

森林路網がスギ人工林内の植物種多様性に及ぼす影響

信州大学大学院 総合理工学研究科 造林学研究室 2年 ○ 孝森 博樹

要旨

日本の標準的な森林路網が下層植生の植物種多様性に与える影響を評価するため、スギ人工林内を通る林齢と開設年の異なる2路線で調査を行いました。外来種による種多様性の低下は起きておらず、 α 多様性の向上や β 多様性が生じていたことから、路網には多様性創出効果があると考えられました。ただし、林齢や開設年によって影響を受ける層が異なりました。これからは路網の影響を考慮した多様性管理技術の構築が必要です。

1 はじめに

近年の人工林では持続可能な森林経営が求められています。これを実現するため、生産コスト低減のための高性能林業機械の導入に加え、路網の開設が進められています(林野庁 2017)。その一方で、持続可能な森林経営には生物多様性の管理も行っていく必要があります。路網は林内環境の改変を通じて生物多様性にも関わってきます。これまでに路網側で種数や植被率が增えること(高木 2003, Deijouei *et al.* 2017)、路網による植物の応答は林齢に影響を受けること(Avon *et al.* 2010)が報告されている一方で、海外の例では、外来種の侵入・優占による在来種の多様性の低下が指摘されています(Watkins *et al.* 2003)。そこで、本研究では日本の標準的な路網がスギ人工林の植物種多様性に与える影響について、種数と植被率の変化に加え、種の変化から検討をしたいと思えます。

2 調査・解析

調査は 調査は長野県下伊那郡根羽村のスギ人工林内を通る高橋黄野線と穴田線の2路線を対象としました(表-1, 図-1)。高橋黄野線は林齢と開設年が比較的新しいのに対して、穴田線は林齢と開設年が比較的古いという違いがあります。これらの路網に、路網と直交する方向へ幅10m, 奥行20mのベルトプロットを複数設置しました。ベルトプロットは奥行を5mごとの小プロットに区切り、路網側から順にNo. 1, 2, 3, 4としました(図-2)。小プロットでは基礎データである地形計測、幅員、路網上の林冠ギャップ幅に加え、上層木では毎木調査、下層植生では低木層と草本層に階層分けした後、それぞれの層で植生調査を行いました。植生調査では、植被率、維管束植物の種名とBraun-Blanquetの優占度階級に基づいた被度を記録しました。また、各小プロットと路網上の中心では光環境の調査を行いました。低木層と草本層の光環境をそれぞれ調べるため、低木層は地表から2.0mの高さで落葉期(12月)に、

表-1 調査路線の概況

	高橋黄野線	穴田線
ベルトプロット数	5	18
標高 (m)	919-927	779-829
開設年	1999	1970
幅員 (m) ***	4-6	4-5
林齢 (年) ***	49	63-83
立木密度 (本/ha) ***	1400	633
林冠高 (m) ***	21.4	25.9
路網上の林冠ギャップ幅 (m) ***	7.1	1.3

