

# 森林施業が森林環境におよぼす影響

— 森林資源調査データ解析事業の調査結果から —

近藤道治・小山泰弘

林業機械による施業が森林環境におよぼす影響について、間伐や皆伐を実施して2～5年経過した林分で調査した。間伐による残存木被害率は、トラクタ集材、タワーヤーダ集材ともに列状間伐が点状間伐に比べ低かった。機械走行による植生への影響は、皆伐と間伐のトラクタ集材で、走行回数の多い場所で低木類の発達が遅れていたが、植生が再生しないような場所はみられなかった。皆伐作業やトラクタによる間伐作業で林地攪乱は発生していたが、尾根を乗り越えて架線集材する部分を除いて、有機物が消失するような激しい林地攪乱は発生していなかった。

キーワード：森林施業、森林環境への影響、施業方法

## 1 はじめに

木材価格が長期間低迷する中、コスト低減を目指して全国で機械化が進んでいる。林業機械を利用して持続的な林業経営を行い、森林の多面的機能を発揮させるためには、生産性の追求とともに、森林環境への影響を最小限に抑制することが重要である。このためには、林業機械が森林環境へ及ぼす影響についての評価が必要であるが、調査事例は少ない（林野庁 2004, 近藤ほか 2003）。

ここでは、林業機械による搬出を伴う間伐作業および皆伐作業が、残存木や周辺植生、土壌に及ぼす影響を明らかにすることを目的として調査を実施した。なお、本報告は、林業機械化協会の委託事業「森林資源調査データ解析事業」（平成 14 年～16 年）の調査結果をとりまとめたものである。本報告の一部は、日本森林学会中部支部大会で発表した（近藤ほか 2006）

## 2 調査地及び調査方法

間伐および皆伐を実施して2～5年経過した16林分で調査を行った。調査地の樹種、林齢等は表-1のとおりである。

原則として1つの調査地に4箇所の円形プロット(0.01ha)を設定した。プロットのうち3箇所は森林施業を実施した区域とし、プロット1は土場に近くて最も機械作業の影響が大きく、プロット2、プロット3の順で土場から離れるように配置した。また、プロット4は森林施業に影響されない区域(対照区)に設定した(図-1-1)。

調査は、立木、植生、土壌の3項目を対象に実施した。立木調査は、プロット内の胸高直径5cm以上の立木を対象に胸高直径と樹高を測定するとともに、間伐作業にともない発生した残存木の損傷状況を調査した。植生調査は、階層を上層(樹

高8m以上)、中層(1m～8m)、下層(1m未満)に分け、出現種名及び植被率を調べた。土壌調査は、林地攪乱と土壌孔隙組成を調べた。林地攪乱は、プロット内の林地表面の攪乱の有無と、有機物消失の有無で区分した(表-2)。土壌孔隙組成は、各プロット内3か所で100ml採取円筒を用いて土壌を採取し、測定した。なお、機械走行回数は現地での聞き取り調査によった。

## 3 結果及と考察

### 3.1 残存木損傷

間伐作業にともなうプロット内の残存木被害率を、集材機械別に点状間伐と列状間伐で比較した(図-2)。

トラクタ集材、タワーヤーダ集材ともに列状間伐による残存木被害率は点状間伐に比べて少なく、既往の調査結果(井上ほか1998, 近藤ほか2003, 林野庁2004)と同じ傾向であった。

列状間伐の残存木被害率は、トラクタ集材では10%を超えたが、タワーヤーダ集材では被害は発生しなかった。列状間伐で残存木被害率に差がでた原因として、①トラクタ集材では、列状に間伐を行っても、切り株等の危険物を避けるため直線走行できないことがあり、搬出材が残存木と衝突する場合もみられること、②タワーヤーダの場合は、半土曳き状態に持ち上げられた搬出材が、タワーと先柱で固定された架線で直線的に搬出されるため、残存木と衝突する機会が少ないこと、などが考えられた。

一方、点状間伐の残存木被害率はトラクタ集材、タワーヤーダ集材ともに25%程度でその差は小さかった。

トラクタ集材による被害発生状況を、土場近くの走行回数10回以上のプロットと集材路末端部

などの走行回数 10 回未満のプロットで比較した。その結果、点状間伐では、走行回数 10 回以上のプロットで残存木の 40%程度に被害が発生したが、走行回数が 10 回未満では 10%程度であった。列状間伐では、走行回数に関係なく残存木被害率は 10%程度であった (図-3)。

この原因は、①点状間伐は走行路が一定でないため、走行回数が増加すると異なる残存木に被害が発生して被害発生率は増加すること、②列状間伐は走行路が同じで、常に同じ立木に被害が発生するため、列状間伐の被害発生率は走行回数に関係なく一定であること、などのためと考えた。

### 3.2 植生

#### 3.2.1 間伐

##### トラクタ

トラクタ集材後の中層植生と下層植生の植被率を、間伐方法と走行回数別に比較した (図-4, 5)。中層植生の植被率は、点状間伐と列状間伐の間にほとんど差がなく、機械走行回数が多いプロットほど植被率は低かった。この原因は、林業機械の踏み固めにより植生の回復が遅れたためと考えた。一方、下層植生も点状間伐と列状間伐の植被率にほとんど差はなかったが、機械走行回数が多くなると逆に植被率は高い結果となった。これは、中層植生が少なくなることにより地表面の光環境が改善し、草本などの下層植生が成長しやすくなったためと判断できた。

