

## 防災水源涵養路網と列状間伐による森林整備の事例

近藤恵市, 岩元研史 (静岡大農), 望月貴治, 渡邊定元 (Φ森林環境研究所)

平成30年, 静岡県富士市中之郷字鍵穴の66年生の無間伐人工林で防災水源涵養路網を作設し, 列状間伐を行った。本研究は, 一般山地において高密度の防災水源涵養路網の作設し中層間伐の繰り返しによる長伐期施業を行うことを目的として, 初回間伐として列状間伐を行った事例を報告する。作業道は中層間伐で永続的に使用することを目的として設計した。平成30年1月から6月にかけて10.1 haの林分内に防災水源涵養工を施した作業道を2.4 km作設し, 3残1伐の列状間伐を行った。出材量は1,611 m<sup>3</sup> (スギ46%, ヒノキ54%)で, 森林所有者の利益はhaあたり168千円となった。

キーワード: 防災水源涵養路網, 長伐期施業, 列状間伐

### I はじめに

森林の持続的発展 (Sustainable development of forests)

(2) とは, 「現在の人々のニーズを満たし未来世代に対する倫理的責任を果たしていくため, 森林の生産能力と再生能力および生物多様性を社会的に受容しうるレベルで無限に維持し森林の持つ多様な経済・環境機能を確保すること」と定義されている。これは地球環境サミット (1992) で採択された森林の原則声明, 即ち地球レベルでの森林に関する立場に立ったものである。国・県レベルでの森林管理規範である持続的森林経営 (Sustainable management of forests) は, モントリオールプロセスや森林林業基本法で国際的な取り決めや法によって定められている。これに対し個別経済林の持続的経営については特に規範は示されておらず個々の森林経営者に任されている。個別レベルでの持続的経営林 (Sustainable managed forests) (4) とは, 高蓄積・高成長量・高収益・多目的利用・生物多様性の維持の5要件を満たす森林と提示され, 公益的機能と経済的機能の併存技術の理論と体系化が森林から持続的に恵沢をもたらす経済林の管理に必要とされた(5)。

この5要件を踏まえた森林管理技術は高密路網作設技術, 高密路網を利用した素材生産・育林技術, 樹木の種特性を熟知した選木技術に要約される。その技術要件としては, ① 樹木の伐採率14-20% (伐採による林分破壊の回避), ② 短い伐採繰返年: 7-10年 (成長量低減の回避) ③ 伐採木の適切な選木 (成長量を稼ぎ終わった木を伐採し, 寿命が持続し成長量を稼ぐ木を育成。), ④ 皆伐よりも高い生産性の間伐・択伐。これらの技術要件は一般的に不可能であると反論されるが, 高密路網が整備された林分で経済価値の高い太い個体を間伐 (択伐) すれば可能となる。この科学技術的な裏付けは, 林分の直径階別頻度分布と吉良の対数正規分布の法則より導き出される (1)。この法則を間伐技術に応用したものが中層間伐 (3) である。間伐手遅れ

のスギやヒノキの人工林では, 初回到列状間伐し, 7-10年ごとに中層間伐を繰り返し行うことによって持続的に収入を確保しつつ, 100年生で200本/ha, 150年生で100本/haの優良木を有する森林へ誘導することができる (8, 10)。

持続的経営林を造成する上での必須条件は高密路網の構築にある。ただし, 高密度路網を国土保全といかに調和させるかに課題があり, この対策として防災水源涵養路網が林業の経済性と国土保全を両立させるための森林管理技術として富士山麓で提唱された (6, 7)。路網作設の基本理念として, ①作設費用は道路支障木の範囲内で賄うことを目標とすること, ②路体構造は三つの安全, 即ち山 (森林)・働く人・作業する車の三者が安全であること, ③森林内の環境保全を確保するため道路からの集材ができることを掲げている。防災水源涵養路網は, ①L側溝と谷高の片勾配路体 (路体と山体の水環境の分離), ②緩い作業道の縦断勾配, ③浸透升の設置, ④排水管の敷設, ⑤空ため池 (ダム) の設置の5要件を満たす構造とされている (6, 7, 9)。その目的と構造は次の通りである。

