

1. 研究背景と目的

本来、森林には水源涵養、土砂流出防止、生物多様性の保全、CO₂の吸収などの機能がある。また、日本の伝統的な風景「里山」は、森林をはじめとする自然環境はこどもの遊びの舞台、市民の憩いの場である。

しかし、日本国内では林業の低迷により森林の管理が充分に行われず、山地では細い木が密集して成育し地下に十分な根を張った大木に覆われた森林が少なくなっている。このような荒廃した森林では、細い根が浅く張っているだけで、木そのものが倒れ易く、斜面表層の地盤の強度も低く斜面のすべり破壊を引き起こしやすいばかりか、水源涵養の機能も果たしていない。そのため、荒廃した森林では豪雨や地震により斜面崩壊を引き起こしやすく、土砂災害の主要な素因の一つとなっている。

また、森林整備を適切に行えば、森林のCO₂吸収量は増え、自然のダムとしての機能も取り戻すことができる。さらに、間伐等によって出た木材を建築材料やバイオマスイエネジーに利用することができれば、林業の復興だけでなく無駄のない循環型社会の形成へつながると考えられる。

本研究委員会は、平成19年度および20年度土木学会中部支部調査研究委員会ワークショップ（委員長：吉村優治）「森林資源を対象にした環境負荷低減型システムの構築に関する研究委員会」¹⁾、および「森林整備および森林資源の有効利用に関する研究委員会」²⁾の成果をさらに発展させ、森林整備と森林資源の有効利用システムを提案し、その一部を実践すること、また、森林整備によって日本の伝統的な風景「里山」の復活を目指しながら、啓発活動を通して、特に小中学生を中心とした一般市民に対して、森林の大切さやエネルギーの大切さ等を伝える地球環境教育を実践することを目的としている。

2. 間伐による森林機能改善調査

2.1 林内の温度調査

森林の林内環境を把握するために、サーモグラフィによる林内の温度調査を行った。表-1に林内の温度を示す。これより、夏季、冬季ともに間伐林は、温度が高くなっている。

また、未間伐林に比べ、間伐林は下草に光が差し込むことも確認できたため、植生の成長が促されると言える。

2.2 土壌の呼吸量調査

森林の土壌は、土壌中に炭素を大量に蓄積している。また、土壌微生物呼吸と根呼吸を合わせた「土壌呼吸」によって、CO₂を大気に放出している³⁾。

森林が持つ機能の生態系保全と、CO₂吸収をさらに詳細に把握するため、葉の二酸化炭素吸収量だけではなく、微生物の呼吸も加味した土壌呼吸量を、土壌呼吸測定装置を使用し調査を行った。また、神海では未間伐林の下草がほとんど確認できなかったため、間伐林の下草あり及び下草なし、未間伐林の下草なしを調査対象とする。

図-1に夏季の土壌呼吸量を示す。これより、土壌呼吸は、未間伐林の下草なしが0.6mmol/m³であるのに対し、間伐林の下草なしが2.6mmol/m³であり、間伐林のほうが活発に行われている。下草によるCO₂吸収量は、下草ありの2.6mmol/m³と下草なしの1.8mmol/m³の差0.8mmol/m³である。

図-2に冬季の土壌呼吸量を示す。これより、土壌呼吸量は、未間伐林の下草なしが0.2mmol/m³であるのに対し、間伐林の下草なしが1.6mmol/m³であり、間伐林のほうが活発に行われている。また、下草によるCO₂吸収量は、下草ありの1.6mmol/m³と下草なしの1.4mmol/m³の差0.2mmol/m³である。

以上の結果より、夏季も冬季も未間伐林より間伐林のほうが、土壌呼吸が活発である。また、夏季と冬季を比較すると、土壌呼吸量も、下草によるCO₂吸収も夏季のほうが活発である。

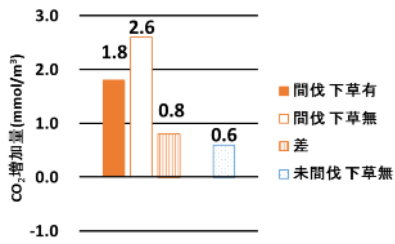


図-1 夏季の土壌呼吸量 (2014.9/9)

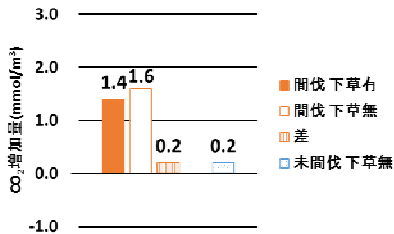


図-2 冬季の土壌呼吸量 (2015.1/13)

