

強度間伐地における施業効果の評価（第2報）

2019年度～2023年度

門屋 健・岩下幸平*

要 旨

強度間伐は、下層植生の導入による表面土壌の保護や針広混交林化に有効であり、また、人工林の公益的機能の向上への寄与も期待されていることから、本県でも2009年から“あいち森と緑づくり税”を活用した事業の中で強度間伐を推進している。近年、強度間伐施業が森林施業の低コスト化などを目的に行われているが、県内における施業地での表面土壌の流亡や下層植生の構成樹種の推移等については未解明であり、強度間伐施業の効果を明らかにするためにも継続的なモニタリングによる調査データの収集が求められている。そこで県内3箇所の施業地における表面土壌流出量と下層植生の調査を実施した。その結果、流出量には様々な要因が関与しており、その中で降水量と土砂流出量の正の相関関係が2022年、2022～2023年で認められた。また、全天空写真による開空度調査では、林冠の閉鎖に伴い開空率は低下する傾向にあった。下層植生については、3箇所とも間伐後も植被率は低く推移し、土砂流出との関係については明らかではなかったため、継続調査の必要性が認められた。

I はじめに

スギ、ヒノキなどの人工林の森林施業の中で間伐は重要な施業の一つであるが、近年、森林施業コストの低減などを目的に、強度間伐施業が行われる森林が増加している。また、強度間伐は、コスト低減だけではなく、広葉樹の進入により、表面土壌の保護や針広混交林化にとって効果的であると言われている。加えて水土保持機能の向上や生物多様性の増加等の公益的機能改善への寄与も期待できる（清和 2013）。

愛知県でも“あいち森と緑づくり税”を導入し、2009年から人工林整備事業の中で強度間伐を推進している（愛知県 2023）。しかしながら、間伐後の下層植生の被覆による表面土壌の流亡や針広混交林化に重要な構成樹種の推移等については未解明な部分も多い。また、県内では過去の強度間伐施業地の再調査による2回目間伐の検討についても未実施であり、再調査による

データの収集が求められている。

そこで本研究では、強度間伐の施業効果を明らかにし、今後の強度間伐施業の推進に資することを目的とし、2019年度に強度間伐施業を行った岡崎市、新城市、設楽町の3箇所に調査地を設置し、土壌流出量の継続的な調査と下層植生、開空度の調査を行った。また、2012、2013年度に植生調査、開空度調査を実施した既調査地40箇所における2回目の植生調査、開空度調査の結果については、前報（門屋ら 2022）を参照されたい。

II 方法

1. 施業効果のモニタリング

(1) 土砂流出量調査

2019年度に、あいち森と緑づくり税を活用した人工林整備事業により強度間伐施業が実施された事業地3箇所（表-1、図-1）に試験地を設定した。各試験地では、土砂受け箱（幅25cm×高さ

試験地	岡崎市	新城市	設楽町
場所	岡崎市夏山町稲葉沢	新城市横川字倉木	設楽町西納庫字平山
標高	60m	50m	600m
地形概要	斜面中～下部 北東の平衡斜面	斜面中～下部 北東の平衡緩斜面	斜面中～下部 南西の平衡斜面
樹種	スギ・ヒノキ	スギ・ヒノキ	スギ・ヒノキ
林齢(年)	30-60	20-60	16-50
植栽木立木密度	1,160本/ha	1,068本/ha	1,150本/ha
本数間伐率	40%	39%	37%

