洞爺湖北岸植生調査及び沈木樹齢測定

露崎史朗 (北海道大学大学院地球環境科学研究院)
〒060-0810 札幌市北区北 10 条西 5 丁目
E-mail: tsuyu@ees.hokudai.ac.jp

1. はじめに

洞爺湖北岸湖底に大量の沈木が存在する、あるいは、存在したことが再確認された。また、湖畔などで撹乱により形成される沈木は、倒伏しているものが多いが、湖底から直立した沈木が確認されるのも洞爺湖にみられる特徴である。したがって、その形成過程や沈木環境復元が、洞爺湖および周辺の様々な歴史的経緯を知る上で、望まれている。加えて、沈木は、単木ではなく複数確認されており、木という単位ではなく森として沈んだ、即ち、沈森である可能性もある。そこで、現存する植生の中に、沈木が定着していた可能性のある森林を記録しておくことは、古環境復元の上で参考となり有効である(大森他 1977)。さらに、活火山周辺では、火山活動により形成された脆弱な土壌の上に森林が発達するため、火山活動は森林の成立過程を決定づける(岡村 1985)。したがって、洞爺湖畔の森林構造を記載することは、森林機能の活用による防災・減災手法の開発への一助ともなる。

単木で沈んだとしても、どのような樹種が、どのように沈み、なぜ立木として残ったのかを知ることは、洞爺湖の歴史を知る上でも興味あることである。そこで、洞爺湖北岸において、比較的発達した森林部において帯状区(ベルトトランゼクト)調査を行い、それらの林相を記録した(鈴木他 1985)。さらに、これらの帯状区における林床植生の調査を行い、林冠および林床の調査結果から、洞爺湖周辺の現存森林の特徴を整理した。また、胸高直径(DBH)-樹高関係をもとに、沈木の樹高推定を行った。

沈木の履歴を知る上で、これらの沈木の生存時代の特定と成長パターンを知ることは有用である(野田 2006)。そこで、湖底で発見された沈木から採取された年輪コアを用いて、樹種同定と年輪解析を行った。さらに、これらの年輪コアを用い、年輪解析を行い成長特性および樹齢推定を行った。以上の結果をもとに、沈木の特徴を整理し、沈木発生時およびそれ以前の環境を推定した。

2. 調査地と方法

2.1 調査地

2020 年 6 月から 8 月にかけて、洞爺湖畔を周回し林帯の状況を把握した。また、沈木の上部に位置すると思われる地域の森林を踏査した。本調査から、湖畔

で、林床も人為の影響が軽微であり、かつ、幅 20 m 以上の林帯を有する個所は限られているが、洞爺財田自然体験ハウス周辺に帯状区設置が可能であることを確認した。沈木 A に最も近接する老三樹付近には、調査適地が認められなかった。湖畔において比較的大面積の森林が残る月浦森林自然公園内は、調査適地と判断した。一方、沈木位置から外れるため、帯状区設置個所には選定しなかったが、湖畔東側には、発達した落葉広葉樹林が帯状に認められるが、林床植生が残され、かつ、20 m の林帯を確保できる個所は少なかった。西側でも、浮見堂公園から曙公園にかけては、大径木が一応の面積で残る部分もあるが、林床は、ほとんどが人工草地となっていた。

比較的大径木である沈木の存在した森林の構造を知る上で参考とできるよう、以上の踏査をもとに、20 m 以上の林帯を残し、人為をあまり受けていない林床が残る個所を選び、帯状区(ベルトトランゼクト)を設置した。

2.2 帯状区

帯状区を斜面に概ね垂直となるように計 5 本設置した(図 1)。帯状区内に見られた樹高 2 m 以上の高木樹種全個体の種名・位置・樹高・胸高における幹周囲長を記録した。各帯状区において、傾斜と方位をレーザー距離計(TruPulse 360, Laser Tech, Centennial, USA)を用いて記録した。方位は、斜面の上部から下部を見た際に、北が 0 度で東回りに角度を増し南が 180 度となるよう記録した。以下、帯状区を 1-5 と記し記載する(図 2)。大径木については、樹高と枝下高をレーザー距離計により、周囲長を巻尺により測定した。また、それぞれの樹木の枝張りを 4 方向(帯状区の長軸に沿った前後左右)について巻尺で測定した。幹断面の形は円に近似できると仮定し、周囲長をもとに DBH を計算した。

帯状区 1: 帯状区 1, 2 よりも沈木 A に近い地域には、長さ 20 m 以上の林帯は確認できなかった。そのため、洞爺財田自然体験ハウス近くの湖畔に長さ 35 m とした帯状区を設置した。本帯状区には、大径木が残されているが、林床植生は、除去され残存していない。設定された帯状区の中では、本帯状区が沈木 A に最も近い。

帯状区 2: 帯状区 1 に近接し、かつ、林床植生が残されている個所に長さ 25 m とし設置した。(なお、帯状区 1 と 2 は、洞爺村(1996)発行「洞爺植物調査資料」129 頁の㉜と㉝に、それぞれ、概ね一致する個所と思われる。)

帯状区 3: 沈木 B にもっとも近接する個所であり、かつミズナラ大径木が認められた斜面に長さ 30 m の帯状区を設置した。帯状区の上方は舗装道路であり、下方は湖面に近接しており、この周囲でこれ以上長い林帯は見いだせない。(洞爺村(1996) 125 頁の⑮と概ね同じ個所と思われる。)

帯状区 4: 月浦森林自然公園内において、ミズナラ大径木が認められた森林内に長さ 30 m の帯状区を設置した。

帯状区 5: 月浦森林自然公園内のカツラ大径木が認められた森林部分に設置した。帯長は 25 m であり、下端を越えると小規模な崖となっている。。

帯状区 2-5 については、林床植生を 2 m × 2 m の方形区を 5 m 間隔で設置し、草本層(植物高 2 m 以下)における各出現種の被度を記録した。また、帯状区 1-3 の長さは、概ね林帯幅と一致する。

