人工林の間伐作業道開設にともなう植生回復

小 谷 二 郎^{*、1}・小 倉 晃¹

間伐後1～7年経過した複数のスギ人工林で、作業道の植生回復を調査した。GLMによる解析の結果、ほとんどのモデルにおいて種数または植被率に対して作業道を開設してからの年数が要因として選択された。しかしながら、枝条散布の有無は選択されなかった。平均種数は、開設後3年目で12.4種/m²となり、5～7年は10.9種/m²であった。平均植被率は、3年で58%となり、5～7年で86%となった。草本の種数と植被率は、開設後3年目まで増加しそれ以降減少したのに対し、木本は5年まで増加しそれ以降横這いとなった。一方、チマキザサの植被率は年数にともなう増加する傾向がみられた。これらの結果から、作業道での植生回復は、開設後3～5年に草本から木本やササへの優占変化をともしながら枝条散布とは関わりなく増加し、路面の安定化に寄与しているものと考えられる。

キーワード：開設後の年数、作業道、枝条散布、植生回復、スギ人工林

Jiro Kodani^{*、1}, Akira Ogura¹ (2014) Vegetation Recovery since Establishment of Spur Roads for Thinning in Coniferous Plantations. J Jpn For Soc 96: 261–266 We investigated the recovery of vegetation on the spur road established in several *Cryptomeria japonica* plantations from one to seven years after thinning. From GLM analysis, the year after establishment was considered the primary factor for the recovery of vegetation in most models. The scattering of branches had no effect. The mean number of species at the third year after establishment was 12.4 per m² and it was 10.9 per m² at the fifth to seventh year. The mean vegetation coverage was 58% at the third year and 86% at the fifth to seventh year. The number of species and vegetative coverage of herbaceous plants increased until the third year and decreased thereafter whereas these of woody plants increased by the fifth year and did not change thereafter. Meanwhile, vegetative coverage of *Sasa palmate* increased with the year. From these results, vegetation recovery of the spur road is considered to increase irrespective of the scattering of branches with a change of dominance from herbaceous to woody plants or bamboo grass at the third to fifth year after the establishment, and to contribute to the stabilization of road surface.

Key words: years after establishment, spur road, scattering branches, recovery of vegetation, *Cryptomeria japonica* plantation

I. は じ め に

「森林・林業再生プラン」の構築によって、国産材の自給率の向上が期待され、広範に低コスト作業システムを確立する条件整備の一つとして路網整備に対する支援が必要とされている（森林・林業基本政策検討委員会 2011）。その中でも、森林作業道の開設は現場での作業効率を左右する最も重要な基盤整備となる。作業道は、これまで「一時的搬出施設」という考え方が主流であったが、森林作業道では「繰り返し長期に利用され、多目的、多機能」を目的に開設されるべきである（酒井 2004）とされ、環境保全に配慮して低コストで災害に強い道を開設することが望まれている。

作業道を長期間に渡って使用可能にするためには、なるべく雨水を分散排水し路面侵食を防止することが重要となる（酒井 2004）。森林内または作業道での表層土砂の流出は、リターなど地表被覆物の面積割合や植被率が高いほど抑制される（市原ら 1989；服部ら 1992；三浦 2002；Miyura *et al.* 2003；小倉・小谷 2008）ため、開設後の経過年数にともなう植生回復は土砂流出の抑制効果を徐々に高めるものと考えられる。一方で、開設直後は植生や地表被覆物に乏しく土砂流出の抑制効果は低いため、一時的に路面

に枝条を散布することが有効とされている（市原ら 1989；小倉・小谷 2009；佐々木ら 2010）。しかしながら、路面への枝条散布は植物の侵入を妨げ、植生回復を遅らせることが考えられる。また、皆伐地での植生回復は、標高の影響を受ける（小谷 2009）ばかりでなく、作業道においては切土や盛土、路面の硬度、縦断勾配など路面形状の影響を受ける（遠藤・鈴木 1988；市原ら 1989）ことが考えられる。利用の障害にならない程度の管理は必要となるものの、作業道を低コストで継続的に利用していくためには、路面上であっても多様な種構成で現存植生に近い植生による回復が望まれると考えられ、立地条件または施工方法の違いによる植生回復への影響を理解しておく必要がある。

