

低標高のブナ天然生林の 24 年間の動態 — 白山市鶺ヶ谷の事例 —

小谷二郎

石川県白山市の低標高地で、小規模に残存するブナ天然生林の 24 年間の林分の動態を調査した。本数は徐々に減少したのに対し、胸高断面積合計と林分材積は、一度減少した後に回復傾向を示し、ブナの高い優占度が維持されていた。胸高直径階別本数分布範囲は、1999 年と 2023 年とで大きな変化はみられなかったものの、ブナでは小直径階での枯死率が高く、ギャップ形成に寄与すると考えられる胸高直径 30cm 以上の立木の枯死も年平均 1.42 本/ha で、若干高い傾向にあった。現状では、ブナ林として健全な状態で維持されていると考えられた。

キーワード：ブナ、天然生林、低標高、小規模、動態

I. はじめに

ブナ林は、冷温帯、垂直的には山地帯の森林で、南は鹿児島県の高隈山から北は北海道黒松内低地帯まで気候的な極相として広く分布している（前田 1991）。日本海側のブナ林は、多雪環境に対する適応性が高いことでも知られ、太平洋側に比べて純度が高く、標高の分布域が広い（本間 2002）。

石川県でもブナの主要分布域は冷温帯（標高 300~1,500 m）であるが、加賀地域の白山麓では低標高域（300~500 m）の集落後背林として小規模で孤立的に分布している林分もみられる（水野 1989）。こうしたブナ林は、雪崩防止林として残されてきたことが記録されている（佐々木ら 1978）。小規模で孤立したブナ林は、堅果生産が十分でなく、更新に支障を来す可能性が指摘されている（Kitamura et al 2008）。また、近年の急速な温暖化は、冷温帯のブナ林の分布範囲を狭める可能性も指摘され（本間 1999；松井ら 2009）、その影響を最も受けやすいのは、低標高に位置する小規模な林分と考えられる。

成熟した極相ブナ林にはいくつか特徴がある（中静 1991）。まず、直径階別本数分布において、小径木ほど密度が高い L 字型を示し、そのうちブナは各直径にまんべんなく分布し最大サイズも大きい。樹高の分布は、ブナは林冠層に集中しており、中間層や下層に少ない。空間分布は、林冠木はランダムに分布し、中小径木は集中的に分布する。種の多様性では、日本海側のブナ林はブナの優占度が高く、種の多様性が低い。更新の提供場所となる林冠ギャップの形成として、林冠木が年

平均 0.5~1.0 本/ha 枯死している。以上の傾向がみられるブナ林は、極相林として維持されているとみなすことが可能と考えられる。

そこで、前回、林分構造や樹種構成を報告（小谷 2007）した白山市鶺ヶ谷のブナ林について、その後 24 年間の動態から、低標高に位置する小規模なブナ林の健全性が維持されているかどうかを検証した。

II. 調査地および調査方法

1. 調査地

調査地は、鶺ヶ谷県有林（石川県白山市鶺ヶ谷）の 4.6ha のブナ林である（写真-1）。標高 520~600 m、方位南向き、平均傾斜度 25°、地質中生代前期~中期白亜紀手取層群五味島層（礫岩）、土壌型 B₀(d)型である（石川県 2000）。このブナ林は、白山周辺の山地帯の主要植生であるブナ林の下限地に当たる。現在では、標高 500 m 付近は、旧薪炭林として利用されたミズナラを主とする二次林やスギ人工林が広がり、ブナ林は所々に小規模に残されているのみである。旧市町村である尾口村の村史によると、村内には、いくつかの集落の裏山に雪崩防止林として小規模なブナ林が残されていたという記述がある（佐々木ら 1978）。鶺ヶ谷のブナ林に関する記述はないが、昭和 37 年に鶺ヶ谷地域内でも大規模な雪崩が発生している（佐々木ら 1978）ことから、このブナ林も同様に雪崩防止林としての機能の役割を担っていたと考えられる。林齢は不明であるが、前回の調査報告（小谷 2007）のブナ上層木のサイズからして、200 年以上と考