##### タワーヤーダ

タワーヤーダ集材による間伐作業の場合、もともとササが優占するプロットが多く、施業後早期にササが回復したため、施業による影響は認められなかった。

#### 3.2.2 皆伐

##### トラクタ

図-6, 7 にトラクタ集材による皆伐作業後の中層植生と下層植生の植被率を示した。間伐作業と同様に、機械走行回数が多いほど中層植生の植被率は低く、下層植生は逆に高い結果となった。

##### 集材機

集材機による皆伐作業では、架線下の尾根と土場付近および対照地区にプロットを 1 か所づつ設置し、中層植生と下層植生の植被率を比較した (図-1-2, 8, 9)。架線下の尾根プロットは、搬出材が尾根を乗り越す部分であり、搬出材が地面と衝突することもあった。この影響で、中層植生はみら

れなかったが、下層植生の植被率は 70%を占めた。これは、トラクタ集材の下層植生 (図-7) と同程度の植被率であった。搬出材が地面と衝突したものの、植生が回復してきていると判断できた。

一方、土場付近では、中層植生の植被率は 90%、下層植生は 75%と、トラクタ集材に比べて (図-6, 7) いずれも高い割合を示した。搬出材が尾根を乗り越す部分を除いて、集材機による植生への影響はトラクタ集材に比べて少ないといえた。

### 3.3 土壌

#### 3.3.1 林地攪乱

##### 間伐

集材機械別に点状間伐と列状間伐で林地攪乱を比較した (図-10, 11)。タワーヤーダ集材とトラクタ集材で比較すると、タワーヤーダ集材ではほとんど林地攪乱はみられなかったが、トラクタ集材ではプロット面積の 30%程度に林地攪乱がみられた。

タワーヤーダ集材の場合は、半土引き状態の搬出材が林地を攪乱するだけで、林地に与える影響は小さく、1~2 年で外見上判断できなくなる (林野庁 2004)。今回のタワーヤーダ集材地でも林地攪乱が回復していたと考えた。一方、トラクタ集材の場合、林内を走行する機械と土引きされた搬出材が林地を攪乱するため、林地攪乱の影響が長期にわたる (林野庁 2004)。このため、今回の調査地は林地攪乱が回復していなかったと考えた。

トラクタ集材の点状間伐と列状間伐で林地攪乱を比較すると、点状間伐の方が攪乱割合は高かった。点状間伐は走行路が一定でないため、林分内の走行面積 (林地攪乱面積) は点状間伐の方が大きい。この影響が現在も残っていたため、点状間伐の方が林地攪乱面積が多かったと判断した。

##### 皆伐

皆伐作業の場合は、林地攪乱が広い面積を占めると予想したが、トラクタ集材とタワーヤーダ集材の林地攪乱はプロット面積の約 30%程度で (図-12, 13)、予想以上に少なかった。

なお、集材機の場合、攪乱の影響が大きいと考えられる土場付近と尾根で調査したため、プロットの 75%で林地攪乱が発生し、有機物の消失も確認された (図-14)。しかし、架線下の尾根と土場以外を目視したところ林地攪乱はほとんどみられなかった。

#### 3.3.2 土壌孔隙組成

## 間伐

機械走行が土壌孔隙におよぼす影響を検討したところ、トラクタ走行地では、点状間伐と列状間伐ともに非走行地に比べて粗孔隙の割合が少ない傾向がみられた(図-15, 16)。これはトラクタ走行による土壌の圧密化の影響が現在も残っていたためと考えた。しかし、タワーヤーダ作業では粗孔隙の減少はみられなかった(図-17, 18)。

## 皆伐

トラクタ作業、タワーヤーダ作業、集材機作業ともに、走行地は対照区と比べて粗孔隙量の減少がみられ、機械走行や搬出材通過の影響が現在も残っていた(図-19~21)。

## 4 まとめ

間伐および皆伐を実施して2~5年経過した林分で環境影響調査を行った。集材機別に森林環境への影響をとりまとめると以下のとおりである。

### 4.1 トラクタ

間伐作業と皆伐作業でほぼ同じ結果が得られた。機械走行回数が多いプロットでは中層植生の回復が遅れていたが、下層植生は回復していた。林地攪乱はプロットの30%程度に発生していて、土壌孔隙組成にもトラクタ走行による圧密化の影響が残っていた。

### 4.2 タワーヤーダ

間伐作業では、環境への影響はみられなかった。しかし、皆伐作業では、プロット内の約30%に林地攪乱が発生し、土壌孔隙組成にも機械走行や搬出材通過の影響が残っていた。

### 4.3 集材機

架線下の尾根と土場付近および対照区にプロットを1か所ずつ設置した。搬出材が地面と衝突した尾根付近では、中層植生はみられなかったが、下層植生は回復してきていた。土場付近では、中層植生の植被率は90%、下層植生は75%と、トラクタに比べていずれも高い値を示した。

