



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道大学植物園内「自然林」における台風後8年間の林分動態
Author(s)	大野, 祥子; 持田, 大; 永谷, 工 他
Citation	北大植物園研究紀要, 17, 7-17
Issue Date	2019-05-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74545
Type	departmental bulletin paper
File Information	BBG7-17.pdf



北海道大学植物園内「自然林」における台風後8年間の林分動態

大野 祥子ⁱ・持田 大ⁱ・永谷 工ⁱ・高田 純子ⁱ・板羽 貴史ⁱ・富士田 裕子ⁱ

はじめに

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園（以下本園と略す）の第15林班は、開拓以前の落葉広葉樹林の原形を残し、可能な限り管理を行わず長期的にその変化を観察している区画で、展示区画として「自然林」と呼ばれている（以下、自然林と記す場合は、この区画を指すこととする（図1-a））。自然林は、優占樹種がハルニレからイタヤカエデ（エゾイタヤとアカイタヤの母種）へ遷移しており、その原因として周辺域の都市化による地下水位低下に伴う乾燥化といった自然環境の変化が挙げられている（村松 1998）。

このような状況の中、2004年9月8日の台風18号による自然災害を受け、自然林は約180本の樹木の半数近くが倒壊し、本園内で最も大きな被害を受けた区画となった（大野 2006）。それまで自然林の林冠を構成していたエゾイタヤ、ハルニレ、ミズキなどの高木が幹折れ、根返りなどの被害を受けたため、鬱蒼としていた自然林内に林冠ギャップが形成され、太陽光が林床に直接到達するようになった。また、根返りにより地表面が破壊され、鉍質土壌がむき出しの裸地も形成された。このような攪乱により、自然林では新たな二次遷移が進むと予想された。そこで、自然林の二次遷移にともなう、林分動態を明らかにすることを目的として、本園では長期モニタリングを実施することとした。

森林における長期モニタリングは、天然林の構造や動態を解析する研究として、全国の大学研究林や森林総合研究所など多くの研究機関で行われている（環境省生物多様性センター、モニタリングサイト1000、<http://www.biodic.go.jp/moni1000/index.html> 最終確認日2018年2月12日）。森林の生態系は、気候変動による気温上昇や台風の頻発化、病虫害な

どの様々な現象に対して、その影響を長期的に受けることで将来的に変化することが予想される。この変化は短期的な観測では捉えにくいものも多く、森林動態のメカニズムを解明するためには長期間継続してデータの収集を行う必要がある（緒方ら 2017）。環境省のモニタリングサイト1000の2017年度報告によると、冷涼な北海道の森林においては、年によって強風の影響で死亡率が大きい年があり、強風攪乱による森林群集への影響が長期的にどのように現れるのかを今後も注視していく必要がある（環境省自然環境局生物多様性センター 2018）。

一方、都市および都市近郊においては、大面積の森林が人間活動（宅地開発、農耕地化など）により分断・細分化され、人工的な環境に取り囲まれている。この分断・細分化された森林は「孤立林」と呼ばれている（舟根・並川 2001）。孤立林は緑地保全や景観、野鳥・昆虫などの生息域という点からも重要であり、これまで様々な都市で調査・研究が行われている。

たとえば、東京都港区の都市化が進んだ地域内に島状に残されている、国立科学博物館附属自然教育園（約20ha）において、1965年から園内に生育する全樹木に対しての毎木調査が継続的に行われており、過去からの情報の蓄積が豊富で（島田・福嶋 2010）、長期モニタリングの調査報告が数多くある。島田・福嶋（2010）は鳥散布型の先駆性高木種であるイイギリが東京都心の都市林で増加し、近郊の雑木林や自然林とは異なる挙動を示したことを明らかにしている。また、福嶋・木村（2001）はコナラ林、スダジイ林、ミズキ林の植物群落の組成と構造について調査しており、林分の種類に関係なく常緑広葉樹種の占める割合が高く、低木層以下はとくに常緑広葉樹が高い割合で出現し、さらに鳥散布型樹種であるウワミズザクラ、ミズキ、シロダモ、アオキ等

ⁱ北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園 Botanic Garden, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, 060-0003, Sapporo, Japan

の出現率が高いことが孤立林分の特徴と報告している。加えて、長期にわたる定期的な経過調査が正確な森林の遷移を知るうえで重要と説いている。

長島・菅原（2013）は、仙台市の都市域の中に島状に残された台原森林公園内の仙台市科学館自然観察園において、25 年間の植物群落の変化を調査した。その結果、法面や切り通しといった立地では、木本植物がまばらに生育した状態からアカマツ群落やコナラ・クリ群落に遷移し、さらにアカマツ群落が老齢化しマツ枯れが生じ、林冠ギャップではスズタケ群落に変化していると述べている。舟根・並川（2001）は札幌市内南東部の孤立林で植物相調査を行い、森林の断片化および森林面積の減少が 30 年ほどの間に進行し、そこに生育する植物に様々な影響を与えたと報告している。とくに総種数と林分面積との間に正の相関が認められ、生育環境の多様性の低下を指摘している。さらに林分の小面積化により「湿性地」が欠落し、湿性地を含む林分に偏って分布する種が減少する傾向を示し、生育環境の多様性の低下が種数を減少させる要因の一つであると考察している。服部ら（1993）は兵庫県三田市において孤立林の面積と植物種数の関係について強い相関関係を認めた。1ha 以上の大孤立林のみに好適湿植物が出現し、小規模の孤立林ほど土壌が乾燥化しやすくなり好適湿植物が欠落していく傾向が見られ、孤立林の面積がある一定以上でなければ適湿な立地を好む種を維持できないと述べている。このように、都市における孤立林では、湿性地の欠落による出現種数の減少が報告されている。

調査地である本園は面積約 13ha で、周囲の都市化に伴い「孤立林」となっている。先にも述べたが村松（1998）は地下水位低下に伴う乾燥化が優占樹種の遷移に影響を与えていると考察しており、他の報告と同様な傾向が見うけられる。このような状況の中、自然林の台風被害初期の動態に関して、持田ら（2009）はエゾイタヤの優占が当面は続くこと、自然林外からの樹木種子の進入が林分の遷移に関わってくる可能性があること、自然林がまだ安定した状態にはなっていないことを予想している。

本報告では台風被害を受けた自然林の二次遷移にともなう林分動態を明らかにすることを目的に、長期モニタリングの初期 8 年間の毎木調査データを用いて、自然林の構成樹種の変化について報告する。

調査地概要

本園は、北緯 43 度、東経 141 度、札幌市のほぼ中心部に位置する。調査地の自然林は、本園中心部のやや西側に位置し、面積は約 0.6ha、最長 89 m、最短 48 m の不規則な楕円形をしている（図 1-a）。自然林の北部は傾斜しており、東部にはかつて川が流れていた（図 1-b）。明治時代の開園当時は第 5 樹木園と称し、原始林をそのまま残すという現在と同様のコンセプトを持っていた（石田 1956）。ただし、実際は散策路が作られ、既存の樹種以外に外国産樹木が植えられるなどしていたため、昭和 40 年（1965）頃から自然林と称し保護する方針とし（辻井 1966）、現在もできる限り管理の手を入れずに遷移を見守るという趣旨で保存している。

