

8. 検討委員会

8.1 検討委員会の設置・運営

本業務では、専門的な見地から検討を行うため、表 8.1 の学識経験者 4 名を委員とした検討委員会を表 8.2 に示す日程で実施した。

委員会での発言内容等は速記録として巻末に掲げ、ここでは議事内容の概略を記す。

表 8.1 検討委員会の委員

	氏名	区分	所属	出欠			
				第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回
委員 (座長)	あべ かずとき 阿部 和時	学識 経験者	日本大学 生物資源科学部 特任教授	○	○	○	○
委 員	しゅういん やすひろ 執印 康裕	学識 経験者	宇都宮大学 農学部 教授	○	○	—	○
	だいまる ひろむ 大丸 裕武	学識 経験者	森林総合研究所 研究ディレクター	○	○	—	○
	やませ けいたろう 山瀬 敬太郎	学識 経験者	兵庫県森林林業 技術センター 主席研究員兼部長	○	○	○	○

表 8.2 検討委員会の実施日程

検討委員会	実施日	検討内容
第 1 回	R1.7.25	調査目的、計画の説明と調査実施に当たってのアドバイス ・広島及び、愛媛豪雨災害の解析に係る検討方針 ・表層崩壊防止機能に寄与する樹木根系の評価方法とその考え方
第 2 回	R1.11.15	表層崩壊発生メカニズムと樹木根系の検討結果 広島・愛媛災害重ね合わせ図の分析結果
第 3 回	R2.2.4	広島現地検討会 (R2.2.3 開催) 表層崩壊と森林施業の関係に関する検討 詳細調査実施候補地 (10 箇所程度) の是非
第 4 回	R2.3.2	現地詳細調査実施案 (調査箇所、調査項目、調査方法) 今後の課題

8.2 委員会議事内容

<第一回委員会議事録>

第1回								項	2/18
発注者側	監督職員	担当者	担当者	担当者			管理技術者	担当者	担当者
						受注者側			
発注者名	林野庁森林整備部治山課					受注者	国土防災技術株式会社		
業務名	令和元年度 森林整備が表層崩壊防止機能に及ぼす効果等に関する検討調査					整理番号			
出席者	委員	日本大学 阿部和時 宇都宮大学 執印康裕 森林総合研究所 大丸裕武 兵庫県森林林業技術センター 山瀬敬太郎				場所	国土防災技術株式会社 5F 会議室		
	発注者側	林野庁海外森林資源情報分析官 川野康朗 林野庁森林整備部治山課企画官 松山康治 課長補佐 玉箆力 田後善史				日時	令和元年7月25日 (木) 14:00~17:00		
	受注者側	国土防災技術株式会社 大野亮一、田中淳、木内秀叙、佐藤亜貴夫、田中賢治、尾崎智香、加藤昭広、高田香				打合せ方	会議		

【第一回委員会】

<①林野庁：川野分析官プレゼンテーション>

- 今後森林整備を実施する際に、本業務で検討されるものは、直ちに必要となるため、現場に下せるようにすること。また、検討し、できたものから順次現場に下すようにすること。(林野庁：川野)

<②阿部委員長プレゼンテーション>

- 本業務で対象とする表層崩壊は、伐採後の林地で豪雨時に多発する浅い表層崩壊である。(阿部)
- 総研秋谷さんの現場での調査結果を見ると、樹齢が若いほど崩壊が多く、樹齢15年、20年と大きくなるにつれだんだん崩壊面積比が下がるが、30年程度から横ばいとなる。(阿部)
- 根の半径方向の分布をみると、樹幹中心から150センチまでは根量があるが、以遠は非常に少なくなり、どの樹齢でもその傾向が見られた。水平根はたくさんあるように思うが、遠くまで伸長する根は多くない。同時に鉛直方向の分布として地表から50センチ深度にどれぐらいの根量があるかを調べると、樹齢五十何年生でもあまり多くなく、樹齢に伴い根が増えるという傾向はみられなかった。(阿部)
- 根系分布からみた4.の傾向は、現地調査結果である3.の傾向と重ならない。森林による崩壊防止機能を、杭効果や崩壊側面のネット効果といった根のみで評価すると、実際の崩壊現場から得られたデータ(3.)を説明できなくなる。(阿部)
- スギ1本の根系材積と立木本数の関係を調べたところ、立木本数密度を間伐などで徐々に下げると1本当たりの根系材積が確実に上昇することが確認された。(阿部)
- 表層土は非常に柔らかいため、大雨の際、水分を多く含むと斜面下方向にひずみ、亀裂が発生し耐えきれなくなり崩壊する。根系はこのような現象の動きやひずみを抑制していると考えるのが妥当である。(阿部)
- せん断域の厚さを薄くしたときは、根の効果が非常に大きく評価される。せん断域を厚くしたときは、根の強度は薄い場合よりも弱くなるが、厚いときも根の効果はあるということは確実に言える。この場合、

表層土中の根の量が問題になり、施業に伴った根の量をうまく評価できれば表層崩壊防止機能も評価できる。(阿部)

9. 密度管理図と収穫表を使用し、根系材積を求めた結果、未間伐林分は根系材積があまり増えない傾向にあり、間伐を早い時期に行った森林は20年生までで根系量が急激に上昇する傾向がある。そのことから、早期の間伐は崩壊防止機能に役立つ傾向にある。(阿部)
10. 杭効果やネット効果のみに基づいて、森林整備方針を決めることは基本的に好ましくないと考える。(阿部)

