sapporo Campus, Hokkaido University of Education, Sapporo 002-8502

Abstract

Stand structure of a windbreak forest was studied by tree (≥ 2 m in height) census in a plot of 0.85 ha in Chitose, central Hokkaido, northern Japan. Species richness and species diversity of the plot were higher than those of other cool temperate deciduous broadleaf forest stands in Hokkaido. Eight major tree species (*Acer miyabei*, *Ulmus japonica*, *Acer mono*, *Magnolia kobus* var. *borealis*, *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, *Juglans ailanthifolia*, *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* and *Kalopanax pictus*) were identified by relative dominance (mean of relative number of stems and relative basal area). Five out of 8 major tree species, *U. japonica*, *Q. mongolica* var. *grosseserrata*, *Juglans ailanthifolia*, *F. mandshurica* var. *japonica* and *K. pictus* had a unimodal frequency distribution of diameter at breast height (DBH), indicating synchronous regeneration. The other three major tree species had an inverse J-shaped distribution, suggesting successive regeneration. In addition modes of spatial range for four major tree species (*Alnus japonica*, *Q. mongolica* var. *grosseserrata*, *F. mandshurica* var. *japonica* and *Acer mono*) differed from each other and orderly moved along the cline of altitude in the plot from left lower end (lowland) to right upper end (highland). These facts suggest that regeneration modes and spatial heterogeneity in physical environment were responsible for relatively high diversity of the plot.

1. はじめに

北海道の森林植生を概観すると、黒松内低地帯以南、以西の渡島半島にはブナの優占する冷温帯落葉広葉樹林が分布する。一方、黒松内低地帯以北・以東には、温帯性の落葉広葉樹と亜寒帯性の

針葉樹が混交する針広混交林あるいはエゾマツとトドマツから主に構成される針葉樹林が、水平的あるいは垂直的な温度勾配に沿って分布する (Tatewaki 1958; 伊藤 1987)。

北海道中央部に位置する石狩低地帯は、植生帯からみると針広混交林帯に位置するが、針葉樹の混交割合は小さく、相観的にみると落葉広葉樹が

優勢である。この落葉広葉樹を中心とする森林は、かつて石狩低地帯に広く分布していたが、明治以後の開拓・開発によって周辺の山地域や丘陵地を除くとほとんどが消滅している。しかし、石狩低地帯には植栽によって仕立てられた防風林だけでなく、その由来は不明であるが相観的に二次的自然林とみなされる防風林が比較的多くみられる。後者の多くはいわゆる幹線防風林と呼ばれ、林帯幅が数10mにも達し、農村景観を特徴づける緑地要素として重要な意味を持っている（石川 1993）。

近年、防風林の持つ優れた防風効果が見直されてきているが（檜山 1967；田中・宮前 1970；吉崎ほか 1994），都市近郊に残された防風林は、生物生息空間（ビオトープ）としての機能や種多様性の保全という観点からもその価値が再評価される必要がある。

著者らは、幹線防風林の代表的な林分の一つである千歳市根志越の国有林を対象に、その種類組成、群落構造、立地条件、動態などの生態学的特性についての基礎的な資料を得ることを目的に調査を行ってきた。ここでは、樹種構成と主要樹種の個体群構造について報告する。

2. 調査地と調査方法

調査地

調査地は千歳市の郊外、根志越（北緯42度50分、東経141度40分）に位置する国有幹線防風林470林班中の、幅約180m、長さ約450mの一続きの林分である（Fig. 1）。この防風林は、大正11年（1922年）に「風害の防備」という目的で保安林に指定された。水利科学研究所（1976）によれば、当時の林分は現在のような形の林分ではなく、周辺地域は山林であった。その後、周辺が耕地へと転換するなどして現在のような形状になったことが記されている。また、保安林として指定されている部分は、道路の開削や送電線の設置などの人的干渉を一部受けてきたが、保安林全体に及ぶような伐採や植栽は行われていない。調査対