2004 年の台風により、自然林に分布する樹木 176 本（胸高直径 10cm 以上）のうち、84 本が被害に遭った。被害の形態別本数は、根元からの損傷が 45 本、幹折れ、枝折れなど樹木の部分的損傷は 36 本、その他 3 本となった（谷井ら 2000）。台風被害後の自然林の管理については、林内の被害樹木をそのままにし、来園者の通行に支障をきたす林外に出た幹や枝についてのみ伐採、撤去を行った。

調査方法

毎木調査

毎木調査は、「モニタリングサイト 1000 森林コアサイト設定、調査マニュアル」（新山・柴田 2004）に従い、以下の要領で行った。胸高（地上高さ 1.3m）の周囲長が 15cm 以上の樹木個体を対象とし、すべての幹に真鍮くぎを打ちホワイトラベルで標識した。また、胸高部位に黄色のラッカースプレーを吹き付けた。すべての対象木は樹種を同定したのち、スチールメジャー（タジマ、エンジニアポケット 10 m）を用いて胸高周囲長を測定した。樹高の測定は測竿を用いた目測により行い、2009 年以降は低木の場合は測竿を、高木は樹高計（Haglof 製、VERTEX IV、Transponder T3）を用いて測定した。また、自然林の外周の測量を 2004 年 12 月 14 日に、樹木の位置を 2005 年 4 月 12 日に測量し、地図上にプロットした。

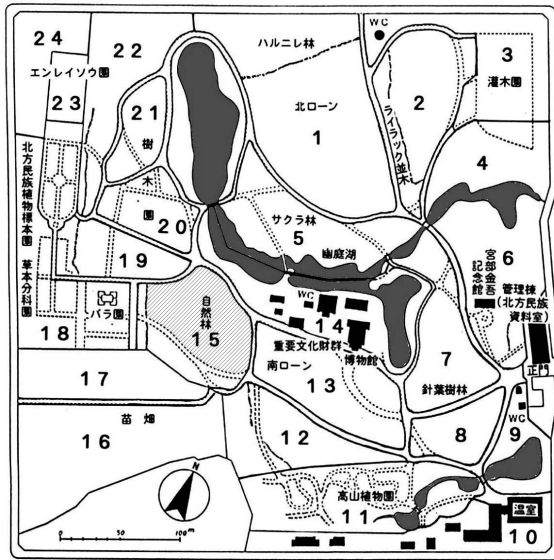


図 1-a.

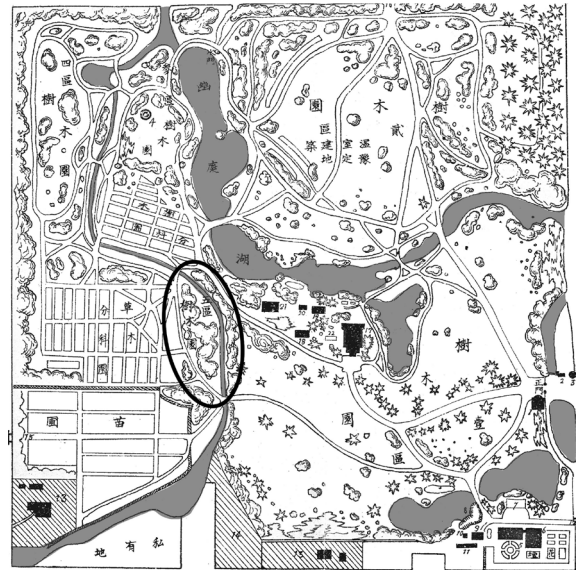


図 1-b.

図 1. 自然林の位置. a: 現在の自然林 (斜線部分), b: 大正時代の自然林 (丸印) (東北帝国大学農科大学植物園案内 (1918 年頃) より転載).

調査は 2005 年から隔年で行い、3～5 月 (2005 年 4 月 6～8 日、2007 年 3 月 15 日、2009 年 4 月 1～3 日、2011 年 4 月 5～7 日、2013 年 5 月 8～21 日) に実施した。

データ解析

2 回目以降の調査では、調査のたびに個体の生死と幹の胸高周囲長および樹高を記録するとともに、調査ごとに前回調査と比較して周囲長が新たに 15cm を超えた個体数を新規加入木本数として数えた。また、個体の死亡による減少を枯損木本数として数えた。調査結果から樹種ごとの動態を知るために胸高断面積 (BA) を算出した。本調査では、胸高断面積合計をヘクタール換算した値を林分の現存量を推定する指標として用いた。胸高直径は胸高周囲長から算出した。また、1997 年の毎木調査データ (谷井ら 2000) から自然林部分のデータをとりだし、被害前の自然林の状態とした。

本報告における植物の学名・和名は、「北大植物園 高等植物目録」(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園 2003) および「植物和名—学名インデックス YList」(米倉・梶田 2003-「BG Plants 和名-学名インデックス」(YList) <http://ylist.info/index.html> 最終確認日 2018 年 3 月 2 日) に準拠した。

結 果

自然林の樹木の種組成

被害前の 1997 年、および 2005 年から 2013 年までの 5 回の毎木調査結果を表 1 に示した。自然林で出現した胸高周囲長 15cm 以上の樹木 (ただし 1997 年は胸高直径 10cm 以上の樹木) は、1997 年は 146 本 (16 科 21 属 25 種) であった。台風翌年の 2005 年で 205 本 (15 科 16 属 28 種、未同定 2 本) あった (ここで未同定とは属までの同定にとどまった 2 科 2 属をさす)。2007 年は 237 本 (16 科 17 属 29 種、未同定 3 本)、2009 年は 303 本 (19 科 20 属 32 種、未同定 3 本)、2011 年は 366 本 (20 科 21 属 33 種、未同定 3 本)、2013 年には 402 本 (22 科 22 属 34 種、未同定 3 本) となり、台風後、本数は増加を続けた。

2005 年の種組成と比較すると、2007 年にヤマブドウ、2009 年はニワウルシ、エゾニワトコ、キハダ (1997 年調査時はあり)、2011 年はオニグルミ、トチノキ、2013 年はヌルデがそれぞれ加わった。一方で、ユクノキ (2011 年) は植栽した樹木という理由で伐採したため、またハクウンボク (2013 年) は枯死によりそれぞれ消失した。

2013 年に本数の多かった上位 10 種の 2005 年から 2013 年までの本数の推移を図 2 に示した。エゾイタヤが 1 位で 59 本から 106 本に増加した。ついで、ミズキ、クロビイタヤ、エゾニワトコ、オオモミジ、

シウリザクラ、アカイタヤ、ヤマグワ、キタコブシ、ニワウルシの順に 2013 年の出現本数が多かった。

オオモミジは 2005 年に 25 本出現し、2009 年に 30 本となったが、その後枯死により 2013 年に 26 本となった。ヤマグワは 13 本から微増で推移し 2011 年に 17 本となった。エゾニワトコ、ニワウルシは 2009 年に出現し 2013 年までに急増しそれぞれ 29 本、15 本となった。ミズキ、シウリザクラ、キタコブシは緩やかに増加した。クロビイタヤは 9 本から 2011 年に 30 本、アカイタヤは 5 本から 2013 年に 21 本に増加した。

