

ウッドピッチを添加した
再生アスファルト舗装材の研究開発

～産学官共同研究報告書～

平成 23 年 3 月

(財)福井県建設技術公社

発刊にあたって

(財) 福井県建設技術公社は、県および市町の建設技術向上と良質な社会資本の整備に寄与することを目的として、各種の公益事業を実施しています。

産学官共同研究支援事業は、産学官が対等の立場で取組む技術研究開発を推進するために、研究経費を補助すると共に、研究成果を報告書として製本し、関係機関に配布して新技術の普及を図るものです。

さて、1988年に「気候変動に関する政府間パネル」が設立され、1997年には京都議定書が議決され、21世紀に入ると地球温暖化という言葉が広く定着しましたが、我が国は温室効果ガス排出量削減に苦戦を強いられています。また我が国の食料自給率(カロリーベース)は40%、エネルギー自給率は4%と、先進諸外国に比べて低いものとなっております。

そこで本共同研究は、持続可能で資源循環型の社会の構築の一助となるよう、平成20年度から22年度までの3カ年にわたって行われたものです。その内容は、木質バイオマスガス化発電の過程で排出される残渣物が、石油由来のタールに性状が似ていることに着目し、再生アスファルトの添加剤やストレートアスファルトの代替品として製品化が可能であることが確認できました。今後、従来廃棄物として処分されていたものに有効活用する道を拓き、石油資源の節約と共に、植樹→間伐→伐採という資源循環のモデルの一つとして、広く活用されることを願っています。

本報告書はこのような研究成果をまとめたものであり、アスファルト舗装設計施工の一助としていただければ幸いです。

最後にこの共同研究にご協力いただいた方々に、深く感謝申し上げます。

平成23年3月

財団法人 福井県建設技術公社
理事長 名津井 学

まえがき

本報告書は、平成 20, 21, 22 年度の 3 カ年間、財団法人福井県建設技術公社の主管と助成の下で、前田道路株式会社、福井県雪対策・建設技術研究所、福井県丹南土木事務所、福井工業高等専門学校との 4 機関の研究者・実務担当者が連携して、継続的に実施してきた産官学の次の共同研究の内容とその成果について報告するものである。

『木タール（ウッドピッチ）を添加した再生アスファルト舗装材の研究開発』

但し、本共同研究の活動は、その全てが平成 20 年度に一旦に始まったわけではない。この研究活動は、最終目標を資源循環型の持続可能な地域の実現として、持続可能で循環型の舗装材料の開発を目指す地道な活動の一環として行われたものである。

本研究の起点は平成 18 年、「木質バイオマス：木（植物系）タール」の道路舗装材あるいは道路舗装添加材としての可能性への関心を共有する次の 4 者の出会いにある。

福井高専：武井幸久　福井県：坂田正宏・三田村文寛　前田道路(株)：藤井弘

その出会いを契機に、各機関の研究者や実務担当者を協力者として、相互に連携し、長期的な展望の下で、多様な観点から実践的な研究を進めてきたわけである。特に、石油資源の枯渇に伴う舗装の代替材の開発と、地球温暖化効果の緩和に貢献しうる道路舗装の新技术の開発が当面の目標であった。そして、本研究が本報告書の成果に至った前提として、まず、次の御二人の御支援に負うところが大きい点を明記したい。

福井県小浜市竹炭生産組合　鳥羽 曙組合長（木質炭化学会会員）

秋田県立大学地域連携・研究推進センター　谷田貝 光克教授（木質炭化学会会長）

この御二人には懇切かつ適切な御助言と御指導を賜り、ここに名を記し、深甚なる謝意を表したい。御二人を初め御世話になった方は数多く、全員の御名前を上げさせていただくことはできないが、ここに、各位に対して心より感謝の意をお伝えしたい。

また、本共同研究に関しては後二つ強調したい点がある。最初は研究活動に先だち前述の 4 者が合意し、「木タール」に関する既往の実験的な取り組みや相互の検討に基づいて、それぞれの熱き想いを次の特許出願として結実させていたことである。

出願番号 特願2008-82620 (P2008-82620)

出願日 平成20(2008)年3月27日

発明の名称 舗装用アスファルト組成物, 舗装用アスファルト混合物及びアスファルト舗装方法

公開日 平成21(2009)年10月15日 (2009.10.15)

本申請日 平成23(2011)年2月16日 (2011.02.16)

もう一つは, 同じく, 次の成果発表の原稿を既に提出していたということである.

「木タールの舗装材料への適用研究」木質炭化学会第6回研究発表会講演要旨集

しかも, 平成20年6月の研究発表会の発表では優秀発表賞の榮譽を受けている.

こうして, 本研究は幸先のよいスタートを切り, 順調に進捗することとなった.

一方, 福井県建設技術公社の助成により, 本研究は開始早々, 各機関の有力なメンバーを新たに加え, **表0.1**の役割分担を決め, 相互に調整をはかりながら遂行した.

表0.1 本共同研究の連携機関と構成メンバー, 並びに担当する研究テーマ

区分	氏名	所属・職名	担当する研究テーマもしくは分担
産	藤井 弘 福満 雅之 奥村 武 久野 宏	前田道路株式会社 福井合材工場 工場長 関西支店 技術部部长 中国支店 技術部副部长 本社 第二営業部 部長	・木タール(ウッドピッチ)の舗装再生材への適用に関する試験・検討 ・試験施工のデータ計測 ・配合設計方法に係る性状試験・検討 ・舗装材の性能実証に係る必要性状の選定及び試験 ・舗装材の性能試験
官	三田村文寛 坂田 正宏	福井県 雪対策・建設技術研究所 主任研究員 丹南土木事務所 主任	・配合設計方法の妥当性の評価 ・舗装材の性能評価 ・試験施工における施工性等の評価 ・舗装材の必要性能の選定 ・コスト縮減効果の評価
学	武井 幸久 小泉 貞之	福井工業高等専門学校 環境都市工学科 教授 物質工学科 教授	・木タール(ウッドピッチ)の種類と物性・性状に関する分析・比較分析とデータ整理, 関連資料の収集整理 ・木タール(ウッドピッチ)の舗装再生材への適用に関する環境評価及び量的な算定 ・舗装材の二酸化炭素排出縮減量算定 ・本舗装材の活用を踏まえた道路舗装の総合的な維持管理システム
事務局	山木 忠嘉 時岡 重典	福井県建設技術公社 業務課 主任 業務課 主事	・木タール(ウッドピッチ)に関する研究打ち合せ・検討会議の設定及び事務処理 ・共同研究事業全体の調整・運用

(注意): 各人の所属は平成23(2011)年3月1日現在のものを示した.

その成果は各種学会での発表を経てオーソライズし、着実に実績を積み上げてきた。

まず平成 20 年度には、研究活動と並行して実験施工を行い、その有効性を実証し、福井県坂井・福井地域の限定で、「木タール」が再生舗装添加材の位置づけを得られた。

平成 21 年度には、関係者が「木タール」の製品名を“ウッドピッチ；woody pitch”とすることで合意し、以後、ウッドピッチの名称を用いることをとり決めた。そしてウッドピッチの舗装添加材としての有効性の実証、その物性や性状の明確化、ウッドピッチとストレート・アスファルトとの物性や性能に関する比較検討、他の利用促進策に関する議論と併せて、「ウッドピッチ」の安定供給システムに関する検討も進めた。

平成 22 年度には、「ウッドピッチ」を舗装添加材の位置づけから舗装材（アスファルトの代替材）としての位置づけへと上向させるための実験をも付加し、舗装の施工・維持管理・更新のために安定供給できる自給自足（自産自消）的な材料として再提起するための準備を整える。さらに強調すべきは、本研究の期間に、「ウッドピッチ」の有効性に関する評価が徐々に高まり、その施工実績も拡大しているということである。

本報告書では、最終的な総括として“back-casting”の考え方に基づく将来のあるべき地域の目標像の設定が重要であるとの合意に即して、木質バイオマスに基づいた「持続可能性」を担保する地域の在り方についての検討結果にも触れることにした。

用語の定義と説明

アスファルト

天然または石油の蒸留残渣として得られる瀝青を主成分とする半固体あるいは固体の粘着性物質。

アスファルト混合物(アスファルトコンクリート)

粗骨材，細骨材，フィラーおよびアスファルトを所定の割合で混合した材料。道路ではアスファルト舗装の表層あるいは表・基層などに用いる。アスファルトおよび骨材を加熱してつくる加熱アスファルト混合物と常温で使用する常温アスファルト混合物があるが，本報告書では加熱アスファルト混合物を示す。

アスファルト安定処理

瀝青安定処理路盤材料のうち，特にアスファルトを結合材として用いた安定処理をい，常温安定処理路盤材料と加熱安定処理路盤材料があるが，本報告書では加熱安定処理路盤材料を示す。

ウッドピッチ

木酢液製造や木質バイオマスのガス化・発電の過程で残渣物として排出される瀝青物質(木タール)のこと。

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物

ウッドピッチを再生用添加剤として用いた再生アスファルト混合物を示す。

ウッドピッチ添加再生安定処理

ウッドピッチを再生用添加剤として用いた再生アスファルト安定処理を示す。

疑似再生アスファルト混合物

本報告書では，ウッドピッチを再生用添加剤として用いたアスファルト混合物の物性をストレートアスファルト混合物と比較を行うために，再生アスファルト混合物における再生骨材の物性のばらつきを取り除くために旧アスファルトの代わりに針入度 20～40(1/10 mm)のストレートアスファルトを用いて，ウッドピッチまたは再生用添加剤により設計針入度 70(1/10 mm)に調整したアスファルト混合物を示す。

旧アスファルト

アスファルトコンクリート再生骨材に含まれているアスファルトをいう。

現場配合

アスファルト混合物を製造する際，室内試験で設計した配合のアスファルト混合物になるよう，製造現場における材料の軽量方法や，材料の状態に応じて定める配合。アス

ファルト混合物の場合は前者で、バッチ式プラントにおけるホットビン配合、連続式プラントにおける各材料の流量設定を指す。

再生アスファルト

旧アスファルトに、新アスファルトおよび再生用添加剤を単独または組み合わせて添加調整したアスファルトをいう。

再生アスファルト安定処理

アスファルトコンクリート再生骨材に、必要に応じて再生用添加剤、新アスファルトや新しい骨材を加えて製造したアスファルト安定処理をいう。

再生アスファルト混合物

アスファルトコンクリート再生骨材に、必要に応じて再生用添加剤、新アスファルトや新しい骨材を加えて製造したアスファルト混合物をいう。

細骨材

10 mmふるいを全部通り、5 mmふるいに85%以上通過する砂や石を細かく砕いたもの。通常、アスファルト舗装材の質量の70%程度を占める。

再生骨材

舗装の補修工事で発生するアスファルトコンクリート発生材やセメントコンクリート発生材、路盤発生材を必要に応じて破碎、分級した骨材。それぞれアスファルトコンクリート再生骨材、セメントコンクリート再生骨材、路盤再生骨材という。本報告書ではアスファルトコンクリート再生骨材を示す。

再生骨材配合率

再生アスファルト混合物の全骨材のうち、再生骨材の占める割合を乾燥質量百分率で表わした値をいう。

再生用添加剤

再生アスファルト混合物を製造する際、または、路上表層再生工法の際に、旧アスファルトの針入度などの性状を回復させる目的で添加する材料をいう。これは新アスファルトには含まない。

試験練り

アスファルト合材工場で試験的にアスファルト混合物の製造を行うことをいう。

新アスファルト

再生アスファルト混合物を製造する際に、新たに用いるアスファルトをいう。

新アスファルト混合物

本報告書では新アスファルトと新しい骨材を加熱して、混合し、製造したアスファルト混合物を示す。

新骨材

本報告書では新しい骨材を示す。

新材料

本報告書では新しい材料を示す。

ストレートアスファルト

原油のアスファルト分を、なるべく熱による変化を起こさないで蒸留により取りだしたもの。本報告書ではウッドピッチ添加アスファルトに対照して用いる。

粗骨材

5 mmふるいに質量で85%以上とどまる石や砂。
通常アスファルト舗装材の質量の20%程度を占める。

フィラー

75 μ m ふるいを通過する鉱物質粉末。通常、石灰岩、火成岩を粉末にしたもの。アスファルト舗装材の質量の3%程度を占め、アスファルトの見かけの粘度を高め、かつ骨材として混合物の空隙を充てんするために用いる。

ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発

目 次

発刊にあたって	山木
まえがき	武井
用語の定義と説明	三田村
第1章 序論	
1.1 研究の背景	武井
1.2 地域の目標像と研究の目的	武井
1.3 報告書の構成と内容	武井
参考文献	武井
第2章 ウッドピッチの性質と再生用添加剤としての適用性	
2.1 概説	福満
2.2 ウッドピッチの生成過程	福満
2.3 ウッドピッチの成分分析	小泉
2.3.1 ウッドピッチの溶解性の検討	小泉
2.3.2 ウッドピッチの含有成分のガスクロマトグラフ質量分析	小泉
2.3.2.1 ウッドピッチのアセトン抽出法による分析結果	小泉
2.3.2.2 ウッドピッチのエタノール抽出法による分析結果	小泉
2.3.2.3 ウッドピッチのヘキサン抽出法による分析結果	小泉
2.3.3 GC/MSによる定量法	小泉
2.4 ウッドピッチの光照射による劣化度測定	小泉
2.5 ウッドピッチの組成分析	小泉
2.5.1 乾燥減量試験	小泉
2.5.2 組成分析	小泉
2.6 変異原性試験によるウッドピッチの毒性試験	小泉
2.6.1 Ames試験	小泉
2.6.2 短期変異原性試験 umuーテスト	小泉
2.6.3 ウッドピッチに対する変異原性試験 umuーテスト	小泉
2.7 土壌汚染防止法の環境基準への適合	福満
2.8 ウッドピッチの再生用添加剤への適用性	福満
2.9 まとめ	福満
参考文献	福満
第3章 室内試験による配合設計	
3.1 概説	三田村
3.2 検討・評価方法	三田村

3.3	マーシャル安定度試験の供試体作製時の混合温度と締固め温度	三田村
3.4	配合設計方法の検討	三田村
3.4.1	設計針入度の調整	三田村
3.4.2	設計アスファルト量の決定	三田村
3.5	ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の物性	三田村
3.6	まとめ	三田村
	参考文献	三田村

第4章 現場配合・試験練りによる配合設計結果の確認

4.1	概説	藤井
4.2	ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の製造設備	藤井
4.3	現場配合	藤井
4.4	試験練り	藤井
4.5	まとめ	藤井
	参考文献	藤井

第5章 施工性の確認

5.1	概説	藤井
5.2	締固め度	藤井
5.3	まとめ	藤井
	参考文献	藤井

第6章 性能確認

6.1	概説	福満
6.2	疲労破壊抵抗性	福満
6.3	塑性変形抵抗性	福満
6.4	平坦性	福満
6.5	車両走行の安全性に関する性能（すべり抵抗性）	福満
6.6	まとめ	福満
	参考文献	福満

第7章 ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の効果

7.1	概説	坂田
7.2	経済性	坂田
7.3	二酸化炭素排出量	坂田
7.4	まとめ	坂田
	参考文献	坂田

第8章 結論

8.1	研究の内容	福満
-----	-------	----

8.2 研究で得られた結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・福満

第9章 課題と将来の展望

9.1 ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の研究課題・・・・・・・・三田村

9.2 ウッドピッチ利用に関連した資源循環型社会の推進・・・・・・・・武井・坂田

参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・武井・坂田

資料編

資料1 エタノールによるウッドピッチ抽出成分・・・・・・・・小泉

資料2 ヘキサンによるウッドピッチ抽出成分・・・・・・・・小泉

資料3 配合設計書・・・・・・・・三田村

資料4 試験練り結果報告書・・・・・・・・藤井

資料5 性能試験データ・・・・・・・・福満

資料6 二酸化炭素削減量・・・・・・・・坂田

資料7 成果発表の論文集

論文① 「植物系タールを用いた舗装材料の研究」・・・・・・・・坂田

論文② 「木タールの舗装材料への適用研究」・・・・・・・・坂田

論文③ 「道路アスファルト舗装材への木タール適用の研究」・・・・・・・・坂田

論文④ 「木タールを添加した道路のアスファルト舗装材の実証実験」・・・・・・・・坂田

論文⑤ 「木タールを用いた再生舗装材の実用化と社会的展望」・・・・・・・・福満

資料8 新聞記事・・・・・・・・三田村

資料9 検討会議事録・・・・・・・・山木・時岡

第1章 序論

1.1 研究の背景

近年、我が国でも、資源循環型で持続可能 (sustainable) な国土や地域の在り方を考え、具現化させようとする動きがようやく表面化し始めている。平成 4(1992)年にアジェンダ 21 が提示され、平成 9(1997)年には京都議定書が取り交わされ、議定書批准国の我が国は平成 10(1998)年、「地球温暖化対策推進大綱」をまとめ、「地球温暖化対策の推進に関する法律」を制定して、地球温暖化防止対策に関する国、自治体、事業者及び国民の責務を明らかにし、対策の基本方針を定めた。

この共同研究の開始時期 (平成 20(2008)年) は、京都議定書が定めた第一約束期間 (平成 20(2008)～24(2012)年) の最初の年である。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第4次報告の科学的評価と結論を受けとめ、地球温暖化気体の排出量削減などの地球温暖化防止の対策を、産官学民が一丸となって展開すべき時期であった。この年には、京都議定書以後の地球温暖化防止のための新たな取り組みについて審議する「洞爺湖サミット」も開催された。土木学会のその年の全国大会の討論会でも、地球温暖化防止対策が議論された。かくして土木業界にも、地球温暖化気体の排出量の削減が大きな圧力として重くのしかかっていくことになる。化石燃料の大量消費に陰りが見え、食糧生産でもバイオ燃料との相克が顕著化して、食糧や資源の自給自足 (自産自消) 体制や循環型地域社会の在り方を問う声が一般化した最初の年と言える。

一方、自然の再生や温暖化防止を目標とする「美しい森林づくり推進国民運動」が本格化し、福井県では翌年の平成 21(2009)年 6 月に、「国民植樹祭」が開催された。いわば石油文明 (化石エネルギー偏重主義) の陰りと樹木文明 (太陽エネルギー重視主義) の再生とが交錯し、地球温暖化防止活動と緑化活動との結びつきを明確にすることを通し、今後、どのような地域活動を展開すべきかを真剣に議論し、その成果を実践活動へと結び付けていくべき一大転機が訪れていたわけである。