<③事務局からの説明>

11. 事務局として、林野庁の流木の手引及び、崩壊防止機能区分図は活用したい。ただし、手引で利用されている断面抵抗力 ΔC にはいくつかの矛盾があり、 ΔC を使用した評価点P2とP3の評価の部分だけ置きかえたい。(大野)
12. 実際の崩壊データを用いて施業履歴と崩壊発生条件を整理し、その関係を検証し崩壊防止機能区分図に施業履歴の情報をどう追加できるかを検討したい。(大野)
13. 阿部先生の示す根系の崩壊防止メカニズム、また、森林の崩壊防止機能を断面でなく根量で評価するという考え方を広めるため、エビデンスの整理と根拠づけをしたい。(大野)
14. 土層内に存在する根量の目安となる指標として、胸高断面積合計、地上部重量、材積、立木密度、樹冠長率等の中から適切なものを選びたい。(大野)
15. 最終的に本業務の成果として、森林の崩壊防止機能効果の評価とそれに応じた森林施業の考え方に関するガイドライン(案)を構築する。(大野)
16. 今年は、昨年の豪雨災害で、広島県と愛媛県で実施したレーザー計測データを活用して、表層崩壊と森林状態との関係を解析したい。また、その結果をもとに、土壌調査、根系分布調査等の詳細調査を実施する箇所を10カ所程度抽出し、来年詳細調査を実施する予定。(田中)

<④討議>

17. 流木の手引(セクション4.2)に記載されている崩壊防止機能区分図を最終的に生かしながら、業務を進行させるうえで、評価点P2とP3の指標を見直しながら実施するという事務局提案はよろしいか?(阿部)
→根系の張り方を一本ずつ調査することは非現実的で、根量として調査する方針でよい。(執印)
→調査すべき深度など、「根量」をどう評価するか、そのイメージが難しいのではないか?(大丸)
→→水平根と鉛直根とを分けて評価するのは大変困難である。林齢により根量は変化していくため、根系をその分布深度で区切らずに、根量だけで十分評価できるのではないか。(阿部)
→根の直径も考慮し、根量だけでなく根の強度や質も含めた評価とすべきでないか。(大丸)
→→2ミリ以上の細い根がたくさんあることで、土を一体化させ塊状になる。それが大変重要。全体の根量が増えてくれば細い根が増え一体化が進むため、全体の根量がわかればそれで十分と考える。(阿部)
→→深さや立地に応じた根の伸長の仕方などの情報は、森林総合研究所が別に進める研究プロジェクトの課題であり、いずれその研究成果が出てくれば取り入れ、根量のみでの議論としないことも考えられる。(大野)
18. 広島のマサ地帯のように、豪雨時に根系が残りマサだけが溶けだす、溶け出し型という崩壊がある。調査候補地の選定は大事であり、そのような根系強度が一切関係しない調査地は今回の解析対象に入らないようにしたほうがよいのでは。(大丸)
→調査予定地は10カ所だが、候補地だけでなく全体の面的な作業も実施していく予定。(大野)
→調査候補地選定において、広島は広葉樹がほとんどであり、愛媛では人工林が多いが調査に適した形状の崩壊箇所が少なく、現状では10カ所の選定が困難である。(田中淳)
→平成30年7月豪雨では、雨量がかなり多かったため、根系の強度効果を発揮できるような浅い崩壊はなかなかない。事例として難しいのでは。(執印)
→林分の違いが影響していると判断できる調査候補地はあるのか?(大丸)
→現在調査中です。(田中淳)
19. ボリューム(根量)は、体積で評価するのか? 体積だけでなく、根系が張り巡らされた範囲、といった部分も重要となってくるのではないか?(執印)
→一番シンプルな考え方は、バイオマスの地上部重から、TR率で地下部重量を出す方法と考える。(大野)
→実際、現場に下すとき、ボリュームをどうすれば簡単に評価できるのか。重量やTR率でいけるかどうか(執

印)

→これから課題2や課題4に取り組みながら、方法を見出していききたい。(大野)

20. 図3.22でみえる間伐効果は、根鉢が大きくなったものと認識している。間伐により空いた空間、横方向に根が出て根鉢が広がる。そのときに根量も増えているかもしれないが図3.22の段階では確認がない。(山瀬)

→間伐林と未間伐林の本数密度はどうなっているか?(阿部)

→間伐したところが700本/ha、未間伐が1600本/ha程度。(山瀬)

→であれば、樹木1本の占有空間は間伐林が大きいので葉量が多く、未間伐林は少ない。葉量が多いと蒸散で水分を多く必要とするので根量が増加する。すなわち、葉量と根量が対応して図3.22の結果が得られたのではないか。(阿部)

21. 根張りや根の形状は、根系が土塊を抱え込む効果に影響することはないのか? 樹木は自らを支持するために根張りをするので、間伐もその根張りを強めているものだと思っている。(松山)

→成長とともに風当たり(風倒)が強くなる部分もあるので、そのとおりかと。(大丸)

→樹体支持が根の一番の目的なのでその通り。そうした部分もうまく取り込んでいきたいところ。(阿部)

22. 課題1で以前の ΔC をベースとする崩壊防止機能マップを、胸高断面積合計に置き換えていくという方針があるようだが、課題3、課題4に取り組む中で、課題1で予定している ΔC を胸高断面積合計に置き換えるというその考え自体が変わってくる可能性はないのか。(川野)

→課題1の整理は、断面抵抗力 ΔC ではなく、ボリューム(根量)を中心とした組み立てに変更するつもり。断面抵抗力 ΔC はたまたまかわからないが、北原先生の成果でも数学的に断面積合計とリンクするという結果が得られているので、断面積合計と根量がリニアな関係にあるとの前提に立てば、その部分は揺らがないと考えている。(大野)

23. ボリューム(根量)を使用するとき、広さを50~100メートル四方の広域な単位で見ると、あるいは、根系の分布が少なく弱いところがあるという、細かい解像度まで評価するのかわかり、軸が変わるのではないか。(大丸)

→最終的に、森林整備計画に反映させるため、評価単位は小班レベルの大きさを考えている。現状では、あまり細かく詳細に評価するつもりはない。(大野)

→それでよいです。(大丸)

24. 図3.13の ΔC と立木密度の関係をどのように見直すのか。(林野庁:川野)

→グラフのカーブを見直し、単調増加に修正し、胸高断面積合計に比例する ΔC の関数で置きかえをする。

そのうえで、P3を評価し、試算した結果から検証を行い検討したいが、まだ具体まで詰めてはいない。

(大野)

25. P3は胸高直径の断面積合計なのか。P2とP3は同じではないのか。(執印)

→資料編のp.13,14に記載がある。P2が密度、P3は胸高直径に応じて自動で決まるパラメータである。(大野)

