

公益社団法人 国土緑化推進機構
「緑と水の森林基金」事業助成

木材生産林における水土保全技術の
あり方に関する調査研究

平成 29 年度報告書

公益社団法人 森林保全・管理技術研究所

目 次

第3部 木材生産林における水土保全技術のあり方に関する調査研究

第1章 事業の概要	1
第1節 課題名	1
第2節 調査目的	1
第3節 研究開発計画	1
第4節 実施期間及び年次計画	1
第5節 調査体制	2
第6節 調査内容	2
第1項 既存研究成果のとりまとめ	2
第2項 現状の森林施業の把握	2
第3項 現地検討会及び現地実態調査	2
第4項 検討委員会及び作業部会の開催	3
第2章 今年度の調査内容	5
第1節 今年度調査の方針	5
第2節 検討委員会及び作業部会の開催	5
第1項 検討委員会	5
第2項 作業部会	6
第3節 研究開発委員会への参画	7
第4節 既存研究成果の整理	7
第1項 概要	7
第2項 文献の整理・抽出	8
第3項 主な文献の抄録	13
第5節 現地実態調査	18
第1項 調査地の概要	18
第2項 調査地の選定	20
第3項 調査の方法	27
第4項 調査の結果	28
第3章 後期5カ年のとりまとめ	64
第1節 木材生産林における水土保全技術事例	64
1. 森林作業道	64
2. 皆伐	84
3. 間伐	92
第2節 森林作業道の実態	99
第1項 森林作業道の実態調査結果	99
第2項 木材生産林における水土保全上の課題	111
第3項 木材生産林における水土保全に関する提言	113

【巻末資料】

現地実態調査写真（塩那森林管理署）

第3部 木材生産林における水土保全技術のあり方に関する調査研究

第1章 事業の概要

第1節 課題名

「木材生産林における水土保全技術のあり方に関する調査研究」

第2節 調査目的

近年、森林資源が利用期に入っている中であって、伐採、間伐、路網整備等が一体となった森林整備の加速化が求められているところである。一方において、総合的な治山対策による緑の国土強靱化が課題となっていることから、主として木材生産機能が期待されている森林における水土保全機能の実態解明及び保全対策が喫緊の課題となっている。

森林施業と水土保全に関しては、前期5カ年でとりまとめたように、多くの研究結果が示されている。後期5カ年では、これら既存の研究成果と前期5カ年に行った現地実態調査結果等を集約し、水土保全に配慮した森林施業に関する提言等を取りまとめることにより、木材生産林における水土保全と林業経営の両立に資することをその目的とする。

この提言のとりまとめに当たっては、研究当時の状況と現在の木材生産林の状況を比較し、その相違点などを検討することで、現状にあった提言に資することとする。

第3節 研究開発計画

- 1) 森林整備と水土保全機能に関する既往文献調査
- 2) 現状の森林施業の把握
- 3) 伐採、間伐、路網の整備等が水土保全機能に及ぼす実態調査
- 4) 森林整備手法に対応した水土保全技術のあり方の検討

第4節 実施期間及び年次計画

- 1) 実施期間：5年間（平成26年度～平成30年度）
- 2) 年次計画

表 1.1 5ヶ年計画工程表

項目	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
検討委員会の開催	■	■	■	■	報告書の 印刷・製 本
作業部会の開催	■	■	■	■	
調査方針の検討	■				
調査データの収集・解析		■	■	■	
現地検討会		■	■	■	
現地実態調査		■	■	■	
調査結果のとりまとめ				■	

3) 計画の概要

- ① 検討委員会を1回、作業部会を2回程度開催し、調査方針及びとりまとめ方法等について検討する。
- ② モデル地域において現状の森林施業の方法と割合を把握する。
- ③ 施業方法及び立地環境を考慮して現地実態調査地を実施する。

- ④ 本年度の調査結果を取りまとめる。
- ⑤ 後期 5 カ年の調査結果を取りまとめる。

第5節 調査体制

本部会においては、学識経験者及び専門技術者等により構成された検討委員会方式で調査研究を行う。なお、検討委員会を構成する検討委員等は、以下のとおりとする。

また、森林保全・管理技術研究所が委託した「森林施業と水土保持機能に関する調査及び資料収集・分析」の受注者である（株）森林土木施設研究所及び（株）森林テクニクスと連携・分担して調査を実施する。

① 検討委員会（五十音順）

委員長	阿部和時	日本大学生物資源科学部教授
委員	埋橋一樹	（株）森林土木施設研究所
委員	落合博貴	元森林総合研究所企画部長
委員	斉藤仁志	信州大学農学部助教
委員・主査	志水俊夫	元森林総合研究所企画部長
委員	鈴木貴浩	（株）森林テクニクス
委員	田中良明	森林総合研究所森林作業担当チーム長
委員・副主査	渡邊悦夫	（株）森林テクニクス

② 作業部会（五十音順）

委員	埋橋一樹	（株）森林土木施設研究所
委員・主査	志水俊夫	元森林総合研究所企画部長
委員	鈴木貴浩	（株）森林テクニクス
委員・副主査	渡邊悦夫	（株）森林テクニクス

第6節 調査内容

第1項 既存研究成果のとりまとめ

既存の研究成果から、森林施業と水土保持に関する内容を取り上げ、森林施業を行っていく上で、水土保持上留意する項目を整理する。

一方で、研究成果がとりまとめられた時点での森林の状況についてとりまとめ、現状との差異を検討する上での基礎資料とする。

第2項 現状の森林施業の把握

前期 5 年で行った現地実態調査では、2 伐 5 残の列状間伐が実施された 45 年生のスギ、ヒノキ林を対象として、斜面崩壊、土砂流出等について把握した。今回の後期 5 年では、皆伐施業地やその他の施業方法の状況を把握するために、どのような施業方法がどの程度の割合で実行されているか把握するとともに、今後主体となるような施業方法の検討などを行う。

第3項 現地検討会及び現地実態調査

これまでの研究成果や前期 5 年で行った現地実態調査で確認した事項等について、立地環境や施業方法の違いがどの程度影響があるか確認することを目的として実施する。

現地検討会は、2 年目（平成 27 年度）以降に行うこととし、初年度の検討委員会で決定した現

地実態調査箇所の確認を行う。

現地実態調査は、主として踏査を主体とし、土砂崩壊の発生状況や土砂侵食、土砂流出の状況を把握する。この現地実態調査は、各年度 2～3 箇所程度を目安に、施業方法や立地環境の異なる現場を調査する。

第4項 検討委員会及び作業部会の開催

検討委員会は、委員による本研究の方針及びとりまとめ内容等の討議を通じて、よりよい成果の作成を目指すために行う。

また、作業部会は事務局が主体となり、検討委員会及び現地実態調査を効率的に実施するために行うもので、作業部会の内容に応じて委員の招集を行い、適切な時期に実施する。

表 2 に委員会及び現地検討会の予定を示す。なお、本研究の年度は 7 月から翌年の 6 月までである。

表 1.2 検討委員会の計画案

年次	現地検討会	検討委員会
平成 26 年度	なし	1 回 調査基本方針の決定 (2014/12) 2 回 具体的な調査内容の検討と現地実態調査地の選定 (2015/6)
平成 27 年度	1 回 現地実態調査地の視察 (2015/10)	1 回 平成 27 年度調査報告書のとりまとめ等 (2016/6)
平成 28 年度	1 回 現地実態調査地の視察 (2017/5)	—
平成 29 年度	なし	1 回 後期 5 ヶ年の調査報告書のとりまとめ等 (2018/6)

注) 平成 30 年度は報告書の印刷・製本に割り当てる。

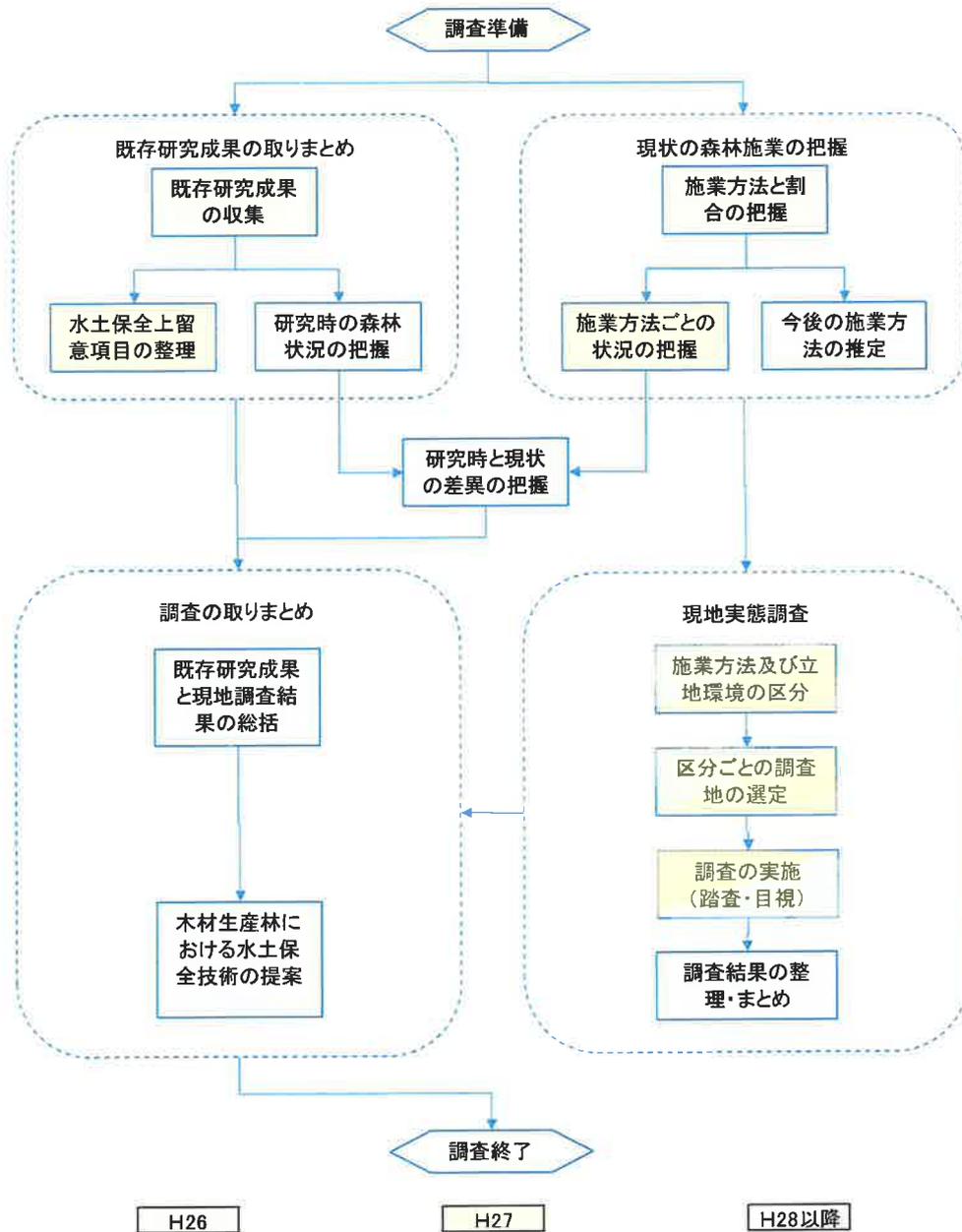


図 1.1 調査の流れ

第2章 今年度の調査内容

第1節 今年度調査の方針

今年度は以下の方針に基づき調査を実施するものとする。

- 1) 検討委員会及び作業部会を開催し、全期間にわたる調査方針及び調査方法等を検討するとともに当年度の実施計画を策定する。
- 2) 既存研究成果（関連文献、資料等）を後期5カ年の取りまとめに反映させる。
- 3) 現状の森林施業の方法ごとの状況を把握する。
- 4) 関連する森林施業地（木材生産林）の実態把握のための現地調査を実施する。

第2節 検討委員会及び作業部会の開催

第1項 検討委員会

1. 日 時：平成30年6月4日（月） 13:00～15:00
2. 場 所：林友ビル6階中会議室（東京都文京区後楽1-7-12）
3. 議事
 - ① これまでの経緯について
 - ② 現地実態調査の結果について
 - ③ 後期5カ年のとりまとめについて
 - ④ その他
4. 配布資料
 - 資料1 平成28年度報告書(要約)
 - 資料2 平成29年度事業の進捗状況
 - 資料3 平成29年度現地実態調査の結果
 - 資料4 水土保持全部会に対する委員の意見等
 - 資料5 木材生産林における水土保持技術 事例集
 - 資料6 森林作業道の実態（後期5カ年の総括）
 - 参考資料 森林作業道作設指針の制定について
 - 参考資料 製品生産事業請負標準仕様書
 - 参考資料 造林事業請負標準仕様書
 - 参考資料 平成30年度森林技術者研修会（前橋会場）開催について（素案）
5. 出席者（五十音順）

委員長	阿部 和時	日本大学生物資源学部教授
委員	落合 博貴	元森林総合研究所企画部長
委員	埋橋 一樹	（株）森林土木施設研究所
委員	斎藤 仁志	信州大学農学部助教
委員（主査）	志水 俊夫	元森林総合研究所企画部長
委員	鈴木 貴浩	（株）森林テクニクス
委員	田中 良明	森林総合研究所森林作業担当チーム長
委員（副主査）	渡邊 悦夫	（株）森林テクニクス
6. 討議内容（要約）
 - (1) これまでの経緯について

(委員からの修正意見等はなく、承認を得る)

(2) 現地実態調査の結果について

- ・資料3 P44：最近はポット苗とは言わない。コンテナ苗の表記が妥当である。

(3) 後期5カ年の取りまとめについて

- ・林班名等を明示して支障がないか？
- ・資料5の囲み内の記述は精査した方が良い。特に数値は指針との整合性の観点から注意が必要である。
- ・資料-5 (1) 路網密度の項：表現内容の整合性を確認し、表現方法について再考した方が良い。
- ・資料-5：「p.4 縦断勾配30%以上」と「p.5 25%」(指針)の表現内容の整合性を確認した方が良い。
- ・資料5 p.13：「垂直に切り取っても水土保持上問題ない」の表現はいかがか？シラスの場合は直で切っても安定するが、解説部分の「2m」の表記は「1.5m」に変えた方がよろしいのではないか。
- ・資料-5 p.19：切り株はいずれ腐るため、表現を再考した方が良い。
- ・資料-5 p.24：残土の処理について、表現で誤解が生じないか？
- ・資料-5にはよい例や悪い例が列記されているが、資料-6では課題が整理されている。なぜこのようにまとめたか、流れがわかるような記述が望ましい。
- ・資料6 p.1 写真3：過積載状況であり、添付は好ましくない。
- ・資料-6 p.3：路体崩落の原因は盛土か？
- ・資料-6 p.7：根株を残す件について、どのように対応するか？
- ・どのような道を対象として議論するか？恒久的に使っていく道と、一時的な作業道では対応が異なるのではないか。
- ・切り取り脚部に簡易柵を設置することも一案である。
- ・勾配については、指針では最急勾配を25%程度としているが、実態は40%の勾配もある。ホイールタイプ車両走行とクローラタイプ車両走行が区別されずに議論がなされているが、40%勾配を事例として整理していくか検討する必要がある。
- ・製品生産事業請負標準仕様書と造林事業請負標準仕様書の発効日を明示する。
- ・資料5及び資料6は、公表される前に、日本林道協会(小原文悟さん)に内容を確認してもらった方が良い。
- ・表現内容や使用する写真について、事務局と相談して進めた方が良い。

(4) その他

(研修会開催について)

- ・本研究の研修会を予定(開催日時：平成30年11月頃)
- ・講師は阿部、落合、斎藤、鈴木の予定

第2項 作業部会

(1) 第1回作業部会

- ・日 時：平成 29 年 7 月 25 日（火） 13:30～15:30
- ・場 所：林友ビル 2 階森林テクニクス会議室（東京都文京区後楽 1-7-12）
- ・内 容：今後の調査の進め方について
- ・出席者：埋橋一樹、鈴木貴浩、渡邊悦夫（五十音順）

（2）第 2 回作業部会

- ・日 時：平成 30 年 5 月 31 日（水） 10:00～12:00
- ・場 所：林友ビル 2 階森林テクニクス会議室（東京都文京区後楽 1-7-12）
- ・内 容：検討委員会の開催について
- ・出席者：埋橋一樹、鈴木貴浩、渡邊悦夫（五十音順）

第 3 節 研究開発委員会への参画

今年度開催された森林保全・管理技術研究開発委員会に、水土保全部会として主査 志水俊夫、埋橋一樹が参画した。その概要は以下のとおりである。

- 日 時：平成 29 年 8 月 21 日（木） 14:00～17:00
 場 所：日林協会館 4 階 中会議室
 出席者：会長、事務局、各部会主査・副主査ほか
 議 事：(1) 森林保全・管理技術研究開発事業（平成 28 年度）の実施報告書について
 (2) 森林保全・管理技術研究開発事業（平成 29 年度）の助成申請書について
 (3) 平成 29 年度の活動予定
 (4) その他

委員会において、水土保全部会の活動等に対し、主として次に示す意見等が出された。

- ・「定性間伐」の用語を使用しているか？
 →定性と称しても、30%間伐であれば「定量間伐」と称すべき。
 →利用間伐という変な表現もある。
- ・各種文献の内容整理と現地調査結果との整合性に配慮されたい。

第 4 節 既存研究成果の整理

第 1 項 概要

森林施業が水土保全機能に影響を与える際の要因は、人為的な施業方法と自然的な立地環境に大別され、これらの要因の組み合わせにより様々な事象が発生し、水土保全上の問題が発生しうる。このような観点から、収集した文献を森林施業に関わる水土保全上の課題ごとに整理し、事象や対応策等を取りまとめる必要がある。

昨年度までに既存研究成果を収集し、水土別・地域別・施業別・伐採別に文献数の傾向を分析した。また、収集した文献の中から、森林施業と水土保全機能の関連から特に重要な文献を抽出し、水土保全上留意する項目を整理した。その際、検討委員会等の意見を踏まえ、以下の点に着目した。

- ① 水土保全：侵食・崩壊等の土砂の移動現象に係る「土保全」
- ② 伐採方法：現在最も多く行われている「間伐」、今後増加が予想される「皆伐」
- ③ 更新方法：最も一般的な「植付」（新植・単層林）
- ④ 地 域：東京から近い「関東森林管理局管内」（福島・茨城・栃木・群馬の各県下）

上記の伐採方法、更新方法のほか集材方法等も含めた森林施業が土保全に及ぼす影響を整理し、土保全上必要とされる対応策（伐採・集材・更新方法等）を取りまとめた。なお、昨年度においては本事業に関連する新たな既存研究成果が得られなかった。また、研究成果がとりまとめられた時点での個別の森林状況（樹種、齢級、樹高、胸高直径、立木密度、枝下高、樹冠長、被害状況、下層植生、林床植生等）は把握できなかった。今年度は次項に示す抽出した文献を後期5カ年の調査の取りまとめに反映させた。

第2項 文献の整理・抽出

これまでに298件の文献を収集し、文献の傾向を分析し、特に本調査に関連が深いと思われる文献95件を抽出した（表2.2）。また、文献の詳細な傾向を把握するために、それぞれの文献が主として何（説明要因）に基づき、何（目的要因）を究明しようとしているかについて整理した（表2.1）。

表 2.1 収集文献の内容

区分	目的要因						
	侵食量	林床植生	立木成長	崩壊	その他	計	
説明要因	森林施業	20	6	5	2	2	35
	樹種林齢	4	1		1		6
	経年	2	1	6			9
	対策工	3					3
	林床植生	16				2	18
	枝条散布	4					4
	機械走行	4		5			9
	地形	2					2
	雨	2					2
	その他	2		1		4	7
	計	59	8	17	3	8	95

目的要因として最も多かったのが侵食量（侵食土砂量、流出土砂量、土壌侵食危険度等）で、全体の62%にあたる59件であった。一方、説明要因としては森林施業（間伐等）が最も多く、全体の37%である35件であった。すなわち、森林施業別の侵食量に言及した文献が多かった（20件）。次に多いのが林床植生別の侵食量に関するもの（16件）であった。目的要因の林床植生も説明要因に置き換えれば、侵食量に関わってくるため、総じて間伐等の森林施業が林床植生や侵食へ与える影響について研究した成果が多いと言える。もちろんそのような文献を意識的に収集した結果の数字であることは言うまでもない。

（1）間伐と土壌侵食

荒木ら¹は、下層植生の多い林分では地表面侵食量が少なく、地表面侵食が甚だしい林分ほど間伐による侵食防止効果が大きいこととしている。このことは、間伐することにより林床の光環境が改善され、下層植生が多くなり地表面侵食量が少なくなることを示している。同様な文献は他にも多数あり、上野²は、抜き伐り（間伐）は林床の植被率を高め、土砂の移動量を抑制するとしている。また山田ら³は、間伐区と無間伐区の間で土砂流出量に大きな差が見られ、これには下層植生及び落葉

¹ 荒木誠、阿部和時（2005）：間伐は森林の土壌を守れるか？、森林科学 44

² 上野満（2011）：間伐をおこなったスギ人工林における林床植生と土砂移動量、日本森林学会論文集

³ 山田康裕、諫本 信義（2001）：間伐が下層植生および表層土壌の流出に与える影響、日林九支論文集 No.54

層の有無が強く関与しているとしている。さらに、篠宮ら⁴は、間伐後の下層植生の急速な発達により表土保全効果が高まり、土壌の孔隙組成は間伐前の状態に回復する可能性が高いことに言及している。

前述のように、間伐等の森林施業により林床植生の被度が高まると土壌侵食量が減少するという研究成果は多い。また、土壌侵食に言及しなくても森林施業が林床植生に与える影響について報告した研究成果も多い。その中で横井ら⁵は、間伐後数年を経過したヒノキ林の林分構造と林床植生を調査した結果、間伐時に林床植生が衰退しているヒノキ林では、間伐による速やかな林床植生の再生は期待できないことが分かり、ヒノキ人工林施業では、常に林床植生を維持するような森林管理が重要であるとしている。

(2) 間伐の強度と土壌侵食

間伐の強度と侵食土砂量との関係を研究した文献も多い。例えば、伊藤ら⁶は、間伐率の上昇によって植被率が上昇し、それに伴って土壌流亡量が減少したと報告している。また、中森ら⁷は、皆伐、強度間伐、通常間伐の処理前後の表土移動量を比較した。その結果、移動レートは皆伐処理後に著しく増加したが、間伐区では変化が見られず、間伐が表土移動量に与える影響は皆伐に比べて小さいとし、作業時の地表攪乱を最小限にすることと、速やかな植生回復を促すことが林地の土壌を保全する上で重要であると結論づけている。

(3) 林内走行と土壌侵食

近年、高性能林業機械の導入により、大型機械が林内を直接走行して作業を行い、立地環境に与える影響が大きくなることが懸念されている。これを受けて林業機械の林内走行が林地土壌に与える影響に関する調査・研究が進められ、いくつかの研究成果も見ることができる。橋本ら⁸は、既報では、機械の走行回数が増えるにつれて土壌圧密の度合いが高まると言われているが、通説に合致するような傾向は認められず、機械走行の土壌に対する影響は、土壌自体の固さやその空間的な不均一性によってマスクされる程度だったとしている。一方、古川ら⁹は、グラップルローダの走行区と非走行区を比較し、土壌の貫入抵抗には差が認められなかったが、走行区では粗孔隙量は減少し、細孔隙量が増加したとしている。これら研究成果によると、林業機械の林内走行による土壌侵食は認められないものの、土壌粗孔隙量の減少は表面流の発生、ひいては表面侵食を引き起こす危険性があるため、地表面の攪乱を最小限に留める必要があると考えられる。

(4) 対策工と土壌侵食

土壌侵食防止対策工としては、柵工、筋工、伏工等の工種があり、その効果を土壌侵食量等で判定した研究成果も見られる。初磊ら¹⁰は、各種の対策施設を設置した試験区と無施設の試験区における土壌侵食量を測定した結果、対策施設試験区ではいずれも無施設試験区よりも土壌侵食量が少なかったとしている。対策工としては間伐材利用が促進されていることを受けて、間伐材を利用し

⁴ 篠宮佳樹、稲垣善之ほか（2011）：四国地方のヒノキ人工林における間伐が表層土壌の物理性に及ぼす影響、森林応用研究 20(1)

⁵ 横井秀一、井川原弘一ほか（2005）：間伐後数年を経過したヒノキ人工林の林床植生、日本森林学会論文集

⁶ 伊藤万里絵、宮内さやかほか（2006）：間伐方法・施業方法の違いにおける土壌流亡量と下層植生の関係、日本森林学会論文集

⁷ 中森由美子、瀧井忠人ほか（2012）：急傾斜ヒノキ人工林の伐採方法の違いによる細土、土砂、リター移動量の変化、日本森林学会誌 94

⁸ 橋本徹、相澤州平ほか（2013）：林業機械の走行回数と枝条量の違いが土壌圧密に与える影響、北林研 61

⁹ 古川邦明、横井秀一ほか（2011）：林内走行による皆伐集材の土壌への影響、日本森林学会論文集

¹⁰ 初磊、石川芳治ほか（2009）：丹沢堂平地区における土壌侵食対策工の土壌侵食量とリター・植生被覆率、日本森林学会論文集

た柵工、筋工の効果に関する文献も認められる。山瀬ら¹¹は、間伐木を利用した筋工を施工した林分と施工していない林分の侵食土砂量を測定し、筋工を施工した方が侵食土砂量が少なく、集中豪雨時にも侵食防止効果が大きく発揮されていたこと、効果が大きかった地点では伏工と同程度以上の効果が得られたことを報告している。また、今泉ら¹²は、急傾斜人工林内に間伐材を利用した柵工を設置し、その後の経過時間とともに土砂移動量（ドライラベル、ソイルクリーブ）が減少する傾向が見られ、柵工の設置により斜面の安定化が図れたことを報告している。

（5）枝条散布と土壌侵食

森林作業道等の土砂流出抑制対策として、伐採木（スギ）の枝条による路面被覆の効果に関する研究成果もいくつか見られる。小倉ら¹³¹⁴は、スギ枝条の路面被覆割合を 0%（裸地）、1/3 程度、2/3 程度、100%の試験区を設置し、土砂移動レートを測定した結果、100%の試験区では裸地の 1% 程度に土砂移動レートを軽減させることができ、被覆割合を増加させると土砂移動レートが減少するとしている。同様に、佐々木ら¹⁵も、作業路が開設され搬出作業が終了した後においても、土壌表層がむき出しの作業路表面をスギ枝条で覆うことで、雨滴衝撃や表面流による細土や礫などの土砂移動を抑制する効果があるとしている。一方で、小倉ら¹⁶は、作業路の植生の経年変化は、開設後 1、2 年目は枝条を散布した方に比べ裸地の方の植生回復が早いが、3 年目には両者とも概ね同程度の植生に覆われ、5 年目には低木層と草本層ができるとともに、7 年目には、森林化状態に達したと報告している。

11 山瀬敬太郎、栃本大介ほか（2010）：間伐木を利用した筋工による森林表土の流亡抑制、日本緑化工学会誌 36(1)