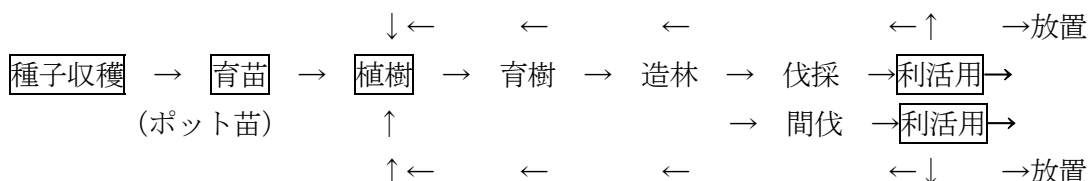
本共同研究の原点は、そのような時期に先立つ平成 18(2006)～19(2007)年における木質バイオマス植物系タール (通称木タール：ウッドピッチ；woody pitch) の舗装材・舗装添加材としての可能性への関心を共有する次の4者の出会いと実践的交流にある。

福井高専：武井幸久　福井県：坂田正宏・三田村文寛　前田道路(株)：藤井 弘

このうち武井と坂田は平成 12(2000)年頃から自然再生事業に取り組み、(財)国際生態学センター (現 (財)地球環境戦略研究機関 国際生態学センター) との強い連携関係の下で、宮脇昭センター長 (横浜国立大学名誉教授) が提唱して自ら実践されている「潜在自然植生：potential natural vegetation」の考え方に基づく緑化を実践してきた。特に、平成 14(2002)年に開始した鯖江市河和田地区での里地河川自然再生事業では、山地を含む流域全体の自然再生に関する目標像を掲げ、原生植生図と潜在自然植生図を作成し、潜在自然植生の再生を段階的に実践していく手続きと体制を整えた。

しかし、その活動は平成 16(2004)年 7 月の豪雨災害で中断する。この災害を契機に、災害により荒廃した山地がスギやヒノキの単層林へと一元化されている様態の危険性をも強く実感することになる。その結果、スギやヒノキの間伐材の活用は勿論として、循環型の木質バイオマスの包括的で継続的な利活用を目指す手続きの必要性が課題に上ることにな

る。特に、河和田地区で中断していた事業の再開を前に平成 18(2008)年、次の循環型の植樹・造林の手続きを構想し、その具体化に取り組み始めた¹⁾。



この活動は河和田小学校での実践を経て、鯖江市内全 12 小学校に拡大している。

そして活動の核となる組織として次の任意団体を鯖江市で立ちあげている。

越の郷地球環境会議（準備会：平成 19(2007)年 10 月・設立：平成 20(2008)年 5 月）

この団体は環境関連の市民団体、森林組合、農協、商工会議所、自治体さらに環境への関心の強い個人により構成されており、国から地球温暖化防止対策地域協議会としての認定を受けている。主な活動としては、鯖江市内全 12 小学校が取り組んでいる次の育苗・植樹活動に関する指導と支援、独自の育苗と植樹活動の展開²⁾である。

収穫祭：3 年生 → 収穫祭：4 年生 → 育苗：4～6 年生 → 6 年生：植樹祭

種子収穫 → ポット苗作成 → ポット苗育苗 → 植樹

平成 23(2011)年には、小学校での取り組みの第一期生が 6 年生に進級し、鯖江市の大谷公園を中心に第一回植樹祭（10 月 12 日）を挙行する予定である。この動きは、先述の手続きに即して切り出される樹木の全ての部分を利活用するという持続可能な循環型の地域構想を前提としている。つまり、樹木や竹を小物、家具や建設材料などとして活用した後、あるいはそうした活用と並行し、木質バイオマス・ガス化により発電や炭化などの事業に利用する。その際に発生する廃棄物とされている木タールをポスト・アスファルトの舗装材あるいは舗装材の添加材、ウッドピッチとして利活用する。このことについての検討が本共同研究に参画する大前提となった。

次に、三田村は福井県雪対策・建設技術研究所に在籍する主任研究員であり、建設技術一般に関する研究開発に携わってきた。近年は、各種路盤、道路舗装技術や舗装材料、舗装材の添加剤（パラフィンなど）に関する技術開発を行い、土木材料の機能や性能、経済性などの観点から数々の開発行為に寄与している。特に、舗装材としてのアスファルトは石油起源の材料であり、将来における石油資源の枯渇化に伴う舗装材の供給には強い関心を持っていた。そこで、木タール（ウッドピッチ）のアスファルトに代わる舗装材あるいは再生用添加剤としての可能性に注目し、そうした材料としての有効性を検証する本共同研究の企画と遂行の中心的な立場に立った。

続いて藤井は前田道路㈱の社員、つまり実業として道路舗装工事の請負や舗装材の供給業務を行っており、資源の再利用や再生アスファルトによる道路舗装に携わり、資源問題や技術開発、施工コストの削減や地球温暖化気体の排出量削減などには強い関心を持たざるをえない立場に立っていた。かくして、木タール（ウッドピッチ）の可能性には逸早く注目し、再生アスファルトによる舗装の再生用添加剤としての有効性を考え、実際施工における配合設計や施工方法などの企画を担当した。そして既に、前田道路㈱関西支店におけるウッドピッチ事業の立ち上げへと導いている。

以上の4者の関心は、実験的な取り組みや相互の検討を経て、福井県と前田道路㈱、越の郷地球環境会議理事長の武井の三者が共同する形で、次の特許出願にこぎつけた。

出願番号 特願 2008-82620

出願日 平成 20 (2008) 年 3 月 27 日

発明の名称 舗装用アスファルト組成物, 舗装用アスファルト混合物及びアスファルト舗装方法

公開日 平成 21 (2009) 年 10 月 15 日

審査請求日 平成 23 (2011) 年 2 月 16 日

この出願は、既に審査請求の手続きを終え、具体的な審査の段階へと進んでいる。

本共同研究は、この特許出願と並行して、福井県建設技術公社を事務局として平成 20 年度に開始された。研究の開始に当たっては、ウッドピッチの物性や性状の化学的な分析・比較分析を担当する分析化学のエキスパートとして次の研究者が加わった。

福井工業高等専門学校 物質工学科教授 小泉貞之

併せて、舗装材あるいは舗装材添加剤の有効性に関する専門的な分析を担当するという名目で、前田道路㈱の技術部門や技術研究機関が参画することになり、その代表として、次の技術者が名を連ねることになった。

前田道路㈱関西支店 技術部 課長 奥村 武 (後任 部長 福満 雅之)

前田道路㈱本社 第二営業部 部長 久野 宏

さらに、本研究が恵まれたスタートを切ることができた背景には、木質炭化学会という存在と次の二人の絶大なる協力・支援があったことも明記しておくべきである。

福井県小浜市竹炭生産組合 鳥羽 曙組合長 (木質炭化学会会員)

秋田県立大学地域連携・研究推進センター 谷田貝 光克教授 (木質炭化学会会長)

特に、鳥羽氏は、木質バイオマス・ガス化の過程で廃棄物扱いされていた木タール (ウッドピッチ) の活用という我々の試みに大きな期待を寄せ、木質炭化学会の会員など関係者との交流機会を設けて下さった。谷田貝教授とのつながりも鳥羽氏の仲介であり、この二人が、今回の共同研究の開始に当り、研究の方向性について研究発表することを奨め、次の研究報告を発表する機会を与えて下さった。

木タールの舗装材料への適用研究：木質炭化学会第 6 回研究発表会講演要旨集³⁾

その結果、発表会場では、この研究発表が好意的というよりもむしろ歓迎といった評価を受け、優秀発表賞の栄誉を得る位置へと導かれた。また同様の内容を精査した次の研究報告は、査読付論文として木質炭化学会誌に掲載されるという栄誉を得た。

道路のアスファルト舗装材への木タールの適用：木質炭化学会誌 Vol. 5 No.1⁴⁾

こうして、次に概要を示す本共同研究は、最高の出発を果たすことができた。

事業名	木タール (ウッドピッチ: woody pitch) を添加した再生アスファルト舗装材の研究開発 (平成 20 年度, 21 年度, 22 年度)
事業概要	本共同研究は、カーボン材料や木酢液の製造、木質バイオマスのガス化また木質バイオマス発電の過程において残渣物として排出される木タール (ウッドピッチ: woody pitch) をアスファルトに再生剤として添加した再生舗装材の実用化を図ることを目的とする。

1.2 地域の目標像と研究の目的

(1) 地域の目標像と Backcasting（バックキャストिंग）の手続き

本共同研究の最終的な目標として合意されていることは、持続可能で資源循環型の「定住自律圏」の構築である。我が国は、食糧自給率が4割弱、エネルギー自給率に至っては1割にも満たないというのが現状である。我が国では、地域もまた同じような様態にある。そこで、このような国や地方の様態を打開する地域の在り方を構想し、その様態を目標像として掲げ、適切な手続きを踏むことで実現する。この最終目標を実現するためには、図1.1の Backcasting（バックキャストिंग）の手続きを想定して、将来の目標像をまず明確化することから始める必要がある。

これまでの地域計画や事業計画では、Plan-Do-Seeの方式でもPDCAの方式でも、今後の様態を予測（予言：forecast）して、その様態に合わせてシステムや場所、地域を整備する、いわば図1.1の Forecasting（フォアキャストिंग）の手順を踏む傾向にあった。つまり、システムや場所、地域における欲求を充足させる方向で予測（予言）した様態に持続可能性（sustainability）があるか否かではなく、その様態には費用・便益的な合理性があるか否かを問うといった手順である。こうした手順ではシステムや場所、地域を持続可能な様態に導くことはできない。結局は、それぞれの欲求に踊らされて、システムや場所、地域の目指す様態と具現化された様態がチグハグに推移していく。このことが我が国のシステムや場所、地域の現実とはいえないだろうか。

このことを自覚することで、開始されたのが本共同研究と並行する次の事業である。

事業名	平成20年～21年度 特別教育経費事業（連携融合事業） 『地域連携による環境の定期診断を通じた持続可能な環境都市づくり』
事業概要	本事業は、本校(福井工業高等専門学校)が「環境計測」と「環境都市づくり」の技術支援を行い、地元地域の環境行政と環境教育、環境保全の創発活動の持続可能な協働体制の構築を目指す。特に、市民の世代や活動レベルに応じた環境計測、データ収集、データ解析に基づいた環境評価の実践的な方法を体系化し提示する。

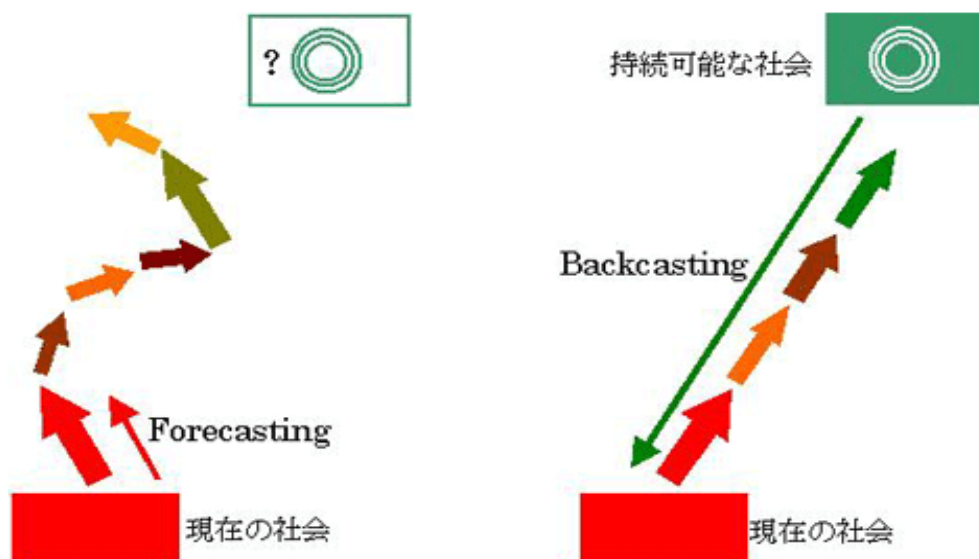


図1.1 BackcastingとForecasting⁵⁾

つまり、この事業と本共同研究事業は最終的な目標像を同じくしており、まず明確な目標像を共有し、**Backcasting**（バックキャストिंग）の手続きを踏むという点で、同じ道を進む双子の兄弟のように歩み始めたと言える。さらに言えば、双方の事業の目的は、樹木もしくは木質バイオマスを媒体として、地域に持続可能な様態を具現化するという事に落ち着く。そして越の郷地球環境会議は、本共同研究事業の目的と目標像の前提として、樹木を育てて植え、その利活用の持続可能で資源循環型の地域像の実現のための手続きの具体的な実践者と言える。同じく、本共同研究の成果を踏まえ、木質バイオマスの活用と併せウッドピッチ（**woody pitch**）の生産を推進する実践者が必要であり、そのための実践的な組織が、県内で一日も早く立ち上げられることを期待したい。時代は、既にそうした方向^{6,7)}に向けて進み始めているようである。

(2) 木質バイオマスの活用とウッドピッチ：木タール

ところで、木質バイオマスの活用とウッドピッチの産出を新たな事業として創発させる試みでは、新たな考え方が必要となる。

例えば、**図 1.2** は木材資源（チップ）を比較的低い温度で炭化し、ガスと木搾液と木タール（ウッドピッチ）を抽出するシステムの概略図である。青森県工業総合研究センターの岡部敏弘氏によれば、重量比では約 6～7%の木タール（ウッドピッチ）が抽出可能であるという⁸⁾。従来、この部分は廃棄物として処理されていたわけである。しかも、炭化温度をさらに上げると、この部分もガス化され、特に木質バイオマス・ガス化発電では、木タール（ウッドピッチ）も燃料として消費する炭化炉が一般化している。前田道路^株は既に社内で、燃料として活用する木タールと本研究のテーマである舗装材の代替材や添加剤として活用する際のウッドピッチとを明確に区別して、取り扱っている。つまり、木タール：ウッドピッチは二重の価値を有し、選択可能な二重の活用法を想定できるわけである。木タール：ウッドピッチの経済的な二重性の価値は産出者のものとなり、持続可能で資源循環型の木質バイオマス・ガス化事業をより有利なものとすることができる。本研究の共同研究者の目標は、こうしたエネルギーや舗装材関連資源の自産自費の枠組みに大きく貢献しうることにもある。しかも間伐材や木材資源を無駄なく活用でき、地球温暖化防止対策（温暖化効果ガス排出量削減）の効果も期待できるはずで、木タール：ウッドピッチの可能性は絶大と言える。

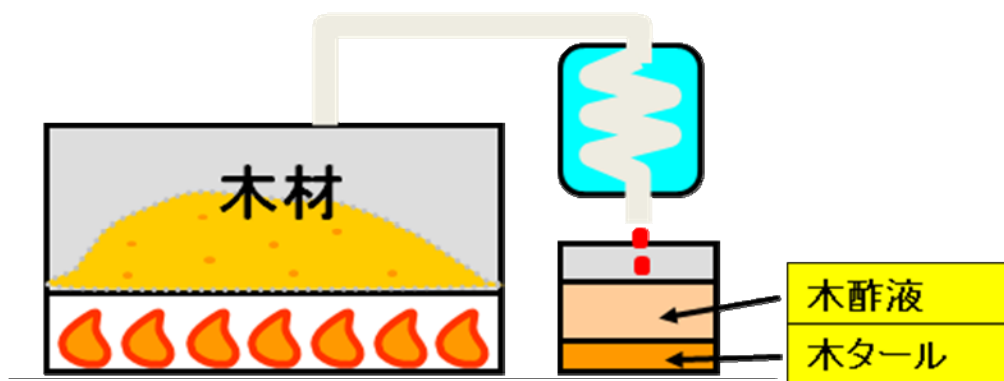


図 1.2 木材の炭化(400-500℃)

そこで、我々は、木質バイオマスを活用してウッドピッチ：木タールの生産を推進する実践者として、あるいは森林における植樹・管理・活用の循環型の手続きの担い手として、旧くて新しい組織および制度を想定している。

その前提として、2009年度のノーベル経済学賞を受賞した政治学者、インディアナ大学のエリノア・オストロム教授⁷⁾の考え方が大きな意味をもつ。彼女は、共有資源（common-pool resources : commons⁷⁾）のガバナンスを専門とする。共有資源とは、森林や牧草地、河川・湖沼・海洋などの水資源や生物資源など個や組織が共同で使用・管理する資源のことである。この共有資源の保全・管理の有効な方法として、彼女は、公共機関や貨幣市場を前提とする競争的な利潤追求の企業体ではなく、それとの利害関係をもつ当事者（所有者やその恩恵の享受者など）が自主的に適切なルールを取り決めて保全管理を行うというセルフガバナンス（自主統治）の可能性を明らかにした。その可能性の前提の一つとして取り上げられているのが江戸期の日本における里山・内山の自主統治である。里山とは燃料や肥料などとしての資源を取り出すための森林、内山とは材木としての資源の資源循環型の活用を想定した森林であり、双方とも入会地としての意味を有していた。この様態を現代風にアレンジして再構築すべきである、このことが我々の主張である。本共同研究の対象であるウッドピッチ：木タールは、こうした組織的な様態における共同の富の一部として生み出されることを期待する。

現状では、山林所有者を組合員とする森林組合が森林の管理を行っている。だが、十分な保全・管理がなされているとは言えない。木材資源の価格も安く、出荷の費用さえ購えない様態にある。しかも一部の森林は外国資本に売り渡されたり、廃棄物の合法的もしくは不法な処分場などとされたりして、水源林や防災林の役割さえ果たせない様態にある⁹⁾。既に、森林の問題は安全保障上の問題⁹⁾とさえなっていると言える。そこから循環的な富を生み出して、単なる林業の再生¹⁰⁾ではなく、共有資源としての適切な位置づけをされた森林の再生に、ウッドピッチが貢献することを期待したい。

このことは、本共同研究を締め括る直前に起きた「東日本大震災」の復興に向けての提言としても意味をもつはずである。東日本大震災では2万8千余の人命が喪われ、原子力発電に依存してきたエネルギー政策も大幅な見直しを迫られている。犠牲者の御冥福を祈るのは勿論だが、それだけでなく、我々は、そのいのちに報いられるだけの試みを問われているはずである。菅首相のブレイン筋では、既に「グスコブドリ構想」¹¹⁾が論じられている。宮沢賢治の『グスコブドリの伝記』は、不幸な出自を克服し、地球物理・地質学の専門家となったグスコブドリとその妹の物語である。その大団円では、グスコブドリが地球寒冷化問題への対処として、火山を人工的に自らの命をかけて爆発・噴火させ、大量の二酸化炭素を発生させることで地球環境を温暖化に向かわせようとする。現状の地球温暖化問題とは全く逆のシチュエーションであるが、つまるところ人為で地球環境を保全管理するという方向性では同じである。