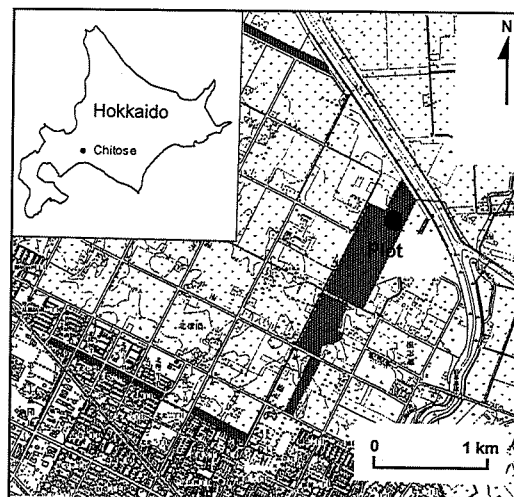


Fig. 1. Map of the study area. Solid circle shows the location of 0.85 ha plot and shaded areas show windbreak forests.

象とした林分でも、植栽あるいは伐根等の人為の影響は認められなかった。

調査地に最寄りの気象観測点（千歳航空測候所）の1963年から1980年までの17年間の気象資料によれば（札幌管区气象台 1982），年平均気温は6.1℃，最寒月（1月）の平均気温は−7.8℃，最暖月（8月）の平均気温は19.8℃である。暖かさの指数（吉良 1948）は57.3℃・月であり、温量的に冷温帯中部に相当する。年平均降水量は1167mmで、北海道では平均的な値を示す（大川 1992）。

土壌母材は、樽前山の火山噴出物に由来する降下軽石である（北海道火山灰命名委員会 1979）。深さ1 m以内に不透水層は見られず排水は良好で、土壌の水湿状態としては適湿に区分される。

調査林分の林床では、オシダ *Dryopteris crassirhizoma*，オオウバユリ *Lilium cordatum*，バイケイソウ *Veratrum grandiflorum* など、相対的に湿性の立地に分布の中心を持つ種が優占する。高木層ではハンノキ *Alnus japonica*，ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*，ハルニレ *Ulmus japonica*，ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* などがみられるが、相観的に優占する種はみられない。特徴的な樹種と

して、国蝶オオムラサキ *Sasakia charonda* (Hewitson) の幼虫の食樹であるエゾエノキ *Celtis jezoensis* が生育しているほか、亜高木層から低木層にかけて絶滅危惧 IB 類（環境庁自然保護局野生生物課1997）に指定されているクロビイタヤ *Acer miyabei* が多数生育している。

調査方法

1998年9月、調査地に面積8500m²の固定調査区を設定した。固定調査区内の樹高2m以上の樹木個体について、その種名を記録し、位置、樹高、生枝下高、胸高直径を測定し、個体分散図を作成した。

調査プロット内の地形を記載するために、調査区を5m四方の小方形区に細分し、各小方形区の交点でレベル測量を行った。

解析方法

1) 優占種の決定

毎木調査の結果から、総合優占度（相対胸高断面面積と相対密度の平均）を算出した。この値に基づき、大沢ほか（1971）の方法にしたがって優占種を決定した。

2) 多様性指数

種の豊富さ（Gleason 1922）と多様度（Shannon 関数：Pielou 1969, 1974, 1975；木元 1976）を算出した。

3) サイズクラスとギャップ

樹木個体をその樹高から幼木、亜林冠木、林冠木に三分した：幼木、樹高2m以上8m未満；亜林冠木、樹高8m以上16m未満；林冠木、樹高16m以上。

小方形区（5m四方）を単位とし、林冠木の有無によって林冠部とギャップに二分した。

幼木の密度とギャップとの間の相関を、対数尤度比検定（G - 検定）によって検討した。

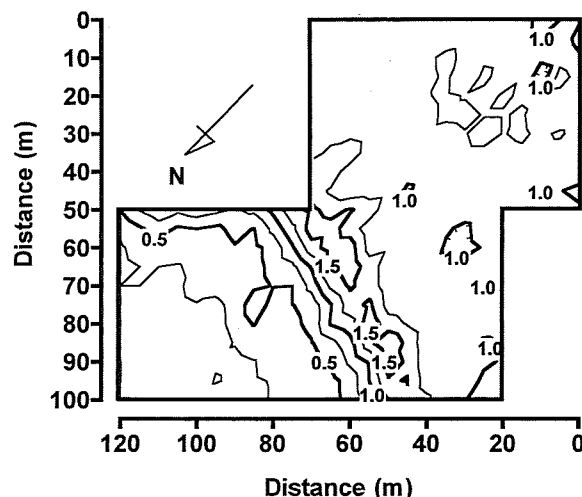


Fig. 2. Topographical map of the plot of 0.85 ha in Chitose, central Hokkaido. Contour lines are drawn at every 0.25 m interval in altitude.