12 今泉文寿、上治雄介（2012）：山岳域人工林内での土砂移動と間伐材を利用したその抑止手法、日本森林学会誌 94

13 小倉晃、小谷二郎（2011）：作業路の土砂流出抑制法—スギの枝条を散布して—、日本森林学会論文集

14 小倉晃（2012）：森林作業道の土砂流出抑制手法（スギの枝条散布）、現代林業、2012.12

15 佐々木重行、檜崎康二ほか（2007）：作業路の植生回復と土砂流出の関係、日本森林学会論文集

16 小倉晃、小谷二郎（2012）：作業路の植生回復と土砂流出の関係、日本森林学会論文集

表 2.2 文献抽出リスト

全NO	著者名	論文名	雑誌名	出版者名	出版日付	巻	号	ページ
1		水土保全機能強化調査報告書	平成2年度 水土保全機能強化調査 報告書	(財)水利科学研究所	1991-3			
4	宮崎 潤二、山上 健次ほか	異なる伐採幅の列状間伐が下層植生に及ぼす影響	九州森林研究		2011-3			64-63-65
6	金 栄顯、小野 裕ほか	林相の異なる森林における侵食土砂量	森林科学		2006-6		PD12	47-10-14
7	五味 高志	土壌浸食と森林 - 森林斜面から流域の視点へ -	森林科学		2004	37		42-37-42
8	江島 裕一、松田 正宏	水土保全林における土壌の保水効果	森林科学		2005-6			44-26-31
9	阿木 文義、阿部 和時	間伐は森林の土壌を守るのか?	日本森林学会誌		2012	94		24-30
10	今泉 文義、上治 勉	山岳域内林内土砂移動と間伐材抑止手法	日本森林学会誌		2004	86		4-349-357
11	佐藤 弘和、香澤 和彦	取壊後流石流水に含まれる腐植土濃度変化	日本森林学会誌		2006	88		1-50-59
12	佐藤 弘和	浮遊土砂の流出抑制に配慮した森林管理方法	日本森林学会誌		2005-12			42-11-50
13	佐藤 弘和	浮遊土砂の流出抑制と林床被覆管理	水利科学		2010			316-78-97
14	三浦 寛	林道の土壌浸食過程と林床被覆管理	日本森林学会誌		2002	84		2-125-129
18	酒井 秀夫、有賀 一広ほか	作業道の環境保全効果と路網整備に関する考察	現代林業		2012-12			39-41
21	小倉 晃	森林作業道の土砂流出抑止手法(スギの枝状散布)	中山県誌		2010			58-211-214
23	沼本 聖也、河井 智ほか	ヒノキ人工林強度間伐による植生被覆変化と流出土砂量	中山県誌		2003			1-15
27	西山 嘉寛	岡山県北部ヒノキ人工林土流出実験把握	水利科学		2007			52-68
28	山口 武雄	山地からの土砂流出対策としての森林・治山工を考える	森林総合研究所		2007-6	6		2-127-134
29	前田 俊一	間伐実施による水土保全機能の低い森林整備技術	日本森林学会誌		2012			120-126
30	大原 偉樹	2007 スギ人工林間伐林床変化と水土保全機能 森林総合研究所	日本森林学会誌		2001-6			32-28-33
31	中森 由美子、瀬井 忠人ほか	急傾斜ヒノキ人工林の伐替方法の違いによる細土、土砂、リター移動量の变化	日本森林学会誌		2011-2			59-137-139
33	内田 正雄	森林作業の機械化が森林環境に及ぼす影響を及ぼすのか	報告書		2004			1-22
34	長坂 有、佐藤 弘和ほか	森林作業後の林床被覆の運いが土流出に及ぼす影響	北海道林業試験場報告		1986		35	
40	平松 晋也	森林作業の変化が流域の土砂生産環境に及ぼす影響に関する実証的研究	(旧) 林学会誌		1982	64		4-136-142
42	柳井 清治、寺沢 和彦	北海道南部沿岸山地流域における土砂および有機物の流出に及ぼす影響	(旧) 林学会誌		1985	67		6-236-239
47	猪内 正雄、安達 晋代美	トラクタ集材が伐採跡地に及ぼす影響 (I) トラクタ走行による土壌の締め固めとカラマツ植栽苗木の生長	(旧) 林学会誌		1979	61		6-223-227
48	猪内 正雄、金子 智紀ほか	トラクタ集材が伐採跡地に及ぼす影響 (II) 傾斜地におけるトラクタ集材の土壌条件とスギ植栽苗木の生長	(旧) 林学会誌		1989	81		1-42-50
49	岡岡 洋、佐藤 明ほか	トラクタ集材の林床植生と造林木の生長について	(旧) 林学会誌		1988	80		3-205-213
50	堀原 規弘、塚本 次郎ほか	ヒノキ人工林における下層植生のタイプと土壌侵食危険度との関係	(旧) 林学会誌		1995	71		5-399-407
51	塚本 次郎、堀原 規弘ほか	ヒノキ人工林における下層植生の土壌侵食危険度の予測 土壌侵食強度の簡易評価における地表観察の有効性の検討	(旧) 林学会誌		1984	86		2-67-71
52	湯川 典子、恩田 裕一	ヒノキ林において下層植生が土壌の浸透能に及ぼす影響(散水型浸透計)による野外実験	(旧) 林学会誌		2001	83		3-204-210
53	恩田 裕一、湯川 典子	ヒノキ林において下層植生が土壌の浸透能に及ぼす影響(散水型浸透計)による室内実験	(旧) 林学会誌		1974	56		1-1379-385
55	小高 和朗、遠藤 治郎	雨滴侵食に関する研究 林内と林外の侵食状況と降雨因子の関係	(旧) 林学会誌		2000	82		2-132-140
56	入田 信太郎、塚本 次郎ほか	下層植生と地形に基づくヒノキ人工林の土壌侵食危険度区分	(旧) 林学会誌		1989	71		12-489-480
64	大味 新学、塚本 健二	山麓斜面の侵食に関する研究 林種および土壌の相異における降雨加達指数と侵食量の関係について	日本森林学会誌		2010	92		3-145-150
86	三浦 寛	養分土壌における養分物質の移動 (I) 細土の移動	日本森林学会誌		2005	87		5-387-393
92	塚本 次郎	林地斜面における養分物質の移動 (II) 細土の移動	日本森林学会誌		2011	93		6-288-293
98	平岡 真合乃、恩田 裕一ほか	ヒノキ人工林における浸透能に対する下層植生の影響	日本森林学会誌		2008	80		4-282-286
99	日浦 啓全	ヒノキ人工林斜面における養分土砂の動態に関する研究	日本森林学会誌		2010	92		3-171-175
101	加治 隆、吉田 茂次郎ほか	九州全域の再造林放棄地における侵食・崩壊および植生回復阻害の状況評価	日本森林学会誌		2006	88		4-231-239
104	大野 泰宏、藤合 博貴ほか	森林のバイオマツトがもたらす濁水ろ過機能の定量的評価に向けた予備的実験	日本森林学会誌		2008	90		4-261-268
105	市川 裕子、落合 博貴	森林斜面の濁水ろ過機能に関する水理実験	日本森林学会誌		2006	88		4-231-239
108	石川 英夫、渡辺 直史ほか	土壌保全からみたヒノキ人工林の下層植生の動態と植生管理と土壌侵食量の関係	日本森林学会誌		2006	88		4-231-239
109	阿部 友幸、佐藤 弘和	丹波野平地区のシカによる林床植生衰退における林床植生と土壌侵食量の関係	日本森林学会誌		2008	90		2-84-90
113	阿部 友幸、佐藤 弘和	土壌保全からみたヒノキ人工林の下層植生の動態と植生管理への応用	日本森林学会誌		2010	36		1-9-14
114	山瀬 敬太郎、坂本 大介ほか	間伐木を利用した筋工による森林土壌の浸透能に及ぼす影響	日本森林学会誌		2007-8	55		8-16-19
117	恩田 裕一	間伐木の荒廃による表面流出の発生および細粒土砂の河川への流出	地盤工学					

全NO	著者名	論文名	雑誌名	出版者名	出版日付	巻	号	ページ
124	橋本 徹, 相澤 州平ほか	林業機械の走行回数と枝葉量の違いが土壌圧密に与える影響	日林北支論	北方林学会	2013-2		61	107-108
132	西山 嘉寛	岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表土流出の研究(I) 月侵食土砂量と降雨因子との関係	森林応用研究	応用森林学会	2003	12		47-52
133	西山 嘉寛	岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表土流出の研究(II) 年侵食土砂量の予測	森林応用研究	応用森林学会	2003	12		53-58
134	西山 嘉寛	岡山県におけるヒノキ人工林の表面侵食と表土流出の研究(III) 月地表流出量と降雨因子との関係	森林応用研究	応用森林学会	2003	12		59-63
135	藤孝夫, 植葉 康喜ほか	夏緑林伐採跡地の植生回復(I) - 皆伐, 疎処理後一年目のスズクケと表土固体系	日林九支論	九州森林学会	1991-9		44	15-16
136	山田 廣裕, 藤本 信隆	間伐による下層植生および表層土壌の流出に与える影響	日林九支論	九州森林学会	2001-3		54	79-80
137	田内 裕之, 中作 友郎	間伐による林床植生変化(I) - 伐採後の経過時間が異なる林分間の比較 -	日林九支論	九州森林学会	1988-8		44	105-106
143	佐々木 重行, 宇島 信行ほか	再造林放棄地内の作業路, 法面および伐採跡地での土砂移動について	九州森林研究	九州森林学会	2009-6		62	206-207
144	阿部 俊夫, 佐々木 尚三ほか	作業道を通じた間伐林分からの漂流土砂流入 - 生田原国有林の事例 -	北林研		2014-2		62	91-94
147	藤宮 佳樹, 稲垣 善之ほか	四国地方のヒノキ人工林における間伐が表層土壌の物理性に及ぼす影響	森林応用研究	九州森林学会	2011	20		119-26
157	大木 健司, 長島 啓子ほか	長期経過再造林放棄地における植生回復と土の要因	森林応用研究	九州森林学会	2010-3		63	46-49
158	小山 敬	鳥取県におけるいくつかの表層土壌の特性 林道開設と表層土壌の移動	森林応用研究	九州森林学会	2001	10		111-113
160	平井 敬三, 岩川 進幸ほか	博覧林施業初期段階における表層土壌の移動	日林関西支論	九州森林学会	1992	1		91-94
163	野田 亮, 高木 潤治ほか	林地における土砂の移動に関する研究(I) - 林況と土砂の移動 -	日林九支論	九州森林学会	1990-9		40	201-202
168	藤森 雅朗	間伐はなぜ必要か	森林科学	日本森林学会	2005-6		44	4-8
171	江藤 幸乃, 加納 研一ほか	スギ人工林における間伐による種多様性の回復 - 間伐直後の広葉樹侵入過程 -	日本森林学会論文集	日本森林学会	2006		PB28	
172	小林 理志, 菅原 泉ほか	スギ人工林間伐区と広葉樹二次林区における土壌流失量の比較	日本森林学会論文集	日本森林学会	2008		A28	
173	沼本 晋也, 湯美 功介ほか	ヒノキ人工林における強度間伐後の下層植生被覆と流出土砂量	日本森林学会論文集	日本森林学会	2008		P2603	
174	福山 義治郎, 恩田 裕一ほか	ヒノキ人工林における侵食位置推定	日本森林学会論文集	日本森林学会	2007		M25	
179	宮井 秀一, 小杉 賢一朗ほか	ヒノキ林斜面において下層植生が土壌侵食に及ぼす影響の解析	日本森林学会論文集	日本森林学会	2008		I26	
180	横井 秀一, 澤邊 仁彦ほか	下層植生が選定したヒノキ人工林における間伐後2年間の下層植生の变化	日本森林学会論文集	日本森林学会	2008		P1c07	
182	高橋 由佳, 安田 洋ほか	皆伐されたスギ人工林における伐出跡跡の土壌特性と植生構造	日本森林学会論文集	日本森林学会	2009		D16	
185	伴 博史, 北原 曜ほか	間伐が防草防止機能に及ぼす影響	日本森林学会論文集	日本森林学会	2010		E22	
186	中井 裕太郎, 小野 裕ほか	間伐が根系の崩壊防止機能に及ぼす影響	日本森林学会論文集	日本森林学会	2007		M24	
188	森田 由美子, 滝井 忠人ほか	間伐強度の違いがヒノキ人工林の林地表層物質の移動量と下層植生に与える影響	日本森林学会論文集	日本森林学会	2009		Pb2-40	
189	横井 秀一, 井川 原一ほか	間伐後数年を経過したヒノキ人工林の林地表層物質の移動	日本森林学会論文集	日本森林学会	2005		PA039	
190	伊藤 万里絵, 宮内 さやかほか	間伐方法, 施業方法の違いにおける土壌流失量と下層植生の関係	日本森林学会論文集	日本森林学会	2006		E27	
199	山川 博美, 伊藤 智	再造林放棄地の植生回復	日本森林学会論文集	日本森林学会	2005		IE12	
200	佐々木 重行, 津田 誠栄ほか	作業道における土壌物理性と土砂移動	日本森林学会論文集	日本森林学会	2006		PG33	
203	佐々木 重行, 相崎 誠二ほか	作業道による作業道の土砂流出防止効果	日本森林学会論文集	日本森林学会	2007		P3e39	
204	小倉 晃, 小谷 二郎	樹種および間伐率の違いが表土流出に及ぼす影響	日本森林学会論文集	日本森林学会	2009		Pb2-39	
205	恩田 裕一, 浅井 宏紀ほか	樹種による表層侵食量・表土流出量と土砂の運い	日本森林学会論文集	日本森林学会	2008		I27	
207	伊藤 哲, 山川 博美ほか	小面積皆伐施業が行われたスギ林の下層植生	日本森林学会論文集	日本森林学会	2005		PA040	
225	初嘉, 石川 芳治ほか	丹沢堂平地区における土壌侵食と表土流出の土壌浸食量と/タテ・植生被覆率	日本森林学会論文集	日本森林学会	2009		F04	
232	金 栄樹, 北原 曜	林況別によるヒノキ林の侵食土砂量	日本森林学会論文集	日本森林学会	2007		P2e23	
234	谷口 真吾	列状間伐の伐採跡地に再生した林床植生の变化	日本森林学会論文集	日本森林学会	2005		IE01	
235	宮田 秀介, 小杉 賢一朗ほか	流水性を伴ったスギ人工林斜面における表土流出の発生に及ぼす影響の解析	日本森林学会論文集	日本森林学会	2006		PD09	
239	小倉 晃	スギ林における表土被覆と斜面長が土砂流出に及ぼす影響 日林論121-pa1-29	日本森林学会論文集	日本森林学会	2010			
241	上野 浩	間伐をおこなったスギ人工林における林床植生と土砂移動量 日林論122 Pa1-27	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011			
242	今泉 文孝	急傾斜人工林内における土砂移動とその抑止法 日林論122-pb1-54	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011		G04	
243	小山 敬	急傾斜作業道から災害を出さないための注意点	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011		G02	
245	海老 正博	広葉樹林地斜面でも崩壊・土石流が集中発生した広島県原市での豪雨災害の特徴	日本森林学会論文集	日本森林学会	2012			
247	小倉 晃, 小谷 二郎	作業道の植生回復と土砂流出の関係 日林論123-pb056	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011			
248	小倉 晃, 小谷 二郎	作業道の土砂流出抑制法 日林論122 Pb1-55	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011			
250	野口 麻穂子, 宮本 和樹ほか	施業後10年を経過した針葉樹人工林帯状伐採地における広葉樹の更新状況 日林論122Pa1-25	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011			
256	上野 浩, 青藤 正一	人工林の広葉樹林化にともなう公益的機能の喪失 日林論123-pa129	日本森林学会論文集	日本森林学会	2012			
259	大木 健司, 長島 啓子	長期経過再造林放棄地における植生回復に関する研究 日林論121 Pb1-49	日本森林学会論文集	日本森林学会	2010			
260	三浦 寛	土砂受け箱による急傾斜林地における土壌侵食速度の変動範囲 日林論122-B09	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011			
264	古川 邦明, 横井 秀一ほか	林内走行による皆伐集材の土壌への影響 日林論122 Pb1-84	日本森林学会論文集	日本森林学会	2011			
271	小倉 晃, 小谷 二郎	林況および下層植生被覆が異なる人工林の土壌流失量(石川県林試報告40)	石川県林業試験場研究報	石川県林業試験場	2008-4	40		27-28

第3項 主な文献の抄録

(1) 荒木誠、阿部和時(2005)：間伐は森林の土壌を守れるか?、森林科学 44

地表面侵食が降雨の雨滴衝撃と流出する雨水の流れによって引き起こされることから、基本的に降雨量や降雨強度に強く支配されていると推察される。しかしながら、必ずしも年降水量が大きい森林の地表面侵食量が大きいとは限らない。また、傾斜の急な森林で侵食量が大きいと予想され、実際に斜面の傾斜が約 30 度を超えると地表面侵食量が急激に大きくなるという事例が多数報告されているが、一方で急傾斜地でも侵食量の小さい森林もある。このようなことから、地表面侵食は、それを引き起こす要因だけでなく、侵食の受け易さの強弱が大きく影響していると考えられる。多くの調査事例から、下層植生の現存量の多い森林では地表面侵食が抑制されていることが示されている。また、Miura(2003)は、林床の植生と落葉落枝などの地表有機物による林床被覆が、表層土壌の侵食防止に有用であることを明らかにしている。間伐の実施で地表面侵食が減少した事例は、間伐時に林床に残される枝条による地表保護や林床の光環境を改善したことによって繁茂した下層植生の被覆によるものと考えられる。

一方、土壌層全体が流出する崩壊に関しては、間伐が間接的にもたらす地表保護効果では抑制できるものではない。森林状態と崩壊発生に関する統計調査では、間伐がまだ行われないう 10 年生以下、あるいは第 1 回自の間伐が行われる頃の 20 年生以下の林分で崩壊発生が多いことが明らかになっている。崩壊防止機能に対する間伐の影響は 20 年生以上の林分で表れるので、間伐の実施や間伐遅れという問題よりも、若齢な状態の林分が存在していることが、崩壊防止という点では問題となる。言い換えれば、間伐が行われる約 20 年生以上の林齢に達すれば、よほど強い間伐を行わない限り、崩壊が発生しやすい状態にはなりにくいと推察できる。間伐回数を多く実施した林分では 20~35 年生以上の壮齢期に非間伐林分よりも崩壊防止力が低くなる傾向が示されたが、これは、主林木であるスギの根系のみによる崩壊防止力を推定したためである。実際には、間伐を複数回実施して形成された疎な林分では下層木が侵入するため、下層木の根系が崩壊防止力の低下を補う役割を果たすのではないかと推察している。

以上のように、シミュレーション結果から考えると、間伐の実施によって崩壊防止力を高めると考えるのではなく、間伐によって病虫害や風害、気象害等に対する抵抗力の強い健全な森林を育成し、その健全な森林が持つ崩壊防止力によって崩壊を未然に防止すると考えることが合理的と思われる。なお、シミュレーション結果を中心に検討してきたが、現在のところ崩壊現場から得られた間伐の実施と崩壊発生の関係を示す実証的データがなく、両者の関係を明確に示すことはできないと考えている。今後、山地災害現場の調査等からこれらのデータを収集、解析した上で再度検討を加える予定である。

(2) 横井秀一、井川原弘一ほか(2005)：間伐後数年を経過したヒノキ人工林の林床植生、日本森林学会論文集

ヒノキ人工林では、林冠の閉鎖に伴う下層植生の衰退による表土流亡が問題となっている。そのため、ヒノキ林の間伐にはヒノキの保育効果だけではなく、林床植生の保全・再生に対する期待が大きい。しかし、間伐されたにもかかわらず林床植生に乏しいヒノキ林がみられ、「間伐すれば必ず林床植生が発達する」というわけではないことが推察される。そこで、間伐後数年を経過したヒノキ林の林分構造と林床植生を調査し、林分構造や間伐条件と林床植生の関係について検討した。

調査地は、岐阜県中濃地域・東濃地域の間伐後の経過年数が 1~7 年のヒノキ人工林(林齢 20~37 年;一部は林齢不明) 20 林分である。調査は、上層のヒノキの毎木調査と林床植生の調査、地表面の観察を行った。ヒノキの毎木調査では、調査区(84~209 m²)内のヒノキの胸高直径、樹高、枝下高を測定した。また、直近の間伐によって伐採された間伐木の伐根の直径を測定した。間伐木の胸高断面積合計は、伐根の直径を胸高直径に読み替えて計算した。林床植生の調査はプロットレス、あるいは 10 m²の方形区 1 つか 1 m²の方形区 5 つを設置して行った。いずれの場合も、地上高 0.3m と 2m とで植生を 3 層に分け、それぞれの層における植被率(百分率)と出現種ごとの被度(6 階級)を記載した。地表面の観察では、ヒノキの細根の露出の有無、石礫などを頂部に載せ

た土柱の有無などから表土流亡の発生状況を把握した。

表土流亡の発生状況は、その痕跡が全くみられなかった林分から、顕著な痕跡が確認された林分まで様々であった。これらのことから、間伐しても林床植生が発達しない林分があること、また表土流亡が発生している林分のあることが明らかになった。林床植生の植被率と表土流亡の発生状況を比較した結果、植被率合計が小さいほど表土流亡の発生が顕著であるという関係がみられた。そこで、ヒノキ林の林分構造を表す各種の数値や間伐の状況を示す数値と植被率合計との関係を検討した。これらの結果から、間伐は林床植生の発達にプラスの影響を及ぼすものの、間伐後の林床植生の発達程度は間伐だけでは説明できないと考えられた。植被率合計の大きい場合は、ササやウラボシが優占するか、間伐時に刈り払われたとみられる木本植物の萌芽が優占する場合であった。これらを含め、調査林分に出現した林床植生のほとんどは間伐時に既に存在したとみられるものであり、間伐後に発生したとみられる植物は少なかった。以上のことから、間伐時に林床植生が衰退しているヒノキ林では、間伐による速やかな林床植生の再生は期待できないと考えられた。したがって、ヒノキ人工林施業では、常に林床植生を維持するような森林管理が重要である。

(3) 伊藤万里絵、宮内さやかほか(2006)：間伐方法・施業方法の違いにおける土壌流亡量と下層植生の関係、日本森林学会論文集

近年間伐などの手入れ・管理不足が日本の人工林の問題となっている。そのような山では森林の元来あるべき国土保全機能が十分に発揮できず、台風や集中豪雨にひとたび見舞われると土砂災害や地力の低下を招く恐れがあると懸念されている。そこで本研究では森林の国土保全機能に着目し、土壌流亡を調査対象とした。そしてその抑止効果の高いものとして林床植生に視点を向け、土壌流亡量との関係を探った。

調査地は東京都奥多摩町にある東京農業大学奥多摩演習林内の35年生のスギ人工林を用いた。奥多摩試験地は点状間伐区で本数間伐強度を変えたプロット(0%、20%、40%、60%)の中に土砂受け箱を15個ずつ設置した。回収した土壌はふるい分けを行い80℃・24時間乾燥をして全乾状態で質量を測定した。また、各プロットの箱前0.5m×0.5mの植生調査を毎月行い、植被率・優占植物種などを調べた。

間伐率と土壌流亡量との関係をみると、間伐率が上がるごとに土壌流亡量が減少している傾向が見られた。各プロットの流亡量と平均植被率との関係をみると、間伐率の上昇によって植被率が上昇し、それにもなって土壌流亡量が減少した。被度が80%以上を占めた植物種としてクサコアカソ・ニガイチゴ・ヤマミズがあげられた。各プロットの月間流亡量と月間降水量との関係をみると、降雨量の上昇と流亡量の上昇が同様の変化を示し、間伐率0%区と20%区では変化が著しく大きかった。しかし、間伐率40%区と60%区ではその変化が小さかった。土壌流亡量は植被率の増加にもなって、減少がゆるやかになるが0にはならなかった。そのため、植物による流亡の抑止効果には限界があると考えられた。減少が緩やかになるのは植被率60%あたりであるので、奥多摩試験区では植被率60%以上あれば流亡抑止効果を発揮する植物量として十分であると推測でき、また逆に植被率60%未満ではそのことが流亡因子として影響が大きいということが考えられた。植被率60%にあたる相対照度を今現在の奥多摩試験区において求めると、相対照度14%との結果が得られた。このことから奥多摩間伐試験区において、相対照度を14%以上に仕立て、保つことが流亡抑止を最大かつ作業面でも効率的・経済的発揮する林分にすることを目的とした時に望ましいとの推定ができた。

以上より、植物による土壌流亡抑止効果の関係をみてきたが、流亡を生じさせる因子はさまざまあり、それが複雑に絡み合っている現象であるといえる。また、植物との関わりにおいては植物を量としてとらえたり、植物と降雨との関係をさらに調べたりする必要がある。流亡の原因は地表面でおこる現象だけではなく、地下部の土壌構造や植物根・水分環境も関わりが強いと考えられるので、さらに調査・観測を続けて調べていき、流亡因子の関わり方の強弱関係などを明らかにしていきたい。

(4) 橋本徹、相澤州平ほか(2013) : 林業機械の走行回数と枝条量の違いが土壤圧密に与える影響、北林研 61

森林林業再生プランでは、森林の多面的機能を維持・増進しつつ低コストで実施可能な森林施業技術が求められており、そのために路網の充実や高性能林業機械の導入、地域の特徴を考慮した実用的な作業システムの構築が必要とされている。しかし、この作業システムは、大型機械が林内を直接走行して作業を行う仕組みであり、立地環境に与える影響が大きくなることが懸念される。そこで、本研究では、北海道内の森林において、林業機械が林内走行した場合にどの程度の林地攪乱が生じるのかを明らかにするために、機械の走行回数と林地に散布する枝条量を変えて、土壤圧密に与える影響を調べた。

調査は、トドマツ人工林(1973年植栽、1997年列状間伐)で行った。調査地は傾斜度4度の平衡斜面で、Bl_D型の土壤だった。等高線と平行に、植列間に2本の走行列(A、B)を設定した。それぞれの走行列に重枝条区、軽枝条区、無枝条区を設定した。重枝条区には生重量15 kg/m²、軽枝条区には5 kg/m²の枝条を散布した。林業機械は、フェラーパンチャを装着したクローラ型の油圧ショベルで、総重量は13,380kgだった。この機械を、それぞれの走行列で5往復させた。それぞれの調査区の山側の轍に、土壤の貫入抵抗を測定する地点を3カ所設定した。それぞれの測定地で、走行前と各往復後に貫入抵抗を測定した。測定には、デジタル貫入式土壤硬度計を用いた。

土壤深に伴う貫入抵抗の変化をクラスター分析したところ、0~12cm、13~21cm、22~44cm、45~54cm、54~60cmの部分集合に分類された。0~21cmでまとめて表層とし、表層と22~44cmの次表層について、それぞれ平均した値で解析を行った。走行列Aの0~21cm平均の軽枝条区で走行回数が増えるにつれて土壤の貫入抵抗が高くなった以外は、走行回数が増えても貫入抵抗が高くなる傾向は見られなかった。枝条量の効果については、走行列Aの0~21cm平均と走行列Bの22~44cm平均で有意な効果として検出された。しかし、枝条量ごとの土壤貫入抵抗値を比較すると、走行列Aの0~21cm平均では軽枝条区が、走行列Bの22~44cm平均では重枝条区が最も高くなっていた。どちらも走行前から高い貫入抵抗値を示しており、枝条量の違いが土壤圧密に影響したと考えるよりも、処理区自体の固さの差異によるものと考えられる。既報では、機械の走行回数が増えるにつれて土壤圧密の度合いが高まる、または、枝条を散布すると土壤圧密が緩和される、と言われている。しかしながら、本研究では、表層の0~21cm平均で走行回数の効果が認められた以外には、通説に合致するような傾向は認められなかった。処理区によって元の土壤の固さが異なったことや、1処理区につき3回測ったデータ間のばらつきが大きかったこと等も影響しているのではないかと考える。逆に考えると、本研究では、機械走行の土壤に対する影響は、土壤自体の固さやその空間的な不均一性によってマスクされる程度だったとも言える。

(5) 古川邦明、横井秀一ほか(2011) : 林内走行による皆伐集材の土壤への影響、日本森林学会論文集

長良川最上流部の郡上市高鷲町(旧高鷲村)東部の標高800~900mにかけての高原地帯には、アカマツの一斉林が多く見られる。この地域は寒冷なため、これまで松食い虫被害の危険性は無いと考えられてきた。しかし、近年マツ枯れ被害は標高の高い林にも広がりつつあり、長良川流域でも標高700m程度まで被害が確認された。これに危機感を持った林家が、2009年からアカマツ林を皆伐し、グラップルローダを林内に入れて集材した後に、ヒノキを植栽したところ、グラップルローダ走行跡に植えられたヒノキが集団で枯れる被害が発生した。県内は平坦な林地は少ないが、高密度路網整備を進めていることもあり、一部平坦な場所では、択伐や皆伐で直接重機を林内に入れて集材することも予想される。そこで、グラップルローダ走行による土壤への影響を明らかにするため、走行跡の土壤貫入強度と土壤理化学性の変化について調査した。

事業地は、46年生のアカマツ人工林約2.5haをチェーンソーで伐採し、グラップルローダの林内走行により全幹集材が行われた。このうち0.9ha分の素材材積約400m³を集材したグラップルローダの走行跡とその横の走行していない箇所(以下、走行区、非走行区)に調査区を設定した。また、事業地に隣接したアカマツ林内に対照区を設定した。

○土壤貫入強度測定：貫入式土壤硬度計（Daiki 製 DIK-5521）を用いて、走行区と非走行区の各 11 点の土壤貫入強度を 2.5cm 毎に深さ 60cm まで測定した。

○土壤理学性調査：100cc 円筒（Daiki 製 DIK-1601 使用）により、走行区と非走行区の各 6 箇所、対照区 2 箇所の土壤深 10cm と 20cm から土壤を採取し、土壤理学性（容積重、最大含水量、粗孔隙量、細孔隙量、最大含水量、最小容積量、三相組成）を計測した。

土壤の貫入抵抗の計測結果によると、グラップルローダの繰り返し走行によって、土壤が締め固められ、走行区の貫入抵抗は大きくなっていると予想したが、非走行区との差は認められなかった。走行区の土壤深さ 50～60cm で貫入抵抗が大きくなっているが走行によるものかは確認できていない。土壤理学性の調査結果については、走行跡は、10cm、20cm 深ともに全孔隙量に差はないが、粗孔隙量は減少、細孔隙量は増加した。特に走行区の 20cm 深では、粗孔隙量が非走行区の 50%程度となっている。林内走行により粗孔隙量が大きく減少し、苗の成育に必要な水分条件が悪化したことが枯れた原因の一つと考えられる。

（6）初磊、石川芳治ほか（2009）：丹沢堂平地区における土壤侵食対策工の土壤侵食量とリター・植生被覆率、日本森林学会論文集

神奈川県東丹沢の堂平地区ではシカの採食により林床植生が衰退することに伴ってリター堆積量が減少し、土壤侵食が広い範囲において進行している。土壤侵食を抑制するため、2005 年 12 月（A 群）および 2006 年 10 月（B 群）に堂平地区において各種の土壤侵食対策施設の試験施工が実施された。本研究では、施工された各種の土壤侵食対策工について、リター・植生被覆率と土壤侵食量との関係を解析し、林床被覆率が土壤侵食量に与える影響を明らかにする。

試験施工場所は神奈川県愛甲郡清川村の東丹沢の堂平地区であり、標高は約 1150～1225m である。林床植生が衰退した斜面において 9 種類の対策施設が計 53 個設置された。このうち 31 箇所について土壤侵食を測定するために試験区画（幅 2m×長さ 5m、一部は幅 2m×長さ 2.5m）が設置された。さらにこれらの対策工法設置箇所と比較対照するために、無施設の地点に土壤侵食測定用の試験区画（幅 2m×長さ 5m）が 13 箇所設置され、合計 44 箇所の追跡調査用の試験区画が設置された。この 44 箇所の試験区画を対象に、2006 年 4 月から 2008 年 11 月まで各区画で土砂捕捉マットによる土壤侵食量・リター流出量とリター・植生被覆率を測定した。

無施設の試験区画について、2006 年から 2008 年までリター・植生被覆の増加に伴い、土壤侵食量が減少する傾向が見られた。また、植生被覆率より、リター被覆率の増加が大きかった。対策工については、植生被覆率より、リター被覆率の増加が大きかったが、土壤侵食量の変化は小さかった。全体的には、植生およびリター・合計被覆率が増加するに伴い、土壤侵食量が減少している。

（7）小倉晃、小谷二郎（2011）：作業路の土砂流出抑制法—スギの枝条を散布して—、日本森林学会論文集

近年、低コスト作業システムの構築のために路網整備が盛んに進められてきている。このうち、林業機械の使用を前提として作設されてきた作業路は、次回作業まで裸地状態のまま使用されない事例も多い。このような作業路には排水施設なども設置していないことから、多くの土砂が流出しており、公益的機能の低下が懸念される。そこで、本研究は作業路からの土砂流出の実態と土砂流出を抑制するために路面をスギの枝条で被覆した効果について検討した。なお、本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の一環である。

