論文

ササ繁茂地における牛道のギャップ特性とブナ更新への影響

大地 純平^{1,*}・加藤 正人¹・東城 厚²

大地純平・加藤正人・東城 厚：ササ繁茂地における牛道のギャップ特性とブナ更新への影響，森林計画誌 42：15～22，2009 長野県木島平村カヤの平混牧林では，肉用牛をササ型林床のブナ強度伐採地に放牧し，ササを採食させることでブナ更新を促す混牧林施業を展開してきた。その効果検証のための事前踏査を行ったところ，放牧牛の通り道である「牛道」周辺や休息地・採食地として利用される草地の「林縁部」でブナ更新木が確認できた。そこで，本研究では調査対象を特にブナ更新の多かった牛道周辺に絞り，ブナ更新と周辺環境の調査を行った。牛道の存在はササ林床ギャップとして機能しており周囲1～2 m範囲のササ林床の照度(相対照度を15～190%改善)を確保することでササ被圧下でのブナ稚樹の生育を可能としていた。その反面，植生の更新が最も旺盛に行われるギャップ中心部(牛道)とその際は放牧牛の蹄耕を受けることで攪乱され，植生が侵入できない状況を作り出していた。この結果，耐陰性の高いブナ稚樹のみが牛道周辺の比較的明るいササ被圧下で生長し，牛道周辺の更新樹種の90%を占めるに至ったと考えられる。

Jumpei OHCHI, Masato KATOH, Atsushi TOJO: Gap Characteristic of Cow Path for Beech Regeneration on High Sasa Bamboo Stands. Jpn. J. For. Plann. 42: 15-22, 2009 In the beech (*Fagus crenata*) forests of Kayanodaira in Kijimadaira village of Nagano prefecture, Japan, beef cattle are grazed on grounds with dwarf bamboos (mainly Sasa species) in order to promote effective regeneration of beech trees. The grazing is performed as a part of a forest project focusing on areas where tree felling is high. We conducted a preliminary study to examine the effect of grazing on regeneration of beech trees. It was observed that regeneration occurred around the path along which the cattle traveled while grazing, around the ground on which they grazed, and some other areas. In this study, we investigated the area surrounding the path along which the cattle traveled as it showed high regeneration of beech trees. In areas about 1-2 m from the travel path of the cattle, beech seedlings and saplings were found in small gaps where there was relatively better illumination (15-190%) beneath the bamboo cover. However, trampling by the cattle impaired vegetation regeneration in areas where regeneration was observed to be high, i.e., in small gaps and the travel path. Thus, it was noted that beech seedlings and saplings with strong shade tolerance grew in the relative bright area beneath the bamboos, around the path along which the cattle traveled. These accounted for 90% of the regeneration trees.

I はじめに

ササ型林床のブナ天然林において実生によるブナ更新のためには，実生を被圧している上層ブナ母樹樹冠の風倒，自然枯死などによる上層ギャップと，林床に繁茂しているササの一斉枯死(2, 11, 12, 13, 14, 15, 10)や雪圧による倒伏(16)を原因とするササギャップが必要であると考えられている。本研究の調査対象地であるカヤの平混牧林地域もササ型林床のブナ天然林であったが，漸伐作業の名目でブナ材積の60%もの伐採が行われた。強度伐採は上層ギャップの発生という意味では十分な効果をもたらすものと考えられるが，

その結果として林床にはブナ実生ではなくササが繁茂した。このような状況下においてブナ実生による更新を促すためにはササギャップが必要になるが，ササの一斉枯死や雪圧による倒伏といった自然要因に頼る方法ではブナ更新に長い年月を必要とする。伐採後に老齡過熟木や形質不良木が多く残されたカヤの平においては残存した数少ない優良母樹が枯損する危険があることから早期のブナ更新達成が必要であり，積極的な対処が求められた。しかし，他の広葉樹と比べて材価の低いブナ林では更新補助作業にかかる経費の捻出が問題となり大きな事業費を投入できずにいた。

そこで，カヤの平では国有林が主体となった「放牧

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: j-ohchi@shinshu-u.ac.jp

1 信州大学農学部 附属 AFC 森林計測・計画学研究室 Forest Planning and Measurement Laboratory, AFC, Faculty of Agriculture Shinshu University, Minamiminowa, Nagano 399-4598.