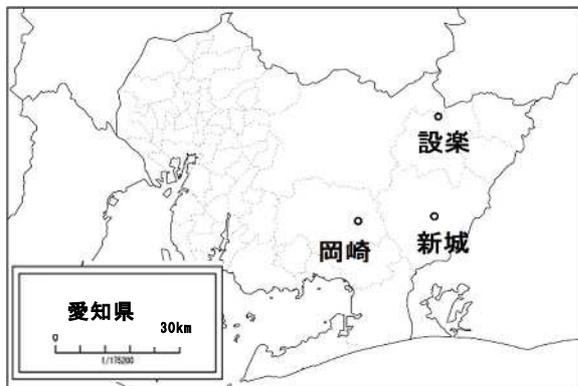


図-1 土砂流出量調査地位置図

15cm×奥行 20cm、塚本 2010) を 4 基ずつ設置し(図-2)、2019 年 10 月から 2020 年 8 月にかけて 3 回、2021 年度からは約 2 か月ごとに土砂受け箱に流入したリターと土砂を回収した。回収物は実験室に持ち帰り、85℃で 24 時間乾燥後、リターと土砂に分け、土砂については径 2 mm の円孔篩で礫 (2 mm<) と細土 (2 mm≧) に分別し、それぞれ重量を測定した。調査期間中の降雨量は、農研機



図-2 土砂受け箱の設置状況

構メッシュ農業気象データシステムから各調査地のデータをダウンロードして使用した。

(2) 調査地の植生調査

各調査地の土砂受け箱設置箇所近くに斜面と平行にライン (40m 長) を設置し、そのライン上下 1m の幅内に生育する木本植物について、種名と個体数を記録した。また、垂直方向については、①樹高 50cm 未満②4m 未満③8m 未満④8m 以上の 4 階層に分けて記録した。調査は、2021 年から 2023 年の 9~10 月に毎年実施した。

(3) 調査地の開空度調査

開空度調査は、2020 年~2023 年に各調査地の土砂受け箱上部 (地上高 1.2m) からデジタルカメラ (使用レンズ: シグマ 4.5mm F2.8 EX DC HSM) で全天空写真を撮影 (図-3) し、LIA32 (ver. 0.3781、山本 2008) の処理ソフトウェアを用いて開空率を算出した。



図-3 天空写真撮影による開空度調査

Ⅲ 結果と考察

1. 施業効果のモニタリング

(1) 土砂流出量調査

土砂流出量調査は、2019～2020 年度に 3 回、2021 年度は 5 回、2022 年度は 5 回、2023 年度は 6 回の計 19 回実施した。調査期間中の総流出量は、設楽町と岡崎市が同等で、新城市は岡崎市、設楽町の 3 割以下であった (図-4)。2019 年度～2023 年 12 月までの流出量は、3 調査地ともリターの割合が最も高く、岡崎市は 81.9%、設楽町は 69.4%、新城市は 65.7% で、2019～2021 年度の岡崎市 68.8%、設楽町 47.3%、新城市 55.0% (門屋ら 2022) と比較して 4 年間で割合は増加した。一方、細土の割合については、設楽町 17.0%、新城市 14.8%、岡崎市 3.8% の順で、2019～2021 年度の設楽町 41.5%、新城市 27.9%、岡崎市 9.4% (門屋ら 2022) と各調査地とも減少したが、流出量自体は、2022 年に 3 調査地とも増加傾向が見られ、特に設楽町での増加が著しかったが、2023 年は 3 調査地とも減少した。図-5 に、各調査地の間伐前後と 2021～2023 年度の土砂流出量の違いを示す。調査地により回収期間が異なるため Y 軸の数値は 1 ヶ月当たりの平均流出量として示した。新城市、設楽町では、間伐後の流出量の減少が見られ、割合から細土と礫の流出量が減少したが、その後、2021 年度、2022 年度に増加し、2023 年度に減少した。一方、岡崎市については、リターの流出量が増加したため、間伐後から 2022 年度まで流出量は増加し、2023 年度に減少がみられた。

次に 2021 年度から 3 年間の各調査地の年間土砂移動量を図-6 に示す。Y 軸の数値は、既往文献との比較のため、物質移動量 (g/10m/year) を用いた (塚本 1989)。各調査地の年間土砂移動量は、6,200～46,680 (g/10m/year) で、ヒノキ人工林での過去の調査結果の値のほぼ範囲内であった (塚本 1989)。このことから、強度間伐施業において、