作業路からの土砂流出量の把握のため、石川県林業公社岩本造林団地（石川県能美市）で平成 21 年の 10 月末に開設された作業路表面に斜面長 4m の囲い枠を設置して土砂受け箱を設置し、土砂流出量を測定した。また、その抑制法を確立するために路面を伐採・枝払いしたスギの枝条で被覆し、被覆割合を 3 分の 1 程度、3 分の 2 程度、100%（整地後に散布）、100%（整地せず散布）にし、同様の方法で測定を行った。林分からの土砂流出量は間伐した林内および隣接する無間伐林に土砂受け箱を設置し、測定を行った。土砂流出量測定期間は 2009 年 11 月 10 日から 2010 年 11 月 8 日までである。移動した土砂は 2 週間から 1 ヶ月毎に回収し、有機物、石礫（2mm 以上）、細土（2mm 以下）に区分し、それぞれの乾燥重量を測定した。また、降水量は作業路横の広場で測

定した。なお、土砂流出の強度は Miura et al.が定義した物質移動レート（斜面幅 1m降水量 1mmあたりの物質移動量 $\text{gm}\cdot\text{lmm}\cdot\text{l}$ ）を用いて評価した。

測定の結果を回収時期の路面状態から①開設直後（2009年11月10日から12月8日）、②1年目前半（下層植生が出現する前、2010年3月29日から7月1日）、③1年目後半（下層植生が出現し始めから、2010年7月1日から11月8日）に区分する。測定の結果、いずれの試験区も開設直後に土砂が多く移動し、年月と共に減少した。路面を枝条で100%被覆した場合、土砂移動量は林分と同程度であった。裸地は林地の百倍近く多くの土砂が移動した。また、被覆率3分の1程度、被覆率3分の2程度の土砂移動量は、整地し100%被覆した場合の5~12倍、6~8倍多く移動した。このように被覆量が増加するにつれ土砂移動量は減少した。なお、100%を被覆した場合、整地していないほうが初期の土砂移動量は少ないが、その差はわずかである。以上のことから、裸地状態の作業路からは林分の百倍以上の土砂が流出しており、路面表面を枝条等で覆うことで土砂の流出は抑制することができ、被覆率が高いほど土砂流出抑制力が高かった。

（8）小倉晃、小谷二郎（2012）：作業路の植生回復と土砂流出の関係、日本森林学会論文集

近年、低コスト作業システムの構築のために路網整備が盛んに進められてきている。このうち、林業機械の使用を前提として作設されてきた作業路は、次回作業まで使用されない事例も多い。残置された路面は裸地状態の場合が多く、土砂流出は使用直後には多く、植生の回復と共に収束すると考えられる。また、残置した作業路からの土砂流出を抑制するために、路面に枝払いした枝条を散布した影響は、植生回復にどのような影響をあたえるのか、植生がどのくらい回復すれば土砂の流出は収まるのか等の疑問点がある。そこで、作業路の植生回復の経年変化について裸地状態の作業路と枝条散布の作業路で調査し、また、植生回復と土砂流出の関係について調査を行った。なお、本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の一環である。

作業路開設後の植生回復を調査するために、石川県内の開設後1、2、3、5、7年目の作業路（裸地と枝条を散布した路面）において、数十m間隔で全横断を50cm×50cmの枠を設け、ポイントカウンティング法による路面被覆状態、および、1m×1mの枠を設け、目視によるリター・植生の被覆度、高さ、植物の種類を調査した。また、植生調査を行った開設年の異なる作業路に斜面長4mの枠を設け、土砂受け箱により土砂流出量を測定した。測定期間は、2010年10月27日~12月1日の約1ヶ月間で、移動した土砂は回収後、有機物、石礫（2mm以上）、細土（2mm以下）に区分し、それぞれの乾燥重量を測定した。また、降水量は調査地近隣の石川県土木部観測の雨量データを使用した。

作業路の植生の経年変化は、開設後1、2年目は枝条を散布した方に比べ裸地の方の植生回復が早い。3年目には両者とも概ね同程度の植生に覆われ、5年目には低木層と草本層ができるとともに、7年目には、森林化状態に達した。土砂流出の経年変化を調べたところ時間の経過とともに流出は少なくなったが、裸地の場合、開設当初から2年目までは枝条を散布した場所よりも多くの土砂が流出した。植生が回復する3年目には、両者ともほぼ同程度の土砂流出量となり、スギ林の平均的な土砂流出量以下となった。

第5節 現地実態調査

第1項 調査地の概要

平成26年度に選定した現地実態調査地のうち、今年度は塩那森林管理署管内において現地実態調査を実施した(表2.3、図2.1)。塩那森林管理署管内の国有林野は、次に示す特性を有している。

塩那森林管理署(明治22年開設)は、大田原市にあつて栃木県北部に位置する7市町(大田原市、那須塩原市、矢板市、那須烏山市、那珂川町、塩谷町、那須町)の国有林、約4万1千haを管理している。管内の中央部を関東随一の清流として知られる那珂川が流れている。北西部地域は活火山の茶臼岳を中心とした那須火山群や、大佐飛山、釈迦ヶ岳等の高原山麓地形を形成し、豊かな自然環境と魅力的な山岳景観を背景に、日光国立公園や国及び県指定の自然環境保全地域に指定されている。高速交通網の利用により首都圏から短時間で到達でき、温泉、溪谷、豊かな森林景観など豊富な観光資源に恵まれていることから、自然探勝、スキー、登山など森林を利用したレクリエーション・保健休養の場として多くの人に利用されている。一方、東部、南部地域の八溝地区、高原地区は従来から木材生産が盛んでスギ、ヒノキの優良材が生産されている。また、総面積の83%が水源かん養を主体とした保安林に指定され、下流都市部等の水源として重要な役割を担っている。このように管内国有林には色々な森林があり、その役割別の内訳は公益林が総面積の95%(水土保持林54%、森林と人との共生林41%)、資源の循環利用林が5%となっている。塩那森林管理署では、こうした森林の働きを発揮させるために様々な取組を行い「国民の森林」づくりを進めている。

現地実態調査を実施した箇所は、南西部の高原地区(矢板担当区、玉生担当区)で、那珂川流域の標高400~900mの範囲に位置する。

表2.3 現地実態調査地

管 理 署	地 形 (起伏)	地 質	気 象		調 査 年 次
			年平均降水量 (mm)	年平均気温 (℃)	
茨 城	小	花 崗 岩	1,400	13.1	H27
磐 城	小	花崗岩質岩石	1,428	12.9	H27
利根沼田	大	凝灰角礫岩	1,099	11.6	H28
吾 妻	中	安 山 岩	1,275	11.9	H28
塩 那	大	安山岩質凝灰岩	1,482	12.5	H29
(白 河)	中	安山岩質岩石	1,393	11.3	中止
棚 倉	小	花崗岩質岩石	1,423	11.5	中止
(南会津)	中	安山岩質溶結凝灰岩	1,416	9.5	中止

注1:()書きは支署

注2:地形・地質は土地分類図(国土交通省国土調査課)による主なもの

注3:気象は森林管理署等最寄り観測所の平均値

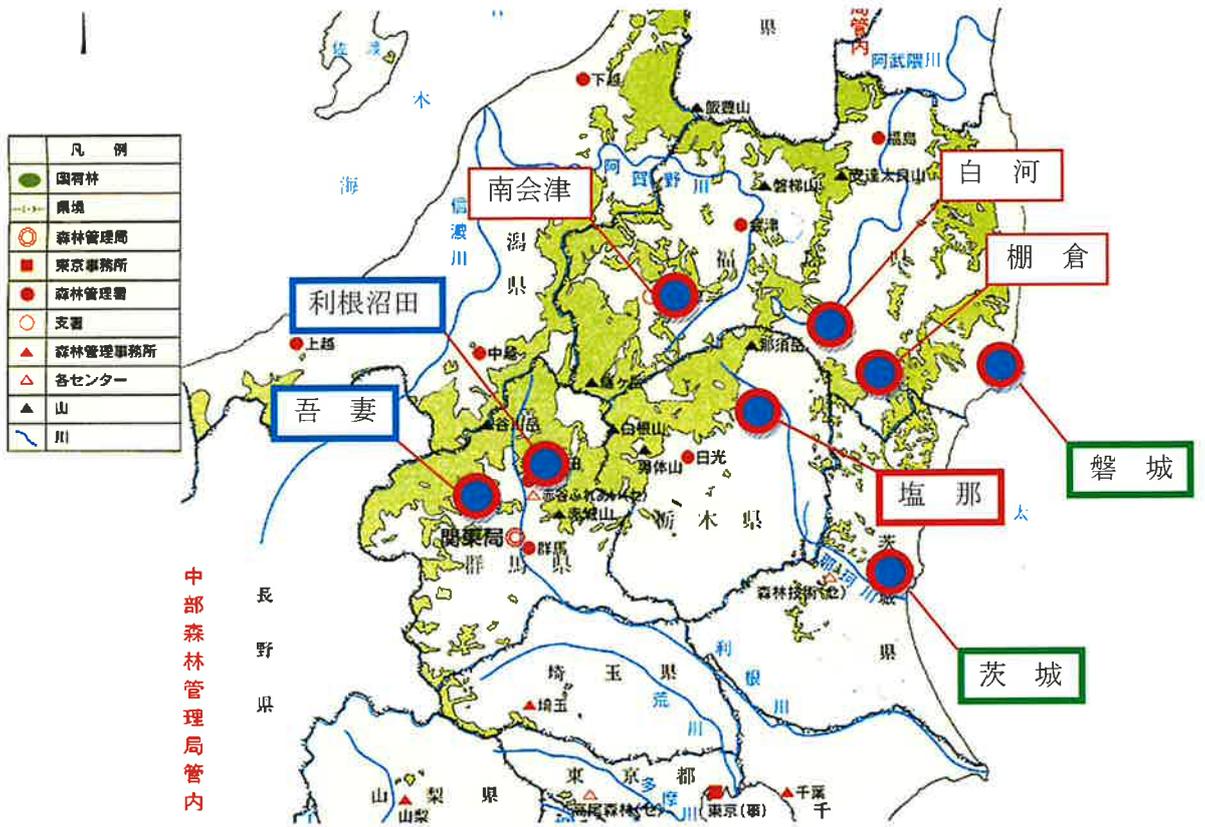


図 2.1 森林管理署等の位置図

第2項 調査地の選定

塩那森林管理署管内における現地実態調査地を次の事項に留意して選定した。

- ① 伐採方法：現在最も多く実施されている間伐、及び今後増加すると考えられる主伐（皆伐）を実施した箇所を調査地としてそれぞれ選定する。
- ② 作業年度：皆伐及び間伐の作業を実施した年度ごとに調査地を選定した。具体的には、作業直後（平成28年度）、作業3年後（平成26年度）、作業5年後（平成24年度）、作業10年後（平成19年度）を原則とした。
- ③ アクセス：調査を効率的に実施するため、アクセスの良好な調査地、及び調査地間の移動が容易な箇所を地元業者への聞き取りの上、あらかじめ机上で選定した。
- ④ 荒廃状況：調査を効果的に実施するため、地元業者への聞き取りの上、伐採等の作業により林地が荒廃している箇所を選定した。ただし、この点に関する明確な情報は聞き取り調査ではあまり得ることができなかった。

以上の検討の結果、塩那森林管理署の矢板担当区及び玉生担当区内の国有林をそれぞれ調査地として選定した（表2.4、図2.2～図2.7）。

表 2.4 現地実態調査地（塩那森林管理署）

施業	年度	事業地	林小班	面積 ha	材積 m3	林齢	樹種	施業種別	施業細別
皆伐	H19	(該当無し)							
	H24	玉生	332と1	2.52	1,111.44	43	スギ、ヒノキ、アカマツ、L	-	-
			332と2	8.87	3,870.30	43	スギ、ヒノキ、アカマツ、L	-	-
	H26	矢板	333え	14.37	6,906.35	45	スギ、ヒノキ、サワラ、カラマツ、アカマツ、L	-	-
H28	玉生	331は1	0.54	313.31	51	スギ、ヒノキ	-	-	
間伐	H19	玉生	342つ	0.62	57.27	36	スギ	経常間伐	保育間伐(活用品)
			344ろ	12.22	1,257.60	45	スギ、ヒノキ	列状間伐	保育間伐(活用品)
	H24	矢板	370つ	0.64	102.88	52	スギ	経常間伐	保育間伐(活用品)
			370ち2	0.11	197.04	53	スギ、ヒノキ	経常間伐	保育間伐(活用品)
			370た1	1.31	148.38	55	ヒノキ	経常間伐	保育間伐(活用品)
			371へ	0.70	112.55	52	スギ	経常間伐	保育間伐(活用品)
	H26	玉生	342な	4.62	593.68	48	スギ	高齢級間伐	保育間伐(活用品)
H28	矢板	363い1・い2	2.16	231.83	67	スギ、ヒノキ	高齢級間伐	育成受光伐	

図 2.2 調査地位置図（塩那森林管理署）

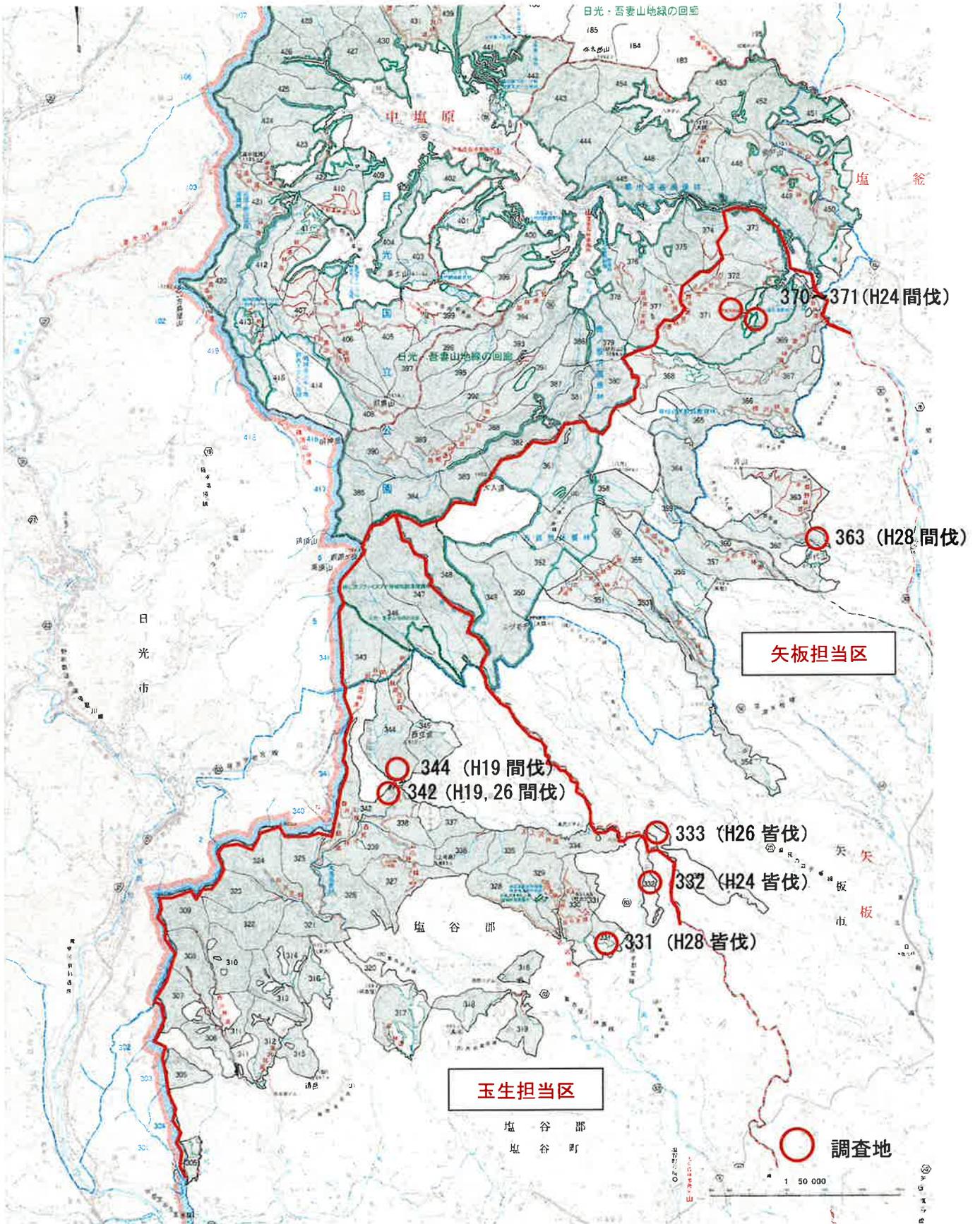


図 2.3 調査地詳細位置図 (塩那森林管理署 1/5)

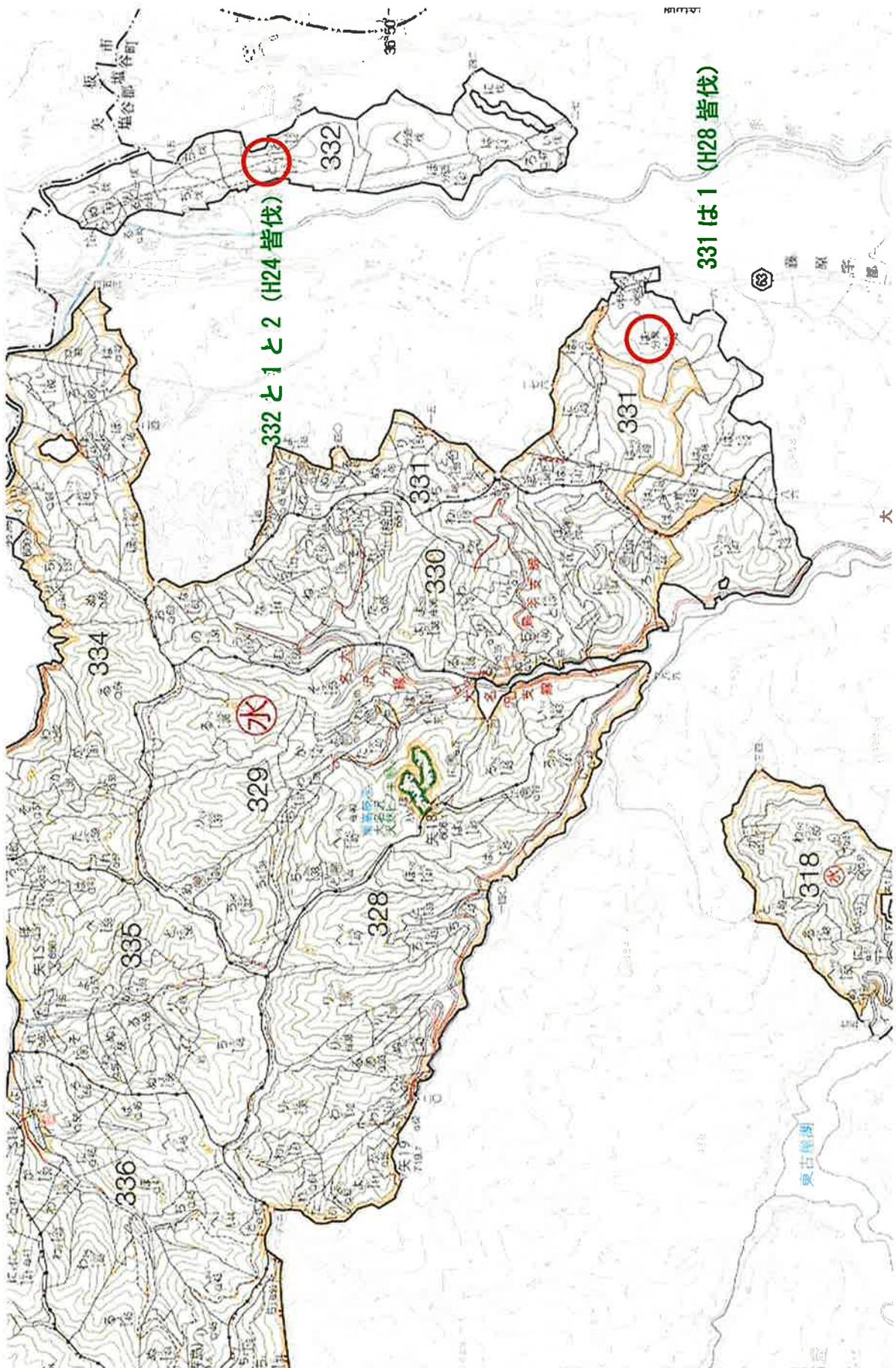


図 2.4 調査地詳細位置図 (塩那森林管理署 2/5)

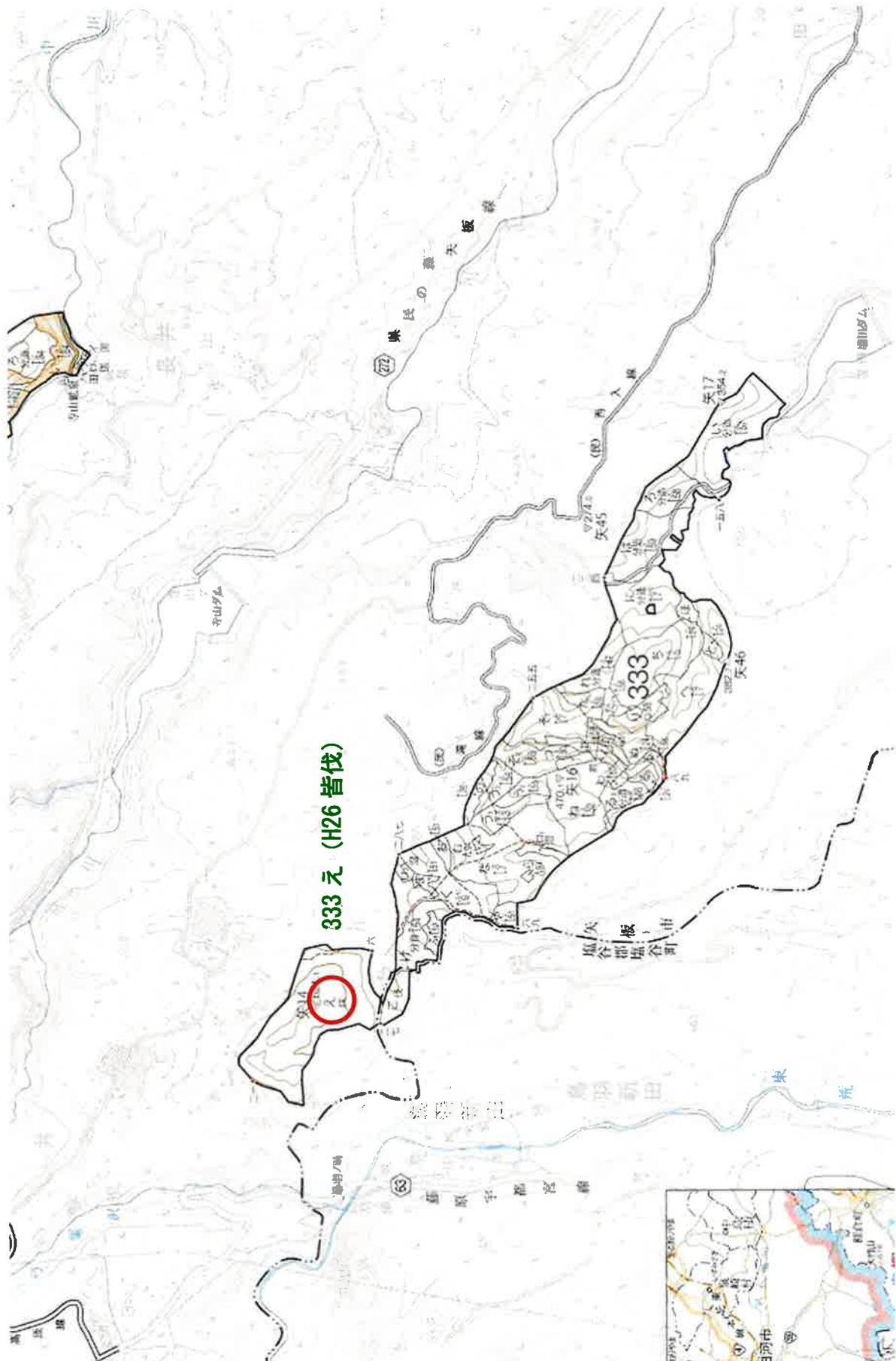


図 2.5 調査地詳細位置図 (塩那森林管理署 3/5)

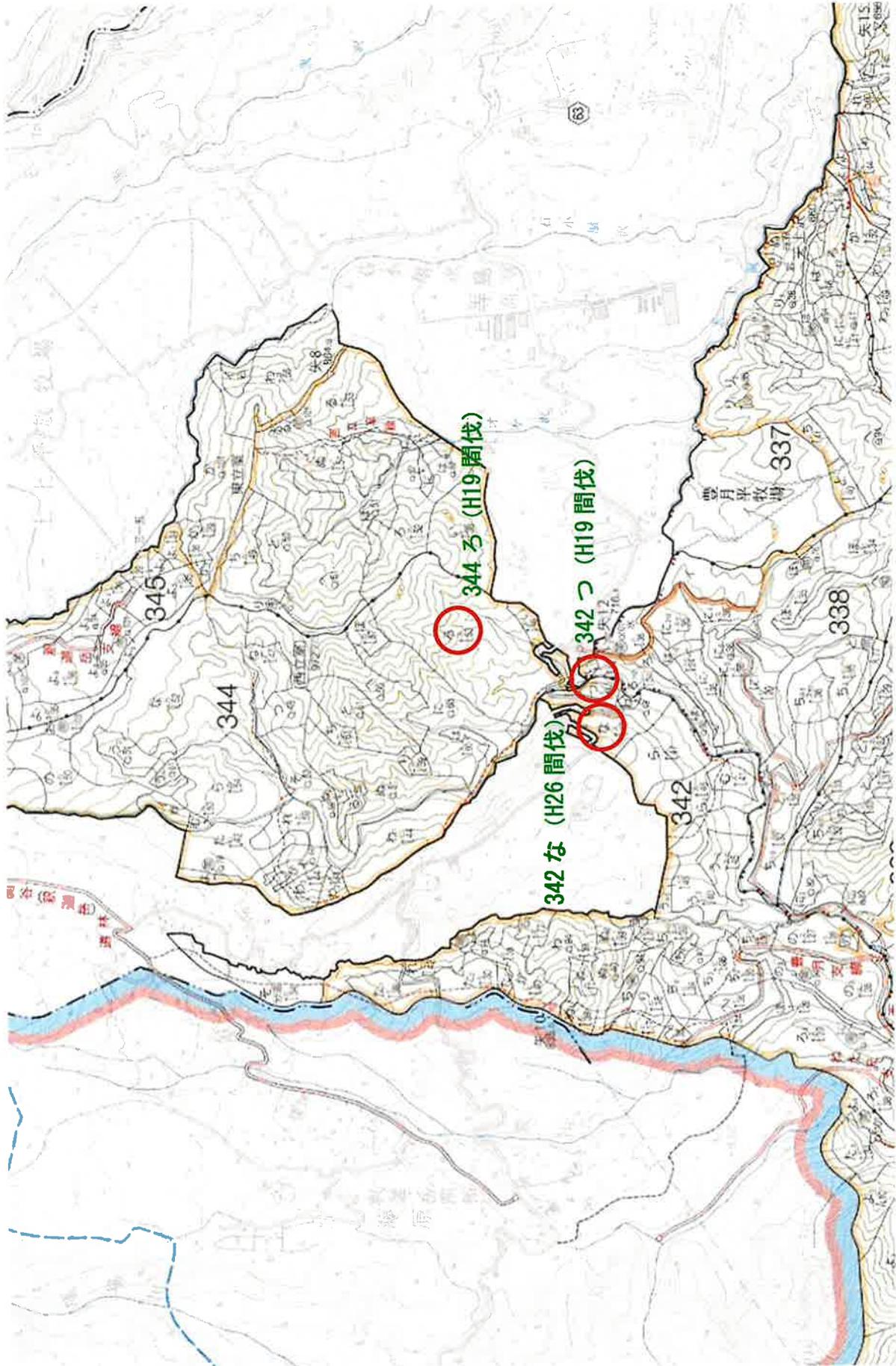
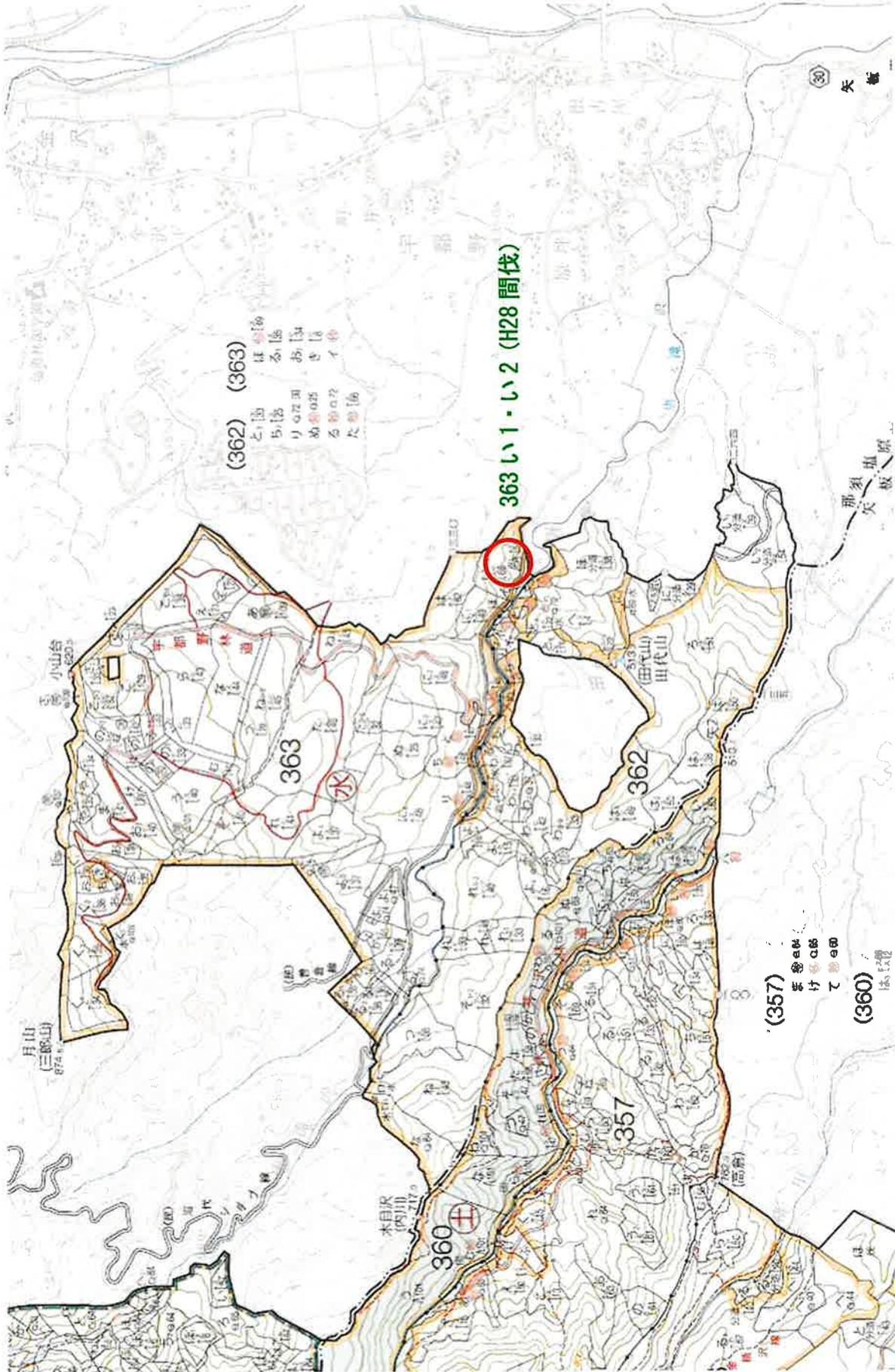