2 カヤの平混牧林牧場 Kayanodaira Grazing Forest Ranch, Kijimadaira, Nagano 389-2303

牛の採食圧によるササ衰退をもってブナ更新補助作業とする」肉用牛育成実験事業が行われた(19)。現在は民間で組織される「高水北部地域混牧林経営肉用牛放牧推進組合」が代わってこの事業を運営し、「カヤの平混牧林」として30年以上放牧を続けている。

ブナ更新に対する放牧の影響を把握し、効果検証を行うために事前踏査を行った。その結果、放牧牛の通り道である「牛道」周辺や休息地・採食地として利用される「草地林縁部」などが放牧牛の行動の影響を強く受け、ブナ更新木が確認できた。本研究では調査対象をササギャップとして特徴的な働きが見られた牛道周辺に絞り、牛道周辺の局地的な環境条件とササ生育状況、ブナ更新木の発生状況の相互関係を明らかにすることを目的とした。

II 調査対象地

カヤの平混牧林は長野県下高井郡木島平村の国有林54～58林班内に設定されている。標高1,300～1,600m, 最大積雪深4m, 山頂緩斜面を持つ台地状の地形を示している。現在混牧林として設定されている放牧区は15牧区に分けられ総面積は436haであるが、経営的な理由による放牧頭数減少(1)のため実際に利用されているのは地理的条件などが整った3, 4, 9, 10, 11牧区の5放牧区144haである。この5放牧区も一度に全区利用されるのではなく、放牧頭数や林地の状況に応じて年1～2放牧区ずつを循環利用している(図-1)。調査を行った第9放牧区は、現在放牧が行われている放牧区の中でも特にブナの更新に期待が寄せられている放牧区である。この放牧区は木島山国有林57林班は、り小班内にあり、面積は22.3ha, 標高1400m, 傾斜角は8～12度程度の暖斜面地域である。他の放牧区と同様に上層ブナ、下層ササのブナ-ササ型の林分構造である。1973年, 1974年の二年

図-1 カヤの平混牧林

間に材積率60%の強度でブナが伐採された。放牧区の西側は奥志賀スーパー林道と隣接しており、比較的交通の便が良い。また、カヤノ平混牧林の管理小屋に最寄りの放牧区であり、他の放牧区と比べても放牧区の管理がしやすい。放牧区の中心には満水川の支流があり、放牧牛の飲料水不足などの心配もなく牧場設備の簡素化も可能で、牧場経営上の利点も多い。2003年までに12回の放牧が行われ、12回の放牧の平均放牧密度は97頭/haで、現在利用されている放牧区の中でも高い放牧密度を保っている。

第9放牧地内には大小いくつかの草地が存在し、牛道はこれら草地を連絡している。放牧牛は牛道を草地間の移動や採食地や未踏地へのアクセスのために利用している。調査対象とした牛道は図-2左図の草地①より草地②方向に伸びるものを牛道①、草地③に伸びるものを牛道②とした。これらの牛道はブナ伐採時に作業道として設置されたもので、斜面をトラバースするためのものであったが、伐採後は放牧牛が利用、維持し続けていることから、放牧牛が歩くことで自然にできる「放牧由来の牛道」に対し「作業道由来の牛道」と考えられる。

図-2 第9放牧区の調査対象牛道とプロット配置

III 調査内容と方法

調査プロット(2m×20mベルトプロット)は図-2のように牛道①と牛道②に約20m間隔で設置し、牛道①には1～23までの23プロット、牛道②には24～36までの13プロット計36プロットを設置した。調査プロットは牛道を中心に牛道に直交する2×20mのベルトプロットを配置し調査を行った。プロットの各ブロックは牛道を原点に斜面上側を正、斜面下側を負とした。

