

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04601

研究課題名（和文）根系の発達動態と立木による流木被害軽減機能の実証的解明

研究課題名（英文）Growth and driftwood capturing functions of standing trees

研究代表者

岡田 康彦（OKADA, Yasuhiko）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：50360376

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：2020年にケヤキ、センダン、ヤマハンノキの1, 2, 3年生苗を植栽した後、2021年から2023年樹高及び地際直径の変化を調べた。樹高差、地際径ともケヤキ、ヤマハンノキ、センダンの順に大きくなる結果が得られた。地際径は苗齢との間に線形関係が認められ、特にセンダンの地際径差が苗齢と共に大きくなることがわかった。

流木を含む土石流に対する立木の捕捉効果を検討するための水路実験を実施した。下流域に保全対象が存在するような林班での施業に関しては、胸高直径で伐採する手法を検討した。その結果、胸高直径まで残った根株は粗度として寄与し、流木が到達する距離が軽減する結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

豪雨による斜面災害の激甚化が現実のものとなり、森林が有する国土保全機能を如何に発揮させるのかという点が重要である。斜面が崩壊することを抑制するためには、伐採後、新規植栽から樹木が早期に生長することが必要であり早世樹種への期待は大きい。苗齢3年までの苗木の生長については、ケヤキ、ヤマハンノキに対してセンダンに優位性があることが示唆された。

土石流が流下するような林分に関しては、通常の間伐を実施すると立木間の隙間が増大して危険が増す可能性があった。胸高で立木を伐採することにより粗度を残すことにより流木が目詰まりして到達距離が短くなる結果が得られ適切な施業に関する知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：The height and diameter at the ground surface of zelkova serrata, Melia azedarach, Alnus hirsute Turcz were measured in 2021 and 2023. The differences of heights and diameters at the ground surface between 2021 and 2023 became larger in the order of zelkova serrata, Alnus hirsute Turcz, Melia azedarach. The diameter at the ground surface was found to be a function of the seedling age, in which Melia azedarach grew the fastest.

Flume experiments to examine effects of standing trees on the driftwood capturing function were conducted, in which some standing trees were cut out at the breast height in the thinning operations. The shortened trees still contributed to capturing driftwood and reduced the travel distance of driftwood.

研究分野：治山工学

キーワード：森林の防災機能

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化の影響も受けてか、時間雨量が 100 ミリを超える極端な豪雨の発生が珍しくない状況となり、毎年のように豪雨による土砂災害が発生している。2017 年 7 月の九州北部豪雨による土砂災害では、夥しい流木が発生して注目を浴びた。その後も豪雨が発生することに甚大な被害の発生が認められている。森林が有する「災害防止機能」を活かした防災/減災対策に関する国民からの期待が大きい一方、森林が主伐期を迎え流木災害は今後も増加することが懸念され、また伐採後にどのような樹木を植栽するのか等が喫緊の課題となっており、森林が発揮する防災機能の実証的解明が不可欠である。

2. 研究の目的

樹木は根系を斜面内部に張り巡らせることにより崩壊の発生を抑制している。間伐等の施業により伐採がなされると根は腐朽して強度が低下するため、伐根株周囲の斜面は相対的に崩壊に対する抵抗性が低下する。崩壊の発生を防止するためには、新規の植栽を行って斜面内部の潜在的な弱部にも早急に根が行き渡る状態を可能にすることが望ましい。植栽からの生長速度が大きな樹種は、付随する根系の生長速度も大きいと考えられていることから、伐採跡地での崩壊発生を抑制する樹種として期待されている。ここでは、ケヤキ・センダン・ヤマハンノキの早世樹種を対象とし、植栽からの生長速度の変化を計測して各々の特性を調べる。

集中豪雨等の降水により森林斜面が崩壊して流動化すると、流下中に樹木を巻き込み流木を伴った土石流へと進展することがある。土石流が流下する溪岸周囲の立木は流木化する恐れがあるとして事前に伐採されることがある。他方、流木を含む土石流が森林内部で停止して、従って、流木を含む土石流が樹木により捕捉されている現象もしばしば認められる。そこで、流走距離と氾濫域を合わせた全長が約 5m の水路模型を用いた物理実験を実施して、流木を含む土石流に対する樹木の捕捉効果を実証的に調べる。

3. 研究の方法

申請者が所属する研究所内の苗畑に、2020 年にケヤキ、センダン、ヤマハンノキの 1 年生、2 年生、3 年生苗を植栽した。その後、2021 年、2022 年及び 2023 年の 12 月に樹高および地際直径の計測を行ってその間の変化を追跡することにより、早世樹種として期待されている 3 樹種の成長特性を調べた。