図 2.6 調査地詳細位置図 (塩那森林管理署 4/5)



第3項 調査の方法

現地実態調査に先立ち、関東森林管理局事業統計書に表されていない施業方法に係る詳細情報について、塩那森林管理署及び関連する業者（株式会社塩那森林サービス）で資料収集及び聞き取り調査を実施した。詳細情報としては、表 2.5 に示す内容のものを収集することに努めた。また、施業方法ごとの森林状況についても森林管理署等で資料調査及び聞き取り調査により、樹種、齢級、樹高、胸高直径、立木密度、枝下高、樹冠長、被害状況、下層植生、林床植生等の状況を可能な限り把握するものとした。

表 2.5 施業方法に係る詳細情報

項目	内容
伐採地の林小班	伐採地の位置が確定できる林小班番号と図面
間伐の種別	定性間伐（下層間伐、上層間伐等）、定量間伐（単木間伐、列状間伐等）
集材方法	人力集材、畜力集材、農機集材、滑路集材、モノレール集材、林内作業車集材（スイングヤーダ、タワーヤーダ）、架線集材、トラクタ集材、ヘリコプタ集材
再造林の方法	伐採後の更新方法（新植、改植、天然下種第1類、同2類、ぼうが等）
森林簿情報等	対象林小班の樹種・齢級等（森林簿）

現地実態調査は、原則として踏査で実施し、必要に応じて森林管理署等の既存資料で補足した。崩壊の発生状況や土壌侵食・土砂流出の状況、さらに林床の状況等を目視により把握し、崩壊の発生や土壌侵食・土砂流出等の存在が確認された場合には、表 2.6 に示した内容について調査した。その際、必要に応じてレーザー測距計やポール等を用いた簡易な計測を行った。

塩那森林管理署管内における現地実態調査の実施年月日は次のとおりである。

塩那森林管理署：平成 30 年 5 月 6 日～8 日

調査結果は、森林施業の方法や立地環境の区分ごとに、崩壊の発生状況、土壌侵食・土砂流出の状況、及び林床の状況等を整理し、土保全上問題となる事象等を取りまとめた。

表 2.6 現地実態調査の調査項目

調査項目	調査内容
崩壊発生	長さ、平均幅、崩壊深、傾斜、方位、形状（板状・線状等）、地質、形態（表層崩壊・溪岸崩壊・大規模崩壊等）、侵入植生、表面水・湧水
土壌侵食	長さ、平均幅、侵食深、傾斜、方位、形状（板状・線状等）、地質、形態（表層侵食・リル侵食・ガリー侵食等）、侵入植生、表面水・湧水
土壌流出	長さ、平均幅、傾斜、方位、形状（板状・線状等）、地質、侵入植生、表面水・湧水
林相	樹種、樹高、胸高直径、立木密度（本/ha）、被害状況等
林床	植生の種類、植生の被度、植生の草丈

第4項 調査の結果

(1) 作業方法

現地実態調査を実施するにあたり、皆伐や間伐等の集材方法を事前に把握しておくことは、施業と土保全の関連を考察する上で、極めて重要である。したがって、作業を実施する業者に作業方法等について以下のとおり聞き取り調査を行った。

塩那森林署管内

業者名：株式会社塩那森林サービス

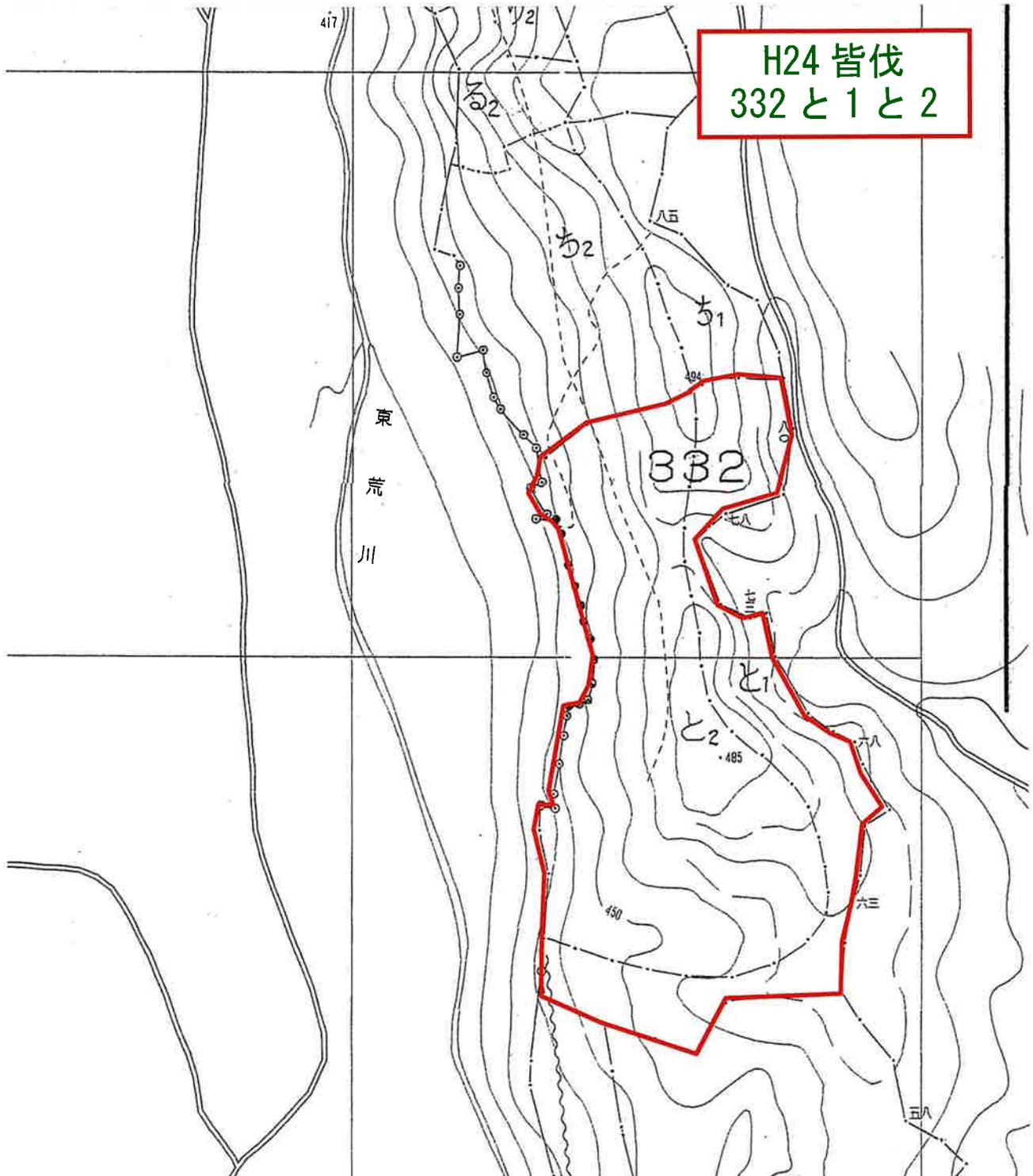
調査日：平成30年5月7日 10:00~11:00

調査結果：

- ▶ 伐採には主として次の機械を用いている。
 - フェラーバンチャー：伐倒、集積
 - プロセッサ：枝払い、玉切り、集積
 - ザウルスロボ（グラップル＋バケット）：集積、作業道作設
 - ハーベスター：伐倒、枝払い、玉切り、集積
 - フォワーダー：運材
 - チェンソー：伐倒
- ▶ 植栽は2500本/ha（植栽間隔2m）で実施している。
- ▶ 伐採後、下刈り、残材整理（地拵え）、植栽の順に実施する。
- ▶ 下刈りは5年間実施する。
- ▶ 苗木は主にコンテナ苗を用いている。
- ▶ 植栽の工期は、コンテナ苗の場合が500本/日/人、裸苗の場合は300本/日/人程度である。

(2) 調査地の状況

① H24 皆伐 332 林班と 1 と 2 小班



林小班	面積 ha	材積 m3	林齢	樹種	集材方法	運材方法	再造林 年	再造林 樹種
332と1	2.52	1,111.44	43	スギ、ヒノキ、ア カマツ、L	グラップル	フォワーダ	H25	スギ
332と2	8.87	3,870.30	43	スギ、ヒノキ、ア カマツ、L	グラップル	フォワーダ	H25	スギ



【現地確認事項】

- 人家と農地（水田）背後の林地で、平均傾斜は約 30° である。
- 平成 25 年春頃にスギが植栽されている。
- 植栽木には成長較差が認められるが問題ない。
- 植栽木の樹高は 2~5m に達している。
- 植栽間隔は縦 1.5m、横 2.0m 程度であるから、植栽密度は 3500 本/ha 程度である。
- 伐採木の株は腐朽しつつある。
- 林床には植生が密生し、侵食は認められない。
- 植生が密生して目立たないが、残材の集積箇所が存在している。
- 等高線に沿って作業道が開設され、施業が行われている
- 最下段の作業道は隣接する小班の作業に現在も使われているようで、草本の路面への侵入が少ない。

- 最下段の作業道の急勾配箇所は 25%程度であるが、砂利や横丸太が敷設されており、路面侵食は認められない。
- 最下段の作業道の切取りり面は高さ 2m程度の箇所もあるが、特に表面侵食や拡大崩壊は認められない。
- 最下段の作業道の切取りり面で侵食が進行して伐採木の根系が露出している箇所がある。根系が腐朽するまでは擁壁の役割を果たし、不安定な土層を固定している。
- 最下段の作業道の切取りり面には火山灰堆積物のようなものが露出している箇所があり、垂直に近いのり面でも侵食されずに安定を保っている。
- 最下段の作業道には素掘り横断溝や丸太横断溝（径 10 cm程度の丸太 1 本）が設置されている。特に問題ないため、効果を発揮しているものと考えられる。
- 下から 2 段目の作業道は現在使用されていないため、路面には草本やササが密生している。
- 下から 2 段目の作業道の切取りり面が侵食され、伐採木の根系が露出している箇所がある。
- 下から 2 段目の作業道の切取りり面が拡大している箇所がある。大きいものは長さ 8m、幅 4m程度となっている。
- 下から 2 段目の作業道沿いには、古いコンクリート構造物が残っている。
- 等高線状の上下の作業道を繋ぐ路線は 20~30%（一部 40%程度）の急勾配区間があるが、急勾配箇所では丸太敷や砂利敷設等により侵食防止対策が取られている。



写真 2.1 25~30%区間での丸太敷設路面



写真 2.2 延長約 50mの敷砂利路面

- 作業道切り取り斜面は、全体的には安定しているが、切り取り斜面源頭部の切り株周辺の土砂が崩落して切り株が浮き上がった状態が目立つ。
- 今後、切り取り斜面の表層崩落が徐々に進行すれば根株が崩落し、これによって周辺の表土層も引っ張られて崩落して林地崩壊が拡大する可能性がある。



写真 2.3 切り取り斜面上部の浮き上がった根株
根株が崩落して周辺の表層崩落を誘発する恐れがある。



写真 2.4 法頭上部が崩落し浮き上がった根株

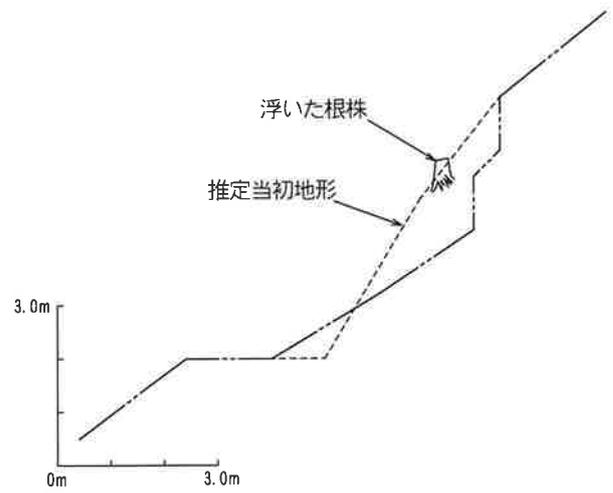


図 2.8 写真 2.4 の断面と当初の推定地形線



写真 2.5 法頭上部が崩落
浮き上がった根株含む崖が残留

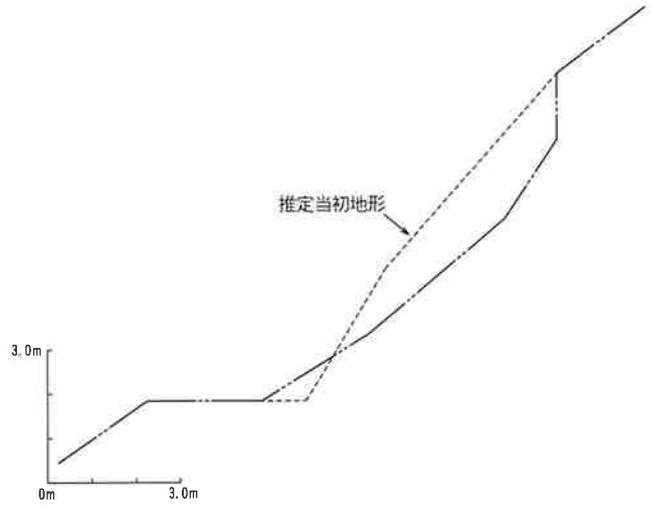


図 2.9 写真 2.5 の断面と当初の推定地形線

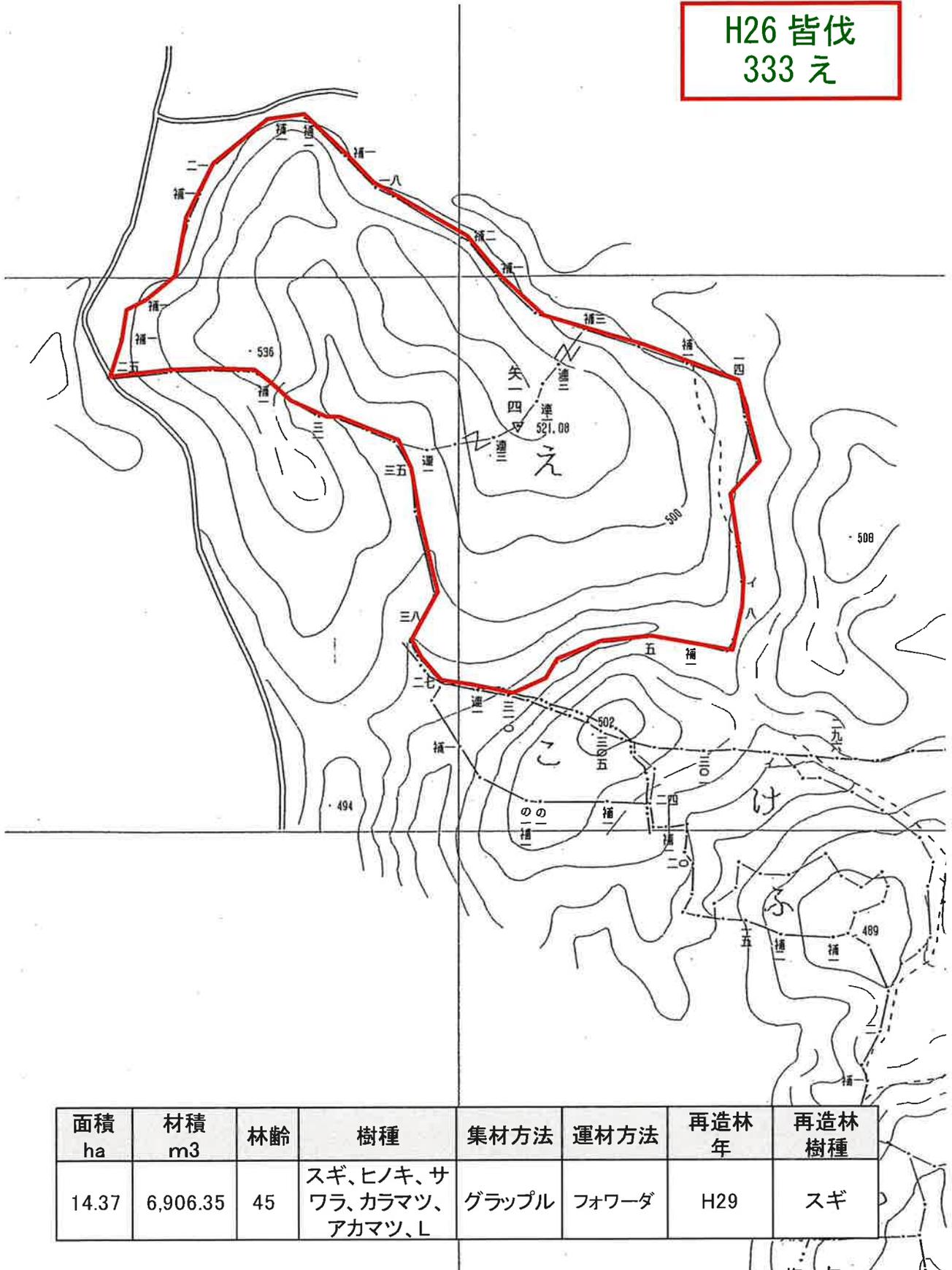


切り取り斜面の表層崩落

写真 2.6 写真 2.5 の崩壊発生箇所

② H26 皆伐 333 林班え小班

H26 皆伐
333 え





【現地確認事項】

- 平成 29 年春にスギを 2500 本/ha の密度で植栽済み。
- 概ね 20° 以下の緩勾配林地で、皆伐後に地拵えを行い、植栽されている。
- 植栽木に獣害対策は施されていないが、被害を受けることなく順調に成長しているものが多い。
- 伐採株はまだ完全に腐朽していない。
- 小面積の裸地が散在するものの、全体的に傾斜が緩いため侵食は認められない。
- 斜面は全体的に草本で覆われている。

- 20%以上の急勾配作業路では、丸太を敷設して路面侵食防止に効果を発揮している。
- 地形が緩いため、等高線状に開設された作業道周辺も安定している。



写真 2.7 20%以上の急勾配区間の丸太及び枝条の敷設状況。



写真 2.8 地形が緩いため作業道開設の悪影響は生じていない。

- 作業道の路面は草本が侵入しつつあり、侵食は発生していない。
- 作業道の切取りり面は高さを最小限に抑えて施工されているため、拡大崩壊は認められない。
- 作業道の路肩にも植栽してある。
- 等高線に沿って開設された作業道の路肩に枝条や残材を集積した地拵えを行っており、土砂崩落・流出防止に効果を発揮している。
- 枝条等の残材は、斜面上や作業道の路肩部分に丸太杭で囲って丁寧に集積されている。
- 作業道の路肩で枝条等を集積してない箇所では土砂流出が認められる場合もある。



写真 2.9 作業道に沿って枝条・残材を集積した地拵えを行っている。

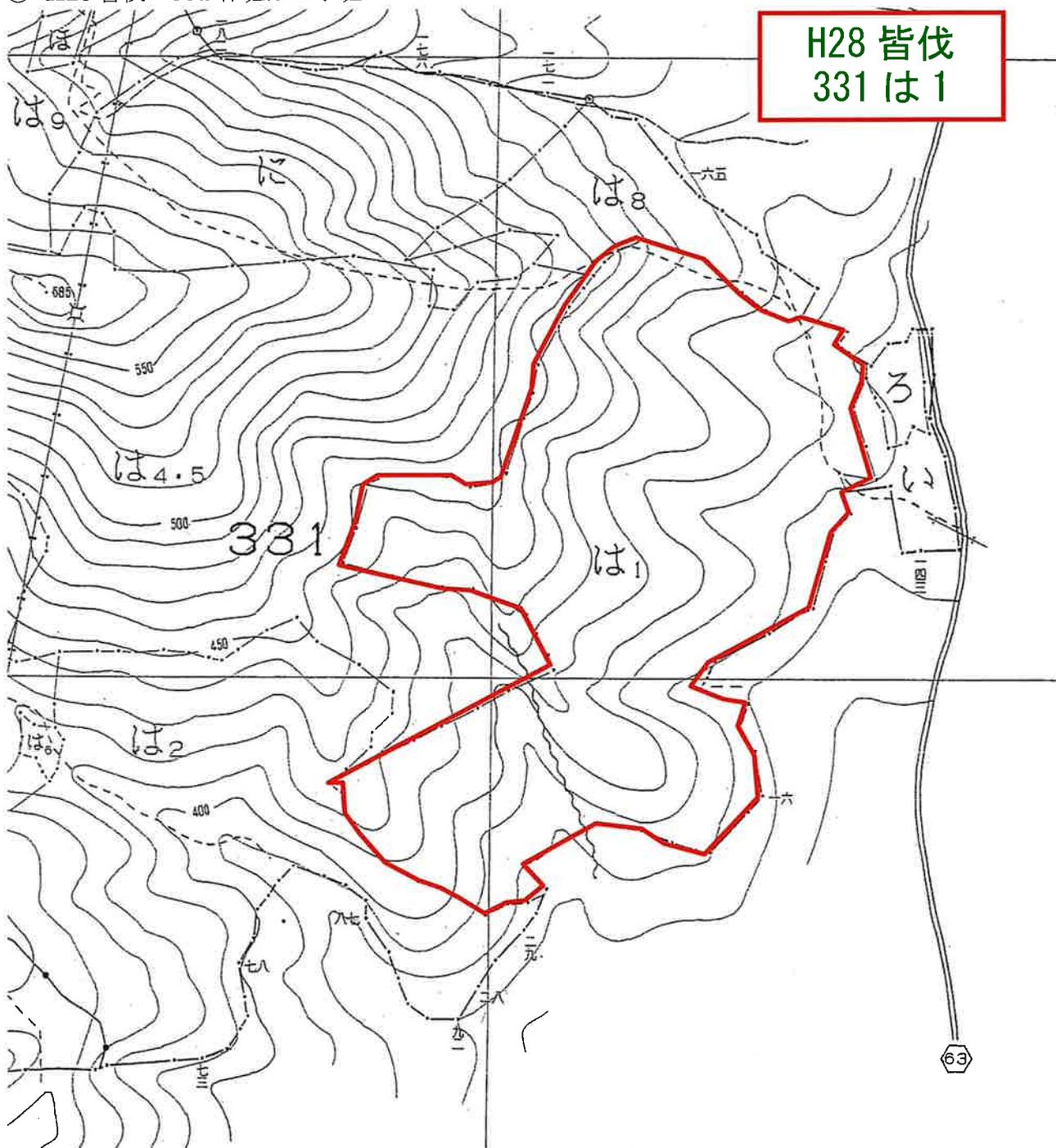


写真 2.10 残材集積が途切れた箇所での土砂流出

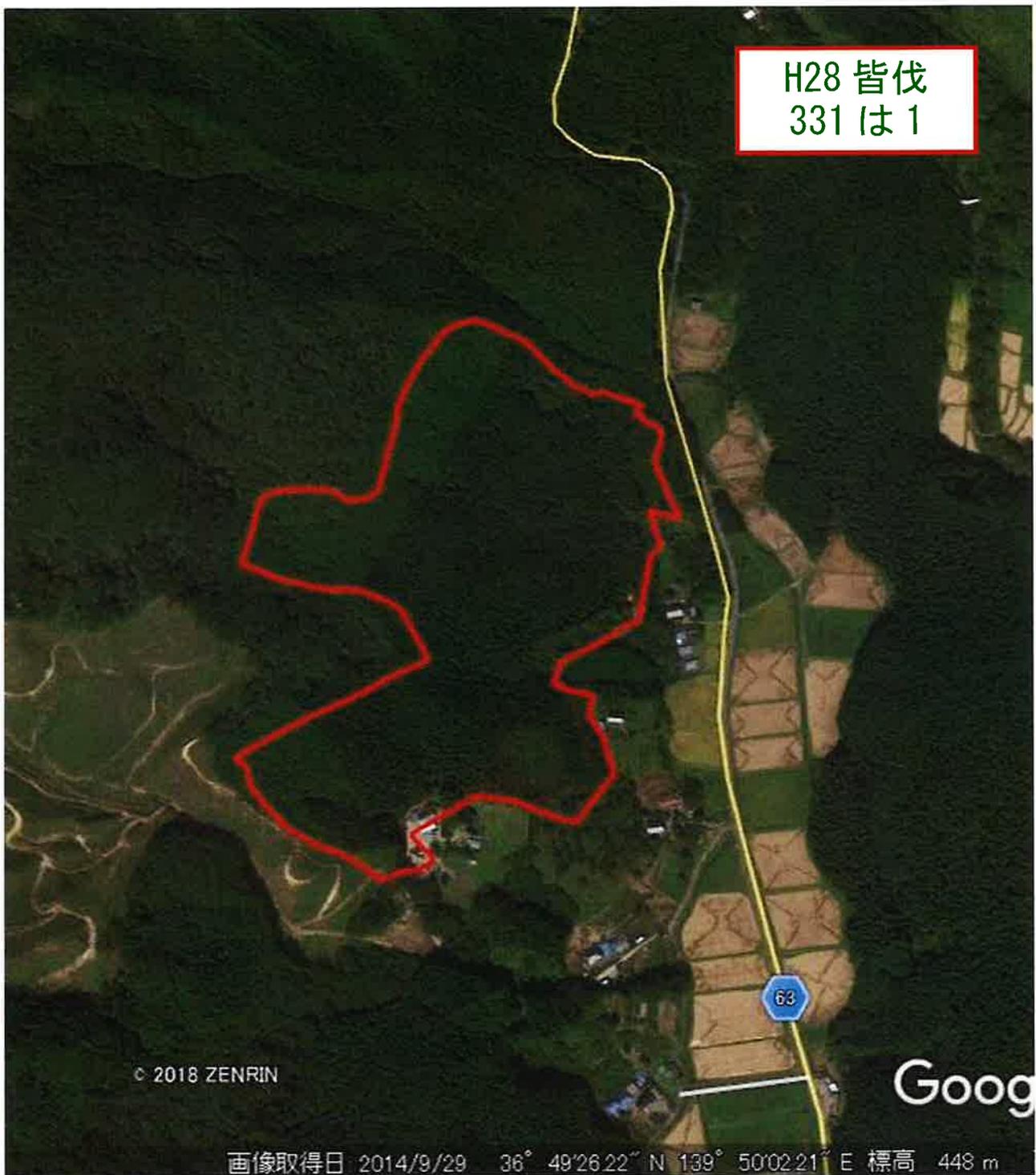


写真 2.11 尾根部に置かれた大径残材集積所

③ H28 皆伐 331 林班は 1 小班



面積 ha	材積 m3	林齢	樹種	集材方法	運材方法	再造林 年	再造林 樹種
0.54	313.31	51	スギ、ヒノキ	グラップル	フォワーダ	H30 予定	-



【現地確認事項】

- 現在、塩那森林サービスにより下刈りが行われている。
- 地拵えは、斜面上部の作業道沿いに部分的に行われているのみで、今後、灌木の刈り払いも含めた林地整備を行い、植栽を行う予定。
- 伐採株はまだ腐朽していない。
- 上部斜面は急だが下部には緩斜面が広がっている。
- 上部斜面は植生の侵入が少ないが、下部斜面は比較的多く侵入している。
- 上部斜面では谷地形の箇所の方が水分条件が良いため、植生の侵入率が高い。

- ▶ 流水がある沢筋では、素掘り流路の両側に丸太を置いた横断溝で林業機械の走路を確保している。



写真 2.12 丸太敷設による横断排水
フォワーダー等の走行には
支障がない。

- ▶ 作業道が作設されているが目立った土壌流出はない。
- ▶ 作業道の路面には植生が侵入しつつあるが、被度はまだ低い。
- ▶ 作業道勾配が 15%程度以上の区間で表面侵食が始まっている。
- ▶ 20%以上区間では、路面に枝条を敷設して侵食防止を図っている。



写真 2.13 流水侵食が進んだ路面



写真 2.14 枝条散布で侵食防止を図った路面

- ▶ 枝条等の残材は一部で集積され、丸太杭で囲われているが、多くは伐採時のまま広範囲に放置されている。今後整理される予定である。



写真 2.15 皆伐後、植栽作業に向けて地拵え作業を実施中
伐採残材が未整理の状況

- 伐採作業直後で路面整備が未了の箇所では、深さ 20 cm 前後の侵食が生じている。
- 急勾配区間が長くなる箇所では、粗朶・枝条を敷設した横断工が設置されている。