表中のアスタリスクはU検定の結果を示す。(***) : $p < 0.001$

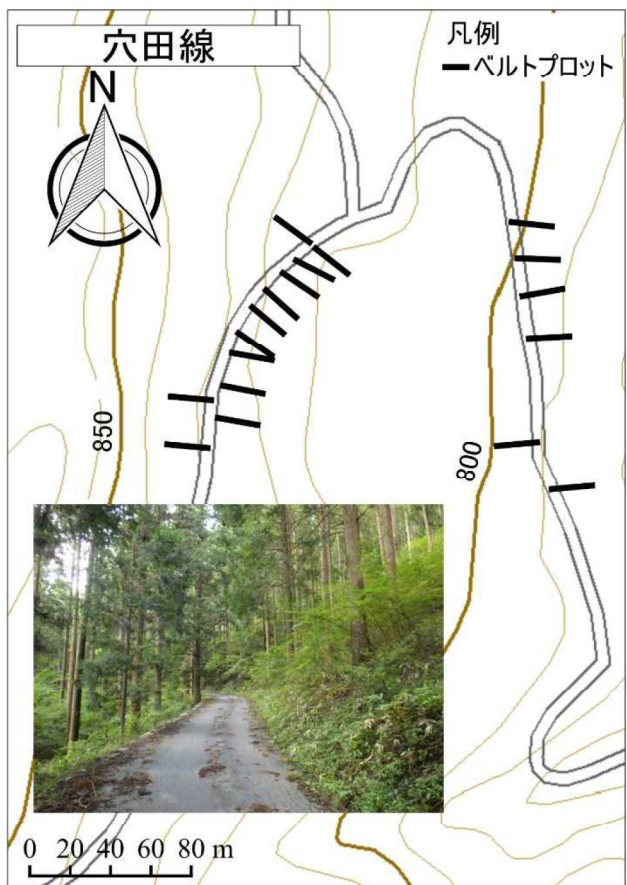
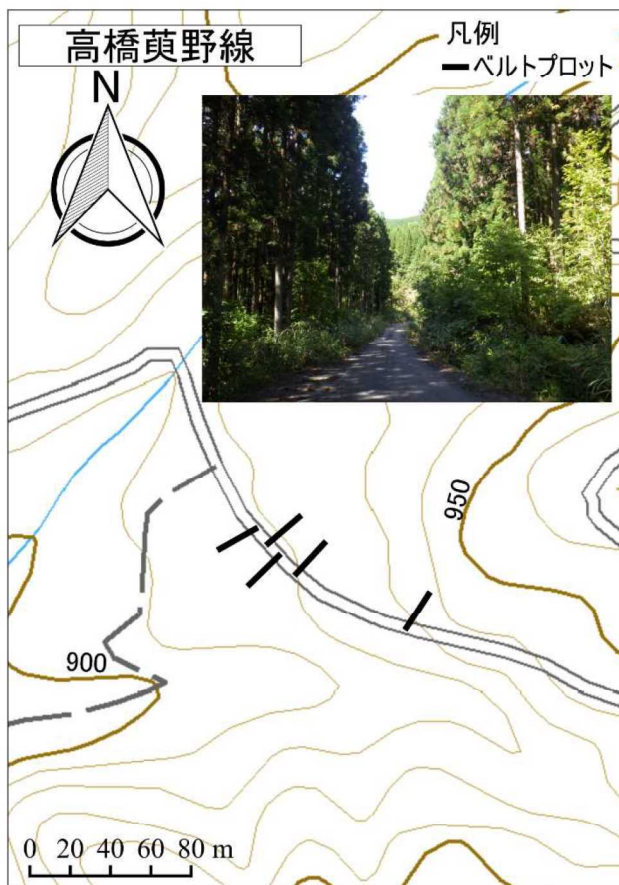
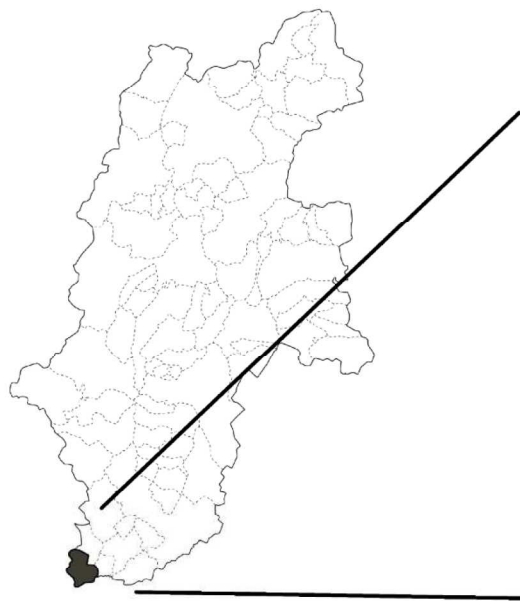
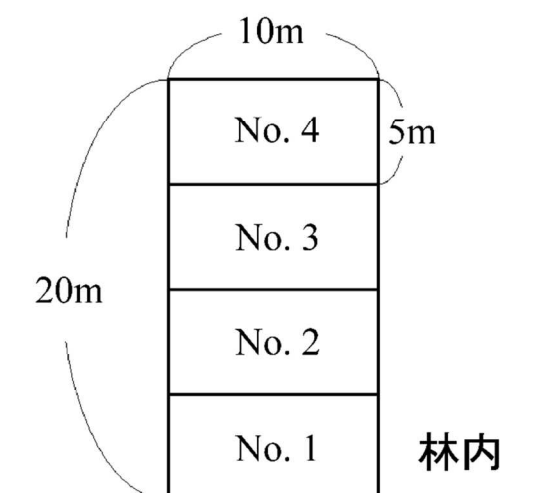


図-1 調査路線とベルトプロット設置場所

草本層は地表から0.8mの高さで展葉期(9月)に全天空写真の撮影を行いました。撮影した写真から頂点方向が地平線方向より3倍明るいと仮定する散乱光の光源モデルであるSOCを求め、これを光環境としました。解析ソフトにはCanopOn 2 Ver 2.03c (<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/>)を用いました。