#### ① L側溝と谷高の片勾配路体 (図-1)

目的: 路体と山体の水環境の分離し, 山地からの雨水, 流水を路体に流さない。

構造: ア 幅1m以上のL側溝, イ 谷側が高い片勾配。

#### ② 緩い作業道の縦断勾配

目的: 側溝に集まる水による縦侵食の防止。

構造: ア 1%以上-5%未満 (場合によっては6%未満), イ 路網作設上, 望ましい勾配は1%以上-3%未満。

#### ③ 浸透升の設置 (図-2)

目的: 降水を地下部に誘導し防災と水源涵養機能を高める。

構造: ア 透水層まで掘削 (2-5 m), イ 危険防止のため場所により柵を設置。

KONDO Keiichi, IWAMOTO Kenshi, MOCHIZUKI Takaharu\*, WATANABE sadamoto

A case study of forest management by prevention against disaster and water conservation road system and line thinning  
mochizuki-takaharu@hotmail.co.jp

#### ④ 排水管の敷設 (図-2)

目的: L側溝・浸透升から余剰水を排水させ、森林の透水能力の許容量以上の降水に備える。

構造: ア 直径 30-60 cm の排水管, イ 間伐材を利用した小規模排水トンネル。

#### ⑤ 空ため池 (ダム) の設置

目的: 集中豪雨に伴う洪水防止と流水の貯水と地下浸透化。

構造: ア 地形を利用した空ため池, イ 透水性良好な箇所での人工ため池。

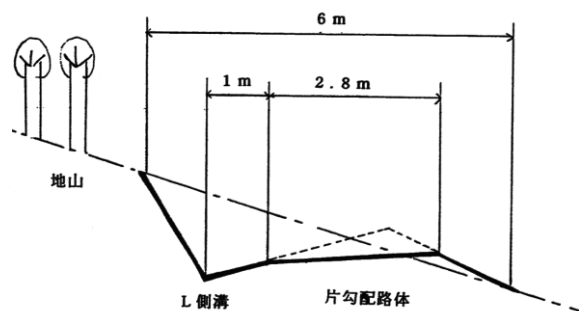


図-1. 路網の横断面図

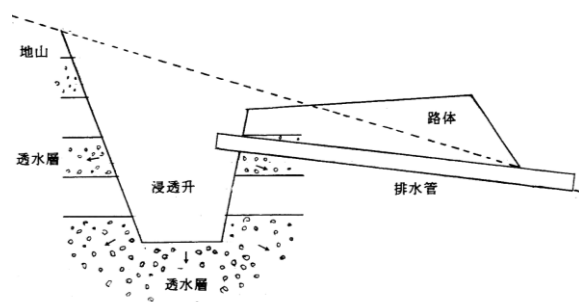


図-2. 浸透升・排水管の構造

本研究の目的は、①高密度に作設した防災水源涵養路網と中層間伐による持続的経営林の5要件を満たす長伐期施業モデル林の紹介することと②間伐手遅れ人工林を長伐期施業林に誘導するための基盤整備（森林作業道作設と列状間伐）に必要となる労働量とその経済性を明らかにすることとした。

## II 方法

### 1. 調査地

調査は静岡県富士市中之郷字鍵穴(富士市133い18, 北緯35°8'42", 東経138°35'13")に位置する林齢66年生のスギ・ヒノキの無間伐人工林10.1haで行った(図-3)。地質は第四紀更新世の岩淵火山噴出物で、地形は中央付近が窪み、平均勾配が30度であった(図-4a)。