→密度と胸高直径というのは、密度が混めば混むほど胸高直径は小さくなる。それゆえに、独立変数ではないもの同士を掛け合わせているようだが問題はないか。(執印)

→問題ないとはいききれないが、現状、流木の手引に記載されている手法を大幅に見直すかどうかという点は、手引の方法を尊重し、大枠は変更しない方針である。(大野)

→手引の方法を尊重することに、固執する必要はない。(川野)

→施業履歴を調べるときに、どのタイミング(伐採後の経過時間)の立木密度と根量を見ているのかということは重要かつ複雑な問題である。立木密度を使わずに胸高直径のみを使用する、という評価法は逆にみえやすくなる可能性もあるかもしれない。(山瀬)

26. 施業履歴が根量や根のあり方に影響を与えるのはそうであろうと思われるが、だからといって管理指標の一つに施業履歴を加えることは議論を難しくしてしまわないか。管理指標としては胸高直径をみる、それまでの施業履歴や施業思想は胸高直径に反映されている、というスタンスでよいのではないか。(執印)

→ある森林状態(胸高直径や密度)に至るのにこうした施業履歴があった、という情報は後々検証に使えるので集めておく価値はあり、極端な外れ値があるときに原因究明ができる。ただ、そういった情報を最終的な手引に載せるかといえ、そこまではしなくてもよい。(山瀬)

→森林施業の詳細とその履歴や結果を評価・管理しようとするのではなく、密度や胸高直径の目標値を示し、その上で施業履歴に関する留意点を付しておけばよい、というご指摘と理解。(大野)

→こうした(崩壊防止機能)マップはある一時期のみを切り出したものである。マップを時系列、例えば5年単位で用意し、そこに施業履歴の情報を加えることで間伐の影響などが可視化できるのではないか。(阿部)

→→実際の間伐の詳細情報（伐採方法、伐採範囲など）はわからないことが多く、難しいのでは。（大丸）
→→実際の現場情報はなかなかわからないので、モデルケースの提示でもよいのでは。（阿部）

27. 崩壊防止機能区分図（マップ）では地形情報が考慮されているのか。（執印）

→地形情報は入っていない。崩壊防止機能区分図を使用するにあたっては、勾配情報を加えながら林小班単位での評価に持ち込むのが望ましいと考えている。（大野）
→林小班単位で防止機能や勾配をどう評価するのか。平均化しても問題ないのか？（執印）
→林小班で平均化してしまうかどうかは、今後検討とする。（大野）

28. 伐採後の根の腐朽期間はどうか。伐採後に根の効果なしとすると、過小評価とならないか？（松山）

→太い根系の抵抗力は10～20年残るが、細い根系は1～2年で強度が半分くらいに下がる。約5年でほぼ消失と見たほうがよい。（阿部）
→間伐直後は、地上部だけ考慮すると根の効果を過小評価してしまう。（大野）
→間伐後の地上部の成長（葉量増加）に遅れて、地下部の腐朽が進む。瞬間でなくどのスパンでみるかも重要。（山瀬）
→根の腐朽速度に比べると、地上部でギャップを埋める葉の成長はだいぶ早い。（大丸）
→コナラ林で根の腐朽を調べた結果では、地上での萌芽再生は早いですが、地下部では3年目まで根の機能は落ちていく。
→間伐してから2～3年の間の現象まで本委員会の報告として求められるのか。森林整備という大きな話の中で、この効果というのを考えるほうがよいのではないか。（阿部）

29. 大枠としてはボリューム（根量）へ切り替えるという方針でよろしいですか？（大野）

→NGであれば、今議論していることの大半ができなくなる。ボリュームへの切り替えは前提として、必要であれば、深さ方向等の細かな詳細を附帯情報として付けた方がよい。（執印）
→北原先生のΔCもスタートは断面であったとしても、結果的にはボリュームに依存した形でまとまっていると理解している。この資料の書きぶりとしてΔCは断面調査で作られたとなっているが、そうではないので、そこは間違いのないように整理しておきたい。（阿部）
→ボリュームという評価では細根が含まれてくるが、北原先生の調査では細根はみえていないのではないか？（大丸）
→細根の評価値は小さいが、ΔCの中に含まれているはず。（山瀬）
→直径2mm以下は省略している。（大野）
→2mm以下を無視しているぶんには問題ないのではないか。（阿部）

30. 調査地の選定については、今回の調査のストーリーに合ったところを、現地も見ながら選んだ方がよい。

集水が多かった箇所や拡大崩壊箇所は選定しても仕方ない。植生の効果がみえるところがよい。（大丸）
→参考にします。（田中淳）

31. 調査候補地の選定条件を考慮すると、樹種が全てヒノキでスギが含まれないことが問題点であると考えている。（田中淳）

→森林総合研究所の九州北部豪雨のデータは森林の崩壊防止機能の実態をあらわすようなグラフとなっているが、本業務で九州のデータは使用しないのか？（阿部）
→今回、九州北部豪雨のデータは使用しません。（大野）
→極端な現象であったため、このデータを使用するよりも、もう少し弱い雨量のデータを使用する方がよいのではないか。（大丸）
→森林の機能を越えた外力（雨量）が加わった事例と考えている。（執印）
→わかりました。（阿部）

32. （森林総研さんの論文図において）崩壊地の取り方等、崩壊のどのようなところをターゲットとしてデータを作成したかということをお願いしたい。（田中淳）

→塚本先生のやり方で、崩壊が発生した源頭部の幅が10メートル以上の崩壊をとっている。崩落域の面積はわからないので、幅の2乗で与えている。（大丸）

33. 森林の崩壊防止機能の実態をあらわすようなデータは今後の施業方針に何か影響を及ぼすのか。（田中賢）

→森林の機能を評価するときに深層崩壊を対象としないように、表層崩壊であっても降雨規模等から森林の機能を越えている事例を切りわけたほうがよい、との着想で九州豪雨のデータは検証した。つまり、ある程度森林が押さえられる現象を用いて事例を解析し、森林の評価をするべき。（大丸）
→降雨規模が大きな場合でも、森林があることで崩壊の発生タイミングを遅らせる効果はあるのではないか。（松山）
→そういう効果はないことはない。九州で500mm以上の場所でもまったく森林の効果がなかったわけでは