また、比較のために対照区として牛道のないササ繁殖地に4プロットを設置した。

調査内容は以下の通り。

1) 樹冠配置の調査

ベルトプロットを中心に、30m × 30m の範囲でブナ母樹樹冠配置、樹冠幅を調査した。

2) 更新木調査

ベルトプロット内においてササ葉群の被圧から抜け出た木本類の樹種、樹高、位置を測定した。

3) ササ稈高調査

ベルトプロット上のササ平均稈高をベルトプロットを中心から1m間隔で測定した。

4) ササ刈り取り調査

更新調査を行ったベルトプロットとは別に、牛道の斜面上下1m間隔で計十箇所、各所1m²分のササを刈り取り、平均稈高、葉重量(生重)を調査した。牛道①に2プロット、牛道②に1プロット、対照区として牛道の無いササ繁茂地に1プロット、計4プロットを設定した。

5) 相対照度調査

ベルトプロット内に牛道を中心に上下合わせて11箇所のポイントを設置し、ササ被圧下と牛道中心部の照度を測定し牛道上とササ被圧下の相対照度を算出した。照度測定は2003年10月4日(曇天・測定時刻8:30～14:00)にTMS870 デジタル照度計(TASCO社製)を用いて行った。

IV 調査結果と考察

1) プロット周辺のブナ母樹樹冠密度

種子散布範囲の狭い(9, 17)ブナにとって母樹樹冠の有無は更新の有無に直結する。ブナの更新に必要なといわれる母樹保残密度は30～50本/haといわれており(4, 9), 今回調査を行ったプロット周辺のブナ母樹保残密度は40.5本/haであったことから、ブナの更新にとっては十分な母樹樹冠密度が保たれているものと考えられる。ただし、現状保残されているブナ母樹のほとんどが伐採時に形質不良または老齢過熟として残されたものであり、寿命や風倒などによって失われていく可能性は非常に高いと考える(20, 21)。

2) 牛道周辺の更新木について

牛道周辺でササ葉群の被圧を抜け出すことが出来たのは8樹種、本数割合としてはブナが9割を占め優先していた。その他樹種としてはダケカンバ、ハウチワカエデ、コシアブラ、ミズナラ、アオダモ、キハダ、イタヤカエデの順で多くみられた。ブナ更新木はプロット全体で574本確認され、そのうち樹高1m以下の更新木は440本、樹高1m以上の更新木は134本、各帯状プロットでの平均更新本数は15本であった。(図-3)

図-3 更新木と内訳

図-4 牛道からの距離別更新木出現割合

図-4は牛道を中心に、更新がどのように分布しているかを示したものである。ブナの更新木は牛道の斜面上部側2mまでの範囲、斜面下側においては、牛道から1mの範囲までに更新が集中しており、ブナ更新全体の70%以上がこの範囲に集中していることが確認された。特に斜面上部1mの範囲の更新が顕著であった。

そこで、詳細な牛道周辺の更新傾向を見るために、斜面上部側3mから斜面下部側3mの範囲に焦点を当て、樹高1m以下・1m以上の更新木それぞれについて10cm間隔での出現割合を図-5に示した。更新木は全体的に見ると牛道から斜面上側0.1～1.9m、斜面下側では0.1～0.6mの範囲で多く見られたが、斜面下側と比較して斜面上側に更新が集中している傾向が見られた。樹高1m以下・1m以上の更新木それぞれに注目すると、樹高1m以下の更新木は斜面上側0.1～1.8m、斜面下側0.1～0.6mの範囲で、樹高1m以上の更新木は斜面上側0.2～1.9m、斜面下側0.2～0.6mの範囲で更新木の出現割合が高い傾向が見られた。また、特徴的な現象としては斜面上側0.1mでは1m以下の更新木の出現割合が最も高いが、1m以上の更新木の出現割合は非常に低かった(図-5a)。それに対し斜面上側0.2mでは逆に樹高1m以下の更新木と樹