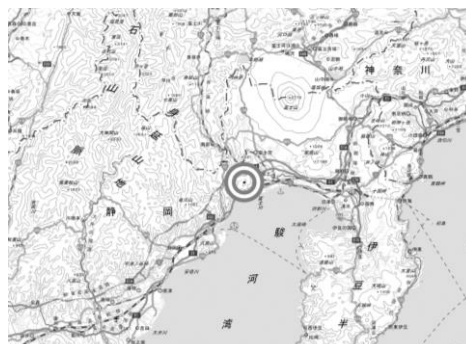


図-3. 調査地の位置

### 2. 森林調査

平成28年12月(森林整備の実行前)に10×10mの標準地を10か所選定し、スギ・ヒノキの立木本数、樹種、胸高直径、樹高を測定した。

### 3. 森林整備

平成30年1-6月に防災水源涵養工を施した森林作業道を作設し、3残1伐の列状間伐を行った。ただし、作業道間の距離が12m未満のところは列状間伐を行わず、残存列は枯損木・形質不良木の間伐にとどめ、林分全体として立木本数の伐採率(以下「伐採率」という。)30%を原則とした。

伐倒作業及び土場から市場への運材作業を例外として、車両系林業機械を用いて作業を行った。作業工程はおもに下記のとおりに行った。

伐倒(チェーンソー)ー木寄せ(グラップル・一部ウインチ)ー造材(ハーベスタ)ー林内運搬(フォワーダ)ー山土場(グラップル)ー運材(トラック)ー出荷先。

### 4. 労働投入量と経済収支の計算

森林整備のそれぞれの作業工程に投入された労働量は作業日報より算出した。支出は、おもに作業員の給与、機械損料、燃料費、作業道付帯設備の設置費及び運材費より算出した。収入は、間伐材の売上高及び森林作業道整備・間伐材生産に対する補助金より算出した。

### 5. 長期的な伐採計画と立木密度の予測

間伐に伴う立木密度の変化の計算は中層間伐による森林管理(8)を想定して行った。初回森林整備は伐採率30%(列状間伐、作業道支障木伐採及び整理伐を含む)とし、それ以降は7-10年ごとに伐採率20%の中層間伐を行うとした。2回目の中層間伐では将来に優良木となる個体(以下「将来木候補木」という。)が本数率で20%選出され、3回目の間伐以降には将来木候補木がランダムに間伐されるとし、式1により将来木候補木の密度を計算した。

$$Df_{(i)} = Df_{(i-1)} \times (1 - Df_{(i-1)} / D_{(i-1)} \times CR) \quad (\text{式1})$$

ここで、 $D_{(i)}$ は*i*回目の間伐後の立木密度、 $Df_{(i)}$ は*i*回目の間伐後の将来木候補木の立木密度、 $CR$ (=0.2)は中層間伐の伐採率。

### Ⅲ 結果・考察

#### 1. 森林作業道整備

作設した森林作業道の総延長は2,418 m (239.4 m/ha)であった(図-4a)。浸透升・排水管は7か所に設置し、丸太路盤工は地質が不安定な箇所や勾配が急な箇所に合計450 m敷設した。作業道の縦断勾配は平均7.0%であり、6-8%が555 mで最も多く、6%以下は1,145 mであった(図-5)。