一方で、表 1 に示すように本数に変化がなかったのは、ハリギリ、ミズメ、ミズナラ、シナノキ、サワシバ、アサダ、エゴノキの 7 種であった。ハルニレは 1 本増加した。

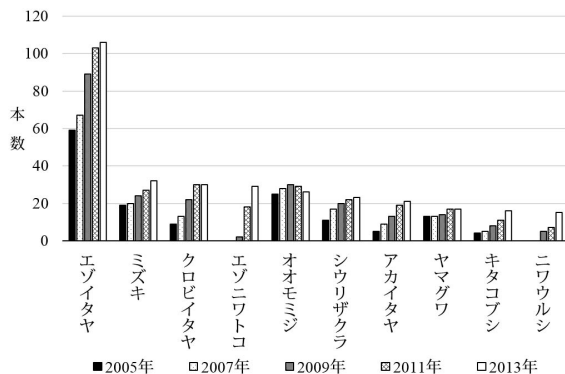


図 2. 樹種別本数の推移.

胸高断面積 (BA)

胸高断面積の合計 (表 1) は、1997 年には 21.55 m^2/ha あったが、台風後の 2005 年には 14.55 m^2/ha に減少した。その後、2007 年は 15.58 m^2/ha 、2009 年は 16.96 m^2/ha 、2011 年は 18.75 m^2/ha 、2013 年は 20.15 m^2/ha と増加し続けた。

樹種別に見ると、台風翌年の 2005 年ではエゾイタヤが最大で 4.06 m^2/ha (59 本)、ついでハルニレ (3.09 m^2/ha 、5 本)、ハリギリ (1.55 m^2/ha 、7 本)、ミズメ (1.51 m^2/ha 、3 本)、ミズナラ (0.81 m^2/ha 、4 本) で、これら 5 種で全体の 75% を占めた。2007 年、2009 年、2011 年ともに BA 上位の樹種に変化はなく、本数の増加および成長に伴い BA が増加した。

2013 年は、エゾイタヤが 5.63 m^2/ha (106 本)、ついでハルニレ (3.55 m^2/ha 、6 本)、ハリギリ (1.90

m^2/ha 、7 本) ミズメ (1.76 m^2/ha 、3 本)、ミズナラ (1.06 m^2/ha 、4 本) で、これら 5 種で全体の 69% を占めた。ただし、年を経るごとに全体の BA が増加する中で上位 5 種の割合は減少した。

胸高直径クラス別の本数の分布

図 3 に、台風被害前 (1997 年) の胸高直径クラス別の本数の分布、2005 年から 2013 年までの各調査年の胸高直径クラス別の本数の分布を示した。台風以前の胸高直径クラス別の本数の分布は、1997 年の毎木調査データから自然林の部分を抜粋し作成した。そのため、胸高周囲長 15cm 以上ではなく胸高直径 10cm 以上の樹木についての値である。また、1997 年当時の構成樹種上位 3 種 (エゾイタヤ、ミズキ、ハルニレ) を抽出してそれぞれの調査年ごとの胸高直径クラス別の本数の分布を示した。全樹種のグラフを見ると 1997 年は 10cm 以上 20cm 未満を、2005 年から 2013 年は 0cm 以上 10cm 未満をピークに持つ逆 J 字型分布を示した。1997 年と 2005 年と比較すると台風の被害により 30cm 以上の階層の樹木が減少しており、とくに 60cm 以上では 11 本から 5 本へ半減した。反対に 0cm 以上 10cm 未満の階層で 106 本と増加が見られた。2007 年以降は 0cm 以上 10cm 未満および 10cm 以上 20cm 未満の階層で本数が増加した。2013 年には 0cm 以上 10cm 未満の階層に 225 本、10cm 以上 20cm 未満では 124 本になった。また 60cm 以上の階層では 9 本あった。

2005 年以降について樹種別で見ると、エゾイタヤでは 0cm 以上 10cm 未満の若齢木が非常に多く見られ、全調査年において逆 J 型分布を示した。ミズキは 40cm 未満の階層に分布しており、2005 年および 2013 年で逆 J 型分布を示し、2007 年、2009 年、2011 年では 10cm 以上 20cm 未満の階層をピークにした山型分布を示した。ハルニレは台風被害により 60cm 以上 90cm 未満の階層が消失し、2005 年以降は小径木から大径木まで分布が点在し、10cm 未満の若齢木も 1 本あった。

樹高階層別の本数の分布

1997 年および 2005 年から 2013 年の全樹種での樹高階層別の本数の分布を図 4 に示した。また、1997 年当時の構成樹種上位 3 種 (エゾイタヤ、ミズキ、ハルニレ) を抽出してそれぞれの調査年ごと

の樹高階層別の本数の分布も示した。なお、1997 年は胸高直径 10cm 以上の樹木についての樹高階層別の本数の分布を示した。1997 年は 8 ～ 10m の階層を頂点とした山型分布を示し、24 ～ 26m の階層まで分布が見られた。台風被害後の 2005 年では 4 ～ 6m の階層が最も多く 66 本であった。8 ～ 10m では 21 本、10 ～ 12m では 11 本と徐々に階層が高くなるにつれて本数が減少し、20m 以上では 9 本となった。1997 年と比較すると 8 ～ 14m の階層で本数が 95 本から 45 本に減少し、0 ～ 6m で本数が 27 本から 143 本に増加した。2007 年では 2 ～ 4m および 10 ～ 12m の階層で 2005 年に比べて本数が増加したが、分布のパターンに変化はなかった。2009 年は 4 ～ 6m (108 本) を頂点とする分布となった。2011 年も 4 ～ 6m を頂点とするが 6 ～ 8m の階層も本数が増加した。2013 年になると 6 ～ 8m (112 本) を頂点とし、4 ～ 6m および 8 ～ 10m ではほぼ同数となる山型分布となった。20m 以上の階層は 20 本を数えた。

樹種別では、エゾイタヤが全樹種における分布と類似したパターンを示した。1997 年での分布は 16 ～ 22m を欠き、6 ～ 10m をピークとする山型分布を示していた。台風被害後は 4 ～ 8m の階層で本数が急増し、2013 年になると 6 ～ 8m に最も多く分布する山型分布を示した。ミズキは 1997 年には 8 ～ 10m をピークに持つ山型分布を示していた。しかし、台風被害により 10 ～ 18m で 10 本減少し、2005 年には 6 ～ 8m の 9 本を頂点とする山型分布を示した。2013 年になると 4 ～ 14m の範囲に集中して分布し、20m 以上にも 1 本あった。ハルニレは台風被害で 8 ～ 16m の中間層が欠落し、2007 年以降も 4 ～ 6m および 20m 以上の階層に分布が散在していた。2009 年以降は 30m 以上の階層にも分布が見られた。