えられる。

2. 調査方法

1999年に、4.6ha内に1ha(100m×100m)プロットを設け、プロット内を10mメッシュに区画したのち、胸高直径4cm以上の立木について、胸高直径と樹高を測定し、それらの空間分布を調べた(小谷2007;写真-1)。その後、2004年、2009年そして2023年に同様に残存する立木について胸高直径を測定し、樹種ごとの本数密度、胸高断面積(BA)合計および材積を算出した。材積の算出には、樹高と胸高直径の2変数による計算式(林野庁1970)で求めた。なお、2004年、2009年、2023年は胸高直径のみの測定であるので、これらの樹高の推定には1999年の測定時に作成した推定式を用いた(ブナ： $y = 7.209\ln(x) - 7.7781$ 、その他高木性樹種： $y = 4.1314\ln(x) - 3.3458$ 、低木性樹種： $y = 2.1845\ln(x) - 0.4240$)。ただし、 y は樹高、 x は胸高直径を示す。

ギャップ形成に寄与すると考えられる胸高直径30cm以上の枯死木の発生する空間分布を解析するため、巖(1988)の τ 指数を算出した。 τ 指数は、以下の式で計算される。すなわち、

$$\tau = \frac{\bar{m}}{\bar{m}_0} \cdot m_0 / m$$

ここで、 $\tau > 1$ の場合、枯死木は疎開地周辺で発生、 $\tau = 1$ の場合、ランダムに発生、 $\tau < 1$ の場合、混み合ったところで発生したことを示す。ただし、 \bar{m} は比較年(2004年、2009年、2023年)の、 \bar{m}_0 は初期(1999年)の平均混み合い度を示し、 m は同じく比較年の、 m_0 は初期の平均密度を示し、100m²ごと100区画の平均で算出した。平均混み合い度は $\sum n_i(n_i-1) / \sum n_i$ 、平均密度は $\sum n_i / 100$ で計算される(n は区画ごとの密度で、 $i=1\sim 100$)。

結果の統計解析は、エクセル統計(SSRI 2010)で行った。

III. 結果

1. 本数密度と胸高断面積(BA)合計の変化

胸高直径4cm以上の立木の本数密度およびBA合計の1999～2023年の推移を図-1に示した。本数密度は、1999年に1,305本/haであったのが徐々に減少し、2023年には915本/haとなった(29.9%減)。一方、BA合計は1999年に36.3m²/haであったのが、2009年までに35.1m²/haまで減少したのち回復し、2023年には35.3m²/haとなり、結果的に2.5%の減少にとどまった。なお、林分材積

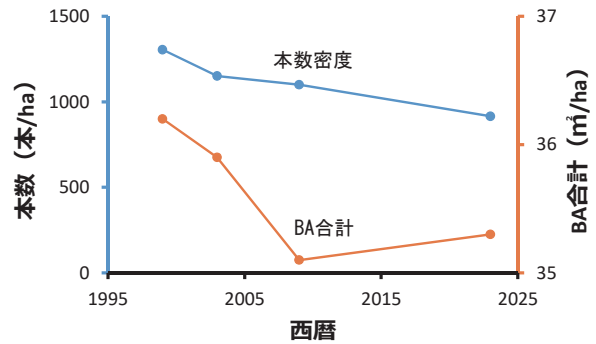


図-1. 本数密度と胸高断面積(BA)合計の推移

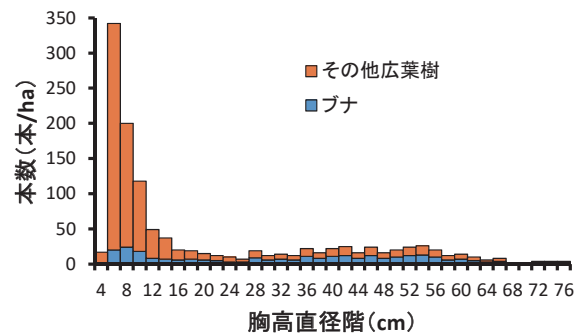


図-2. 全体の胸高直径階別本数分布(2023年)

