

「円山動物園の森」ビオトープ計画のための 円山地区に分布する森林群落の評価

矢部 和夫¹⁾ 桑原 禎知²⁾ 宮田 小百合³⁾ 酒井 正幸¹⁾

¹⁾ 札幌市立大学デザイン学部, ²⁾ Kon Photography & Research, ³⁾ 淡路景観園芸学校

抄録:「円山動物園の森」ビオトープの植物群落の整備デザインを策定するために、動物園および周辺地区の森林群落の組成・構造と分布についての生態調査を実施し、この森林群落の特徴を明らかにした。円山地区の森林群落の中で、最も大きな群落傾度（群落変化の方向）は乾生林から湿生林（溪畔林とスギ林）という傾度であった。このような群落傾度は、皆伐のような強い攪乱後にできる陽樹林（シラカンバ）ではなく、自然林の優占種が残っている林に見られるものであった。しかしながらスギ林は人工的な植林であり、他の群落でも林床が人の踏圧で裸地化しており、外来植物が比較的高い優占度で侵入していた。したがって円山地区の森林は、自然林の優占種が林冠に残存する程度の軽～中程度の人為的な攪乱を受けた、里山的な森林である。

キーワード: 外来植物, 溪畔林^{#1}, スギ植林, DCA^{#2}, TWINSpan^{#3}, 二次林^{#4}, 山野草

Assessment of Ecological Conditions of the Urban Forests Distributed in Maruyama District, Sapporo, Northern Japan

Kazuo YABE¹⁾ Tomoaki KUWAHARA²⁾ Sayuri MIYATA³⁾ Masayuki SAKAI¹⁾

¹⁾School of Design, ²⁾Kon Photography & Research, ³⁾Awaji Landscape Planning & Horticulture Academy

Abstract: We have a plan to restore or conserve plant communities growing in biotope zone of Maruyama zoo, Sapporo city, northern Japan. In order to achieve this plan, we investigated the composition and structure of forests distributed in Maruyama district, and tried to clarify the ecological characteristics of the forests in this area. The largest gradient (direction of variation) within forest communities extracted by DCA was from the two riparian forest communities (valley forest and planted forest of *Criptomeria japonica*) to methophytic forest communities, which would reflect wet to dry conditions of soil. Since a gradient of secondary succession from a forest of *Betula platyphylla* var. *japonica*, a typical sun tree, to shade tree forests was not extracted, heavy disturbance do not affect the forests, and forest crowns in this area are composed of shade tree species growing in undisturbed forest. Many bare areas caused by human walking, however, were found in the floor of the methophytic forests. *Criptomeria* is artificially introduced species and other exotic species were invaded in all forest types with relatively high dominance values. Accordingly, the forests in Maruyama district are considered to be the secondary forests, which are receiving light to moderate strength of human disturbances.

Keywords: DCA, exotic species, forestation of *Criptomeria japonica*, secondary forest, TWINSpan, valley forest, wild grasses and herbs

I. 緒言

札幌市中央区にある円山地区を調査対象地（図1）として、この地区でビオトープ計画を行うための基礎とな

る森林群落の調査を行った。

札幌市は「札幌市環境基本計画」（1998年策定、2005年改定）¹⁾で「環境文化都市さっぽろ」という都市像への施策展開を目指している。これを踏まえて、円山地区の一