林地攪乱はプロットの75%で発生し、土壌孔隙組成も機械走行や搬出材通過の影響が残っていたが、これら以外の林地では林地攪乱はほとんどみられなかった。

## 5 おわりに

本研究を進めるにあたり、ご協力をいただいた、

南佐久北部森林組合、南佐久南部森林組合、上伊那森林組合、北信木材生産センター協同組合の皆様、ならびに上伊那地方事務所をはじめとする関係地方事務所林務課の皆様、そのほか本調査にご協力をいただいた皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 井上源基ほか(1998)森林総合研究所研究成果選集, 森林総合研究所, 12-13.
- 近藤道治・今井信(2003)機械化作業システムに適合した森林施業法の開発—機械化作業が森林に与える影響—. 長野県林総セ研報 17: 1~18.
- 近藤道治・小山泰弘(2006)森林施業が森林環境におよぼす影響—森林資源調査データ解析事業の調査結果から—, 中森研 54, 77-78.
- 近藤道治・宮崎隆幸(2000)機械化作業が森林環境に与える影響, 中林研 48, 117-120.
- 近藤道治・宮崎隆幸(2001)機械化作業が森林環境に与える影響Ⅱ—タワーヤーダによる間伐作業が残存木に与える損傷, 中森研 49, 149-150.
- 近藤道治・宮崎隆幸(2001)機械化作業が森林環境に与える影響Ⅲ—タワーヤーダによる間伐作業が残存木に与える損傷, 中森研 50, 201-202.
- 林野庁(2004)大型プロジェクト研究成果—機械化作業システムに適合した森林施業法の開発—. 220pp. 林野庁, 東京.

表-1 調査地の概要

| 伐採樹種 | 伐採方法 | 集材機械  | 調査地数 | 調査時の状況 |          | 伐採後の経過年数 | 本数伐採率 (%) |     |
|------|------|-------|------|--------|----------|----------|-----------|-----|
|      |      |       |      | 樹種     | 林齢       |          |           |     |
| カラマツ | 点状間伐 | トラクタ  | 4    | カラマツ   | 35~45    | 3~5      | 21~37     |     |
|      |      | クワヤータ | 2    |        | 43       | 3        | 26~29     |     |
|      | 列状間伐 | トラクタ  | 3    | カラマツ   | 44~41    | 3~5      | 28~38     |     |
|      |      | クワヤータ | 2    |        | 47~48    | 5        | 43~67     |     |
|      | 皆伐   | トラクタ  |      | 1      | 広葉樹      | 4        | 4         | 100 |
|      |      |       | 集材機  | 1      | カラマツ・ヒノキ | 3        | 3         | 100 |
|      |      | 集材機   | 2    | 広葉樹    | 4~5      | 4~5      | 100       |     |
| 広葉樹  | 皆伐   | クワヤータ | 1    | 広葉樹    | 2        | 2        | 100       |     |

表-2 林地攪乱区分

| 区分 | 定義  |
|----|---|
| 0  | A <sub>0</sub> 層 (有機物) で覆われている (沈下や攪乱跡なし)   |
| 1  | A <sub>0</sub> 層 (有機物) で覆われている (沈下や攪乱跡あり)   |
| 2  | A <sub>0</sub> 層 (有機物) が消失している (ガリーは認められない) |
| 3  | A <sub>0</sub> 層 (有機物) が消失している (ガリーが認められる)  |