2.3 沈木の成長・樹齢推定

湖底より 2 本の沈木(以降、沈木 A と沈木 B)から 1 本ずつ採取された年輪コアについて年輪判読を行った。まず、解像度 1200 dpi で年輪コアをスキャンした。ついで、ImageJ ver. 1.53e を用いて年輪幅を測定した(Schneider et al. 2012)。同時に、現生のミズナラ、キハダ、ハリギリ、ハルニレの年輪コアを根際から高さ 20 cm で成長錘を用いて採取し、沈木の年輪コアの形状や成長パターンと比較した。沈木 A は残存する部分の長さが 780 cm、最も太い部分の周長が 214 cm、沈木 B は長さが 330 cm、周長が 170 cm であった。沈木 A の周囲には、他にも沈木が確認されている。なお、これらの沈木の放射性炭素年代測定と材質による樹種の分類群推定は、(株)パレオ・ラボ(埼玉)委託によりなされた。

2.4 解析

各個体の記録をもとに樹冠投影図を作成した。植生調査の結果は、マウントフォードの平均連結法によるクラスター分析を行い、その特徴を抽出した(露崎・長谷 2000)。

DBH-樹高関係の相対成長式を作成し、沈木の樹高を推定した。ついで、測定された年輪数をもとに樹齢推定し、年輪幅をもとに成長速度を求めた。これらの結果と、北海道東部地方の広葉樹天然林で得られた直径-樹齢関係式を用いて樹齢推定を行った。同時に、(1)により推定された樹齢と比較した(柿原 1980):

$$D = \alpha A^{\beta} \cdots (1),$$

ここで、D は胸高直径(原文は伐根皮付直径 × 0.88) (m)、A は樹齢である。本式に、ミズナラでは$\alpha = 0.73$, $\beta = 0.85$、ハルニレでは$\alpha = 0.30$, $\beta = 1.03$ を用いて A を求めた。なお、グラフ化を含め解析は全て R (ver. 4.0.3) (R Core Team 2020)、および R ライブラリの smatr, shape, vegan, labdsv, cluster を用いて行った。

3. 結果

3.1 林床植生

25 方形区の林床植生は、クラスター分析により、大きく 3 群(A, B, C)に区分された(図 3)。しかし、3 群間の連結高は低く、3 群間の植生構造は、それほど明瞭には異なるものではなかった。即ち、いずれの森林型が発達しても、林床植生は比較的類似していた。具体的には、トクサが平均被度では 8%であるが高い頻度で出現している(表 1)。A 群ではクマイザサが、B 群では、チシマザサが優占しており、景観レベルでは、いずれの森林においても、ササ類にトクサを交えた植生が発達していたといえる。ただし、詳細を見るなら、帯状区ごとに林床植生は微妙に異なっている。A 群は、11 調査区が属し、優占種はトクサ、クマイザサであった。ついで、オシダおよびフッキソウがよく定着していた。B 群は、チシマザサが優占し、トクサミ、ミズナラがついで見られる。C 群は、方形区あたりの種数が 10.8 と他群の 4.8-5.1 と比べると倍程度の種が定着していた。そのため、C 群は、明瞭な優占種は認められないが、トクサが高い頻度で見られた。各種の被度を合計した総被度は、いずれの群でも 70%以上となり、林床の殆どの部分は植物に覆われていた。各帯状区における林床植生のその他の特徴は、以下の通り。

帯状区 1: 林床植生は、強い人為の影響を受けているため記録しなかった。

帯状区 2: A 群に 5 方形区の全てが属していた。湖畔では、これら以外に木本種および優占種として、エゾノキヌヤナギ、ナガバヤナギ、ヨシ、クサヨシ、ノリウツギ、ナミキソウ、オオブキなどが記録された。

帯状区 3: B 群に 6 方形区、C 群に 1 方形区が属していた。湖畔では、これら以外の木本種としてヤマグワ、タラノキなどが記録された。

帯状区 4: 7 方形区全てが、C 群に属していた。周辺の林床植生も概ね帯状区内と似た種組成であった。

帯状区 5: 5 方形区全てが、A 群に属していた。帯状区 4 と同じく月浦森林公園内に設けられた帯状区であるが、林床植生の構造は帯状区 4 とは異なっていた。

3.2 森林構造

帯状区全体で、21 種の高木種から 100 本を記録した。本数の多かった高木樹種は順に、ミズナラ(23 本)、ミズキ(18)、アズキナシ(9)、シウリザクラ(6)、ハウチワカエデ(6)、ヤチダモ(6)、ハリギリ(5)、である。これらの他には、アカシデ(1)、イヌエンジュ(2)、エゾイタヤ(2)、エゾマツ(1)、エゾヤマザクラ(4)、オオモミジ(1)、オニグルミ(1)、カツラ(1)、キタコブシ(3)、ケヤマハンノキ(2)、ドロノキ(1)、ナナカマド(3)、ハルニレ(2)、ホオノキ(3)、が見られた。低木層には、こ

れらの高木種以外に、ツリバナ(9 本)、マユミ(1 本)、コマユミ(1 本)の 3 種の低木を記録したが、林冠を構成することはないため、樹冠投影図からは除いた。各帯状区の森林構造の概要は、以下の通り(図 2AB)。

帯状区 1

ほぼ平坦な斜面に設定した。本区内では、7 本の木本が記録された。最大樹高は、ハリギリの 25. 5 m であった。ついで 22.5 m のミズナラが見られた。その他に、エゾヤマザクラ、ハルニレ、エゾイタヤ、エゾマツが記録された。樹高 14.4 m のハルニレが 1 本であるが確認できた。比較的樹高の高い幹のみが残存しているが、それでも林冠はほぼ鬱閉していた。

帯状区 2

平坦地に設置した。湖面へ向かう方位は 218.7 度であった。本区内では、14 本の木本が記録された。最大樹高は、ハリギリの 20.0 m であった。高木層には、他に、オニグルミ、ドロノキが見られた。シウリザクラが 6 本と最も多いが、樹高 10 m 程度であり、森林内のギャップに定着していた。帯状区 1 と 2 は近接するが、両帯状区ともハリギリが林冠を占めていた。