そこで、開設後の年数が異なる作業道の路面における植生回復状況を調査し、路面への枝条散布に加え、施工条件や環境条件が植被率や種構成に与える影響を検討した。

II. 調査地および調査方法

1. 調査地

調査は、石川県の小松市（松岡 MA）、宝達志水町（所司原 SY、宝達 HO、平床 HI、紺屋 KO、清水原 SH、今浜 IM）、志賀町（草木 KU）の25～44年生のスギ人工林で、間伐時に開設されて以後放置状態にある作業道で行った

*連絡先著者（Corresponding author）E-mail: kodani@pref.ishikawa.lg.jp

¹ 石川県農林総合研究センター林業試験場 〒920-2114 石川県白山市三宮町ホ1（Ishikawa Agriculture and Forestry Research Center, Forestry Experiment Station, Sannomiya Ho 1, Hakusan, Ishikawa 920-2114, Japan）

（2014年1月19日受付、2014年6月24日受理）

表-1. 調査した作業道の概要および測点数

No.	調査地	総延長	測点数	開設後の年数	枝条散布	標高 (m)	縦断勾配 (°)	切土割合 (%)	地 質
1	SY1	250	10(27)	1	無	230	3.8~11.8	44.0~100	砂岩 (堆)
2	SY2	300	6(18)	2	無	230	2.3~9.8	43.3~86.7	砂岩 (堆)
3	HI	1250	10(30)	2	無	100	0~17.6	42.9~100	凝灰岩・砂岩・泥岩 (堆)
4	KO1	670	6(18)	3	無	400	1.0~14.3	43.3~66.7	花崗岩 (火)
5	HO1	470	5(16)	3	無	350	1.7~14.0	0~76.7	礫岩・砂岩 (堆)
6	HO2	470	5(20)	3	無	250	6.7~21.3	0~100	礫岩・砂岩 (堆)
7	SH	950	10(33)	5	無	100	1.7~13.4	40.0~100	泥岩・頁岩 (堆)
8	KU	650	6(22)	7	無	110	4.0~8.0	56.3~71.4	安山岩質溶岩・火砕岩 (火)
9	MA	600	5(15)	1	有	250	12.7~17.0	43.3~73.3	流紋岩質火砕岩 (火)
10	KO2	670	10(35)	3	有	400	0.8~16.0	33.3~100	花崗岩 (火)
11	IM1	1900	10(36)	5	有	110	2.0~15.3	0~73.3	泥岩 (堆)
12	IM2	1700	6(19)	7	有	120	1.3~9.3	66.7~85.0	泥岩 (堆)

SY, 所司原; HI, 平床; KO, 紺屋; HO, 宝達; SH, 清水原; KU, 草木; MA, 松岡; IM, 今浜 (ただし, HO2はHO1の枝線である)。測点は20m間隔で設定, () は調査区画数。標高・縦断勾配・切土割合は各測点での値 (ただし, 標高は測点の中間点での値)。堆, 堆積岩; 火, 火成岩。

(表-1)。標高は, 小松市で250m, 宝達志水町で100~400m, 志賀町で110mである。地質は, 松岡が流紋岩質火砕岩, 草木が安山岩質溶岩・火砕岩, 紺屋が花崗岩で火成岩由来であったが, それ以外は凝灰岩, 礫岩, 砂岩, 泥岩を主体とする堆積岩由来 (粕野 1993) である。調査した作業道は, 開設後の年数が1, 2, 3, 5, 7年である (表-1)。幅員は, 林分によって異なり2.5~4.0mである。縦断勾配は0~21.3°の範囲にあり, 各路線の平均は4.9~14.5°である。切土割合は0~100%の範囲で, 各路線の平均は33.3~77.0%である。12路線のうち4路線で, 開設直後に枝条が散布されている。枝条は, 間伐時にプロセッサ (GR-35V, イワフジ工業) によって枝払いされたスギ枝が用いられ, グラッブル (GS-90LJ, イワフジ工業) によって散布後転圧されている。両機械のベースマシンはいずれも重量13tクラスで, 運転重量は14~14.5tである。散布量は乾重で1.2~1.7kg/m²で, 被覆率は100%である。