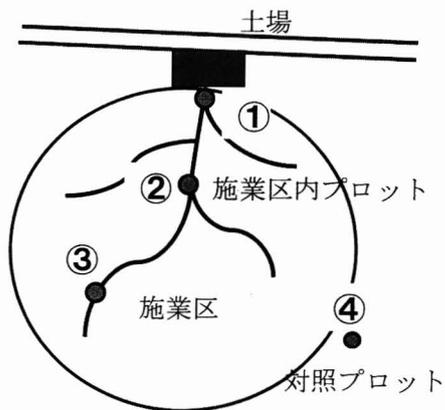


図-1-1 プロット設定例

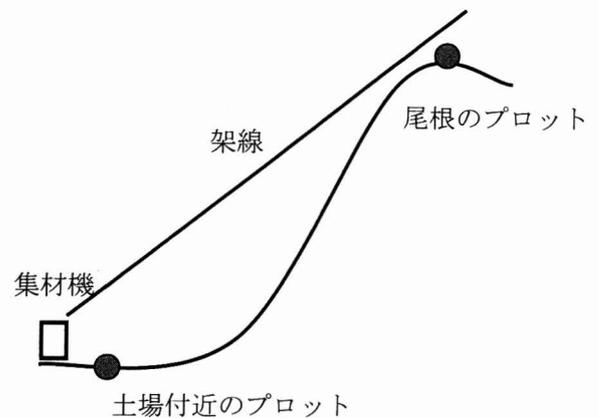


図-1-2 集材機による皆伐のプロット位置

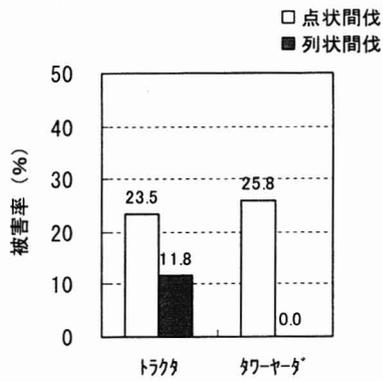


図-2 間伐作業における集材機械と残存木被害率の関係

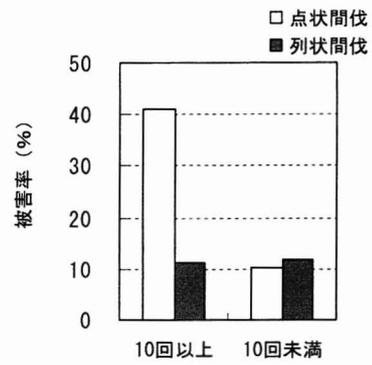


図-3 間伐作業におけるトラクタの走行回数と残存木被害率の関係

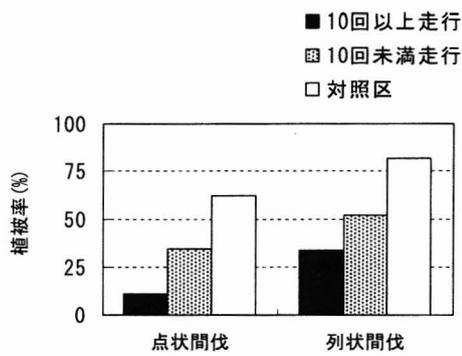


図-4 トラクタの走行回数と中層植生植被率の関係 (間伐)

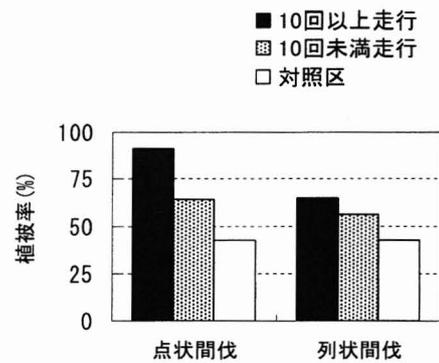


図-5 トラクタの走行回数と下層植生植被率の関係 (間伐)

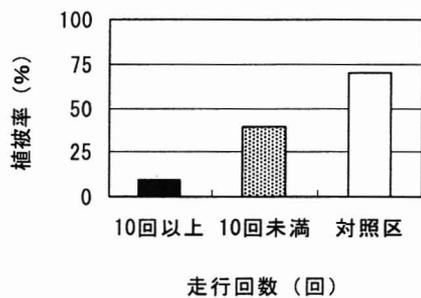


図-6 トラクタの走行回数と中層植生植被率の関係 (皆伐)

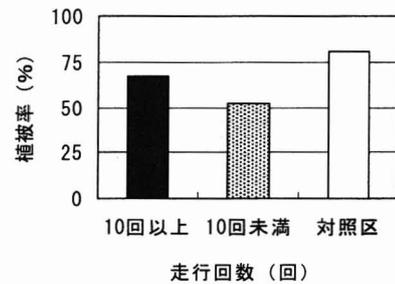


図-7 トラクタの走行回数と下層植生の植被率の関係 (皆伐)

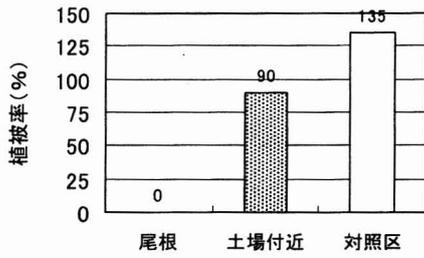


図-8 集材線下の位置別中層植生 植被率 (皆伐)

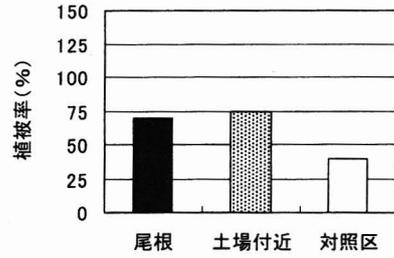


図-9 集材線下の位置別下層植生 植被率 (皆伐)