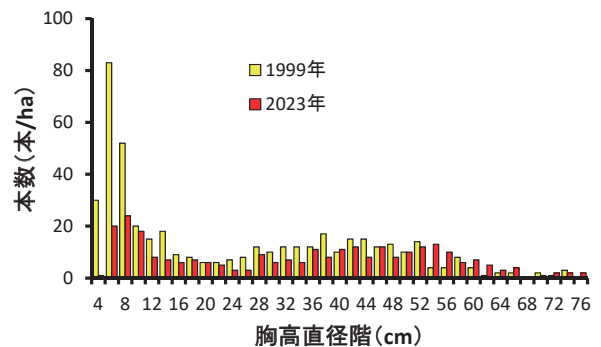


図-3. ブナの胸高直径階別本数分布の比較

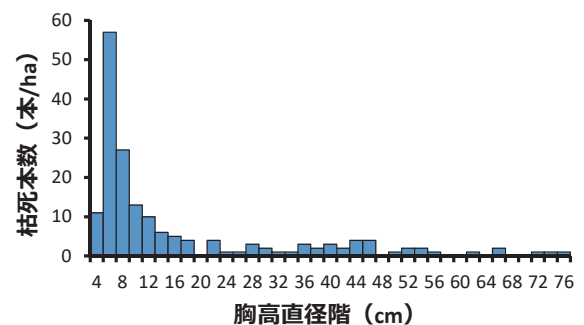


図-4. ブナ枯死木の胸高直径階別本数分布('04～)

もBA合計と同様に1999年に257.4m³/haであったのが、2009年(251.9m³/ha)まで減少したが、2023年には257.9m³/haとなり、結果的に2.4%増となった(表-1)。

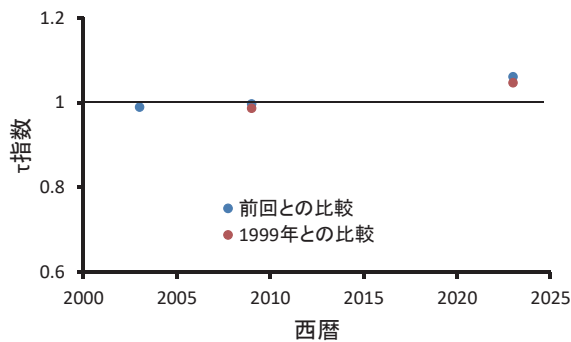


図-5. ブナ枯死木（胸高直径 30cm 以上）の τ 指数の推移

2. 胸高直径階別本数分布の変化

2023年での胸高直径4cm以上の立木の胸高直径階別の本数分布は図-2のとおりである。ここでは、ブナとその他広葉樹に分けて示した。直径の幅は4~76cmにおよび、40~50cmにも小さなピークを持ちながらも、全体としては小直径階(20cm以下)ほど本数が多いL字型を示した。しかし、ブナのみを取り出すと、各直径階にまんべんなく分布すると同時に40~50cmのピークが際立ち、小直径階との二山型の分布を示した。ブナのみを1999年と比較すると、分布の範囲はほとんど同じであるが、小直径階でのピークの本数が少なくなり、さらに40~50cmのピークは、1999年のピーク(35~45cm)よりも右へシフトした形跡がみられた(図-3)。実際に、直径20cm以上で、平均値を比較したところ、1999年が40.8cm(n=231)、2023年が44.5cm(n=187)で2023年の方が有意に高い値を示した(t -検定, $p < 0.01$)。

3. 枯死木の発生状況

2004~2023年に枯死したブナの胸高直径階別の本数分布を図-4に示した。枯死木の分布は、1999年の立木の分布(図-2, 3)に類似して、小直径階と30~50cmにピークを持つ二山型であった。上層を占める30cm以上(34本/ha, 年平均1.42本/ha)、および中層を占める10~30cm未満(34本/ha, 年平均1.42本/ha)がそれぞれ19.3%であったのに対し、10cm未満(108本/ha, 年平均4.50本/ha)の下層木は61.4%と高かった。そこで、林冠ギャップの形成に寄与する胸高直径30cm以上の枯死木の空間分布の推移を、 τ 指数(巖1988)を用いて検証した(図-5)。その結果、それぞれの年の枯死木は、1999年または前回の調査年に対してはほぼ1に近い値を示した。ただし、2023年ではやや1よりも高い値を示した。

4. 構成樹種の優占度の変化

出現した樹種の本数密度、BA合計、材積を1999年と2023年の比較を表-1に示す。樹種の順位は、材積優占度で示している。2023年までに3種(コナラ、ナナカマド、ナツハゼ)が消失し、2004年以降に新たに3種(オオバクロモジ、ウリカエデ、コマユミ)が加わり、結果的に構成樹種数23は変わらなかった。

ブナは、本数密度は24年間で174本/ha減少(38.1%減)したが、BAでは0.4m²/haの減少(1.2%減)にとどまり。材積では2.9m³/ha増加(1.2%増)した。全体に占めるブナの優占度は、本数密度では減少したが、BA合計や材積では増加し、依然高い割合を占めた。