我々の目標像は、適切な植樹、間伐、伐採を繰り返し、木材資源や木質バイオマス、ウッドピッチ：木タールとしての樹木の活用を通し、人為的に二酸化炭素の排出量を管理して、カーボンニュートラルな様態を具現化する持続可能で資源循環型の地域の実現と言える。すなわち、「理にかなった」地域の実現が最終的な目標像なのである。

(3) 研究の目的と課題

本共同研究は、“Backcasting”の手続きを踏まえて、オストロムの“commons”の概念に即し、さらには東日本大震災をも大きな教訓として、旧くて新しい持続可能で資源循環型の地域を実現するという大きな目標に関しての合意に基づいている。

そこで、本共同研究自体も同じ手続きと概念に即応したものとしなければならない。そのことを常に念頭に置き、研究の企画・計画の段階から、細心の注意を払ってきた。

まず、目標とする地域では、木材や木質バイオマス活用の最終生成物、特に木酢液製造や木質バイオマス・ガス化の過程で排出される残渣物（廃棄物）をウッドピッチとして、道路舗装などの舗装材あるいは再生舗装材として活用できれば、樹木活用の廃棄部分を完全になくすることができる。このことが本共同研究の最終目標である。

最終目標達成のための手続きとして、石油資源（ストレートアスファルト）の節約、舗装工事における二酸化炭素排出量の縮減および舗装材のコスト縮減を目的として、ウッドピッチを再生アスファルトの再生用添加剤として利用することの検討から研究が開始された。そして先行する基礎研究では、既に、ウッドピッチの性状を検討し、ストレートアスファルトの代替としてウッドピッチを2割程度添加しても、再生アスファルト舗装材の製造時の新規材料と旧材料との配合割合 60 : 40 では、再生合材として基本的強度を満足することが明らかにされていた。

かくして、本共同研究の課題と取組内容を次のように設定した。

- ①ウッド・ピッチの「舗装の構造に関する技術基準」の必須の性能への適合性の検証
- ②ウッドピッチの物性・性状に関する分析と材料としての安全性の検証
- ③ウッドピッチ（木タール）の活用に関する先行事例や関連するデータの収集と整理
- ④先行する基礎研究の成果を踏まえて、再生アスファルト舗装材の製造における新規材料と旧材料との一般的な配合割合（例えば、60 : 40, 50 : 50, 0 : 100）について、ストレートアスファルトの代替としてウッドピッチを2割から始め徐々に増やして添加して行った場合、再生合材として基本的強度を満足できるか否かの検証
- ④' ④と同等の材料についての耐久性、動的耐久性についての適合性の検証
- ④" ④と同等の材料についてのその他の性能についての検討
- ⑤ウッドピッチの実用化に伴う石油資源及び二酸化炭素排出量縮減の定量的な算定
- ⑥ウッドピッチの再々生が可能か否かの検証
- ⑦ウッドピッチの実用化に伴う道路舗装管理の総合システムの提起
- ⑧ウッドピッチの安定供給体制（地元生産など）と資源マイレージの削減
- ⑨木質バイオマス・ガス化事業の地元における創発のための検討と活動

以上の課題についての検討成果は、随時開催した「打ち合せ検討会議」での議論を踏まえて学会や論文集などに発表した（資料集の論文の項を参照されたい）。さらに、複数の場所で現場施工実験を行い、モニタリングを継続しており、施工現場での問題点を検討し、施工に携った技術者の批判や助言を受ける機会を設けた。舗装材の製造時や施工時の問題点として、強い匂い（正露丸の匂い）が挙げられ、この点の改善が課題②の新たな取り組みとして加わった。本報告書では、主として課題①～⑤の検討結果をまとめたものであり、最終目標達成へ道は未だ半ばと言う状態にある。

1.3 報告書の構成と内容

(1) 共同研究の実施体制と報告書

研究の実施場所は前田道路株式会社福井合材工場・本社研究部門, 福井高専, 福井県雪対策・建設技術研究所および福井県丹南土木事務所である。そして研究テーマに関する研究分担を整理し, 報告書の章・節と対応づけると, 次の表 1.1 のようになる。

表 1.1 研究テーマと分担, 報告書の構成

研究テーマ (内容)	課題番号と分担	該当する章・節
1. ウッドピッチの性状と舗装再生材への適用 (1) 木タールの種類と物性・性状に関する分析 (2) 木タールの舗装再生材への適用に関する試験・検討 (3) 木タールの舗装再生材への適用に関する環境評価及び量的な算定	②福井高専：小泉 ①前田道路(株)：福満 ①前田道路(株)：福満 ④福井県雪対策・建設技術研究所：三田村	2.3～2.6 2.7 2.8 3.4
2. 本舗装材の配合設計方法について (1) 設計方法に係る性状試験・検討 (2) 設計方法の妥当性の評価	④福井県雪対策・建設技術研究所：三田村	3.2 3.3～3.5
3. 本舗装材の施工性について (1) 試験施工のデータ計測 (2) 試験施工における施工性等の評価	④⑤前田道路(株)：藤井 ④前田道路(株)：藤井	4.1～4.5 5.1, 5.2
4. 本舗装材の性能実証, 評価について (1) 舗装材の性能実証に係る必要性状の選定 (2) 舗装材の性能試験 (4) 舗装材の性能評価 (5) コスト縮減効果の評価 (6) 舗装材の二酸化炭素の排出縮減量算定	①前田道路(株)：福満 ①前田道路(株)：福満 ①前田道路(株)：福満 ⑤福井県丹南土木事務所：坂田	6.1 6.2～6.5 6.6 7.2 7.3
5. 本舗装材の再々生について (1) 舗装材の配合設計方法に関する試験・検討 (2) 舗装材の配合設計方法に関する評価	⑥福井県雪対策建設技術研究所：三田村	9.1
6. 本舗装材の活用を踏まえた道路舗装の総合的維持管理システムについて	⑦福井県雪対策建設技術研究所：三田村	9.1
7. ウッドピッチに即した資源循環型地域の推進	③⑧⑨福井高専：武井	1.1, 1.2 9.2

(2) 産官学の連携によるウッドピッチ共同研究と報告書の成果を超えて

本共同研究は、ウッドピッチを再生アスファルト混合物の位置から舗装材そのものへと上向させることを最終目標とする。その目標は石油の枯渇化の後、アスファルトの代替材となる材料を提示したわけであり、そのことの波及効果は計り知れない¹²⁾。

本報告書に示された成果を勘案する限り、ウッドピッチは匂いの問題はあるものの、安全な材料である。それは木質炭化学会第6回研究発表会で、木質バイオマス・ガス化の残渣物(不要物)とされてきたウッドピッチの有効活用法として好意的に迎えられ、物性や性能の分析、実際の道路舗装施工による性能実証や強度の検討を経て、舗装材の添加物としての有効性の評価は福井県の舗装事業の仕様書に記載されるまで進んできた。即ち、ウッドピッチの性能はアスファルトのそれに劣るものではない。

地球温暖化問題に絡み、舗装工事でも二酸化炭素排出量の縮減は急務の課題である。こうした問題、つまり二酸化炭素排出量削減、コスト削減、将来の舗装代替材の確保の観点からも、本共同研究の成果は大きいと言える。既に福井県では平成21年度から実用化されている。第28回日本道路会議では、前田道路㈱がウッドピッチの利用促進パンフレットを配布。ウッドピッチの評価は、急速に高まり、業界誌でも取り上げられ、国内でのウッドピッチ利用拡大の段階に入っている。それを、我々がどのように生かしていくかが、本報告書が提示するもう一つの問題である。

参考文献

- 1)JISE ((財) 国際生態学センター) (2006) 「見つめてみよう身近な環境むかし, いま, 未来の河和田」 p.20.
- 2)福井工業高等専門学校 (2010) 「平成 20 年～21 年度特別教育研究経費事業 (連携融合事業) 『地域連携による環境の定期診断を通じた持続可能な環境都市づくり』報告書」 p. 20.
- 3)坂田正宏・三田村文寛・藤井弘・武井幸久・小泉貞之 (2008) 「木タールの舗装材料への適用研究」 木質炭化学会第 6 回研究発表会講演要旨集 pp.17-18.
- 4)坂田正宏・三田村文寛・藤井弘・武井幸久・小泉貞之 (2008) 「道路のアスファルト舗装材への木タールの適用」 木質炭化学会誌 Vol.5 No1,pp.29-33.
- 5)ジェームス, S. & ラーティ, T. (高見幸子監訳) (2006), 『スウェーデンの持続可能なまちづくり』 新評論.
- 6) 「原料入手と販売一括扱い 推進組織の青写真も バイオマスで県に提言 県利用研究会」 日刊福井朝刊 (2011.04.08 (金)) (同種の記事は中日新聞にも掲載) .
「木質燃料でエネ自給を一問伐材有効活用 研究会」 福井新聞朝刊 (2011.04.08 (金)) .
- 7)Ostrom, E. (2000) “Governing the commons” Cambridge Univ. Press, New York, USA..
- 8)岡部敏弘他 (2008) 「木材資源の熱分解物より抽出した循環型マテリアル」
青森県工業総合研究センター (パワーポイント資料).
- 9)安田喜憲 (2009) 『山は市場原理主義と闘っている』 東洋経済新報社.
- 10)梶山恵司 (2011) 『日本林業は甦る』 日本経済新聞出版社.
- 11)<http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/building/news/20110405/546797/> (2011.4 取得)
- 12)建設技術公社・福井工業高等専門学校 (2010) 『平成 21 年度産学官共同研究 『木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発』 報告書』

第2章 ウッドピッチの性質と再生用添加剤としての適用性

2.1 概説

本章では、ウッドピッチに関する生成過程、成分等について述べるとともに、ウッドピッチの安全性や再生用添加剤としての適用性について、ウッドピッチの成分分析調査および平成22年11月に改訂された「舗装再生便覧（平成22年版）」¹⁾をもとに、調査した結果を述べる。

2.2 ウッドピッチの生成過程

道路舗装におけるタール（主として石炭のコールタール）は、アスファルトにほぼ全て転換される前の道路舗装材料として使用されていた。また、舗装タールのJIS規格（JIS-K-2472-1966）も定められていた。その後、高度経済成長期による石炭から石油への転換に伴い、タールの生産が減少し、石油から得られるアスファルトの生産が増加した。タールは1982年にJIS規格から廃止され、舗装用石油アスファルトのJIS規格が定められた。

ウッドピッチは、木質チップを燃料としてガス化燃焼して発電を行い、その過程の中でガスを冷却・回収した木材の乾溜液であり、重質タールと軽質タールに分類される。燃料として使用された木材チップの樹種は、スギ、マツ、ナラ、ニセアカシアで混合されたものである。ウッドピッチの産出量は、木材1m³当たり約0.03m³産出すると考えられる。

本研究開発で用いた木質タールは、やまがたグリーンパワー(株)（山形県村山市）の木質バイオマスガス化発電及びいしかわグリーンパワー(株)（石川県羽咋郡）の木質バイオマスガス化発電（写真2.1参照）の副産物である重質タールである。

表 2.1 木質バイオマスガス化発電施設概要

会社名	やまがたグリーンパワー株式会社	いしかわグリーンパワー株式会社
所在地	山形県村山市	石川県羽咋郡宝達清水町
発電方式	アップドラフト式ガス化炉＋ガスエンジン発電機（図 2.1 参照） （ガス化コージェネシステム）	
発電出力	2,000kw（約4,000世帯分）	2,500kw（約5,000世帯分）
燃料	木質バイオマス資源（道路河川事業樹木、支障木等） をチップ形状に加工したものを使用。（写真 2.2 参照）	
燃料使用量	年間約 20,000 トン	年間約 22,000 トン
プラント設計・施工	J F E 環境ソリューションズ株式会社	



写真 2.1 発電施設内の木タールタンク



写真 2.2 チップ形状燃料

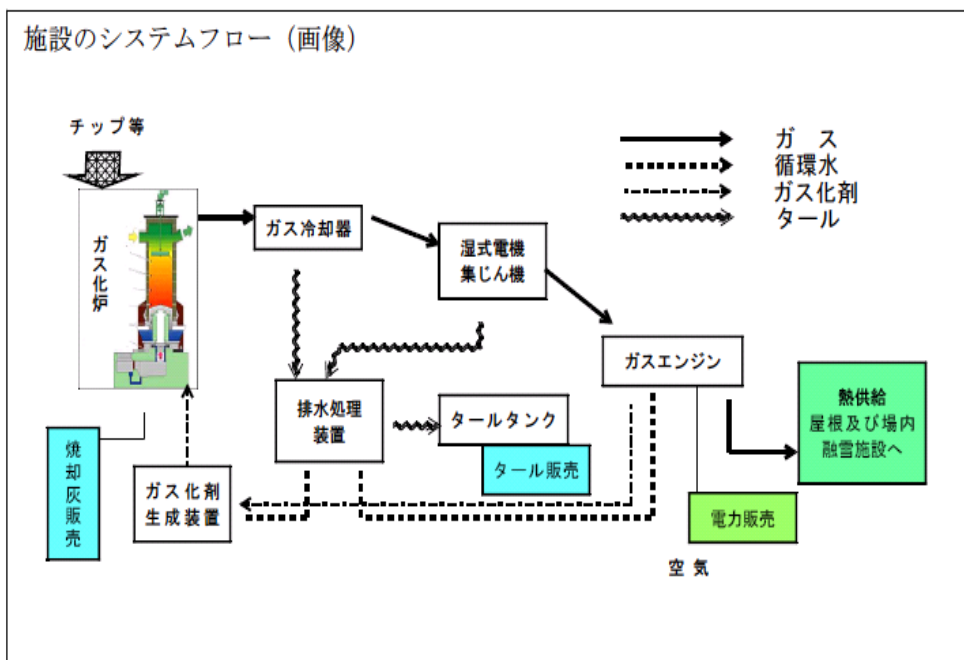


図 2.1 施設のシステムフロー

2.3 ウッドピッチの成分分析

2.3.1 ウッドピッチの溶解性の検討

ウッドピッチは、木質バイオマスとして木くずや廃材を発電材料に利用した後に副産物として排出される。このウッドピッチの有効的な活用法を論ずる前に、その化学的および生物学的な諸性質を調べる必要がある。その際、ウッドピッチを適宜希釈して溶液を作製しなければならないことが多く、あらかじめ各種溶媒を用いて、ウッドピッチの溶解性を調べた結果を表 2.2 に示す。通常、有機溶媒の性質はその誘電率で評価することによって、極性と非極性に分けることができる²⁾。ウッドピッチがアルコールなどの極性溶媒に溶解しやすいことから、ウッドピッチの主成分も極性物質であることが判断できる。しかし、後で述べるが、ウッドピッチの一部は非極性溶媒にも溶解できていることが確認されることから、ウッドピッチの微量成分には非極性物質も含まれていることが分かる。

表 2.2 ウッドピッチの各種溶媒に対する溶解性評価^{2~5)}

	溶媒	誘電率	分子量 (M)	水に対する溶解度[重量%]	沸点(°C)	ウッドピッチの溶解性
非極性溶媒	ヘキサン	1.9	84.2	0.001	69.0	×
	シクロヘキサン	2.0	84.2	0.003	81.0	×
	ベンゼン	2.3	78.1	0.08	80.0	×
	トルエン	2.4	92.1	0.05	111.0	×
極性溶媒	クロロホルム	4.8	119.4	0.8	61.0	○
	酢酸	6.2	60.1	∞	118.0	○
	ジクロロメタン	10.4	84.9	1.3	40.0	○
	アセトン	20.2	58.1	∞	56.5	○
	エタノール	24.3	46.1	∞	78.1	○
	メタノール	32.6	32.0	∞	64.7	○
	ニトロベンゼン	34.8	123.1	0.22	211.0	○
	水	78.5	18.0	--	100.0	○

2.3.2 ウッドピッチの含有成分のガスクロマトグラフ質量分析

エタノールやアセトンなどの極性溶媒は、ウッドピッチを溶解することができ、また、溶媒自身の分子量も小さいため、ガスクロマトグラフ法ではウッドピッチの含有成分より以前に、これらの溶媒は検出器に到達し他の物質を測定する際の妨害とにならないと考えられる⁶⁾。今回、ガスクロマトグラフ質量分析に供するウッドピッチを溶解する溶媒として、毒性が少ないアセトンとエタノールを選択した⁷⁾。

ウッドピッチを 5 g 採取し、アセトンやエタノールを用いて溶解し、溶液を作製した。濃度は、約 500 ppm に調製したが、少量残留物が残るため、この溶液をろ過し、ろ液をガ

スクロマトグラフ質量分析装置（以降 GC/MS と略記）（島津製作所社製 GC-17A, GCMS-QP5050A）に注入し、測定を行った。分離カラムには、高い理論段数を持ち、優れた分離性能を示すことが知られているキャピラリーカラム（Agilent Technology 社製 DB-5ms : Phenyl Arylene ポリマー）を用いた。分離カラムの詳細を表 2.3 に示す。

分析に供する試料溶液は、試料導入部にマイクロシリンジで注入する。気化室へ送入された試料溶液は、加熱され気化される。このガス試料は、キャリアガスとともに、カラムへ送入され成分を分離することができる。カラム内では、移動相（試料中成分）の固定相に対する吸着のしやすさによって成分が分離され、その後、分離された各成分を検出器（質量分析装置）で分析することができる。

ガスクロマトグラフ法は移動相が気体であるため、400℃程度で気化する化合物に適用されるが、気化したときにその温度で分解しても定量的に分解発生する化合物は測定対象となる。これらの条件が満たされていても分析が困難な化合物もあり、カルボキシル基、水酸基、アミノ基、イオウなどを持つ化合物は、吸着・反応性が高く、カラムから溶出しなかったり、流路内で反応したりする不安定なものがある。今回、検討したガスクロマトグラフ質量分析条件を表 2.4 に示す。

表 2.3 本研究使用キャピラリーカラム

DB-5ms (Agilent Technologies社)	
Length	30m
I. D.	0.250mm
Film	0.25 μ m
温度条件	-60℃~325℃ (350℃)
シリアルNo.	us7154095H

表 2.4 ガスクロマトグラフ質量分析条件

GC conditions	
キャピラリーカラム	DB-5ms (Agilent J&W製)
キャリアーガス	Helium
カラム槽湿度	35 °C
気化室湿度	250 °C
インターフェイス湿度	250 °C
スプリット比	30
試料注入量	1 μ L
開始温度	35 °C
終了温度	250 °C
温度勾配	10 °C/min
MS conditions	
測定範囲	m/z=40-350
走査間隔	0.5 s
イオン化法	EI
溶媒溶出時間	1 min
測定開始時間	2 min
測定終了時間	29 min