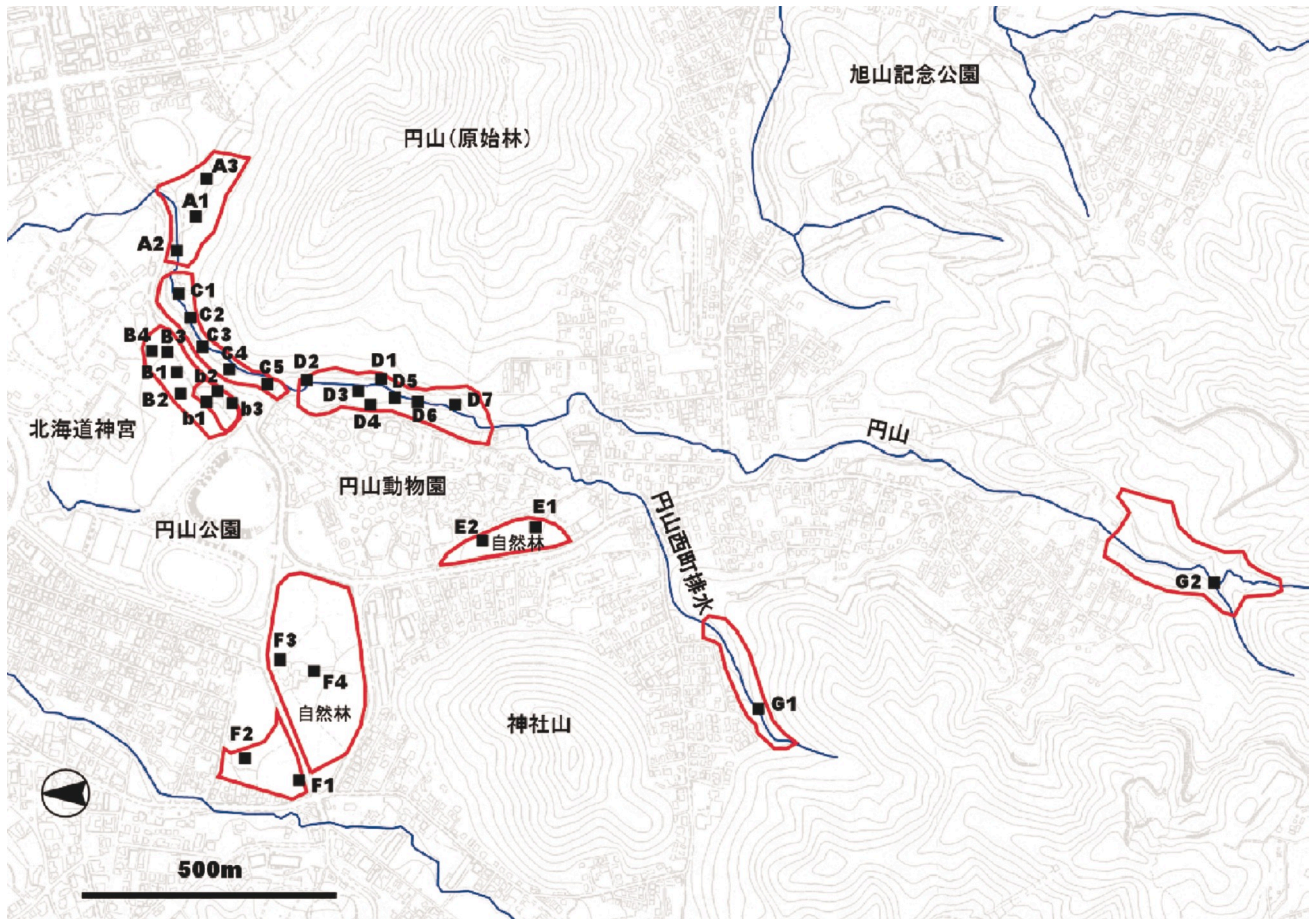


図1 森林の景観によるゾーニング図。Dゾーンが「円山動物園の森」

部である札幌市円山動物園は、札幌市立の動物園としての役割を明確にし、都市と自然、動物園と環境、そして市民生活と地球環境という視点から再整備を行うために「札幌市円山動物園基本構想」²⁾を策定した。その再整備計画では、園内に周辺の自然環境との連続性を保った自然体験ゾーンとしてのビオトープをつくり、札幌の環境教育の拠点または北海道の生物多様性保全の実践基地を目指している。

円山動物園の東端を流れる円山川の谷間には、溪畔林が残っており、たくさんの野生動植物が生育している。この溪畔林を対象にして「円山動物園の森」ビオトープ造成計画がスタートした。2007年は実施計画策定に向け、円山動物園のスタッフの他、地元産学組織メンバーで構成されるビオトープ協議会が設置され、札幌市立大学の教員二名もその具体的計画策定作業に参画した。また、植物と水生動物、陸生昆虫の生態調査が実施され、ビオトープ造成計画の基礎資料となった。