ブナ以外で上位10種に位置した樹種では、ハウチワカエデ、アカシデ、アズキナシ、リョウブなどが上位に進出したのに対し、ミズナラ、コシアブラ、マルバマンサクなどで順位に下がった。コナラは1999年に4位であったにも関わらず、2023年には消失した。コハウチワカエデは本数、BA合計および材積とも24年間で増加し、ハウチワカエデも本数は減少したものの、BA合計や材積は増加した。

IV. 考察

今回調査した鴫ヶ谷ブナ林は、本数密度915本/ha、胸高断面積合計35.3m²/ha、林分材積257.9m³/haであった(表-1)。ブナの純度の高い天然林に関して、1haの大きさのプロットで調べられた胸高断面積合計(27.6~53.5m²/ha)(片岡1982)と比較しても、この値はほぼ標準的な結果と考えられる。1999年から24年間経過し、本数密度が徐々に減少推移したのに対し、胸高断面積合計は一度減少したのち回復する傾向(図-1)がみられたことから、枯死木の空間を残存木の成長が穴埋めし、現存量を維持していることが示唆される。これは、ギャップ形成による更新の場の提供(中静1991)による林分維持機能が働いていることを示唆するものである。

胸高直径階別本数分布の範囲は1999年とほとんど変わらず、構成樹種を含め小直径階ほど本数が多いL字型を保ち、ブナは40~50cmにもピークを持ちながらも各直径階にまんべんなく分布し、最大サイズ(76cm)も林分最大であった(図-2, 3)。これらは、極相林の特徴(中静1991)を示してい

表-2. 構成樹種の本数密度, 胸高断面面積, 材積の変化

樹種	本数密度				胸高断面面積合計				材積合計			
	1999年		2023年		1999年		2023年		1999年		2023年	
	本/ha	%	本/ha	%	m ² /ha	%	m ² /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
ブナ	457	35.019	283	30.929	32.573	89.679	32.169	91.087	244.855	95.126	247.715	96.036
コハウチワカエデ	281	21.533	285	31.148	1.283	3.531	1.696	4.801	4.191	1.628	5.749	2.229
ハウチワカエデ	123	9.425	119	13.005	0.332	0.914	0.365	1.034	0.775	0.301	0.876	0.340
ミズナラ	12	0.920	6	0.656	0.345	0.951	0.175	0.496	1.696	0.659	0.764	0.296
アズキナシ	61	4.674	24	2.623	0.268	0.736	0.152	0.430	0.728	0.283	0.513	0.199
コシアブラ	106	8.123	32	3.497	0.391	1.076	0.155	0.439	1.343	0.522	0.506	0.196
アカシデ	18	1.379	11	1.202	0.159	0.438	0.122	0.344	0.402	0.156	0.457	0.177
ナツツバキ	24	1.839	15	1.639	0.138	0.379	0.127	0.361	0.427	0.166	0.454	0.176
リョウブ	71	5.441	87	9.508	0.134	0.368	0.179	0.506	0.279	0.109	0.394	0.153
イタヤカエデ	2	0.153	2	0.219	0.074	0.203	0.047	0.132	0.410	0.159	0.186	0.072
ウワミズザクラ	4	0.307	10	1.093	0.008	0.022	0.038	0.108	0.018	0.007	0.114	0.044
マルバマンサク	108	8.276	17	1.858	0.279	0.768	0.039	0.109	0.624	0.242	0.087	0.034
マルバアオダモ	10	0.766	5	0.546	0.031	0.095	0.015	0.041	0.064	0.025	0.035	0.013
ヤマザクラ	1	0.077	2	0.219	0.004	0.011	0.008	0.022	0.010	0.004	0.022	0.009
オオバクロモジ			4	0.437			0.006	0.018			0.013	0.005
ヤマボウシ	1	0.077	3	0.328	0.001	0.003	0.005	0.015	0.002	0.001	0.012	0.005
ウリハダカエデ	1	0.077	2	0.219	0.002	0.005	0.004	0.012	0.002	0.001	0.010	0.004
タカノツメ	3	0.230	1	0.109	0.005	0.014	0.004	0.011	0.011	0.004	0.009	0.004
ヤマウルシ	1	0.077	2	0.219	0.001	0.003	0.004	0.012	0.002	0.001	0.009	0.004
ウリカエデ			2	0.219			0.003	0.009			0.007	0.003
タムシバ	9	0.690	1	0.109	0.017	0.046	0.002	0.005	0.038	0.015	0.004	0.001
オオカメノキ	7	0.536	1	0.109	0.012	0.034	0.002	0.005	0.026	0.010	0.003	0.001
コマユミ			1	0.109			0.001	0.004			0.002	0.001
コナラ	2	0.153			0.259	0.713			1.484	0.576		
ナナカマド	1	0.077			0.004	0.011			0.010	0.004		
ナツハゼ	2	0.153			0.003	0.009			0.005	0.002		
総計	1,305	100	915	100	36.323	100	35.316	100	257.402	100	257.941	100