3. 結 果

固定調査区の地形

固定調査区の地形は起伏に乏しく、高度差はわずか1.7mであった（Fig. 2）。方形区の中央部に自然堤防と考えられる凸部があり、その北側は南側に比べて一段低くほぼ平坦であった。また、凸部の南側もほぼ平坦であった。

樹種構成

毎木調査の結果、高木種13種、亜高木あるいは低木種16種、計29種1804個体が記録された（Table 1）。種の総合優占度に基づき、大沢ほか（1971）の方法にしたがって優占種を決定した。その結果、次に挙げる13種が優占種として抽出された（総合優占度の順）；クロビイタヤ、ハルニレ、イタヤカエデ *Acer mono*, キタコブシ *Magnolia kobus var. borealis*, コマユミ *Euonymus alatus f. ciliato-dentatus*, ミズナラ, オニグルミ *Juglans ailantifolia*, シウリザクラ *Prunus ssiiori*, ハシドイ *Syringa reticulata*, ハンノキ, ヤチダモ, ハリギリ *Kalopanax pictus*。これら13種のうち、高木種はハルニレ、イタヤカエデ、キタコブシ、ミズナラ、オニグルミ、ハンノ

Table 1. Importance value of component species found in the plot of 0.85 ha in Chitose, central Hokkaido.

Species	Life form ¹⁾	Relative basal area (%)	Relative density (%)	Importance value ²⁾ (%)
<i>Acer miyabei</i>	St	4.1	32.8	18.4
<i>Ulmus japonica</i>	T	15.9	5.4	10.7
<i>Acer mono</i>	T	13.0	6.5	9.8
<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	T	9.1	7.6	8.4
<i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliato-dentatus</i>	Sh	0.7	10.9	5.8
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	T	8.7	2.5	5.6
<i>Juglans ailanthifolia</i>	T	9.8	1.3	5.5
<i>Prunus ssiori</i>	St	3.1	7.6	5.4
<i>Syringa reticulata</i>	Sh	1.4	8.1	4.8
<i>Alnus japonica</i>	T	7.3	2.1	4.7
<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	T	6.1	1.3	3.7
<i>Kalopanax pictus</i>	T	5.6	1.2	3.4
<i>Corunus controversa</i>	T	3.8	2.2	2.9
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	T	4.8	0.7	2.8
<i>Acer palmatum</i> var. <i>matsumurae</i>	T	0.9	2.5	1.7
<i>Celtis jezoensis</i>	T	1.3	0.9	1.1
<i>Sorbus alnifolia</i>	T	0.7	0.7	0.8
<i>Phellodendron amurense</i>	T	1.2	0.2	0.7
<i>Acer mono</i> var. <i>mayrii</i>	T	1.2	0.1	0.7
<i>Prunus sargentii</i>	T	0.4	1.1	0.7
<i>Morus bombycis</i>	St	0.1	1.2	0.7
<i>Hydrangea paniculata</i>	Sh	0.1	0.8	0.5
<i>Magnolia obovata</i>	T	0.5	0.3	0.4
<i>Acer aidzuense</i>	St	0.2	0.6	0.4
<i>Picrasma quassioides</i>	St	+ ³⁾	0.4	0.2
<i>Carpinus cordata</i>	St	0.1	0.2	0.1
<i>Euonymus sieboldianus</i>	Sh	+	0.2	0.1
<i>Malus baccata</i> var. <i>mandshurica</i>	St	+	0.1	+
<i>Rhus tricarpa</i>	Sh	+	0.1	+

¹⁾ T, tree species; St, sub-tree species; Sh, shrub species

²⁾ Mean of relative basal area and relative density

³⁾ below 0.1%

Table 2. Species diversity for three forest types from Namikawa (1999) and the plot of 0.85 ha in Chitose, central Hokkaido.