図-5 牛道より3m範囲内の距離別更新木出現割合

高1m以上の更新木の出現割合が逆転する現象が見られた(図-5b)。

この原因として、放牧牛による移動中の踏みつけ被害との関連が挙げられる。放牧牛が移動に牛道を利用する際は多頭で行動する場合が多く放牧牛が牛道上で軽い渋滞を起こすような状況が確認されている(図-6)。この際、放牧牛は大きく牛道から外れることは無いが、牛道の裸地部から外へ踏み出し、牛道際の植生部分を踏みつけている場面を多く見かけた。この影響がどの程度ブナ更新木に被害を与えているかは確認で

図-6 牛道を移動する放牧牛群

きていないが、斜面上側0.1m範囲のブナ更新木に樹高1mを超えるものが極端に少ないのはこのためであると推察される。

3) 牛道周辺のササ生育状態

全プロット間において、牛道から3m範囲までのササの稈高は1m以下に抑えられている傾向が見られた。特に牛道から1m範囲の稈高は0.6m~0.7mと低く抑えられており、斜面上側と斜面下側とでは斜面下側の稈高が低かった。牛道すぐ側から3mまでの間でササの稈高は順次高くなっていき、3m以上牛道から離れた場所では稈高1~1.5mの高さを維持していた(図-7)。

図-8は牛道から斜面上下それぞれ1m, 3m, 5m離れた位置についてのササ刈り取り調査結果である。ササの葉重量は牛道からの距離に関係なく斜面上下ともに600g/m²前後で推移しており、大きな変化は見られなかった。それに対しササの稈数は斜面上側については90本/m²前後とあまり変化が見られなかったものの、斜面下側では、牛道に近いほどササの稈数が増加する現象が見られた。この現象はササの生理と関係し、同様の現象についての報告もある(3, 18)。

以上のことから、牛道に近いほどササの稈高は低く抑えられていたが、稈数が増加することにより葉重量

図-7 牛道からの距離別ササ稈高推移

図-8 牛道周辺のササ生育状況

が維持され、その結果牛道からの距離によらず、ササの面積優占度は非常に高く保たれていた。

4) 牛道周辺のササと相対照度

牛道周辺のササ被圧下においてはブナの更新木がササ被圧下から抜け出すまでに成長していることから、牛道周辺での相対照度とササの状態に着目した。図-9は斜面上側3mから斜面下側3mまでの相対照度とササ稈高の関係を示したものである。牛道上は常に放牧牛に攪乱され裸地化しているためササが存在せず、牛道上の相対照度は50%以上と非常に高い値を示していた。またササ被圧下においても牛道周辺においては相対照度が比較的良好な条件で保たれていた。特に前項でブナ更新木が多数確認された斜面上側1mの範囲では相対照度で約25%、斜面上側2m付近では約15%が確保されており、ブナの成長に最適な光環境(6)が確保されていた。

このことから、牛道がササ繁茂地に存在することでササ地にギャップが生まれ、その周辺のササ被圧下の光環境が改善されたものと考えられる。また、対照区の相対照度を参考に牛道によるササ被圧下の相対照度の改善率を計算したところ、牛道から1mの範囲では150~190%、2mの範囲では15~55%、3mの範囲では23~35%となった。何れの範囲においても、斜面下側の改善率が低かった(図-10)。

図-9 ササ稈高と相対照度

図-10 牛道からの距離と相対照度の改善率

V ササ繁茂地における牛道のギャップ特性

1) 牛道開通によるササ被圧下の光環境改善

牛道が存在しない採食利用されるだけのササ繁茂地において、放牧牛の採食行動はササ葉面被圧を軽減させ、次年度発生するササの稈高を低くする。しかし、1991年に草地試験場(現・畜産草地研究所)がカヤの平混牧林で行ったササ動態調査の結果では、放牧牛の採食行動によりササ葉部全てが採食されることは稀で、次年度にササ稈高は低下するがササ稈数が増加し、ササ葉部も前年の8割程度まで回復すると報告されている(3)。