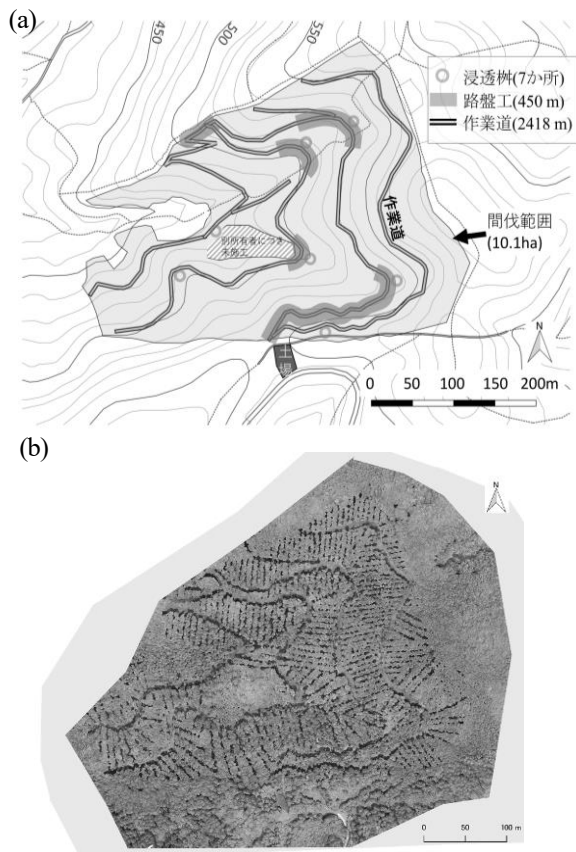


図-4. 森林作業道と間伐列の位置

(a) 森林整備対象地の地形図と作業道関連設備の位置。(b) 森林整備後の空中写真(2018年6月撮影)

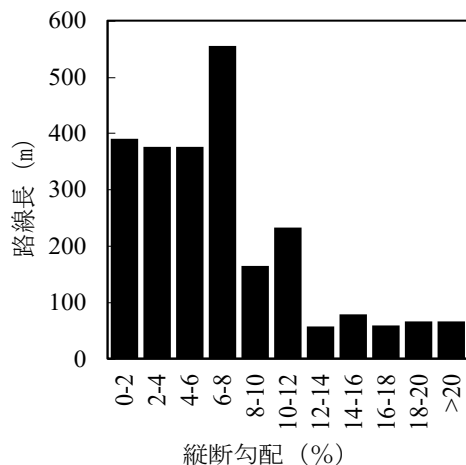


図-5. 作業道の縦断勾配分布

#### 2. 素材生産

調査地は無間伐林のため立木密度が1950本/ha(1300-2500本/ha)に達していたため、3残1伐の列状間伐を行った((8), 図-4b)。

直径階分布を図-6に示した。ヒノキは、本数比率で全体の67%, 材積比率で58%を占め、胸高直径は平均21.4(±5.03)cmであった。スギは、本数比率で全体の33%, 材積比率で42%を占め、胸高直径は平均24.2(±6.14)cmであった。

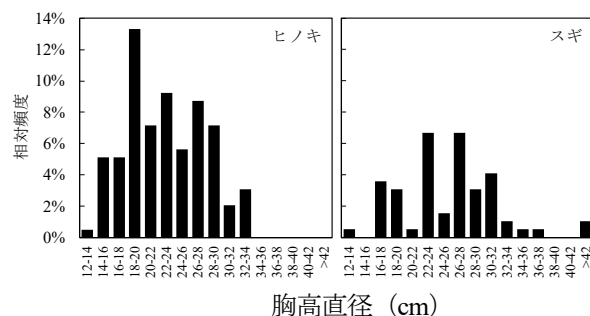


図-6. ヒノキ・スギの直径階分布

森林整備による出材量は表-1に示した。出材積はヒノキ864m<sup>3</sup>(54%), スギ746m<sup>3</sup>(46%), 合計1,610m<sup>3</sup>であった。おもな出荷先は合板工場(86%)と木材市場(14%)で、一部の小径材は路盤工に用いた。