Forest type	Qm ¹⁾ dominated forests			Tj ²⁾ dominated forests			Uj ³⁾ dominated forests			This plot
Number of plots	9			22			8			1
	Mean	±	S. D.	Mean	±	S. D.	Mean	±	S. D.	
	(Min.	-	Max.)	(Min.	-	Max.)	(Min.	-	Max.)	
Species richness ⁴⁾	3.52	±	0.98	4.10	±	1.48	4.01	±	1.38	6.62
	(1.92	-	4.74)	(1.92	-	7.45)	(1.54	-	6.09)	
Equitability [H'(e)] ⁵⁾	1.35	±	0.37	1.78	±	0.42	1.55	±	0.42	2.80
	(0.78	-	1.93)	(1.04	-	2.49)	(0.71	-	2.00)	
Number of dominant species ⁶⁾	2.2	±	1.1	4.5	±	2.0	3.3	±	1.7	12
	(1	-	4)	(1	-	9)	(1	-	6)	

¹⁾ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, ²⁾ *Tilia japonica*, ³⁾ *Ulmus japonica*, ⁴⁾ Gleason (1922), ⁵⁾ Pielou (1969),

⁶⁾ determined by Osawa et al (1971).

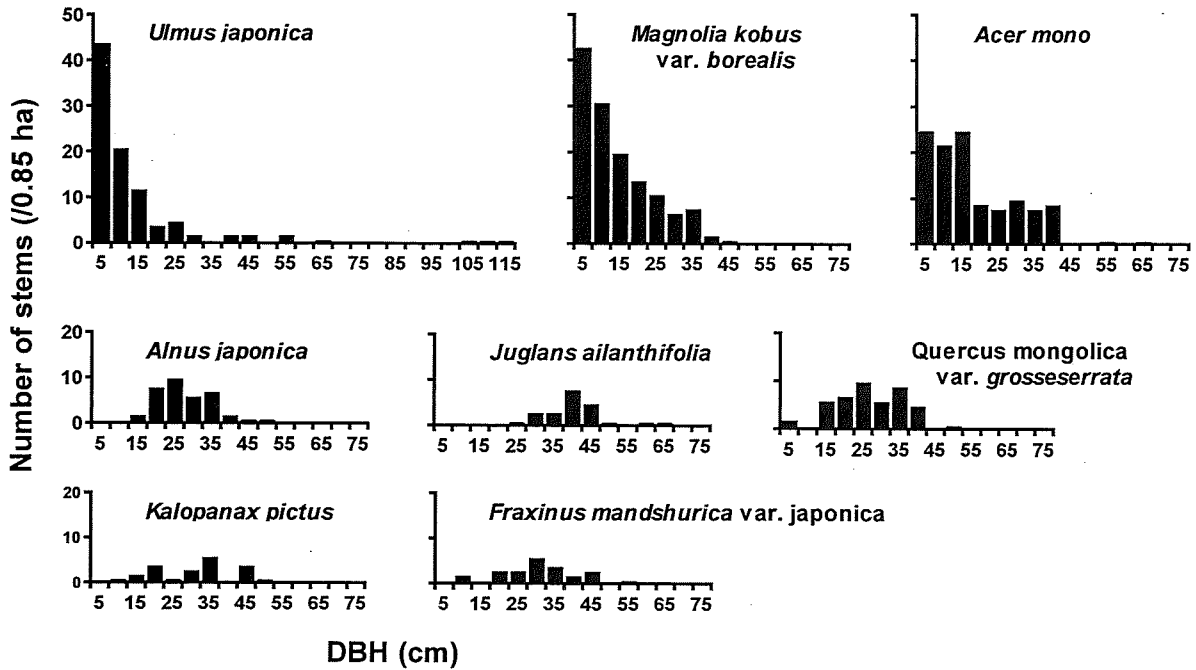


Fig. 3. Frequency distribution of stem diameter at 1.3 m height (DBH) of eight major tree species in the plot of 0.85 ha in Chitose, central Hokkaido.