2. 調査方法

植生調査は, 2010年9~10月に行った。道路や他の作業道との分岐部分や, 崩落の影響などのみられない200m以上の延長路線を対象として, 20m間隔で測点を設けた。測点では, 路面に占める切土の幅と縦断勾配を測定したのち, 1m×1mの方形区を切土から盛土方向に向かって横断するように3~5個連続して設定し, 各方形区で植生調査を行った。調査の対象としたのは路面上のみであり, 法面は含んでいない。植生調査では, 方形区の4隅と中心部で植生の高さを測定したのち, 方形区内の全体および種ごとの植被率 (%) を把握した。測点数は1路線5~10箇所, 方形区数は15~36個である (表-1)。

3. 解析方法

各方形区内の植生高, 植被率 (木本, 草本, 全体) および種数 (木本, 草本, 全体) を求めたのち, それぞれについて各測点での1m²当りの平均値を算出し植生回復の指標とした。植生回復の指標を推定するモデルの適合性を一般化線形回帰 (GLM) によって解析し, ステップワイズによってAICを最小とする最適モデルを選択した。応答

変数は, 種数 (全体, 木本, 草本) と植被率 (全体, 木本, 草本, ササ) および全体の植生高である。説明変数として, 標高 (調査区間の中心地点), 地質 (火成岩または堆積岩由来), 各測点の縦断勾配, 切土割合, 枝条散布の有無および作業道開設後の年数を用いた。種数にはポアソン分布で対数関数, 植被率には二項分布でロジット関数, 植生高には正規分布で恒等関数を用いた。GLM解析は, JMP 9 (SAS Institute 2011) で行った。

III. 結 果

1. 植生回復に与える要因

種数 (全体, 木本, 草本), 植被率 (全体, 木本, 草本, ササ) および植生高を推定するモデルをGLMで解析した結果, AICが最小となるために選択された説明変数によるモデルが示された (表-2)。ほとんどのモデルで作業道の開設後の年数が選択された。ただし, 開設後の年数は, 草本植被率では有意ではなく ($p>0.05$), 草本種数では選択されなかった。その他では, 全種数, 木本種数, 草本植被率では標高が, また草本種数においては地質 (火成岩由来) が選択された。縦断勾配, 切土割合, 枝条散布はどのモデルでも選択されなかった。

2. 作業道開設後の年数と種数または植被率の関係

作業道開設後の年数と種数, 植被率および植生高の関係は図-1~5の通りである。全種数は, 開設後の年数にともなって増加し3年で平均12.4種になり, 5~7年は平均10.9種で横這い傾向を示していた (図-1)。木本種数は5年 (平均4.5種) まで増加したのち, ほぼ横這いの傾向 (図-2) を示したのに対して, 草本種数は3年 (平均9.3種) まで増加しその後減少する傾向がみられた (図-3)。全植被率も年数にともなって増加し3年で平均58%に達したのち, 5~7年は平均86%で推移した (図-1)。木本植被率は種数と同様に, 5年 (平均0.38) まで増加したのち, 横這いの傾向を示した (図-2) のに対し, 草本植被率は3年 (平均0.40) まで増加しそれ以降減少する傾向を示した (図-3)。また, ササ (チマキザサ) の植被率 (図-4) および植生高 (図-5) は年数とともに増加し, 7年で