写真 2.16 深さ 20 cm の侵食痕



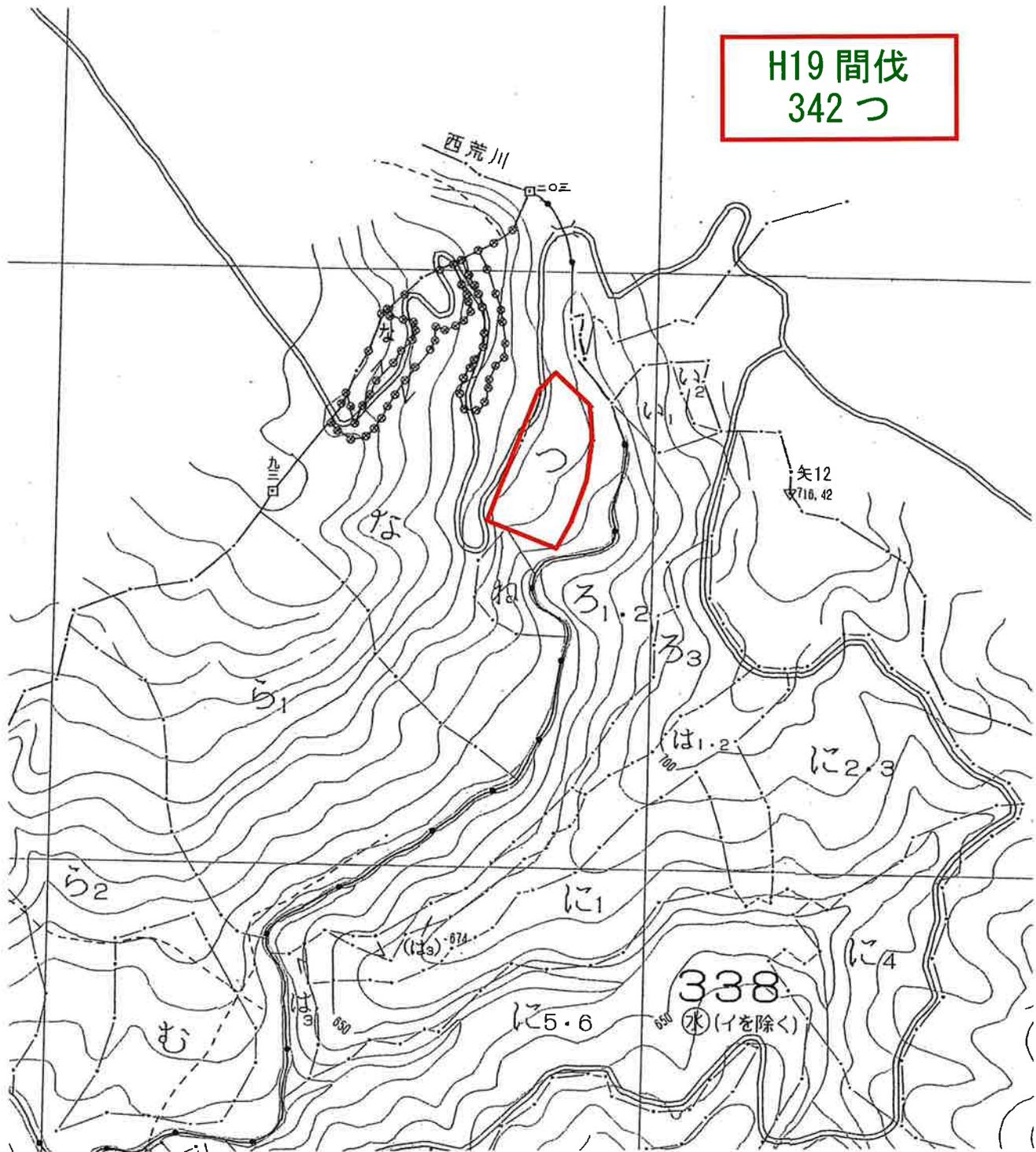
写真 2.17 丸太と枝条敷設の横断工

- 作業道の切り取り高さは概ね 2 m 以下であるが、表層崩落が進んでいるため、法頭には不安定な崖が形成され、崩落拡大の危険性がある。



写真 2.18 伐根が浮き上がった状態の切り取りのり面

④ H19 間伐 342 林班つ小班

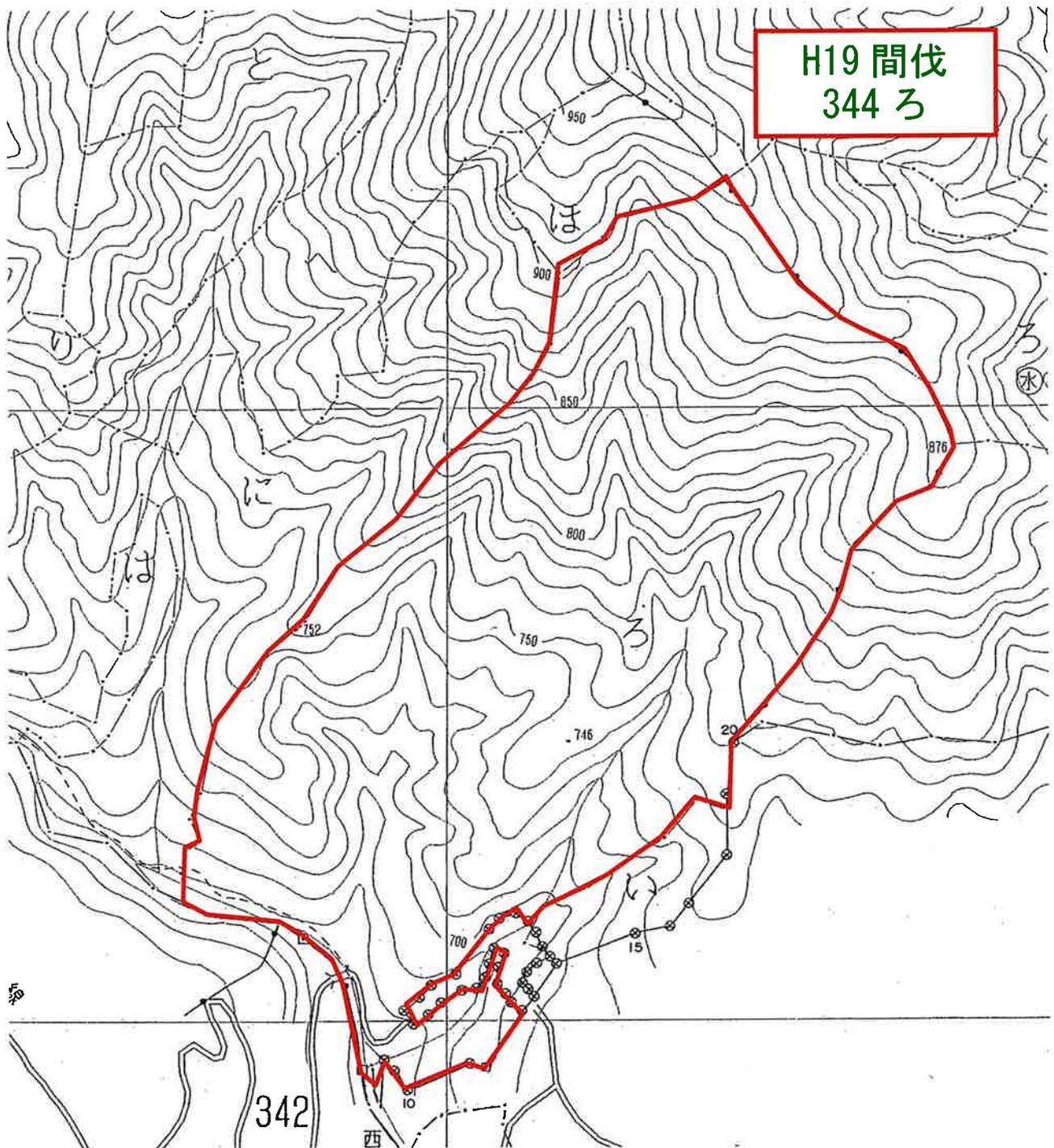


面積 ha	材積 m3	林齢	樹種	施業種別	施業細別	間伐率 %	集材方法	運材方法
0.62	57.27	36	スギ	経常間伐	保育間伐 (活用型)	(定性間伐)	グラップル	フォワーダ



【現地確認事項】

- 斜面の傾斜は 10° 程度と極めて緩い。
- シカの食害防止のため樹幹にビニールテープが巻きつけてある。
- 伐採後の株はまだ腐朽しつつある。
- 経常間伐（定性間伐）の保育間伐（活用型）で林内は明るいため、林床にはスギの枝条や植生が多く、灌木も 342 林班な小班よりも多い。このため、林内侵食は認められない
- アカマツが残存している。
- 作業道は作設されていないことから、県道から直接集材したものと考えられる。



面積 ha	材積 m3	林齢	樹種	施業種別	施業細別	間伐率 %	集材方法	運材方法
12.22	1,257.60	45	スギ、ヒノキ	列状間伐 (2伐4残)	保育間伐 (活用型)	33	グラップル	フォワーダ



【現地確認事項】

- 地質は他の調査地と異なり花崗岩（中生代後期白亜紀）である。
- 列状間伐の保育間伐（活用型）で、2 伐 4 残（間伐率 33%）となっている。
- 間伐後 10 年が経過し、下層木が数mの高さで密生している区域や、下層木が疎な区域が混在している。



写真 2.19 下層木が疎な間伐林



写真 2.20 下層木が数m以上になっている間伐林

- 林床には草本本が生育し、特に 2 伐箇所では密生している。
- 林床はスギの枝条で覆われ林内侵食は認められない。
- 作業道は路面に草本類や灌木が密生しており、急勾配区間でも路面侵食痕跡はほとんど見られない。



写真 2.21 草本が密生した作業道路面



写真 2.22 灌木類が密生し、荒廃が見られない作業道跡地

- 作業道の切り取り面は、高さは概ね 1~2 m 程度であるが、裸地となった部分で表層崩落が継続しているため、切り取り面が後退している箇所が目立つ。しかし、地形が緩い箇所のため土砂流下現象は生じていない。

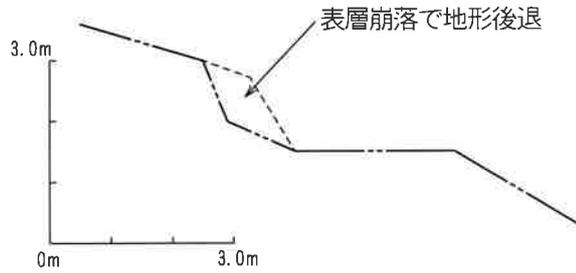


図 2.10 切り取り面の表層崩落で地形後退

- 南東側の溪流には河床路（作業道）が作設されている。
- 南東側の溪流は土砂移動が著しい、いわゆる荒廃溪流で、作業道も随所で寸断されている。
- 溪流に面した間伐跡地では、間伐残材が溪岸部に残留しており、洪水時に溪岸侵食が進む恐れがあり、残材流出による悪影響が懸念される。
- 溪床内の林地では侵食崖が形成されており、侵食拡大で倒木となる恐れがある。



写真 2.23 間伐後の残材が溪岸周辺に残留



写真 2.24 溪床林地の侵食崖
侵食拡大で倒木流下の恐れがある。



【現地確認事項】

① 370 た1 H24 間伐

- 経常間伐（定性間伐）の保育間伐（活用型）で、林縁ほど草木本が多く生育し、中心にいくほど乏しくなっているが、林内侵食は認められない。
- 最下部の作業道は路面に植生が繁茂し、侵食は認められない。
- 作業道切取面上部で倒木が生じ、倒木が作業道を塞いでいるとともに、切取面崩壊が拡大している。



写真 2.25 切り取りのり面上部からの倒木

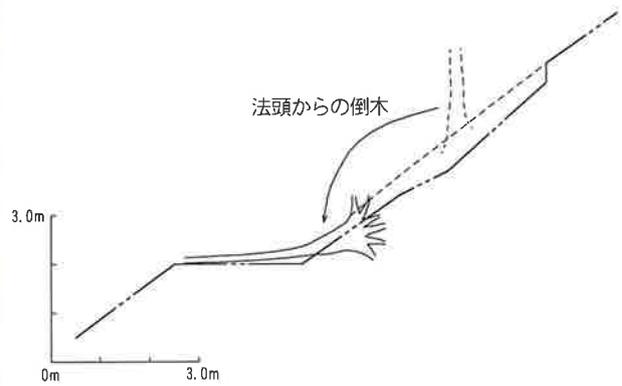


図 2.11 倒木箇所断面と崩壊拡大（推定）

- 急勾配の作業道谷側が崩落し、路体がほぼ消滅した状態となっている。



写真 2.26 路体崩落状況と山側切り取り面

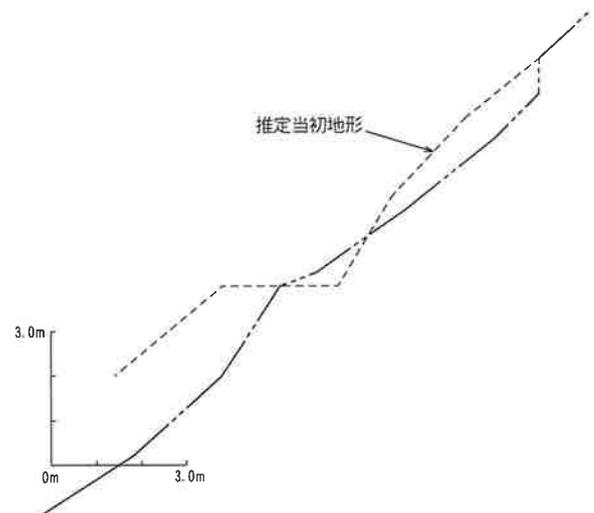


図 2.12 路体崩落箇所断面

② 370 ち 2 H24 間伐

- 経常間伐（定性間伐）の保育間伐（活用型）で、林床は枝条で覆われ、草木本も侵入していることから林内侵食は認められない。
- ヒノキ林の間伐で、下層は 1 m 前後の灌木類が比較的疎な状態となっている。



写真 2.27 ヒノキ間伐林内の作業道とまばらな林床植生

- 端材は林内に集積されている。
- 伐採株はまだ腐朽していない。
- 樹幹にビニールテープを巻いてないため、シカによる食害が発生している。
- 地形が緩いため、作業道の切取りのり面は低く、土壌流出は認められない。
- 作業道の路面は勾配 10~20%で緩いことから、草本が侵入しており、路面侵食は認められない。
- 切り取り法頭周辺から伐根が崩落し、切り取り面崩落が拡大している。
- 法頭周辺の残存木の根株は、切り取り面の表層土砂が崩落して半分程度浮き上がった状態が目立ち、今後倒木による荒廃拡大の恐れがある。



写真 2.28 法頭から落下した伐根



写真 2.29 法頭で根が半分以上浮き上がったヒノキ

- 作業道切り取り面の脚部（路側）にスギが植栽されている。地形が緩い場所では、切り取り面保護としても効果が期待できるものと考えられる。



写真 2.30 路側のり面脚部に植栽されたスギ

③ 370 つ H24 間伐

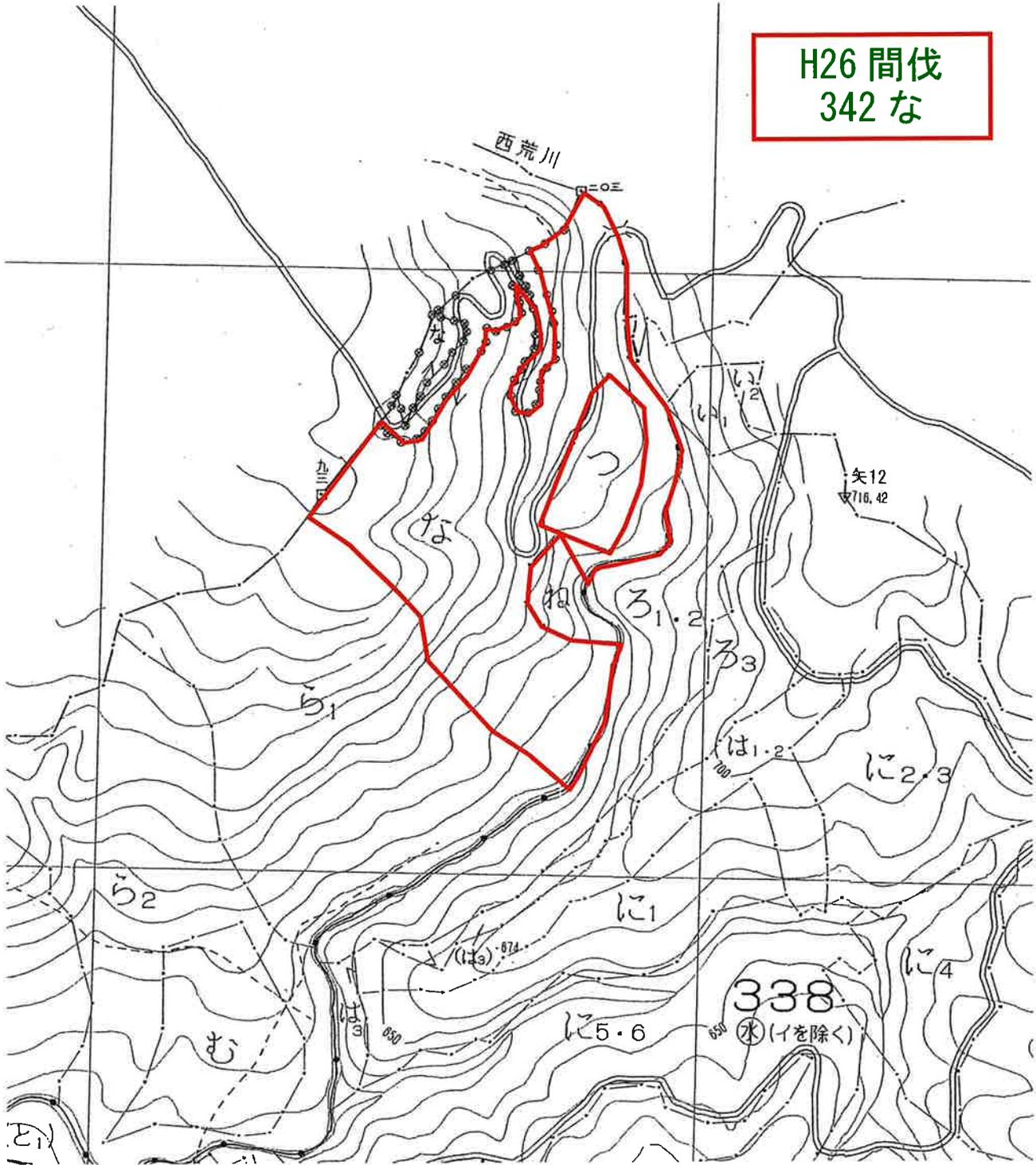
- 経常間伐（定性間伐）の保育間伐（活用型）で、成立本数は 700～800 本/ha である。
- 成立本数が少ない割には下層植生は乏しい。
- 伐採株は腐朽しつつある。
- 端材は作業道脇に集積されている。
- 有用な広葉樹は伐採せずに残してある。

④ 371 へ H24 間伐

- 経常間伐（定性間伐）の保育間伐（活用型）で、林床は枝条に覆われているほか、植生も侵入しつつある。

⑥ H26 間伐 342 林班な小班

H26 間伐
342 な



面積 ha	材積 m3	林齢	樹種	施業種別	施業細別	間伐率 %	集材方法	運材方法
4.62	593.68	48	スギ	高齢級 間伐	保育間伐 (活用型)	(定性間伐)	グラップル	フォワーダ



【現地確認事項】

- 高齢級間伐が実施され、間伐後の立木密度は 1500 本/ha 程度で、林内は明るい。
- シカの食害防止のため樹幹にビニールテープが巻きつけてある。
- 伐採後の株はまだ腐朽しきっていない。腐朽している株は前回の間伐によるものと考えられる。
- 高齢級間伐（定性間伐）の保育間伐（活用型）であるが、切り捨てられている材もある。

- 立木は直径 40 cm、長さ 15m程度であるから、1 本あたりの材積は約 2m³である。台帳によると伐採した材積が約 600m³であるから、約 300 本を伐採したことになる。伐採面積が 4.62ha であるから、154 m² (約 12m四方) につき 1 本伐採したことになる。
- 林内を県道 63 号線が通過している区域は、傾斜 25° ~35° の斜面である。
- 斜面傾斜が比較的緩い箇所では林内侵食は発生していない。
- 林床は枝条や草本が主体で、木本類はほとんど見当たらない。
- 谷地形の上部は崩壊跡地と考えられ、斜面の傾斜は 40~45° と急峻であるため、3 箇所の裸地 (2m四方程度) が発生している。
- 谷地形の下部にも若干の裸地が発生している。
- 林内には作業道が張り巡らされている。
- 作業道勾配は 15%以下の区間が多い。
- 急峻な斜面 (43°) に作設された作業道の切取りり面は 2m程度と高くなっており、裸地も発生している。
- 切取りり面の侵食が進行したため、根系を露出して不安定となっている立木が存在する。
- 作業道の路面も枝条や植生で覆われて安定している。
- 作業道の路面に細い横木を敷設し、路面を保護している箇所がある。これにより路面侵食は防止できるが、路体維持には役立っていないため、路肩の崩落が確認される。山側の切り土箇所では源頭部崩壊が発生している。



写真 2.31 丸太敷設路面と山側崩落

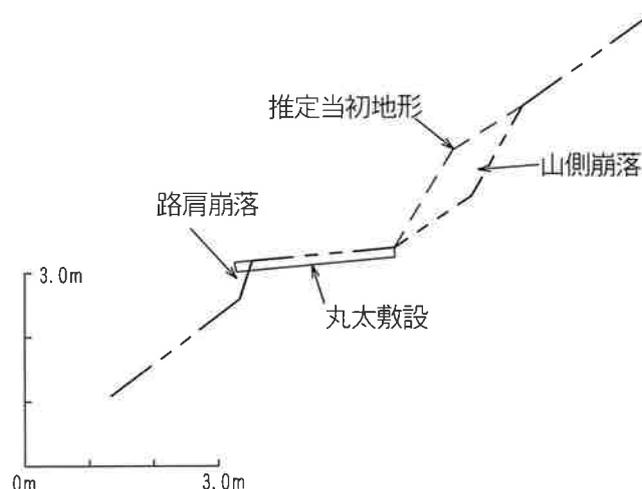


図 2.13 丸太敷設路面と山側崩落断面

- 部分的に 20%程度の急勾配区間があるが、上下に素掘り横断溝が設置されており、路面侵食は生じていない。



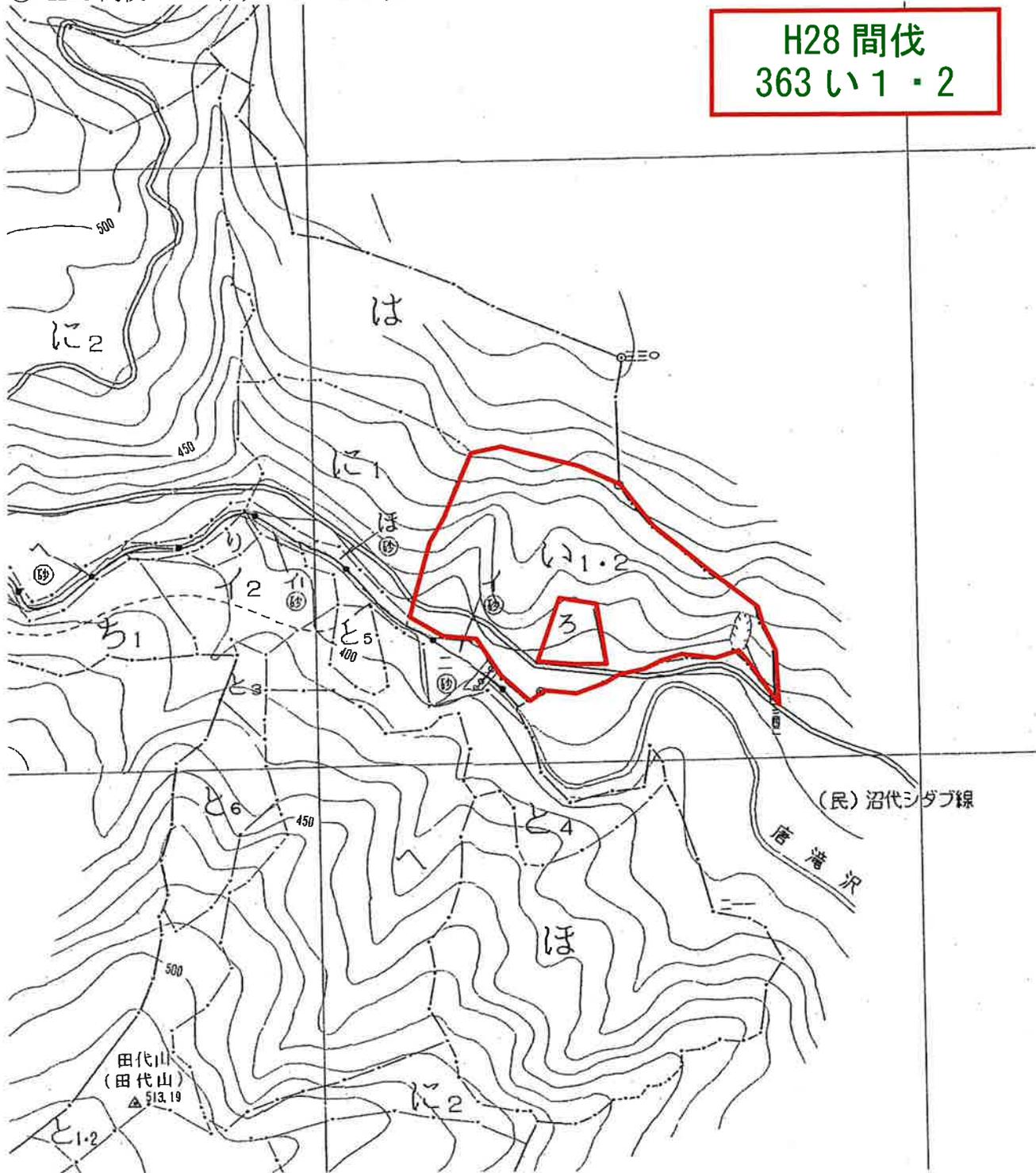
写真 2.32 20%以上勾配作業道
枝条散布で侵食なし



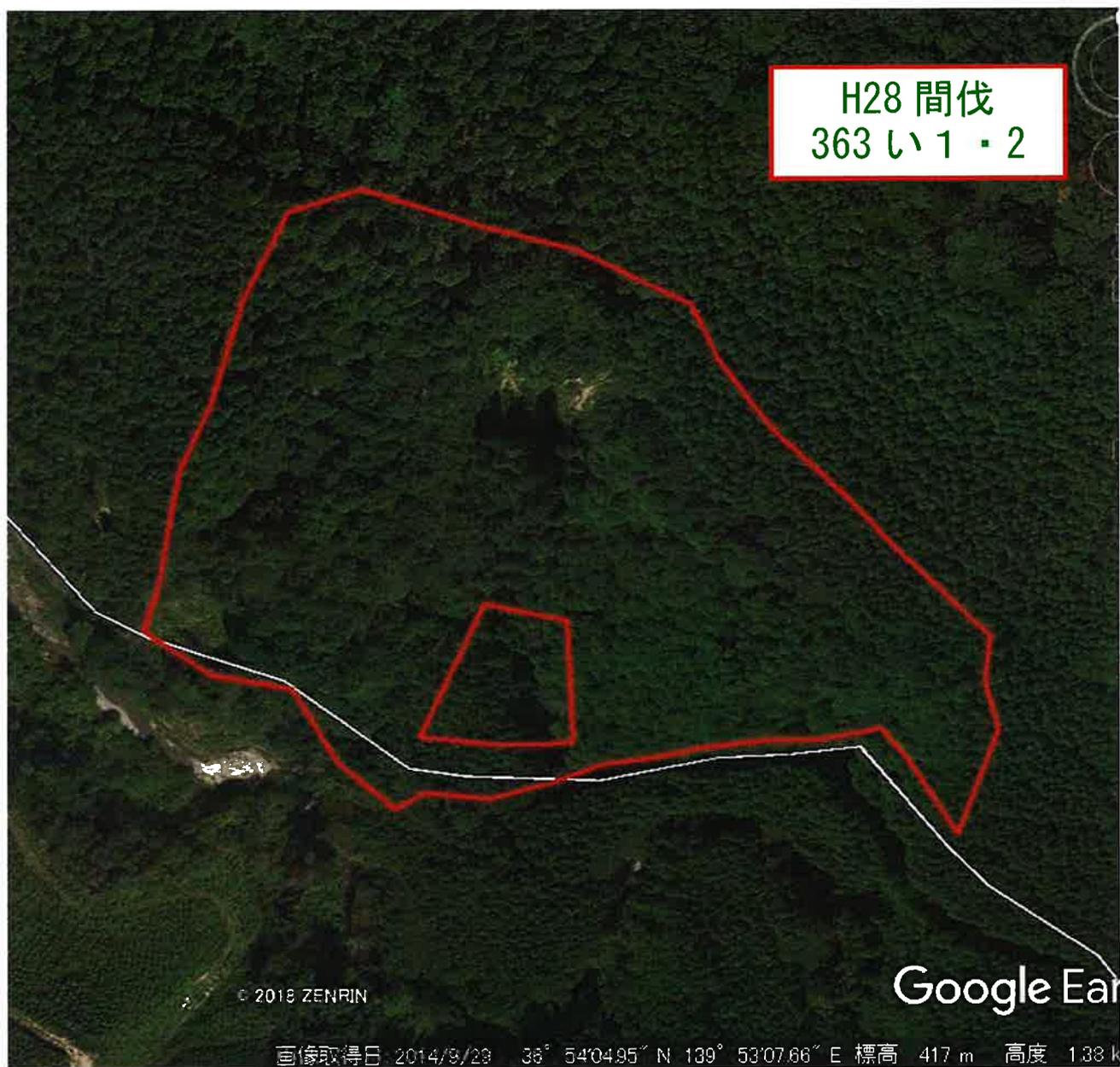
写真 2.33 急勾配区間の上下に設置された
素掘横断溝

⑦ H28 間伐 363 林班い1い2 小班

H28 間伐
363 い1・2



面積 ha	材積 m3	林齢	樹種	施業種別	施業細別	間伐率 %	集材方法	運材方法
2.16	231.83	67	スギ、ヒノキ	高齢級 間伐	育成 受光伐	(定性間伐)	グラップル	フォワーダ