解析は路線ごとで行いました。路網からの距離に対する種数と植被率の変化を明らかにするため、小プロット No. ごとに反復測定分散分析と Holm の多重比較を行いました。また、路網からの距離に対する種の変化を明らかにするため、ヨルクヒール・タプストラ検定を用いて小プロット No. 順に出現に増加または減少する傾向のある種を抽出しました。データには個々の種の小プロットごとの被度を用い、被度が+の場合には 0.1 を代入しました。統計解析ソフトには EZR Ver 1.33 (Bone Marrow Transplantation 2013: 48, 452-458) を用いました。



森林路網

3 結果

植生調査の結果、高橋黄野線では低木層 30 種、草本層 114 種、穴田線では低木層 93 種、草本層 224 種が記録されました。この中で外来種は、高橋黄野線ではトウコマツナギ (写真-1) とシナダレスズメガヤ (写真-2) の 2 種、穴田線ではヨウシュヤマゴボウ (写真-3) の 1 種でした。ただし、どの種も路網に最も近い小プロットである No. 1 に出現し、被度は+ (1%以下) でした。

図-2 ベルトプロット概況

路網からの距離に対する種数と植被率の変化を図-3 に示します。高橋黄野線の場合、草本層では種数と植被率に差はありませんでしたが、低木層では種数と植被率が路網側で高まりました。一方穴田線の場合、草本層では種数と植被率が路網側で高くなりましたが、低木層では種数に差はなく、植被率は路網側で低下しました。このように、路線ごとに影響の現れる層が異なりました。

光環境の変化を図-4 に示します。路網上の SOC はどの路線でも小プロットより高くなりました。ただし、その差は高橋黄野線が大きく、穴田線は僅差でした。小プロットごとの光環境は、高橋黄野線の低木層でのみ路網側で増加する傾向を示し、それ以外には差がありませんでした。