新規加入と枯損（枯死）

樹種別の新規加入木本数と枯損木本数との 8 年間の推移を表 2 に示した。新規加入木は、全種の合計で 2007 年 32 本、2009 年 68 本、2011 年 66 本、2013 年 46 本あり、8 年間で 212 本に上り、2009 年をピークに新規加入本数は徐々に減少した。一方で枯損木は 8 年間で 15 本にとどまった。2007 年は枯損木がなく、2009 年に 2 本、2011 年に 3 本と僅かであったが、2013 年に 10 本の枯損木を確認した。枯損木の胸高直径のサイズは平均値で 2009 年では

19.15cm、2011 年は 13.8cm、2013 年は 11.1cm と徐々に小さなサイズで枯死していた。これらのことから、枯損木の本数の増加とサイズの低下が認められた。また最も太いものは 2009 年に伐採したユクノキの 23.2cm であった（表 1）。

新規加入木本数の最も多かった樹種はエゾイタヤで 2007 年から 2013 年の合計で 50 本あった。とくに 2009 年に 22 本の加入が確認された。2011 年にはエゾニワトコが 16 本加入し、2013 年にも 12 本加入していた。そのほか 2007 年から 2013 年までに新規加入した樹種は、シウリザクラ、クロビイタヤ、アカイタヤ、オオモミジ、ミズキ、キタコブシ、ニワウルシ、エゾノウワミズザクラ、ハルニレ、ウワミズザクラ、ヌルデであった。枯損木は、オオモミジ 4 本、エゾイタヤ 3 本、ミズキ 2 本、ハクウンボク、エゾニワトコ、クロビイタヤ、ケヤキ、ツリバナ、ユクノキがそれぞれ 1 本であった。オオモミジは 2007 年および 2009 年に新規加入がありその後の 2011 年および 2013 年は新規加入がなく枯損木のみを確認した。

新規加入木は南側および西側、北西側の林縁や林内の開けた場所で見られた。キタコブシは伏状幹から萌芽した幹、シウリザクラでは根萌芽幹を確認した。そのほか、主幹の根元付近から生じる萌芽幹（ひこばえ）も見られた。

全樹種での 2005 年から 2013 年まで 8 年間の新規加入率は 9.20% / 年、死亡率は 0.75% / 年で新規加入率が高い値を示した。エゾイタヤのみの値を算出したところ、新規加入率は 8 年間で 7.75% / 年、死亡率は 0.43% / 年であった。

考 察

自然林の種構成

自然林を含む本園は、石狩低地帯の一部を構成する豊平川扇状地上に位置しており、札幌市の中心部に位置しながら土地は肥沃で緩やかな起伏に富み、昭和初期までは数個の泉源とこれにともなう細流があつて、ハルニレ、イタヤカエデ、ミズナラ、ヤチダモ、ハンノキなど多くの樹種に富んでいた（辻井 1966）。恒屋・伊藤（1983）は植物園およびその周辺の潜在自然植生をハルニレ - エゾイタヤ林としている。

表 1. 各調査年における自然林の胸高周囲長 15cm以上の樹木の胸高断面積合計 (BA (m²/ha)), 立木の幹数, 胸高直径の最大, 最小, 平均値. * 1997 年は胸高直径 10cm 以上の樹木についての値を記載した.

no.	樹種名	学名	1997 年*					2005 年				
			BA	幹数	胸高直径			BA	幹数	胸高直径		
					最大	最小	平均			最大	最小	平均
1	ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	4.21	8	101.0	11.0	56.8	3.09	5	106.8	6.6	58.2
2	エゾイタヤ	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	3.77	31	94.0	10.0	23.3	4.06	59	106.1	4.8	14.7
3	ハリギリ	<i>Kalopanax septemlobus</i>	3.06	9	101.0	22.3	45.9	1.55	7	58.2	12.7	38.0
4	アサダ	<i>Ostrya japonica</i>	1.63	2	90.0	66.0	78.0	0.01	1	8.2	8.2	8.2
5	ミズキ	<i>Cornus controversa</i>	1.56	29	41.8	10.2	18.7	0.55	19	28.8	5.5	13.4
6	ミズメ	<i>Betula grossa</i>	1.36	3	73.0	47.5	57.9	1.51	3	76.1	50.7	61.0
7	ミズナラ	<i>Quercus crispula</i>	1.01	4	52.5	19.7	42.0	0.81	4	55.4	9.1	33.7
8	ユクノキ	<i>Cladrastis sikokiana</i>	0.91	4	57.6	13.2	38.4	0.05	1	19.9	19.9	19.9
9	ドロノキ	<i>Populus suaveolens</i>	0.68	1	72.0	72.0	72.0	-	-	-	-	-
10	キタコブシ	<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	0.66	4	46.0	21.0	34.4	0.19	4	34.8	8	15.8
11	シナノキ	<i>Tilia japonica</i>	0.60	3	51.5	19.0	36.7	0.68	2	55.9	45.1	50.5
12	オオモミジ	<i>Acer amoenum</i>	0.45	7	35.5	11.0	20.9	0.57	25	35.8	4.9	11.2
13	エゾヤマザクラ	<i>Cerasus sargentii</i>	0.34	7	33.5	10.8	17.7	0.13	3	24.6	10.8	17.0
14	ヤチダモ	<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.21	4	28.7	15.0	19.4	0.10	3	19.3	8.7	15.4
15	ヤマグワ	<i>Morus australis</i>	0.21	9	18.0	10.0	13.2	0.31	13	23	6.1	12.9
16	ヤマモミジ	<i>Acer amoenum</i> var. <i>matsumurae</i>	0.18	3	28.0	16.2	20.8	0.01	1	5.8	5.8	5.8
17	アズキナシ	<i>Aria alnifolia</i>	0.18	4	27.0	10.5	17.4	0.12	3	28.2	6.4	15.1
18	クロビイタヤ	<i>Acer miyabei</i>	0.11	3	20.0	14.7	16.9	0.20	9	24.7	4.8	10.9
19	サワシバ	<i>Carpinus cordata</i>	0.08	2	21.5	12.2	16.9	0.08	2	21.7	12.6	17.2
20	ナツツバキ	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	0.08	3	16.5	12.2	14.0	0.13	3	23.8	13.4	17.9
21	アオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa</i> f. <i>serrata</i>	0.08	1	24.3	24.3	24.3	-	-	-	-	-
22	シウリザクラ	<i>Padus siori</i>	0.07	1	23.0	23.0	23.0	0.14	11	24.8	4.8	8.1
23	ハクウンボク	<i>Styrax obassia</i>	0.04	1	18.2	18.2	18.2	0.04	1	18.2	18.2	18.2
24	ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	0.04	2	14.0	11.2	12.6	0.07	2	17.4	14.5	16.0
25	キハダ	<i>Phellodendron amurense</i>	0.03	1	14.5	14.5	14.5	-	-	-	-	-
26	アカイタヤ	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mayrii</i>	-	-	-	-	-	0.06	5	17.6	4.8	8.1
27	ツリバナ	<i>Euonymus oxyphyllus</i> var. <i>oxyphyllus</i>	-	-	-	-	-	0.05	11	9	4.8	5.8
28	エゾノウワミズザクラ	<i>Padus avium</i>	-	-	-	-	-	0.02	3	8.7	6.4	7.7
29	エゴノキ	<i>Styrax japonica</i>	-	-	-	-	-	0.01	1	8.6	8.6	8.6
30	トネリコバノカエデ	<i>Acer negundo</i>	-	-	-	-	-	0.01	1	7.1	7.1	7.1
31	サンザシ属	<i>Crataegus</i> sp.	-	-	-	-	-	0.01	1	7.5	7.5	7.5
32	ウワミズザクラ	<i>Padus grayana</i>	-	-	-	-	-	0.00	1	4.9	4.9	4.9
33	ハシバミ属	<i>Corylus</i> sp.	-	-	-	-	-	0.00	1	4.8	4.8	4.8
34	ヤマブドウ	<i>Vitis coignetiae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	ニワウルシ	<i>Ailanthus altissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	エゾニワトコ	<i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>kamtschatica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	オニグルミ	<i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sachalinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	トチノキ	<i>Aesculus turbinata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	ヌルデ	<i>Rhus javanica</i> var. <i>chinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
総合計			21.55	146				14.55	205			