表-2. 一般化線形回帰 (GLM) による作業道の植生回復推定モデルと選択された説明変数の有意性

応答変数	AIC	説明変数	パラメータ	p 値
種数	452.3	切片	1.85216	$p = 0.0001$
		開設後の年数	0.07926	$p < 0.0001$
		標高	0.00089	$p = 0.0064$
全植被率	76.5	切片	-1.97816	$p < 0.0001$
		開設後の年数	0.69352	$p < 0.0001$
植生高	866.8	切片	-15.50584	$p < 0.0001$
		開設後の年数	24.37450	$p < 0.0001$
木本種数	333.5	切片	1.31315	$p = 0.001$
		開設後の年数	0.55285	$p = 0.0814$
		標高	-0.00012	$p = 0.0377$
木本植被率	68.7	切片	-2.56000	$p = 0.0097$
		開設後の年数	0.34280	$p = 0.0097$
草本種数	420.8	切片	1.83192	$p < 0.001$
		地質(火成岩)	-0.18796	$p < 0.0001$
草本植被率	80.2	切片	-2.47845	$p = 0.0051$
		開設後の年数	0.20198	$p = 0.1602$
		標高	0.00350	$p = 0.1387$
ササ植被率	32.8	切片	-5.65507	$p = 0.0021$
		開設後の年数	0.68592	$p = 0.0021$

植被率は、百分率を0~1に変換して解析。

図-1. 作業道の開設後の年数と全種数 (上) および植被率 (下) の関係

○, SY1 (開設後1年枝条無し); ●, MA (開設後1年枝条有り); ×, SY2 (開設後2年枝条無し); □, HI (開設後2年枝条無し); △, KO1 (開設後3年枝条無し); ▲, KO2 (開設後3年枝条有り); +, HO1 (開設後3年枝条無し); *, HO2 (開設後3年枝条無し); □, SH (開設後5年枝条無し); ■, IM1 (開設後5年枝条有り); ◇, KU (開設後7年枝条無し); ◆, IM2 (開設後7年枝条有り)。

図-2. 作業道の開設後の年数と木本の種数 (上) および植被率 (下) の関係

凡例は、図-1 と同様。

図-3. 作業道の開設後の年数と草本の種数 (上) および植被率 (下) の関係

凡例は、図-1 と同様。

図-4. 作業道の開設後の年数とチマキザサの植被率の関係
凡例は、図-1と同様。

図-5. 作業道の開設後の年数と植生高の関係
凡例は、図-1と同様。

ササ植被率は29%，平均植生高は143.6 cmに達した。

3. 主な出現種

表-3は、主な木本種と草本種およびササの各路線での植被率と出現頻度を示している。ここでは、見やすくするため植被率を被度としてランク分けして示した。木本では、高木性のスギ、アカメガシワ、アカマツなど、小高木性のリョウブ、ヒサカキ、キブシなど、低木性のタニウツギ、ムラサキシキブ、モミジイチゴなどの出現頻度が高かった。草本では、チヂミザサ、タチツボスミレ、ヘクソカズラなどの多年生草本のほか、オヒシバ、ベニバナボロギク、シロザなど1年生草本の出現頻度も高かった。枝条散布の有無にかかわらず、木本ではタニウツギが、草本ではイタドリ、ススキ、ツリフネソウなどが被度で2を超える場所がみられた。また、チマキザサは出現頻度が高く、被度も高い傾向がみられた。開設後3年目の路線では、木本に比べ草本で高い被度を示す種が多かった。

IV. 考 察

間伐作業道という特殊な裸地条件で、開設後の年数（1～7年）の異なる路線における植物の種数や植被率を調べ、立地条件や枝条散布が路面での植生回復に与える影響を検討した。

GLM解析の結果、草本種数を除いて、開設後の年数が

種数や植被率に影響する要因として選択され（表-2）、植生の発達に作業道の開設後の経過年数が深く関係していることが示された（図-1～5）。開設後の年数が草本種数で選択されず（表-2）、草本植被率でも有意でなかったことは、草本が木本やササと異なって3年前後が優占のピークとなっている（図-1～4）ことが関係していると考えられる。注目すべき点は、関係する要因として枝条散布の有無は選択されなかった（表-2）ことである。このことは、開設直後の枝条散布は植生回復を阻害していないことを示唆している。また、縦断勾配や切土割合が選択されなかったことは、施工方法も植生回復に大きな影響を与えていないことを示唆している。その他の要因では、標高が種数や植被率に影響する要因として選択されたのは、植生が気候の影響を強く受けていることを示している。その他、草本種数で火成岩由来の地質が選択されたことは、それらに関係した土壌の保水性または腐植度などが草本の定着に影響を与えていることが考えられる。

