

未利用木質破砕材を活用した新しい舗装の特徴とその評価

Features and evaluations of new woody pavements of unused wood crush materials

吉村優治¹, 裁康将², 伊藤啓介³, 臼井秀行⁴, 遠藤一美⁵, 宗宮正和⁶, 角田惇⁷, 河村邦基⁸

- 1 岐阜工業高等専門学校・環境都市工学科・yuji@gifu-nct.ac.jp
- 2 岐阜工業高等専門学校・建設工学専攻1年
- 3 岐阜工業高等専門学校・卒業生（丸栄コンクリート工業株式会社）
- 4 岐阜工業高等専門学校・卒業生（豊橋技術科学大学4年）
- 5 株式会社遠藤造林
- 6 西濃建設株式会社
- 7 株式会社エスウッド
- 8 元・三井住建道路株式会社

概 要

わが国では森林は手入れされないまま放置され、荒廃した状態にあり、森林本来がもつ機能（土砂災害防止、水源涵養、生態系保全、二酸化炭素吸収など）を十分に発揮できていない。それを改善するためには、間伐などの森林整備を行う必要があり、さらには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させることが必要とされている。筆者らはこれまでに、林地残材や間伐材などの未利用木質破砕材を舗装として利用する方法を検討してきた。本論文は、非加熱・無溶剤タイプの水性アスファルトを使用した簡便でシンプルな木質舗装の特徴、施工後のモニタリング結果に基づく評価についてまとめたものである。

キーワード：森林整備，林地残材，間伐材，木質舗装

1. はじめに

わが国では森林は手入れされないまま放置され、荒廃した状態にあり、森林の本来もつ機能（土砂災害防止、水源涵養、生態系保全、二酸化炭素吸収など）を十分に発揮できていない。それを改善するためには、間伐などの森林整備を行う必要があり、さらには、林地残材や間伐により発生した資源を、有効活用する方法を確立させることが必要とされている。

本研究では、林地残材や間伐材などの未利用木質破砕材を舗装として利用する方法を検討してきた。本報では、開発した木質舗装（以後、未利用木質破砕材舗装という）の概要について説明し、試験施工として行った未利用木質破砕材舗装の評価について紹介する。

2. 未利用木質破砕材舗装について

2.1 特徴

未利用木質破砕材舗装の特徴を以下に示す。

- ・ 約3時間で固まる。

- ・ アスファルト舗装を施工する際に発生する臭いが発生しない。
- ・ 常温で施工可能である。

2.2 構成材料

未利用木質破砕材舗装の構成材料は、未利用木質破砕材、水性アスファルト、粉末添加剤、液体添加剤の4つである。

2.3 配合設計¹⁾

未利用木質破砕材は水分を多く含むことが出来るため、未利用木質破砕材舗装の配合設計を行う際に基準となる未利用木質破砕材の含水比 w は45%とした。

表2-1に含水比45%の未利用木質破砕材10kgあたりの配合量を示す。

表2-1 未利用木質破砕材 ($w=45%$) 10kgあたりの配合量

材料名		質量 (kg)
未利用木質破砕材 ($w=45%$)		10
混和材	水性アスファルト	10
	混和剤 (粉末)	2
	混和剤 (液体)	2

2.4 施工手順²⁾

未利用木質破砕材舗装の施工手順を以下に示す。

- (1) 未利用木質破砕材に水性アスファルトを投入し、攪拌する。

- (2) (1)に事前に混合しておいた2つの添加剤を投入し、攪拌する。
- (3) 攪拌、混合した材料を路盤の上に設定した舗装厚の約2倍の厚さに敷きならす。
- (4) 養生シートまたは合板などを敷き、転圧を行う。
- (5) 施工完了。

2.5 施工実績

現在、未利用木質破砕材舗装は以下のように設置されている。

- (1) ながら川ふれあいの森(平成22年8月施工, 約100m²)
- (2) 羽島市運動公園 (平成23年7月施工, 約240m²)
- (3) 岐阜高専中庭(試験フィールド)(平成23年7月施工, 約28m²)