キ、ヤチダモ、ハリギリの8種であった。以後、これら8種を主要高木種とする。

種多様性

固定調査区の毎木調査の結果から算出した種の豊富さ、均等度、優占種数を、北海道の落葉広葉樹林の代表的な極相種であるミズナラ、シナノキ、ハルニレ、それぞれが優占する林分で得られた値(並川 1999)と比較した(Table 2)。固定調査区を除いて各項目の最大値をみると、種の豊富さはハルニレ林の6.09、均等度と優占種数はシナノキ林のそれぞれ2.49と9種であった。固定調査区での種の豊富さは6.62、均等度は2.80、優占種数は13種であり、何れの数値も上に挙げた値と比べて高い値を示していた。

主要高木種の胸高直径階頻度分布

主要高木種8種の胸高直径階頻度分布(以後直径階分布と略す)をみると、ハルニレ、キタコブシは小径木に富む典型的な逆J型の直径階分布を示していた(Fig. 3)。イタヤカエデの直径階分布も小径木に富み、ハルニレやキタコブシと類

似の分布を示していた。一方、ヤチダモ、ハンノキ、ミズナラ、オニグルミはいずれも小径木に乏しく、胸高直径20cmから30cmにモードを持つ一山型の分布を示していた。ハリギリも一山型に近い分布を示したが、複数のモードが見られる点で特徴的であった。

主要高木種の空間分布と地形

主要高木種の空間分布と地形との関係から、主要高木種は次に示す4つのグループに分けられた(Fig. 4)；

- (1) 自然堤防の北側低地に偏って分布するハンノキとミズナラ、
- (2) 自然堤防の南側低地に偏って分布するイタヤカエデ、
- (3) 自然堤防に沿って分布するオニグルミ、
- (4) 地形と独立に分布するキタコブシ、ハルニレ、ハリギリ、ヤチダモ。

地形の高低を基準にみた場合、主要高木種のうち少なくとも4種、すなわち、ハンノキ、ミズナラ、オニグルミ、イタヤカエデの分布の中心は、この順に高くなる傾向を示した。

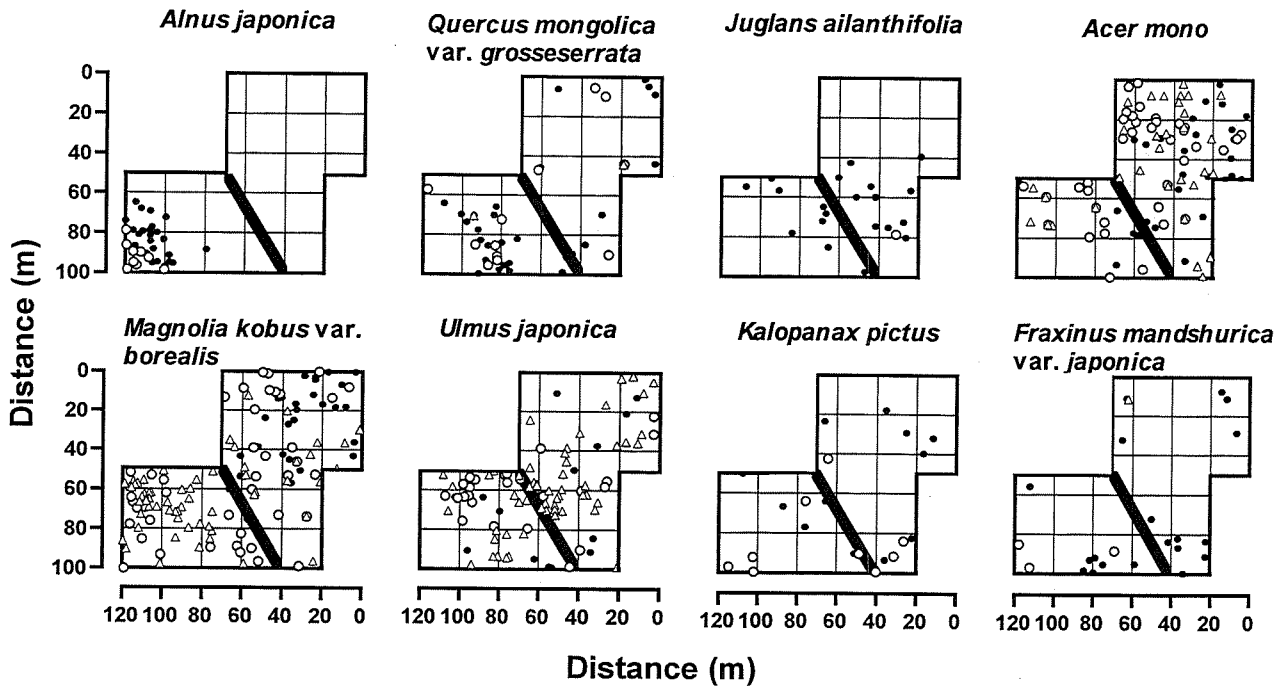


Fig. 4. Spatial distribution of stems of eight major tree species. Solid circles, open circles, and triangles show canopy stems ($\geq 16\text{m}$ in height), sub-canopy stems ($8\text{m} \leq \text{height} < 16\text{m}$), and saplings ($2\text{m} \leq \text{height} < 8\text{m}$), respectively. Thick shaded line shows the bank running across the plot (refer to Fig. 2)