材積優占度の順位で列記。赤字は、1999年よりも増加を示す。

ると考えられる。

林冠ギャップの形成に寄与する枯死木の発生は、 τ 指数が1に近い高い値を示しランダムに発生する傾向(図-5)があることから、直径の大きな林冠木はランダムな分布に移行していると考えられる。ただし、2023年ではやや1よりも高密度の低い場所で枯死する傾向がみられたことから、一部でギャップの広がりが出てくると考えられる(写真-1)。しかし、ブナの胸高直径階別本数分布は、1999年も2023年も二山型を示したが、枯死木もほぼ同様な分布を示している(図-4)。このことは、小直径階だけでなく、上層林間でも基本的には混み合ったところで枯死木が発生していることを裏付けていると考えられる。

構成樹種の変化(表-1)をみると、ブナの優占度の高さは24年間変わらず、樹種構成の上位の優占度の高さもコナラを除いて大きく変わっていない(表-1)。ブナ以外では、24年間でコハウチワカエデやハウチワカエデの胸高断面面積合計および材積の優占度が増加したのが特徴的で、この2樹種は耐陰性が高い性質を持つと考えられる。日本海側のブナ林で種の多様性が低い特徴(中静1991)があるのは、ブナの優占度が高いために耐陰性の高い樹種しか混交できないためと考えられ、鴫ヶ

谷ブナ林もその特徴を示している。

ブナの胸高直径階分布が幅広いことから、今後ともブナの優占度の高い状態が継続されるものと考えられる。しかしながら、胸高直径30cm以上の本数減少が年平均1.42本/haとこれまで調べられたブナ林の0.5~1.0本/ha(中静1991)よりも減少ペースが早いこと、胸高直径10cm未満での本数減少率(年間4.50本/ha)も高い(図-3)ことなどから、この状態が続けば、ブナは上層林冠のみに残存しながら徐々に他の樹種の優占する森林へ替わる可能性も考えられる。

以上のことから、低標高に位置し小規模に残存する鴫ヶ谷ブナ林は、現状ではブナの極相林の特徴を維持し、安定した機能を果たしていると考えられる。今後、ブナの枯死や更新稚樹の発生状況を継続してモニタリングするとともに、他の低標高のブナ林とも比較しながら動態の検証を行う必要があると考えられる。

謝辞

この調査を行うに当たり、石川県立大学の鈴木愛海さんには、ドローンにより調査地の全景の撮影をお願いした。付記して、感謝申し上げます。

引用文献

- 本間航介 (1999) 環境変動に対する森林植生変化の予想－問題点と展望. (環境変動と生物集団. 海游舎). 70-87
- 本間航介 (2002) 雪が育んだブナの森. (雪山の生態学－東北の山と森から. 東海大学出版会). 57-73
- 石川県 (2000) 手取川上流域広葉樹林整備計画 (下田原・鶯ヶ谷県有林広葉樹林モデル事業).
- 巖 俊一 (1988) 巖 俊一生態学論集全一卷. 思索社
- 片岡寛純 (1982) ブナ林の保続. 農林出版
- Kitamura K., Kobayashi M., Kodani J. and Yada Y. (2008) Genetic diversity of small isolated remnant beech (*Fagus crenata*) populations in the Not Peninsula. Ann. Report Interdiscipl. Res. Inst. Environ. Sci. Vol. 27: 23-33
- 小谷二郎 (2007) 低標高のブナ天然生林の構造と稚幼樹の更新状況－白山市鶯ヶ谷の事例－. 石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 39: 53-58
- 前田禎三 (1991) ブナ林の植生. (ブナ林の自然環境と保全. ソフトサイエンス社). 1-51
- 松井哲哉・田中信行・八木橋勉・小南裕志・津山幾太郎・高橋 潔 (2009) 温暖化にともなうブナ林の適域の変化予測と影響評価. 地球環境 14(2): 165-174
- 水野昭憲 (1989) ブナ林の開発と保存. (石川の自然－ブナ林. 橋本確文堂). 84-87
- 中静 透 (1991) ブナ林の空間的構造. (ブナ林の自然環境と保全. ソフトサイエンス社). 89-95
- 林野庁 (1970) 立木幹材積表－西日本編－. 日本林業調査会
- 佐々木高明・松山利夫・水野昭憲・東野外志男 (1978) 一自然. (石川県尾口村史第一巻資料編. 石川県石川郡尾口村役場). 1-92
- SSRI (2010) 統計解析アドインソフトウェアエクセル統計2010 for Windows