ない。森林の持つ減災機能という部分を評価していかないと、誤解を招くだろう。(大丸)

34. まとめますと、基本的に崩壊防止機能区分図(マップ)を活用する方針で、それから、P2とP3の係数にボリューム要素を入れていただく、という方向で進めてください。(阿部)

<⑤今後の予定>

35. 11月15日に第2回委員会の開催を予定します。(大野)

以 上

<第二回委員会議事録>

第 2 回								項	7/18
発注者側	監督職員	担当者	担当者	担当者			管理技術者	担当者	担当者
						受注者側			
発注者名	林野庁森林整備部治山課					受注者	国土防災技術株式会社		
業務名	令和元年度 森林整備が表層崩壊防止機能に及ぼす効果等に関する検討調査					整理番号			
出席者	委員	日本大学 阿部和時 宇都宮大学 執印康裕 森林総合研究所 大丸裕武 兵庫県森林林業技術センター 山瀬敬太郎				場所	国土防災技術株式会社 5F 会議室		
	発注者側	林野庁森林整備部 計画課 海外森林資源情報分析官 川野康朗 治山課 企画官 松山康治 治山課 課長補佐 玉館力 治山課 課長補佐 石飛法子 整備課 課長補佐 藤田聡 治山課 田後善史				日時	令和元年 11 月 15 日 (金) 14:00~17:00		
	受注者側	国土防災技術株式会社 大野亮一、田中淳、高田香、佐藤亜貴夫、尾崎智香、加藤昭広				打合せ方式	会議		
【第二回委員会】									
項目	第 2 回 委員会での意見①							事務局対応	
3章 千葉県富津市崩壊実験地での採取サンプルの分析	✓ 深度方向に 10cm ごと根体積および重量を計測。根重量と体積は深度方向に低減していく傾向で、既往文献と同様の結果が得られた。 ✓ 立木間中央部分は立木位置に比べ根量は 1/5~1/20 と少ない。立木間中央では竹の根が相対的に増える結果。(事務局)								

<p>3章 断面抵抗力 ΔC と根量 W_r</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 林分として広域評価するときは ΔC より W_r が良いのでは。(執印) ✓ 崩壊地と非崩壊地で ΔC と W_r を比較し、実績ベースで関係を検証すると強力な根拠に。慎重な検討が必要。(執印) ✓ 根量 W_r による崩壊防止機能の評価は学会で認められてはなく新しい考え方。W_r は根量をそのまま取り扱うが、ΔC は根量に引抜き抵抗力を乗じている点が異なる。ΔC はすべり面部分に存在する根を評価するが、W_r はすべり面に限定しない点も違う。(阿部) ✓ 伊豆大島の災害を現場でみて、根量は何かしらの効果があると感じた。根量の解釈を力学的に整理するのは難しい。根量で評価できる、という新しい概念の提示は重要だが、無理に押し通さずともよい。新しく定義することにも意味がある。(大丸) ✓ ΔC だけでなく根量も併せて評価していかないとうまくないか、という実感はある。今の段階でどちらかに絞るのではなく、特徴や課題を整理し、しばらくは両者並行でいくべきでないか。(山瀬) ✓ ΔC はすべり面に存在する根が崩壊抑止力を発揮するという考えだが、崩壊とは斜面の表層土があちこち少しずつずれながら、ひずみが大きくなって限界に達したときにどっと崩れる、という現象。あちこちが少しずつずれる現象を抑制しているのが根系と考えている。しかし、この考え方はまだ広く認められてはおらず、当面は ΔC と W_r、両者併用でいくのがよいと思う。(阿部) ✓ その方向性でよい。(委員一同) 	<p>ΔC と W_r、両者併用で検討を進めるようにします。</p>
<p>3章 立木密度の影響について (図 3.8 や図-13)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 立木密度が 800~1600 本/ha で ΔC が最大となる傾向(上に凸型: 図 3.8 や図-13) は適切かどうかご意見をいただきたい。(大野) →純粋に森林の崩壊防止機能だけを考えるなら、過密→弱いというものではない。(大丸) →図-13 で間伐と無間伐それぞれピークがあらわれるが、実際には放置林であっても根量は増えるのではないかと個人的には考える。(執印) →20 年生以上になると森林の持っている崩壊防止機能はもう十分に発揮しているといえるのではないかと。(阿部) 	
<p>3章 森林の崩壊防止機能</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 図 3.19 のようにすべり面を押し下げる効果を、崩壊防止機能とみなせるか? (大野) →無理に理屈づけはしなくてもよい。新しいことを定義、提示することに意味がある。(大丸) ✓ 伐採後の根による崩壊防止機能: 伐採後 20 年生までが弱いということだが、伐根の強度は崩壊防止機能に寄与しないのか? (林野庁・藤田) →伐根の抵抗力が 10 年、20 年まで残るという話は、根株を引っ張る試験によるデータ。実際には地中の細い根は 1~2 年で抵抗力が半減してしまうため、伐採・植林後 20 年ぐらいまでがもっとも弱い期間になっている。(阿部) 	<p>W_r について強引に機能効果を位置づけることはせず、データを基にして ΔC と W_r を比較しながら検討を進めます。</p>