2.6 施工目的

- (1) ながら川ふれあいの森では、路盤の厚さが違っても施工可能であるか確かめるために、舗装下の路盤の厚さが異なる2種類の未利用木質破砕材舗装を設置された。(図2-1参照)
- (2) 羽島市運動公園では、未利用木質破砕材舗装が一般に広く使われているアスファルト舗装の上にそのまま施工可能かどうか確かめるために、舗装下の条件が路盤のもと、アスファルト舗装の2種類が設置された。(図2-2参照)
- (3) 岐阜高専中庭では、未利用木質破砕材舗装下の条件がどのような場合でも施工可能か確かめるために、5種類の舗装下の条件で設置された。また、一般的な舗装との比較のためアスファルト舗装と従来の木質樹脂舗装も設置されている。(図2-3参照)

2.7 モニタリング計器設置状況¹⁾

各施工場所でのモニタリング計器は、赤い丸印が熱電対で、青い三角印が水分計となっている。(図2-1~3参照)

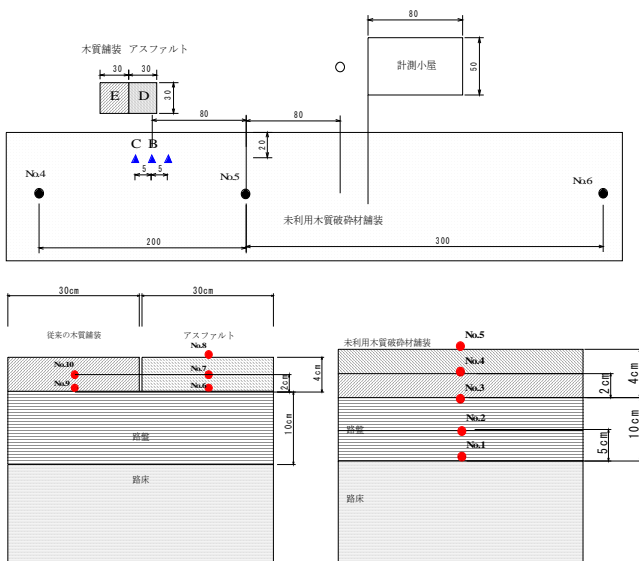


図2-1 ふれあいの森 断面図

3. 未利用木質破砕材舗装の評価について

未利用木質破砕材舗装の性能を評価するために、水準測量、簡易支持力測定試験、体感評価(アンケート調査)、サーモグラフィを用いた表面温度計測、モニタリング計測(熱電対、水分計)を行った。