各路線で比較的高い頻度でみられる種としては、草本においてはチヂミザサ、タチツボスミレ、ヘクソカズラなど里山地域のスギ林や竹林で埋土種子を形成する種（表-3；小谷・江崎 2012）があげられる。開設後3年目では、多年生草本だけでなく、オヒシバやツリフネソウなど1年生草本も種数が多く、高い被度や出現頻度を示す場所もみられた（表-3）。これらのことから、3年前後の草本の優占度が最も高い時期には、構成する草本種も多様になっていることが示された。木本においても、開設後1年目からスギやアカマツなど開設後に種子が飛来したと考えられる樹種もみられる一方、タニウツギやアカメガシワなどこちらでも大半の樹種が埋土種子を形成する先駆性タイプであった（表-3；小谷 2007）。スギの出現頻度が高かったのは、間伐後でも母樹が種子源として残存していることが関係している。また、埋土種子由来と考えられる種は、針葉樹人工林内自体に多数存在する（小谷 2007；Sakai *et al.* 2005）ため、開設工事によって路面に播き出されたものと考えられる。これらのことから、利用によって転圧を受けた作業道路路面であっても、周辺母樹からの種子の飛来や埋土種子からの発芽によって更新定着した木本が徐々に優占度を高めていくものと考えられる。こうした先駆性の木本が侵入するパターンは、集材路（豊岡ら 1979）、針葉樹人工林の伐採跡地（Sakai *et al.* 2005）、林道法面（丸山ら 1982）、崩壊地（井上・汰木 1975）などでもみられる。また、踏圧の影響を受けている都市近郊林の空き地でも周辺に種子源があれば、放置後1年目から木本の侵入が認められる（谷本・鈴木 1985）。今回の作業道も、これらと同様な植生回復パターンと考えられる。

作業道の植被率は、開設後3年で58%，5～7年で86%の回復であった（図-1）。トラクタ集材路では5～6年で75～100%（遠藤・鈴木 1988）または4年で100%（市原ら 1989）という報告があり、今回の結果は若干回復速度が遅かったと考えられる。しかし、作業道路路面での土砂流