写真-1 トウコマツナギ



写真-2 シナダレスズメガヤ



写真-3 ヨウシュヤマゴボウ

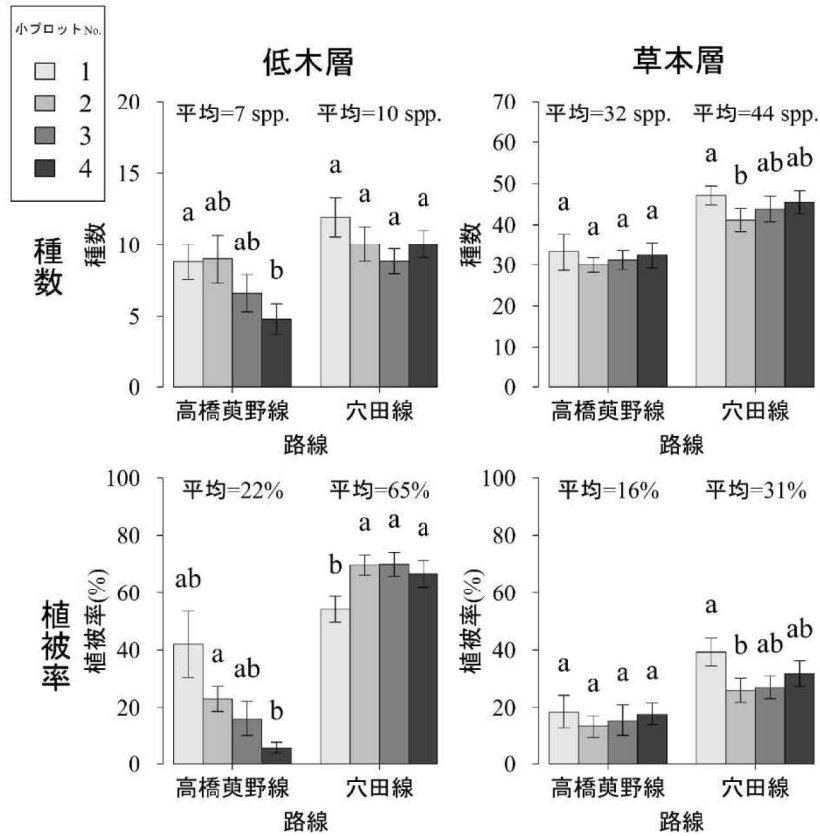


図-3 路網からの距離に対する種数と植被率の変化
 図中のバーは標準誤差, アルファベットは Holm の多重比較の結果を表す。

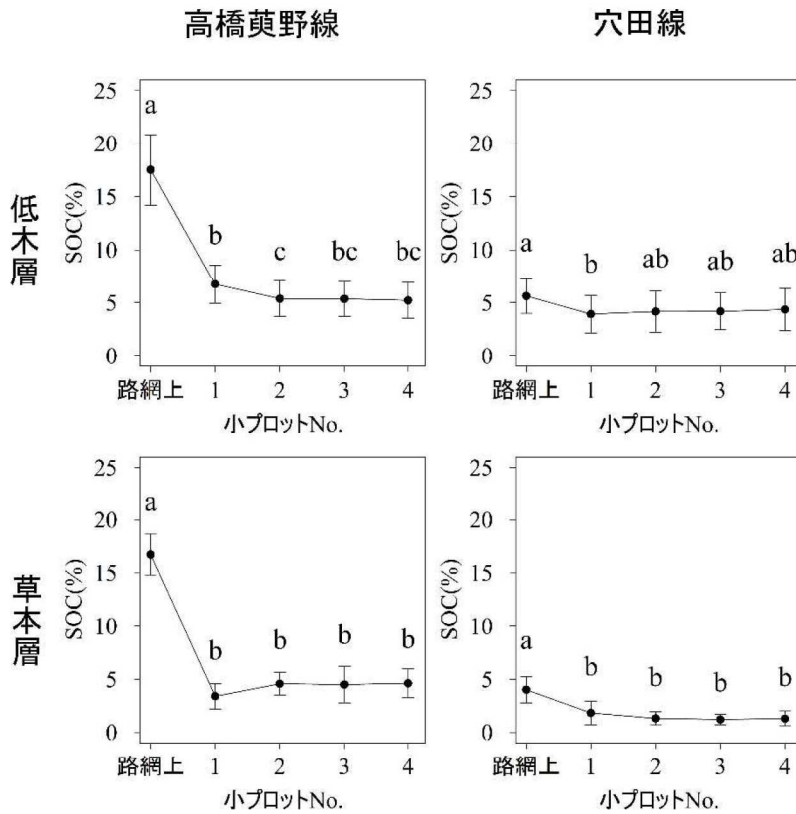


図-4 路網からの距離に対する光環境の変化
 図中のバーは標準誤差, アルファベットは Holm の多重比較の結果を表す。

路網からの距離に対して出現傾向のあった種を表-2に示します。本研究では路網に近いほどよく出現する傾向のあった種を林縁種，路網から遠ざかるほどよく出現する傾向のあった種を林内種と定義しました。高橋萸野線の場合，草本層では林縁種が2種，林内種が4種検出されました。低木層では林縁種が4種検出されましたが，林内種は検出されませんでした。穴田線の場合，草本層では林縁種15種，林内種が11種検出されました。低木層では林縁種が2種検出されましたが，林内種は検出されませんでした。種数の変化と対応しているグループは高橋萸野線の低木層林縁種と穴田線の草本層林縁種となりますが，それ以外のグループでも種が検出されていました。

表-2 路網からの距離に対して出現傾向のある種

層	高橋萸野線				穴田線			
	林縁種		林内種		林縁種		林内種	
低木層	エゴノキ	*		なし	モミジイチゴ	*	なし	
	コナラ	*			ヤマノイモ	*		
	ヤマウルシ	*						
	リョウブ	*						
草本層	ツルウメモドキ	*	トウゲシバ	**	サルナシ	***	シシガシラ	**
	モミジイチゴ	*	スノキ	*	ミツバ	***	チゴユリ	**
			チゴユリ	*	ヤマノイモ	***	ツルリンドウ	**
			ヤマジノホトトギス	*	イヌトウバナ	**	トウゲシバ	**
					クサコアカソ	**	イヌツゲ	*
					ツリフネソウ	**	ウメモドキ	*
					モミジイチゴ	**	ガンクビソウ	*
					イタドリ	*	コジュズスゲ	*
					イノデモドキ	*	フタリシズカ	*
					キヨタキシダ	*	マツブサ	*
					ノブドウ	*	ミゾシダ	*
					フジ	*		
					ホドイモ	*		
					ミズ	*		
					ヤマイヌワラビ	*		

林縁種は路網に近いほど出現する種，林縁種は路網から遠ざかるほど出現する種を表す。

表中のアスタリスクはノンクヒール・タプストラ検定の結果を表す。

(*** : $p < 0.001$, ** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$)

4 考察

まず，外来種に関して考察を行います。今回出現した3種とも路網に最も近い小プロット No. 1 で出現したことから，Watkins ら (2003) の研究と同様に路網付近では外来種が侵入しやすいことが考えられました。しかしながら，被度が+ (1%以下) だったことから，外来種による優占や多種の排除は起きておらず，多様性の低下は生じていないと考えられました。外来種による多様性の低下が起きていたという Watkins ら (2003) が対象とした調査地は観光を主目的とした幅員の広い林道です。これらの違いは外来種の生育地，自動車によって散布される機会の多さ，林縁効果の大きさなどに影響すると考えられます。本調査地の場合，生産を主目的とした幅員の狭い路網だったことから，これらの影響が小さく，結果的に外来種による多様性の低下が生じなかったと考えられます。