注) 種名は 1997 年の BA の値が大きい順に記した。

2007 年					2009 年					2011 年					2013 年				
BA	幹数	胸高直径			BA	幹数	胸高直径			BA	幹数	胸高直径			BA	幹数	胸高直径		
		最大	最小	平均			最大	最小	平均			最大	最小	平均			最大	最小	平均
3.15	5	108.2	8.1	59.0	3.25	5	109.2	8.0	60.1	3.39	5	111.0	8.8	61.7	3.55	6	112.8	5.5	53.8
4.33	67	106.6	4.9	14.6	4.81	89	109.2	4.8	13.6	5.25	103	110.4	4.8	13.4	5.63	106	111.3	4.5	13.9
1.63	7	59.4	14.4	39.2	1.68	7	59.2	15.9	39.9	1.80	7	61.4	16.7	41.3	1.90	7	62.0	17.3	42.6
0.01	1	10.0	10.0	10.0	0.02	1	11.8	11.8	11.8	0.03	1	13.9	13.9	13.9	0.03	1	15.6	15.6	15.6
0.63	20	29.1	4.9	14.2	0.72	24	30.6	5.1	13.7	0.83	27	32.3	5.1	13.8	0.97	32	35.2	5.1	13.3
1.54	3	76.1	51.9	61.8	1.56	3	76.8	51.0	62.0	1.69	3	79.7	54.8	64.7	1.76	3	81.1	56.0	66.1
0.81	4	55.3	11.4	34.5	0.91	4	56.4	14.5	36.9	1.03	4	63.1	16.2	39.4	1.06	4	63.6	17.2	40.1
0.06	1	20.7	20.7	20.7	0.07	1	23.2	23.2	23.2	-	-	-	-	-	0.00	1	5.6	5.6	5.6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.22	5	36.1	6.4	15.1	0.26	8	36.8	4.8	12.2	0.31	11	37.8	4.8	11.3	0.36	16	37.9	4.8	10.2
0.72	2	57.4	46.5	52.0	0.74	2	58.0	47.6	52.8	0.79	2	59.4	49.7	54.6	0.86	2	61.1	53.3	57.2
0.69	28	37.3	5.6	11.8	0.76	30	36.8	5.4	12.2	0.88	29	38.3	5.9	13.6	0.91	26	39.6	6.2	14.7
0.16	3	24.6	16.7	19.7	0.16	4	23.6	5.1	16.0	0.19	5	25.8	4.8	14.7	0.17	5	23.7	6.3	14.8
0.12	3	21.3	9.0	16.4	0.14	4	23.4	8.1	15.0	0.16	5	24.8	5.5	13.7	0.18	5	26.6	7.8	14.7
0.37	13	24.3	7.2	14.0	0.42	14	25.8	5.1	14.3	0.49	17	26.9	4.8	13.5	0.52	17	27.6	5.4	13.9
0.01	1	6.8	6.8	6.8	0.01	1	8.1	8.1	8.1	0.02	2	9.6	5.5	7.6	0.02	2	10.4	5.4	7.9
0.13	4	28.2	5.4	13.1	0.14	4	29.0	6.1	13.7	0.15	4	29.7	6.7	14.2	0.15	4	29.7	7.1	14.4
0.24	13	25.7	5.4	10.1	0.33	22	26.6	4.8	9.1	0.43	30	29.0	4.9	8.9	0.44	30	30.6	4.8	9.2
0.09	2	22.1	13.4	17.8	0.09	2	22.9	14.0	18.5	0.10	2	24.0	14.5	19.3	0.11	2	24.5	14.9	19.7
0.14	3	25.0	14.0	18.5	0.15	3	25.8	14.6	19.0	0.16	4	26.8	4.9	15.8	0.17	4	27.6	4.9	16.0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.20	17	27.2	4.8	8.0	0.25	20	28.3	4.9	8.3	0.30	22	29.6	5.1	8.8	0.35	23	30.4	4.9	9.4
0.05	1	18.5	18.5	18.5	0.05	1	19.1	19.1	19.1	0.05	1	19.4	19.4	19.4	-	-	-	-	-
0.08	2	18.2	16.6	17.4	0.11	1	29.3	29.3	29.3	0.14	1	32.3	32.3	32.3	0.16	1	34.9	34.9	34.9
-	-	-	-	-	0.01	2	5.4	4.9	5.2	0.01	2	6.7	6.2	6.5	0.02	2	8.5	6.9	7.7
0.09	9	18.3	4.8	7.5	0.12	13	19.1	4.8	7.6	0.18	19	20.7	4.8	7.7	0.23	21	21.8	5.4	8.3
0.06	11	9.2	5.0	6.1	0.07	14	9.6	4.8	6.1	0.08	14	10.2	4.8	6.3	0.07	13	9.8	4.8	6.3
0.03	3	10.2	6.8	8.9	0.05	5	11.9	4.9	7.9	0.07	7	12.7	5.5	8.1	0.09	9	13.5	5.1	8.1
0.01	1	9.7	9.7	9.7	0.02	1	10.7	10.7	10.7	0.02	1	10.9	10.9	10.9	0.02	1	11.2	11.2	11.2
0.01	1	9.0	9.0	9.0	0.02	2	11.3	7.2	9.3	0.03	2	12.4	9.7	11.1	0.04	2	12.8	10.7	11.8
0.01	1	8.3	8.3	8.3	0.01	1	8.3	8.3	8.3	0.01	1	8.4	8.4	8.4	0.01	1	8.2	8.2	8.2
0.01	1	6.7	6.7	6.7	0.01	1	8.1	8.1	8.1	0.01	1	8.9	8.9	8.9	0.03	2	10.1	10.1	10.1
0.01	2	5.4	4.8	5.1	0.01	2	5.4	4.9	5.2	0.01	2	5.3	4.9	5.1	0.01	2	5.4	4.9	5.2
0.02	3	7.0	5.6	6.3	0.03	5	7.3	4.9	5.9	0.02	5	7.3	4.3	5.8	0.03	5	8.0	4.8	6.5
-	-	-	-	-	0.02	5	6.2	5.1	5.5	0.07	7	10.7	4.8	8.2	0.16	15	15.4	5.3	8.5
-	-	-	-	-	0.01	2	5.3	4.8	5.1	0.08	18	7.3	4.8	5.7	0.17	29	8.6	5.0	6.5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	1	5.0	5.0	5.0	0.01	1	7.1	7.1	7.1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	1	5.3	5.3	5.3	0.00	1	6.2	6.2	6.2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	1	6.3	6.3	6.3
15.58	237				16.96	303				18.75	366				20.15	402			