2.3.2.1 ウッドピッチのアセトン抽出法による分析結果

ビーカーにウッドピッチを 5g 採取し、アセトンを 100mL 加え、攪拌することによってアセトンにウッドピッチを抽出した。抽出液をろ過し、ろ液を 500ppm 程度に希釈し、GC/MS で測定したクロマトグラムを図 2.2 に示す。クロマトグラム中の大きなピークだけの成分分析を行った結果も図に示す。これらの物質は、高濃度であれば有害物質であるが、低濃度であるなら、危険な物質ではない⁷⁾。

データファイル名 : MOKUA531.D11 09/05/28 15:22:55
 サンプルID : 090528-2
 メソッドファイル名 : TA-RU.MET

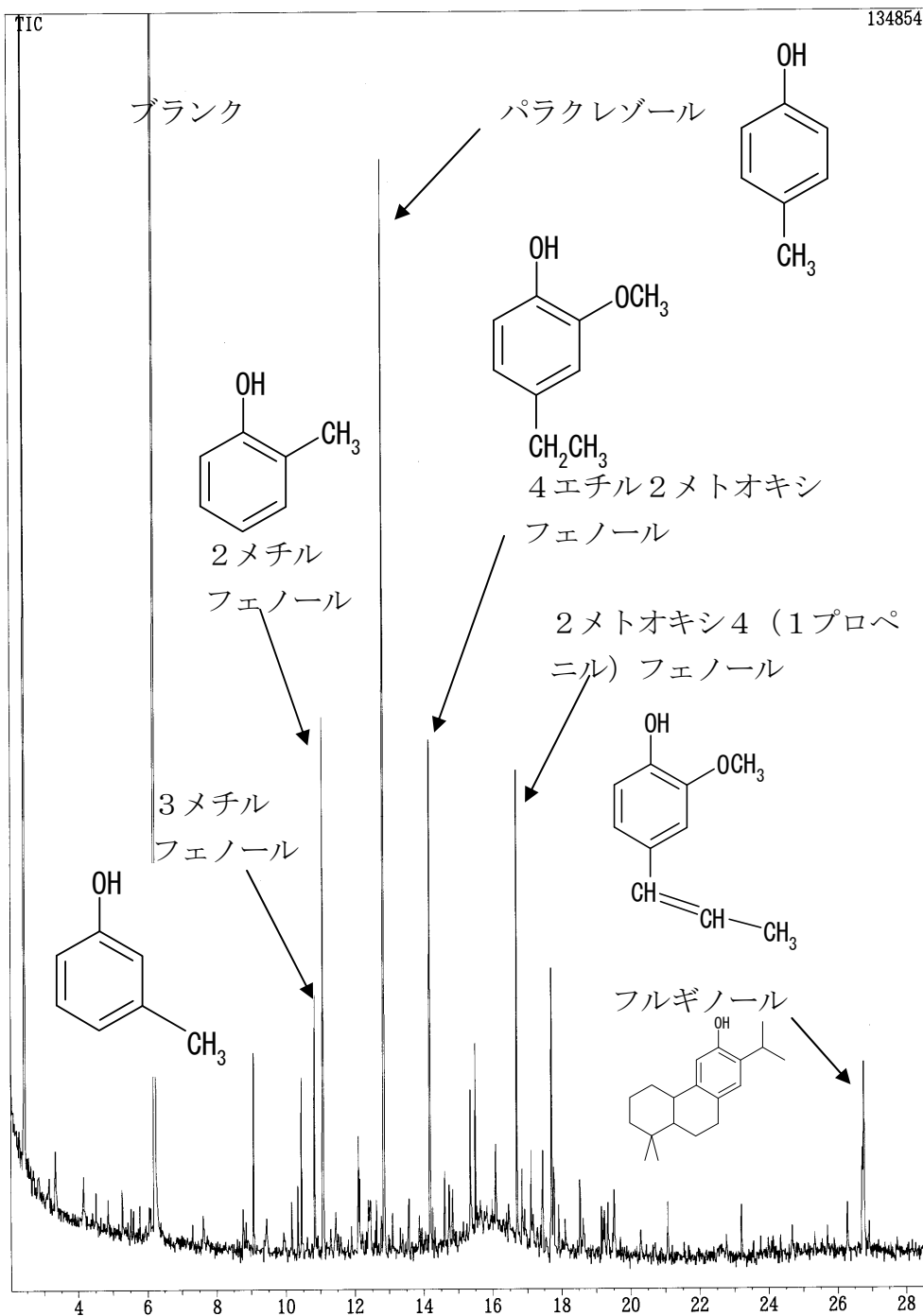


図 2.2 ウッドピッチのアセトン抽出法によるクロマトグラム

2.3.2.2 ウッドピッチのエタノール抽出法による分析結果

ビーカーにウッドピッチを 5g 採取し、エタノールを加え攪拌することによって、ウッドピッチをエタノールに抽出した。抽出液をろ過した後、抽出液を 500ppm 程度に希釈し、GC/MS で測定したクロマトグラムを図 2.3 に示す。大きなピークだけの成分分析を行った結果を表 2.5 に示す。アセトンに抽出された物質と同様な物質が検出された。これらの物質は、高濃度であれば有害物質であるが、低濃度であるなら、危険な物質ではない。フェノール類を多く検出している一方、多環芳香族類が微量なためピークとして出現していないことが考えられる。ウッドピッチの含有成分全てを測定できていない可能性がある。これらの物質に対する詳細なデータを資料 1 に示す⁸⁾。

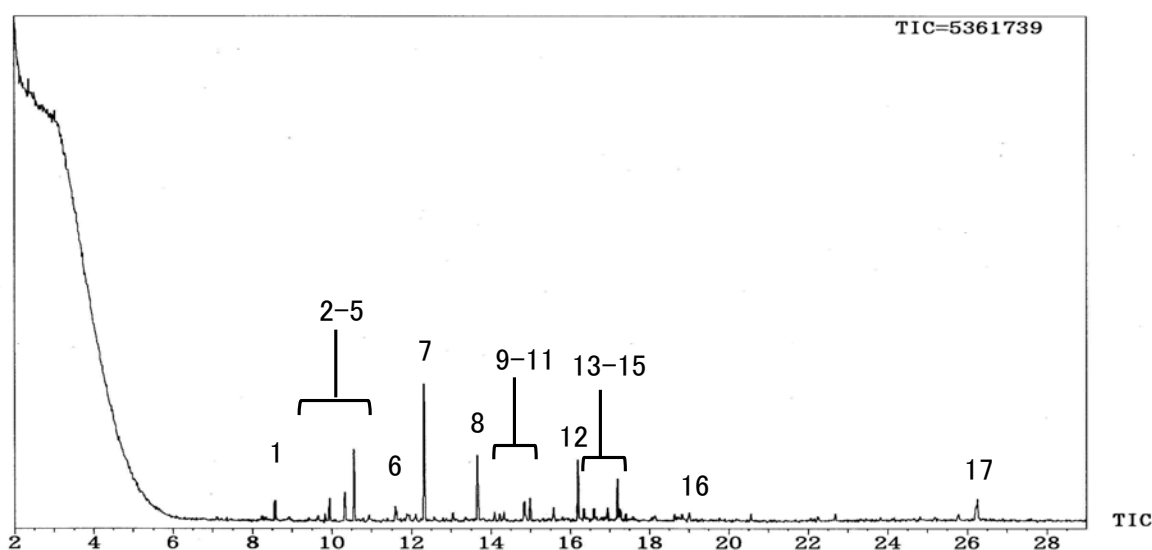


図 2.3 エタノールに溶解するウッドピッチ試料 GC/MS 測定 TIC

表 2.5 エタノールに溶解するウッドピッチ試料の主な検出成分

ピークNo.	成分名	R. time (min)	ピークNo.	成分名	R. time (min)
1	Carbamate Phenyl	8.58	10	2-methoxy-4-(2-propenyl)-Phenol	14.85
2	2-Hexynoic acid	9.66	11	Cerulignol	15.00
3	o-クレゾール	9.95	12	2-methoxy-4-(1-Propenyl)-Phenol	16.20
4	m-クレゾール	10.34	13	Acenaphthylene	16.35
5	2-ethoxy-Phenol	10.57	14	Germacrene D	16.61
6	2,5-Xylenol	11.61	15	Naphthalene	17.20
7	2-methoxy-4-methyl-Phenol	12.33	16	1,3-Adamantanediacetamide	19.01
8	4-ethyl-2-methoxy-Phenol	13.68	17	Ferruginol	26.26
9	o-Acetyl-p-Cresol	14.24			

2.3.2.3 ウッドピッチのヘキサン抽出法による分析結果

ウッドピッチを 10 g ビーカーに採取し、ヘキサン 100mL を加え、約 15 分間攪拌した。次に、この溶液をろ過し、ろ液を GC/MS にて測定を行なった。図 2.4 に得られたクロマトグラムを示す。表 2.2 に示されるように、ヘキサンは非極性溶媒であり、ウッドピッチはヘキサンにはほとんど溶解しないが、ウッドピッチ中のヘキサンに溶解しやすい微量物質

は抽出できるものと考えられる。クロマトグラム中の大きなピークだけの成分分析を行った結果を表 2.6 に示す。表 2.5 に比較して多くの物質を検出していることが分かる。ウッドピッチの含有成分の全てを測定することはできないが、逆に極性溶媒に溶解しにくい物質のみに焦点を当てるには有効であり、ウッドピッチ中の非極性の芳香族類の多くを抽出させることが可能と考えられる。資料 2 に主な抽出成分の構造を示す。ヘキサンに抽出されやすい芳香性の有機物質が多い。エタノールによる抽出の実験とは違い、表 2.6 のピーク No. 1 から No. 16 にフェノール類が検出され、No. 17 から No. 31 に多環芳香族類が検出されている。フェノール類と多環芳香族類の両方が予想通り検出されているので定性実験としては成功である。しかし、今回の実験では、不溶性の残留物が多く再現性に乏しく、また試料中に対して抽出された成分の割合が不明なため定量はできない。ウッドピッチ中に確認されたこれらの物質は、高濃度であれば有害物質であるが、低濃度であるなら、危険な物質ではない⁷⁾。

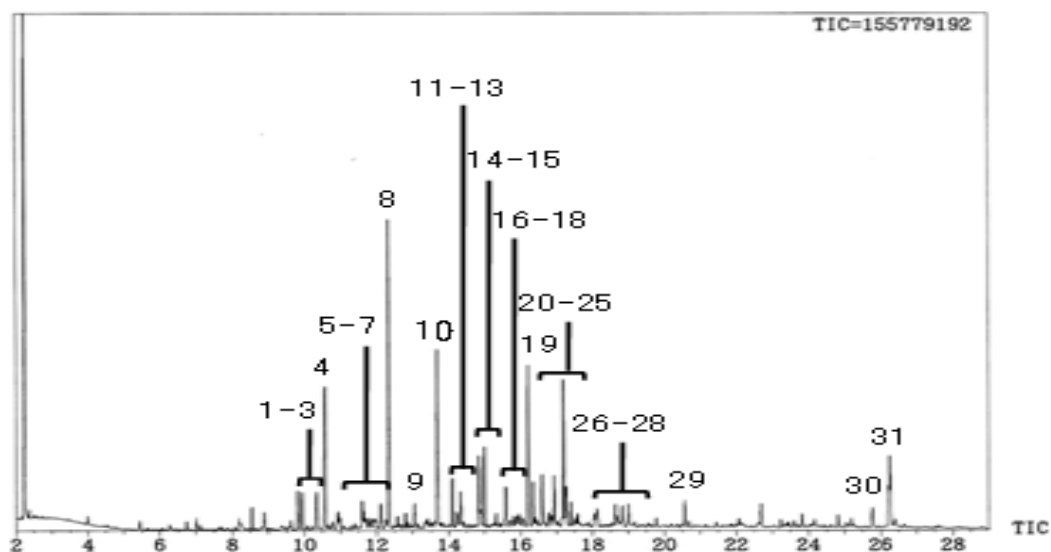


図 2.4 ウッドピッチ中のヘキサン抽出物 GC/MS 測定 TIC

表 2.6 ウッドピッチ中のヘキサン抽出物の主な検出成分

ピークNo.	成分名	R. time (min)	ピークNo.	成分名	R. time (min)
1	Indene	9.83	17	1,4-methanoazulene	15.82
2	o-Cresol	9.95	18	1,5-dimethyl-Naphthalene	15.92
3	m-Cresol	10.35	19	2-methoxy-4-(1-propenyl)-Phenol	16.23
4	2-methoxy-Phenol	10.59	20	Biphenylene	16.36
5	2,6-Xylenol	10.94	21	Cadinene	16.61
6	p-Xylenol	11.61	22	Acenaphthalene	16.81
7	p-Cresol	12.13	23	Naphthalene	16.96
8	2-methoxy-4-methyl-Phenol	12.36	24	Cadinene (delta)	17.22
9	3,4-dimethoxy-Toluene	13.07	25	Calamenene	17.29
10	p-Ethylguaiacol	13.70	26	Fluorene	18.14
11	2-methyl-Naphthalene	14.11	27	Cedreanol	18.84
12	2-methoxy-4-vinylphenol	14.24	28	beta-Selinenol	19.02
13	1-methyl-Naphthalene	14.35	29	Anthracene	20.57
14	2-methoxy-3-(2-propenyl)-Phenol	14.86	30	Biformen	25.79
15	Cerulignol	15.01	31	Ferruginol	16.27
16	2-methoxy-4-(1-propenyl)-Phenol	15.60			

2.3.3 GC/MSによる定量法

GC/MSによる定量には、(1) 検量線法、(2) 内標準法、(3) 標準添加法の主な3種の定量法があるが、今回は、標準添加法によって求めた。

標準添加法とは、試料溶液の一定量を採取し、それぞれに目的成分が段階的に含まれるように標準溶液を添加し、さらに溶媒を加えて一定量とした後、これらの溶液を試料として、GC/MS装置にかけ、出力されたクロマトグラムのピーク強度比を測定することによって得られる。図 2.5 に示すように、添加した目的成分の標準溶液濃度と強度の関係をプロットし、得られた回帰直線を延長し、強度0の外挿値から読み取り、試料中の目的成分濃度を求める。各試料溶液に含まれる干渉成分の濃度は等しく、添加された標準溶液により増加する強度も同じ割合で影響を受けるため、干渉成分の存在する状態でも較正して正確な測定を行うことが可能である。本法は共存成分が複雑な試料の分析に適している。

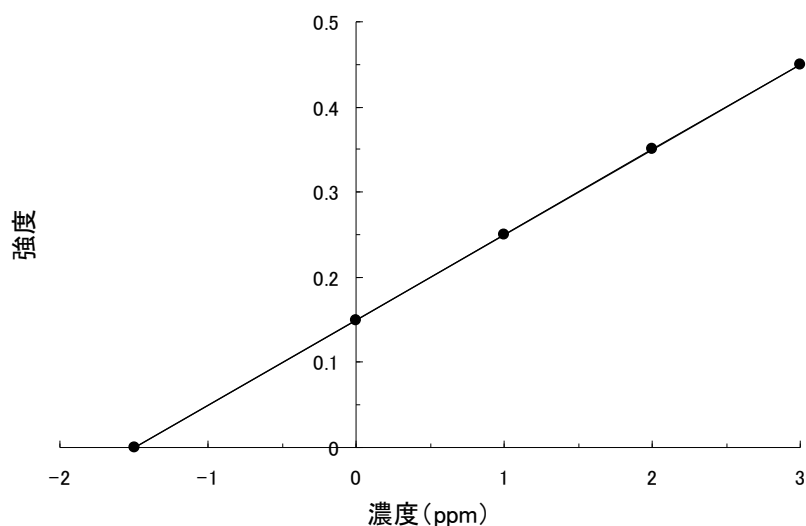


図 2.5 標準添加法による定量

この標準添加法を用いて、ウッドピッチのエタノール抽出溶液中のm-クレゾールの定量を行った。図 2.6 及び表 2.7 に結果を示す。図 2.6 の図は、ウッドピッチのエ

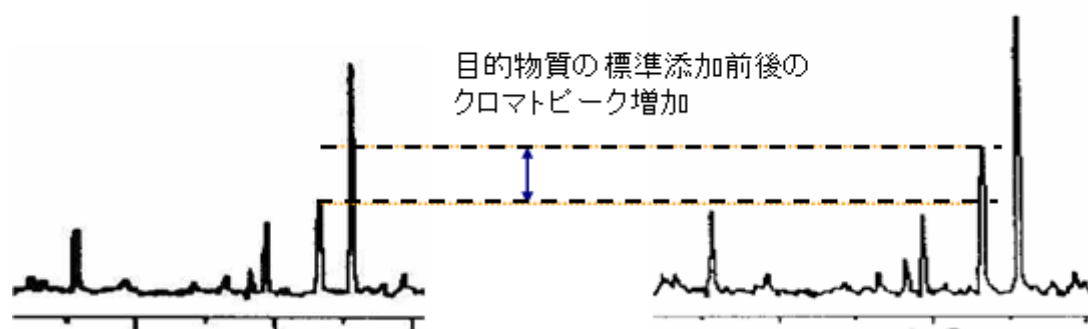


図 2.6 m-クレゾール添加前（左）と添加後（右）のGC/MS測定TIC

タノール抽出液に、標準のm-クレゾールの一定量を添加前と添加後のクロマトグラムを示している。両者を比べると測定対象とするm-クレゾールのピークのみが大きく変化すること

と分かる。表 2.7 のデータを利用して、近似曲線から $y=45936x+504193$ の近似曲線が得られ、エタノール溶解したウッドピッチ試料に存在していた m-クレゾールは 11.0 ppm であることが分かる。したがってウッドピッチ原液中には、約 5.5 ppb の m-クレゾールが含まれていることになる。

各成分の標準物質を準備し、同様に標準添加法を行うことによって各成分の濃度を正確に求めることができる。しかし、ウッドピッチの溶媒への溶解性が正確でない場合、測定値に誤差が含まれることが予想されるために各成分の定量は行わなかった。

ウッドピッチ濃度 (ppm)	m-クレゾール標準溶液添加量 (ppm)	n	R time	Area	Height	A/H	Area Ave.
500	0.5	1	10.351	820621	370964	2.212	854213
		2	10.384	887804	336535	2.638	
	1	1	10.348	916621	356226	2.573	872296
		2	10.337	827970	384365	2.154	
		3	10.337	700773	342174	2.048	