土砂流出量は著しく増加することはないと考えられた。

図-7 に 2021～2023 年の各調査地の降水量を示す。年間降水量は 3 調査地とも 2021 年が最も多く、年により降水量の挙動には違いが見られ、2021、2022 年は 7～9 月の 3 か月間で全降水量の約 50% を占めていたが、2023 年はその間の降水量は約 30% で、6 月の降水量が初旬の大雨のため多かった。

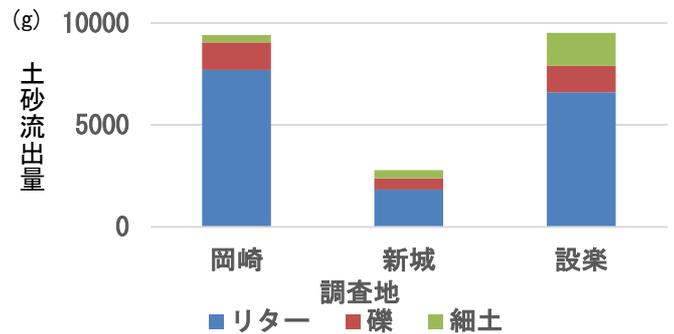


図-4 調査地の土砂流出量 (2019～2023)

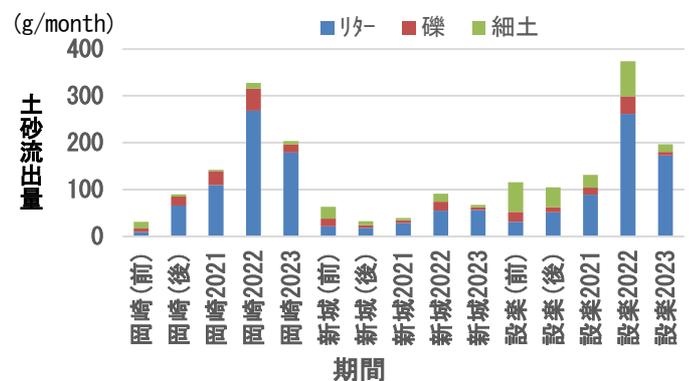


図-5 調査地の土砂流出量の推移

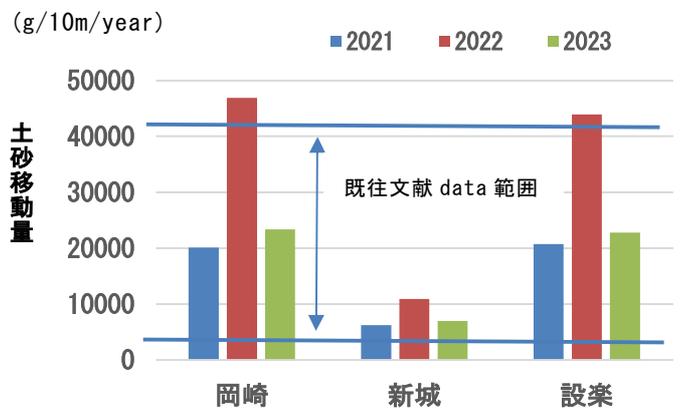


図-6 調査地の年間土砂移動量 (2021～2023 年)