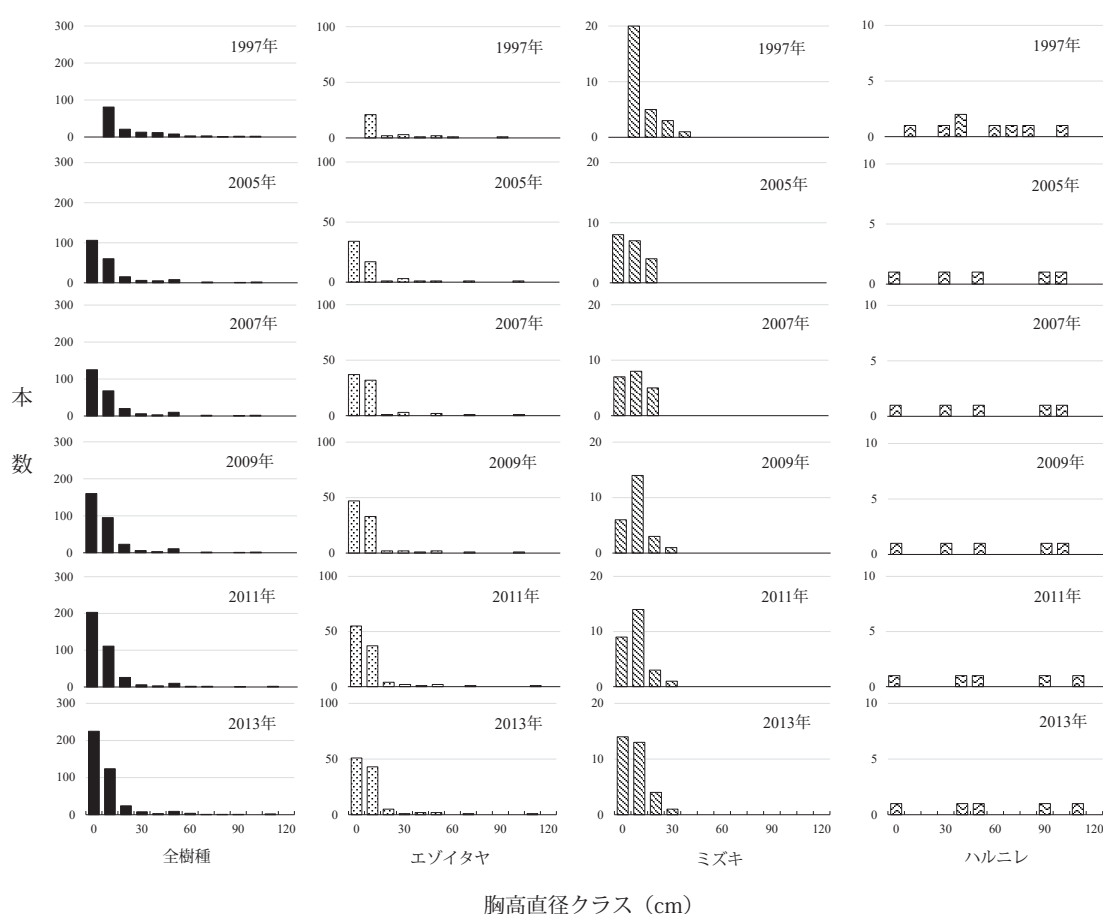


図 3. 胸高直径クラス別の本数の分布。 注：樹種により本数（縦軸）の目盛が異なる。

樹種別本数（表 1）および胸高直径クラス別の本数の分布（図 3）、樹高階層別の本数の分布（図 4）から、自然林を構成する樹種の中でエゾイタヤのみが調査期間を通して本数が顕著に増加し、胸高直径の階層別の本数の分布では逆 J 型分布を示したことから、更新が継続的に行われていることが明らかになった。一方でハルニレ、ハリギリ、ミズメ、ミズナラは大径木に偏った分布で更新が進んでいなかった。この様に主要樹種の中で、若い木を持つ樹種と持たない樹種が存在していた。肥後（1994）によると、イタヤカエデは成熟林でも 2 次林でも出現頻度が高い樹種で、上層よりも下層に多く分布しており、また、閉鎖した林冠下であっても種子が供給されれば、林床で発芽、定着し、稚樹バンクを形成する非先駆性樹種であるとしている。さらに、谷口（2006）は、イタヤカエデは地際部の幹や根から萌芽し、実生更新に不利な時期あるいは場所、環境条件下にお

ける個体維持の有力な手段をもち、更新特性が暗い環境と積雪による倒伏に適応し、萌芽と実生繁殖を補完し合いながら生育地の拡大と確実な世代交代を保障する繁殖戦略を持っていると報告している。

本調査でもエゾイタヤの主幹の根元付近から生じる萌芽幹（ひこばえ）を確認した。また、調査中、実生株（稚樹）も多数見られたことから、稚樹バンクを形成していると考えられる。加えて、クロビイタヤ、オオモミジ、アカイタヤといったエゾイタヤ以外のカエデ属の増加も顕著であることから、これらのカエデ属樹種は同様の生存戦略を持っていると考えられた。

ミズキは台風被害で 31 本中 22 本（10cm 以上）が被害をうけた（大野 2006）。しかし、本調査でミズキはエゾイタヤに次いで本数が多かった。観察によると、これらの幹は倒木の根元付近から生じた萌芽幹（ひこばえ）や伏状幹から成長した幹であり、