帯状区 3

斜面傾斜は 6.7 度であった。帯状区方位は 167.7 度であった。本区内では、40 本の木本が記録され、そのうち 14 本がミズナラであり、最大樹高はミズナラの 19.3 m であった。ミズナラが高木層(林冠)から低木層までに見られ、順調な更新を行っているミズナラ林と言える。ついで、アズキナシが 9 本見られた。

帯状区 4

斜面傾斜は 6.4 度であった。帯状区方位は 120.5 度であった。本区内では、14 本の木本が記録された。本区内では、ミズナラが 8 本と最も多かった最大樹高は、ミズナラの 20.8 m であった。本帯状区には、このミズナラを含め 5 本の樹高 15 m 以上のミズナラが記録され、林冠を構成しミズナラ林に属する森林であった。ミズナラの他に、ホオノキやハリギリが見れた。また、樹高が 2.2 m のハルニレ稚樹が、ミズナラ林冠下に見られた。

帯状区 5

傾斜は 3.4 度の緩斜面上にある。帯状区方位は 54.1 度であった。本区内では、25 本の木本が記録された。これらのうち 16 本がミズキであった。最大樹高は、カツラの 23.4 m であった。ついで、樹高 22.0 m のキタコブシが見られた。種構成からは、渓畔林の一種と見做せた。

3.3 年輪成長

材の顕微鏡による形態観察から、沈木 A はニレ類と同定されている。洞爺湖周辺では、ハルニレ・オヒョウがこれに該当するが、オヒョウは胆振振興局内での出現頻度は 10%程度に過ぎない(北海道森林管理局 2014)。実際に、帯状区内の毎木調査では記録されず、植生調査および周辺の概査した限りでは実生は見られなかった。また、ハルニレは、直立し樹冠を大きく広げる傾向がある。以上のことから、沈木 A はハルニレである可能性が高い。沈木 B は、ナラ類と同定されているが、本地域にはミズナラ・コナラ・カシワが分布するが、洞爺湖畔にはミズナラしかなく、沈木の力枝を残した樹形からもミズナラと判断できた。

周長測定をほぼ胸高の位置で行ったとすると、胸高直径(DBH)は沈木 A(ハルニレ)が 68 cm、沈木 B(ミズナラ)が 54 cm となる。帯状区調査における高木の直径(x)-樹高(y)関係は $y = 2.231 \cdot x^{0.585}$ でほぼ近似できた(図 4)。この式から沈木の樹高は、沈木 A は 26 m、沈木 B は 23 m と推定できた。

年輪をもとに樹齢査定を行った。沈木 A は、ほぼ年輪中心が採取されているため、ほぼ正確な樹齢である。沈木 B は、やや年輪中心から採取位置がずれていたため、数年から 10 年程度の林齢を加えたものが樹齢となる。これらをもとにすると、沈木 A は、161 年、沈木 B は 179 年以上と推定された(図 5)。なお、これらの樹齢は、成長錘コアが採取された高さでの年輪数であるため、基部に現れている真の年輪数は、これらよりも多い。沈木 A の年平均成長速度は 2.11 mm/年であり、沈木 B は 1.46 mm/年であり、沈木 A の方が直径成長は早かった。成長曲線に屈折点がハルニレでは 1 ヵ所、ミズナラでは 2 または 3 個所あることから、それらの時期に地表環境に不連続な環境変化があったものと思われる。

(1)式を用いた推定樹齢は、沈木 A は 194 年、沈木 B は 158 年であった(表 2)。これらの結果と、放射性炭素同位体により得られた沈木の死亡年とを重ねると、誤差を含むが、沈木Aは 1502 年から 1663 年、沈木 B は 1299 年から 1478 年まで洞爺湖畔で成育していたことになる(図 5)。即ち、これら 2 本の沈木の生存年代は重なっていない。

4. 考察

4.1 現存植生

5 本の帯状区の総延長は 145 m にも関わらず、高木種は 21 種が記録され、多様な樹種を有する森林が洞爺湖畔には広がっている。洞爺湖畔を含めた北海道における代表的な落葉広葉樹は、ナガバヤナギ、オニグルミ、アサダ、サワシバ、ハルニレ、カツラ、ホオノキ、シウリザクラ、アズキナシ、イヌエンジュ、ヒロハノキハダ、トチノキ、オオバボダイジュ、ハリギリ、ミズキなどである(原 1978)。帯状区調査からも、これらの種の多くが記録されており、概ね湖畔の森林を代表する部分が抽出できたと言える。また、林冠も十分に閉じており、比較的発達し

た森林であった。しかし、幅 20 m の林帯を見出すことが困難であることは、これらの残存する森林は貴重であることを意味している。

帯状区調査では、ミズナラ林が各所に現在も見られることを示した。また、ハルニレは、ミズナラ林中に定着していた。沈木の樹高は、いずれも 20 m 以上である可能性が高いが、帯状区内で 20 m を越える樹木は、それほど多くはなかった。したがって、沈木が森林単位で発生したとすれば、これらの帯状区のいずれかの森林、あるいは、これらより発達した森林に相当する地域で起こった可能性が高い。なお、帯状区 4 で高い頻度で認められたミズキは高木ではあるが、樹高 15 m を越えることは少なく林冠を構成する種ではない。

林床植生は、比較的均質であった。特に、森林型に関わらず、ササ類とトクサは広範に認められた。少なくとも、月浦森林公園から洞爺財田自然体験ハウスにかけて調査された範囲においては、林床が人為の影響がなければ、多くの湖畔の森林の林床植生は、調査された範囲での林床植生のいずれかに該当する型となるものと思われる。

ササが優占しない C 群では林床植生の種数が高かった。このことは、A 群 B 群における林床植生の乏しさは、ササによる被陰によることを示唆している(伊藤他 2018)。ただし、帯状区は全て森林としてよく発達しており、樹木の定着も良好であり、ササによる被陰は強度ではない。

4.2 年輪からみた樹齢

樹齢は、両沈木とも 100 年を越え、ハルニレ(沈木 A)で 161 年前後、ミズナラ(沈木 B)で 179 年(から 10 年程度を加えた範囲)と実測できた。北海道の天然林における樹木の寿命の目安として、ハルニレは 300 年前後、ミズナラは 300 年以上と推定されている(石塚ら 1988)。沈木 A, B の DBH から判断すると、樹齢が 300 年を越える可能性は殆どない。ここで、沈木の樹齢測定結果を、他地域で得られた DBH-樹齢関係と比較し妥当性を検討する(表 2)。