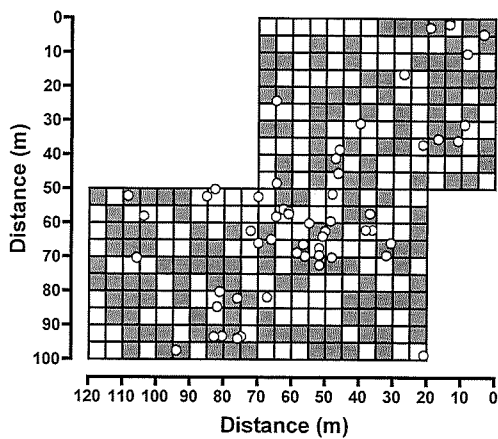


Fig. 5. Spatial distribution of two canopy states and sapling of *Ulmus japonica*. Open and shaded sub-plots ($5\text{m} \times 5\text{m}$) are gap and canopy, respectively.

幼木の分布と林冠状態

胸高直径階分布が逆J型の分布を示した種（キタコブシ、ハルニレ、イタヤカエデ）は、相対的に小さなサイズの個体に富み、旺盛な更新を示していた。これら更新個体（幼木）の密度と、

一般に更新の場として重要であると考えられているギャップとの相関を検定した（G-検定；Fig. 5およびTable 3）。何れの種でも、幼木の密度とギャップとの間に相関は認められなかった。

4. 考 察

主要高木種の胸高直径階分布と更新過程

調査区の主要高木種は、胸高直径階分布の形から異なる2つのグループに分けられた（Fig. 3）。このうち、一山型の直径階分布は、相対的に短い期間に比較的広い範囲で一斉に更新する種に一般的な分布型である。一方、逆J型の分布は、連続的に更新が起こる場合、あるいはギャップ形成とその後の更新が比較的頻繁に起こる種に一般的である。しかし、逆J型を示す種の更新個体（幼木）の密度とギャップとの間に相関は認められなかった。幼木の密度がギャップと独立なのは、調査区内にギャップ（林冠木を欠く

Table 3. Number of saplings in two canopy states. The relationship between number of saplings and the canopy states was evaluated by a *G*-test, based on a null hypothesis; the number of saplings found in a given canopy states was proportional to the number of sub-plots divided into the canopy states.

Canopy states	Canopy	Gap	Total	
Number of sub-plots	165	175	340	
Species				G - value
<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	35	29	64	0.74 ^{n.s.}
<i>Ulmus japonica</i>	26	30	56	0.20 ^{n.s.}
<i>Acer mono</i>	13	23	36	2.80 ^{n.s.}

n.s., not significant

区画)が多数存在し (Fig. 5), 光が直接・間接に森林下層まで届き, 相対的に耐陰性の低い樹種でもギャップと独立に更新可能であることを示唆している。

主要高木種の分布と地形

優占種として抽出された主要高木種の生育立地を, これまでに報告されてきた結果から以下に示す。石狩低地帯北部での恒屋 (1996) の研究によれば, ハンノキは低地泥炭土上に, ヤチダモは低地泥炭土と灰色低地土上に, ハルニレは灰色低地土上に分布する。泥炭土の発達は恒常的な滞水に, 灰色低地土の発達は頻繁な滞水による土壌の還元 (グライ化) に依存することから, この3種は相対的に湿性の立地に分布の中心を持つ。一方, ミズナラは一般に相対的に乾性の立地, 例えば尾根部に発達する BB 型土壌 (乾性褐色森林土) や BC 型土壌 (弱乾性褐色森林土) 上に分布の中心を持つ (久保ほか 1958; 木立ほか 1958; 牧野 1963)。他の主要高木種の立地をみると, オニグルミは相対的に湿性の, イタヤカエデ, ハリギリ, キタコブシは中湿性の立地に分布の中心を持つ (伊藤 1987)。これらの結果から, 固定調査区の主要高木種を乾湿傾度に沿って順に挙げると, 湿性の立地から乾性の立地に向かいハンノキ, ヤチダモ, ハルニレ, オニグルミ, イタヤカエデ, ハリギリ, キタコブシ, ミズナラと配置される。