表 2.7 m-クレゾールのピークデータと含有量

2.4 ウッドピッチの光照射による劣化度測定

ウッドピッチに紫外線や太陽光を照射して、ウッドピッチの劣化度を調査した。光照射することによって、明らかな変化を生じさせるには、照射試料を薄膜とすることが適している。比較対象としてストレートアスファルトも照射試料とした。ストレートアスファルトとウッドピッチの溶解性から、ストレートアスファルト試料にはベンゼンが、ウッドピッチ試料には、エタノールが適していた。そこで、10%ストレートアスファルトーベンゼン溶液、10%ウッドピッチーエタノール溶液を光照射耐性試料として作成した。光照射により、ベンゼンやアルコールは揮発・散逸するため、アスファルトとウッドピッチの劣化測定には影響は少ないと考えられる。

ガラス製プレパラート (10×3cm) に 10%アスファルトーベンゼン溶液および 10%ウッドピッチーエタノール溶液を一滴垂らし、ガラス上に薄くのばした。上のように作成した光照射用の薄膜試料片を紫外線ランプ(殺菌ランプ GL10,TOSHIBA 製)もしくは太陽光ランプ(クールビーム CRS110V120W, 東芝製)の下に置き、1週間～1ヶ月連続して光照射させた。操作図を 図 2.7 に示す。

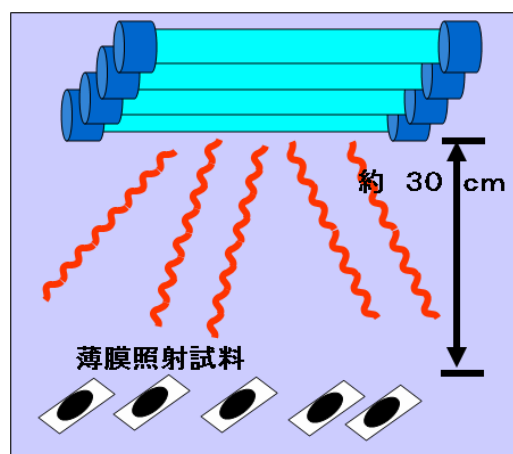


図 2.7 薄膜試料紫外線照

一定時間照射させた後、ガラス製プレパラート上のアスファルトまたはウッドピッチ試料をガラス板からはがし、パーキンエルマー社製の赤外分析装置にかけ、赤外スペクトルを測定した。測定例を 図 2.8 に示す。

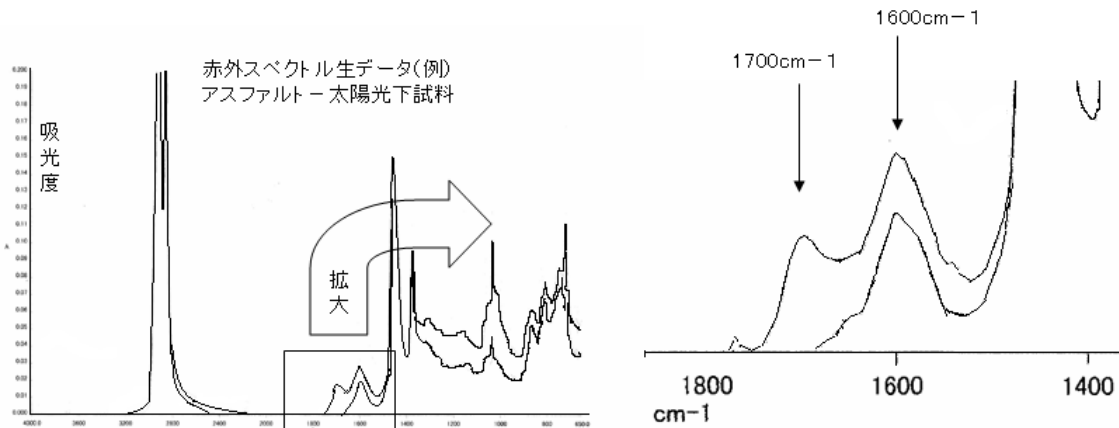


図 2.8 紫外線照射による劣化度比較

図 2.8 には、赤外スペクトルの $1400\sim 1800\text{ cm}^{-1}$ 領域の拡大図も示す。 1600 cm^{-1} は、 $\text{C}=\text{C}$ 伸縮振動⁹⁾ に起因するもの、 1700 cm^{-1} は酸化された $\text{C}=\text{O}$ 伸縮振動⁹⁾ に起因するものと考え、それぞれの測定値を表 2.8 に示す。ランバートベールの法則に従うと、物質中に溶解している濃度、ここでは、 $\text{C}=\text{C}$ 濃度と $\text{C}=\text{O}$ 濃度は、吸光度に比例するため、加納等⁹⁾ が提唱している式(2.1)の方法と異った方法で検討した。

$$\text{CI} = \frac{\log(I_{01}/I_1)}{\log(I_{02}/I_2)} \quad \text{-----(2.1)}$$

ここで I_1 : 1700 cm^{-1} 付近のピークスペクトルの透過率

I_2 : 1600 cm^{-1} 付近のピークスペクトルの透過率

通常、透過率(Transmittance)は $T\%$ で示し、吸光度 (absorbance) は A で示され、吸光度は $A = -\log T = -\log(I/I_0)$ で示される¹¹⁾。ここで、 I_0 (: Incidence) は、入射光束の強さ、 I は、透過してきた光束を示す。すなわち、(吸光度の値) = $-\log(\text{透過率})$ の関係があり、CI 値は、次式(2.2~2.3)で求められる。すなわち、

$$\text{C}=\text{C} \text{ の吸光度差は } I_1 - I_{10} = -\log(T_1) + \log(T_{01}) = \log(T_{01}/T_1) \quad \text{----(2.2)}$$

$$\text{C}=\text{O} \text{ の吸光度差は } I_2 - I_{20} = -\log(T_2) + \log(T_{02}) = \log(T_{02}/T_2) \quad \text{---(2.3)}$$

となる。加納等の報文における CI (カルボニル係数) 値は、この比を示している¹⁰⁾。したがって、CI 値は、 1700 cm^{-1} 付近のピークスペクトルの吸光度と 1600 cm^{-1} の吸光度の比の対数比で計算した。紫外線および太陽光による劣化度 (CI 値) の経時的変化をプロットした物を 図 2.9 および 図 2.10 に示す。

図 2.9 および 図 2.10 より、ウッドピッチの方が耐性があるように思える。劣化を受けにくい $\text{C}=\text{C}$ 伸縮のピークに対する劣化を受けるであろう $\text{C}=\text{O}$ 伸縮ピークの比が、紫外線を受ける時間が長くなるにしたがって増加しているのが伺える。加納等の実験方法と異なり、薄膜状態で光照射させたため、短時間で影響が出てきたものと考えられる。紫外線に比較して、太陽光の場合は、相対的に影響が小さく出ている。詳細な再検討が必要であろう。

表 2.8 アスファルト及びウッドピッチ試料の紫外線または太陽光による劣化

照射試料 照射線の種類	照射時間	1600cm ⁻¹	1700cm ⁻¹	1600cm ⁻¹	1700cm ⁻¹	カルボニル指数 CI値 1700/1600
		吸光度	吸光度	I-blank	I-blank	
アスファルト 紫外線	ブランク	1.2	0.19			
	1週	2.15	2.05	0.95	1.86	1.96
	2週	1.6	1.05	0.4	0.86	2.15
	4週	1.4	0.7	0.2	0.51	2.55
ウッドピッチ 紫外線	ブランク	12.1	9.4			
	1週	12.7	9.8	0.6	0.4	0.67
	2週	12.7	10.2	0.6	0.8	1.33
	4週	12.95	10.9	0.85	1.5	1.76
アスファルト 太陽光	ブランク	1.1	0.5			
	1週	1.55	0.95	0.45	0.45	1.00
	2週	1.75	1.2	0.65	0.7	1.08
	4週	2.9	3.05	1.8	2.55	1.42
ウッドピッチ 太陽光	ブランク	6.8	5.6			
	1週	7.4	6	0.6	0.4	0.67
	4週	5.3	4.9	-1.5	-0.7	0.47

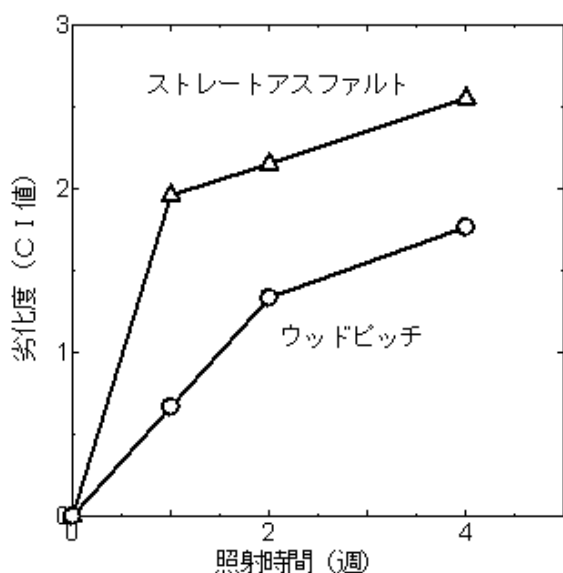


図 2.9 紫外線による劣化効果

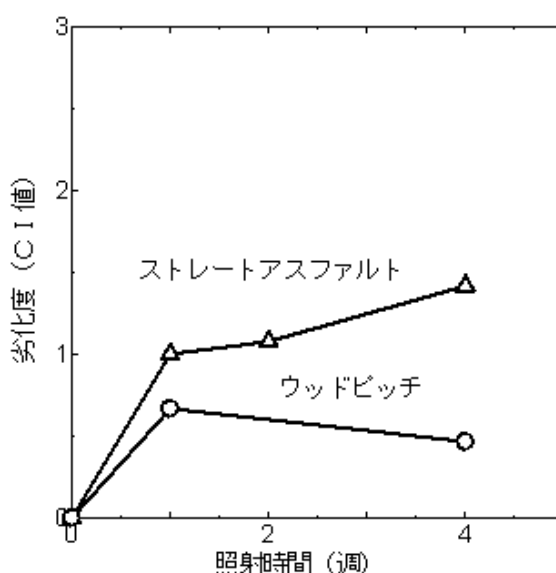


図 2.10 太陽光による劣化効果

2.5 ウッドピッチの組成分析

2.5.1 乾燥減量試験

ウッドピッチの組成分析をするために、アスファルトの組成分析に通常用いられる方法¹⁾²⁾を適用した。この操作において、各所で 100~110°C で乾燥する行程があるため、ウッドピッチの乾燥減量を求めたところ、ウッドピッチは 41.6±2.6% 減量することがわかった。これは主に水分による減量であろうが、酢酸のような低沸点物質も散逸していると考えられる。

2.5.2 組成分析

ウッドピッチの組成分析にカラムクロマトグラフを用いる4成分分析法を適応した。すなわち、図 2.11 に示すようなアスファルテン、レジン、芳香族分、飽和分に分ける方法である。

<操作>

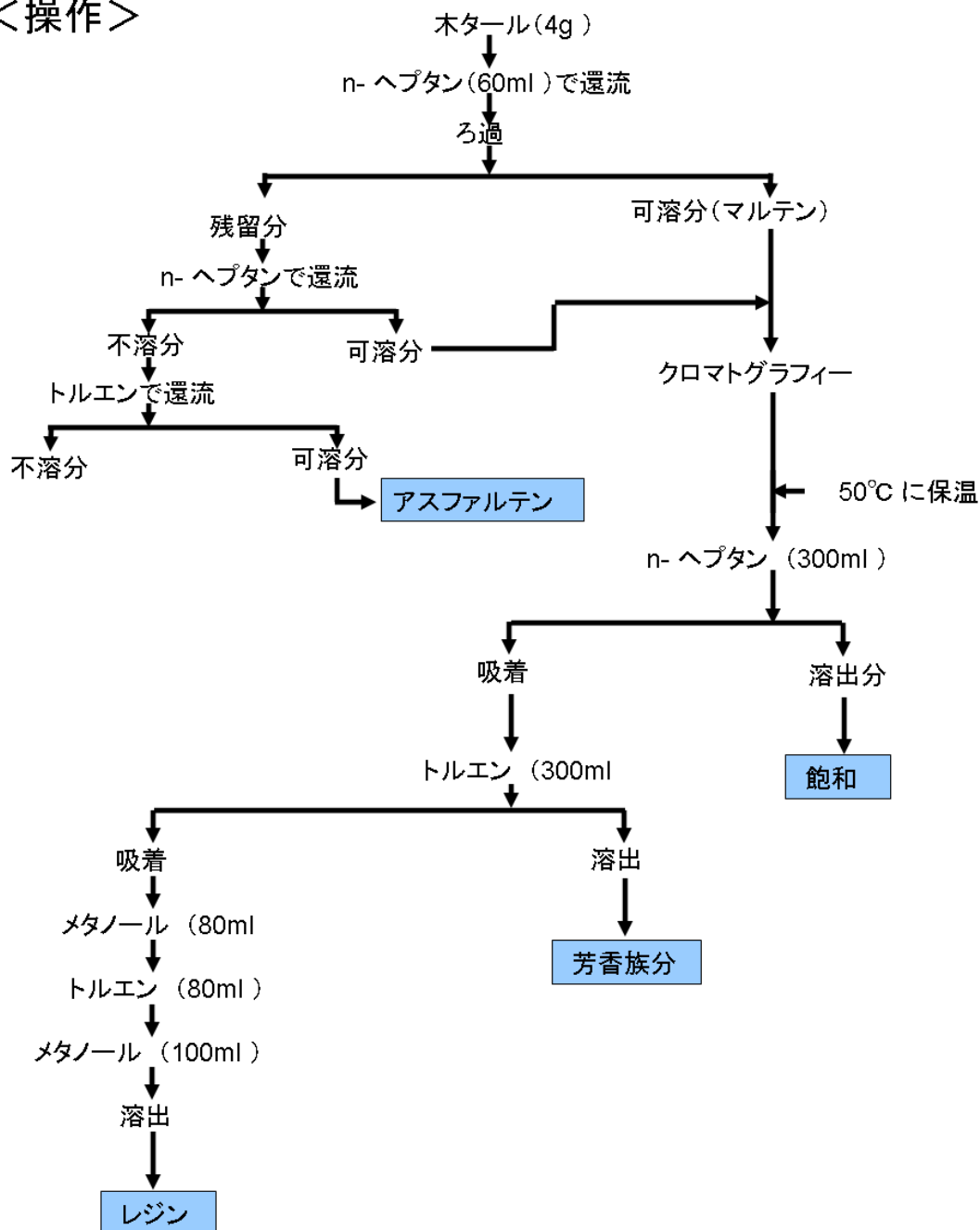


図 2.11 四成分組成分析系統図

試料中の各成分の各溶剤に対する溶解度とアルミナカラム吸着剤（粒径 200 メッシュの活性アルミナゲル）に対する吸着性の差異を利用して分離する手段である。試験法の概要は、試料を n-ヘプタンに溶かし、不溶分をろ過した後、ろ紙を n-ヘプタンで熱還流することによってマルテンを抽出する。ろ紙上のアスファルテンはトルエンで抽出分離する。

一方、n-ヘプタン中のマルテンは、アルミナカラムに吸着させた後、n-ヘプタン、トルエンおよびメタノールで順次展開溶出させ、それぞれ飽和分、芳香族分、レジン分として分離する。分析結果を表 2.9 に示す。表 2.9 には、ウッドピッチに対する組成成分値と共に、ストレートアスファルトに関するデータ¹³⁾も比較として掲載した。

表 2.9 ウッドピッチ及びストレートアスファルトの組成分析比較

ウッドピッチの組成分析		ストレートアスファルトの組成分析 ¹²⁾			
		アラビアンナイト	クウェート	カフジ	イラニアンヘビー
アスファルテン	39.4 (%) ± 3.9 (%)	11.1 (%)	13.9 (%)	22.6 (%)	13.3 (%)
飽和分	1.89 (%) ± 0.08 (%)	21 (%)	15.7 (%)	13.3 (%)	19.6 (%)
芳香族分	1.23 (%) ± 0.99 (%)	54.7 (%)	55.6 (%)	50.8 (%)	50.5 (%)
レジン分	19.97 (%) ± 2.73 (%)	13.2 (%)	14.8 (%)	13.3 (%)	16.6 (%)
乾燥減量分(水分)	41.6 (%) ± 2.6 (%)				
計	104.09 (%) ± 10.3 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)

従来のストレートアスファルト中のアスファルテン含有比は 10~13%程度で、熱や酸化の過程でアスファルテンは増加すると言われている¹⁴⁾。劣化の際は、同時に芳香族分はレジン分に、レジン分はアスファルテンに変化する¹⁴⁾。従来使用されているストレートアスファルトとウッドピッチとを比較すると、ウッドピッチにはアスファルテン成分が多く、飽和分と芳香族分が少ないことが分かる。ウッドピッチのアスファルテンの相対的含有比は 50%近くであり、従来のストレートアスファルトで考えると相当劣化が進行していると考えられる。

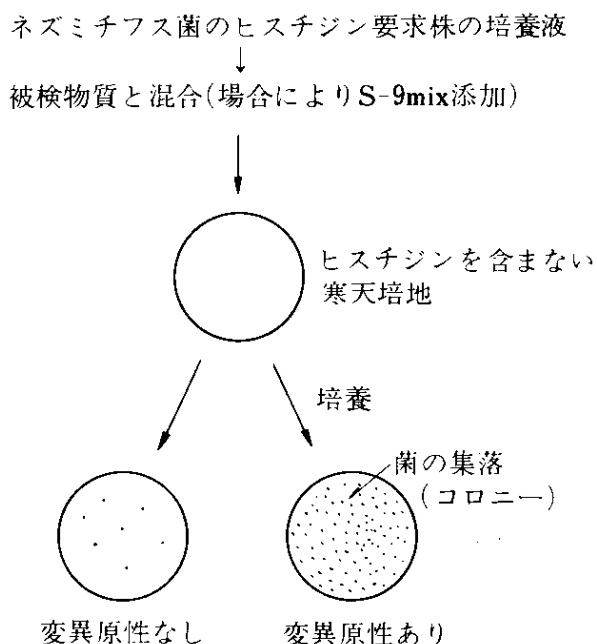
2.6 変異原性試験によるウッドピッチの毒性試験

2.6.1 Ames 試験

B. N. Ames らにより開発された方法で、ネズミチフス菌 *Salmonella typhi-murium* のヒスチジン要求株の復帰突然変異を見る方法である¹⁵⁾。復帰突然変異とは、ある生物が突然変異を起こして元の生物株（野生株）とは異なった性質になった場合、これが更に突然変異を起こして野生株と同じ性質に戻ることをいう。ネズミチフス菌の野生株はヒスチジン要求性がない。すなわち栄養源としてヒスチジンを与えなくても、自らヒスチジンを合成して生育することができる。ところが突然変異によりヒスチジン要求株となった場合には、ヒスチジンを与えなくては生育できなくなる。このような変異株に変異原性物質が作用するとごく低率ではあるが、復帰突然変異を起こしてヒスチジンなしでも生育できる野生型に戻る。ヒスチジンを含まない寒天培地にこの菌を植えると、ヒスチジン要求株は増殖しないが、復帰突然変異を起こした場合には増殖してコロニーを形成するので、変異が起こったか否かを知ることができる。

2.6.2 短期変異原性試験 umu-テスト

この試験は DNA への損傷により誘発される一連の遺伝子群 (SOS 遺伝子) のうち, 突然変異に直接関与している umu 遺伝子の発現を, β -galactosidase 活性を指標として非色測定する方法である¹⁵⁾. 更に, この試験は現在, 変異原性試験の主流である Ames テストや実験動物を使って調べる癌原性試験の結果とよく相関しており, Ames テストでは不可能なヒスチジン含有物質でも試験可能なため, 食品・尿・血液・粗抽出物等の検体も適用可能である.