4章 LIDAR データと土層深	<ul style="list-style-type: none"> ✓ LIDAR は下層植生の上をたたいて DEM と思っていることが多く、土層（崩壊）深を過大評価することが多い。実際の崩壊深は1メートルでも、DEM 差分では1.5メートルになるなど。特に谷頭部では差が大きくやすい。（大丸） ✓ 今回調査地の広島では、現地で測ってみると1メートル前後、DEM データからも同様に概ね問題ないデータとなっている。（田中） 	
4章 伐採と作業道	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 帳簿上で間伐ありでも実際には作業道が設営で本数が減っただけということも。その場合、林分で均質に抜かれているわけではない。（大丸） →そうでしたら、立木間距離に注視して、調査場所等を設定すればよいか。（田中） →林齢が同じぐらいで、密度が大きく異なる場所を探せばよいのでは。（執印） 	ご指摘の方針で進めます。
4章 胸高直径から根量を推定する	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 苧住のデータを使い、胸高直径から面的な根量 W_r 分布を推定できる。施業によって林齢ごとの標準的な胸高直径からずれてきた林分、標準的な密度からずれてきた林分を把握し、施業の影響を評価してもよい。（阿部） ✓ 苧住の W_r の式は単木単位で面積あたりに換算時は本数密度を乗じている。この処置が正しいかという意味で、現場の立木間中央での W_r の計測例を増やしたい。立木間中央での ΔC は多数計測されているが、W_r は今回の千葉崩壊地のデータしかない。（大野） 	ご指摘の方針で検討を進めたいと考えます。（未着手）
4章 根系調査について	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 広島の崩壊に関しては森林の崩壊防止機能を上回る降雨だったことから、広島での根の掘削調査は不要と考える。崩壊した斜面脇での掘削等はしなくてよいのではないかと。（阿部） ✓ 崩壊地での根系深さとすべり面深さを把握しておき、機能の発揮が困難な場所かどうかの解釈はしておいたほうがよい。（大丸） ✓ 千葉崩壊地のサンプル調査では、根の重量と体積を求めていたが、重量のみの計測でよいのか？（大野） →比重の計測のみでよい。（阿部） 	崩壊形態、特にすべり深度を詳しく調べ、根の影響が及ばないすべりだったか、定量評価します。掘ることにこだわりません。
4章 比較対象地の選定について	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 選定にあたって下層植生や表面侵食などの要素も考慮すべき。（川野） ✓ 選定の切り口は2種類：施業の有無と崩壊の有無。（執印） →施業、無施業を帳簿データで調べて選定するよりも現地で林相の異なる箇所を抽出するのがよい。場所による違いの効果は大きくて、少し離れたところと比較すると地形も地質も違うために、結局比較コントロール対象とならない。施業効果をみたいなら、比較的近接した箇所かつ目視によりわかるレベルで林相が異なり、コントロール対象となる場所をみつけだすしかない。（大丸） 	第3回委員会で候補箇所を整理提示するので、調査地選定について、もう一度審議をお願いします。

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 林齢 10 年、20 年ではあまり差がでないだろうから、40 年以降の壮齢林で明らかに見た目が違うところを狙ってはどうか。(執印) ✓ 隣接箇所を比較したいが隣接する施業、無施業はなかなかみつからないかもしれない。崩壊の有無と施業の有無を切り分けて、施業箇所数は少なくともよいサイトを探すことにエネルギーをかけるのがよい。施業履歴が根量差に出ているねという結果が予感できそうなところ。(大丸) ✓ 民有林では無施業箇所があるが、そこでの掘削調査はなかなか厳しい状況。(田中) ✓ 崩壊箇所で測れずに隣接斜面で根量を計測した場合、崩壊地の根量をはかれたといえるのか？(石飛) →施業の有無と崩壊の発生・非発生がうまくクロスしてみえる形になるか、というところかなり難しい。それよりも手前の段階として、施業の有無により、根量に違いがでたかという部分をまずみるというのが一つの目的ではないか。(執印) ✓ 施業と関係のない地質や地形、0 次谷などの素因が崩壊発生の原因であれば、比較する意味がない。広島、愛媛を選んだのは崩壊地が多数あるので、素因が同じような崩壊地と非崩壊地を多くサンプルできるのではないかと考えたから。現地調査の前に机上調査でそのような比較対象地を抽出することはできないのか？(松山) →リストされている林小班は 40～50 年と比較的林齢が高い。林齢でみれば根系による崩壊防止機能は十分働いているはず。根よりも深いところで起きた崩壊は森林の限界を超えた雨を原因とし、施業が悪かったから崩壊したとするのは酷な気がする。(阿部) →もう根は十分な量があり、森林の崩壊防止機能を発揮している場所で、根の調査はしないほうがよい。(阿部) ✓ 今回広島で 2018 年の崩壊地を取り上げているが、広島は昔にも豪雨で崩壊が発生している。例えば、20 年前の崩壊と今回の崩壊を比較し、その間の森林の成長と施業を検証するのがよいのではないか。2018 年だけをみていても施業履歴の違いをみるのは難しいだろう。(執印) ✓ 2018 年と 20 年前を時系列に比較ができるなら、根を掘らなくてもよいかもしれない。施業の有無による違いがみやすいのではないか。また、施業の有無を論じるためには、放置林をみつけないといけない。(執印) 	
4 章 現地調査 の方針に ついて	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国有林で崩壊が発生すると、森林管理が適切でないから崩壊したと言われることがある。そうではなく、きちんと調べた上で、森林の崩壊防止機能の限界を超えたから崩壊した、ということを提示することが重要。それに答えられる調査内容にしていくべき。(執印) 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2 月 3, 4 日に第 3 回委員会と現地検討会を予定。 ✓ 第 4 回委員会を追加開催する。 	
以上		