本研究では、円山動物園およびその周辺地区の森林群落の組成・構造とその分布を中心とした生態調査を実施し、この森林群落の特徴を明らかにすることを目的とした。また、これらの結果を参考にして、円山動物園の森

ビオトープにおける植物群落の整備デザインの指針を策定した。

II. 調査地域

円山地区は、円山動物園を包む円山公園と円山原始林などの緑地に囲まれ（図1）、スギ人工林や自然林など様々な林が広がっている（図2）。

円山公園は面積約70haの総合公園で、動物園や野球場などの施設があり、札幌市民の憩いの場となっている。かつての円山地区には、1880年に設置された円山養樹園でスギなどの産業樹木が植樹されていた。養樹園の廃止後、札幌市は跡地を円山公園として1903年より整備を進め、1951年に円山動物園が開園した³⁾。

円山公園に隣接する円山原始林は、開拓期から原始林と呼ばれているが、実際は、一部に人為的干渉を受けている。1921年に国の史跡名勝天然記念物に指定され、戦後は文化財保護法の制定に伴って国の重要文化財および天然記念物となり厳重に保護されている³⁾。森林の特徴としては、冷温帯の森林に見られるカツラ、シナノキ、イタヤカエデ、ミズナラの大径木が広範囲に分布し、エ



図2 調査地域の特徴的な群落景観

ゾマツ、トドマツなどの北方系の針葉樹も見られる針広混交林である³⁾。

また、円山原始林付近ではカラマツ、スギなどの人工林が、景観の一部として地域に親しまれている。

円山地区は、札幌の市街地の中にありながら、高木層から草本層までの階層構造の発達した森林が比較的多く残され、植物種が多様で現存量も多い地区である⁴⁾。

III. 調査および解析の方法

調査は2007年7月から9月にかけて計8回の植生調査を行うと同時に、各調査区に自生する植物種を確認するための採集を行った。円山地区の円山公園内と周辺の緑地について群落景観をもとにA～Gとbの9つにゾーニングし、調査地域に分布する森林群落を代表すると考えられる30地点を調査区として設定した(図1)。各調査区で群落高を測定し、出現する植物種を記録した。次に、各ゾーンの森林の群落高、種数、階層構造⁵⁾、出現種の優占度を比較した。階層構造は8mの測高ポールを用い、高木層(>8.0m)、亜高木層(4.1～8.0m)、低木層(1.6～4.0m)と草本層(<1.6m)に区分した。各階層に出現する種をすべて記録し、種ごとに被度(%)⁶⁾を測定した。

各調査区のそれぞれの種について、複数の階層に出現した場合は、階層ごとの被度の合計値(合計被度値)を算出した。この際、合計被度値が100%を超えるときは、100%とした。さらに、全種の合計被度値と調査区で構成される種組成行列データをもとに、全調査区についてTWINSPAN(Two-Way Indicator Species Analysis: 二次元指標種分析)⁵⁾を行い、群落型を分類した。

得られた各群落型について、各種の相対頻度(%) (その種の出現した区数/群落型内の全調査区数×100)と、相対被度(%) (その種の合計被度値の合計/群落型内の全調査区数×100)を求め、次に優占度(%) ((相対頻度+相対被度)/2)を求めた。また、それぞれ独立した群落傾度を大きい順に抽出するため、DCA(Detrended Correspondence Analysis: 除歪対応分析)⁶⁾を行った。これらの解析に際して、出現回数2回以下の種は除外した。TWINSPANとDCAの解析にはPC-ORD, Version 4.25を用いた。

IV. 結果

1. ゾーンごとの森林の特徴

調査地域内には群落高が20mを超える調査区が多く、森林は立体的な構造を持っていた。

Aゾーンでは、イタヤカエデとヤマモミジが優占種であった。群落高は16~26 mあり、1調査区あたりに出現した種は、6種~27種(平均17.0種)であった。階層構造では、低木層の種が欠落しており、全体的に種数が少なかった。一部の林で草本層が裸地化していた。