北海道北部の針広混交林におけるハルニレでは、被陰や攪乱の影響のために DBH と樹齢の間には高い相関は認められていないが、沈木のハルニレに、その DBH-樹齢関係を当てはめると樹齢 80-290 年となる(矢島・松田 1978)。本州の戸隠山ハルニレ二次林では、DBH が 50 cm に達するハルニレは記録されていないが、樹齢は最大で 80 年であり(今・沖津 1995)、沈木の樹齢はこれよりは大きいものと思われる。

一方、ミズナラについては、北大天塩研究林内の針広混交林では、樹齢と DBH 間には高い相関関係が認められ、その関係を用いると沈木のミズナラは樹齢 110-270 年に相当する(矢島・松田 1978)。北大雨龍研究林内のミズナラ林では、DBH が 54 cm になると 150-180 年となる(佐野 1988)。本州の岐阜県におけるミズナ

ラ林では DBH が 50-60 cm のミズナラは樹齢が 140-240 年であった(肥後・寺本 1989)。

以上のことから、今回の実測値は、ほぼ妥当な樹齢であると結論できる。この結果をもとに、放射性炭素同位体による死亡年と樹齢を重ね合わせると、ハルニレ(1502-1663)は戦国期(室町時代後期)から江戸時代前期に、ミズナラ(1299-1478 年)は鎌倉時代前期から室町時代前期に生存していたことになる。北海道の時代区分からは、沈木 2 本ともアイヌ文化期に生存していたが、これら 2 本が共に生存時していた時期はなかったことになる。

4.3 沈木発生の頃(以前)の植生と環境

洞爺湖畔の林床植生は、広い範囲において森林型に関わらず均質なものであった。したがって、沈木の存在した森林の林床種組成も、ササ類とトクサを主体としたものであった可能性が高い。沈木の樹高は、ハルニレで 26 m、ミズナラで 23 m と推定され、誤差を考慮しても両沈木とも 20 m を下回ることはない。したがって、成立していた森林は、今回調べられた帯状区程度あるいはそれを上回る発達した森林であった可能性が高い。よって、森林単位で沈木が発生したのであれば、かなり大規模な環境変化があったものと推定できる。

洞爺湖畔では、現在でも広い範囲でミズナラ林が認められた。沈木のサイズからも帯状区 3 や 4 を凌ぐミズナラ林が存在していたことが伺われる。

ハルニレ林と呼べる森林は洞爺湖畔からは確認できなかった。帯状区 1 に樹高 14 m のハルニレの定着が認められ、過去には大径木を交えたハルニレ林が存在していた可能性は否定できない。ハルニレは、日本の湿地林を構成する代表的な樹種であるが、ハルニレ林は大部分が開発され、稀に残存するハルニレ林は谷底地形に限られて見られる(牧田ら 1976)。洞爺湖畔においてもハルニレ林が開発により大きく減少した可能性はある。一方、本調査で確認されたハルニレは、いずれもミズナラの見られた帯状区で記録された。ハルニレは湿性のミズナラ林であれば高い頻度で定着が認められ(伊藤他 1978)、洞爺湖畔でもミズナラ林内にハルニレ大径木が成育していた可能性もある。

4.4 まとめと展望

洞爺湖畔において、林床植生を保ちつつ、ある程度まとまったサイズの森林は、少ないながらも残されている。これらの森林の林床植生は、比較的均質であった。林冠構成からは、湖畔周辺の森林は、北海道の典型的なミズナラ林や湖畔林に属する複数の森林型が発達していた。今後は、これらの森林の林床部分を含めた保全が実施されることが望ましい。

自然に形成された湖底に発達する沈木に関する研究・報告は、日本では極めて

数少ない。例えば、1922 年に渡島駒ケ岳山麓の小沼、蓴菜沼において多量の沈木が報告されており、火山活動によるものと推測されているが(大森 1922)、その後の研究の進展はみられない。また、沈木を広い意味で用いるなら、野付半島のトドワラ・ナラワラのように海流による砂嘴の地形変化により生じたものがあるが(大嶋他 1994)、沈木のあるところの深さが洞爺湖のものよりも遥かに浅く、湖と海岸では沈木形成要因は異なるものと思われる。

ハルニレの死亡した 1663 年前後では、1663 年に有珠山噴火が記録されている。沈木の生えていた森林は、湖畔の樹種構成からすると土砂崩壊が発生しやすい立地であった可能性は高い。例えば、ハルニレは、安定した立地では更新が不良であるため高木層にのみ表れ、更新は氾濫源などの地表攪乱のある不安定な立地で主に行われる(今・沖津 1995)。洞爺湖周辺においても、それが噴火に誘引されたものか否かはさておき、土砂崩れや地滑りなどにより沈木が大量に発生した可能性はある。しかし、ミズナラの死亡した 1478 年前後には、明確な噴火・地震等の記録はない。いずれにしても、これらの因果関係の解明は課題として残る。今後、地質・地形等の調査データと合わせ、沈木が生存していた前後の履歴が明らかとなることを期待する。

謝辞

本調査は、コロナウィルス対応と有珠山での熊出没のために、当初の予定を大幅に変更せざるをえなかったが、一応の範囲ではあるが、幾つかの興味ある結果を得ることができた。これも偏に、武川正人参与を始めとする洞爺湖町役場ジオパーク推進課の皆様のおかげである。帯状区調査では、北海道大学大学院環境科学院院生、梅村昌宏、範瑞珊、中西亮二らの調査補助を仰いだ。洞爺湖町からは、沈木の成長錘により採取した貴重な成長錘コアサンプルを送って頂いた。これらの方々に、記して深謝する。