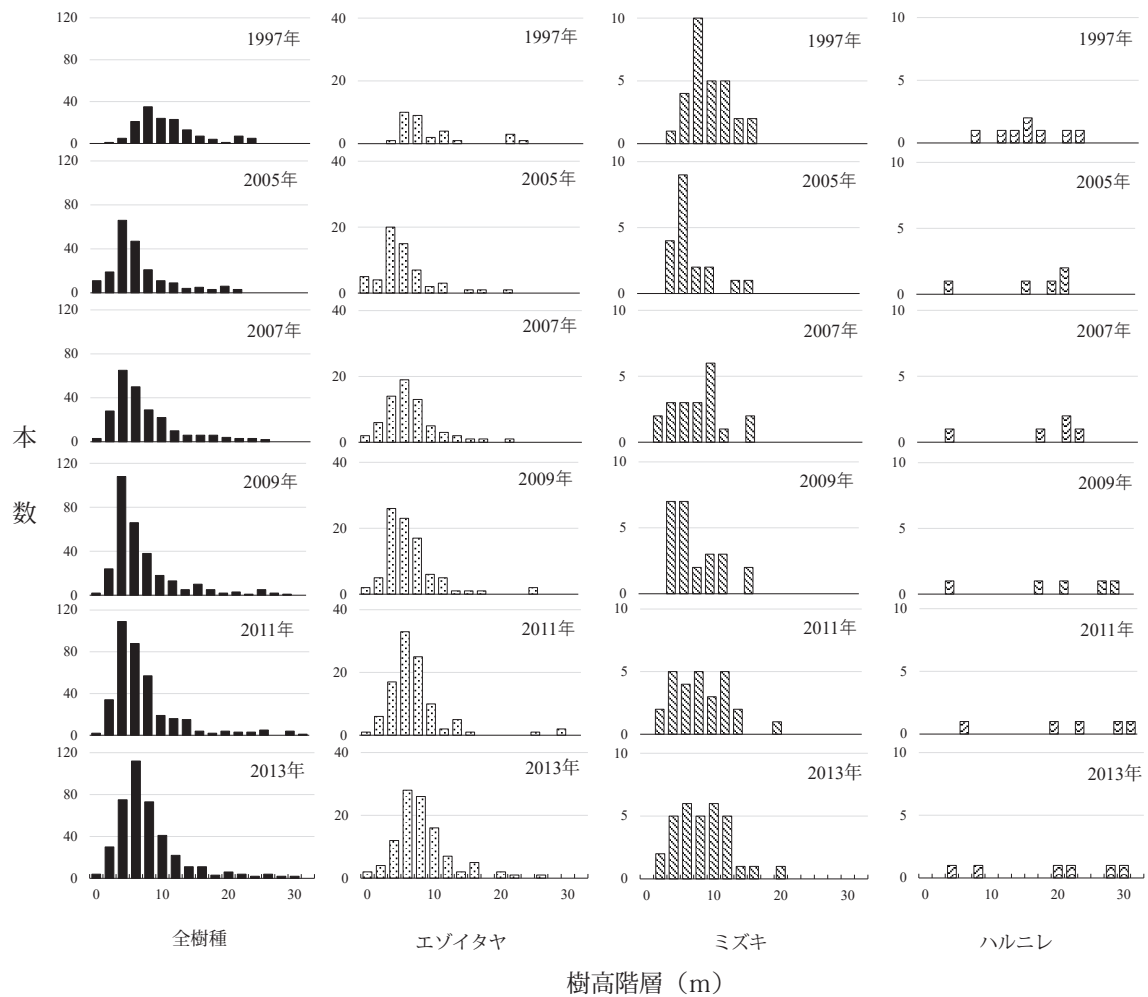


図 4. 樹高階層別の本数の分布。 注：樹種により本数（縦軸）の目盛が異なる。

他の樹種に先んじて成長したと推察される。

ハルニレは今回の結果からは 1 本のみの増加が確認された。戸田ら（1995）によるとハルニレは緩やかな肥大成長を持続しながらも、樹齢の進行とともに大型の個体に達するような成長様式を持ち、成熟したステージの森林で優占度が高くなるという。調査中、胸高周囲長が 15cm に満たない若木がいくつか見られたことから、今後の成長によって毎木調査該当サイズに達すると思われる。

また、2009 年に初めて確認されたエゾニトコは、2013 年までに本数が急増した。エゾニトコは林縁など日当たりのよいところに多く見られる落葉低木で（奥田 1997）、自然林では林縁に出現していた。台風被害によってうっそうとしていた自然林の林縁に光が入るようになったことで生育が可能

となったと考えられる。ニワウルシは、本園内にも存在し、街路樹として本園の周囲でも植栽されている樹種である。ニワウルシは風散布型の種子をもつことから、風散布で自然林の林縁に進入・定着したと考えられる。

自然林の動態

自然林における全種の本数および胸高断面積合計（表 1）の変化を見ると、1997 年の時点では 146 本、21.55 m²/ha であった。台風被害後、2005 年は個体数が 205 本で、BA は 14.55 m²/ha に減少した。その後、個体数の増加および個体の成長に伴って BA も増加し、2013 年には 402 本、20.15 m²/ha となった。本数は 8 年間で 212 本増加し（表 2）、2005 年のほぼ 2 倍、1997 年の約 2.7 倍に達した。BA の増加は 8

表 2. 樹種別の新規加入木の本数と枯損木の本数.

樹種名	学名	2007		2009		2011		2013		合計	
		新規加入	枯損	新規加入	枯損	新規加入	枯損	新規加入	枯損	新規加入	枯損
エゾイタヤ	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	8		22		15	1	5	2	50	3
シウリザクラ	<i>Padus ssiroi</i>	6		3		2		1		12	0
クロビイタヤ	<i>Acer miyabei</i>	4		9		8		1	1	22	1
アカイタヤ	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mayrii</i>	4		4		6		2		16	0
オオモミジ	<i>Acer amoenum</i>	3		2			1		3	5	4
ヤマブドウ	<i>Vitis coignetiae</i>	3		2						5	0
ミズキ	<i>Cornus controversa</i>	1		5	1	3		6	1	15	2
キタコブシ	<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	1		3		3		5		12	0
アズキナシ	<i>Aria alnifolia</i>	1								1	0
ハシバミ属	<i>Corylus</i> sp.	1								1	0
ニワウルシ	<i>Ailanthus altissima</i>			5		2		8		15	0
ツリバナ	<i>Euonymus oxyphyllus</i> var. <i>oxyphyllus</i>			3					1	3	1
エゾニワトコ	<i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>kamtschatica</i>			2		16		12	1	30	1
エゾノウワミズザクラ	<i>Padus avium</i>			2		2		2		6	0
キハダ	<i>Phellodendron amurense</i>			2						2	0
ヤマグワ	<i>Morus australis</i>			1		3				4	0
エゾヤマザクラ	<i>Cerasus sargentii</i>			1		1				2	0
ヤチダモ	<i>Fraxinus mandshurica</i>			1		1				2	0
トネリコバノカエデ	<i>Acer negundo</i>			1						1	0
ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>				1					0	1
ナツツバキ	<i>Stewartia pseudocamellia</i>					1				1	0
ヤマモミジ	<i>Acer amoenum</i> var. <i>matsumurae</i>					1				1	0
オニグルミ	<i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sachalinensis</i>					1				1	0
トチノキ	<i>Aesculus turbinata</i>					1				1	0
ユクノキ	<i>Cladrastis sikokiana</i>						1	1		1	1
ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>							1		1	0
ウワミズザクラ	<i>Padus grayana</i>							1		1	0
ヌルデ	<i>Rhus javanica</i> var. <i>chinensis</i>							1		1	0
ハクウンボク	<i>Styrax obassia</i>								1	0	1
合計		32	0	68	2	66	3	46	10	212	15