この結果、採食利用されるだけのササ繁茂地では、ササの空間占有率に殆んど変化が無いことから、ササ被圧下の光環境は改善されない(図-11a)。

このようなササ繁茂地に牛道が開通することは、林床に連続繁茂するササを分断するササギャップとして機能し、牛道を中心としたササ被圧下の光環境改善に繋がると考えられる。ササ葉面層の下には稈があるのみで、稈と稈の間は隙間が多くスリット状になっている。牛道によって帯状のササギャップが出現したササ繁茂地ではこのスリット状の構造が露出し、牛道に差し込んだ光が稈の隙間からササ被圧下に入り、ササ被圧下の光環境改善に繋がったものと考えられる(図-11b)。また、牛道すぐ側のササは放牧牛による採食や踏付けの影響を受け萎化しており、ササ被圧下への光

図-11 牛道のササ繁茂地におけるギャップ特性

入射を妨げることはほとんどないものと考えられる。

2) 牛道による植生侵入の制限

牛道周辺で最も照度の高い牛道上は、光環境的にはブナ更新木の発生に有利であると考えられるが、カヤの平においてはダケカンバなどの先駆樹種がブナよりも先に侵入し優占する可能性が高く、ブナの更新を優先する場合には障害になることが考えられる。しかし、実際には牛道上は放牧牛が頻繁に移動などで利用し、強い攪乱が生じるためブナを含め植生の侵入は不可能である。

それに対し、牛道周辺の照度改善されたササ被圧下（牛道から斜面上側 2m・斜面下側 1m の範囲）では、放牧牛による攪乱が少ないため植生の侵入が可能である。

それにもかかわらず、牛道周辺ササ被圧下においては、出現樹種全体の 90% をブナが占めており、ダケカンバを含めその他樹種の出現数は少なかった。この原因としては、牛道周辺ササ被圧下の相対照度が 15～25% と耐陰性の強いブナにとっては十分な照度で

あるが、一般的に光要求が高いと言われるダケカンバ等の樹種にとっては十分な照度が確保できていなかったことが考えられる。

以上のことから、牛道周辺ではブナ以外の植生侵入は制限され、耐陰性の強いブナが牛道周辺のササ被圧

図-12 牛道周辺のササとブナ更新木

下で優占したと推察された。

VI おわりに

これまでの混牧林研究においては、ササ林床を放牧牛に面的に採食させ、ササの全面的な衰退をもってブナの更新を誘導することを目的としていた。しかし、放牧牛の行動には人為的に制御できない部分が多々あり、ブナの更新補助作業を放牧牛に一任し、ブナの更新が期待できるまでにササを衰退させる為にはかなり強度な放牧を行うことが求められた。

それに対し、今回研究対象とした牛道周辺のブナ更新事例では、牛道を放牧牛が移動のために頻繁に利用することで、林内全体に分散していた放牧圧を牛道周辺に集約し、ブナの更新に適した環境が長期にわたり維持されたことでブナの更新が誘導された。

カヤの平で放牧牛に牛道として利用されているものの殆どは、ブナ伐採当時の作業道跡である。人がササを筋状に刈り払い、道としたものを混牧林事業開始後に放牧牛が利用・維持し続け今に至っている。これは「筋刈り」による更新補助作業に似ており同様に考えるならば、ブナの更新を目的とする林地に一定本数の牛道が存在することでブナ林の再生に十分なブナ更新木が確保できると考えられる。

また、ブナ更新を期待するササ繁茂地で筋刈りを行い、放牧牛に牛道として利用・維持させることで任意の場所に放牧牛を誘導し、これまで放牧牛の行動に一任されていたブナの更新をより効率的に誘導することが可能になると考えている。

今回の研究では夏季における環境条件での調査結果を元に考察を行ったが、豪雪地帯であるカヤの平混牧林では冬季の積雪の影響についても考慮する必要がある。特に牛道のような本来ならば存在しない地形要因については積雪による局所的な影響が十分に考えられる(5, 7, 8, 16)。