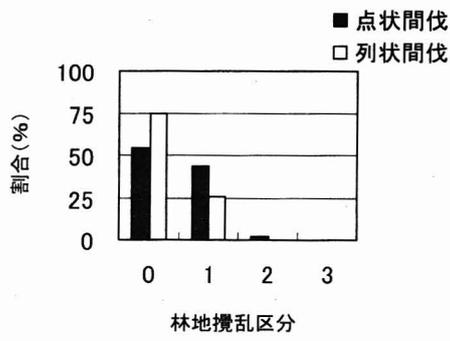


図-10 トラクタを集材機械とした 間伐の林地攪乱発生率

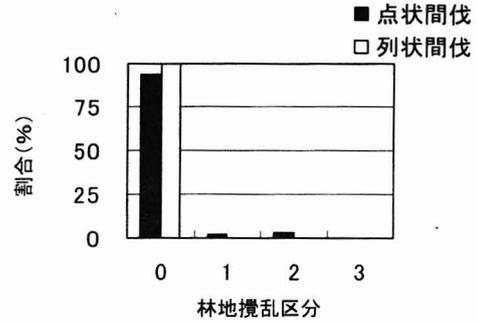


図-11 タワーヤーダを集材機械とした 間伐の林地攪乱発生率

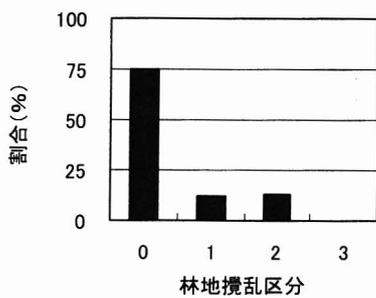


図-12 トラクタを集材機械とした 皆伐の林地攪乱発生率

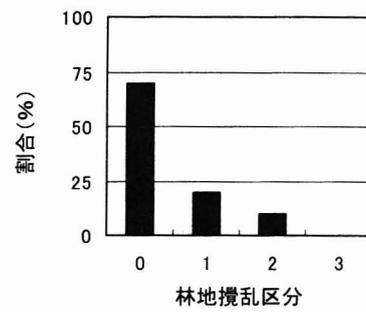


図-13 タワーヤーダを集材機械とした 皆伐の林地攪乱発生率

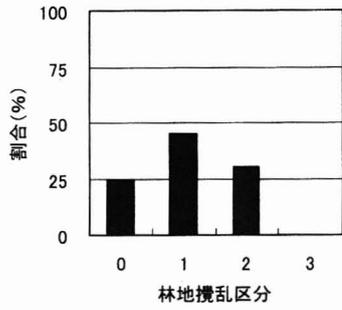


図-14 集材機による皆伐の  
林地攪乱発生率 (尾根, 土場)