年間で $5.6\text{m}^2/\text{ha}$ でそのうち新規加入木によるものが $0.84\text{m}^2/\text{ha}$ であった。このことから、BA の増加は個体数の増加よりも個体の成長に伴う増加が主であったことが明らかになった。

自然林の新規加入率と死亡率は、新規加入率で $9.20\%/ \text{年}$ 、死亡率は $0.75\%/ \text{年}$ であった。本園の毎木調査において園全体で 1997 年から 2009 年の 12 年間の新規加入率は $1.29\%/ \text{年}$ 、死亡率は $2.18\%/ \text{年}$ であった (大野・持田 2015)。調査対象木および調査期間に違いはあるが園内全体から見ても自然林の新規加入率は非常に高い値を示した。中村ら (2017) は、冷温帯落葉広葉樹林における新規加入率と死亡率をそれぞれ $2.7 \sim 2.9\%/ \text{年}$ 、 $1.3 \sim 2.3\%/ \text{年}$ と報告している。また、攪乱からの期間が短い森林であると幹あるいは個体の入れ替わりが激しく、新規加入率と死亡率ともに高い値を示すとしている。本調査では枯損木を 15 本 (表 2) 確認した (BA は $0.40\text{m}^2/\text{ha}$ 減少)。被害から年数が経過するのに伴って枯損木本数も増加していたが、新規加入本数

の 212 本と比較すると僅かな本数であった。しかし、枯損木のサイズが徐々に小さくなっていることから、立木間の競争や光条件の悪化によってサイズが大きい方が生き残り、より若い木が淘汰されていると考えられる。肥後 (1990) は遷移の初期段階では資源をめぐる競争の結果、自然間引きによって枯死木が発生するが、その後、林分の発達とともにさらに立木本数が減少すると予想されると述べている。このことから、自然林でも今後さらに枯死木が増加し、それに伴って死亡率も上昇すると推測される。

新規加入本数についても 2009 年をピークに減少している (表 2) から、立木間で競争が起こっていると考えられる。新規加入木は南側、西側、北西側の林縁や林内の開けた場所に多く見られたが、東側については新規加入木があまり見られなかった。この理由として、東側はチシマザサが繁茂しており、ササ類により実生および若木の成長が阻害されていると考えられる。

以上のことから、自然林は台風攪乱後の遷移の初

期段階ではあったものの、エゾイタヤの急激な増加から、立木間の競争が始まって間もない動態の観察が見られ、村松（1998）や持田ら（2009）が指摘したようにエゾイタヤの優占する林になることが予想であり、今後もその推移を観察していくことが必要である。された。ただし、今回の調査期間は 8 年であること

引用文献

- 福嶋 司・木村 研一. 2001. 自然教育園内植物群落の組成と構造. 自然教育園報告, 33: 93-111.
- 舟根 香織・並川 寛司. 2001. 札幌市における孤立林の植物相と林分属性の関係. 環境教育研究, 4: 43-50.
- 服部 保・上甫木 昭春・小館 誓治・熊懷 恵美・藤井 俊夫・武田 義明. 1994. 三田市フラワータウン内孤立林の現状と保全について. 造園雑誌, 57: 217-222.
- 肥後 睦輝. 1994. 風害跡地に辞林を構成する樹種の再生様式—前生樹割合、成長速度、閉鎖林冠部での稚樹密度にもとづいて— . 日本森林学会誌, 76: 531-539.
- 肥後 睦輝. 1990. 風害跡再生二次林の林分構造と種組成の特徴. 岐阜大学農学部研究報告, 55: 45-53.
- 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園. 2003. 北大植物園 高等植物目録. 北大植物園資料目録 3. 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園, 札幌.
- 石田 文三郎. 1956. 花とともに 40 年. 川崎書店新社, 札幌.
- 環境省自然環境局生物多様性センター. 2018. 平成 29 年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業（森林・草原調査）調査報告書, 13-25. 生物多様性センター, 富士吉田. http://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/reports/pdf/h29_forests_and_grasslands.pdf, 2018 年 7 月 4 日確認
- 村松 佐知子. 1998. 植物園自然林の現状と今後. 北海道大学農学部平成 9 年度卒業論文. 北海道大学, 札幌.
- 持田 大・大森 誠・大野 祥子・高田 純子・永谷 工・富士田 裕子. 2009. 北海道大学植物園自然林区画における長期モニタリングの取り組みについて. 日本植物園協会誌, 43: 102-108.
- 長島 康雄・菅原 亀悦. 2013. 仙台市科学館自然観察園の植物群落に関する研究 1. 植生図ならびに空中写真で明らかになった植物群落の 25 年間の変化. 仙台市科学館研究報告, 22: 58-64.
- 中村 琢磨・田代 直明・久保田 勝義・南木 大祐・村田 秀介・井上 幸子・緒形 健人・長 慶一郎・山内 康平・馬淵 哲也・壁村 勇二・扇 大輔・大崎 繁・菱 拓雄・古賀 信也・内海 泰弘. 2017. 北海道東部の落葉広葉樹林における 11 年間の森林動態. 九州大学農学部演習林報告, 98: 1-12.
- 新山 馨・柴田 銃江. 2004. モニタリングサイト 1000 森林コアサイト設定、調査マニュアル. 自然環境研究センター, 東京.
- 緒形 健人・菱 拓雄・田代 直明・榎木 勉・内海 泰弘・鍛冶 清弘・長 慶一郎・山内 康平・久保田 勝義・壁村 勇二・井上 幸子・椎葉 康喜・馬淵 哲也・長澤 久視・村田 育恵. 2017. 九州大学宮崎演習林における長期森林動態モニタリングプロット 8 年間の推移. 九州大学農学部演習林報告, 98: 25-32.
- 大野 祥子. 2006. 平成 16 年台風 18 号被害調査報告. 北大植物園技術報告・年次報告, 4: 2-17.
- 大野 祥子・持田 大. 2015. 毎木調査結果報告その 2—主要落葉広葉樹 8 種の変化について— . 北大植物園技術報告・年次報告, 13: 2-10.
- 奥田 重俊（編）. 1997. 日本野生植物館. 小学館, 東京.
- 島田 和則・福嶋 司. 2010. 都市林の変遷からみた先駆性高木種イイギリ *Idesia polycarpa* Maxim. の動態. 植生学会誌, 27: 21-33.
- 谷井 祥子・簾内 恵子・川端 清見. 2000. 園内樹木調査報告. 北海道大学農学部附属植物園年報 1999: 48-71.
- 谷口 真吾. 2006. イタヤカエデ（*Acer mono*）の更新形態—根萌芽による栄養繁殖— . 日本緑化工学会誌, 32: 250-253.
- 戸田 清佐・小見山 章・肥後 睦輝・二宮 生夫. 1995. 落葉広葉樹混成林を構成する樹種の肥大成長特性. 日本森林学会誌, 77: 289-296.
- 辻井 達一. 1966. 植物園—その現状と将来—. 北海道自然保護協会会誌, 1: 17-21.
- 恒屋 冬彦・伊藤 浩司. 1983. 札幌市北部の潜在自然植生. 環境科学: 北海道大学大学院環境科学研究科紀要, 6: 95-115.