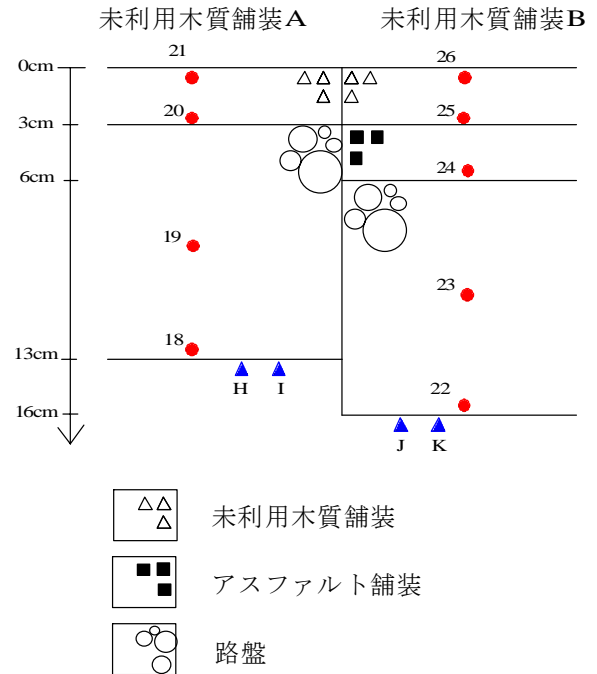


図2-2 羽島市運動公園 断面図

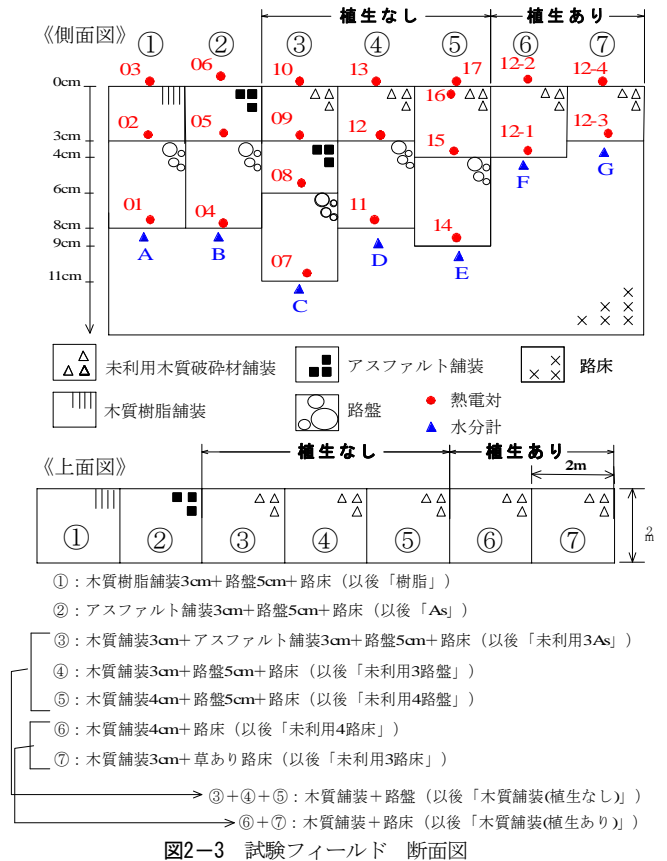


図2-3 試験フィールド 断面図

3.1 沈下量

図3-1は、施工後、最も時間が経過しているながら川ふれあいの森における測点を示したものであり、図3-2はその測点における水準測量の結果を示したものである。

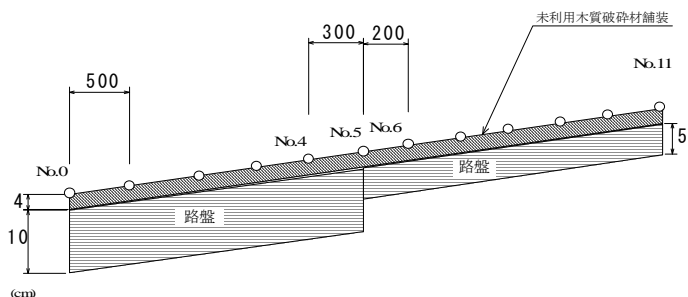


図3-1 ふれあいの森略図

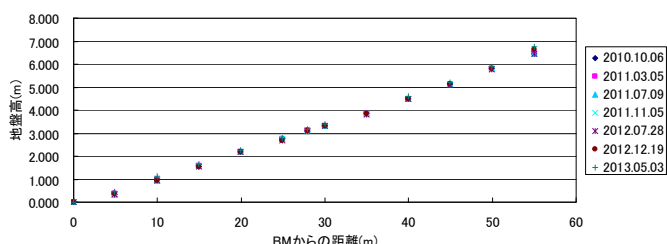


図3-2 水準測量結果 (ふれあいの森)

図3-2をみると、施工から3年が経過しても、ほとんど標高が変わっていないことがわかる。

このことから、未利用木質破砕材舗装は風による剥離や、人の歩行などでの沈下の心配はないといえる。

3.2 強度

図3-3は、試験フィールドにおける簡易支持力測定試験((株)マルイ製キャスポル使用)の結果を示したものである。

図3-3をみると、未利用木質破砕材舗装(測点③~⑦)は一般的なアスファルト舗装(測点②)に比べて約1/4の強度を持っており、従来の木質舗装(測点①)やウレタンゴム(タータン:緑色の線)と同程度の強度を持っていることがわかる。

次に、時間の経過での強度の劣化を確認するために、施工後最も時間が経過している、ながら川ふれあいの森での簡易支持力測定試験の結果を図3-4に示す。

図3-4をみると、季節(舗装の表面温度)によって強度に変化が見られたため、それを確認するために舗装の表面温度とCBR値の関係を図3-5に示した。

図3-5をみると、表面温度によってCBR値が変化していることがわかる。

さらに、図3-6には実証フィールドで計測された、未利用木質破砕材舗装のCBR値と表面温度の関係を示した(2011.7/26~2012.2/15)。なお、2011.12/27と2012.2/15のCBRの測定値は降雨直後で舗装中に水を大量に含んでいたために、その影響を考慮する必要がある。試験フィール