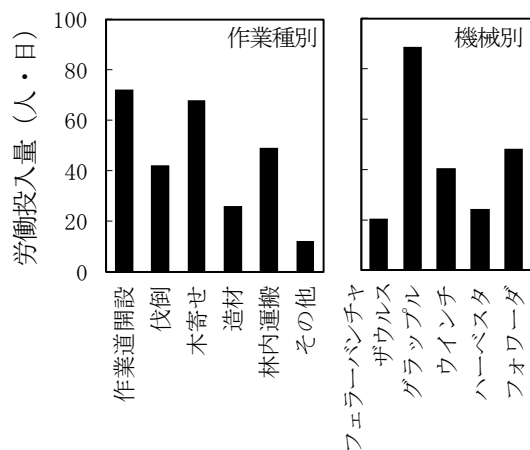
表-1. 出材積ならびに販売先・販売額

| 販売先        | 材種  | 材積             | 単価               | 販売額    |
|------------|-----|----------------|------------------|--------|
|            |     | m <sup>3</sup> | 円/m <sup>3</sup> | 千円     |
| A社<br>(合板) | スギ  | 686.77         | 10,200           | 7,005  |
|            | ヒノキ | 233.27         | 14,500           | 3,382  |
|            |     | 426.07         | 15,000           | 6,391  |
| B社         | スギ  | 49.37          | 6,810            | 336    |
|            | ヒノキ | 185.55         | 8,548            | 1,586  |
| C社         | ヒノキ | 15             | 15,500           | 232    |
| 路盤工材       | スギ  | 10.5           | 1,000            | 10     |
|            | ヒノキ | 4              | 1,000            | 4      |
| 合計         |     | 1610.53        |                  | 18,946 |

#### 3. 労働投入量

作業種別と機械別の労働投入量を図-7に示した。作業道開設と木寄せにそれぞれに65人日以上を要した。作業道開設と同時に作業道支障木の木寄せ・抜根を行っているため、作業道整備と間伐材生産の両方で使用しているグラップルの作業時間が最も長くなった。

森林整備全体の労働生産性は5.97m<sup>3</sup>/(人・日)となった。



図－7. 作業種別と機械別の労働投入量

#### 4. 経済収支

森林作業道整備と間伐材生産の経費をそれぞれ表－2, 3に示した。

森林作業道整備には 8,689 千円を要した。森林作業道整備に対する補助金は 4,400 千円で、収支は 4,289 千円の支出増となった。

間伐材生産には 16,767 千円を要した。間伐材の販売収入は 18,946 千円であった（表－1）。よって、収支は 2,179 千円の収入増となった。また、間伐材生産に対する補助金 4,070 千円を加えると 6,249 千円の収入増となった。

森林作業道整備と間伐材生産を合わせた長伐期施業の基盤整備の収入は 27,416 千円、支出は 25,456 千円であった（表－4）。よって、収支は 1,960 千円（194 千円/ha）の収入増となった。

表－2.  
森林作業道整備費用

| 内 容    | 金額<br>(千円) |
|--------|------------|
| 人件費    | 2,288      |
| 機械損料   | 2,419      |
| 燃料費    | 378        |
| 土場開設費  | 370        |
| 浸透樹設置費 | 511        |
| 路盤工費   | 1,590      |
| 管理費    | 1,133      |
| 合計     | 8,689      |

管理費は経費全体の 15%とした。

表－3.  
間伐材生産費用

| 内 容     | 金額<br>(千円) |
|---------|------------|
| 人件費     | 2,004      |
| 機械損料    | 8,800      |
| 燃料費     | 601        |
| 運材費     | 2,569      |
| 根切費（外注） | 606        |
| 管理費     | 2,187      |
| 合計      | 16,767     |

#### 5. 森林所有者への間伐収益の還元（支払い）

森林整備実行前に森林所有者に 1,010 千円（100 千円/ha）を支払う契約を交わしていた。収支差額 1,960 千円から林業事業体の収益 261 千円（間伐材販売収入 18,946 千円の 1.4%）を差し引き、森林所有者に 1,699 千円（168 千円/ha）の支払いが行われた。