2.6.3 ウッドピッチに対する変異原性試験 umu-テスト

ウッドピッチの実用化にあたって, ウッドピッチとストレートアスファルトの毒性についての比較を行う必要があり, 変異原性試験 umu-テストを行った.

ウッドピッチ 1g 採取し, エタノールを用いて完全に溶解させ希釈し, 濃度は 1% に調製した. 次に, この溶液をろ過し, ろ液を 100ppm および 10ppm に希釈した. 同様の手順で, 溶質をストレートアスファルト, 溶媒をベンゼンに変更し作製した.

100ppm および 10ppm エタノールに溶解したウッドピッチ溶液と, 100ppm および 10ppm ベンゼンに溶解したストレートアスファルト溶液に umu-テスト菌液に培養液 1mL 加え, 軽く手で混和しインキュベーター (37°C) 内で 1 時間静置する. 次に, 培養液内の残りの全液を umu-テスト菌液に加え (菌液 A), 軽く混和しさらに, 37°C で 2 時間静置する.

陽性対照物質 AF-2 (9 μ g/mL), 2-AA (300 μ g/mL) は 100%DMSO 溶液なので精製水で 10 倍希釈 (100 μ L+900 μ L) した後, 溶媒 (10%DMSO) で AF-2 は 3 倍段階希釈系列 (100 μ L+200 μ L), 2-AA は 10 倍段階希釈系列 (100 μ L+900 μ L) を調製する. 調製した検体・溶媒を 10 μ L で各 well に入れる. 陽性対照物質溶液は 10 μ L をマイクロプレートの各 well に入れる.

S9 (乾燥品) に, 室温で自然解凍したコファクター I 液を全量加え, 静かに手で回しながら混和し, S9 Mix を作製する. 菌液 A より S9 Mix 添加で測定する well 分の液量を, 空瓶となっている培養液バイアルに移す. 移しかえた菌液 A の 10% 量の S9 Mix を加える. 菌液 A をそのままマイクロプレートに 100 μ L ずつ分注し, S9 Mix を加えた菌液 B を 100 μ L ずつ分注する.

マイクロプレートを軽く振とう混和後 37°C 2 時間静置する. 静置後, 発色基質液を全 well に 100 μ L ずつ分注し, 再び 37°C 1 時間静置する. 最後に, 反応停止液を全 well に 100 μ L を分注する. 室温で数秒間振とう混和後 2~3 分で発色が安定するので, 波長 620nm 付近で吸光度を測定する.

発色基質液分注後、ストレートアスファルトの検体は青く発色したが、ウッドピッチの検体は発色しなかった。吸光度で比較してもストレートアスファルトは全体的に数値が大きく毒性が有るといえる。しかし、ウッドピッチは空 well とほぼ等しい数値であったため無毒性であるといえる。

それぞれの試料の濃度を変化させ、毒性の有無を判断できる境界を探した結果を表 2.10 に示す。比較として、タバコの抽出液について測定した結果も示す。umu-テストに使用する検体は、希薄な液体である必要がある。したがって、ウッドピッチ、ストレートアスファルト、比較対象としてタバコを純水に接触させ、一部を抽出させる方法を採用した。濃度条件の記述の際は、作製した溶液をその濃度の対応液とした。まず、ウッドピッチ 100 mg を採取し、純水を 100mL 加え、攪拌機(350 rpm)で 30 分攪拌した。この溶液をセルロースフィルター(アドバンテック社 DISMIC-25 0.45 μm)を用いてろ過した。この溶液を 1000ppm 対応液とした。同様に、ストレートアスファルト、タバコについても同じ手順で、溶液を作製し、各濃度の溶液を作製し、umu-テストに供した。

表 2.10 に示されるように、ウッドピッチは 50000ppm 以上で発色、ストレートアスファルトは 1000ppm 以上で発色、タバコは 100ppm 以上で発色することが確認された。発色最低濃度が大きいほど危険性が少ないと考えられ、危険性を判断しやすくする目的で、逆数を取り、比較対象として用いたタバコを危険度 100 として表 2.11 に示した。現在、道路舗装に使用されているストレートアスファルト中には、発ガン物質であるベンゾ[α]ピレンが 0.1~27ppm 含まれているが、あまり生物体に大きな影響を与えていない。この結果が示すように、ウッドピッチはストレートアスファルトより、更に 500 倍安全と考えられる。したがって、実際の道路資材への利用がより適切であると考えられる。

表 2.10 変異原性試験による発色結果

	10(ppm)	100	1000	50000
ウッドピッチ	—	×	×	○
ストレートアスファルト	—	×	○	○
タバコ(比較対象)	×	○	○	—

○:発色を確認(変異原性有り)、 ×:発色を未確認(変異原性無し)

表 2.11 変異原性試験の発色最低濃度の結果

	発色最低濃度(ppm)	危険度
ウッドピッチ	50000	0.2
ストレートアスファルト	1000	10
タバコ(比較対象)	100	100

※ 純水による抽出成分比較

※ 危険度は、タバコを100として計算

2. 7 土壤汚染対策法の環境基準への適合

舗装材料として利用することから「土壤の汚染に係る環境基準について（環境庁告示第46号）」に関する分析結果を行った。結果は表 2.13 に示すとおりである。

表 2.12 土壤の汚染に係る環境基準についての分析結果

項 目	結 果	基 準 値
カドミウム	0.001 未満 mg/l	0.01mg/l 以下
全シアン	0.05 未満 mg/l	不検出
有機りん	0.1 未満 mg/l	不検出
鉛	0.005 未満 mg/l	0.01mg/l 以下
六価クロム	0.02 未満 mg/l	0.05mg/l 以下
ヒ素	0.005 未満 mg/l	0.01mg/l 以下
総水銀	0.0005 未満 mg/l	0.0005 以下 mg/l
アルキル水銀	0.0005 未満 mg/l	不検出
PCB	0.0005 未満 mg/l	不検出
トリクロロエチレン	0.0005 未満 mg/l	0.03 mg/l 以下
テトラクロロエチレン	0.0005 未満 mg/l	0.01mg/l 以下
ジクロロメタン	0.0005 未満 mg/l	0.02mg/l 以下
四塩化炭素	0.0005 未満 mg/l	0.002mg/l 以下
1, 2-ジクロロエタン	0.0005 未満 mg/l	0.004mg/l 以下
1, 1-ジクロロエチレン	0.0005 未満 mg/l	0.02mg/l 以下
シス-1, 2-ジクロロエチレン	0.0005 未満 mg/l	0.04mg/l 以下
1, 1, 1-トリクロロエタン	0.0005 未満 mg/l	1 mg/l 以下
1, 1, 2-トリクロロエタン	0.001 未満 mg/l	0.006 以下 mg/l
1, 3-ジクロロプロペン	0.002 未満 mg/l	0.002mg/l 以下
チウラム	測定不能	0.006mg/l 以下
シマジン	0.003 未満 mg/l	0.003mg/l 以下
チオベンカルブ	0.002 未満 mg/l	0.02mg/l 以下
ベンゼン	0.0012 未満 mg/l	0.01mg/l 以下
セレン	0.001 未満 mg/l	0.01mg/l 以下
フッ素	0.2 未満 mg/l	0.8mg/l 以下
ホウ素	0.1 未満 mg/l	1 mg/l 以下
銅(含有量試験)	20 未満 mg/l	—

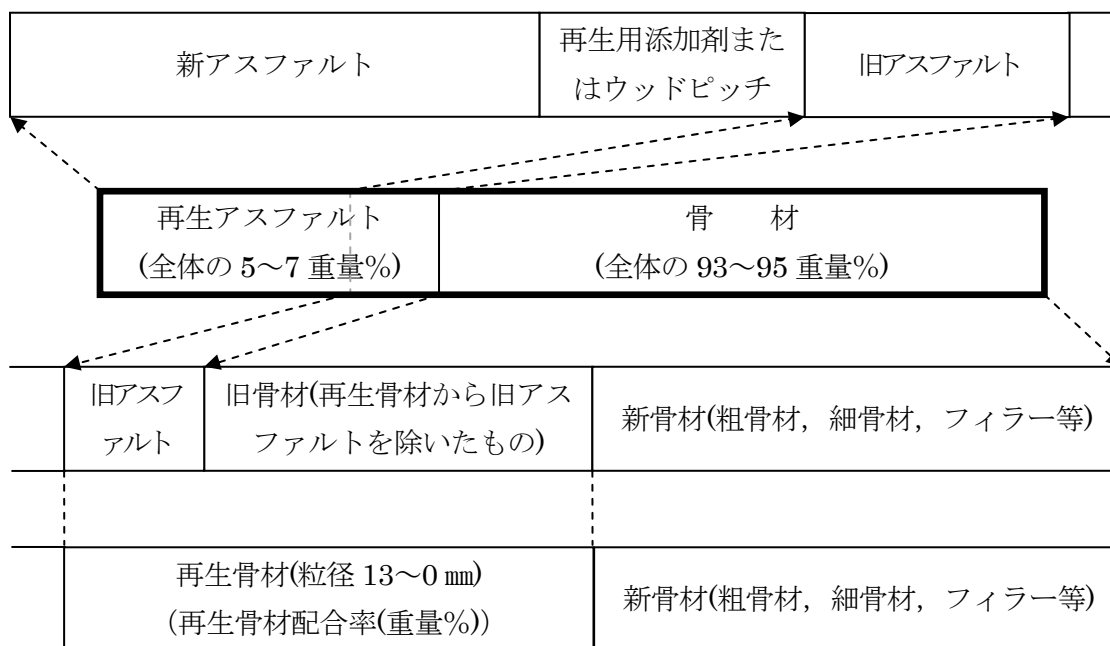
(注1) 測定値の「未満」は定量下限値未満を意味する。

(注2) 全シアン、アルキル水銀、PCB および有機りんについて、定量下限未満値は基準値の「不検出」に相当する。

チウラムが油分の影響で測定不能であったが、その他は基準値以下であった。

2. 8 ウッドピッチの再生用添加剤への適用性

再生用添加剤は、旧アスファルトの針入度などの性状を回復させるために再生アスファルト混合物や再生アスファルト安定処理に添加するものをいう³⁾。再生アスファルト混合物は新アスファルト、旧アスファルト、再生用添加剤またはウッドピッチ及び骨材からなる。再生用添加剤と再生骨材の再生アスファルト混合物における構成を図 2.12 に示す(密粒度アスファルト混合物の例)。旧アスファルトと新アスファルトの割合は再生骨材配合率によって変化する(具体的な配合例は資料 3 参照)。また、再生用添加剤の旧アスファルトに対する添加率は、設計針入度の調整によって決まる(3. 4. 1項参照)。



太枠は再生アスファルト混合物全体を示す。

図 2.12 再生アスファルト混合物における構成

表 2.13 舗装関係材料とウッドピッチの性状

項目	舗装用石油アスファルト 60-80(注 1)	再生用添加剤 (注 2)	ウッドピッチ (山形産) (注 3)
密度(15℃,g/cm ³)	1,000 以上	報告	1,145
動粘度(60℃,mm ² /s)	約 200	80~1,000	34.9
引火点(℃)	260 以上	250 以上	引火しない
薄膜加熱質量変化率(%)	0.6 以下	±3 以下	未計測

(注 1)品質規格(JIS K 2207-1996)

(注 2)アスファルト系および石油潤滑油系の標準的性状(舗装再生便覧 平成 22 年版)

(注 3)実測値(薄膜加熱変化率は木タールが水分を含んでいるため、相当量の変化が予想される)

ウッドピッチは、ストレートアスファルトや一般に使用されている石油潤滑油系再生用

添加剤に比べ、動粘度が小さく引火しない特徴を有する (表 2.12 参照)。従って石油潤滑油系再生用添加剤よりも容易に取り扱う事ができる。

2. 9 まとめ

本章では、ウッドピッチの性質と再生用添加剤への適用性について検討した。これまでの結果、明らかになったのは次のとおりである。

- 1) ウッドピッチは、木質チップを燃料としてガス化燃焼して発電を行い、その過程の中でガスを冷却・回収した木材の乾溜液であり、重質タールと軽質タールに分類される。本研究で用いたウッドピッチは、やまがたグリーンパワー(株) (山形県村山市) の木質バイオマスガス化発電及びいしかわグリーンパワー(株) (石川県羽咋郡) の木質バイオマスガス化発電 (写真 2.1 参照) の副産物である重質タールである。
- 2) ウッドピッチの含有成分を調査するため、極性溶媒であるアセトン、エタノールおよび非極性溶媒であるヘキサンで抽出したものを、ガスクロマトグラフ質量分析した結果、*m*-クレゾール等のフェノール類、多環芳香族類を含有していることを確認した。これらの成分は高濃度であれば有害物質であるが、低濃度であるならば危険な物質ではない。
- 3) ウッドピッチの紫外線に対する劣化度の調査を行った結果、ストレートアスファルトよりも劣化が小さいことが確認できた。
- 4) ウッドピッチとストレートアスファルトを比較すると、ウッドピッチにはアスファルテン成分が多く、飽和分と芳香族分が少ない。
- 5) ウッドピッチの毒性に関しては、変異原性試験結果から、タバコの危険度を 100 と考えた場合、ウッドピッチが 0.2 となり、タバコより 500 倍安全と考えられる。
- 6) ウッドピッチは、ストレートアスファルトや一般に使用されている石油潤滑油系再生用添加剤に比べ、動粘度が小さく引火しない特徴を有する。
- 7) 「土壌の汚染に係る環境基準について (環境庁告示第 46 号)」に関する分析結果では、チウラムが油分の影響で測定不能であったが、その他は基準値以下であった。

参考文献

- 1) 舗装再生便覧 (社) 日本道路協会, 2010
- 2) 溶媒抽出化学: 田中元治, 赤岩英夫, 掌華房, pp170-175, (2000)
- 3) 分析化学: 奥谷忠雄, 河嶋拓治, 保母敏行, 本水昌二, 東京教学社, p3, (2010)
- 4) 化学便覧, 日本化学会編, (2005)
- 5) イオン液体: 北爪智哉, 淵上寿雄, 沢田英夫, 伊藤敏幸, コロナ社, pp32-34, (2005)
- 6) 環境の化学分析: 日本分析化学会北海道支部編, p152, (1998)
- 7) 環境化学物質の評価法, 作業環境計量
- 8) インターネット
- 9) 有機化合物のスペクトル解析: 小川桂一郎, 榊原和久, 村田 滋, 東京化学同人, pp63-67, (2008)
- 10) 繰返し再生を考慮したアスファルト混合物の再生に関する研究: 加納孝志, 新田弘幸, 佐々木巖, 西崎到, 久保和幸, 土木学会舗装工学論文集 14, pp117-122, (2009)
- 11) 機器分析: 田中誠之, 飯田芳男, pp19-22, (2003)
- 12) 組成分析試験法 (JP-5S-22)
- 13) 防水工事用アスファルト Q&A 技術解説編, (社) 日本アスファルト協会, アスファルトルーフィング工業会, p8, (2003)
- 14) ASPHALT Vol 32, pp71-72, (1990)
- 15) 特異原物質試験法: 早津彦哉, 廣川書店, pp15-35

第3章 室内試験による配合設計

3. 1 概説

アスファルト混合物で舗装を行うには、舗装材の配合を決定しなければならないのでウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の配合設計方法を確立しなければならない。一般のアスファルト混合物の配合設計はマーシャル安定度試験¹⁾で行う²⁾。第3章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の配合設計を従来の方法のマーシャル安定度試験による方法(以下では従来の方法と称する)で行い、この配合設計方法の実用性について検討・評価する。また、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物のマーシャル安定度試験の物性において、再生骨材による物性のばらつきを排除するため、疑似再生アスファルト混合物を用いて検討・評価する。

3. 2 検討・評価方法

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の配合設計方法は、1)マーシャル安定度試験の供試体作製温度を求める、2)ウッドピッチにより設計針入度の調整を行う、3)密粒度アスファルト混合物を用いて、従来の方法による配合設計を行い実用性について検討する、4)ウッドピッチの水分量や再生骨材の性状の違いによる従来の方法の実用性について検討を行い、従来の方法による配合設計方法の実用性を評価する。

3. 3 マーシャル安定度試験の供試体作製時の混合温度と締固め温度

マーシャル安定度試験の供試体作製時の混合温度・締固め温度は、一般的にアスファルトの動粘度が $300 \pm 20 \text{ mm}^2/\text{s}$ および $180 \pm 20 \text{ mm}^2/\text{s}$ になるときの温度である³⁾。ウッドピッチを再生用添加剤として用いたアスファルトの動粘度は「二重円筒回転粘度計による粘度試験方法」⁴⁾で粘度を求め動粘度に換算する。一般的に動粘度は粘度を密度で除して求めている。ウッドピッチ添加再生アスファルトの密度を計測するのは難しいので、ストレートアスファルト60~80(JIS K 2207-1996)の密度(15°C)を用い、各温度における密度は熱膨張係数(5.9×10^{-4})⁵⁾で除して補正した。ウッドピッチ添加再生アスファルトの配合条件は、1)再生骨材の全骨材に対する使用率50重量%、2)設計針入度70(1/10 mm)として2回配合を行った。結果を表3.1に示す。温度は120, 150, 180°Cで粘度を計測した。試験結果を図3.1に示す。

表3.1 ウッドピッチ添加再生アスファルトの配合

材 料	比率(%)		備 考
	1回目	2回目	
旧アスファルト	43.6	45.3	再生骨材から回収
新アスファルト	45.1	43.8	ストレートアスファルト60~80
ウッドピッチ	11.3	10.9	やまがたグリーンパワー(株)
合 計	100.0	100.0	