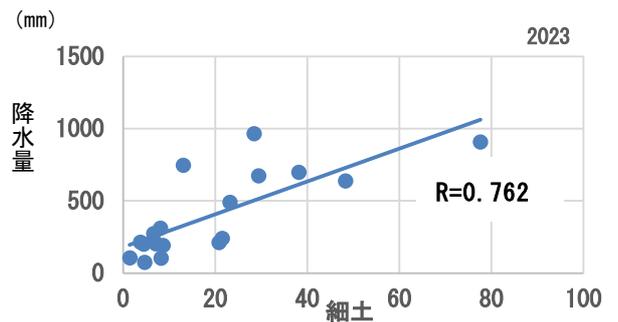
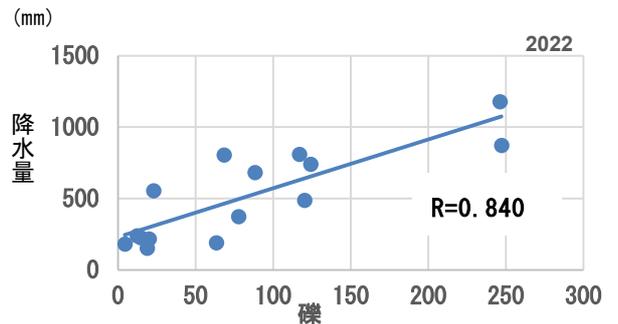
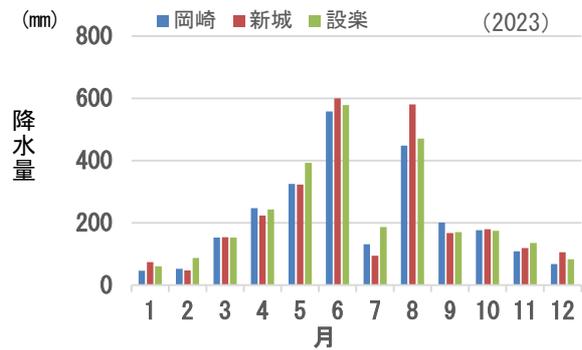
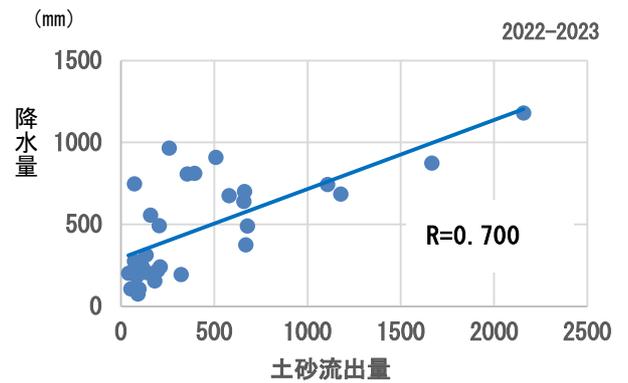
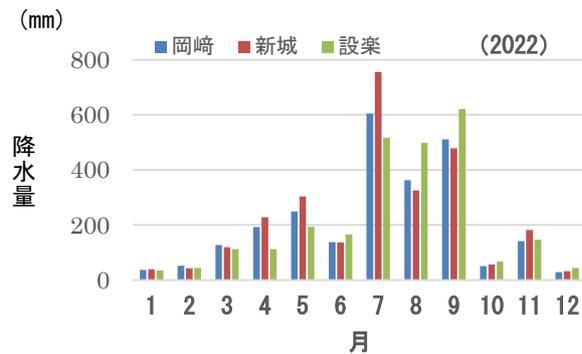
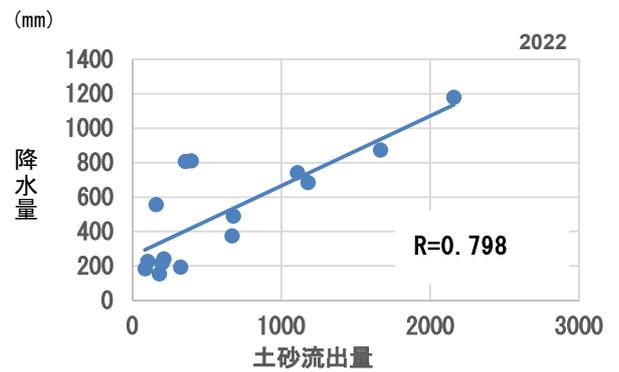
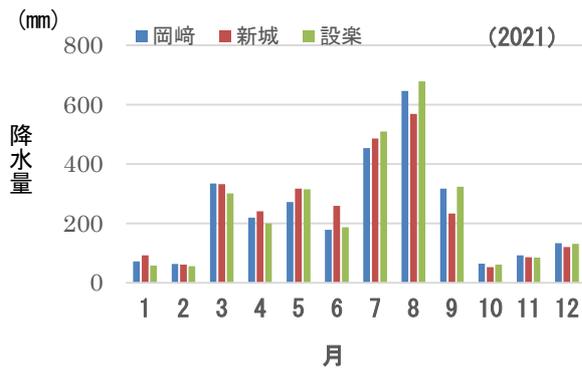