<第三回委員会議事録>

第3回							項	11/18	
発注者側	監督職員	担当者	担当者	担当者		受注者側	管理技術者	担当者	担当者
発注者名	林野庁森林整備部治山課					受注者	国土防災技術株式会社		
業務名	令和元年度 森林整備が表層崩壊防止機能に及ぼす効果等に関する検討調査					整理番号			
出席者	委員	日本大学 阿部和時 兵庫県森林林業技術センター 山瀬敬太郎				場所	ホテルヴァンコーネル 中会議室		
	発注者側	林野庁森林整備部治山課 企画官 松山康治 課長補佐 玉館力 田後善史				日時	令和2年2月4日(火) 09:00~11:30		
	オブザーバ	林野庁広島森林管理署 室長 津脇晋嗣							
	受注者側	国土防災技術株式会社 大野亮一、田中淳、佐藤亜貴夫、加藤昭広、 橋本信太郎、高田香				打合せ式	会議		
【第三回委員会】									
項目	第3回 委員会での意見①						事務局対応		
2章 前回(第2回)委員会での 指摘事項	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 立木間中央でΔCでなくWr(根量)をはかることの意義はなにか? ΔCと比較することか?(松山) ✓ Wr(根量)の効果は全体量が大事で部分的な量ではないともいえるが、もっとも根量の少ない箇所データを測定し、弱い箇所での時間変化を追いかけることは崩壊防止機能の評価という点では意義があるのではないか。(阿部) ✓ Wr(根量)の林内分布にはムラがあるので、そのムラを気にせずともよいのか、気にすべきか、それすらわかっていない段階。(大野) 								
3章 施業履歴の 検討 3.1、 3.2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 図3-2、図3-3を施業回数、施業後経過年数を考慮したものに変更できないか? 施業後3~5年以内に起きた崩壊と以降のものとの見え方が異なる可能性があるのではないか。(山瀬) ✓ 崩壊と直接は関係のなさそうな施業、衛生伐、更新伐、保育伐などがカウントに含まれると回数だけ増え、施業の影響が薄れているのではないか?(阿部) ✓ 施業とひとくくりにした中に含まれるものが多すぎるのでは。アカマツ、広葉樹の施業とは具体的にどんなものか?(山瀬)→誰も答えられず。 ✓ 主伐が入ると回数をリセットしているが、伐採施業を細かくとってカウントしているため、なにをみているかわかりにくい。シンプルに整理し直すこと。(複数名の議論による) 						施業は間伐と皆伐の2種類とし、崩壊地数でなく崩壊面積率で再整理します。		

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 縦軸を「崩壊地数」としているが、「崩壊面積」がよいのではないか。例えばヘクタールあたりの面積など。(松山) ✓ 表 3-6、表 3-7：同じ密度同士を比較しているが、同じ林齢同士の比較も行って欲しい。同じ林齢間の違いがヒントになるのではないか。(松山) 	
<p>3章 施業履歴の検討 3.3 散布図による解析</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ これまでの表層崩壊研究の知見として、20年、30年生以下の林齢で崩壊が多い、とされるが、このデータは高齢林でも崩壊は起こる結果となっている。安全率が上昇する傾向はみえているが、上がりきらなかった斜面で崩れるという理解になるだろう。(阿部) →データのばらつきは大きいので、統計的に有意とは言えないがデータ数は1000超であり、それなりの意義があるのではないか(大野) →北原先生の研究で根系によるΔCが10%、15%程度となった。このデータからはおよそ10%。概ね同程度の結果が得られている。(大野) ✓ ΔCと W_r に直線回帰の傾向がみえるが、両者とも根量をベースとした情報なので、そのような傾向がみられるのは当然ともいえる(阿部) →図 3-25 と図 3-35 をみると、崩壊有無の説明力は W_r よりも ΔC のほうが高いようにみえる。また、同じ W_r なら ΔC が大きい林分が崩壊防止機能が高く、それは林分密度の高い森林が防止機能が低いこととなり、目指す方向性と逆になる。(大野) ✓ 同じ根量 W_r で ΔC が高い林分というのは水平根が多いのではないか？(松山) →その可能性はある。(大野) ✓ 図 3-34、図 3-35：これらの図が示す傾向は、表層崩壊が対象で高齢になるにつれ、表層が崩れる崩壊は減少してくる。一方、高齢林で現れる赤い○は深い崩壊によるものだろう。ΔC を使ったこれらの回帰線は表層崩壊防止機能をあらわす一つの手段と考えられる。(阿部) ✓ 安全率が19%上昇した広島事例はかなり大きい。(阿部) →北原先生は10%からそれ以上との結果です。(大野) ✓ 密度が高いと ΔC が大きい、という話は若齢林でなく、高齢林でのことではないか。図 3-26 をみても今回のデータは1000本/ha付近なので、若齢というよりは高齢で本数が多い林分で ΔC が高い、と整理すべきでないか。(山瀬) 	<p>W_r について強引に機能効果を位置づけることはせず、データを基にして ΔC と W_r を比較しながら検討を進めます。</p>
<p>4章 次年度の現地調査箇所と調査方法について 4.1、4.2、4.3、4.4</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 今回の調査提案では、崩壊箇所に隣接する林での根系調査は実施しない、という方針か？(阿部) →当初は比較調査をするつもりだったが、必ずしも隣接斜面で調査することがよいとはいえない、というご意見もあり、密度と直径の違いがみいだせるペアを見つける、という方向で調査地を探している。(田中) ✓ 表層土の厚みは根の張り方に影響し、かつ緩勾配では表層土は厚くなりやすく、根もよく張る。そういう意味で緩勾配でなく山の上のほうで試験をするほうが本業務の主旨に合致するのではないか。(阿 	<p>可能な範囲で同一小班の中で異なる樹幹距離の立木ペアを選定し、調査箇所を選定します。</p>