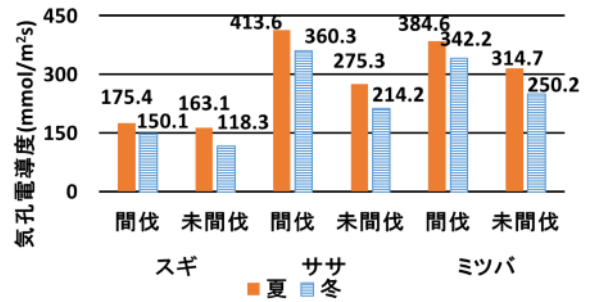


図-3 気孔電導度調査

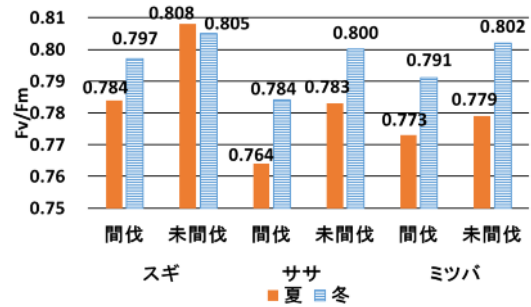


図-4 葉緑素蛍光測定調査

2.3 光合成についての調査

植物の光合成の活発さを調べるために葉緑素蛍光測定調査と葉の気孔電導度調査を夏季は2014年8月29日、冬季は2015年1月13日に行った。

葉の気孔電導度調査は、リーフポロメーターを用いて、気孔を通る水蒸気の通りやすさを測定し、この値が高い程光合成は活発である⁴⁾。

また、葉緑素蛍光測定装置により、植物が光合成に利用できる光エネルギーを十分に得ているかを測定した。植物は、過剰な光に曝されている際に光阻害を起こす。光阻害は光合成最大収率 F_v/F_m で表され、この値が0.8程度を示した際光阻害はなく、0.8よりも小さくなる程光阻害を受けていることになる⁵⁾。

図-3に気孔電導度の結果を示す。全ての植物において気孔電導度の大小は、間伐林>未間伐林、夏季>冬季となっており、夏季の間伐林が最も光合成が活発であることがわかる。

図-4に葉緑素蛍光測定調査の結果を示す。夏季の間伐林、未間伐林(スギを除く)、冬季の間伐林の F_v/F_m は、0.8より低い値を示したことより、植物は光合成のために利用する光を十分に得られている。夏季の未間伐林でササ、ミツバが、0.8よりも低い値を示したのに対し、スギは、0.8程度

表-1 未利用木質破砕材舗装の施工

| 施工月 | 施工場所 | |
|----------|----------------------------------|-------------|
| H22年8月 | ながら川ふれあいの森 (約100m ²) | 岐阜市三田洞日向 |
| H23年7月 | 岐阜高専中庭 (約20m ²) | 本巣市上真桑 |
| H23年7月 | 羽島市運動公園 (約240m ²) | 羽島市正木町大浦 |
| H26年2月 | 羽島市運動公園 (約370m ²) | 羽島市正木町大浦 |
| H26年10月 | 羽島市運動公園 (約280m ²) | 羽島市正木町大浦 |
| H27年3月予定 | 谷汲緑地公園 (約81.1m ²) | 揖斐郡揖斐川町谷汲名札 |

を示したことより、スギの光合成に利用できる光エネルギーが他の植物より高いことを指すと推測できる。

以上の結果より、光合成は夏季、冬季ともに間伐林のほうが光合成は活発であり、植物は光合成に利用できる光を十分に得ている。

3. 未利用木質破砕材舗装の評価

間伐などの森林整備を推進するために、林地残材や間伐により発生した資源を有効利用する方法を確立しなければならない。そこで、林地残材や間伐材などの未利用木質破砕材に水性アスファルトを混合した非加熱・無溶剤タイプの未利用木質破砕材舗装を提案している¹⁾。その施工実績は表-1に示す通りである⁶⁾。

日本道路協会の舗装設計施工指針⁷⁾を参考に、未利用木質破砕材舗装の性能を沈下量、硬さ、歩きやすさ、透水性、温度特性の5つとし、各性能に対する性能指標を得る。その測定方法は水準測量、簡易支持力

測定試験，アンケート調査，路床上の含水比測定，表面温度計測および舗装内の温度計測である。

未利用木質破砕材舗装の性能をアスファルト舗装や木質樹脂舗装と比較するため，岐阜高専中庭を主な評価対象とした。この岐阜高専中庭の各種舗装は，2011年7月に施工され，すでに3年が経過しており，経年変化も確認することができる。