ドにて散水試験を行い、計測値を校正した。図3-6の結果から、未利用木質舗装のCBR値は、経年変化(劣化)によるものではなく、舗装表面の温度変化によるものといえる。

これらのことをふまえ、図3-7にながら川ふれあいの森での簡易支持力測定試験から得られた冬季における晴れの日でのCBR値を示した(測点については図3-1を参照)。

図3-7をみると、未利用木質破砕材舗装は、施工後3年目でもほとんど強度に変化がないことがわかる。このことから、未利用木質破砕材舗装は施工後3年目でも一定の強度を保つといえる。

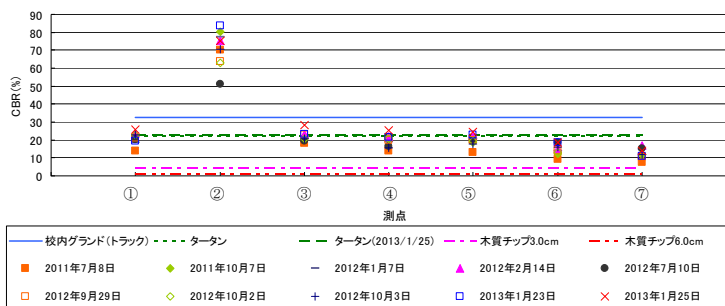


図3-3 簡易支持力測定試験結果 (試験フィールド)

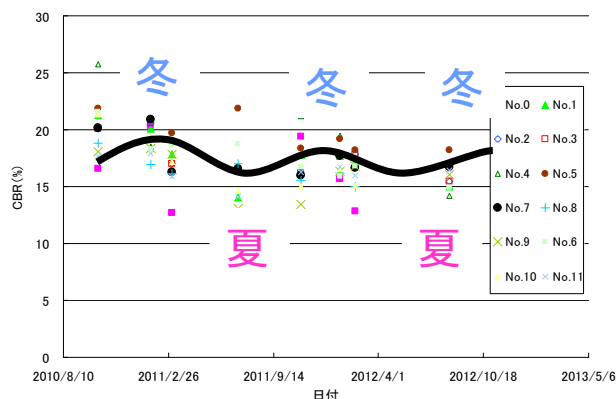


図3-4 簡易支持力測定試験結果 (ながら川ふれあいの森)

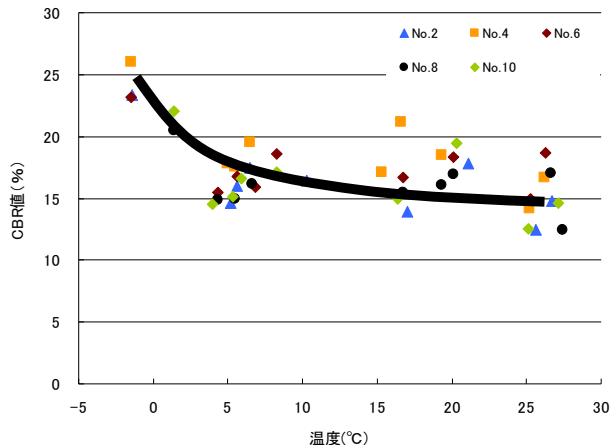


図3-5 CBR値と表面温度の関係 (ながら川ふれあいの森)

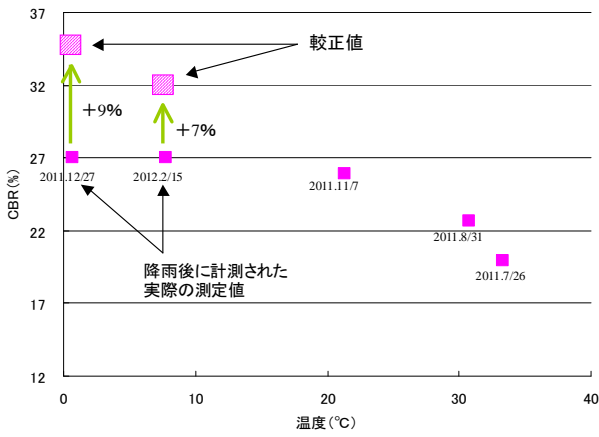


図3-6 CBR値と表面温度の関係(羽島市運動公園)