Bゾーンでは、イタヤカエデとミズナラが優占していた。群落高は10~25 mあり、出現種数は9種~24種(平均17.5種)であった。亜高木層と低木層が欠落しており、Aゾーンよりも貧弱な階層構造であった。一部の林で草本層が裸地化していた(図2 a)。

bゾーンでは、イタヤカエデが優占種であった。群落高は20~25 mあり、出現種数は24種~26種(平均24.7種)であった。各階層に多数の種が存在しており、階層構造が発達していた。ただし、一部の林で草本層が裸地化していた。

Cゾーンでは、スギが優占種であった(図2 b)。群落高は12~25 mあり、出現種数は25種~27種(平均26.0種)であった。階層構造は、高木層や亜高木層にスギ以外の樹木がほとんどなく貧弱であったが、草本層の種数が多かった。

Dゾーンではカツラが優占種であった(図2 c)。群落高は16~24 mあり、出現種数は9種~49種とばらつきが大きく、平均で27.0種であった。種数の少ない群落は特に草本層が貧弱で、イワミツバやハエドクソウが単独で優占していた。階層構造は、低木層が欠落していたが、場所によって草本層の種数が多くみられた。

Eゾーンでは、イタヤカエデが優占種であった。群落高は18~24 mあり、出現種数は38種~51種(平均44.5種)であった。各階層は、高木層から低木層までそれぞれ発達しており、構成種数も多かったが、草本層でクマイザサが優占しており他の草本が少なかった。

Fゾーンでは、イタヤカエデが優占種であった。群落高は16~32 mあり、他のゾーンと比べて特に高かった

(図2 d)。出現した種は17種~23種(平均19.3種)であった。階層構造は、Eゾーンに比べて、総種数は少ないが、各階層とも比較的種数が多かった。

Gゾーンでは、ケヤマハンノキやナガバヤナギが優占種であった。群落高は11~12 mで8つのゾーンで最も低かった。出現した種は25種から29種(平均27種)であった。階層構造は、亜高木層と低木層が欠落しているが、草本層は種数が多く発達していた。

2. TWINSPAN

調査した30区の群落は、インディケータ種の多少によって分割され、始めに、スギが多い群落群とイタヤカエデ、クマイザサやハリエンジュが多い群落群の2つの群落群に分類された。前者の群落群は、さらにケヤマハンノキが多い「溪畔林」と、スギ、ツタウルシ、ヒナタイノコズチが多い「スギ林」の群落型に細かく分類された。一方、後者の群落群は、イタヤカエデが多い「乾生林A」と、イタヤカエデを欠く「乾生林B」の群落型に細かく分類された(図3)。「溪畔林」と「スギ林」は湿潤な沢地に分布する湿生林であり、尾根や平地に分布する二つの乾生林とは分布が異なっている。

次に各森林群落型の種組成を示す。取り上げた種はインディケータ種と、ひとつ以上の群落型で相対優占度が15%を超えた種である(表1)。

「溪畔林」は、Dゾーン(円山動物園の森)と円山川源流部のGゾーンに分布しており、インディケータ種のケヤマハンノキが優占していた。それに次いでミズヒキ、イタヤカエデ、ハルニレ、イワミツバ、オオハンゴンソウが多く出現した。

円山川沿いのCゾーンとDゾーンの一部でみられた「スギ林」では、インディケータ種のスギ、ヒナタイノコズチ、ツタウルシが優占していた。他には、ハエドクソウ、カツラ、ミズヒキ、オニグルミ、イタヤカエデ、ケ