図 3.1 から求めたウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の適正な混合温度・締固め温度を表 3.2 に示す。対照としてストレートアスファルト混合物の混合温度・締固め温度を示す。

表 3.2 ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の混合温度・締固め温度

混合物の種類	混合温度(°C)	締固め温度(°C)
ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物	147~153	135~138
ストレートアスファルト混合物	155~161	143~146

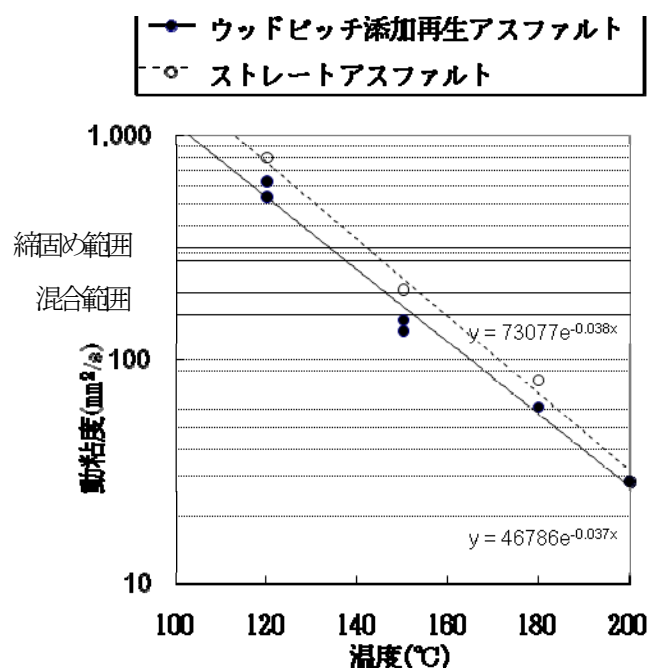


図 3.1 ウッドピッチ添加再生アスファルトの温度と動粘度

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の混合温度・締固め温度は、ストレートアスファルト混合物と比較して約 10°C 低くなった。再生アスファルト混合物はストレートアスファルト混合物と比較して混合温度・締固め温度を約 10°C 高くすることが一般的なので、再生アスファルト混合物では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は一般の再生アスファルト混合物と比較して約 20°C 低くすることができると考えられる。

3. 4 配合設計方法の検討

3. 4. 1 設計針入度の調整

再生アスファルト混合物は、再生アスファルトの針入度が設計針入度に適合するよう再生用添加剤で調整する⁶⁾。本研究では再生用添加剤にウッドピッチを用いるが、再生用添加剤と同じ方法で調整する。ウッドピッチは入荷状態の水分量を含むもの(ウッドピッチ①)、水分を蒸発させたもの(ウッドピッチ②)および対照として市販の石油潤滑油系の再生用添加剤(以下では石油潤滑油系と称する)を用いる。ウッドピッチ①と②、石油潤滑油系

の添加量は旧アスファルト量に対する添加率(重量%)で表す。添加率と針入度の関係を図 3.2, 設計針入度に対する添加率を表 3.3 に示す。設計針入度 70(1/10 mm)になるウッドピッチ①と②の添加率は旧アスファルト量に対し 45.0, 24.6 重量%であり数値は大きく異なる。水分量, 揮発分量の違いであると考えられるのでウッドピッチの品質管理は重要である。ウッドピッチの添加率は①と②ともに石油潤滑油系と比較してかなり多くなった。

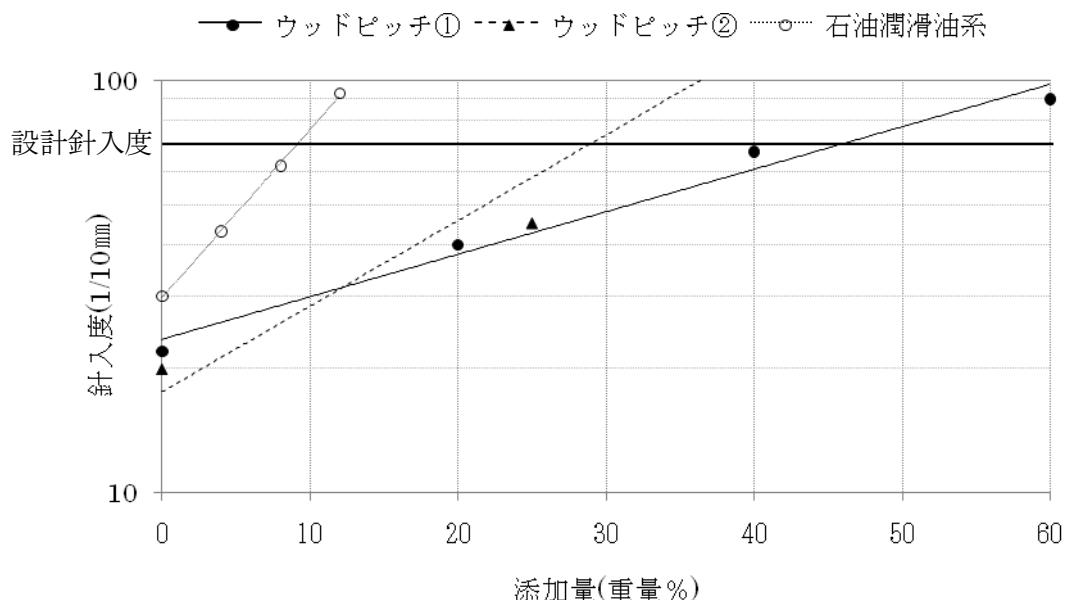


図 3.2 ウッドピッチ添加量と針入度

表 3.3 設計針入度に対するウッドピッチの添加率

(重量%)

再生用添加剤の種類	対旧アスファルト	対アスファルト混合物
ウッドピッチ①	45.0	0.967
ウッドピッチ②	24.6	0.661
石油潤滑油系	9.0	0.193

3. 4. 2 設計アスファルト量の決定

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の設計アスファルト量は、従来の方法による配合設計方法で求めることができるか否かを検討する。供試体に用いた材料を表 3.4 に示す。供試体作製時の温度は 3. 3 節, ウッドピッチの添加量は 3. 4. 1 項の値を用いた。以下, 混合物の種類ごとに配合設計を行い, 設計アスファルト量を求める。対象とするアスファルト混合物の種類は使用頻度の高い密粒度アスファルト混合物, 粗粒度アスファルト混合物, 細粒度アスファルト混合物及びアスファルト安定処理とした。

表 3.4 供試体の材料

材料名	材質・規格	産地
5号砕石	安山岩	坂井市丸岡町 下久米田
6号砕石		
7号砕石		
スクリーニングス	山砂	あわら市北潟
粗砂		
細砂		
石粉	石灰岩粉末	滋賀県坂田郡
アスファルト	ストレートアスファルト 60~80	富士興産(株)
ウッドピッチ		やまがたグリーンパワー(株)
再生用添加剤	オイル系	富士興産(株)

(1) 再生密粒度アスファルト混合物

再生密粒度アスファルト混合物は、最大粒径 13 mmと 20 mmを用いた。以下では、再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)と称する。再生密粒度アスファルト混合物(13)は再生骨材配合率 40%、再生密粒度アスファルト混合物(20)は再生骨材配合率 50%でウッドピッチは水分を調整しないものを用いた。配合試験の結果を図 3.3~3.7 に対照として石油潤滑油系の再生用添加剤を用いたものを合わせて示す。

この結果、再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)とも安定度・密度は、ウッドピッチ添加の混合物は再生用添加剤のものより小さく、フロー値は再生密粒度アスファルト混合物(13)と同程度、再生密粒度アスファルト混合物(20)で木タール添加の混合物が小さくなった。空隙率はウッドピッチ添加の混合物が大きく、飽和度は小さくなった。これらの結果は全体的にほぼ整合している。マーシャル安定度試験の物性値(安定度、フロー値、空隙率、飽和度)の基準値を満足する共通範囲(以下、共通範囲と称する)と設計アスファルト量を表 3.5 に示す。ウッドピッチ添加再生密粒度アスファルト混合物は従来の方法による配合設計方法で共通範囲から設計アスファルト量を定めることができ、従来の方法による配合設計方法は適用した。ウッドピッチを添加した再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)とも設計アスファルト量は再生添加剤を添加したものより若干、大きくなった。次に再生密粒度アスファルト混合物(20)を用いて、

表 3.5 共通範囲と設計アスファルト量

(単位：%)

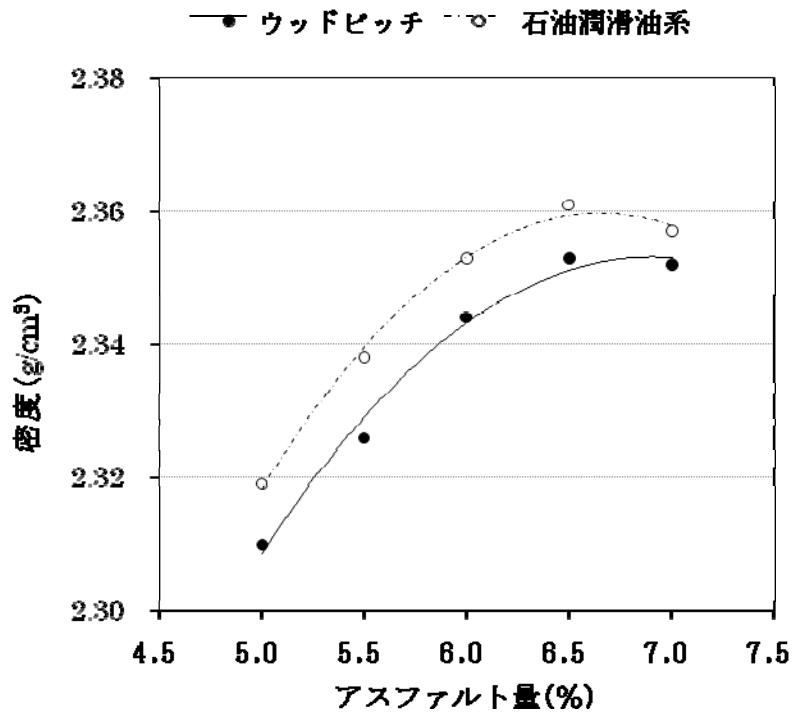
混合物の種類	再生用添加剤の種類	共通範囲	設計アスファルト量
再生密粒度アスファルト混合物(13)	ウッドピッチ	5.58~6.70	6.1
	再生用添加剤	5.43~6.40	5.9
再生密粒度アスファルト混合物(20)	ウッドピッチ	5.12~6.15	5.6
	再生用添加剤	5.08~5.88	5.5

木タールの水分量の違いによる従来の方法による配合設計方法の実用性について検討する。ウッドピッチの入荷状態の水分量を含むもの(ウッドピッチ①)と水分を蒸発させたもの(ウッドピッチ②)を用いた。結果を図 3.8~3.12 に示す。図中に示す基準値はマーシャル安定度試験の各物性値の基準値である。ウッドピッチ②が安定度とフロー値がかなり大きくなり、ウッドピッチの水分量のアスファルト混合物に及ぼす影響は大きく、ウッドピッチの品質管理は重要である。表 3.6 に共通範囲と設計アスファルト量を示す。ウッドピッチ①と②に変化はほとんどなく、ウッドピッチの水分量が配合設計に及ぼす影響は少なく、従来の方法による配合設計方法の実用性に問題はない。

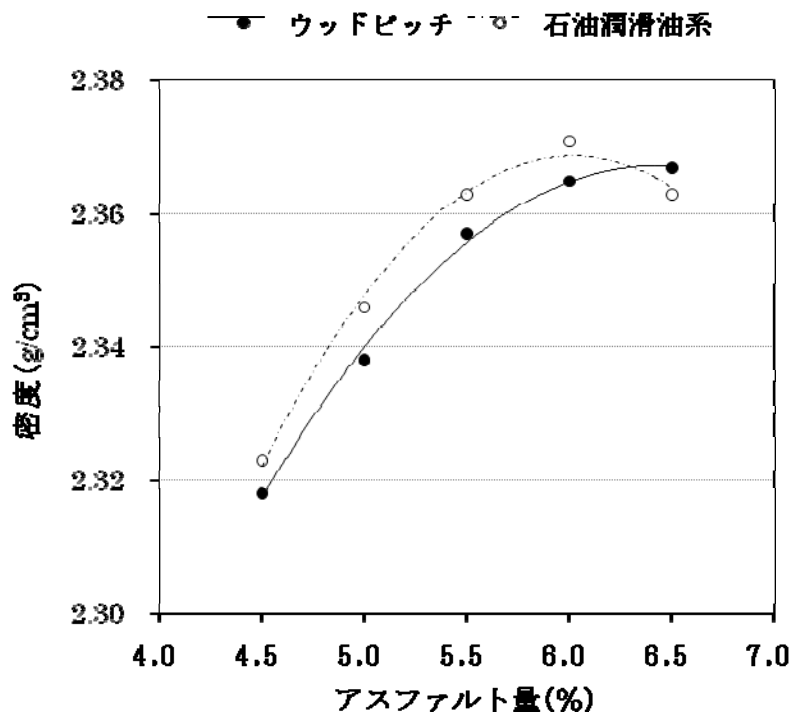
表 3.6 ウッドピッチの水分量と設計アスファルト量

(単位：%)

混合物の種類	再生用添加剤の種類	共通範囲	設計アスファルト量
再生密粒度アスファルト混合物(20)	ウッドピッチ①	5.12~6.15	5.6
	ウッドピッチ②	5.22~6.14	5.7

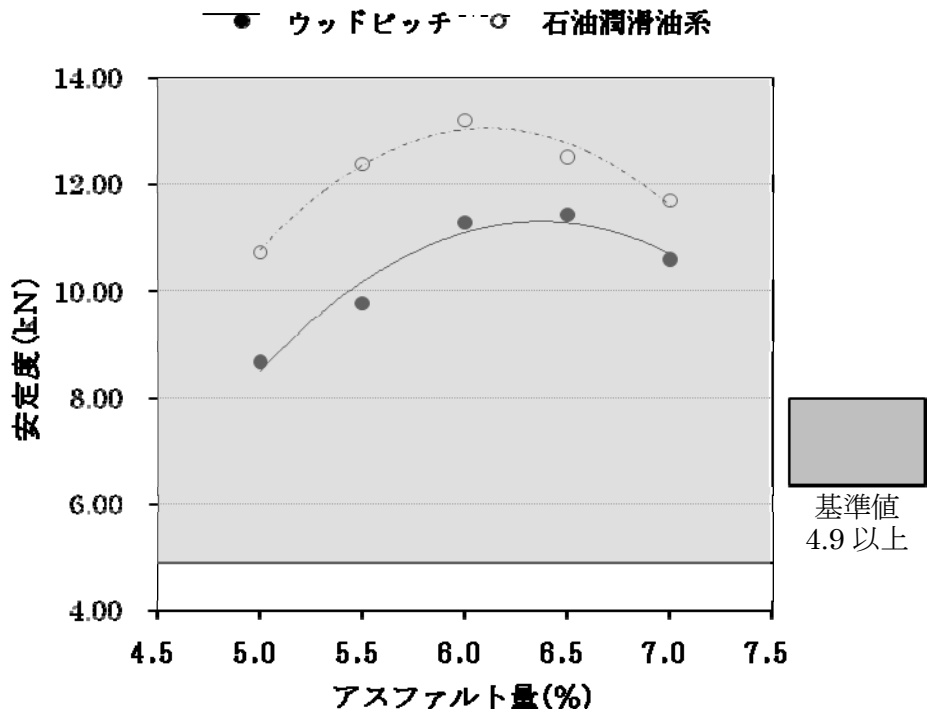


(a) 再生密粒度アスファルト混合物 (13)

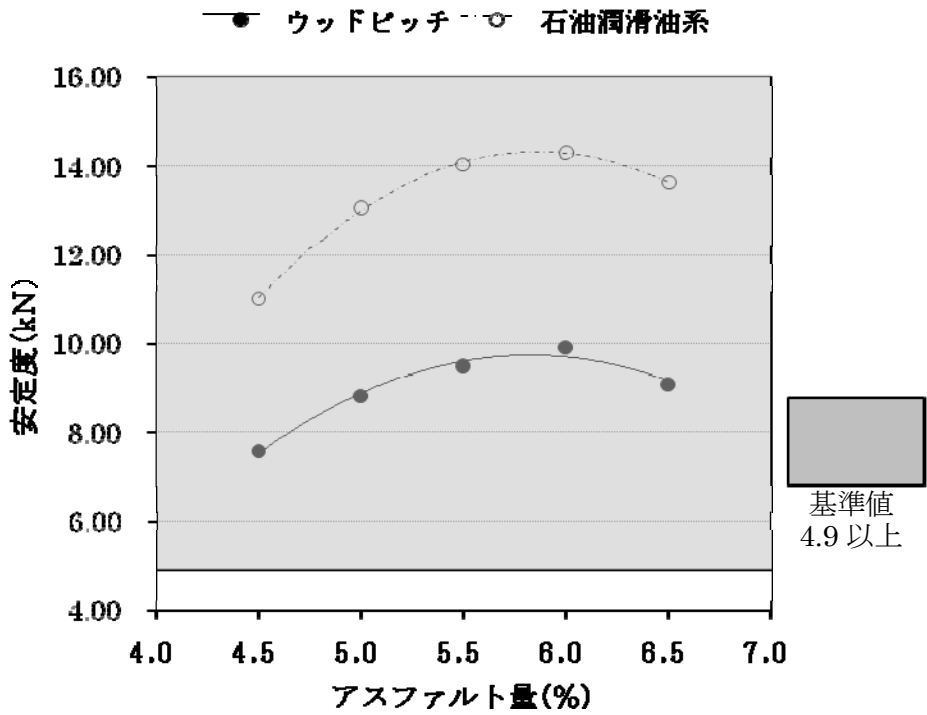


(b) 再生密粒度アスファルト混合物 (20)