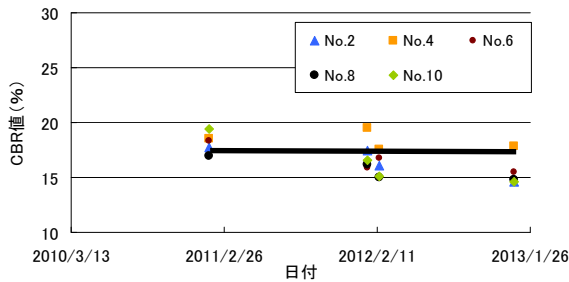


図3-7 冬季 簡易支持力測定試験結果(ながら川ふれあいの森)

3.3 アンケート調査

高専祭(2012年10月27,28日)で14歳~75歳までの一般93人,中学生(糸貫中学校)への授業(2012年10月17,31日)で243人,高専生(岐阜高専環境都市工学第1学年)への授業(2012年1月15日)で41人,合計377人に試験フィールドの各種舗装を歩き比べてもらい「どの舗装が一番歩きやすかったですか?」というアンケート調査を行った。さらに,未利用木質破砕材舗装を選んだ人については,その理由も調査した。アンケート調査を集計した結果を図3-8,図3-9に示す。

図3-8,図3-9をみると,未利用木質破砕材舗装は52%が一番歩きやすいと回答し,その理由として,やわらかいと感じた人が65%を占めている。

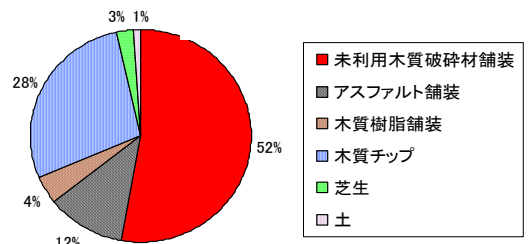
このことから,未利用木質破砕材舗装はアスファルト舗装や従来の木質樹脂舗装,木質チップに比べ歩きやすいといえる。

3.4 水分量

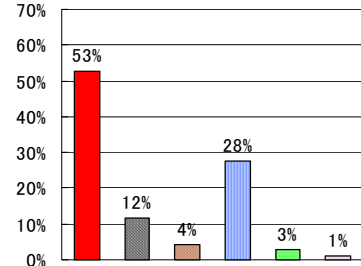
図3-10は水分計による水分量の計測から,2012年8月の試験フィールドの路床上含水比を示したものである(測点については図2-3を参照)。

図3-6をみると,アスファルト舗装(B:アスファルト)や従来の木質樹脂舗装(A:樹脂舗装)に比べ未利用木質破砕材舗装(D:未利用木質破砕材舗装)の変動が大きいことがわかる。

このことから,未利用木質破砕材舗装は降雨をただちに浸透させているといえ,アスファルト舗装や従来の木質樹脂舗装に比べ透水性が高いといえる。

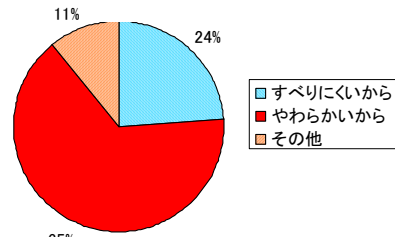


(a) 総票数の割合

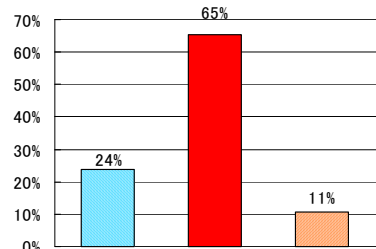


(b) 回答者数の割合

図3-8 どの舗装が一番歩きやすかったですか?