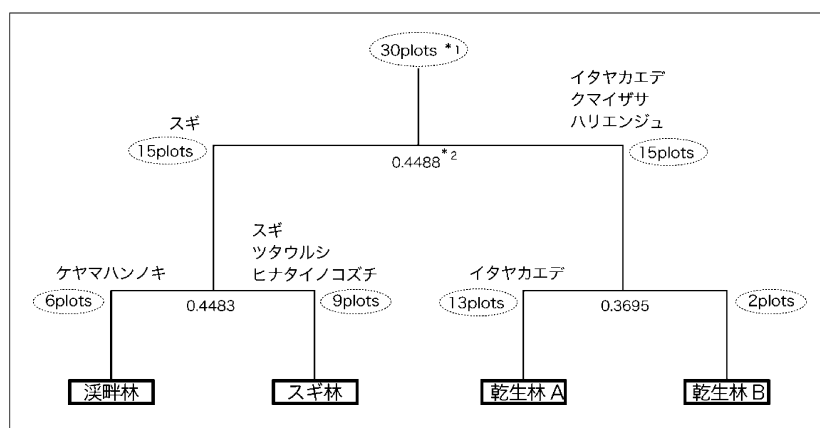


図3 TWINSPANによる円山地区の森林群落の分類。種名はインディケータ種を示す。

*1: 調査区数, *2: 固有値で示される群落一列の情報量(全分散)。

表1 円山地区における森林群落の出現種の優占度(%)。太字の種名はインディケータ種を示し、種名右の*は外来種であることを示す。

| 種名 | 生活形 | 群落型 | | | |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| | | 溪畔林 | スギ林 | 乾生林A | 乾生林B |
| ケヤマハンノキ | 木本 | 53.5 | 8.6 | — | — |
| スギ* | 木本 | 17.7 | 65.9 | — | — |
| ツタウルシ | つる | — | 33.9 | 9.2 | — |
| ヒナタイノコゾチ | 草本 | 13.3 | 42.8 | — | — |
| イタヤカエデ | 木本 | 39.2 | 34.6 | 77.7 | 50.1 |
| ハリエンジュ* | 木本 | — | 5.6 | 33.2 | 25.1 |
| クマイザサ | 草本 | 8.8 | 19.9 | 72.6 | — |
| カツラ | 木本 | 27.5 | 42.3 | 18 | — |
| アサダ | 木本 | — | 6.1 | 27.4 | 35 |
| イワミツバ* | 草本 | 33.4 | 17.1 | — | — |
| オオハナウド | 草本 | 17.9 | 17.1 | 25.8 | — |
| オオハンゴンソウ* | 草本 | 33.3 | 25.1 | 23.5 | — |
| オニグルミ | 木本 | 21.7 | 35 | 15.7 | — |
| ケチミザサ | 草本 | — | 33.1 | 45.4 | — |
| ハエドクソウ | 草本 | 29.3 | 52.1 | 27.2 | — |
| ハリギリ | 木本 | — | 19.7 | 21.8 | 31.3 |
| ハルニレ | 木本 | 36.9 | 19.6 | 30.2 | 11.3 |
| ホオノキ | 木本 | 8.8 | 12.8 | 16.3 | — |
| ミズナラ | 木本 | — | 5.6 | 17.7 | 66.3 |
| ミズヒキ | 草本 | 40.2 | 42 | 15.6 | — |

チヂミザサが、この順に多く出現した。

「乾生林A」には、円山川下流のAゾーン、神宮脇のBゾーンとbゾーン、動物園の内部(Eゾーン)および隣接林地(Fゾーン)内の二次林が含まれた。インディケータ種では、イタヤカエデ、クマイザサ、ハリエンジュが優占しており、他には、ケチヂミザサ、ハルニレが多く出現した。一部の林床は裸地化していた。

「乾生林B」は神宮縁のBゾーンの林で、インディケータ種のイタヤカエデとハリエンジュが乾生林Aよりも低い優占度で出現した。林床は裸地化しており、草本はほとんどみられなかった。

調査地域の森林で優占する外来種としてスギ、ハリエンジュ、オオハンゴンソウとイワミツバが挙げられる。このうちのスギは植えられたものであり、実生個体の新規加入による森林更新が見られないので真の外来種とは言えない。ハリエンジュは外来生物法による要注意種であり、乾生林A・B中に侵入している。外来生物法の特定外来種であるオオハンゴンソウは、裸地化した乾生林Bを除くすべての群落型の林床に侵入していた。また、イワミツバは溪畔林とスギ林の林床で優占していた。

3. DCA

DCAの結果、AX1軸とAX2軸の散布図(図4上)を見ると、AX1軸上で高い種スコアを持ったオニシモツケとサワシバによって「溪畔林」と「スギ林」が右側に配列され、低い種スコアを持ったカシワ、ミズナラ、イチ