引用文献

原 松次. 1978. 有珠山の植物. 洞爺植物調査グループ(文化女子室蘭短大内) pp. 52

肥後睦輝・寺本 勉. 1989. ミズナラを優占種とする冷温帯広葉樹林の構造と動態. 岐阜大学農学部研究報告 54: 51-58

北海道森林管理局. 2014. オヒョウの持続可能な利用方策. 北海道 pp. 12

石塚森吉・向出弘正・岸田昭雄. 1988. 樹齢別の寿命と有利な伐期は? 天然林施業 Q&A, 北方林業会 pp. 107-108

伊藤江利子・橋本 徹・相澤州平・石橋 聰. 2018. 北海道における地がき更新補助作業と今後の課題. 森林立地 60: 71-82

伊藤重右ヱ門・新村義昭・成田俊司. 1978. 網走地方における防災林造成法の研究. 北海道立林業試験場報告 16: 61-71

柿原道喜. 1980. 北海道東部地方における広葉樹天然林の解析(II). 日本林学会臼歯部論文集 33: 23-24

河村寿昌・西川栄明. 2019. 原色木材加工面がわかる樹種事典(増補改訂). 誠文堂新光社

今 博計・沖津 進. 1995. 浅間山麓と戸隠山麓に分布するハルニレ林の構造と更新. 千葉大学園芸学部学術報告 49: 99-110

牧田 肇・菊池多賀夫・三浦 修・菅原 啓. 1976. 丘陵地河辺のハンノキ林・ハルニレ林とその立地にかかわる地形. 東北地理 27: 83-93

野田真人. 2006. 日本の年輪解析研究の現状と展望. 木材学会誌 52: 271-276

岡村俊邦. 1985. 活火山地域における森林の成立過程に関する砂防学的研究. 地下資源調査所報告 54: 29-69

大森房吉. 1922. 駒ヶ岳噴火と北海道大沼公園附近の沈木に就きて. 地学雑誌 34: 133-136

大森昌衛・首藤次男・鈴木敬治・歌代 勤. 1977. 古生態学研究法. 共立出版

大嶋和雄・池田国昭・羽坂俊一・横田節哉・松本英二・赤松守雄. 1994. 北海道野付崎の完新世の地形発達. 茨城大学教養学部紀要 27: 157–165

R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria

佐野淳之. 1988. 群落構造の解析による天然性ミズナラ林の更新様式に関する研究. 北海道大学農学部演習林研究報告 45: 221-266

Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. NatureMethods 9: 671-675

鈴木兵二・伊藤秀三・豊原源太郎. 1985. 植生調査法Ⅱ -植物社会学的研究法-. 共立出版

洞爺村. 1996. 湖畔植物調査資料 (内部資料)

露崎史朗・長谷 昭. 2000. 植生動態実習マニュアル. 環境教育研究(北海道教育大学環境教育情報センター) 3: 153-159

矢島 崇・松田 彊. 1978. 北海道北部針広混交林における主要樹種の生長について. 北海道大学農学部演習林研究報告 35: 29-63

表 1. 各クラスターグループ出現種の平均被度(%)と出現頻度(%)をもとにした林床植生パターン(クラスターグループコードは図 3 参照)。出現頻度はカッコ内に示す。+: 平均被度は 1%以下。調査区あたりの種数と総被度は平均と標準偏差で示している。

クラスター	A	B	C	全体
方形区数	11	6	8	25
種*				
トクサ	14 (100)	1 (67)	4 (88)	8 (88)
クマイザサ	50 (100)	0	0	22 (44)
ミズナラ	0	6 (67)	7 (50)	4 (32)
オシダ	15 (64)	0	2 (13)	7 (32)
チシマザサ	0	55 (100)	+ (13)	13 (28)
コクワ	1 (18)	0	10 (63)	3 (28)
クルマバソウ	1 (9)	+ (17)	2 (50)	1 (24)
クサソテツ	+ (9)	0	6 (63)	2 (24)
エゾイタヤ	0	+ (17)	4 (50)	1 (20)
フッキソウ	2 (36)	0	+ (13)	1 (20)
種数/方形区	5.1 ± 1.7	4.8 ± 1.5	10.8 ± 1.6	6.9 ± 3.2
被度(%)/方形区	98.6 ± 26.8	71.8 ± 12.4	76.7 ± 28.8	85.1 ± 26.9

*: 表に示した種の他に、シウリザクラ、オオチドメ、ツルウメモドキ、ヤチダモ、ホウチャクソウ、ヤマグワ、イヌエンジュ、ツリバナ、キタコブシ、ツタウルシ、ハイイヌガヤ、オオヨモギ、エゾノタチツボスミレ、オオブキ、オオモミジ、ハエドクソウ、ヤマブドウ、ウマノミツバ、シラネワラビ、アズキナシ、アマニウ、オオカメノキ、チョウセンゴミシ、イヌドクサ、エゾイラクサ、エゾニワトコ、エゾノコンギク、オオアマドコロ、オオカサスゲ、オヒョウ、クモキリソウ、スギナ、ススキ、タラノキ、ツルアジサイ、トドマツ、トラノオシダ、ナナカマド、ノイバラ、ホオノキ、マムシグサ、ミズ、ミズキ、ミズヒキ、ミゾソバ、ミツバ、ヤブマメ、ウド、エゾメシダ、オオイタドリ、カラハナソウ、トチノキ、ハンゴンソウが記録された(頻度順)。

表. 沈木の特徴。測定された最大直径を胸高直径と相当すると仮定し作成した。

沈木	A	B
樹種	ハルニレ	ミズナラ
樹高 (m)	26	23
胸高直径(最大直径) (cm)	68.1	54.1
平均成長幅 (mm/年)	2.11	1.46[a]
樹齢 (年)		
本実測	161	185 (179 + α)
柿原 (1980)	194	158
矢島・松田 (1978)[b]	80-290	110-270
佐野 (1988)	-[c]	150-180[d]
肥後・寺本 (1989)	-[c]	140-240
死亡年(西暦)[e]	1663 (1637-1668)	1478 (1446-1505)
特記	1663 寛文噴火	

a: 樹齢を 185 年とした場合。
b: 直径をハルニレを 68 cm、ミズナラを 54 cm とした場合
c: 参照データなし。
d: 直径 50-60 cm。
e: パレオ・ラボによる放射性炭素同位体測定による。確率法による較正後の年代を中央値と範囲(括弧内)で示した。