表－4. 経済収支

| 収入         | 金額（千円） |
|------------|--------|
| 間伐材販売収入    | 18,946 |
| 間伐材生産補助金   | 4,070  |
| 森林作業道整備補助金 | 4,400  |
| 計          | 27,416 |
| 支出         |        |
| 間伐材生産費用    | 16,767 |
| 森林作業道整備経費  | 8,689  |
| 計          | 25,456 |
| 収支差額       | 1,960  |

#### 6. 長期的な森林経営・管理の見通し

今後計画されている

表－5. 長期的な間伐計画

| 7-10 年 | 林齢       | 立木密度<br>(本/ha) | 将来木候<br>補木<br>立木密度<br>(本/ha) |
|--------|----------|----------------|------------------------------|
| 間伐     | 66 (間伐前) | 1,950          |                              |
| 10 年   | 66       | 1,365          |                              |
| 10 年   | 73       | 1,092          | 273                          |
| 10 年   | 80       | 874            | 259                          |
| 10 年   | 87       | 699            | 244                          |
| 10 年   | 94       | 559            | 227                          |
| 10 年   | 101      | 447            | 209                          |
| 10 年   | 111      | 358            | 189                          |
| 10 年   | 121      | 286            | 169                          |
| 10 年   | 131      | 229            | 149                          |
| 10 年   | 141      | 183            | 130                          |
| 10 年   | 151      | 147            | 111                          |

の開設に多くの労働量が投入された（図－7）。防災水源涵養工を施した森林作業道は流水による路体の侵食・崩壊に強いため、メンテナンスコストが低く、長期的に繰り返して使用することができる。今回の森林整備で間伐材生産のみの収支は収入増であったことから（表－4）、高密度な作業道が整備された林内で 7-10 年間隔の中層間伐を繰り返すことにより、継続的な間伐収入が期待できる。ただし、作業道のメンテナンスコストや列状間伐と中層間伐の労働生産性の違いについては検討の余地がある。

#### IV 結論

防災水源涵養路網を作設し、中層間伐を繰り返す長伐期施業のモデル林「富士川町地区長伐期施業モデル林」を整備した。今後、継続した施業・調査を行う予定となっている。

富士川町地区長伐期施業モデル林では、現在（2018 年）の低い木材価格でも間伐材販売収入と森林作業道整備・間伐材生産に対する補助事業の活用によって、経済性を確保しながら長伐期施業の基盤整備を行うことができた。

引用文献

- (1) Koyama, H. and Kira, T. (1956) Intraspecific competition among higher plants VIII. Frequency distribution of individual plant weight as affected by the interaction between plants. J. Inst. Polytech, Osaka City Univ. Ser. D 7: 73-94.
- (2) Maini, J. S. (1992) Sustainable development of forests. Unasylva, 43 (169) : 3-8.
- (3) 渡邊定元 (1970) これからの林業経営に資する新間伐法. 林業技術 341: 21-24.
- (4) Watanabe, S. (1993) Sustainable managed forest base on selection cutting and natural regeneration -technical approach-. Presentation at the ITTO Senior Forester conference follow up seminar on sustainable forestry in Japan.
- (5) 渡邊定元 (1995) 持続的経営林の要件とその技術展開. 林業経済 48 (3) : 18-32.
- (6) 渡邊定元 (1997) 防災水源かん養路網の提唱とその構造. 中森研 45: 47-50.
- (7) 渡邊定元 (1998) 防災水源かん養路網の提唱. 山林 1367: 2-10.
- (8) 渡邊定元 (2005) 新しい間伐法の紹介: 列状間伐と中層間伐. 森林科学 44: 18-25.
- (9) 渡邊定元 (2013a) 若手の皆さんへ (中) 防災水源かん養路網の一般化への道: 環境保全・公益性を踏まえた経済林経営システムの構築. 森林技術 858: 36-39.
- (10) 渡邊定元 (2013b) 若手の皆さんへ (下) 中層間伐提唱の視座: 森のシンク機能を持続させる経済林. 森林技術 859: 36-39.