上に示した主要高木種の乾湿傾度に対する分布と, 本調査区で得られた結果との間には矛盾が存

在する。例えば, ミズナラは一般に乾性立地に分布の中心があるのに対し, 地形から見る限り相対的に湿性立地の北側低地に集中班を形成していた。一方, ハルニレは一般的に湿性の立地に分布の中心があるのに対し, 本調査の結果は地形と独立で, 相対的に乾性の立地と考えられる調査区南部の平坦地にも多くの個体が分布していた。これらの事実は, 地形から推定した乾湿傾度では主要高木種の分布を説明できないことを示している。

種多様性

調査対象とした根志越の林分は, 北海道の他地域の落葉広葉樹林と比べ, 種の豊富さ, 多様性, 優占種数ともに最も高い値を示した (Table 2)。このことは, 対象とした林分が様々な樹種の混交する高い多様性を持つ森林であることを示している。このような多種の共存のメカニズムを, 得られた結果から以下に予察的に説明する。

胸高直径階分布から推定した主要高木種の更新様式は, 一斉更新あるいは連続更新であった。Ishkawa & Ito (1989) は, 野幌の針広混交林において, 構成個体の樹齢構成から, 針葉樹と広葉樹の共存がこれら異なる生活型を持った種の更新様式の違いに由来することを示した。すなわち, 針葉樹であるトドマツは相対的に大きな攪乱によって一斉に更新するのに対し, 広葉樹種は相対的に小さな攪乱によって連続的に更新し, 大規模攪乱と小規模攪乱の適当なバランスによってトドマツと広葉樹の共存が保たれていると結論した。

したがって、本調査地でみられた多種の共存も、主要高木種が異なる更新様式を持つことに一つの原因があることが推定される。

多種の共存を説明する一つの仮説として、空間的不均質性がある (Ricklefs 1977; Grubb et al. 1982)。この仮説によれば、ある一定面積の範囲の中には、相互に異なる物理環境を持つ微小生育地が多数含まれる。ある微小生育地では、その物理環境に最も適応的な種が他の種を排除して優占することから、多種の共存は微小生育地の物理環境の不均質性に依存すると考えられている。本調査の結果でも、種の分布パターンにはそれぞれ特徴が認められた。しかし、単に高度を水分傾度とみなした場合、一般的に考えられているパターンとは矛盾がみられた。このことは、土壤の物理化学性を含めた様々な面からのより詳細な環境測定が必要であることを示唆している。

摘 要

1. 北海道中央部に位置する冷温帯落葉広葉樹林の一分を対象に、樹木個体の個体群構造と空間分布を解析した。
2. 調査対象とした林分に、面積 0.85ha の調査区を設定し、高さ 2m 以上の樹木個体について胸高直径、樹高、調査区内の位置を測定した。また、レベル測量によって地形の記載を行った。
3. 毎木調査の結果、調査区内で 29 種の樹木の出現が確認された。相対胸高断面積および相対密度に基づいて優占種を決定した結果 13 種が優占種として抽出された。
4. 調査区の種の豊富さ、多様度指数、優占種数を他の冷温帯落葉広葉樹林で得られた値と比較した結果、調査区の林分の値はいずれも高い値を示していた。
5. 優占種のうち高木種である 8 種、イタヤカエデ、オニグルミ、キタコブシ、ハリギリ、ハルニレ、ハンノキ、ミズナラ、ヤチダモを主要高木種とした。
6. 主要高木種 8 種は、胸高直径階分布の型によって次の 2 つのグループに分けられた：(1) 逆 J 型の分布を示し小径木に富む種 (イタヤカエデ、キタコブシ、ハルニレ)、(2) 一山型の分布を示す種 (オニグルミ、ハリギリ、ハンノキ、ミズナラ)。
7. 主要高木種 8 種のうち、4 種の個体の空間分布は調