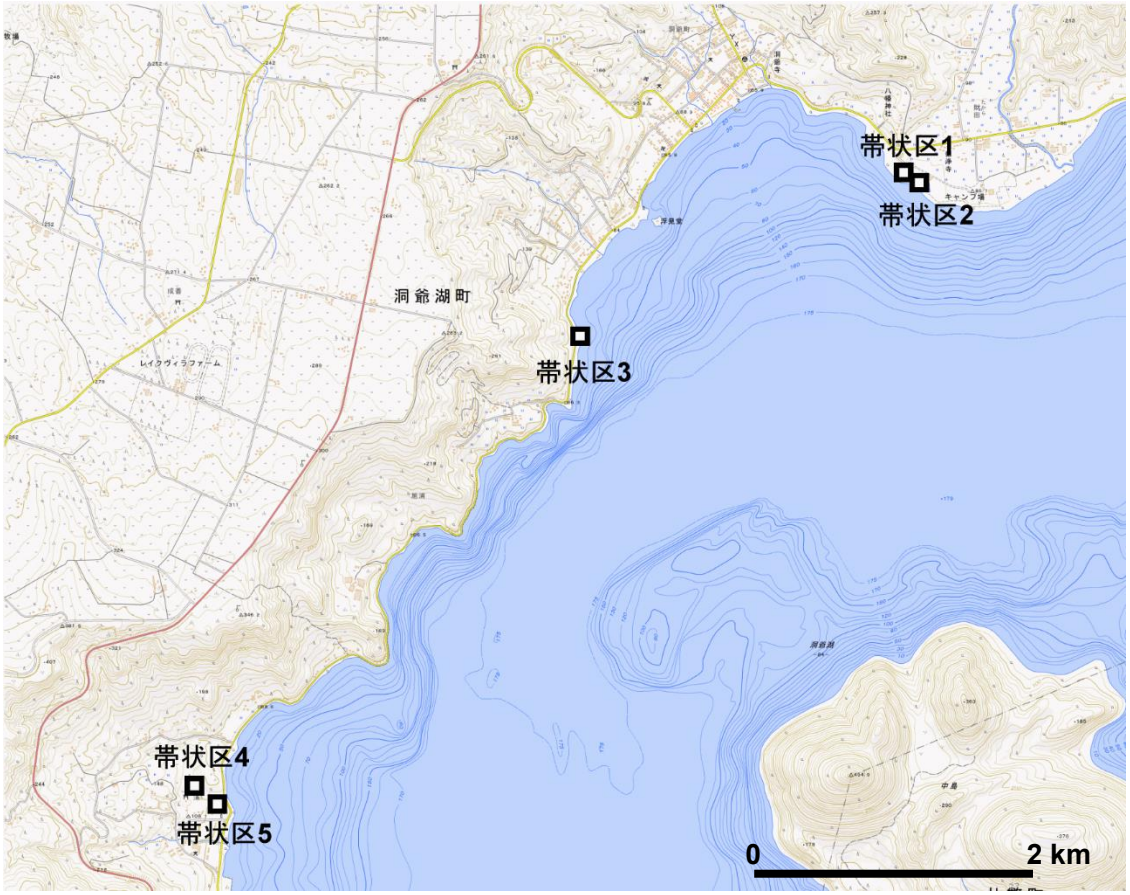

図 1. 帯状区設置位置(□)。沈木位置は保護のためこの報告書においては明記しない。帯状区 1, 2 は、洞爺財田自然体験ハウス近くの湖畔、帯状区 3 は浮見堂よりやや南の湖畔、帯状区 4, 5 は月浦森林自然公園内に設置した。詳しくは、本文を参照。(電子地形図 25000(国土地理院)を加工して作成)