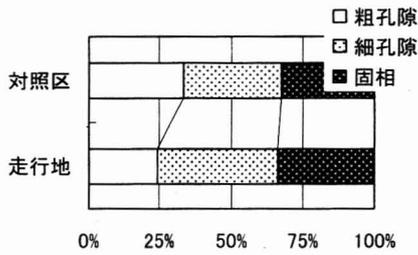


図-15 トラクタを集材機械とした  
点状間伐地の土壌孔隙組成

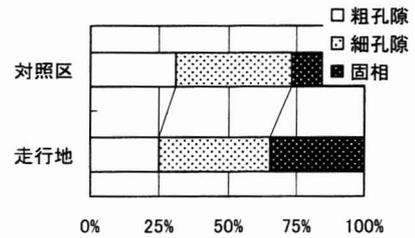


図-16 トラクタを集材機械とした  
列状間伐地の土壌孔隙組成

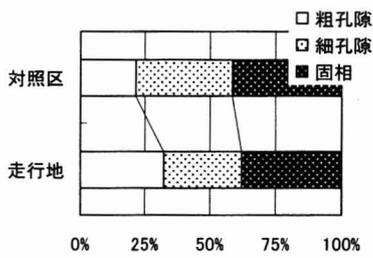


図-17 タワーヤードを集材機械とした  
点状間伐地の土壌孔隙組成

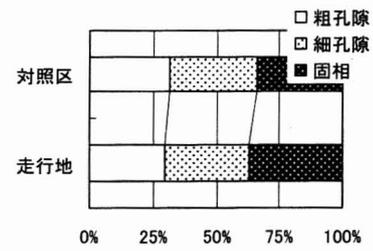


図-18 タワーヤードを集材機械とした  
列状間伐地の土壌孔隙組成

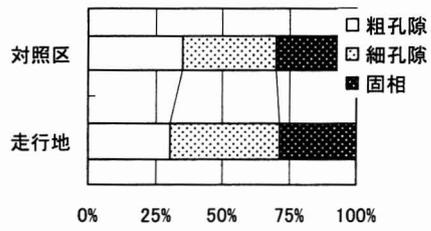


図-19 トラクタを集材機械とした皆伐地の土壌孔隙組成

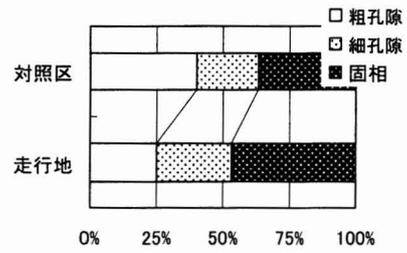


図-20 タワーヤーダを集材機械とした皆伐地の土壌孔隙組成

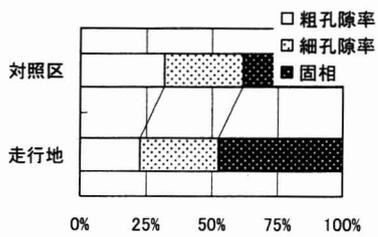


図-21 集材機による皆伐地の土壌孔隙組成

付表 森林資源調査データ解析事業の調査結果一覧表

| 調査年  | 場所   | 間伐方法 | 前生樹 | 樹種   | 調査時林齢(年) | 集材機械   | プロットの位置 | 走行頻度(回) | 成立本数(本/100m <sup>2</sup> ) | 平均樹高(m) |
|------|------|------|-----|------|----------|--------|---------|---------|----------------------------|---------|
| 2002 | 高遠町  | 点状間伐 |     | カラマツ | 43       | タワーヤーダ | 架線下     |         | 6                          | 19.3    |
| 2002 | 高遠町  | 点状間伐 |     | カラマツ | 43       | タワーヤーダ | "       |         | 5                          | 18.9    |
| 2002 | 高遠町  | 点状間伐 |     | カラマツ | 43       | タワーヤーダ | "       |         | 5                          | 17.8    |
| 2002 | 高遠町  | 点状間伐 |     | カラマツ | 43       | タワーヤーダ | 対照区     |         | 9                          | 18.7    |
| 2002 | 川上村  | 列状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | トラクタ走行地 | 10      | 5                          | 19.9    |
| 2002 | 川上村  | 列状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | "       | 5       | 3                          | 18.8    |
| 2002 | 川上村  | 列状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | "       | 1       | 6                          | 20.3    |
| 2002 | 川上村  | 列状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | 対照区     | 0       | 6                          | 18.5    |
| 2002 | 川上村  | 点状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | トラクタ走行地 | 10      | 3                          | 20.0    |
| 2002 | 川上村  | 点状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | "       | 5       | 6                          | 19.8    |
| 2002 | 川上村  | 点状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | "       | 1       | 9                          | 18.4    |
| 2002 | 川上村  | 点状間伐 |     | カラマツ | 44       | トラクタ   | 対照区     | 0       | 6                          | 16.4    |
| 2002 | 八千穂村 | 列状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | トラクタ走行地 | 20      | 4                          | 14.0    |
| 2002 | 八千穂村 | 列状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | "       | 5       | 6                          | 18.9    |
| 2002 | 八千穂村 | 列状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | "       | 1       | 5                          | 18.1    |
| 2002 | 八千穂村 | 列状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | 対照区     | 0       | 5                          | 19.5    |
| 2002 | 八千穂村 | 点状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | トラクタ走行地 | 20      | 3                          | 15.2    |
| 2002 | 八千穂村 | 点状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | "       | 5       | 3                          | 16.5    |
| 2002 | 八千穂村 | 点状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | "       | 1       | 2                          | 16.8    |
| 2002 | 八千穂村 | 点状間伐 |     | カラマツ | 45       | トラクタ   | 対照区     | 0       | 4                          | 17.1    |

| 調査年  | 場所  | 間伐方法 | 前生樹  | 樹種       | 調査時林齢(年) | 集材機械   | プロットの位置 | 走行頻度(回) | 成立本数(本/100m <sup>2</sup> ) | 平均樹高(m) |
|------|-----|------|------|----------|----------|--------|---------|---------|----------------------------|---------|
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 36       | トラクタ   | トラクタ走行地 | 20      | 3                          | 18.7    |
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 36       | トラクタ   | "       | 10      | 4                          | 21.0    |
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 36       | トラクタ   | "       | 5       | 5                          | 18.6    |
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 36       | トラクタ   | 対照区     | 0       | 13                         | 13.1    |
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 35       | トラクタ   | トラクタ走行地 | 10      | 5                          | 18.6    |
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 35       | トラクタ   | "       | 10      | 4                          | 18.8    |
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 35       | トラクタ   | "       | 1       | 4                          | 18.3    |
| 2003 | 佐久町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 35       | トラクタ   | 対照区     | 0       | 3                          | 21.3    |
| 2003 | 佐久町 | 皆伐   | カラマツ | 広葉樹      | 4        | トラクタ   | トラクタ走行地 | 30      |                            |         |
| 2003 | 佐久町 | 皆伐   | カラマツ | 広葉樹      | 4        | トラクタ   | "       | 20      |                            |         |
| 2003 | 佐久町 | 皆伐   | カラマツ | 広葉樹      | 4        | トラクタ   | "       | 5       |                            |         |
| 2003 | 佐久町 | 皆伐   | カラマツ | 広葉樹      | 4        | トラクタ   | 対照区     | 0       |                            |         |
| 2003 | 臼田町 | 皆伐   | カラマツ | ヒノキ・カラマツ | 3        | トラクタ   | トラクタ走行地 | 30      |                            |         |
| 2003 | 臼田町 | 皆伐   | カラマツ | ヒノキ・カラマツ | 3        | トラクタ   | "       | 20      |                            |         |
| 2003 | 臼田町 | 皆伐   | カラマツ | ヒノキ・カラマツ | 3        | トラクタ   | "       | 5       |                            |         |
| 2003 | 臼田町 | 皆伐   | カラマツ | ヒノキ・カラマツ | 3        | トラクタ   | 対照区     | 0       |                            |         |
| 2003 | 高遠町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 43       | タワーヤーダ | 架線下     |         | 5                          | 15.6    |
| 2003 | 高遠町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 43       | タワーヤーダ | "       |         | 5                          | 14.2    |
| 2003 | 高遠町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 43       | タワーヤーダ | "       |         | 5                          | 14.0    |
| 2003 | 高遠町 | 点状間伐 |      | カラマツ     | 43       | タワーヤーダ | 対照区     |         | 8                          | 15.9    |
| 2004 | 豊野町 | 皆伐   | 広葉樹  | 広葉樹      | 2        | タワーヤーダ | 架線下     |         |                            |         |
| 2004 | 豊野町 | 皆伐   | 広葉樹  | 広葉樹      | 2        | タワーヤーダ | 対照区     |         | 112                        | 18.0    |
| 2004 | 中野市 | 列状間伐 |      | カラマツ     | 51       | トラクタ   | トラクタ走行地 |         | 5                          | 23.6    |
| 2004 | 中野市 | 列状間伐 |      | カラマツ     | 51       | トラクタ   | 対照区     |         | 11                         | 23.7    |
| 2004 | 奈川村 | 列状間伐 |      | カラマツ     | 48       | タワーヤーダ | 架線下     |         | 2                          | 22.8    |
| 2004 | 奈川村 | 列状間伐 |      | カラマツ     | 48       | タワーヤーダ | 対照区     |         | 4                          | 22.3    |
| 2004 | 奈川村 | 皆伐   | カラマツ | 伐採跡地     | 5        | 集材機    | 架線下     |         |                            |         |
| 2004 | 奈川村 | 皆伐   | カラマツ | 伐採跡地     | 4        | 集材機    | 架線下     |         |                            |         |
| 2004 | 奈川村 | 皆伐   | カラマツ | 伐採跡地     | 4        | 集材機    | 対照区     |         | 14                         | 20.0    |
| 2004 | 高遠町 | 列状間伐 |      | カラマツ     | 47       | タワーヤーダ | 架線下     |         | 6                          | 19.9    |
| 2004 | 高遠町 | 列状間伐 |      | カラマツ     | 47       | タワーヤーダ | 対照区     |         | 12                         | 18.5    |