査区の微地形と相関を示し、標高の低い方から順にハンノキ、ミズナラ、オニグルミ、イタヤカエデの順に分布する傾向が認められた。

8. 調査区の林分が高い種多様性を示す要因として、主要高木種が異なる更新様式 (一斉更新と連続あるいはギャップ更新) を示すことと空間的不均質性が重要であることを論議した。

引用文献

- Gleason, H. A. (1922) On the relation between species and area. *Ecology*, 3 : 58-162.
- Grubb, P. J., Kelly, D. and Mitchley, J. (1982) The control of relative abundance in communities of herbaceous plants. In *The Plant Community as a Working Mechanisms* (ed. E. I. Newman), pp. 79-97. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- 北海道火山灰命名委員会 (1979) 北海道の火山灰分布図。北海道火山灰命名委員会, 札幌。
- 石川幸男 (1993) V. 農村緑地の現況調査。「農村緑地整備に関する調査」(地域農業研究会編), pp. 110-142. 空知支庁, 岩見沢。
- Ishikawa, Y. and Ito, K. (1989) The regeneration process in a mixed forest in central Hokkaido, Japan. *Vegetatio*, 79 : 75-84.
- 伊藤浩司 (編・著) (1987) ブナ-ミズナラ林帯。「北海道の植生」(伊藤浩司編著), pp. 234-281. 北海道大学図書刊行会, 札幌。
- 環境庁自然保護局野生生物課 (1997) 植物レッドリスト。環境庁。
- 樫山徳治 (1967) 内陸防風林。林業技術, 309 : 23-26.
- 木立正嗣・山本 肇・北川幸男・長谷川義生 (1958) III 定山溪経営区土壤概況調査報告「北海道における林野土壤標準調査報告」(農林省林業試験場編), 林野共済会, 東京。
- 木元新作 (1976) 動物群集研究法 I - 多様性と種類組成。共立出版, 東京。
- 吉良龍夫 (1948) 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて。寒地農学, 2 : 143-173.
- 久保哲茂・中田 功・成田孝一 (1958) II 朝日経営区土壤概況調査報告。「北海道における林野土壤標準調査報告」(農林省林業試験場編), 林野共済会, 東京。
- 牧野道幸 (1963) 北海道の林業立地に関する研究。帯広営林局, 帯広。
- 並川寛司 (1999) 北海道における針広混交林の植生構造とその成立要因。東京農工大学学位論文。

- 大川 隆 (1992) 北海道の動気候. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 大沢雅彦・鈴木三男・渡辺隆一・入倉清次・阿部葉子 (1971) 富士山における垂直分布帯の形成過程. 「富士山 富士山総合学術調査報告書」(富士東急株式会社編), pp. 371-421. 富士東急株式会社, 東京.
- Pielou, E. C. (1969) *An Introduction to Mathematical Ecology*, John Wiley and Sons, New York.
- Pielou, E. C. (1974) *Population and Community Ecology: Principle and Method*, Gordon & Breach Science Publisher, New York.
- Pielou, E. C. (1975) *Ecological Diversity*, John Wiley and Sons, New York.
- Ricklefs, R. E. (1977) Environmental heterogeneity and plant species diversity: a hypothesis. *American Naturalist*, 111: 376-381.
- 札幌管区气象台 (1982) 北海道の気候 (1982年版). 札幌管区气象台, 札幌.
- 水利科学研究所 (1976) 都市化地域防風林の整備調査報告書. 札幌営林局, 札幌.
- 田中一夫・宮前和憲 (1970) 海岸防災林の飛砂固定に関する実験的研究. 砂丘研究 16(2): 32-39.
- Tatewaki, M. (1958) Forest ecology of the islands of the north Pacific Ocean. *Journal of Faculty of Agriculture, Hokkaido University*, 50: 371-486, 30plates.
- Tilman, D. (1982) Resource competition and community structure. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- 恒屋冬彦 (1996) 北海道石狩町生振の低地に成立する森林群落について—主な樹種の分布様式と生育地の特性—. 日本生態学会誌, 46: 21-30.
- 吉崎真司・村井宏・河合英二 (1994) 砂漠地域における防風・防砂林造成のための風洞模型実験. 森林立地, 36: 41-54

(本学助教授 札幌校)