次に，種数と植被率に関して考察を行います。種多様性は空間スケールによって α 多様性， β 多様性， γ 多様性の3つに区分されます (宮下ら 2012)。今回の調査地の場合，各小プロットの種数が α 多様性，小プロット間の種の違いを β 多様性，ベルトプロットでの総種数を γ 多様性と当てはめることができます。以上を踏まえ，路網側で種数が増加したことから，路網には α 多様性を高める効果があると考えられました。そして，路線ごとで効果の現れた層に違いが生じたことから，効果の現れ方は林齢や開設からの経過年に影響されることが示唆されました。林齢は階層構造の発達，開設からの経過年は路網上のギャップサイズに影響すると考えられます。高橋萸野線の場合，林齢は49年と

若く、林内のプロットでは低木層の植被率も少なかったことから、低木層は発達途中だったと考えられます。また、開設年が新しいことから、路網上のギャップは広く、林縁効果が大きく働いていることが考えられます。解放的な環境と接する林縁では低木層が極端に発達するという報告がありますが（齋藤 1986）、これと同様の構造の発達が起きていたと考えられます。路網側の低木層が発達すると、反対に路網側の草本層は被圧されます。したがって、草本層の光環境は林内と同様に平準化され、種数と植被率には変化が生じなかったと考えられます。一方穴田線の場合、齢は 63-83 年と壮齢であり、どのプロットでも低木層の植被率が高かったことから、低木層は全体的に発達していたと考えられます。また、林開設年が古いことで路網上のギャップが狭く、林縁効果が小さかったことから、低木層では種数に変化がなかったと考えられます。同様に草本層でも林縁効果は小さいことが考えられますが、低木層の発達が路網側に偏っていなかったことから、路網から 5m の範囲で局所的な林縁効果を受けていたと考えられます。低木層の植被率が路網側で低下したことに関しては、過去の刈り払いが影響している可能性が考えられます。

次に、種の変化に関して考察を行います。林縁種と林内種が検出されたことから、路網側と林内側で種の入替わりが生じていることが考えられました。これは先ほど述べた種多様性の空間スケールでいう β 多様性に該当します。 β 多様性が生じることは γ 多様性の向上につながります。このように、路網には種の変化によって多様性を高める効果があると考えられました。また、この効果は種数の変化と対応していないグループでも表れていたことから、種数の変化に関わらず多様性が高まっていることが考えられました。

5 おわりに

もともと多様性の低いスギ人工林の狭い路網では、外来種による多様性の低下はなく、種数の増加や種の入替わりが生じることで種多様性を高めていることが明らかになりました。ただし Watkins ら（2003）による報告のように負の影響も指摘されているため、多様性を確実に向上させるためには今後も慎重に検討していく必要があります。今後は幅員、交通量、植栽樹種による違いや、影響を及ぼす要因と範囲の整理をすることで、多様性を効果的に高められる路網の設計、配置、密度などに寄与できるでしょう。本研究は信州大学と根羽村との連携協定により行われました。

引用文献

- Avon C., Berges L., Dumas Y., Dupouey J. L. (2010) Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands. *Forest Ecology and Management*, 259(8), 1546-1555
- Deijouei A., Abdi E., Marcantonio M., Majnounian B., Amici V., Sohrabi H. (2017) The impact of forest roads on understory plant diversity in temperate hornbeam-beech forests of Northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* 189(8):392
- 宮下直・井鷲裕司・千葉聡 (2012) 生物多様性と生態学 - 遺伝子・種・生態系 -. 朝倉書店
- 林野庁 (2017) 平成 28 年度 森林・林業白書. 林野庁
- 齋藤秀樹 (1986) ヒノキおよびスギ植栽林における林縁効果 - 林縁から林内方向への上層木の大きさ、低木層およびリターフォールの変化 -. 京都府立大学農学部演習林報告(30) 03:36-47
- 高木俊介・岩岡正博・峰松浩彦 (2003) 林道の開設が森林に与える影響とその範囲. 第 114 回 日本林学会大会学術講演集 295
- Watkins R. Z., Chen J. Q., Pickens J., Brososke K. D. (2003) Effects of Forest Roads on Understory Plants in Managed Hardwood Landscape. *Conservation Biology*, 17(2), 411-419