3.1 沈下量

水準測量の結果，未利用木質破砕材舗装の沈下量はアスファルト舗装や木質樹脂舗装とほぼ変わらず，最大でも0.3cm程度であった。さらに，施工後約3年が経過しても変化は少なく，人の歩行などでの沈下の心配はない。

3.2 硬さ

簡易支持力測定試験で舗装の衝撃加速度を得た結果，未利用木質破砕材舗装の衝撃加速度は，アスファルト舗装に比べ低く，木質樹脂舗装やタータンとよばれる陸上競技用のウレタンゴムと同程度の40 m/s²ほどである。また，土のグラウンドや砂利といった路面の衝撃加速度は60 m/s²程度である。

これらから，未利用木質破砕材舗装の硬さはアスファルト舗装に比べ柔らかく，木質樹脂舗装ほぼ変わらず，さらに，ウレタンゴムと同じで土や砂利よりも柔らかい。また，時間の経過に伴う変化もほとんどみられなかったため，施工後約3年が経過しても劣化はない。

3.3 歩きやすさ

未利用木質破砕材舗装の歩きやすさの評価のためアンケートを行い，2011年～2014年の間に4歳～74歳までの合計786人の方から回答を得た。

その結果，図-5のように未利用木質破砕材舗装を最も歩きやすいと回答した人は約6割で，その理由として，図-6のように約7割が柔らかいと感じていた。このことから，未利用木質破砕材舗装はアスファルト舗装や木質樹脂舗装などに比べ，老若男女問わず柔らかく歩きやすいと感じる舗装である。

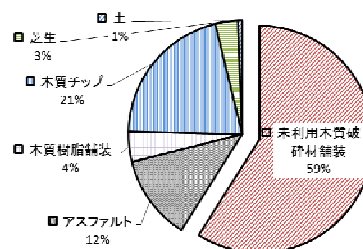


図-5 最も歩きやすい舗装

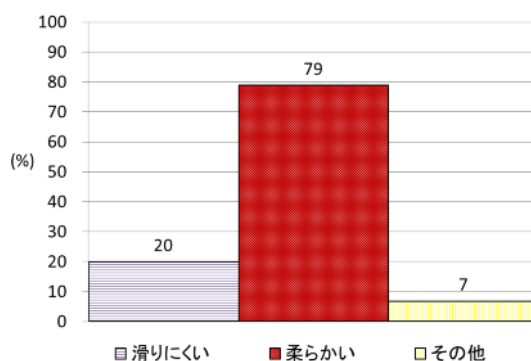


図-6 未利用木質破砕材舗装を選んだ理由

3.4 透水性

未利用木質破砕材舗装の透水性は，表層厚や路盤厚といった舗装の条件が同じで，かつ，路床上に設置された水分計の設置深さも同一な舗装同士を比較した。その結果の代表として示したものが図-7である。これをみると，未利用木質破砕材舗装の含水比はアスファルト舗装に比べ大きく変動があり，木質樹脂舗装と比較してもその変化は激しく，降雨をただちに浸透させていることがわかる。

このことから，未利用木質破砕材舗装はアスファルト舗装や木質樹脂舗装に比べ雨をただちに浸透させる透水性に優れており，施工から時間が経過しても目詰まりなどを起さない。

3.5 温度特性

未利用木質破砕材舗装の温度特性について，夏期には，表面温度はアスファルト舗装や木質樹脂舗装とほぼ同程度であるが，図-8の表層下3cmの温度をみると，一般的なアスファルト舗装に比べ暖かい日中で最大10℃程度，夜間で数℃低く，木質樹脂舗装とはほぼ同程度である。

一方，冬期の未利用木質破砕材舗装の温度特性は，アスファルト舗装に比べ表面温

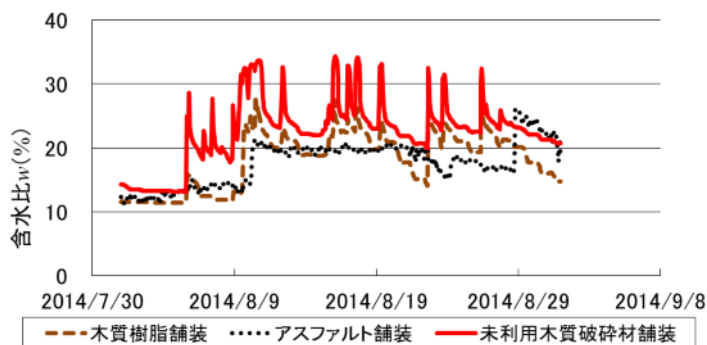


図-7 路床上の含水比測定結果 (2014.8)