	<p>部) → 安全を考慮すると傾斜 30° は厳しく、25° 前後を想定する。(田中)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 林内で根系の調査位置を決めるにあたって：立木2本の間を狙うのか、それとも3本間か？(田中) → 2本間で選定すればよい。(阿部、山瀬) ✓ 立木2本の間を狙う場合、中心か？ どう判断すればよいか？(田中) <ul style="list-style-type: none"> →立木の樹幹サイズを考慮すべきか、という意味と思うが、樹幹サイズを考慮すると一方の幹に近づきすぎることがあり、単純に中央を選定するほうがよい。ただし、樹幹中心と樹幹中心の中央でなく、樹皮と樹皮の中央とする。(山瀬) ✓ 根系調査でどの深度まで掘るかは作業負荷に影響する。あまり深く掘らなくてもよい。経験的だが1mまでは掘らなくてもよいのではないか。(山瀬) → 礫の下まで掘る必要はない。根の生育している範囲を掘るのが基本。(阿部) 	
<p>4章 次年度の 現地調査 箇所と調 査方法に ついて 4.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 一つの小班内であれば施業方法や地質が同一であることを期待できるので、小班の中で密度(樹幹距離)の異なる立木のペアを複数みつけて根系調査を実施し、図4.7に示すように断面積合計と根量の関係図を作成する方針を考えている。それでよいか？(田中) <ul style="list-style-type: none"> → 単年度で実施する調査であれば、その規模でよいのではないか。小班で1箇所の調査だと散布図に数点しか点が落とせないが、2立木で1点とれるのであれば、横軸の断面積合計の幅を広くとることが可能。(阿部) →断面積合計だけでなく、伐採後経過年数による分析も実施し、間伐施業の影響をみられるようにしたい。(大野) ✓ 間伐後の経過年が異なる林分を選び、かつ樹幹距離などは似たような場所を選んで比較すると違いがみえやすいのではないか。そのような調査は1年では厳しく、3～4年のスパンが必要だが。(阿部) ✓ 今回の広島・愛媛は実質的に針葉樹がヒノキのみが対象となる。今後、スギの調査を視野にいれると、広島・愛媛以外を対象にしていく必要がある。(大野) <ul style="list-style-type: none"> → 森林整備と表層崩壊防止機能がテーマなので、いろいろなパターンで調査していかなければならない。(松山) ✓ 仕様書に記載があった早生樹、エリートツリーも今年度は対象から除外したが、次年度以降は対象に含める方向で検討する。(松山) ✓ エリートツリーは九州で植栽していて候補と考えるが今後の調整。現在検討中の10箇所とは別で考えていく。(玉館) ✓ エリートツリーの根量を調査した事例は聞かないので、そこからのスタートとなる。(松山) ✓ 図4.9：間伐跡で根系調査をする狙いはなにか？(松山) <ul style="list-style-type: none"> → 伐採後の3～7年ぐらゐの範囲で、腐朽していく根と新たに進出した生きた根を区別し、両者の根量を測りたい。(田中) → 生きた根と枯死した根で重量を測って比較できるか？ 調査の目的が判然としない。(山瀬) ✓ 間伐後の3～7年という狭いスパンにフォーカスして根の腐朽を測 	

	<p>るよりも、10年生、30年生、50年生などそれぞれの段階で間伐の影響を受けているので、10年生間隔ぐらいの離れた期間で違いを抽出するほうがよい。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 今後は、現地調査で取得されるデータを、図 3.23 のようにレーザーデータから作成された散布図に重ねることで、空から取得されたデータと実際の現地データが照合するか突き合わせをしていきたい。(大野) 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 3月2日 9:30～ 第4回委員会を都内で開催予定。 	

<広島現地検討会の視察地での様子>



写真 8.1 視察地 2 での様子



写真 8.2 視察地 3 での様子



写真 8.3 第三回委員会での様子

以上

<第四回委員会議事録>

第4回							項	15/18	
発注者側	監督職員	担当者	担当者	担当者		受注者側	管理技術者	担当者	担当者
発注者名	林野庁森林整備部治山課					受注者	国土防災技術株式会社		
業務名	令和元年度 森林整備が表層崩壊防止機能に及ぼす効果等に関する検討調査					整理番号			
出席者	委員	日本大学 阿部和時 宇都宮大学 執印康裕 森林総合研究所 大丸裕武 兵庫県森林林業技術センター 山瀬敬太郎				場所	国土防災技術株式会社 5F 会議室		
	発注者側	林野庁海外森林資源情報分析官 川野康朗 林野庁森林整備部治山課企画官 松山康治 課長補佐 玉館力 計画係 長岡貴子 林野庁森林整備部整備課課長補佐 藤田聡				日時	令和2年3月2日(月) 09:30~12:00		
	受注者側	国土防災技術株式会社 大野亮一、田中淳、尾崎智香、吉井彩香、加藤昭広、高田香				打合せ 方 式	会 議		
【第四回委員会】									
<森林施業と崩壊地の検討>									
<p>● 施業回数にて整理した考え方について</p> <p>広葉樹やアカマツなどがどのような施業をしているのか、施業回数が多いことが不自然ではないかという意見が、阿部委員をはじめ多くの方からいただいた。これは解析単位を森林簿の小班単位で行っており、小班の中には、ヒノキ林などの人工林と広葉樹とアカマツが混ざったものも存在する。森林簿上一番目（おそらく割合が多い）に広葉樹やアカマツがあればヒノキのみを施業していても、広葉樹やアカマツが施業したと評価される。これらに対し、施業履歴が大事であるなら残してもいいが、明確でなければ含めず検討してもいいのではという意見があった。（阿部・執印委員より）</p> <p>（阿部）図3-3などは、3回を迎えたところで崩壊面積率にピークがあるが、これは広葉樹とアカマツの影響がでているのか。</p> <p>（事務局）一つの小班の中でたくさん崩壊が起きている小班がたまたまここに入っているというのもある。尚且つスギヒノキではなくアカマツや広葉樹のところであった。</p> <p>（事務局）図3-5 間伐、皆伐、施業なしの中で明らかに皆伐したところで崩れていることは明確。図3-2よりたくさん手を入れたからといって崩壊地数が減っているという傾向は現状見られない。伐採のカウンターの仕方が良くない等ご指摘を考慮したが、結局のところ結論はあまり変わらないと感じた。施業のところはこれ以上深堀しても厳しいかもしれない。散布図の方は、点の数が多いためそれなりに説得力があるのでは。このデータをもとにΔCとWrの関係性を整理したい。</p> <p>● 点群データの解析について</p> <p>（大丸）樹頂点を取ったデータは貴重。点のパターンを見ていくことで何か浮かんだものはあるか。点群全体から林分の状態、空間の平均値みたいのものが見られるなら面白い。点群データを解析すれば強そうな林形がわかるとかそういう話につながれるとよい。</p> <p>（事務局）施業と絡めて感じたところは特にない。実際は、オルソを見て施業の有無を判断した。点</p>									