(a) 総票数の割合



(b) 回答者数の割合

図3-9 未利用木質破砕材舗装を選んだ理由

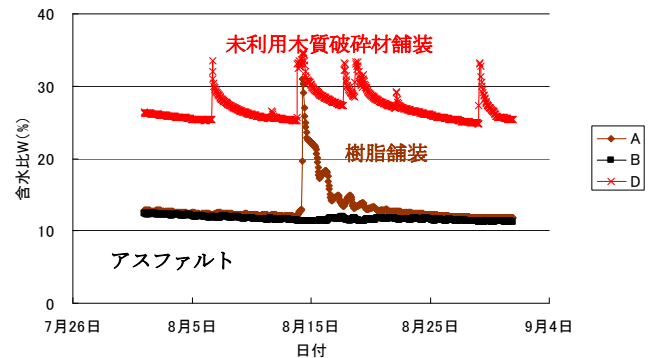


図3-10 路床上含水比(2012.8)

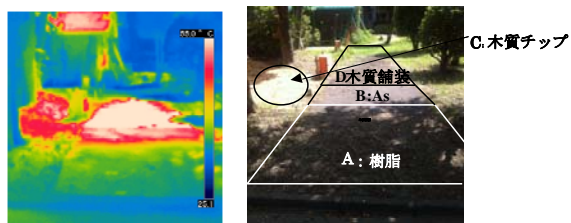
3.5 温度

図3-11 (a), (b) は2012年8月25日の10:00に試験フィールドで撮影されたサーモグラフィを用いた表面温度計測の画像であり、図(c)はそれを数値化したものである。ただし、表面温度は日照条件の違いにより大きく差が生じるため、図(b)をみるとわかるようにA:の樹脂舗装が日陰になっていることから、考察からは除外している。

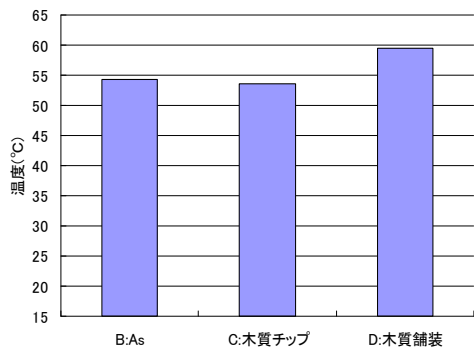
図3-7をみてわかるように、夏季に未利用木質破砕材舗装の表面温度はアスファルト舗装と同程度かそれ以上になるといえる。

この表面温度をふまえ、断熱性を確かめるために、図3-12に試験フィールドの熱電対による地中3cm温度の2012年8月24~8月26日の3日間の結果を示した(測点については図3-1 bを参照)。

図3-12をみると、木質舗装(No.2:樹脂舗装, No.12:未利用木質破砕材舗装)の地中3cm温度はアスファルト舗装(No.5:アスファルト)より低くなっていることがわかる。



(a) サーモグラフィ画像 (b) 写真(試験フィールド)



(c) 表面温度

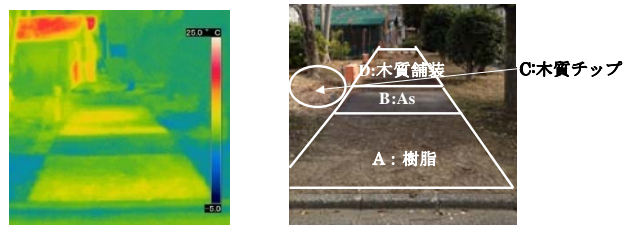
図3-11 夏季 試験フィールドでのサーモグラフィを用いた表面温度計測 (2012.8/25撮影)

夏季と同様に、試験フィールドでの評価を冬季についても行った結果を図3-13, 図3-14に示す。

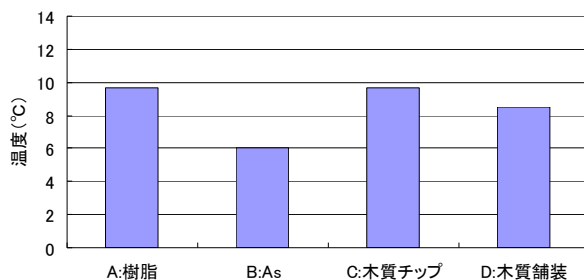
図3-13は、2013年1月23日の12:00に試験フィールドで撮影されたサーモグラフィを用いた表面温度計測の結果であり、図3-14は、試験フィールドの熱電対による地中3cm温度の2013年1月4~1月6日の3日間の結果である。