図-7 各調査地の年間降水量 (2021~2023年)

次に降水量と土砂流出量の関係を図-8に示す。2022年、2022-2023年の降水量と土砂流出量では正の相関関係が見られ、相関係数はそれぞれ $R=0.798$ 、 $R=0.700$ であった。また、2022年の降水量と礫、2023年の降水量と細土についても正の相関関係が見られ、それぞれ $R=0.840$ 、 $R=0.762$ であった。

図-9には、3箇所の調査地に設置した土砂受け箱それぞれの礫と細土の流出量の推移を示した。2021年~2023年の調査期間中、礫と細土の流出量は、どちらも2022年の6月から10月で多く、

図-8 降水量と土砂流出量の相関関係

2023年は減少傾向が見られた。図-10には、各調査地の土砂受け箱ごとのリターと細土の流出量を示した。各土砂受け箱間のばらつきは、設楽町でリター、細土とも大きく、有意差が見られた (Tukey-Kramer test)。これは、各土砂受け箱上部

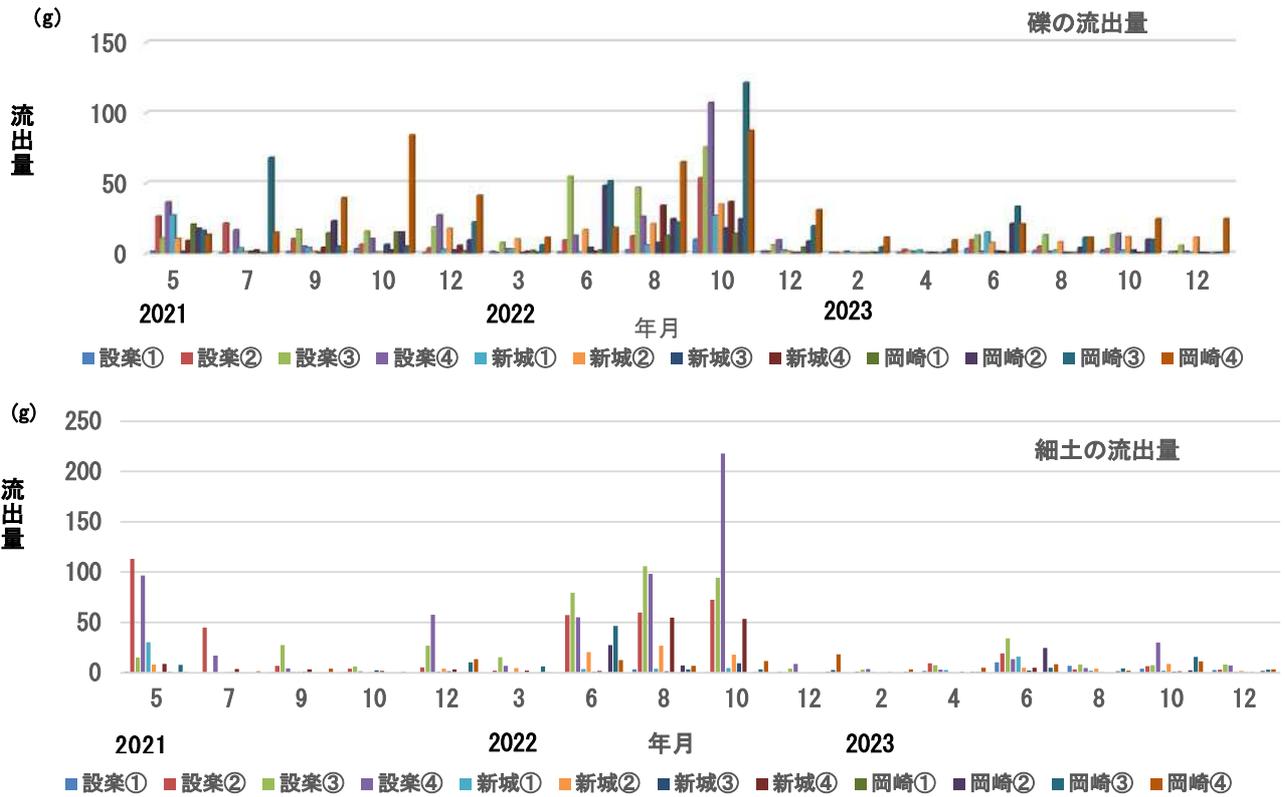


図-9 各土砂受箱の礫・細土流出量の推移

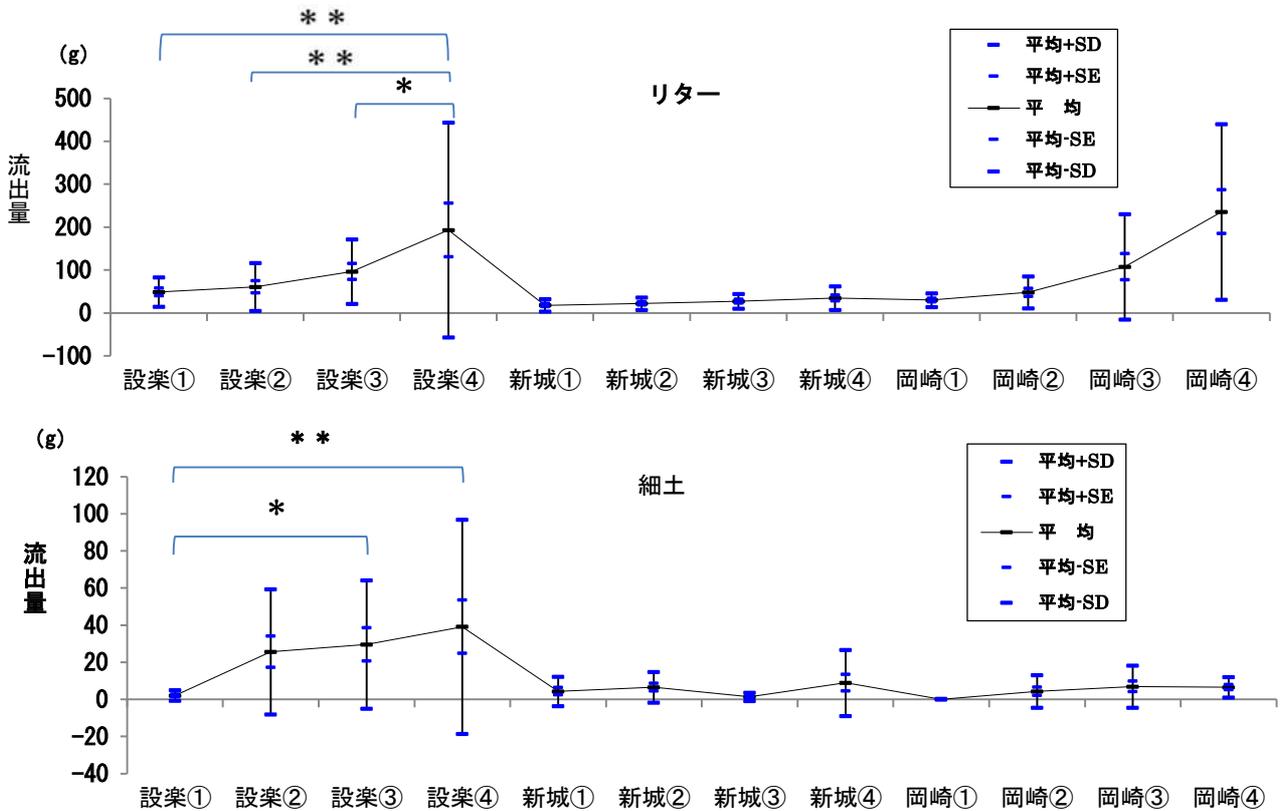


図-10 各土砂受け箱のリター・細土流出量のばらつき (*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$)

の微地形、斜面勾配、立木・伐倒木の状況（井川原ら 2004）、植被率、降雨強度等が複合的に影響していると考えられた。このことから、今後も引き続きモニタリングを継続し、各要因との関係を明らかにする必要があると考えられた。

次に開空度調査の結果を図-11に示す。間伐前後で3調査地とも開空度は増加した。その後、2021年には減少は見られなかったが、2022、2023年と図-12で示すように、林冠部の閉鎖が進行するに伴い開空度も低下した。