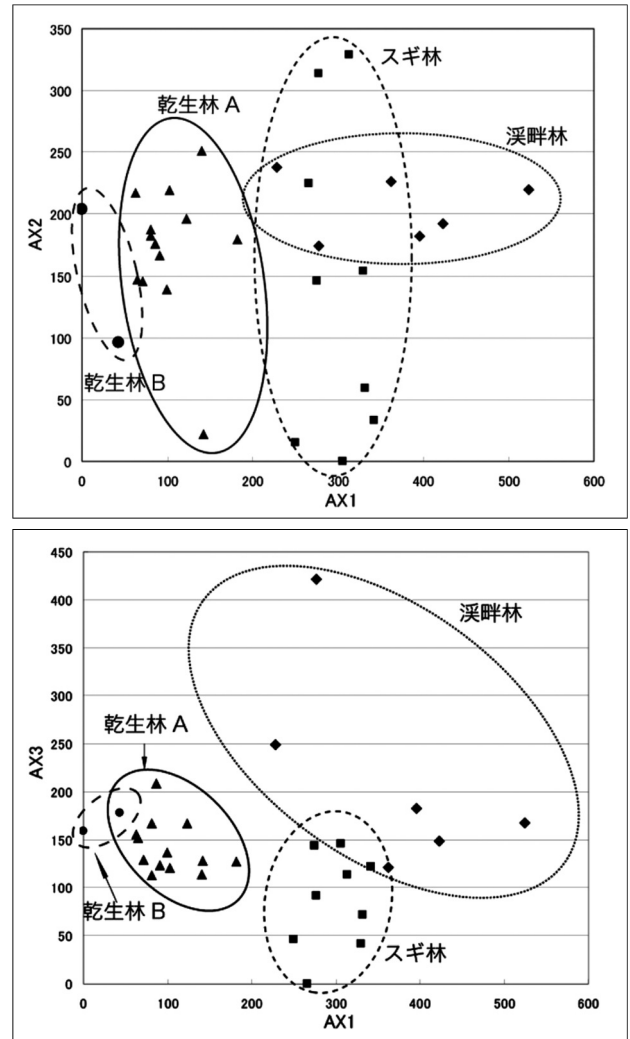


図4 DCAによる群落傾度の解析。AX1軸とAX2軸(上)、AX1軸とAX3軸(下)。

イによって「乾生林A」と「乾生林B」が左側に配置された。このようなAX1軸に抽出された群落傾度は、「湿生林」から「乾生林」への群落の変化を反映している。AX2軸上においては、AX1軸上で左側に配置した「乾生林A」と右側に配置した「スギ林」が、それぞれ軸上に展開した。AX2軸の上側に配置された調査区のプロットは、正の高い種スコアをもったリョウメンシダ、ウワバミソウ、シウリザクラの優占度が高く、下側に配置されたプロットは負の高い種スコアをもったヤマモミジ、オオイタドリ、エゾノギシギシの優占度が高かった。

AX1軸とAX3軸の散布図(図4下)を見ると、AX3軸は湿生森林群落の中で「溪畔林」と「スギ林」の種組成の違いを反映した。AX3軸に対して高い種スコアを示したオオブキ、オオバセンキュウ、ミゾソバが溪畔林に多く出現し、低い種スコアを示したクサソテツ、ノブドウ、コクワがスギ林に多く出現した。

以上のように円山地区の森林群落から抽出された群落傾度(群落変異の方向)のうち、最大の群落傾度はX1軸

に反映された乾生林→湿生林であり、次の傾度が X3 軸に反映された湿生林中のスギ林→溪畔林であった。

V. 考察

円山地区の森林群落の中で、最も大きな群落傾度は乾生林から湿生林という傾度であり、湿性の沢地とそれ以外の平地や尾根の乾地では森林群落が大きく異なっていることを示している。これ以外の明瞭な群落傾度としては AX3 がスギ林から溪畔林に向かう変異を抽出した。