群でそれを実感するのは厳しい。今後はもう少し細かく分けてパラメーターとかも固有林相にはこういった解析を試みようなど、細かくやっていきたい。

- 航空 LP データを活用した森林と崩壊の関係グラフ

(川野) P17 以降の航空 LP データを活用した森林と崩壊の関係グラフにおいて、施業のありなしで立木密度や根量にどう影響しているのかを見るのはどうか。マップに崩壊ありなしだけでなく施業のありなしの回数も入れることで密度管理がどう崩壊や根量に影響してくるかという方法もあるのではないかと。

(阿部) 密度管理という観点から施業のありなしがどう影響するかというのも研究してもらえればと思う。

- 斜面安全率と根量

(大丸) 斜面崩壊の安全率と根量の関係を示した P20 のグラフ。広島と愛媛では傾向が異なる。同じヒノキでも地形因子と成長に差があるからこういうパターンができるのか、地位指数でみると広島と愛媛で差はないのか。勾配自体を 30 度とか 40 度とかレンジだてで比較してみてそれでも差があるかどうか興味がある。

(事務局) 地位は森林簿に記載がないためわからない。勾配が大きいのかも。2つの軸のうち上に伸びているラインが消えるかもしれない。

(阿部) P18 図 3-28 110 年生のところはかなり下がったところにプロットがあるのは風倒などの害があり、立木本数が非常に落ちてしまったことなどは考えられるか。

(事務局) データ自体はよく取れている。なおこの国有林の一部は、国立公園でもあり、見本林として管理しているような場所もあったそのような林分である可能性はある。

- ΔC と立木密度の関係について

(山瀬) P26 の広島の立木密度と ΔC の関係のグラフにおいて、愛媛では作れなかったのか。散布図について、広島と愛媛で傾向が違うのはなぜか。

(事務局) 愛媛はプロットがかなり多くおいていない。今後やっていく。なぜ愛媛と広島で傾向が違うのかは現段階ではわかっていない。

(山瀬) 立木密度が少なくなってくると根を伸ばして、一番弱いと想定される ΔC の場合立木間中央までは伸びている。だから密度が低いほど強くなっている。ただ、ある一定以上行くとそれぞれの個体の根系分布の限界がでてきて立木密度が低くなってしまっていて隣までが遠くなってしまうと十分にそこまで強くしきれていない、ということではないか。今回のグラフを見てもそういう傾向が出ているのではないかと思う。現場で掘っている感覚ではこれに近いことが言えると思う。

(阿部) 山瀬さんと同じように現場の状況をうまく反映したグラフだと思う。立木密度が下がってくると根量は落ちてくると思うので。立木本数密度が減ってくると断面積合計が落ちてくる傾向があるということか。これに広葉樹(下層木)が入ってきたりすれば本数密度で下がってきたときに ΔC が落ちるということを補えることになるのでは。

- グラフの作成方法について

(執印) 相関の回帰線を引いているが、意味があるのかわからないのか。0.1 というのはあまり意味がないのかもしれない。相関がないというのも整理をした時に見えてくるものがあるかもしれない。

(大丸) 相関だけでなく点の表現で見えることはないか。

(事務局) 黒線を入れていた理由は崩壊地の赤点の分離ができているかどうか見たくて線を引いた。

<次年度の調査方法について>

- 調査木の選定方法について

(阿部) 日本の人工林全体が壮齢林側に傾いてきているので、57 年生あたりの、 ΔC が下がるであろうと思われるところの調査もしたほうがよいのでは。現に壮齢林での崩壊も多いので裏付けを取るのには必要ではないか。林齢で立木密度や胸高直径が決まるので、一つのパターンにそった試験地を選ぶのが大切。

(執印) 選ぶところが一番大事。マトリックス作ってもらって増やすよりも絞る方向で考えた方がよい。

● 調査方法について

(阿部) 図 5.1 掘り方について、一番弱いところがどこか調べるのは ΔC を使う場合は必要。立木間を結んだ線に平行に 2m の穴を掘った方が弱い部分を検知しやすいのでは。90 度逆にする。そうすると立木間の弱さの分布が出てくるのではないか。このような 50cm は直交している。

(大丸) 90 度回転させる掘方であれば、メインの側根を外すかどうかは大きいと思う。貫入計などであたりをつけることはできないのか。

(山瀬) P45 表 4.2 阿部先生の 90 度回転させてやるやり方であれば問題ないが、もし今書いてあるやり方でいくのなら、立木間距離 1.8m と 2.5m を掘るのではなく、より弱いところを考えると 3.6m のラインで掘った方がいいのでは。P26 図 3-45 800~1000 本のところにピークがあると想定するならば、表 4.2 の立木間距離 3.6m は立木密度 772 本であるので、ここを含んでおいた方がいいのでは。

仮に 3.6m でも林齢 21 年のものが取れるのであれば、2.5m は確保しておいてより狭い 1.8m ではなく 3.6m を取るのが良いのでは。

(事務局) 50cm は狭いかもかもしれないが、 ΔC と比較を考慮し検討した。

調査は労力が掛かるため、作業工程と発注者さんの意向も踏まえて検討する。図 3-45 の実際のリアルなデータの裏付けが取れるよう検討する。

● 森林情報の整理方法について

(執印) P42 の LYCS と P30 で LP のデータがあるが、最終的には LYCS を使うということか。

(事務局) 図 4.6 この LP は、森林総研さんの密度管理の関数を使っている。この LP もほぼ LYCS に近い機能を使っている。LYCS は施業履歴を追えるため、精度が高いと思う。LYCS と LP の違いは伐採情報の有無。伐採履歴を追おうとすれば LYCS を使うことになる。密度曲線だけだと施業の反映ができにくい。

(執印) 航空 LP による立木密度測定は、精度というより順番があっていればよいのではないか。LP から測定された立木密度の順番と現地で測定された立木密度の順番で相対的な差が同様であれば、絶対値がずれていても割り切って、相対比較として使用できるのではないか。

(事務局) 密度の差が出たのはショックである。図 4.1 より、DBH は密度がある程度ずれていてもこの程度におさまる。樹高と DBH だけは LP から取り出したら良い値がでるかもしれない。

以上

<巻末資料>

- ・打合せ記録簿
- ・広島現地検討会資料
- ・速記録