【現地確認事項】

- 高齢級間伐の育成受光伐で、成立本数は 1200 本/ha 程度である。
- 伐採木を活用するために搬出している箇所と切り捨てたままとなっている箇所がある。
- 下部緩斜面の林内は、植生の侵入が旺盛で、侵食は認められない。
- 上部の急斜面はヒノキ間伐直後で、林床植生が乏しいが林内侵食等は認められない。ただし、東側の窪には地形図にも表れている崩壊地が発生している。



写真 2.34 下層植生が乏しいヒノキ間伐林

- 山脚部の緩やかな堆積斜面林地の作業道では、枝条散布により重機の走行痕跡が確認できないような状態になっている。



写真 2.35 緩やかな堆積斜面では、枝条散布により重機走行痕跡が確認できない

- 勾配が 20~30%の区間では、路面に枝条を敷設して侵食防止対策を施すとともに、約 20m 間隔で素掘り横断溝が設置されている。



写真 2.36 30%勾配区間での路面枝条敷設



写真 2.37 素掘り横断工

- ▶ 軟弱な地盤箇所は、丸太を敷設して路面を維持するとともに、谷側路肩部には伐根を置いて路体補強を図っている。



写真 2.38 丸太と根株による路体補強対策箇所

- ▶ 作業道の山側切り土高さは1~2m以下で開設されているが、切り取り部の法頭からの崩落が生じている箇所がある。



写真 2.39 法頭からの崩落状況

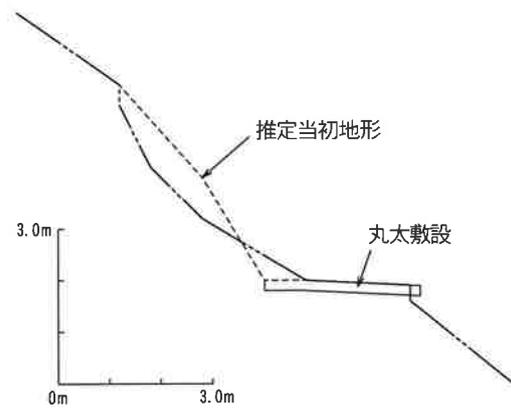


図 2.14 崩落箇所の断面と推定当初地形

(3) 調査結果のまとめ

今年度は塩那森林管理署管内に調査地を設定し、調査地内を踏査して主として目視により現地実態調査を実施した。その結果、前項で述べたように各調査地において、木材生産林における森林施業と土保全の関係について様々な事象が確認された。これらの確認事項は、森林施業実施上の留意点として重要な意味を持つものとする。

森林施業として作業道、皆伐及び間伐に区分し、施業上の留意点とその理由を整理した(表 2.7)。

表 2.7 現地実態調査総括表（塩那森林管理署）

区分	細分	留意点	理由
作業道	路線選定	溪流に作業道を作設して河床路とする方法は望ましくない。	溪流に作業道を作設したため、土構造の路体のほか溪床や溪岸が侵食を受けて土砂が流出しているとともに、作業道も随所で寸断されている例がある。
	路面	緩勾配箇所では植生の自然侵入により侵食を防止することが可能である。	緩勾配の箇所は、経年に伴い植生が侵入し、路面侵食を防止している。
		路面に枝条を敷設することは侵食を防止する上で有効である。	急勾配（30%程度）でも枝条を敷設して路面侵食を防止している箇所がある。
		路面に細い横木や砂利を敷設することにより、軟弱な地盤箇所等の路面保護を図ることができる。	急勾配箇所（15%以上）で路面侵食が確認されたが、勾配25～30%区間でも横木や砂利の敷設により路面侵食を防止している例もある。
作業道	切取	地形が急峻な箇所では、切取法高は比較的低く抑えた方が良い。	急峻な斜面（43°）に作設された作業道の切取法面は2m程度と高く土壌流出が発生し、中には拡大崩壊しているものもあるが、低い法面では部分的に裸地が発生していても土壌流出は認められない。
		地質が火山灰の箇所は、垂直に切り取っても問題ない。	火山灰堆積物が露出している箇所の切取法面（高さ2m程度）は、垂直に近くても侵食されずに安定を保っている。
		切取法面の肩に位置する造林木は、伐採した方が良い。	切取法面の侵食が進行したため、根系を露出して不安定となっている立木が存在する。
		切取法面の肩に位置する伐採木の株は除去しない方が良い。	切取法面で侵食が進行して伐採木の根系が露出している箇所があるが、根系が腐朽するまでは緊縛力が擁壁の役割を果たし、不安定な土層を固定している。
		切取法面の脚部に植栽すると良い。	切取法面の脚部（路側）にスギが植栽されている例があるが、法面保護としても効果が期待できるものと考えられる。
	盛土	谷側路肩部に伐根を置いて路体の補強を図ることができる。	谷側路肩部に伐根を置いて路体の補強を図っている例がある。
	排水	作業道は特に急勾配の箇所で横断溝を設置すると良い。	素掘り横断溝、丸太横断溝（径10cm程度の丸太1本）および枝条敷設横断溝を設置することにより、路面侵食を防止している例がある。
	崩壊地	急斜面に作業道を開設する場合は崩壊地が発生しないように十分注意する必要がある。	急斜面に作設された作業道の路体で大きく決壊している箇所（延長10m×幅10m程度）がある。

区分	細分	留意点	理由
皆伐	地形 地質	急斜面における伐採、集材等の作業は林床を荒らさないように十分に注意する必要がある。	緩斜面では植生が比較的多く侵入しているが、急斜面では植生の侵入が少なく、裸地が発生するおそれがある。
	伐採 木・枝 条等	枝条等の残材は、斜面上や作業道の路肩部分に集積することが、林地保全上有効である。	作業道の路肩で枝条等を集積してない箇所では土砂流出が認められる場合もある。
		枝条等の残材を集積する際、丸太杭で囲うことが、造林作業、ひいては林地保全上有効である。	枝条等の残材を丸太杭で囲って集積している箇所があるが、造林する際の潰し地が減少し、造林面積が増加することにより、林地保全に効果を発揮している。
	前生樹	伐採後数年経過すると、前生樹の根株は腐朽して崩壊防止機能が低下するため、豪雨時には注意が必要である。	伐採後10年経過した林分では、前生樹の伐根は腐朽している。
間伐	地形 地質	崩壊跡地等の急斜面における伐採、集材等の作業は林床を荒らさないように十分に注意する必要がある。	緩斜面では植生の侵入が旺盛で侵食は認められないが、急斜面では林床植生が乏しく、裸地や崩壊が発生している箇所もある。
		谷地形の箇所は土砂流出に注意する必要がある。	一般的に谷地形の箇所は水分条件が良いため、植生の侵入率は高いが、集水面積が大きくなると裸地の発生が確認される。
		溪岸の立木は間伐時に伐採しておいた方がよい。	溪岸の林地では侵食崖が形成されており、侵食拡大で倒木となるおそれがある。
	林床及 び下層 植生	列状間伐（2伐4残）は林地保全上有効な伐採方法である。	2伐4残は間伐率33%に相当し、林内は明るいため、林床には草本本が生育し、特に2伐箇所では密生している。
		スギ間伐木の枝条は林内に残置することが望ましい。	林床がスギの枝条等で被覆されている箇所では、下層植生や灌木が生育し、林床の表面侵食は認められない。
		林地保全上、間伐材の切り捨ては避けるべきである。	林内に残置された間伐材により下層植生の侵入が拒まれるおそれがある。
		有用な広葉樹の中低木は伐採しない方がよい。	元々生育している広葉樹を伐採しないで残すことにより、将来的に複層林となって水土保持機能が向上すると考えられる。
	伐採 木・枝 条等	間伐残材は溪岸部に残留しない方がよい。	溪流に面した間伐跡地では、間伐残材が溪岸部に残留しており、洪水時に溪岸侵食が進むおそれがあり、残材流出による悪影響が懸念される。
	被害	シカ等による獣害が予想される場合は、残存木には獣害防止のテープが巻くなどして健全な森林を育てた方がよい。	シカ等による食害の痕跡（樹皮の剥奪）が確認されるが、獣害により枯死木が発生すると、水土保持機能が劣った不健全な森林となるおそれがある。

第3章 後期5カ年のとりまとめ

森林施業と水土保持に関する前期5カ年調査では、林道や作業道と水土保持に関連する論文の収集、間伐実施林に設置された作業道における土砂移動の実態調査、作業道の開設実態調査等を行い、これらの調査結果を基にして、森林施業上の留意点として土砂災害に強い森林づくり、森林作業道と水土保持対策、数値地形情報を利用した路網選定プログラム、森林作業道からの土砂流出防止対策についてとりまとめを行った。

後期5カ年調査は、前記調査に引き続き森林施業と水土保持に関する論文を収集するとともに、前期5カ年調査結果を踏まえて、国有林で皆伐や間伐を行った「木材生産林」でどのような施業を行い、どのような推移を示しているかの現地実態調査を行った。現地調査は、関東森林管理局のご協力のもと、地形・地質や気象状況等を勘案して茨城、磐城、利根沼田、吾妻、塩那の各森林管理署管内で、過去10年以内に皆伐や間伐を行った森林を対象に、林木の生育状況や作業道の推移、荒廃状況等について踏査主体の調査を行った。

第1節 木材生産林における水土保持技術事例

後期5カ年の調査では、木材生産林として皆伐や間伐を行った森林がどのような推移を示しているかを確認するための調査を行った。後期5カ年の調査地（茨城、磐城、利根沼田、吾妻、塩那の各森林管理署管内）では、皆伐や間伐等の施業を行うに当たり、クローラタイプの林業機械を導入して作業を行っており、比較的高密度の森林作業道が開設されていた。間伐については定性間伐を行っている森林と列状間伐を行っている森林について調査を行った。

これまでの調査結果を以下に事例として紹介する。文中の囲み内に作業上の留意点を記し、解説を加えた。また、関連する指針等（森林作業道作設指針、製品生産事業請負標準仕様書及び造林事業請負標準仕様書）の内容のほか、施業と水土保持に関する論文の概要を記した。

以下に述べる事例や実態はあくまで調査地（国有林）におけるものであり、民有林も含めると林地状況や土地利用実態に応じて対応が異なってくることが想定されるが、施業実施に当たっては指針等を遵守し、林地保全に配慮した施業を実施することが重要である。特に、急傾斜林地に作業道を開設する場合には、長期にわたり強固な路体を維持するための対策（構造物設置）に配慮するとともに、施業地直下や近接した下流域に存在する保全対象（人家等）への悪影響を及ぼさないよう、土砂流出防止にも配慮した丁寧な施業を実施する必要がある。

1. 森林作業道

(1) 路網密度

水土保持上は必要以上の路網は開設しない。

[解説]

作業効率を優先させるために、作業道の作設間隔を30m程度以下として路網密度が高めている例があるが、特に急斜面では必要以上に間隔を狭くしない方が良い。作業道から上下方向にグラップルで集材する場合、ワイヤーで木寄せすれば作業道の間隔は40m程度でも可能である。作業道間隔を狭めると林地の荒廃拡大や下流への被害拡大を誘発させる可能性が高くなり、土砂流出や崩壊発生のリスクが高まる。

特に、皆伐の場合は間伐と比較して、作業に支障が少ないので、高密で路網を開けなくても済む。



写真 3.1
茨城森林管理署 2066 林班い小班
平成 24 年度 皆伐施業地
路網密度は比較的低い

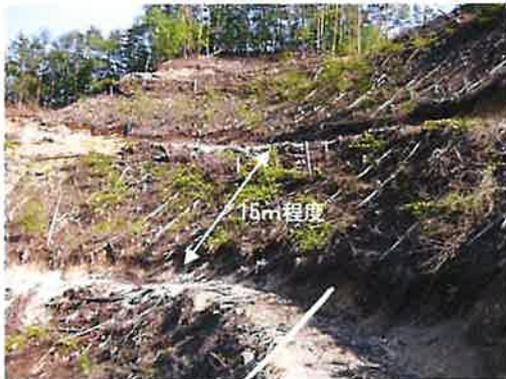


写真 3.2
利根沼田森林管理署 110 林班わ小班
平成 27 年度 皆伐施業地
作業道間の距離が 15m程度と狭い

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 1 計画
森林作業道は、目標とする森林づくりのための基盤であり、森林施業の目的に従って継続的に利用していくものであるから、対象区域で行っていく森林施業を見据え、適切な路網計画の下、安全な箇所に効果的に作設していかなければならない。

(2) 路線選定

水土保持に配慮すると作業コストは増加するが、作業道を 25% を超える直登にしたり、鞍部をまたいだり、沢を作業道にすることは避け、スイングヤードでの集材も含めて、作業システム、作業道の配置法を検討するべきである。

[解説]

急斜面で作業道の路網密度を高めると、崩壊発生、路体崩落、路面侵食等、水土保持上問題となる事象が発生するおそれが高まる。

作業道の路線を選定する際には、急斜面区域はなるべく避けた方が良い。やむを得ず急斜面に作業道を開設する場合は最低限の開設量とし、崩壊が発生しないように十分注意する必要がある。

[解説]

急斜面の場合、切取り面の拡大や路肩の不安定化などが見受けられるが、緩斜面では損傷が少ない。特に 35° 以上の急斜面区域は山側切取面の崩落拡大や、路肩部分における亀裂の発生、路体の決壊が顕著になり、最悪の場合は斜面崩壊の発生原因となっている。



写真 3.3

利根沼田森林管理署 147 林班た小班
平成 23 年度 皆伐施業地

急斜面に作業道を数段作設したため、最上段の作業道を発生源とした崩壊が発生した

- (参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 1 計画
路線選定に当たっては、地形・地質の安定している個所を通過するように選定する。
また、線形は地形に沿った屈曲線形、排水を考慮した波形勾配とする。
- (参考) 製品生産事業請負標準仕様書 (平成 23 年 4 月、林野庁) 第 31 条
森林作業道の作設に当たっては、関係法令を遵守するとともに、林地保全及び保残木や稚幼樹の保護に努めなければならない。

地形変換点 (傾斜遷急線) や山腹凹地 (0 次谷地形) では路線選定、特に切り取り位置に十分注意する必要がある。

[解説]

地形変換点や山腹凹地は崩壊が発生しやすい。特に、切り取り高さは大きな影響を与えるため、極力低く抑える。

溪床上での作業道作設は避ける。

[解説]

沢筋に施工された作業道で、40%程度の急勾配区間では侵食深が 40 cmの路面侵食を受けている例がある。また、作業道が随所で寸断され、土構造の路体や溪岸が侵食を受けて土砂が流出している例があり、継続的な使用が困難である。さらに、植生の回復が遅れると、土質によってはシルト、粘土が流失し、下流で濁水の問題を引き起こす場合がある。



写真 3.4

塩那森林管理署 344 林班ろ小班
平成 19 年度 間伐施業地

溪床に造成された路体が溪流水で侵食されて消失している

作業道作設にあたっては、事前に対象地の地質構造を把握し、特に流れ盤の箇所では、作業道作設を避けた方が良い。

[解説]

斜面の向きにより崩壊地の発生割合が異なる流域があるが、これは地質構造に起因していると考えら、流れ盤の箇所で作業道下に崩壊地が発生している事例も確認される。



写真 3.5

磐城森林管理署 437 林班い1 小班
平成 22 年度 皆伐施業地
流れ盤構造の地質箇所に表層崩壊地が発生している

作業道を作設する際は、表土が厚く堆積する箇所（崖錐堆積物）をなるべく避けた線形とした方が良い。

[解説]

表土が厚く堆積する箇所では崩壊地が多く発生しやすい。



写真 3.6

磐城森林管理署 429 林班な 小班
平成 24 年度 皆伐施業地
崖錐堆積物の箇所では作業道ののり面が拡大している

作業道の縦断勾配が急（25%以上）となる路線選定は避けた方が良い。

[解説]

縦断勾配が 25%以上の箇所（特に轍部分）では路面侵食を受け、土砂流出の発生源となっている場合が多く、舗装を行うなどの対応が必要である。



写真 3.7

利根沼田森林管理署 37 林班い小班

平成 25 年度 皆伐施業地

路面に深さ 30 cm 程度のガリーが発生している

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 3 縦断勾配
適切な縦断勾配は、集材作業を行う車両の自重、木材積載時の荷重バランス、エンジン出力などのほか、路面の固さ、土質による滑りやすさ、勾配が急になるほど路面侵食が起きやすくなること等を考慮して計画する。

縦断勾配の目安を示せば次のとおりである。

基本的には概ね 10° (18%) 以下で検討する。やむを得ない場合は、短区間に限り概ね 14° (25%) 程度で計画する。 12° (21%) を超え危険が予想される場合はコンクリート路面工等を検討する。

作業道の急な折り返し (スイッチバック等) は避けた方が良い。

[解説]

急斜面で折り返している作業道では切取面が連続することで、斜面が不安定になり、上下に崩壊が発生している例があるため、急斜面山腹部での折り返しは避ける。



写真 3.8

茨城森林管理署 2066 林班い小班

平成 24 年度 皆伐施業地

写真左側でスイッチバックしている

作業道のカーブ設定では、必要最小半径を確保しなければならないが、急傾斜の V 字谷を横断する場合は、両岸斜面の切取量及び谷部への盛土量のバランスに注意して線形を決定する必要がある。

[解説]

谷の横断箇所で作業道の半径を確保するために、切取のり面を大きくした結果、崩壊地が発生した事例 (第四紀更新世火山岩類 (軽石層)) がある。また、切取を最小限に抑えると谷への盛土量が増え、豪雨時等における土砂流出が懸念される。



写真 3.9
利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
山側に追い込んだ線形となっている

支線作業道を本線作業道に合流させる場合は、合流点を集水しにくい箇所には設けるか、あるいは合流直前の縦断勾配を逆勾配にするなどの配慮が必要である。

[解説]

作業道支線が本線に合流する際、表流水が支線からも集中し、侵食が発生している箇所がある。また、これまで以上の水が流れ込むため、土砂災害のリスクも高まる。分断して排水可能な施設を整備することも検討する必要がある。

(3) 地質

作業道の作設にあたり、特に花崗岩地帯では崩壊発生に注意する必要がある。

[解説]

変成岩地帯は花崗岩地帯よりも地山が固いため、急傾斜でも崩壊地が少ない。逆に花崗岩地帯は崩壊地が多く発生している。また、地表面近くに火山灰層、その下にかなり風化した花崗岩層が 1.0m 程度存在している箇所があるが、この層は土中流（中間流）流れ層となり得る。



写真 3.10
茨城森林管理署 2066 林班い小班
平成 24 年度 皆伐施業地
花崗岩地帯に発生した崩壊地

花崗岩地帯では、崩壊が発生すると自然復旧しにくいいため注意が必要である。

[解説]

マサ土は侵食されやすく、崩壊面にリルが発生している崩壊地もある。

(4) 路面

縦断勾配が緩い箇所では植生の自然侵入により侵食を防止することが可能である。

[解説]

緩勾配の箇所は、経年に伴い植生が侵入し、路面侵食を防止している。



写真 3.11

塩那森林管理署 342 林班つ小班
平成 19 年度 間伐施業地
路面に草本類が旺盛に侵入している

路面保護のための侵食防止対策や軟弱地盤対策が必要な場合は、丸太（横断方向に敷き並べる）や砂利の敷設も有効である。

[解説]

急勾配箇所（15%以上）では流水が確認され、路面侵食（表面侵食、リル侵食）が発生している箇所があるが、勾配 25～30% 区間でも丸太や砂利を敷き並べている箇所では路面侵食を防止して路体が維持されている。



写真 3.12

利根沼田森林管理署 147 林班た小班
平成 23 年度 皆伐施業地
沢地形における軟弱地盤対策として丸太が横断方向に敷設されている



写真 3.13

塩那森林管理署 332 林班と 2 小班
平成 24 年度 皆伐施業地
延長約 50m の急勾配区間に敷砂利が施されている

(参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第2 路線計画 3 縦断勾配 12° (21%) を超え危険が予想される場合はコンクリート路面工等を検討する。

(参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第3 施工 4 簡易構造物等 やむを得ず軟弱地盤の箇所を通過する場合は、水抜き処理、側溝の設置等の実施について検討する。

(参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第3 施工 4 簡易構造物等 やむを得ず森林作業道の作設に不向きな黒ぼくや粘土質のロームなどの箇所を通過する場合は、必要な路面支持力を得るため、碎石を施すなどの対策をとることを検討する。

作業道の路面(特に急勾配箇所、盛土部)は、枝条等を敷設して侵食防止を図ることが有効である。

[解説]

急勾配(30%程度)でも枝条を敷設して路面侵食を防止している箇所がある。



写真 3.14

茨城森林管理署 2061 林班そ小班
平成 26 年度 間伐施業地
路面にスギ枝条を敷設している

(参考) 製品生産事業請負標準仕様書(平成23年4月、林野庁) 第31条3 幅員は、各種法令等の定める範囲内において必要最小限とし、山腹の崩壊を防止するため路面の水処理を適切に行うものとする。

(参考) 小倉晃、小谷二郎(2011): 作業路の土砂流出抑制法—スギの枝条を散布して—、日本森林学会論文集、小倉晃(2012): 森林作業道の土砂流出抑制手法(スギの枝条散布)、現代林業、2012.12

スギ枝条の路面被覆割合を0%(裸地)、1/3程度、2/3程度、100%の試験区を設置し、土砂移動レートを測定した結果、100%の試験区では裸地の1%程度に土砂移動レートを軽減させることができ、被覆割合を増加させると土砂移動レートが減少する。

(参考) 佐々木重行、檜崎康二ほか(2007): 作業路の植生回復と土砂流出の関係、日本森林学会論文集

作業路が開設され搬出作業が終了した後においても、土壌表層がむき出しの作業路表面をスギ枝条で覆うことで、雨滴衝撃や表面流による細土や礫などの土砂移動を抑制する効果がある。

(参考) 小倉晃、小谷二郎(2012): 作業路の植生回復と土砂流出の関係、日本森林学会論文集

作業路の植生の経年変化は、開設後1、2年目は枝条を散布した方に比べ裸地の方の植生回復が早いが、3年目には両者とも概ね同程度の植生に覆われ、5年目には低木層と草本層ができるとともに、7年目には、森林化状態に達した。

作業道の路面に良質土を敷きならしてフォワーダー等の走行性を向上させることも有効である。

[解説]

作業道路面に黒土を敷きならしている例がある。



写真 3.15

吾妻森林管理署 73 林班く 1 小班

平成 27 年度 皆伐施業地

火山岩層での走行性を向上させるために表層土の黒土を路面に敷いている

大面積皆伐の場合、伐採箇所から土場までの距離が長いため、皆伐地内の基幹的な作業道は敷砂利を施し、耐久性の高い構造とした方がよい。

[解説]

基幹的な作業道は長期間の使用に耐える構造とする必要がある。



写真 3.16

茨城森林管理署 2066 林班い 1 小班

平成 24 年度 皆伐施業地

(5) 切取

切取法高は 1.5m 程度以内とし、盛土量を減らした方がよい。(地形なりに縦断勾配を決定し、切取法高を一定に抑えた方がよい。)

[解説]

切取法高が高く 1.5m を超えるような箇所では、大量の残土を横断方向の盛土に流用して必要以上の幅員となり、路肩が不安定となって崩壊地や亀裂が発生している例がある。



写真 3.17

茨城森林管理署 2066 林班い小班

平成 24 年度 皆伐施業地

盛土量を増やしたために路肩に亀裂が発生している

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 1 趣旨 2 森林作業道
森林作業道は、間伐をはじめとする森林整備、木材の集材・搬出のため継続的に用いられる道であり、地形に沿うことで作設費用を抑えて経済性を確保しつつ、繰り返しの使用に耐えるよう丈夫で簡易なものであることが必要である。

地形が急峻な箇所では、切取法高はなるべく低く抑えた方が良い。

[解説]

急峻な斜面 (35°) に作設された作業道の切取り面は 2m 程度と高く表土の侵食や基岩の剥落が発生し、中には拡大崩壊しているものもあるが、低いのり面では部分的に裸地が発生していても土壌流出のリスクが抑えられる。



写真 3.18

塩那森林管理署 342 林班な小班

平成 26 年度 間伐施業地

急斜面に作設された作業道の切取り面が拡大している

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 3 施工 1 切土
切土高は傾斜が急になるほど高くなるが、ヘアピンカーブの入口など局所的に 1.5 m を超えざるを得ない場合を除き、切土のり面の安定や機械の旋回を考慮し 1.5m 程度以内とすることが望ましく、なおかつ高い切土が連続しないよう注意する。

地形が緩くても粗しような地質で構成されている箇所等では、切取法高はなるべく低く抑えた方が良い。

[解説]

第四紀更新世の火山岩類 (軽石層) 等を母材とする地域で、切取法高が 1.5m を超えるような箇所では、法頭はオーバーハング崖が連続し、のり面が拡大して崩壊地 (幅 10 m、長さ 6m 程度) が発生している例がある。崩壊が発生しないまでも、長いのり面では侵食量が増えて堆積土砂が幅員を狭めている例も見られる。さらに、短いのり面でも

軽石が流出している例が見られる。



写真 3.19
利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
のり面が拡大して発生した崩壊地

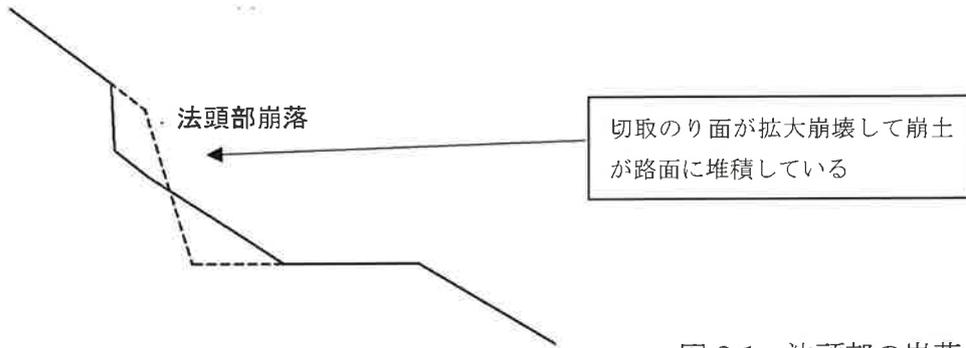


図 3.1 法頭部の崩落

花崗岩地帯における作業道切取りのり面は特に侵食されやすいため、防止対策が必要である。

[解説]

表層土部分の直下のマサ土が侵食されてオーバーハングを形成している箇所や拡大崩壊している箇所がある。



写真 3.20
磐城森林管理署 473 林班い 1 小班
平成 22 年度 皆伐施業地
オーバーハングを形成した切取りのり面

地質が火山灰の箇所は、法高を低く抑えれば、垂直に切り取っても水土保持上は問題ない。

[解説]

火山灰堆積物が露出している箇所の切取りのり面（高さ 1.5m 程度）は、垂直に近くて

も侵食されずに安定を保っている。

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 3 施工 1 切土

崖すい (急斜面から、剥がれ落ちた岩石・土砂が堆積して出来た地形) では切土高が 1 m でも崩れる一方、シラスでは直切が安定するなどの例もあり、直切の可否は土質、近傍の現場の状況などをもとに判断する。

切取りのり面の肩に位置する造林木は、伐採した方がよい。

[解説]

切取りのり面の侵食が進行したため、法肩に根系を露出して不安定となっている立木が存在するが、風で造林木が揺すられてのり面の拡大を招きやすい。

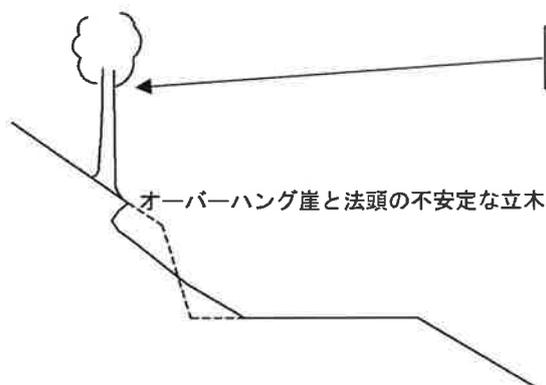


写真 3.21

利根沼田森林管理署 112 林班れ 2 小班

平成 25 年度 間伐施業地

切取りのり面肩の立木が倒伏している



法肩の立木は倒伏するおそれがある

オーバーハング崖と法頭の不安定な立木

図 3.2 法頭の不安定な立木

切取りのり面の肩に位置する伐採木の株は除去しない方がよい。

[解説]

切取りのり面で侵食が進行して伐採木の根系が露出している箇所があるが、根系が腐朽するまではその緊縛力が擁壁の役割を果たし、崩落防止効果を発揮して不安定な土層を固定している。



写真 3.22
利根沼田森林管理署 110 林班ほ 1 小班
平成 27 年度 間伐施業地
切取のり面肩の伐採株が表層土を固定している

切取のり面が拡大した区間、凹地形になっている区間、及び崩落の危険性がある区間では、伐採木を利用した丸太柵工をのり面の脚部に設置すると良い。

[解説]

丸太柵工により斜面の安定を図り、切取のり面のさらなる拡大、ひいては崩壊発生を防止できる。



写真 3.23
利根沼田森林管理署 110 林班わ 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
不安定な切取のり面の脚部に現地で発生した
枝条を活用して柵工を設置している

上部に作業道や民地等が近接している箇所では、作業道の切取のり面直下に伐採木を利用した丸太柵工を設置すると良い。

[解説]

丸太柵工により斜面の安定を図り、のり面拡大を未然に防止し、上部の作業道や民地等を保全することが可能である。



写真 3.24
利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
上部に作業道が接近している箇所で、下部の
作業道の切取のり面に現地の端材を活用した
柵工を設置している

切取りり面の脚部に植栽すると良い。

[解説]

切取りり面の脚部（路側）にスギが植栽されている例があるが、のり面保護としても効果が期待できる。



写真 3.25

塩那森林管理署 370 林班ち小班
平成 24 年度 間伐施業地
切取りり面の脚部にスギを植栽している

(6) 盛土

急峻な斜面での作業道の盛土箇所は、段切段盛（原地盤との密着化）後に路体を十分に締め固め、丸太組工等による路肩の補強を確実に行うことが必要である。

[解説]