流木を含む土石流に対する樹木の捕捉効果を検討する物理実験については、実物に対して 1:20 スケールの場合を水路に与えて取り組んだ。流木を含む土石流を再現する流走部は 2.75m、樹林での堆積を再現する氾濫域の長さは 2.42m とし、氾濫域については勾配 15 度(長さ 0.91m)と勾配 10 度(長さ 1.51m)を連結してある。この部分に 1 ヘクタール当たり 1,000 本、1,800 本、2,700 本の密度で立木(胸高直径が実寸で 0.30m、0.20m、0.12m)を設置する仕様としてその効果の検討を行うこととした。実験は、流走域の下端部を土砂が通過する時を初期条件とし、土石流フロント部の波高および流速は概ね 0.07m(実寸大で 1.4m)、1.1m/s(同 4.9m/s)になるように調整して実施した。流木は、土石流が流走域を通過する際に上方から根が下流側に向くように静かに置くようにして落下させて供給した。供試砂は川砂を洗って粒度調整して作製(平均粒径 D50 は 0.06mm、均等係数 U_c は 3.4、曲率係数 U_c' は 0.66)し、実験 1 回につき $2.0 \times 10^{-2} \text{m}^3$ を使用することとし、これに水 $2.55 \times 10^{-2} \text{m}^3$ をゆっくり供給して飽和させた。森林施業により間伐が入った場合の想定として、伐採する立木は胸高までの根株を残置させる手法も検討した。

4. 研究成果

新規植栽後の樹木の生長に伴う斜面補強機能の増大に関する特性を把握することを目的に、

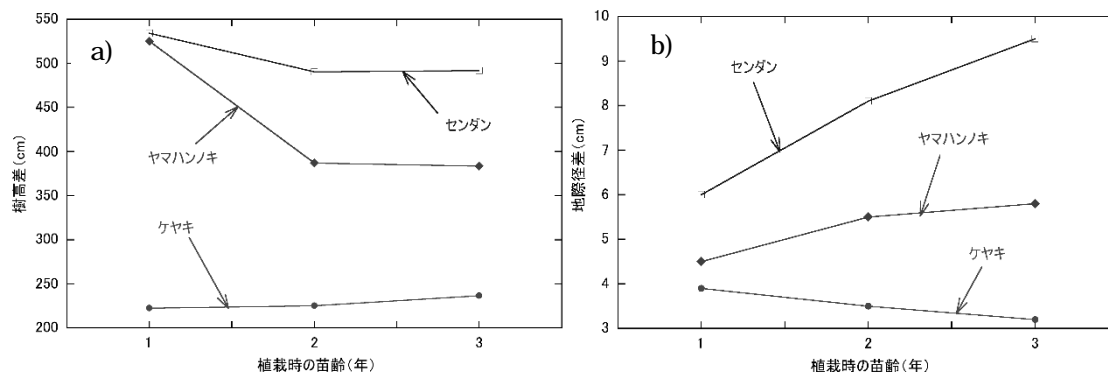


図1 植栽時の苗齢に対するケヤキ、センダン、ヤマハンノキの2021年12月から2023年12月までで生長変化。a)樹高差、b)地際径差。

2021年12月から2023年12月までの2年間におけるケヤキ、センダン、ヤマハンノキの樹高ならびに地際径の変化を調べた(図1 a,b)。樹高差、地際径差ともケヤキ、ヤマハンノキ、センダンの順に大きくなる結果が得られた。樹高差については植栽時の苗齢によらず概ね同等の値が算出されたのに対して、地際径差については苗齢との間に線形関係が認められ、特にセンダンの地際径差が苗齢とともに大きくなることがわかった。生長速度が大きく防災機能の早期発現が期待されている3種(ケヤキ、センダン、ヤマハンノキ)では、センダンが優位性を有する結果が得られた。

実物に対する縮尺 1/20 の水路模型(写真1)は、流木を含む土石流の捕捉が見込まれる凹み地形(写真2) 豪雨の際には流路となる斜面)を想定してあり、横断方向に15度の傾斜がつけられている。実寸胸高直径が0.30m、0.20m、0.12mの立木が發揮する転倒抵抗モーメントは、実際の斜面で実樹木を引き倒した際に計測された転倒抵抗モーメントと胸高直径のべき乗関数に基づいて決定し、フルードの相似則に合わせて与えた。

スギ人工林の場合、新規植栽時には大きな本数密度で施業がなされるが、その後、生長に応じて間伐を入れることにより、残した立木の生長が促進される。他方、この林分を上流から流下してくる土石流に対する粗度として考えると、間伐が実施されて立木と立木の間隔が大きくなると、流木により目詰まりの発生の可能性が低下するため下流域の被害を増長する可能性がある。特に下流域に保全対象が存在するような林分に関しては、土石流被害の軽減を検討する必要がある、その1つとして、樹木の伐採を地際で行うのではなく、胸高まで残置する手法を検討した(図2)。胸高直径が実寸0.12mの立木に関して、流木を含む土石流の下流への実寸到達距離を検討したところ、本数密度を1ヘクタール当たり2,700本から1,800本や1,000本に減少させたとき、伐採する立木を胸高まで残置した場合はいずれも下流への到達距離が短くなる結果が得られた。伐採された樹木はその後腐朽して強度が發揮されなくなるが、それまで期間に関しては、間伐を胸高で行うことにより土石流に対する粗度としての機能を残す効果が期待できることがわかった。