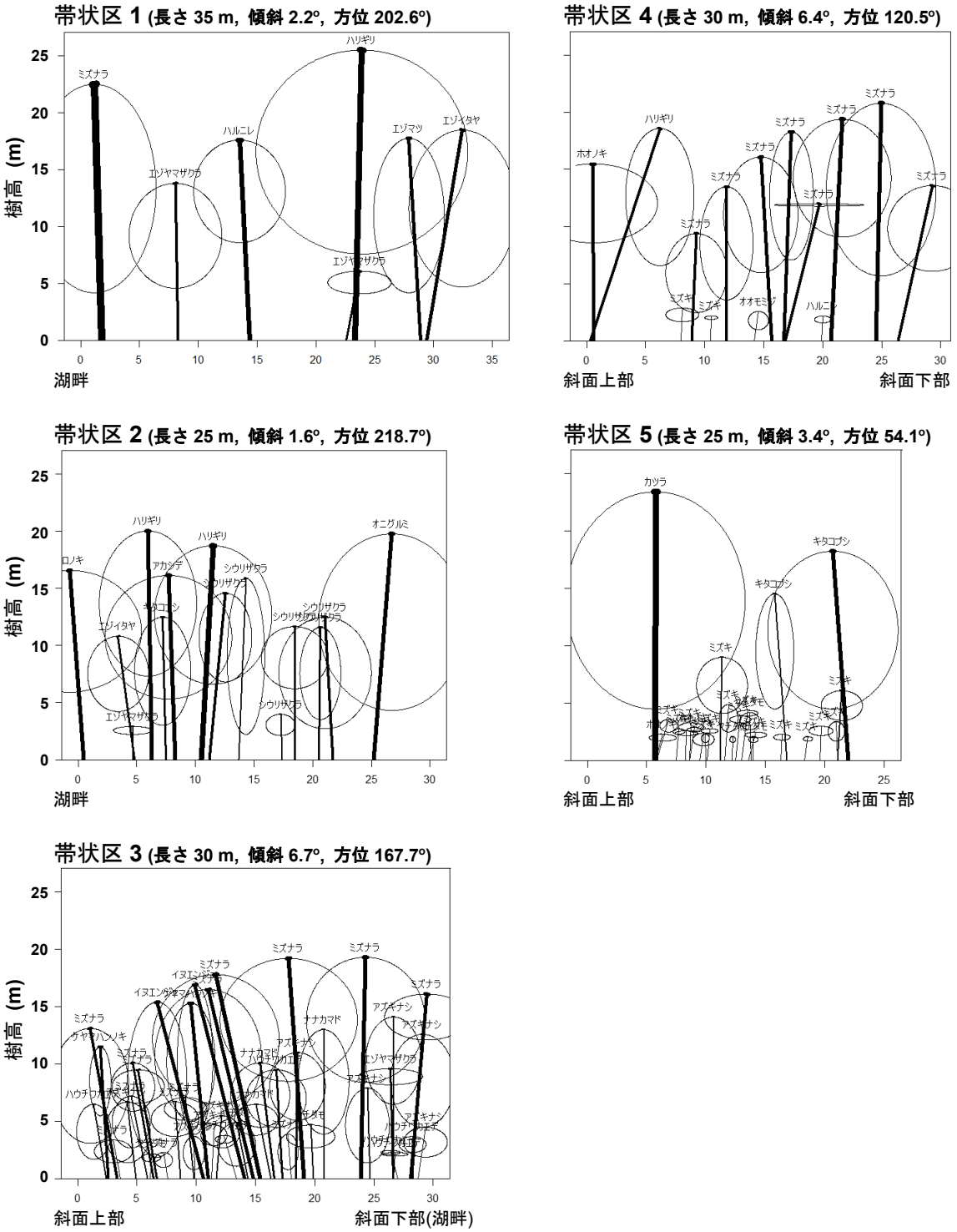

図 2A. 各帯状区の樹冠投影図(側面)。線分は樹木の位置を表し、線分の太さは胸高直径に比例して描いている。白丸は林冠部分を示す。上面図を図 2B に示す。林冠上部に樹種名を示す。

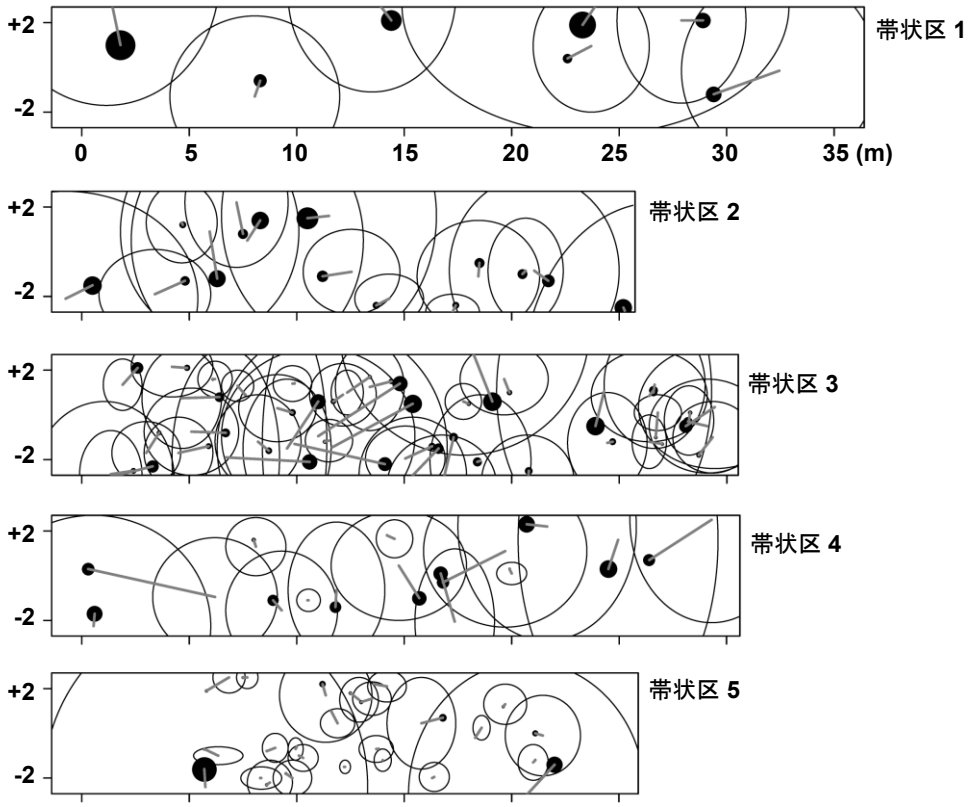

図 2B. 各帯状区の樹冠投影図(上面)。黒丸は、樹木の帯状区内の位置を示す。黒丸の直径は幹の胸高直径に比例して描いている。縦軸は、中央をゼロ(0)とし、ゼロ点から、-2.5 m から+2.5 m の範囲の樹高 2 m 以上の高木種を記録している。白丸は林冠を示す。同一個体の幹(黒丸)から林冠(白丸)のつながりを直線で示す。図 2A を参照。

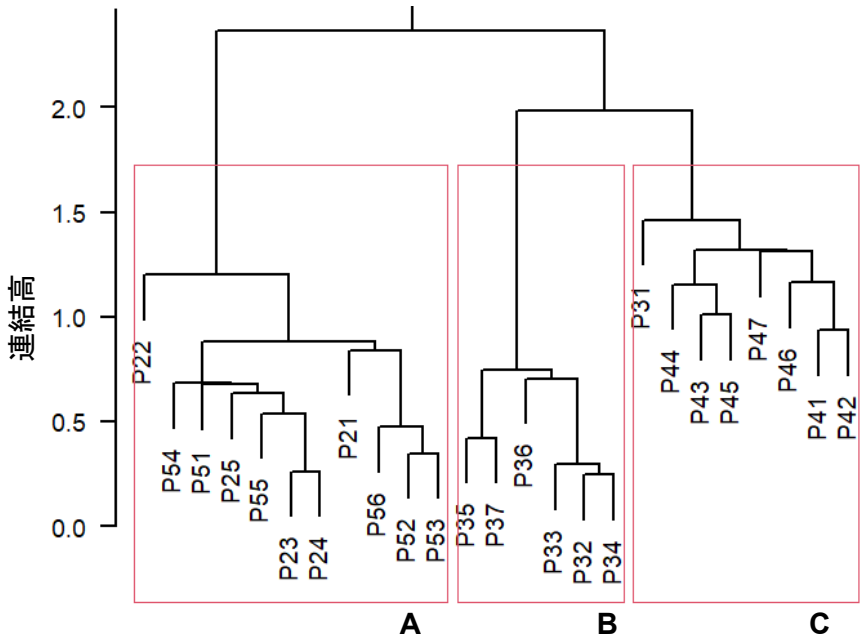

図 3. 帯状区内林床植生について Bray-Curtis 類似度をもとにした平均連結法により作成されたクラスター郡。赤枠で分けられた 3 群(A-C)について、各群を囲ってある。P (Plot)のあとの 2 桁の数字は、帯状区番号と方形区番号を表す。例えば P54 は帯状区 5 の方形区 4 番を示す。