急峻な斜面に開設された作業道では、路肩に亀裂が発生しているほか、路肩や盛土面からの土砂流出が発生している例がある。



写真 3.26

利根沼田森林管理署 110 林班ほ 1 小班
平成 27 年度 間伐施業地
作業道の路肩に亀裂（開口幅 2 cm 程度）が発生している



- (参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第1 趣旨 2 森林作業道
路体は堅固な土構造によることを基本とし、構造物は地形・地質、土質などの条件からやむを得ない場合に限り設置するものとする。
- (参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第2 路線計画 3 傾斜に応じた幅員と作業システム (3) 傾斜35°以上
急傾斜地であるため、丸太組等の構造物を計画しないと作設が困難である。
- (参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第3 施工
森林作業道は、路体の締固めを適切に行い、堅固な土構造によることを基本とする。
- (参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第3 施工 2 盛土
盛土工は、事業現場の地山の地形・地質、土質、気象条件や幅員、機械の重量などを考慮し、路体が支持力を有し安定するよう適切に行う。
- (参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第3 施工 2 盛土
地山に段切りを行った上で、盛土部分を概ね30cm程度の層ごとに締固め、路体の強度を得る。
- (参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第3 施工 2 盛土
急傾斜地では、堅固な地盤の上のり止めとして丸太組工、ふとんかごや2次製品を設置したり、石積み工法等を採用するなどして、盛土高を抑えながら、堅固な路体を構築することも検討する。
- (参考) 森林作業道作設指針(平成22年11月、林野庁) 第3 施工 4 簡易構造物等
2トン積トラックなど接地圧の高い車両が走行する場合には、荷重を分散させるため丸太組による路肩補強工の実施について検討する。

路肩の補強等を目的として盛土箇所に丸太柵工を設置することは避けるべきである。

[解説]

丸太杭と横木を組み合わせた柵工では、丸太が変形して背面の盛土が流出している例があり、崩壊を誘発するおそれがある。また、変形しなくても丸太が腐朽して盛土部分が決壊するおそれがある。



写真 3.27

利根沼田森林管理署 147 林班た小班
平成23年度 皆伐施業地
作業道の路肩に設置された丸太柵工



写真 3.28
利根沼田森林管理署 147 林班た小班
平成 23 年度 皆伐施業地
丸太柵工の杭が傾いている

柵工は傾倒するおそれがある

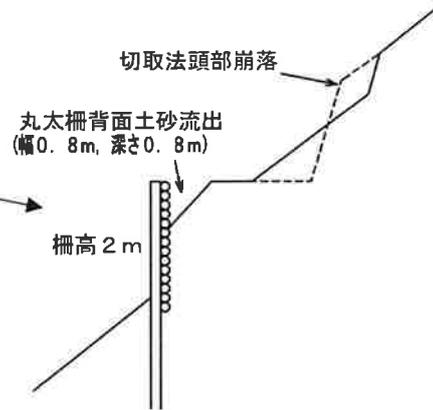


図 3.3 盛土法尻の柵工



写真 3.29
磐城森林管理署 473 林班い 1 小班
平成 22 年度 皆伐施業地
杭と横丸太を組み合わせた丸太柵工が滑落している

谷側盛土面に伐根を置いてのり面の保護を図ることができる。

[解説]

谷側盛土面に伐根を置いてのり面の保護を図っている事例がある。



写真 3.30
塩那森林管理署 363 林班い 1 小班
平成 28 年度 間伐施業地
丸太と根株により盛土のり面を保護している

(参考) 製品生産事業請負標準仕様書 (平成 23 年 4 月、林野庁) 第 31 条 4
作設に伴い発生した根株等は、盛土のり面保護工として利用するものとする。

作業道の作設に伴い大径の岩塊が発生する場合は、盛土部に設置して路肩を補強することも有効である。

[解説]

新第三紀中新世の堆積岩地帯では、岩塊を活用して安定した路体を維持している例がある。



写真 3.31

吾妻森林管理署 48 林班さ 1 小班
平成 27 年度 間伐施業地
路肩に作業道作設時に発生した岩塊 (新第三紀中新世の堆積岩) を設置して補強している

第四紀更新世火山岩類の軽石層地帯では、作業道の盛土材として他の土質のものを混入して補強する必要がある。

[解説]

軽石層地帯では盛土の決壊や亀裂発生が確認される箇所がある。軽石層は粒度が揃っており締め固まりにくい、黒土や礫等の他の土質を混入することにより、様々な粒径で構成される材料となり、締め固まりやすくなる。

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 3 施工 4 簡易構造物等

火山灰土など、一度掘り起こすと締め固めが効かない土質の箇所で掘削を行う場合は、火山灰土などの深さに応じて、剥ぎ取ったり深層と混ぜ合わせる等の工夫を施すことを検討する。

第四紀更新世火山岩類の軽石層地帯等で、盛土面に裸地が残存する場合は枝条等を敷設して土砂流出を未然に防止する必要がある。

[解説]

軽石等は粘着力に乏しく極めて粗しょうであるため、路肩から盛土面への流出が確認される。



写真 3.32
利根沼田森林管理署 110 林班わ小班
平成 27 年度 皆伐施業地
盛土のり面に枝条を伏せて侵食防止を図っている

作業道の盛土のり面保護に枝条を用いる場合は、伐採木を杭木として活用して枝条を整理する方法も有効である。

[解説]

作業道の谷側に伐採木を活用した杭木を設置し、その背面に枝条を処理している例がある。集材直後の作業道上において枝を落とし、玉切り等の際に発生する枝条を活用することが有効と考えられる。

(7) 排水

作業道の縦断勾配を波型として、路面水を分散排水した方が良い。

[解説]

一様の勾配が連続する区間では、路面侵食は発生している例がある。

(参考) 森林作業道作設指針(平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 1 計画
路線選定に当たっては、地形・地質の安定している個所を通過するように選定する。
また、線形は地形に沿った屈曲線形、排水を考慮した波形勾配とする。

(参考) 森林作業道作設指針(平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 4 排水計画

土構造を基本とする森林作業道では、原則として路面の横断勾配を水平にした上で、縦断勾配を緩やかな波状にすることにより、こまめな分散排水を行うとともに、排水先を安定した尾根部や常水のある沢にするなどして、路面に集まる雨水を安全、適切に処理するよう路線計画を検討する。

(参考) 森林作業道作設指針(平成 22 年 11 月、林野庁) 第 3 施工 5 排水施設
森林作業道は、路面の横断勾配を水平とし、波形勾配を利用した分散排水を行うことを基本とし、必要に応じて簡易な排水施設を設置する。

沢の渡河地点には、丸太や転石を活用した横断溝を敷設した方が良い。

[解説]

丸太を活用した横断溝を敷設した箇所では、路体内の滞水が見られないため、路体が安定している。



写真 3.33

磐城森林管理署 429 林班な小班
平成 24 年度 皆伐施業地
沢の渡河地点に丸太横断溝を設置している

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 3 施工 5 排水施設
小溪流の横断には、原則として暗きよではなく洗い越しを施工する。洗い越しを施工する場合は、丸太や岩石を活用し、必要に応じてコンクリートを用いる。

作業道の路面、特に急勾配の箇所では、地形を考慮して適宜横断排水溝 (素掘り等) を設置して表流水を処理する必要がある。

[解説]

作業道路面に滞水箇所が確認され、路盤の不安定化が懸念されるとともに、作業道路面からの流入水が集中して林内侵食が発生している箇所がある。一方、素掘り横断溝、丸太横断溝 (径 10 cm 程度の丸太 1 本) または枝条敷設横断工を設置することにより、縦断方向の流水を遮断し、路面侵食の拡大防止に効果を発揮している例がある。



写真 3.34

茨城森林管理署 2063 林班と小班
平成 26 年度 皆伐施業地
作業道の急勾配区間に素掘り横断溝が設置されている

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 4 排水計画

森林作業道を継続的に使用するためには、適切な排水処理の計画が重要である。

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 4 排水計画

横断排水施設やカーブを利用して分散排水する。

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 3 施工 4 排水施設

森林作業道は、路面の横断勾配を水平とし、波形勾配を利用した分散排水を行うことを基本とし、必要に応じて簡易な排水施設を設置する。

横断溝の流末は、地質等に応じて盛土のり面・林内侵食を防止するための処理が必要である。

[解説]

粗しような軽石を盛土材料とした箇所等では、丸太横断溝に沿って水が流れ、谷側の路肩流水によりが決壊している例がある。



写真 3.35

磐城森林管理署 429 林班な小班

平成 24 年度 皆伐施業地

横断溝の流末に路面水が集中し、局所的に侵食を受けている

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 4 排水計画

土構造を基本とする森林作業道では、原則として路面の横断勾配を水平にした上で、縦断勾配を緩やかな波状にすることにより、こまめな分散排水を行うとともに、排水先を安定した尾根部や常水のある沢にするなどして、路面に集まる雨水を安全、適切に処理するよう路線計画を検討する。

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 2 路線計画 4 排水計画

排水が集中するような場合は、安全に排水できる箇所 (沢、尾根)をあらかじめ決めておく。

(参考) 森林作業道作設指針 (平成 22 年 11 月、林野庁) 第 3 施工 4 排水施設

横断排水施設の排水先には、路体の決壊を防止するため、岩や石で水たたきを設置したり、植生マットで覆うなどの処理を行う。

(8) 残土

勾配の急な谷部での残土処理は避ける。

[解説]

降雨時に流水が発生しないような谷の上部で勾配が緩い場合は、残土処理が可能であるが、勾配が急な場合は残土が流出する恐れがある。

(9) 再利用

伐採後に作業道を利用する場合は、刈り払い等の修復が必要である。

[解説]

伐採後数年で路面は草木本類が密生し、通行が不可能となる。



写真 3.36

塩那森林管理署 332 林班と 2 小班
平成 24 年度 皆伐施業地
作業道の路面に草木本類が繁茂している

2. 皆伐

(1) 地形・地質

急斜面における伐採、集材等の作業では、林床を荒らさないように十分に注意する必要がある。

[解説]

緩斜面では植生が比較的多く侵入しているが、急斜面では植生の侵入が少なく、裸地が発生するおそれがある。中生代ジュラ紀の堆積岩地帯の急斜面における伐採跡地には裸地が多く、特に急峻な箇所では林床が侵食を受けている。また、新第三紀中新世の火山岩地帯の急斜面では表土の流亡箇所も認められる。



写真 3.37

利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
第四紀更新世の火山岩類を母材とするところ
であるが、土層の表面が侵食されている

(参考) 製品生産事業請負標準仕様書 (平成 23 年 4 月、林野庁) 第 25 条 4

事業実行に当たっては、林地保全に配慮するとともに保残木や稚幼樹の保護に努めなければならない。

(参考) 造林事業請負標準仕様書 (平成 20 年 4 月、林野庁) 第 26 条 4

事業実行に当たっては、林地保全に配慮するとともに保残木や稚幼樹の保護に努めなければならない。

上部斜面や急傾斜の下部斜面における伐採、集材等の作業では、林床を荒らさないように十分注意する必要がある。

[解説]

上部斜面や急傾斜の下部斜面は水分環境が悪いため、伐採後の林床植生の侵入が乏しく、小面積の裸地となっているほか、植栽木の生育が劣っている例がある。



写真 3.38

塩那森林管理署 331 林班は 1 小班
平成 28 年度 皆伐施業地
急傾斜の上部斜面では林床植生の侵入が少ない

斜面の勾配遷急線直下は崩壊が発生しやすいため注意する必要がある。

[解説]

勾配遷急線直下の急斜面尾根部に、作業道と関係ない崩壊地が発生している。



写真 3.39

磐城森林管理署 437 林班は 1 小班
平成 22 年度 皆伐施業地
勾配遷急線直下に崩壊地が発生している

第四紀更新世の火山岩類（軽石層）を母材とし、地形が急峻な箇所では、伐採・搬出等の施業に十分注意する必要がある。

[解説]

崩壊跡地の微地形が確認されるなど、施業前から荒廃した山地であっても、施業等の外的営力により荒廃が進行することが懸念される。



写真 3.40
利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
急峻な崩壊跡地が再崩壊するおそれがある

(2) 前生樹

伐採後数年経過すると、前生樹の根株は腐朽して崩壊防止機能が低下するため、豪雨時には注意が必要である。

[解説]

伐採後 10 年経過した林分では、前生樹の伐根は腐朽し、人力で引き抜くことができるほど、引き抜き抵抗力が低下している例がある。特に花崗岩地帯では、表層には風化土層が載っている状態なので森林を伐採した後は表層崩壊が発生しやすい状況になる可能性が高い。



写真 3.41
塩那森林管理署 332 林班と 2 小班
平成 24 年度 皆伐施業地
腐朽し始めている伐採後の切り株

(3) 下層植生

有用な広葉樹の中低木は伐採しない方が良い。

[解説]

元々生育している広葉樹を伐採しないで残すことにより、将来的に複層林となって水土保全機能が向上すると考えられる。



写真 3.42
利根沼田森林管理署 110 林班わ小班
平成 27 年度 皆伐施業地
尾根部の広葉樹を伐採しないで残してある
(上から撮影)

(4) 伐採木・枝条等

伐採に伴って発生する枝条や端材は、地拵えの際の柵工や作業道の盛土のり面の保護工等に活用して植栽木の生育基盤を整備した方が良い。

[解説]

作業道の路肩や山腹面に伐採木の枝条が無造作に放置されている箇所や、緩傾斜地は枝条や株等の端材処理場として利用されている箇所がある。このように、伐採後の枝条や端材を無造作に放置すると植栽の妨げとなるほか、伐採後の植栽面積が削減される。森林の水土保全機能を効果的に発揮するには植栽面積を十分に確保する必要がある。また、作業道の路肩で枝条等を集積してない箇所では土砂流出が認められる場合もある。



写真 3.43
塩那森林管理署 333 林班え小班
平成 26 年度 皆伐施業地
枝条で路肩を保護していない箇所では土砂流出が発生している



写真 3.44
磐城森林管理署 362 林班よ小班
平成 26 年度 皆伐施業地
枝条や端材が無造作に放置されて植栽を妨げている

- (参考) 製品生産事業請負標準仕様書 (平成 23 年 4 月、林野庁) 第 27 条 11
伐倒作業に伴い発生した末木、枝条等を沢地、河川の流路等、道路又は道路の排水施設付近に放置してはならないものとする。
- (参考) 製品生産事業請負標準仕様書 (平成 23 年 4 月、林野庁) 第 32 条 4
土場作設に伴い発生した末木枝条等を沢地、河川の流路等、道路又は道路の排水施設付近に放置してはならないものとする。
- (参考) 造林事業請負標準仕様書 (平成 20 年 4 月、林野庁) 第 32 条 5
伐倒木については、必要に応じて後続作業の支障とならない箇所に集積するか、等高線に平行に存置しなければならない。
- (参考) 山瀬敬太郎、栃本大介ほか (2010) : 間伐木を利用した筋工による森林表土の流亡抑制、日本緑化工学会誌 36(1)
間伐木を利用した筋工を施工した林分と施工していない林分の侵食土砂量を測定し、筋工を施工した方が侵食土砂量が少なく、集中豪雨時にも侵食防止効果が大きく発揮されていたこと、効果が大きかった地点では伏工と同程度以上の効果が得られた。
- (参考) 今泉文寿、上治雄介 (2012) : 山岳域人工林内での土砂移動と間伐材を利用したその抑止手法、日本森林学会誌 94
急傾斜人工林内に間伐材を利用した柵工を設置し、その後の経過時間とともに土砂移動量 (ドライラベル、ソイルクリープ) が減少する傾向が見られ、柵工の設置により斜面の安定化が図れた。

前生樹の切り株を高くしておく、枝条や端材を用いた地拵えの際の杭として活用できる。

[解説]

前生樹の切り株が高い箇所と低い箇所がある。



写真 3.45

磐城森林管理署 437 林班い 1 小班
平成 22 年度 皆伐施業地

伐採で発生した枝条や端材を谷に集積したままにしない。

[解説]

小規模な谷では、集積した枝条等が簡易な土留工の役割を果たし、侵食による土砂流出を防ぐ効果が期待される。しかし、谷の規模が大きくなると、枝条等が、豪雨時に流出するおそれがあるため、残置したままにしない。



写真 3.46

利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
谷に枝条が集積されている

枝条等の残材を集積する際、丸太杭で囲うことが、造林作業、ひいては林地保全上有効である。

[解説]

枝条等の残材を丸太杭で囲って集積している箇所があるが、造林する際の潰し地が減少し、造林面積が増加することにより、林地保全に効果を発揮することが可能となる。



写真 3.47

塩那森林管理署 333 林班え小班
平成 26 年度 皆伐施業地
枝条を丸太杭で囲い高く積み上げているため、造林面積が増えている

(参考) 造林事業請負標準仕様書 (平成 20 年 4 月、林野庁) 第 27 条 2

伐倒木・枝条等の整理については、特に定めや監督職員の指示がある場合を除き、植栽の支障にならないようにし、また、滑落・移動しないようにしなければならない。

林内で枝落としを実施して枝条を平均的に敷きならすと良い。

[解説]

枝条の敷均しは、侵食防止に効果があると考えられる。



写真 3.48

利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
等高線状かつ帯状に敷設されている枝条

(参考) 製品生産事業請負標準仕様書 (平成 23 年 4 月、林野庁) 第 30 条 10

枝条の処理は、原則先山に還元することとするが、集積する場合は監督職員の指示に従わなければならない。

溪流に設置した丸太組の土場は速やかに撤去した方がよい。

[解説]

丸太を無造作に放置すると、豪雨時の流木の発生源となるおそれがある。



写真 3.49

利根沼田森林管理署 147 林班と 1 小班
平成 27 年度 皆伐施業地
溪流上に丸太組の土場が残置されている

(5) 植栽

作業道の残土を皆伐後の植栽時に客土として活用することも有効である。

[解説]

作業道の谷側の盛土部分の植栽木は、盛土部分の土壤が比較的肥沃であることから、山側の植栽木と比較して成長が良い。



写真 3.50

磐城森林管理署 361 林班ほ小班

平成 17 年度 皆伐施業地

盛土部分の右側のスギの方が左側より生育が良好である

作業道の路面に植栽する場合は、土壌条件に注意し、必要に応じて客土する必要がある。

[解説]

路面は固くて土壌孔隙も少ないため、植栽木の中には枯死しているものがある。



写真 3.51

磐城森林管理署 362 林班よ小班

平成 26 年度 皆伐施業地

路面上の枯死した植栽木

皆伐後の植栽木は、適期の保育（枝打ち、間伐）が必要である。

[解説]

立木密度 3000 本/ha で植栽した箇所では、植栽後 10 年が経過すると、植栽木は、樹高 7~8m、胸高直径 10~14 cm となり、林内は暗く林床はスギ落葉で覆われて植生の被度は 1% 程度であるため、林内侵食が発生するおそれがある。



写真 3.52

磐城森林管理署 361 林班ほ小班

平成 17 年度 皆伐施業地

暗く下層植生が乏しい林内

獣害が懸念される地域では植栽木に対して、忌避剤散布等による獣害対策を講じることが望ましい。

[解説]

シカ等により植栽木の梢端が食害を受けている被害を確認できる。獣害対策により植栽木が順調に生育すれば、将来的に水土保持機能の高い健全な森林となる。



写真 3.53

吾妻森林管理署 59 林班わ 8 小班
平成 23 年度 皆伐施業地
シカの食害により梢端が消失している

3. 間伐

(1) 地形・地質

崩壊跡地等の急斜面における伐採、集材等の作業は林床を荒らさないように十分に注意する必要がある。

[解説]

緩斜面では植生の侵入が旺盛で侵食は認められないが、急斜面では林床植生が乏しく、裸地や崩壊が発生している箇所もある。



写真 3.54

塩那森林管理署 342 林班な小班
平成 26 年度 間伐施業地
谷頭の急斜面に裸地が発生している

列状間伐では、尾根付近の林床は特に荒らさないように注意する必要がある。

[解説]

尾根付近は水分環境が悪いため、列状間伐地（2 伐 5 残）の林床植生の生育が劣っている例がある。



写真 3.55
茨城森林管理署 2063 林班ぬ小班
平成 22 年度 間伐施業地
緩い尾根上で林床植生の生育不良箇所がある

谷地形の箇所は土砂流出に注意する必要がある。

[解説]

一般的に谷地形の箇所は水分条件が良いため、植生の侵入率は高いが、集水面積が大きくなると裸地の発生が確認される。

溪岸の立木は間伐時にあらかじめ伐採しておいた方がよい。

[解説]

溪岸の林地では流水により侵食崖が形成され、侵食拡大に伴い倒木となるおそれがある。



写真 3.56
塩那森林管理署 344 林班ろ小班
平成 19 年度 間伐施業地
溪岸の植栽木は流水の侵食により根系を露出して不安定となっている

(2) 列状間伐

列状間伐の列（伐採区、残存区）を作業道の上下でずらした方がよい。

[解説]

伐採直後の無立木の斜面長をなるべく短くした方が崩壊発生の危険性が低くなると考えられる。

(3) 林床及び下層植生

下層木が発達して林床の草本が少ない箇所では、将来的に林内侵食に注意する必要がある。

[解説]

間伐後数年経過すると下層木が発達し、林床の草本が少なくなる傾向にある。



写真 3.57

磐城森林管理署 358 林班む小班

平成 17 年度 間伐施業地

林床植生の少ないスギ林内

(参考) 荒木誠、阿部和時 (2005) : 間伐は森林の土壌を守るか?、森林科学 44

下層植生の多い林分では地表面侵食量が少なく、地表面侵食が甚だしい林分ほど間伐による侵食防止効果が大きい。

(参考) 上野満 (2011) : 間伐をおこなったスギ人工林における林床植生と土砂移動量、日本森林学会論文集

抜き伐り (間伐) は林床の植被率を高め、土砂の移動量を抑制する。

(参考) 山田康裕、諫本 信義 (2001) : 間伐が下層植生および表層土壌の流出に与える影響、日林九支論文集 No.54

間伐区と無間伐区の間で土砂流出量に大きな差が見られ、これには下層植生及び落葉層の有無が強く関与している。

(参考) 篠宮佳樹、稲垣善之ほか (2011) : 四国地方のヒノキ人工林における間伐が表層土壌の物理性に及ぼす影響、森林応用研究 20(1)

間伐後の下層植生の急速な発達により表土保全効果が高まり、土壌の孔隙組成は間伐前の状態に回復する可能性が高い。

(参考) 横井秀一、井川原弘一ほか (2005) : 間伐後数年を経過したヒノキ人工林の林床植生、日本森林学会論文集

間伐後数年を経過したヒノキ林の林分構造と林床植生を調査した結果、間伐時に林床植生が衰退しているヒノキ林では、間伐による速やかな林床植生の再生は期待できないことが分かり、ヒノキ人工林施業では、常に林床植生を維持するような森林管理が重要である。

(参考) 伊藤万里絵、宮内さやかほか (2006) : 間伐方法・施業方法の違いにおける土壌流亡量と下層植生の関係、日本森林学会論文集

間伐率の上昇によって植被率が上昇し、それに伴って土壌流亡量が減少した。

(参考) 中森由美子、瀧井忠人ほか (2012) : 急傾斜ヒノキ人工林の伐採方法の違いによる細土、土砂、リター移動量の変化、日本森林学会誌 94

皆伐、強度間伐、通常間伐の処理前後の表土移動量を比較した。その結果、移動レートは皆伐処理後に著しく増加したが、間伐区では変化が見られず、間伐が表土移動

量に与える影響は皆伐に比べて小さいとし、作業時の地表攪乱を最小限にすることと、速やかな植生回復を促すことが林地の土壌を保全する上で重要である。

スギ間伐木の枝条は林内に残置することが望ましい。

[解説]

林床がスギの枝条等で被覆されていると、林床の表面侵食が発生しない。間伐間もない箇所では植生の侵入が乏しいが、経年に従い植生の自然侵入が確認される。



写真 3.58

塩那森林管理署 342 林班つ小班

平成 19 年度 間伐施業地

林床を枝条が覆っていても、植生が侵入しつつある

列状間伐の残存区の劣勢木は除伐して下層植生の成長を促した方が良い。

[解説]

2 伐 5 残の列状間伐では、伐採直後は 2 残箇所の下層植生は乏しいが、数年経つと草木本（サカキ・ウルシ・アオキ・アジサイ・サンショウ・ネム等）が密生する。一方、5 残箇所は下層植生が少なく林内侵食が発生している箇所もある。



写真 3.58

茨城森林管理署 2066 林班と 2 小班

平成 19 年度 間伐施業地

5 残箇所で林内侵食が発生している

林地保全上、切り捨て間伐は避けるべきである。

[解説]

林内に残置された間伐材（幹部）により下層植生の侵入が拒まれている例がある。

有用な広葉樹の中低木は伐採しない方が良い。

[解説]

1 伐 2 残等の列状間伐で林内照度が高まっている林分では、元々生育している広葉樹を伐採しないで残すことにより、将来的に複層林となって水土保持機能が向上すると考えられる。



写真 3.59

利根沼田森林管理署 110 林班ほ 1 小班
平成 27 年度 間伐施業地
間伐の際、有用な広葉樹を伐採せずに残置している

(参考) 造林事業請負標準仕様書 (平成 20 年 4 月、林野庁) 第 32 条 6

除伐、除伐 2 類及び保育間伐においては、目的樹種以外であっても、監督職員の指示に従い、植栽木のない箇所に生育する天然有用樹や尾根筋、沢筋に生育する有用樹及び林縁木 (林分保護上必要な場合に限る。) について、保残するよう努めなければならない。

(4) 伐採木・枝条等

間伐に伴う残材は溪岸部に放置しない方が良い。

[解説]

溪流に面した間伐跡地では、間伐残材が溪岸部に残留しており、洪水時に溪岸侵食が進むおそれがあり、残材の流出による悪影響が懸念される。



写真 3.60

塩那森林管理署 344 林班ろ小班
平成 19 年度 間伐施業地
溪岸の間伐残材が流出するおそれがある

(5) 被害

シカ等による獣害が予想される場合は、残存木には獣害防止のテープが巻くなどして健全な森林を育てた方がよい。

[解説]

シカ等による食害の痕跡（樹皮の剥奪）が確認されるが、獣害により枯死木が発生すると、水土保持機能が劣った不健全な森林となるおそれがある。



写真 3.61

塩那森林管理署 342 林班つ小班
平成 19 年度 間伐施業地
テープでシカの食害を防止している

作業道沿い等の林縁は間伐の度合いを抑えた方がよい。

[解説]

スギの間伐地（1 伐 2 残）では林縁付近に雪折れが多く発生している例があり、水土保持機能が劣った不健全な森林となるおそれがある。



写真 3.62

利根沼田森林管理署 112 林班よ 2 小班
平成 25 年度 間伐施業地
作業道の林縁木で雪折れの被害が発生している

列状間伐後の 2 回目の間伐（定性間伐）では、伐採後に林内に大きな空間（ギャップ）が生じるが、定性間伐の際はギャップが大きくなりすぎないように配慮することが望ましい。

[解説]

列状間伐（1 伐 2 残）後に定性間伐を実施した林分では、大きなギャップが生じており、風害または冠雪害が原因と思われる折損木のほか、立ち枯れや根返りによる傾倒木が見受けられる。なお、倒木の根系深は 0.5m 程度で直根は発達していない。



写真 3.63

利根沼田森林管理署 157 林班そ 1 小班

平成 23 年度 間伐施業地

間伐林内のギャップで発生した倒木

第2節 森林作業道の実態

木材生産林で皆伐を行った区域では、伐採後に地拵えを行い、その後に植栽が行われているが、最近の国有林の事業入札では、立木販売のための伐採から植栽までを一括して発注する事例が多くなっている。

また、間伐については、列状間伐を主体で実施している署と、定性間伐が主体の署があり、残存木の生育や下層植生の回復にはそれぞれ施業効果を発揮している。

皆伐や間伐を行った「木材生産林」で水土保持上目立つ事象は、「森林作業道の作設」後の変化である。間伐地や新植造林地では樹木や下層植生の成長により林地は安定方向に向かうが、作業道作設箇所では経年変化で切取面での土砂崩落や路面侵食等より林地荒廃が拡大していくことが想定される。

第1項 森林作業道の実態調査結果

森林作業道作設に当たっては、林野庁から「森林作業道作設指針」（以下、作設指針と称する）が示されており、現地で路網作設に携わるオペレーターの養成事業のために作成された研修教材として「森林作業道づくり 研修教材 2010 一般社団法人フォレストサーベイ」（以下、研修教材と称する）が刊行されている。

研修教材は、作設指針に則り現場での対応のポイントが整理されていることから、研修教材に示されたポイントと調査地の実態を整理してみる（注；【 】で表示した部分が研修教材で示されたポイント項目である）。

1. 作業システムの種類

間伐でも皆伐でも、各調査地における基本的な作業種は以下のとおりである。

- ①チェーンソーで伐採
- ②グラップルで木寄せ、グラップルに取り付けたワイヤーで引き寄せる場合もある（写真－1参照）。
- ③プロセッサで玉切り（写真－2参照）
- ④フォワーダで土場まで運搬・搬出
- ⑤トラックで運材



写真 3.64 グラップルによる木寄せ作業
(吾妻署)



写真 3.65 プロセッサ
(利根沼田署)



写真 3.66 フォワーダで林道脇の土場まで
搬出されてきた材
(那須塩原市内民有林)

2. 【目的と機能・・・森林施業のための道】

- ・ 今回の各調査地では、施業対象地までの到達ルートは、一般道と正規規格の林道を利用しており、皆伐や間伐を行った施業対象地内にはクローラタイプの林業機械走行を前提とした作業道が作設されている。
- ・ 間伐施業地では、一般道あるいは林道から分岐して、伐採対象地のほぼ中腹部分を通過するルートが設定されている。
- ・ 皆伐施業地では、山腹面に等高線状に横ルートの作業道を作設し、この横ルートを上下に繋ぐルートの組合せでの作業路網、あるいは、斜面ブロック単位でのジグザグルートで尾根部に至るルートの組合せ等の作業路網が形成されている。
- ・ 伐採業者への聞き取りによると、作業道の上下の間隔は、ワイヤーによる木寄せを行う場所ではワイヤーでの木寄せ作業が 20～30m が限界であり、このような場所では作業道間隔は 40～50m としているとのことであった。
- ・ 木寄せをグラップルで行う場所では 20～30m 程度の間隔となっている。



写真 3.67 尾根部を急勾配ルートでジグザグに登る作業道路網 (茨城署)