図3-13をみてわかるように、冬季に未利用木質破砕材舗装を含む木質舗装の表面温度は、アスファルト舗装より高くなるといえる。さらに、図3-14をみると木質舗装(No.2:樹脂舗装, No.12:未利用木質破砕材舗装)の地中3cm温度は、アスファルト舗装(No.5:アスファルト)より高くなっていることがわかる。

これらのことから、未利用木質破砕材舗装は夏季には熱を地中に伝えにくく、冬季には地中の熱を逃がしにくいという性能があるといえる。



(a) サーモグラフィ画像 (b) 写真(試験フィールド)



(c) 表面温度

図3-13 冬季 試験フィールドでのサーモグラフィを用いた表面温度計測 (2013.1/23撮影)

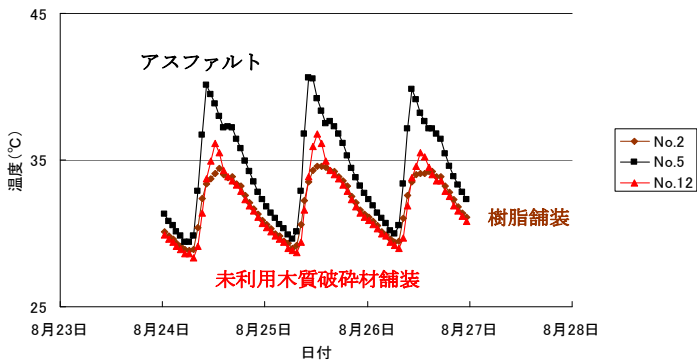


図3-12 夏季 試験フィールドでの地中3cm温度 (2012.8/24~8/26)

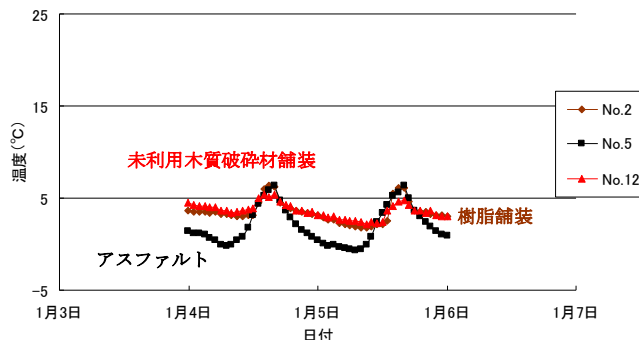


図3-14 冬季 試験フィールドでの地中3cm温度 (2013.1/4~1/6)

4. おわりに

森林の本来もつ機能（土砂災害防止，水源涵養，生態系保全，二酸化炭素吸収など）を十分に発揮させるために，間伐などの森林整備を行う必要があるが，それにより発生した間伐材などの資源を有効活用する方法は，大きいものや形の良いものに限られており，ほとんどは焼却処分や林地残材として山に放置されている．したがって，この未利用木質破砕材（林地残材や間伐により発生した資源）を有効活用する方法を確立すれば，森林整備が進み，森林の機能を十分に発揮させることができる．

本研究では，未利用木質破砕材を有効活用する方法として，非加熱・無溶剤タイプの水性アスファルトを用いた木質舗装を施工し，評価を行った．

その結果，未利用木質破砕材舗装は一般の歩道や公園，病院，福祉センター，林間などに設置する遊歩道への利用

において十分な性能を発揮でき，未利用木質破砕材の新たな利用方法になると考えられる．さらには，断熱効果があるために夏季には温暖化防止，冬季には凍上抑制の手段としても利用できる可能性がある．

ただし，今後もモニタリング調査を継続することで，舗装の劣化状況を把握する必要がある．

参 考 文 献

- 1) 宗宮正和・吉村優治・河村邦基・角田惇：「ぎふ証明材（林地残材）を活用した新しい木質舗装技術の開発」成果概要，平成23年度岐阜県・地域材利用開発プロジェクト支援加速化事業成果概要，2012.2/20.
- 2) 吉村優治・裁康将・遠藤一美・宗宮正和・河村邦基・角田惇：未利用木質破砕材を活用した新しい木質舗装技術の開発とその施工，第22回調査・設計・施工技術報告会，地盤工学会中部支部・中部建設業協会・建設コンサルタンツ協会中部支部，2013.6.