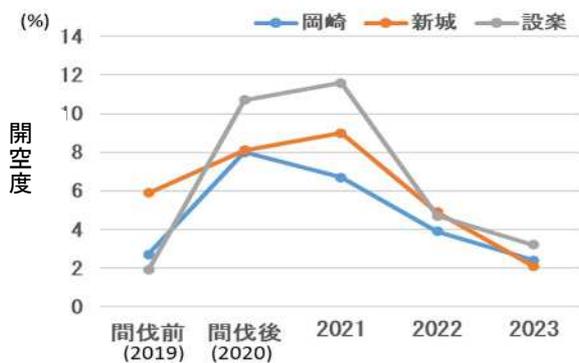
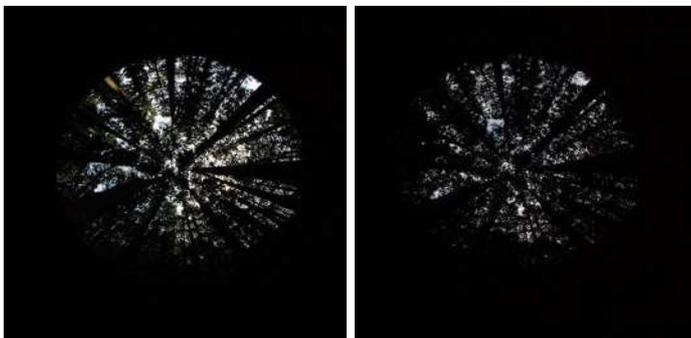


図-11 各調査地の開空度の経時的変化



2020 年間伐後



2022 年度調査

2023 年度調査

図-12 開空度の経時的変化

図-13には、下層植生調査の結果を示す。2020年と2023年の出現種の比較では、岡崎市と設楽町で出現種数は減少し、新城市は横這いであった。これは、新城市では間伐直後から出現種が少なかったため変化がなかったと思われた。出現本数の比較では、新城市、設楽町で減少した。これは、開空度の低下により林内照度も低下し、それに伴い出現種、出現本数とも減少したと考えられた。一方、岡崎市については、イヌガヤ、タブノキ、フユイチゴ、アラカシの実生が2020年より多く出現していたため本数の増加が見られた。