- 注 (1) 損傷: 樹皮剥皮等により木質部に露出した部分が1か所以上あるもの。  
 (2) 植被率: 階層ごとに植物種ごとの面積占有率を調査し、その値を集計したもの。  
 (3) 開空度: 魚眼レンズを装着したカメラで全天写真を撮影し、開空度解析ソフト(LIA32)を用いて全体に対する開空部の面積率を測定した。

| 平均胸高直径<br>(cm) | 損傷本数<br>(本) | 被害率<br>(%) | 平均被害率<br>(%) | 植被率(%) |     |    | 開空度<br>(%) | 林地攪乱区分(%) |    |   |   | 全孔隙率<br>(%) |
|----------------|-------------|------------|--------------|--------|-----|----|------------|-----------|----|---|---|-------------|
|                |             |            |              | 上層     | 中層  | 下層 |            | 0         | 1  | 2 | 3 |             |
| 26.8           | 3           | 50.0       |              | 80     | 5   | 90 | 17.6       | 90        | 10 |   |   | 66.9        |
| 29.0           | 2           | 40.0       | 31.2         | 80     | 3   | 70 | 15.6       | 95        | 5  |   |   | 66.7        |
| 26.0           | 0           | 0.0        |              | 90     | 3   | 75 | 13.4       | 100       |    |   |   | 65.6        |
| 22.4           | 0           | 0.0        |              | 95     | 70  | 50 | 13.2       | 100       |    |   |   | 65.2        |
| 31.7           | 0           | 0.0        |              | 85     | 47  | 44 | 20.2       | 30        | 70 |   |   | 74.1        |
| 24.3           | 0           | 0.0        | 0.0          | 60     | 40  | 35 | 16.8       | 65        | 35 |   |   | 75.5        |
| 28.6           | 0           | 0.0        |              | 100    | 65  | 20 | 16.6       | 100       |    |   |   | 74.5        |
| 20.9           | 0           | 0.0        |              | 65     | 45  | 65 | 17.4       | 100       |    |   |   | 67.1        |
| 28.7           | 0           | 0.0        |              | 20     | 21  | 75 | 16.5       | 15        | 85 |   |   | 67.8        |
| 27.1           | 0           | 0.0        | 5.5          | 85     | 42  | 21 | 20.1       | 52        | 45 | 3 |   | 67.1        |
| 21.7           | 1           | 11.1       |              | 80     | 61  | 45 | 19.6       | 85        | 15 |   |   | 60.2        |
| 19.7           | 0           | 0.0        |              | 90     | 51  | 51 | 20.3       | 100       |    |   |   | 55.3        |
| 28.0           | 1           | 25.0       |              | 65     | 20  | 85 | 23.4       | 30        | 70 |   |   | 81.0        |
| 26.1           | 0           | 0.0        | 13.3         | 50     | 40  | 85 | 23.8       | 100       |    |   |   | 79.5        |
| 21.8           | 1           | 20.0       |              | 45     | 60  | 60 | 24.9       | 95        | 5  |   |   | 83.2        |
| 24.7           | 0           | 0.0        |              | 60     | 100 | 2  | 22.5       | 100       |    |   |   | 83.6        |
| 25.9           | 1           | 33.3       |              | 30     | 10  | 95 | 20.8       | 20        | 80 |   |   | 80.0        |
| 26.2           | 0           | 0.0        | 25.0         | 55     | 20  | 80 | 21.5       | 70        | 30 |   |   | 79.6        |
| 27.6           | 1           | 50.0       |              | 55     | 25  | 80 | 21.2       | 75        | 25 |   |   | 82.2        |
| 26.9           | 0           | 0.0        |              | 60     | 45  | 70 | 21.9       | 100       |    |   |   | 81.3        |