表-3. 各路線に出現した主な木本種と草本種およびササの被度と出現頻度

出現種	処理/路線/開設後の年数											
	裸地								枝条散布地			
	SY1	SY2	HI	KO1	HO1	HO2	SH	KU	MA	KO2	IM1	IM2
	1	2	2	3	3	3	5	7	1	3	5	7
木本 (種数/m ²)	3.4	2.5	4.1	5.2	2.0	2.1	4.0	5.1	2.0	1.9	5.1	4.0
スギ	+ V	+ III	+ III	+ V	+ III	+ V	1 V	+ I	+ V	+ III	+ V	+ V
アカメガシワ	+ I		+ I	1 II	+ III		+ I	1 I	+ II	+ I	+ I	+ III
タニウツギ	1 IV	+ III	2 V	2 V		+ III	2 V	2 IV		1 III	1 IV	2 V
ムラサキシキブ	+ II	+ II	1 IV	+ II	+ II		+ II	1 III		+ I	1 III	1 III
クマイチゴ	+ II	+ II	+ II		+ II	+ II	+ II	+ I		1 II	+ II	+ II
モミジイチゴ	+ I		+ III	+ V	+ I		+ III	+ III		+ III	1 IV	+ II
サルトリイバラ	+ III	+ I	+ I	+ IV				+ IV	+ III	+ I	1 I	+ I
ノブドウ		+ I	+ I	+ II	+ III	+ I	+ I			+ I	+ II	+ I
リョウブ	+ I	+ IV		+ III		+ III	1 II	1 III			+ II	+ I
ヒサカキ	+ IV		+ II	+ I			+ III	+ IV	+ II		1 V	+ II
キブシ	+ I			1 IV			+ I	1 V	+ I	+ II	1 II	
ヌルデ	+ I	+ I	+ I		+ I		+ I				+ II	+ I
ヒメコウゾ	+ II		+ III					1 I	+ III	+ I	1 IV	+ III
フジ	1 II		+ I		+ I			+ I			1 III	+ I
マタタビ			+ I	+ II				+ I		+ I	1 II	1 II
アカマツ	+ II	+ V					+ II	1 III	+ III			
カラスザンショウ	+ I		+ II	+ II	+ III						+ I	
ネムノキ		+ I		+ II			+ I				+ II	
エゴノキ			+ I				+ I					+ III
フユイチゴ							1 III			+ I	+ I	1 V
チマキザサ	+ II	+ II	1 III	1 II	1 III		1 II	2 V	+ IV	1 III	2 V	3 V
草本 (種数/m ²)	4.4	2.4	5.9	8.1	9.3	11.1	5.6	4.5	2.0	9.2	5.9	6.2
チヂミザサ	1 III	+ V	1 IV	+ III	+ II	1 III	+ IV	+ IV	+ II	1 IV	1 V	+ V
タチツボスミレ	+ IV	+ II	+ II	+ III		+ II	1 III	+ V	+ III	+ IV	+ V	+ V
ヘクソカズラ	+ II		1 III	1 IV		+ II	+ II	+ V	+ IV	+ IV	+ V	1 IV
ススキ	+ I		1 II	+ II	+ II		3 V	1 IV		1 I	1 IV	1 IV
オクノカンスゲ	+ II	+ II	+ III			+ I	+ I	+ I	+ I		1 I	+ IV
オカトラノオ	+ I		+ III	1 V		+ II	+ IV	+ I		1 IV	+ II	
オヒシバ*	+ I	+ I	1 IV	+ II	1 V	+ V			+ II	+ I		
ベニバナボロギク*	+ I	+ I		1 V	+ II		+ II			+ II	+ I	+ III
シシガシラ	+ I		+ I				1 III	1 V		+ I	+ IV	1 IV
ヒメカンスゲ	1 III		1 V	+ IV		+ I	1 III	+ II	+ I			
フキ			+ I	1 I		+ I	+ II	+ I		1 I		
タガネソウ	1 IV		1 IV	+ I				+ I	+ I	+ I		
オトギリソウ	+ I		+ I	+ I		+ I	+ I			+ I		
イタドリ				1 II	2 III	+ II	+ I			2 III		
カラムシ			+ I	1 I	1 II	+ II				+ IV		
ヤハズソウ*	+ I				+ I	1 V	+ I				+ I	
シロザ*	+ I			+ IV	+ II	+ IV				+ I		
ツリフネソウ*	+ I			+ I	+ III	+ II				2 V		
ヨモギ				1 II	+ III	1 V				+ I		+ I
ツユクサ*				+ I	1 V	+ II				+ II		

全路線で出現頻度の高かった木本、草本それぞれの上位 20 種を示す。*1 年生草本を示す。被度 (5, 75~100%; 4, 50~75%; 3, 25~50%; 2, 10~25%; 1, 1~10%; +, 1% 以下)。出現頻度 (V, 81~100%; IV, 61~80%; III, 41~60%; II, 21~40%; I, 1~20%)。

出量は、植被率 60% (開設後 3 年) 以上に回復すれば植被率 20% (開設後 1 年) の場合の 1% 以下に減少し (小倉・小谷 2012), 下層植生の植被率 50~90% の人工林の土砂流出量に近いレベルに達している (小倉・小谷 2008)。このことから、植生回復にともなう土砂流出抑制効果は開設後 3 年頃から現れ始めるものと考えられる。

草本と木本の優占パターンは異なり、草本は種数も植被率も 3 年まで増加したのち減少する傾向を示したのに対し、木本では両者とも 5 年まで増加したのち横這いの傾向

を示していた (図-3, 2)。また、ササの植被率は開設後の年数とともに高くなり (図-4), 植生高も同様に高くなる傾向がみられた (図-5)。このことから、初期 3 年目までの草本優占は雨滴衝撃を和らげて分散排水し表面浸食を防止する効果を持ち、その後の木本やササの優占にともなう植生の発達によってさらに路面の安定化がもたらされたと考えられる。