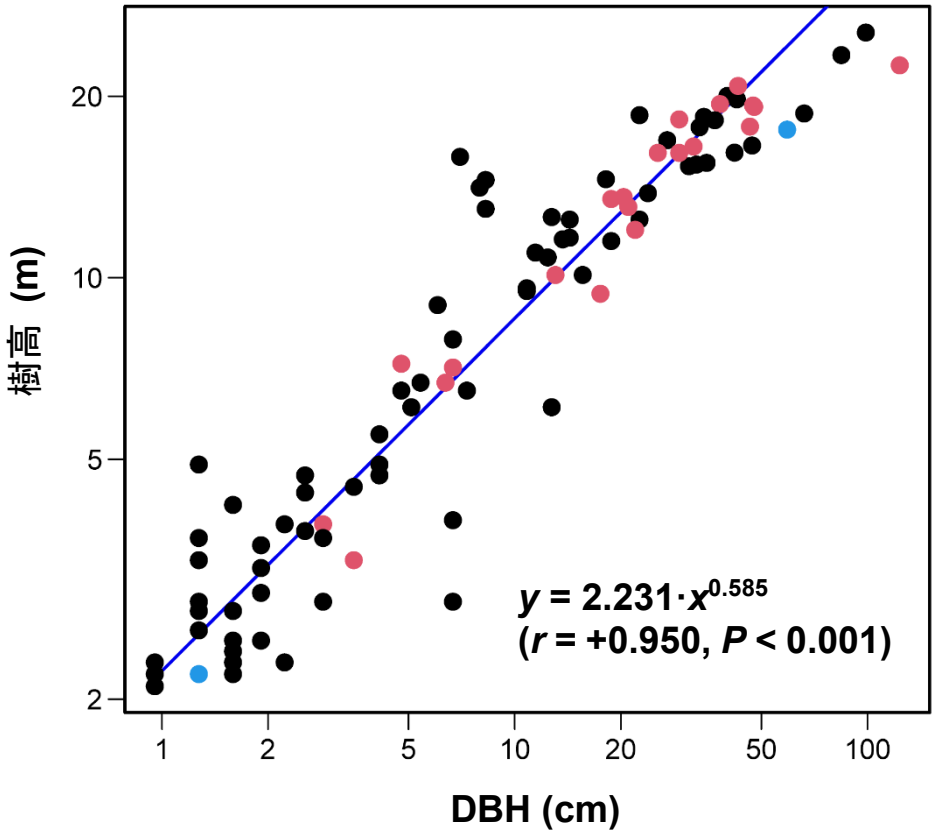

図 4. 胸高直径(DBH, x)と樹高(y)の相対成長(log-log)関係。赤色がミズナラ、青色がハルニレ、黒色はそれ以外の樹種。紺色の線が図中に示した相対成長式を表す直線を示す。r = 相関係数、P = 有意差。

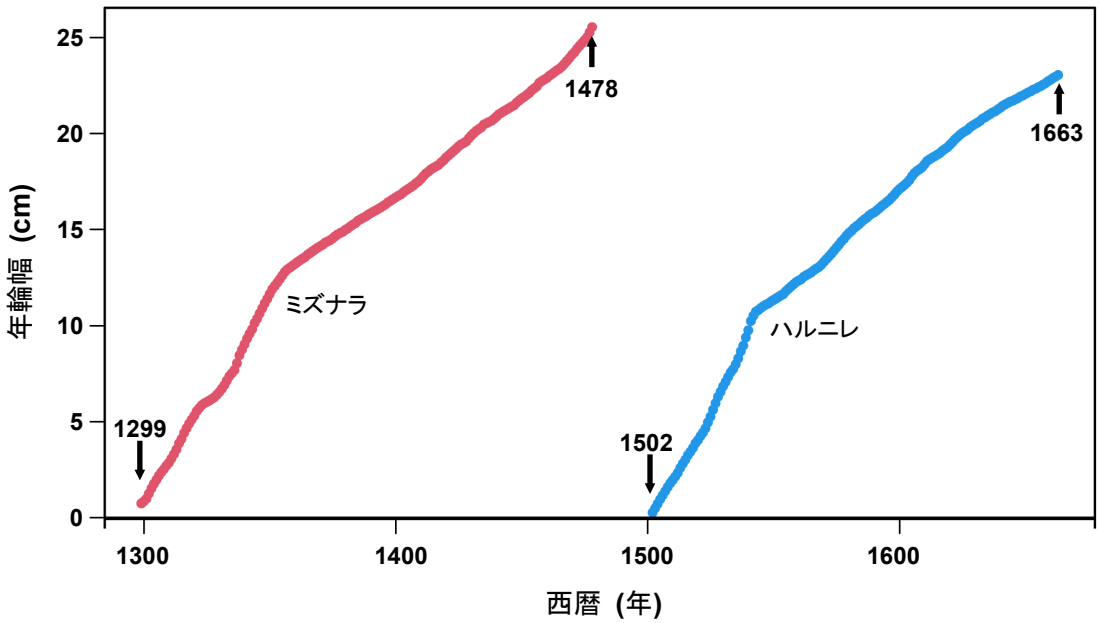

図 5. 沈木 A(ハルニレ, 青線)、沈木 B(ミズナラ, 赤線)の年輪成長。放射性炭素同位体測定により、沈木が死亡したと推定される年(図中 1478 年及び 1663 年)を基準とした。年輪径の一番外側が半径となるようにし、年輪幅は積算値で表した。詳細は、本文および表 2 を参照。