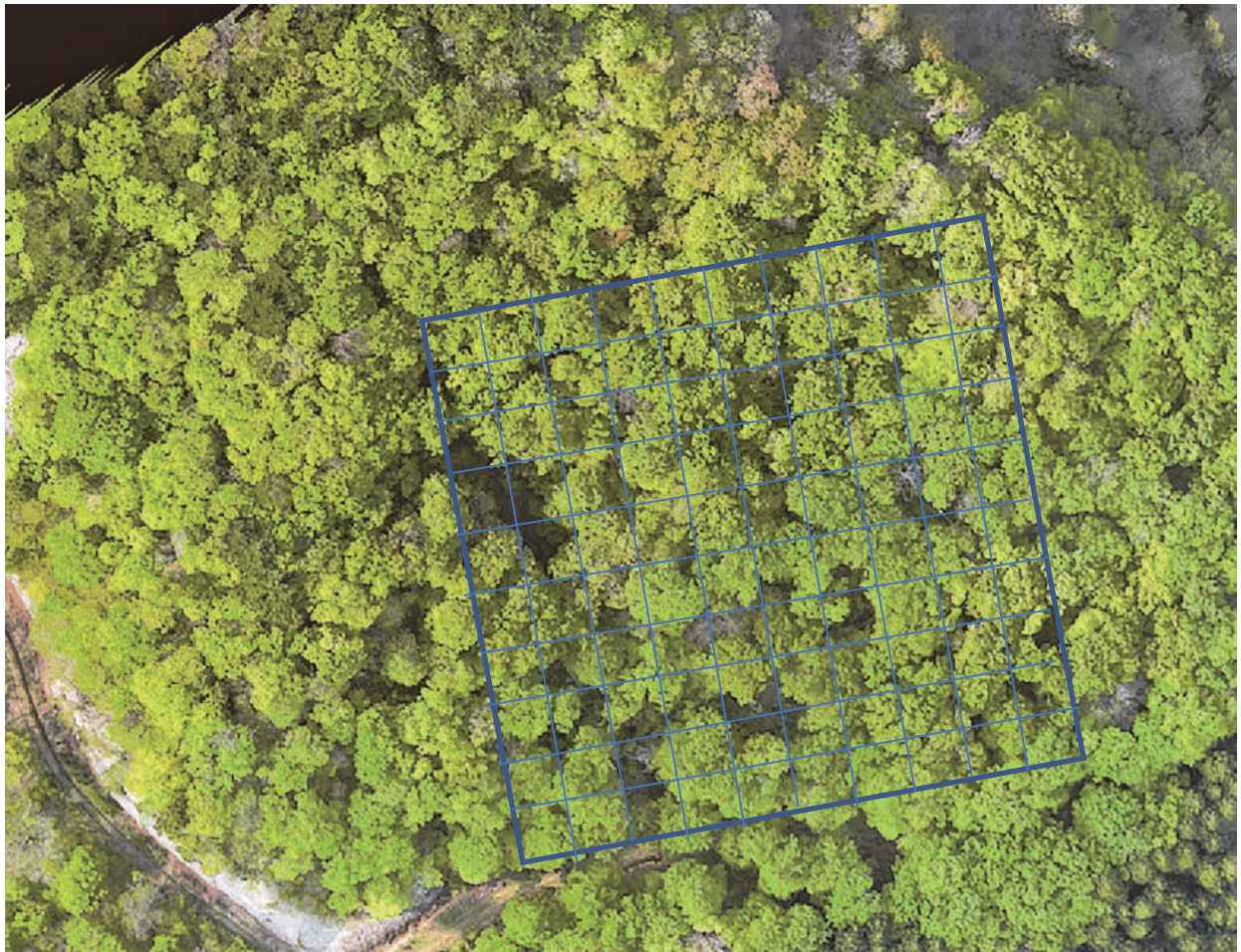


写真-1. 鶺鴒ヶ谷ブナ林と調査プロット (100m×100m) の位置関係
撮影日：2023年4月23日，撮影者：石川県立大学 鈴木愛海