以上のことから、作業道路面の植生回復は、伐採跡地などと同様に遷移の進行に準じ初期には多くのパイオニア種

が優占するものと考えられる。開設後3~5年に草本から木本へと変化した経過年数とともに多様な種をとめない高い植被率へと変化するため、これらを活かして管理すれば低コストで安定した作業道として継続的に利用可能と考えられる。

本論文の草稿にあたり、東京大学大学院農学生命科学研究科の三浦 覚特任准教授には懇切丁寧にご指導を頂いた。ここに記して、謝意を表する。なお、本研究は平成21~24年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の採択課題「間伐促進のための低負荷型作業路開設技術と影響評価手法の開発」により実施した。

引用文献

- 遠藤利明・鈴木和次郎 (1988) トラクタ集材作業による裸出地における植生回復(II)—集材路跡地の植生の回復—。日林論 99: 687-688
- 服部重昭・阿部敏夫・小林忠一・玉井幸治 (1992) 林床被覆がヒノキ人工林の侵食防止に及ぼす影響。森林総研研報 362: 1-34
- 市原恒一・大川畑修・澤口勇雄・遠藤利明 (1989) トラクタ作業道路面への植生の侵入状況と路面侵食。日林論 100: 721-724
- 井上 晋・汰木達郎 (1975) 温帯性落葉広葉樹林内における崩壊地の植生回復について。日林九支研論集 28: 53-54
- 粕野義夫 (1993) 石川県地質誌。石川県
- 小谷二郎 (2007) スギ人工林における木本種の埋土種子数と種構成。石川県林試研報 39: 59-64
- 小谷二郎 (2009) 多雪地帯のスギ人工林皆伐地において標高の違いが木本種の定着に与える影響。森林立地 51: 69-76
- 小谷二郎・江崎功二郎 (2012) 放置期間の違いが竹林の下層植生の発達に与える影響。森林立地 54: 19-28
- 丸山幸平・土井 功・石河 満・志田武司 (1982) 飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移 (II) 7年間の傾向。日林誌 64: 429-437
- 三浦 覚 (2002) 森林の林床被覆が有する土壌侵食防止機能の評価手法に関する研究。東京大学博士論文
- Miura S, Yoshinaga S, Yamada T (2003) Protective effect of floor cover against soil erosion on steep slopes forested with *Chamaecyparis obtuse* (hinoki) and other species. J For Res 8: 27-35
- 小倉 晃・小谷二郎 (2008) 林種および下層植生被度の異なる人工林の土壌流出量。石川県林試研報 40: 27-28
- 小倉 晃・小谷二郎 (2009) 簡易作業路における土砂流出量の実態と抑制方法。中部森林研究 57: 167-168
- 小倉 晃・小谷二郎 (2012) 作業路の植生回復と土砂流出の関係。日林大会学術講 123: Pb056
- Sakai A, Sato S, Sakai T, Kuramoto S, Tabuchi R (2005) A soil seed bank in a mature conifer plantation and establishment of seedlings after clear-cutting in southwest Japan. J For Res 10: 295-304
- 酒井秀夫 (2004) 作業道—理論と環境保全機能。全国林業改良普及協会
- 佐々木重行・茅島信行・桑野泰光 (2010) 作業路での土砂移動と枝条散布による抑制効果。福岡県森技研報 11: 33-38
- SAS Institute (2011) JMP (Statistical discovery software) version 9 (日本語版)。SAS Institute
- 森林・林業基本政策検討委員会 (2011) 森林・林業の再生に向けた改革の姿。平成22年11月, 山林 1520: 別頁 1-22
- 谷本丈夫・鈴木和次郎 (1985) 都市近郊樹林地における林床植生の種組成の変化に及ぼす踏圧の影響。林試研報 333: 93-122
- 豊岡 洪・佐藤 明・菅原セツ子 (1979) トラクラ集材路の林床植生と造林木の生長について。日林誌 61: 223-227