写真 3.68 等高線状に 20m前後の間隔で作設された作業道（利根沼田署）

<作業道の作設間隔について>

- ・近年の伐採作業では作業道を高密度に作設する手法が一般的であり、今回確認した現場においては作業道の上下斜面長間隔が 20～30mの区域が多く見られる。
- ・作業効率の点からはこの程度の密度が望ましいとの判断と思われる。
- ・斜面勾配が 35° 以下の緩傾斜面であれば 20～30mの間隔でも大きな支障は生じていない。
- ・しかし、40° 以上の急斜面区域は山側切取面の崩落拡大や、路肩部分におけるクラックの発生が顕著になり、最悪の場合は斜面崩壊の発生の原因となっている。
- ・今回の調査地内では、45° 以上の急斜面に作業道を 3 段作設した結果、最上部の路肩から長さ 100m、幅 10m前後の表層崩壊が発生し、崩落土砂が沢筋の林道と溪流を閉塞させるとともに、下流側の林道暗渠も閉塞させ、溢流した流水が林道路面を流下し、林道路体決壊を誘発している箇所がある。



写真 3.69 3 段の作業道を崩落させた崩壊地
（利根沼田署）



写真 3.70 写真 3.69 崩壊地源頭部の路体決壊

- ・この施業地は、斜面勾配が 40° から 45° の急斜面で、作業道作設には適さない斜面である。しかし、対岸が民有林で架線集材が困難なことから、やむなく作業道を作設したものと考えられる。
- ・作業効率を優先して作業道作設間隔を短くすることが、林地荒廃拡大や下流への被害拡大を誘発させる可能性が高いことも十分に認識し、林地荒廃拡大防止も考慮した路網配置を検討する必要がある。

3. 【構造上の特徴・・・土構造物が主体の壊れにくい道】

- ・今回の調査で確認した施業地の作業道は、基本的には切り盛りのみで作設されており、二次製品資材を使用した構造物は設置されていない。
- ・谷側路肩部分に伐採残材の丸太杭を打ち込み、ここに刈り払い枝条等を積み重ねて、地拵えと作業道盛土部保護を兼ねた「柵工」が多用されている。



写真 3.71 切り盛り土工と丸太打ち込み・枝条積み上げによる路肩保護（茨城署）



写真 3.72 作業道路肩に沿って置かれた枝条・残材（塩那署）



写真 3.73 路肩部の丸太杭と丸太、枝条による柵工（磐城署）

4. 【傾斜に応じた作業システムと幅員】

- ・作設指針では、傾斜と作業システム、幅員の関係を目安として提示している。

表 4.1 傾斜と使用機械及び幅員の目安

傾 斜	使 用 機 械	幅 員
25° 以下	6～8 トンクラス (バケット容量 0.2～0.25m ³) 9～13 トンクラス (バケット容量 0.45m ³)	3.0 m
25° ～35 °	6～8 トンクラス 3～4 トンクラス及び2 トン積トラック走行	3.0 m 2.5 m
35° 以上	3～4 トンクラス ((バケット容量 0.2m ³) 2 トン積トラック走行	2.5 m

- ・今回の調査地の作業道は9～13 トンクラスの林業機械とフォワーダ運材を行っており、作業道幅員は2.6mが大半で、地形が緩い分岐点周辺では3.0m以上となっている箇所もある。



写真 3.74 作業道幅員 2.6m
フォワーダ走行痕跡幅も 2.6m



写真 3.75 履帯外幅 1990 mmのフォワーダ
(利根沼田署)

5. 【切土・盛土高の抑制】

- ・作設指針では、切土と盛土ののり面勾配は以下を標準としている。

表 4.2 切土及び盛土の標準のり面勾配

切土高は 1.5m程度以内を基本
切土のり面勾配・・・土砂の場合＝6分 切土高 1.2m以内＝直
盛土のり面勾配・・・概ね1割より緩い勾配 盛土高が2 mを越える場合＝1割2分

- ・切土のり面は、少なくとも作設後数ヶ月は上記勾配のり面が維持されていると思われるが、1年以上（冬季の凍結融解が生じる時期）を過ぎると、のり面の表土崩落が継続して地形が後退するか、あるいは、崩落土砂による崖錐堆積がのり面脚部に形成され、切取地形が大きく変化してくる。
- ・切土高が概ね2 m以下であればのり面や上部からの崩落は目立たないが、切土高が2 m以上と

なる箇所ではのり面上部からの崩落が目立つようになる。



写真 3.76 崩落土砂によるのり面脚部の崖錐堆積（吾妻署）



写真 3.77 切取面上部からの崩壊
切土が 2 m 以上の箇所の崩壊
（利根沼田署）



写真 3.78 切土高 2 m 以上の箇所で
のり面上部が崩落し、作業道
を閉塞している。
（磐城署）

6. 【伐開幅は必要最小限】

- ・研修教材では、伐開幅は幅員に応じて必要最小限に抑えることとしている。さらに、立木の根は土をよくつかむので、道沿いの立木は残すことにより、路肩部分やのり面保護に寄与しているとされている。
- ・また、切取面頭部の根株は、のり面から飛び出した部分は切り取って、根株によるのり面保護対策を提唱している。
- ・各調査地ではこの手法が取り入れられているが、作設後時間が経過すると根株周辺の土砂が崩落して根株が浮き上がり、最終的には根株崩落により、のり面頭部の崩壊が拡大している事例が多く見られる。



(1) のり頭の伐根 (茨城署)



(2) 浮き上がった根 (磐城署)



(3) 伐根を残した切取面 (塩那署)



(4) 浮き上がった伐根 (塩那署)

写真 3.79 切土部の根株がのり面を押さえ込んでいる事例

表土が崩落して根株が浮き上がりつつあり、(4) 写真では根株の半分以上が浮き上がっている。

- ・ のり頭付近からの根株崩落を誘因とする崩壊規模は、路面からの高さも数m程度で、崩壊が大きく拡大している例や、崩落土砂が周辺に過大な悪影響は及ぼしている事例は少ない。崩土が作業道路面に崖錐状に堆積している程度である。
- ・ 根株崩落箇所では自然復旧に向かう方向の箇所もあるが、崩壊が拡大するようであれば柵工設置や植栽等による保全対策が必要になることも考えられる。



(1) 切取面上部からの崩落 (利根沼田署)



(2) 切取面の崩落拡大 (塩那署)

写真 3.80 切取面上部周辺の根株や土砂が崩落した事例

- ・作業道作設後 2～3 年以上が経過すると、切取のり面の崩落により地山が後退し、林縁部の残存木が倒れたり、のり面頭部の根株が不安定な状態で浮き上がるケースも見られる。
- ・火山噴出物堆積地帯で、直根が伸びにくい樹種の場合には倒木が発生する危険性も高いため、地質・土質や樹種特性も考慮して伐開幅を検討する必要がある。



(1) 根返り状態で作業道を塞ぐ倒木
(利根沼田署)



(2) 林縁部や林内で生じた倒木 (間伐跡地)
(利根沼田署)

写真 3.81 切土のり頭周辺で生じた倒木 (伐開幅決定の検討材料)

7. 【縦断勾配は基本的に 10 度（18%）以下】

- ・ 作設指針では、森林作業道の縦断勾配の目安として以下の数字を挙げている。
 - 基本的には概ね 10°（18%）以下で検討する。
 - やむを得ない場合は短区間に限り概ね 14°（25%）程度で計画する。
 - 12°（21%）を超え危険が予想される場合はコンクリート路面工等を検討する。
- ・ 今回の調査地では、森林作業道はクローラタイプの林業機械とフォワーダによる運材が主で、20%以上の急勾配区間が多く、最急勾配は 40%であった。
- ・ 各調査地とも地形的な制約が大きいとともに、使用する林業機械運用との関連や、運材距離の短縮も考慮して急勾配路線を選定したと考えられる。
- ・ 一般的に道路作設に当たっては、勾配と延長設定が重要な因子になり、緩い勾配を設定すれば当然道路延長は長くなる。
- ・ 森林作業道のように、効率よく伐採作業、造材作業、運材作業を行うためには、高密度の路網が求められるが、効率よい運材と道路作設に伴う潰れ地を極力少なくするためには、急勾配路線もやむを得ないと考える。
- ・ 今回の調査地では、急勾配区間に侵食防止や路体維持を図るために丸太を敷設した事例がある。丸太敷設は谷地形の軟弱地盤箇所や路肩保護にも効果を発揮している。



(1) 急勾配区間の侵食防止対策
(塩那署)



(2) 軟弱地盤区域の路体と路肩保護対策
(塩那署)



(3) 流水がある谷地形部での路体維持
としての丸太敷設
(利根沼田署)

写真 3.82 急勾配区間や路体維持対策として丸太を敷設した事例

8. 【ヘアピンカーブの活用・・・ヘアピンは地盤の安定した尾根に設置する】

- ・「皆伐作業の場合の作業道配置は幹線と支線に分けて考える」としている。
- ・この場合、幹線は山を上り下りするための道、支線は林業機械を使って集材作業を行う道と位置づけられる。
- ・幹線は、地形の安定した尾根部や山腹斜面の傾斜の緩くなった部分を利用する。
- ・地形が全体的に緩い場合はこの原則を当てはめやすいが、山腹斜面が 30° から 35° 以上となる急傾斜面では、斜面に取り付くには谷地形部を選定せざるを得ない場合が多い。
- ・今回の調査地は、全体的に急峻な斜面が多く、しかもクローラタイプ車両での作業のため、急勾配線形で地山切り取りを最小限にする方策や、地形に沿った小さい半径の線形、あるいは、尾根部を利用してジグザグに登っていく線形等が多用されている。



写真 3.83 谷地形部での施業地への入口
(茨城署)

- ・急勾配と小さい半径の線形
- ・急勾配区間では素掘り横断工を密に設置し、枝条集積で土砂流出防止を図っている。



写真 3.84 急勾配斜面をジグザグルートで
上る作業道 (茨城署)

9. 【こまめな分散排水】

- ・林道でも路体損壊の原因として表流水処理の不備が原因となる場合が多い。
- ・森林作業道は急勾配線形が多く、基本的には切り盛りだけで路体を構築していくため、表流水処理には十分な配慮が求められる。
- ・調査地における急勾配区間では、素掘り横断溝や丸太等を敷設した横断溝が作設されており、20% 以上の急勾配区間では横断溝が 15~20m 程度の間隔で設置されている事例が多い。
- ・さらに、勾配の変化点となる箇所でも素掘りや丸太敷設の横断溝が設置されている
- ・路面侵食防止対策として、造材で生じた枝条や丸太等を急勾配路面に敷設し、侵食防止に効果を発揮している。



(1) 枝条を厚く散布した場所では路面侵食は生じていない。



(2) 同じ林班内でも路面未処理箇所では深さ 60 cm のガリー侵食が生じている。

写真 3.85 路面処理の有無による侵食状況の差 (磐城署)



写真 3.86 丸太や枝条を敷設した路面侵食防止対策 (塩那署)



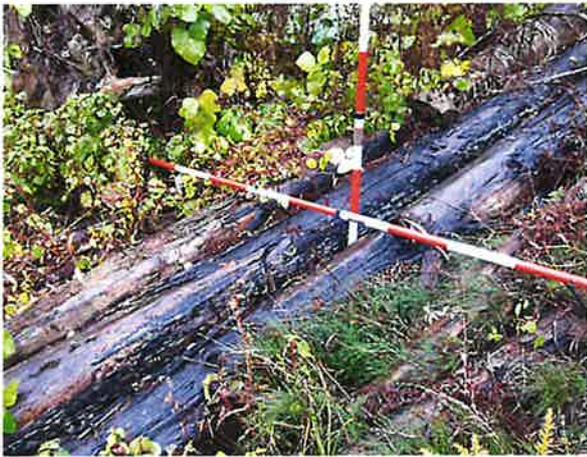
写真 3.87 丸太と半割材による横断排水溝 (利根沼田)



写真 3.88 素掘り横断溝に丸太を敷設 (吾妻署)

10. 【沢は洗い越しで渡る】

- ・少量の常水がある沢地形部では、大径の丸太を敷設した洗い越しが施工されている。
- ・自然流路がそのまま維持でき、侵食防止にも効果的である。



(1) 丸太敷設の洗い越し



(2) 丸太洗い越しと枝条散布路面

写真 3.89 少量の常水がある沢地形部を横断する丸太敷設の洗い越し (磐城署)



写真 3.90 丸太敷設で開渠状の横断流路
走行性を確保するためには山側
にも丸太敷設が望ましい。
(塩那署)

第2項 木材生産林における水土保全上の課題

今回の各調査地内で、皆伐や間伐施業実施後の状況から、発生している事象を列記すると表-4.3のとおりであり、この中から水土保全上の課題と原因について以下のように集約できる。

①裸地化した作業道路面を流下する流水により侵食

原因…降雨による流水、融雪水が急勾配路面を流下する際に侵食が顕著となる。

②切取のり面の表層剥落による崩壊面の拡大

原因…1)降雨侵食や凍結融解作用等による、切取面の表層土砂が経常的に剥落し、のり勾配が緩くなるとともに、頭部に不安定なオーバーハング崖が生じる。

2)伐根によりのり頭を抑える手法がとられているが、表土剥落により根株が徐々に浮き上がり、根株と周囲の土砂が崩落する。

3)作業道作設による伐開幅を最小に抑えることとしているが、切取のり頭周辺の根が2)の状況も加わって不安定となり、倒木とともにのり頭周辺の崩壊拡大につながる。

③急峻な地形部における路体決壊

原因…地山傾斜が40°から45°以上となる箇所では、盛土路肩部分にクラックが生じたり、作業道路体そのものが崩落しているケースが見られる。

急傾斜地では盛土のり尻を固定しにくく、無理な断面形となることが原因と考えられる。

表 4.3 調査地別の作業種・作業年とその後の荒廃状況

署	調査時期	林班	小班	作業年と作業種		経過年数	荒廃状況等
				作業年	作業種		
茨城署	H27-10調査	2061			H26間伐	経過	路面は比較的良好、一部で枝条散布、素覆り横断溝。
		2063	ま	H22皆伐		5年	路面は概ね安定(草本規定着)、切取面の拡大は少ない。路肩決壊箇所あり。
		2063	と	H26皆伐		1年	
		2063	ぬ		H22間伐	5年	中腹に作業道、路肩崩壊(線状崩壊)、路面には背丈以上の灌木が密生。
		2063	る		H25皆伐	2年	急勾配区間で10cm前後の侵食、路肩部にスギ植栽。
		2064	た・れ		H24間伐	3年	既存林道周辺での間伐。
		2066	い	H24皆伐		3年	大面積皆伐、中腹ジグザグ線形、切取面での拡大崩壊が数カ所。
		2057	ろ	H25皆伐		2年	平坦な尾根部で植栽済み、荒廃はなし。
		429	な	H24皆伐		3年	45°の急峻な斜面に3段以上の作業路。切取部崩落数カ所。切取のり頭崩落、路肩崩落もある。
		433	い		H24間伐	3年	作業道には小径の倒木があり、草本が密生。
		437	い	H22皆伐		5年	切取面の根株浮き上がり、路面裸地部でガリ一侵食、尾根部から中腹一帯で小規模表層崩落数カ所。
		362	よ	H26皆伐		1年	切取面脚部に枝条堆積で流水抑制、路面部にも植栽。
		375	に		H22間伐	5年	作業路面に枝条散布、急勾配で切り土が高い箇所で轍跡がガリ一侵食。路面にヤシヤブシ密生箇所あり。切取斜面の頭部周辺で倒木。
382	に		H26間伐	1年	路面に枝条散布、林内含めて灌木が密生。路面は緩勾配のため荒廃なし。		
358	む		H17間伐	10年	作業路面、林内含めて灌木が密生。路面は緩勾配のため荒廃なし。		
利根沼田署	H29-05調査	110	ほ		H27間伐	2年	火山噴出物堆積地で切り取り面表層崩落、丸太柵工路肩土留。
		110	わ	H27皆伐		2年	火山噴出物堆積、のり頭部からの倒木、20m程度の間隔の水平作業道。
		147	た	H23皆伐		6年	急さ面に作設した作業道が崩落(路体決壊)、斜面長100m程度、切取面崩落。
		147	と	H27皆伐		2年	30~40%の急勾配作業道、丸太伏せ横断溝も含めて密に設置、軽石層の切り取り面は崩壊拡大の恐れあり。
		157	ら		H23間伐	6年	地形は平坦であるが、切取のり頭周辺の表層崩落が続き、林縁部・林内を含めて倒木が多い。
		157	そ		H23間伐	6年	緩傾斜林地で地形は平坦であるが、切取のり頭周辺の表層崩落が続き、林縁部・林内を含めて倒木が多い。
		112	れ		H25間伐	3年	緩傾斜林地で地形は平坦であるが、切取のり頭周辺の表層崩落が続き、林縁部・林内を含めて倒木が多い。
		37	い	H25皆伐		3年	尾根部の縁やかな地形であるが、切取のり頭周辺の表層崩落が続き、林縁部・林内を含めて倒木が多い。
		73	ほ	H29皆伐		直後	急勾配作業道で、素覆り横断溝を密に設置。切り取り高が2~3mと高く、崩落の危険性あり。
		59		H23皆伐		6年	尾根部の縁やかな地形のため、作業道による荒廃は目立たない。
		51	か	H29皆伐		作業中	既存林道路面保護のため鉄板敷設(10トン積みトラック対応)。
		5			H18間伐	11年	作業道跡も安定しており、下層直生は少ないが荒廃は目立たない。
		40	か		H26間伐	3年	緩傾斜林地で、作業道跡は直生で覆われ荒廃は見当たらない。作業道も緩勾配で素覆り横断溝を設置。
48			H27間伐	2年	作業道急勾配区間では丸太敷設。谷側盛土部では立木と根株を活用した柵工で路体維持。急傾斜地であるが荒廃はなし。		
塩那署	H30-05調査	342	な		H26間伐	4年	作業道急勾配区間は丸太敷設、この区間の上下に素覆り横断溝。切取のり頭崩落箇所あり。
		344	ろ		H19間伐	11年	作業道路面に草本や灌木が密生し目立った荒廃はない。高さ1m前後の切取面でも表層崩落で地形が後退。
		333	え	H26皆伐		4年	尾根部の緩地形。枝条を路肩部に線状に積み路体保護を図っている。枝条積み上げが途切れた箇所でも土砂移動痕跡あり。
		332	と	H24皆伐		6年	切取面頭部で浮き上がった伐根が多く、この周辺での崩落拡大が見られる。急勾配区間では枝条散布、部分的に路面侵食発生。
		331	は	H28皆伐		2年	地帯え作業中、根株や枝条積み上げ等で作業道路路体維持。急勾配区間では枝条散布。部分的に路面侵食発生。
		370	ち		H24間伐	6年	切取のり頭からの倒木や伐根崩落が見られる。谷側急勾配区間で路体崩落。切土脚部にスギ植栽。
		363	い		H28間伐	2年	中腹作業道、丸太敷設と根株を活用した路体補強対策。急勾配区間には丸太敷設。

第3項 木材生産林における水土保持に関する提言

森林作業道は、作設指針にも示されているように、構造物は極力設置せず、「土構造物主体の壊れにくい道」を作設することとしている。今回の調査地ではこの指針に則り作業道が作設されているが、施業実施後時間がたつにつれて前節で述べた課題が明らかになってくることから、今後の対策について整理した。

1. 路面侵食防止対策

森林作業道で勾配が緩い区間では、施業後3～4年が経過すれば草本類や灌木が密生し、土砂の移動・流出はほとんど見られない状態になる。しかし、急勾配の路面における侵食は作業道作設直後から生じる問題であり、施業実施中は素掘り横断溝、丸太敷設横断溝等を勾配や地形に応じて設置している。さらには、急勾配区間での林業機械の走行性を確保することも含めて丸太を敷き詰める対策も取られており、路面侵食防止に一定の効果を発揮している。

横断溝設置状況も、急勾配区間では20～30m程度の間隔で設置されていたり、部分的に急勾配となる区間の上下に設置したりと、状況に応じた対応がなされている。

問題は施業実施後であり、枝条散布等が施されている場所では侵食はあまり進んでいないが、裸地状態となっている箇所では深さ40～60cmのガリー状流路が形成されている場合が目立つ。

急勾配区間における施業後の手当としては、枝条散布や丸太横置き等により流水の集中防止と流速抑制を図る対策をこまめに施しておくことが重要になる。

2. 切取り面崩壊拡大防止対策

作設指針では、切土高は極力小さくすることとしているが、地形状況と線形の関係からやむを得ず2m以上となってしまう箇所も生じることとなる。

現場の実態では、切土高さが1m程度でも経常的な表層崩落により地形線が後退したり、不安定なオーバーハング崖が形成され、残存させた伐根の浮き上がり等により切土頭部周辺が崩落し、斜面崩壊が拡大していく傾向にある。

切土高が低ければ、小規模崩落が生じて数年が経過すれば自然復旧の方向に向かっている。

「構造物はなるべく設置しない」という指針によれば、自然復旧を目指す方向性が考えられるが、水土保持上からは切取面の脚部安定化対策も必要になる。

山側切取面の脚部に現地発生材を利用した丸太柵工が設置されている事例もあるが、切土高が高くなる場合には丸太柵工も積極的に設置していくことが望ましい。

3. 路体決壊（路肩崩落）防止対策

斜面傾斜が35°程度以下であれば、切り盛りによる土工事で安定した路体を構築することが可能である。しかし、35°以上の急傾斜面を通過している作業道では、2～3年後には路体決壊や路肩崩落が生じているケースが目立つ。

急傾斜地では、残存木利用や大径丸太杭による柵工で路体維持を図っている場合もある。しかし、杭の耐久性は低く、長期にわたる強度維持は期待できない。

森林作業道では「構造物はなるべく設置しない」方針であるが、路体決壊や路肩崩落は水土保持上不都合な事態を誘発する恐れが大きいため、盛土部分では丸太組工を多用する等、現地資材による路体安定対策には十分な配慮が求められる。

路肩部に枝条や残材を集積してのり面保護を図っている事例が多く見られる。路肩集積は作業道のり面保護や林地保全に有効な手法と考えられる。

現地実態調査写真
(塩那森林管理署)

写真-1
H24皆伐
331と2

全景



写真-2
H24皆伐
331と2

林相
林床には植生が
密生し、侵食は
認められない。



写真-3
H24皆伐
331と2

最下段の作業道
は隣接する小班
の作業に現在も
使われているた
め、草本の路面
への侵入が少な
い。



写真-4

**H24皆伐
331と2**

最下段の作業道の急勾配箇所は25%程度であるが、横丸太が敷設されており、路面侵食は認められない。



写真-5

**H24皆伐
331と2**

最下段の作業道の急勾配箇所は25%程度であるが、砂利が敷設されており、路面侵食は認められない。



写真-6

**H24皆伐
331と2**

下から2段目の作業道は現在使用されていないため、路面には草本やササが密生している。



写真-7
H24皆伐
331と2

最下段の作業道の切取法面には火山灰堆積物のようなものが露出している箇所があり、垂直に近い法面でも侵食されずに安定を保っている。



写真-8
H24皆伐
331と2

最下段の作業道の切取法面には侵食が進行している箇所もある。



写真-9
H24皆伐
331と2

下から2段目の作業道の切取法面が侵食され、伐採木の根系が露出している箇所がある。



写真-10

H24皆伐
331と2

下から2段目の
作業道の切取法
面が拡大してい
る箇所がある。
(長さ8m、幅4
m程度の下部)



写真-11

H24皆伐
331と2

下から2段目の
作業道の切取法
面が拡大してい
る箇所がある。
(長さ8m、幅4
m程度の上部)



写真-12

H24皆伐
331と2

最下段の作業道
には素掘り横断
溝や丸太横断溝
(径10cm程度の
丸太1本)が設
置されている。



写真-13

H26皆伐
333え

斜面は全体的に
草本で覆われて
いる。



写真-14

H26皆伐
333え

作業道の切取法
面は高さを最小
限に抑えて施工
されているため、
拡大崩壊は認め
られない。



写真-15

H26皆伐
333え

作業道の路面は
草本が侵入しつ
つあり、侵食は
発生していな
い。



写真-16

H26皆伐
333え

作業道の路肩にも植栽してある。



写真-17

H26皆伐
333え

枝条等の残材は、斜面上や作業道の路肩部分に集積されている。



写真-18

H26皆伐
333え

作業道の路肩で枝条等を集積してない箇所では土砂流出が認められる場合もある。



写真-19

H26皆伐
333え

枝条等の残材は、丸太杭で
囲って丁寧に集積されている。



写真-20

H26皆伐
333え

同上
山腹斜面での枝条
の集積



写真-21

H26皆伐
333え

同上
作業道での枝条
の集積



写真-22

H28皆伐
331は1

全景



写真-23

H28皆伐
331は1

上部斜面は植生の侵入が少ないが、下部斜面は比較的多く侵入している。



写真-24

H28皆伐
331は1

作業道の路面には植生が侵入しつつあるが、被度はまだ低い。



写真-25

H28皆伐
331は1

作業道の急勾配箇所では路面侵食が発生している。



写真-26

H28皆伐
331は1

枝条等の残材の多くは伐採時のまま放置されている。今後整理される予定である。



写真-27

H28皆伐
331は1

枝条等の残材は一部で集積されている。



写真-28

H19間伐
342つ

経常間伐（定性
間伐）の保育間
伐（活用型）で
林内は明るい。



写真-29

H19間伐
342つ

林床にはスギの
枝条や植生が多
い。



写真-30

H19間伐
342つ

樹冠は開けてい
る。



写真-31

H19間伐
342つ

伐採後の株は腐
朽し始めてい
る。



写真-32

H19間伐
342つ

作業道は作設さ
れていないこと
から、県道（写
真右）から直接
集材したものと
考えられる。



写真-33

H19間伐
342つ

シカの食害防止
のため樹幹にビ
ニールテープが
巻きつけてあ
る。



写真-34

H19間伐
344ろ

列状間伐の保育
間伐（活用型）
で、2伐4残と
なっている。
2伐箇所の下層
には植生が密生
している。



写真-35

H19間伐
344ろ

4残箇所の下層
にも植生が侵入
している。



写真-36

H19間伐
344ろ

林床はスギの枝
条で覆われ林内
侵食は認められ
ない。



写真-37

H19間伐
344ろ

残材は集積して
放置されている。



写真-38

H19間伐
344ろ

溪岸の立木は土
層が侵食されて
根系が露出して
いる。



写真-39

H19間伐
344ろ

2伐箇所の山脚
部に裸地が発生
している。



写真-40

H19間伐
344ろ

作業道の路面には植生が侵入しており、急勾配箇所でも路面侵食は認められない。



写真-41

H19間伐
344ろ

作業道の切取法面は低いため、部分的に裸地は発生しているが、土砂流出は認められない。



写真-42

H19間伐
344ろ

南東側の溪流に作設された作業道（河床路）は随所で寸断されている。



写真-43

H24間伐
370ち2

経常間伐（定性
間伐）の保育間
伐（活用型）の
林相（奥）



写真-44

H24間伐
370ち2

林床は枝条で覆
われ、草木本も
侵入しているこ
とから林内侵食
は認められな
い。



写真-45

H24間伐
370ち2

樹冠は適度に開
空している。



写真-46

H24間伐
370ち2

残材は林内に集積されている。



写真-47

H24間伐
370ち2

樹幹にビニールテープを巻いていないため、シカによる食害が発生している。



写真-48

H24間伐
370ち2

作業道の切取法面は低く、土壌流出は認められない。
路面は勾配が緩いことから、草本が侵入しており、路面侵食は認められない。



写真-49
H24間伐
370た1

経常間伐（定性
間伐）の保育間
伐（活用型）の
林相（奥）



写真-50
H24間伐
370た1

林縁ほど草木本
が多く生育して
いる。



写真-51
H24間伐
370た1

中心にいくほど
植生は乏しく
なっているが、
林内侵食は認め
られない。



写真-52
H24間伐
370た1

作業道の路面には植生が繁茂し、侵食は認められない。



写真-53
H24間伐
370た1

部分的に高さ2mを超す切取法面の裸地が発生している。



写真-54
H24間伐
370た1

作業道の路体が大きく決壊している箇所（延長10m×幅10m程度）がある。



写真-55

H26間伐
342な

間伐後の立木密度は1500本/ha程度で、林内は明るい。



写真-56

H26間伐
342な

樹冠は開けている。



写真-57

H26間伐
342な

林床は枝条や下層植生が多く生育している。



写真-58
H26間伐
342な

谷地形の上部は崩壊跡地と考えられ、斜面の傾斜は $40\sim 45^\circ$ と急峻であるため、3箇所箇の裸地（2m四方程度）が発生している。



写真-59
H26間伐
342な

谷地形の下部にも若干の裸地が発生している。



写真-60
H26間伐
342な

作業道の路面は枝条や植生で覆われている箇所が多い。



写真-61

H26間伐

342な

・ 急峻な斜面に作設された作業道の切取法面は2m程度と高くなっており、裸地も発生している。



写真-62

H26間伐

342な

切取法面の侵食が進行したため、根系を露出して不安定となっている立木が存在する。



写真-63

H26間伐

342な

作業道の路面に細い横木を敷設し、路面を保護している箇所がある。これにより路面侵食は防止できるが、路体維持には役立っていないため、路肩の侵食が確認される。



写真-64
H28間伐
363い1い2

下部緩斜面は植生の侵入が旺盛で、侵食は認められない。



写真-65
H28間伐
363い1い2

上部の急斜面は林床植生が乏しいが林内侵食等は認められない。



写真-66
H28間伐
363い1い2

伐採木が切り捨てたままとなっている箇所がある。



写真-67
H28間伐
363い1い2

下部の作業道の路面は植生の侵入が旺盛で、侵食は認められない。



写真-68
H28間伐
363い1い2

上部の作業道の急勾配箇所は30%程度であるが、枝条を敷設して路面侵食を防止している。



写真-69
H28間伐
363い1い2

枝条が敷設されていない路面も極度の侵食は受けていない。



平成 30 年 6 月 30 日 発行

編集・発行 公益社団法人 森林保全・管理技術研究所

郵便番号 102-0085

住 所 東京都千代田区六番町 7 番地 日林協会館

T E L 03-5212-8148

F A X 03-6737-1237

E-mail office@hozen-ken.jp

U R L <http://www.hozen-ken.jp/>