| 平均胸高直径<br>(cm) | 損傷本数<br>(本) | 損傷発生率<br>(%) | 平均損傷発<br>生率(%) | 植被率(%) |     |     | 開空度<br>(%) | 林地攪乱区分(%) |    |    |   | 細孔隙率<br>(%) | 粗孔隙率<br>(%) | 固層<br>(%) |
|----------------|-------------|--------------|----------------|--------|-----|-----|------------|-----------|----|----|---|-------------|-------------|-----------|
|                |             |              |                | 上層     | 中層  | 下層  |            | 0         | 1  | 2  | 3 |             |             |           |
| 29.6           | 2           | 66.7         |                | 80     | 10  | 95  | 25.8       | 10        | 70 | 20 | 0 | 42.9        | 20.6        | 36.5      |
| 24.6           | 4           | 100.0        | 50.0           | 95     | 4   | 100 | 18.1       | 50        | 45 | 5  | 0 | 37.2        | 21.4        | 41.4      |
| 24.5           | 0           | 0.0          |                | 75     | 22  | 93  | 20.3       | 50        | 50 | 0  | 0 | 39.2        | 28.3        | 32.6      |
| 13.0           | 2           | 15.4         |                | 85     | 90  | 6   | 12.7       | 100       | 0  | 0  | 0 | 36.1        | 27.8        | 36.1      |
| 25.5           | 1           | 20.0         |                | 70     | 35  | 95  | 25.3       | 50        | 50 | 0  | 0 | 45.0        | 24.7        | 30.3      |
| 24.3           | 1           | 25.0         | 23.1           | 70     | 36  | 85  | 24.5       | 70        | 30 | 0  | 0 | 42.3        | 28.0        | 29.7      |
| 25.0           | 1           | 25.0         |                | 75     | 16  | 40  | 21.8       | 100       | 0  | 0  | 0 | 45.5        | 23.2        | 31.3      |
| 30.8           | 0           | 0.0          |                | 85     | 102 | 5   | 13.6       | 100       | 0  | 0  | 0 | 32.5        | 39.2        | 28.3      |
|                |             |              |                | 0      | 17  | 55  | 67.8       | 0         | 50 | 50 | 0 | 38.2        | 37.5        | 24.4      |
|                |             |              |                | 0      | 61  | 28  | 48.2       | 100       | 0  | 0  | 0 | 38.6        | 35.5        | 26.0      |
|                |             |              |                | 0      | 89  | 17  | 41.2       | 100       | 0  | 0  | 0 | 36.0        | 40.3        | 23.7      |
|                |             |              |                | 90     | 30  | 90  | 23.9       | 100       | 0  | 0  | 0 | 36.4        | 38.8        | 24.8      |
|                |             |              |                | 0      | 2   | 80  | 47.9       | 70        | 20 | 10 | 0 | 46.4        | 21.5        | 32.2      |
|                |             |              |                | 0      | 3   | 89  | 48.1       | 80        | 0  | 20 | 0 | 44.5        | 20.5        | 35.1      |
|                |             |              |                | 0      | 4   | 75  | 50.9       | 100       | 0  | 0  | 0 | 39.1        | 27.3        | 33.6      |
|                |             |              |                | 95     | 111 | 71  | 6.9        | 100       | 0  | 0  | 0 | 33.8        | 30.7        | 35.4      |
| 23.4           | 0           | 0.0          |                | 82     | 0   | 95  | 21.1       | 100       | 0  | 0  | 0 | 26.6        | 33.6        | 39.8      |
| 20.5           | 2           | 40.0         | 20.0           | 61     | 0   | 77  | 25.79      | 80        | 0  | 20 | 0 | 29.8        | 29.6        | 40.7      |
| 20.0           | 1           | 20.0         |                | 65     | 0   | 95  | 27.7       | 100       | 0  | 0  | 0 | 32.3        | 33.9        | 33.8      |
| 22.0           | 0           | 0.0          |                | 94     | 0   | 92  | 14.6       | 100       | 0  | 0  | 0 | 37.1        | 21.3        | 41.5      |
|                |             |              |                | 0      | 93  | 55  | 63.2       | 70        | 20 | 10 |   | 27.9        | 25.2        | 46.9      |
| 22.4           | 0           | 0.0          |                | 90     | 35  | 70  | 17.3       | 100       |    |    |   | 23.0        | 40.0        | 37.1      |
| 26.9           | 2           | 40.0         |                | 60     | 55  | 80  | 29.4       | 100       |    |    |   | 40.9        | 24.7        | 34.4      |
| 31.8           | 0           | 0.0          |                | 75     | 100 | 60  | 13         | 100       |    |    |   | 42.5        | 30.9        | 26.6      |
| 27.8           | 0           | 0.0          |                | 0      | 12  | 75  | 32.5       | 100       |    |    |   | 31.7        | 29.8        | 38.6      |
| 32.0           | 0           | 0.0          |                | 60     | 53  | 85  | 23.8       | 100       |    |    |   | 33.7        | 31.7        | 34.6      |
|                |             |              |                | 0      | 90  | 75  | 52.1       | 20        | 80 |    |   | 32.6        | 21.0        | 46.4      |
|                |             |              |                | 0      | 0   | 70  | 70.1       | 30        | 10 | 60 |   | 26.3        | 24.7        | 49.0      |
| 22.4           | 0           | 0.0          |                | 70     | 135 | 40  | 18.3       | 100       |    |    |   | 29.9        | 31.9        | 38.2      |
| 24.1           | 0           | 0.0          |                | 80     | 65  | 75  | 22.5       | 100       |    |    |   | 34.3        | 29.7        | 36.0      |
| 28.6           | 0           | 0.0          |                | 75     | 100 | 60  | 12.1       | 100       |    |    |   | 35.3        | 31.4        | 33.3      |