集中豪雨の極端化などの影響もうけて、斜面災害の発生に伴う流木の発生が大きな問題となってきている。樹木がなければ流木は発生しないという点から、土石流が流下する箇所近傍に位置する樹木を事前に除去する手法の検討も一部進められている。他方、樹木は土石流に対する抵抗力として寄与するため、事前に樹木を伐採してしまうと流木の発生量は低減するものの、土石流の到達距離は大きくなるという点に十分注意する必要がある。下流の保全対象や林分の生育状況におうじて適切に判断することが肝要であることがわかった。

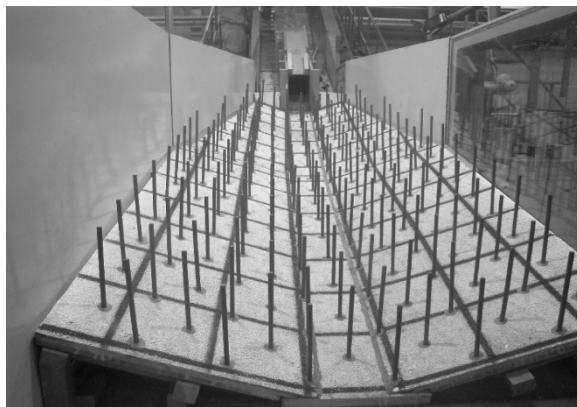


写真1 流木を含む土石流に対する立木の捕捉機能を実証する物理実験に用い水路(氾濫域部を下流側から見た様子)。



写真2 流木を含む土石流に対する立木の捕捉機能を調べる物理実験に使用する水路の形状の基となった斜面の様子。

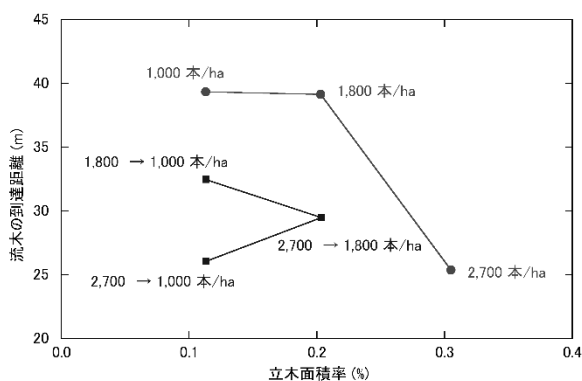


図3 氾濫域の立木の面積率に対する流木の下流への到達距離。赤は通常間伐を実施した場合で青が間伐を実施する際に胸高で立木を伐採。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 岡田康彦	4. 巻 11
2. 論文標題 スギ立木の生長と根の腐朽を考慮した斜面の安定解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土砂災害に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 71-76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 OKADA Yasuhiko, CAI Fei, KUROKAWA Ushio	4. 巻 14
2. 論文標題 Changes in slope stability over the growth and decay of Japanese cedar tree roots	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/f14020256	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 岡田康彦、黒川潮	4. 巻 73
2. 論文標題 スギの経年変化を考慮した斜面の安定解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関東森林研究	6. 最初と最後の頁 165-166
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡田康彦、黒川潮
2. 発表標題 森林の変化を考慮する斜面安定解析の例
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田康彦、蔡飛
2. 発表標題 根系効果を組み込む斜面安定解析の検討
3. 学会等名 日本地すべり学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田康彦、蔡飛
2. 発表標題 スギ根系の表層崩壊防止効果の検討事例
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田康彦、黒川潮
2. 発表標題 スギ根系が発揮する引抜抵抗力の現地調査
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田康彦、黒川潮
2. 発表標題 森林の経年変化を考慮した斜面の危険度評価
3. 学会等名 日本地すべり学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田康彦、長井嵩
2. 発表標題 流木を含む土石流に対する立木の捕捉機能を検討する水路実験
3. 学会等名 日本地すべり学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田康彦、黒川潮
2. 発表標題 スギの経年変化を考慮した斜面の安定解析
3. 学会等名 関東森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田康彦、黒川潮
2. 発表標題 スギ林を対象にした斜面安定解析の例
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田康彦、蔡飛、黒川潮
2. 発表標題 スギ根系が発揮する表層崩壊防止機能の検討
3. 学会等名 砂防学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田康彦、長井嵩、丸田龍一郎
2. 発表標題 流木捕捉水路実験における間伐の影響
3. 学会等名 日本地すべり学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田康彦、蔡飛
2. 発表標題 斜面安定に対するスギ側根効果の検討方法
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------