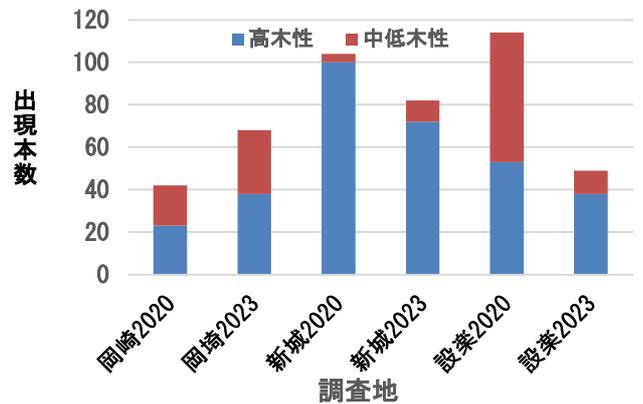
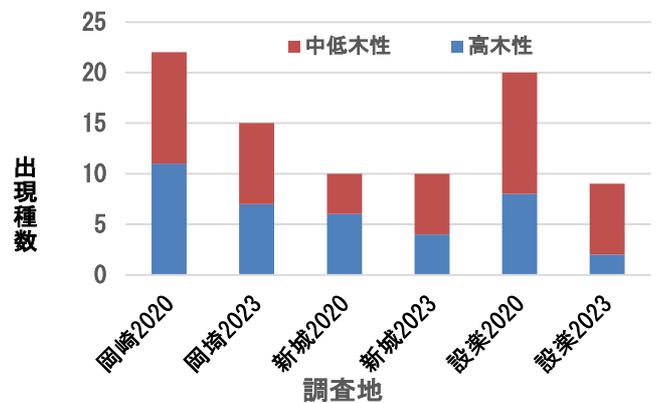


図-13 各調査地の出現種数と本数

表-2に、各年度間のJaccardの共通係数（土居ら2011）による類似度の変化を示す。岡崎市、設楽町では、出現種の低下による類似度の低下が見られた。一方、新城市は出現種数が横ばいであったため変化が少なく、類似度も横這いであった。

種の多様性を示す Shannon-Wiener の多様度指

数 H' (伊藤ら 1977) は、2021 年～2023 年で岡崎市は 3.04→3.39、新城市は 2.09→1.85、設楽町は 3.29→2.08 と推移し、大きな変化は見られなかった。これは、新城市、設楽町は出現種、出現本数が減少傾向であることにより多様度指数も低下し、一方、岡崎市は出現本数のみ増加したため微増したものと考えられた。

表-2 各調査地の年度間の類似度
(Jaccard の共通係数)

岡崎	2021	2022	2023
2021		—	—
2022	0.722		—
2023	0.4	0.438	

新城	2021	2022	2023
2021		—	—
2022	0.5		—
2023	0.5	0.667	

設楽	2021	2022	2023
2021		—	—
2022	0.385		—
2023	0.211	0.292	

引用文献

愛知県農林基盤局林務部森林保全課 (2023) 山から街まで緑豊かな愛知をめざして～あいち森と緑づくり事業評価報告書～. 愛知県
土居秀幸・岡村寛 (2011) 生物群集解析のための類似度とその応用: R を使った類似度の算出、グラフ化、検定. 日本生態学会誌 61 : 3-20
井川原弘一・渡邊仁志・横井秀一 (2004) ヒノキ人工林における間伐木の処理方法と土壤浸食量の関係. 中森研 52 : 267-270

伊藤秀三・宮田逸夫 (1977) 群落の種多様性.

(群落の組成と構造. 伊藤秀三編 朝倉書店)
76-111

門屋健・岩下幸平 (2022) 強度間伐における施業効果の評価 (第 1 報). 愛知林セ報 60 : 35-44

清和研二 (2013) 多種共存の森 - 1000 年続く森と林業の恵み. 築地書館

塚本次郎 (1989) 林地斜面における表層物質の移動 (I) 細土の移動. 日林誌 71(12) : 469-480

山本一清 (2008) LIA32 ver. 0.3781. URL :

<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/LIA32/download.html>