今回調査した森林は、皆伐のような強い攪乱後にできる陽樹林（シラカンバ）ではなく、そのほとんどは在来樹種が林冠を形成している陰樹林であった。このことから、緑地としての円山地区の森林景観が良好なことが示される。しかしながら、林内の階層構造や種組成には人為的な攪乱の影響が現れている。円山公園の散策路となっている Aゾーン、Bゾーンと bゾーンの一部は、利用者の踏圧によって林床が破壊され、裸地化した林となっている。このような林は低木層や亜高木層も貧弱であった。また、Cゾーンを中心として見られるスギ林は、TWINSpan に反映されたとおり、湿生林の中では溪畔林とは異なる種組成を持っているが、この原因は、草本層の種組成が異なるためである。草本種組成の違いは常緑性で通年暗いスギ林下と夏緑性で春に明るい溪畔林下での林床の受光可能量の違いを反映しているものと思われる。また一年中暗いスギ林床は通年低温で高湿度状態が維持されることも、草本種組成の違いの原因であろう。

各群落型の種組成に着目すると、主要な構成種の中に攪乱後に増加しやすい帰化外来種のハリエンジュ、オオハンゴンソウとイワミツバがみられる。ハリエンジュは乾生林 (A と B) 中に侵入し林冠の一部を形成しており、オオハンゴンソウは、裸地化した乾生林 B を除くすべての群落型の林床に侵入していた。また、イワミツバは湿生林の溪畔林とスギ林の林床で優占していた。

オオハンゴンソウは林冠の開いた明るい地表で旺盛に繁茂し優占しているが、イワミツバは暗い閉鎖林の林床で単一優占群落をつくっている。イワミツバによる単一優占群落の形成は、他の林床植物を排除しているものと思われ、今後の林床草本の回復事業を行ううえで、大きな障害になる植物であろう。

以上の結果から、円山地区の森林は、自然林の優占種が林冠を構成しているが、林内の刈り取りや林床の踏圧という攪乱により、階層構造が貧弱になっている。そして、一部の林床が裸地化し、外来種が高い優占度で侵入した里山的な森林であることがわかる。

円山地区は、円山原始林とよばれる自然林帯と都市部

の狭間に位置している。円山原始林は保護された森林として今後も人為攪乱から守られていくが、円山地区の軽～中程度の攪乱を受けた林についても、都市にとっては身近に接することの出来る大変貴重な自然資源である。今後手をつけずに自然林に遷移させていくか、里山的な森林として維持管理していくかの判断はあるにせよ、このような都市域の自然資源を保全していくことは、札幌市域の景観を保全するために重要である。

VI. 「円山動物園の森」生息環境整備計画

円山動物園ビオトープ整備計画の対象地である Dゾーン（円山動物園の森）内の林はそのほとんどが溪畔林であり、一部に植林されたスギ林が分布していることが分かった。また、円山地区の林は手つかずの自然林ではなく、軽～中程度の人為攪乱を受けながら現在の生態学的特性を維持していることが判明した。Dゾーンについても、溪畔林やスギ林の林床や林間の空地の一部で、踏圧や刈り取りなどの攪乱によって外来種のオオハンゴンソウやイワミツバが優占し、在来種が駆逐されている。

円山動物園の森を環境教育の場として活用するために、現在よりも生物多様性の高かった 50 年前の里山的な景観を再生の目標とする。できるだけ多様な環境の生育地をつくり、在来生物を育成しながら生物多様性を高めていく。この際、順応的管理の原則⁷⁾に基づき、生態系の変化の方向を推定しつつモニタリングを行う。そして、変化の方向に逆らわないように配慮しながら、自然の復元力を活かした必要最低限の人為を加える受動的再生を行っていく。

かつての Dゾーンの林は、今より明るく林床草本のもっと豊富な林であった。その後放置されてきたため、現在は林冠が閉じた真っ暗な林となっている。この林は自然の変化プロセスに沿って手をつけずゾーンと、育成管理するゾーンに分ける。育成管理ゾーンでは、木を何本か抜き切りして林冠の一部を空け、今よりやや明るい生産力の高い林床環境をつくることで草本群落を育成する。また、一部でみられる高茎なクマイザサの優占する林床では、クマイザサを刈り取り、地表面付近の受光量を増すことで他の草本を育成する。

Dゾーンの林間には、湿性と乾性の陽地が分布するが、それぞれの水分条件にあった草原を育成する。また人工水路も設置するので、流水性と止水性の生育地をつくり、それぞれに適応した植物群落と動物相を育成する。特に水路では、過去に豊富にいたが現在絶滅寸前のニホンザリガニ、エゾサンショウウオやハナカジカなどの希少種の育成をめざす。