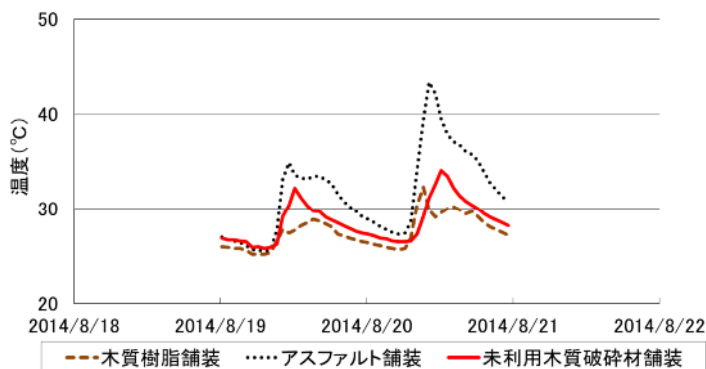


図-8 表層下 3cm の温度計測結果 夏期 (2014.8.19~8.21)

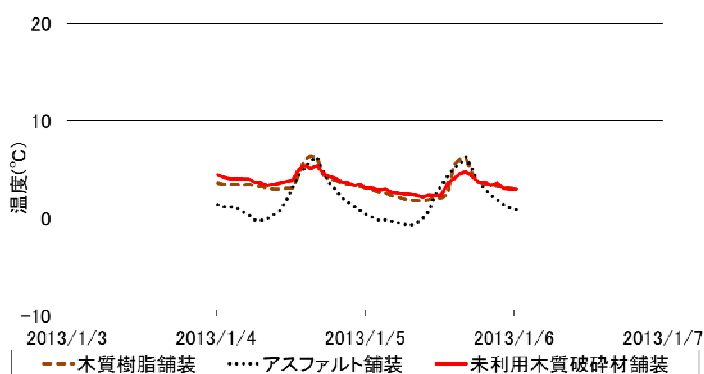


図-9 表層下 3cm の温度計測結果 冬期 (2013.1.4~1.6)

度は高く、図-9の表層下3cmの温度も冷たい夜間において高い。また、木質樹脂舗装と比べると、表面温度・表層下3cmの温度はほぼ同じである。

夏期・冬期の結果から、未利用木質破砕材舗装は、木質樹脂舗装とほぼ同様な温度特性をもち、アスファルト舗装に比べ、夏は表面温度が同程度であるがその熱を地中に伝えにくく、冬は表面温度が高く表層下の温度も高い。

4. 啓発活動

①岐阜高専で平成26年8月7日に開催され

たオープンキャンパスで岐阜高専に興味のある中学生を対象に実施。

②平成26年10月25日(土)、26日(日)に岐阜高専で開催された高専祭で、訪れた一般の方を対象に実施

③平成27年1月27日(火)に糸貫中学校で2年生の生徒を対象に総合学習の授業として実施。

④平成27年1月16日(金)から公共施設にパネルの掲示 (A0サイズ1枚)

- ・岐阜高専図書館センターロビー
- ・真正公民館
- ・真正スポーツセンター

⑤HPを平成27年2月5日に公開

5. むすび

十分ではないが2年間の研究委員会としての成果を得ることができた。今後も調査・啓発を継続する予定である。

参考文献

- 1) 吉村優治：森林資源を対象にした環境負荷低減型システムの構築に関する研究，平成20年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，VII-17 (CD-Rom)，pp.527~528，2009.3/3.
- 2) 吉村優治：森林整備および森林資源の有効利用に関する研究，平成21年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，VII-27 (CD-Rom)，pp.595~596，2010.3/1.
- 3) (独)国立環境研究所地球環境研究センター：土壌呼吸に及ぼす温暖化影響の実験的評価
- 4) 川名明・片岡寛純・他13名：造林学(三訂版)，1章概説，朝倉書店，pp.1~28，2006.
- 5) 佐々木治人：クロロフィル蛍光を用いた光化学系の解析，日本作物学会紀事，78号，pp.284~288，2013.2.
- 6) 裁 康将・吉村優治・遠藤一美・宗宮正和・角田 惇・河村邦：林地残材などの未利用木質破砕材を活用した新しい木質舗装の評価，平成26年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，VI-3 (CD-Rom)，pp.465~466，2015.3/6.
- 7) 日本道路協会：舗装設計施工指針 www.road.or.jp/event/pdf/hosou02.pdf (2014.9.29 閲覧)