今後は冬季の積雪の影響が牛道周辺のブナ生育環境にどのような影響を与えているのかについても検討していきたいと考えている。

引用文献

- (1) 青木壽美男・中村恵一 (2002) 経営的視点から見た林野の畜産的利用と課題: カヤノ平混牧林を例として (混牧林の歴史の今後の展望). 日本草地学会誌 **48**(5): 462-465.
- (2) 阿部みどり・蒔田明史・箕口秀夫・中静透 (2005) 十和田湖南岸域におけるチシマザサ一斉枯死後9年間のブナ実生個体群の動向. *Bamboo Journal* **22**: 104-113.
- (3) 林治雄・井出保行・長谷川哲・戸沢早人 (1992) カヤの平混牧林におけるササ現存量と飼料成分. カヤの平混牧林: 51-63.
- (4) 弘田潤・紙谷智彦 (1993) 天然下種更新施業後のブナ林における結実と堅果散布に与える母樹密度の影響. 日林誌 **75**(4): 313-320.
- (5) 本間航介 (2002) 雪が育んだブナの森—ブナの更新と耐雪適応—. 雪山の生態学: 57-261pp.
- (6) 角張嘉孝 (1991) ブナの光合成・呼吸・蒸散. ブナ林の自然環境と保全: 64-70.
- (7) 紙谷智彦 (1984) 豪雪地帯におけるブナ二次林の再生過程に関する研究 (I) 樹冠の曲がりとその階層構造の形成に及ぼす影響について. 新潟大学農学部演習林報告 **17**: 1-16.
- (8) 紙谷智彦 (1986) 豪雪地帯におけるブナ二次林の再生過程に関する研究 (II) 主要構成樹種の伐り株の樹齢と萌芽能力との関係. 日林誌 **68**(4): 127-134.
- (9) 前田禎三・宮川清 (1971) ブナの新しい天然更新技術. 新しい天然更新技術: 180-252pp.
- (10) 蒔田明史・阿部みどり・箕口秀夫・中静透 (2004) 十和田湖南岸域における一斉開花後8年間のチシマザサ個体群の動態—特に非開花集団に注目して—. *Bamboo Journal* **20**: 57-65.
- (11) 中静透・沼田真 (1982) ブナ極相林の再生過程: I. ササ型林床をもつブナ林の構造. 日本生態学会誌 **32**(1): 57-67.
- (12) 中静透・沼田真 (1982) ブナ極相林の再生過程: II. 林内放牧の影響下にあるブナ林の構造. 日本生態学会誌 **32**(4): 473-482.
- (13) 中静透 (1983) ブナ極相林の再生過程: III. 齢の異なるギャップに形成された稚樹個体群の構造と発達過程. 日本生態学会誌 **33**(4): 409-418.
- (14) 中静透 (1984) ブナ極相林の再生過程: IV. ギャップ形成. 日本生態学会誌 **34**(1): 75-85.
- (15) 中静透 (1984) ブナ極相林の再生過程: V. 全再生過程におけるブナの個体群動態. 日本生態学会誌 **34**(4): 411-419.
- (16) 島野光司 (2000) 雪で倒伏したササが春期に作るブナ実生の好適地. 植生学会誌, *Vegetation science* **17**(2): 89-95.
- (17) 長野営林局 (1975) ブナ林の天然更新技術を主体とする施業法—皆伐母樹法と漸伐作業法—: 144pp
- (18) 西條好迪 (1989) ササ生地の植生管理に関する

- 生態学的研究 中部日本におけるササ属植物数
種の分布. 岐阜大学農学部研究報告 **54** :
251~264.
- (19) 林野庁業務課 (1973) 肉用牛生産育成実験事業
の概要 : 32pp
- (20) 渡辺隆一 (1985) カヤノ平ブナ原生林の研究 -2-
1982 年台風 10 号による風倒. 志賀自然教育研
究施設研究業績, 通号 **22** : 15~18.
- (21) 渡辺隆一 (1989) カヤノ平ブナ原生林の研究 -3-
1979-1988 年の期間における林木の死亡. 志賀
自然教育研究施設研究業績, 通号 **26** : 7~14.
(2008 年 1 月 25 日受付)
(2008 年 7 月 25 日受理)