これまでに受けた人為攪乱後に侵入し、優占した帰化外来種や国内外来種の群落については、それらを除去し、その部分に在来種の群落を育成する。

2009年春にDゾーンの整備工事が完了する。その後は、これまで述べた方針にしたがって、円山動物園の森づくりを進めていく予定である。この際、札幌市の動物園として、市民参加型の森づくりを実現させていきたい。

謝辞：本研究は平成19年度受託研究「札幌市円山動物園のリニューアル計画に関する研究」の一環として実施された。本研究推進にあたりご協力を頂いた札幌市円山動物園関係各位およびビオトープ推進協議会メンバー各位に厚く御礼申し上げる。

注

溪畔林^{#1}：河川周辺の水辺林のうち、上流の狭い谷底や斜面にあるものを「溪畔林」といい、下流の氾濫原（洪水時に氾濫水に覆われる土地）にあるものを「河畔林」という。溪畔林にはハルニレ、カツラ、イタヤカエデ、オニグルミ、アサダ、サワシバ、ケヤマハンノキなどが生育する。

DCA (Detrended Correspondence Analysis：除歪対応分析)^{#2}：群落傾度（変化の方向）を客観的に抽出するために開発された多変量解析手法のひとつ。群落調査の結果は各群落調査区×出現種のマトリックスと考えることができる。このマトリックスから固有値と固有ベクトルを求め、これに基づいてつくられた代表的な少数の座標軸上に群落サンプルをプロットし、その配列パターンから群落傾度を推定していく。

TWINSpan (Two-Way Indicator Species Analysis：二次元指標種分析)^{#3}：群落分類用に開発された分割の分類手法のひとつであり、群落タイプとその構成種群を同時に分類する。分類する上で決定的となるインディケータ種（指標種）を複数設定し、その出現パターンで群落のグループを二分する。この操作を繰り返し、求めたい大きさのグループに分ける事ができる。

二次林^{#4}：冷えた溶岩流など土壌のない地盤上で、裸地がコケ・地衣、草原、陽樹林を経て安定した陰樹林へと変化（遷

移）していく過程を一次遷移という。土壌が存在する場合にはこの過程と異なり、初めから草原やシラカンバやケヤマハンノキなどの陽樹林が形成され、やがて陰樹林に遷移する。この現象を二次遷移と呼び、二次遷移の途中にある群落を二次草原や二次林と呼ぶ。人里で見られる二次遷移は、ほとんどの場合、伐採などの人為的な攪乱後に始まる。

階層構造^{#5}：森林における垂直方向の空間構造を階層構造という。森林調査では上から高木層、亜高木層、低木層、草本層とコケ・地衣層（地表層）に分けわけ、それぞれの階層で種ごとの被度（%）^{#6}を測定して階層構造を把握する。一般に、林が攪乱を受けないまま成熟が進むほど、その階層構造は発達する

被度（%）^{#6}：植生調査ではふつう対象群落内にコドラート（正方形の枠）を設置し、その内側を標本として調査を行う。この時それぞれの種の地上投影像がどのくらいの面積を占めているのかを、枠面積に対する割合（%）で示したものを被度（%）という。

順応的管理^{#7}：再生計画における未来予測の不確実性を認識し、計画を継続的なモニタリング評価と検証によってそのつど見直しと修正を行いながら管理する手法。

参考文献

- 1) 札幌市：札幌市環境基本計画 平成17年3月改定, 2005
- 2) 札幌市環境局円山動物園管理課：札幌市円山動物園基本構想, 2007
- 3) 札幌市教育委員会：さっぽろ文庫12 藻岩・円山, 北海道新聞社, 1980
- 4) 札幌市教育委員会：さっぽろ文庫64 公園と緑地, 北海道新聞社, 1993
- 5) Hill M. O.: TWINSpan-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes: Department of Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, NY, USA, 1979
- 6) Hill M. O. & GAUCH H. G.: Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique: *Vegetatio* 42: 47-58, 1980
- 7) 環境省自然環境局, 自然環境共生技術協会：自然再生—釧路から始まる, ぎょうせい, 2004