図 3.3 ウッドピッチ添加再生密粒度アスファルト混合物の密度

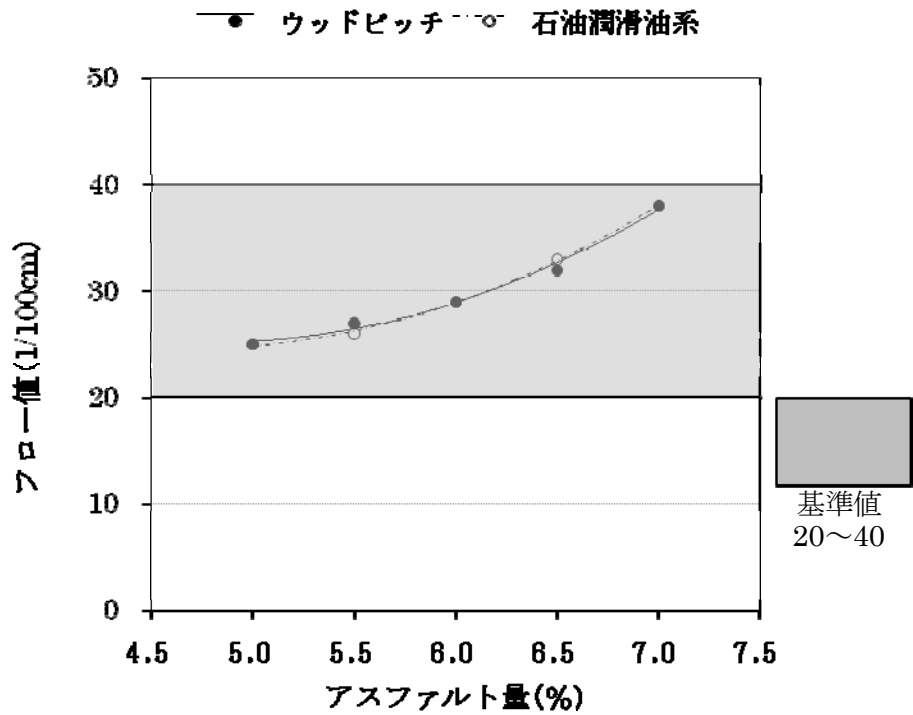


(a) 再生密粒度アスファルト混合物(13)

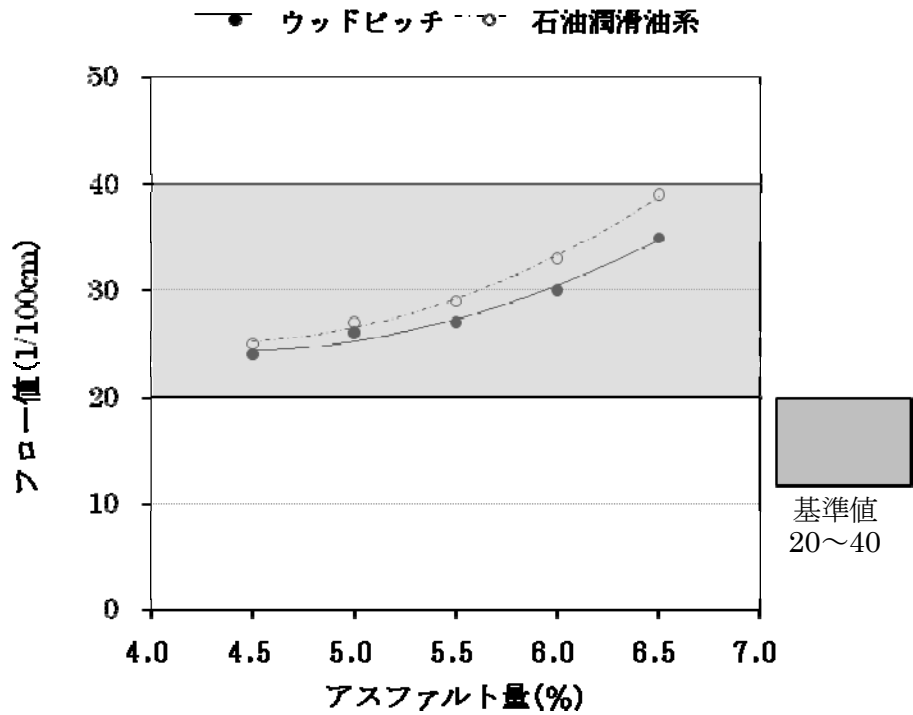


(b) 再生密粒度アスファルト混合物(20)

図 3.4 ウッドピッチ添加再生密粒度アスファルト混合物の安定度

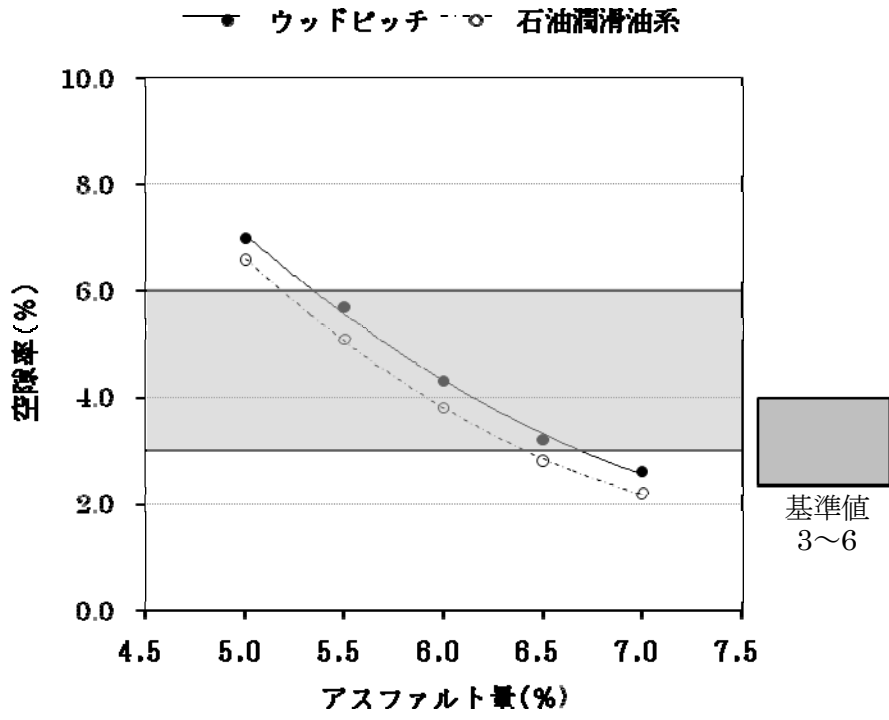


(a) 再生密粒度アスファルト混合物 (13)

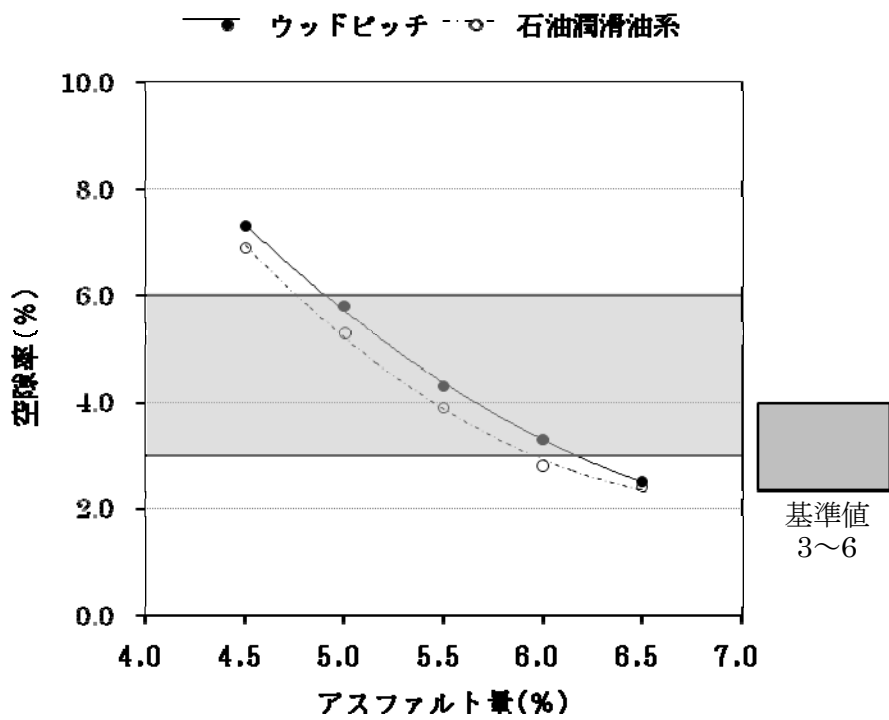


(b) 再生密粒度アスファルト混合物 (20)

図 3.5 ウッドピッチ添加再生密粒度アスファルト混合物のフロー値

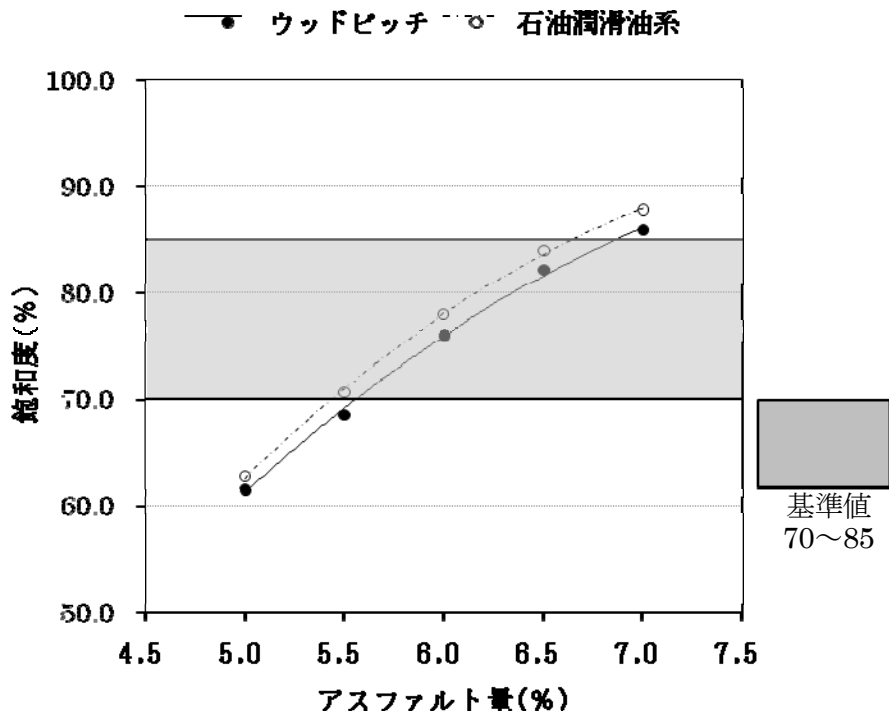


(a) 再生密粒度アスファルト混合物 (13)

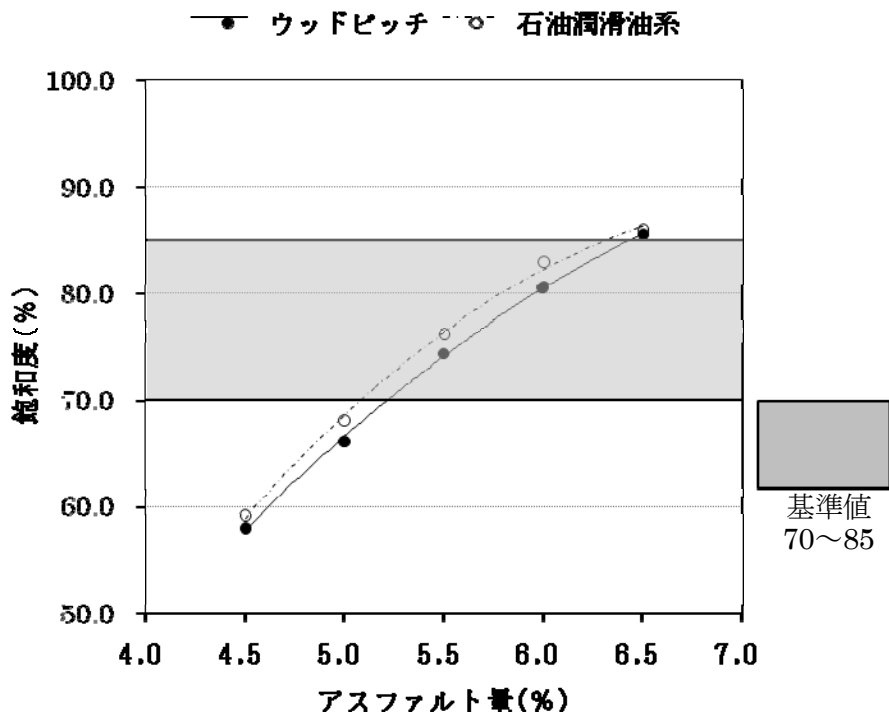


(b) 再生密粒度アスファルト混合物 (20)

図 3.6 ウッドピッチ添加再生密粒度アスファルト混合物の空隙率



(a) 再生密粒度アスファルト混合物(13)



(b) 再生密粒度アスファルト混合物(20)

図 3.7 ウッドピッチ添加再生密粒度アスファルト混合物の飽和度

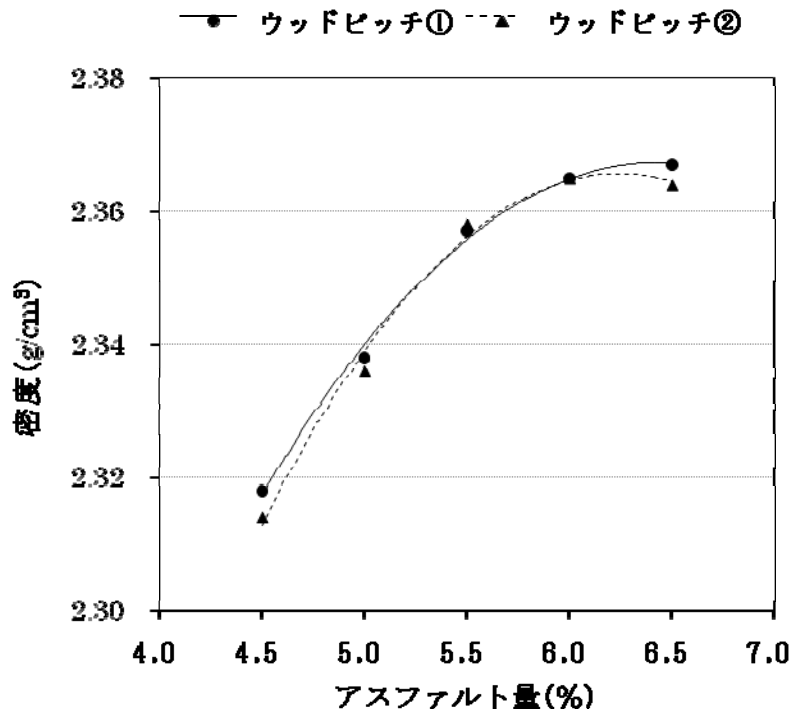


図 3.8 ウッドピッチの水分量と密度

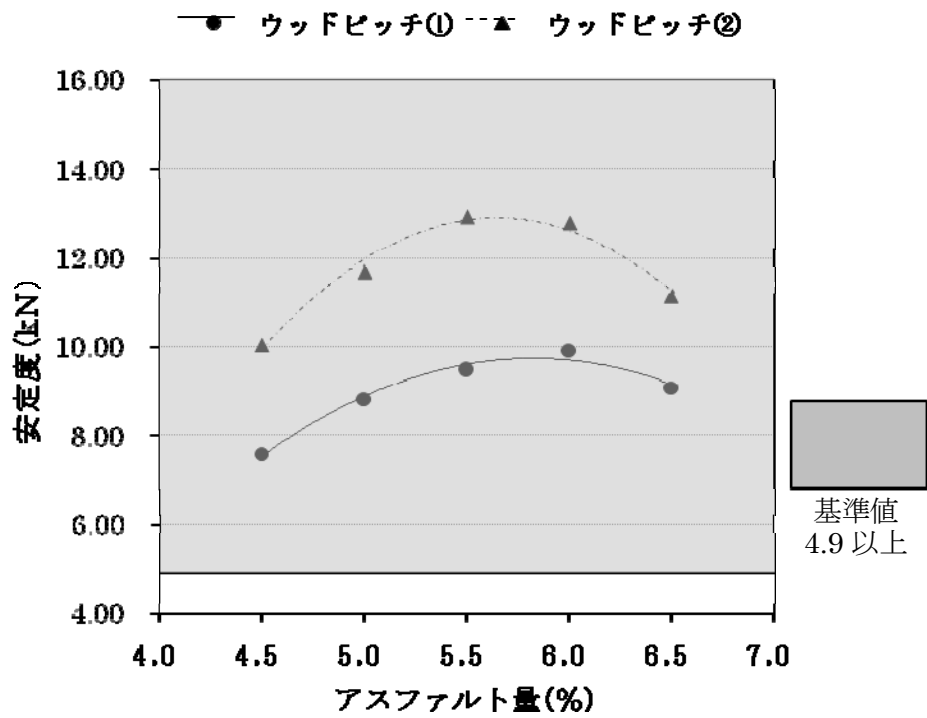


図 3.9 ウッドピッチの水分量と安定度

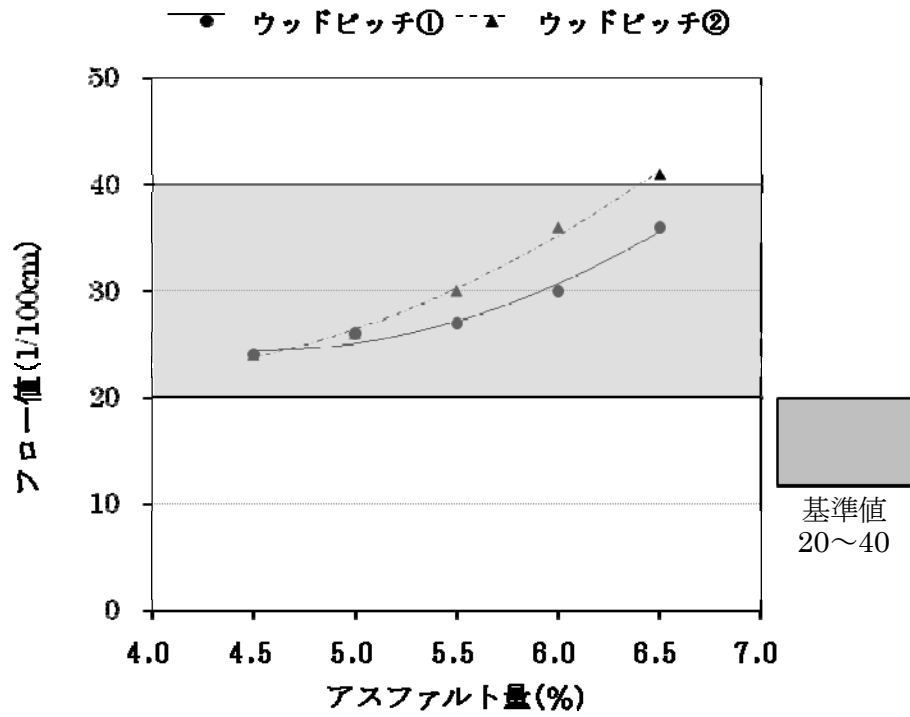


図 3.10 ウッドピッチの水分量とフロー値

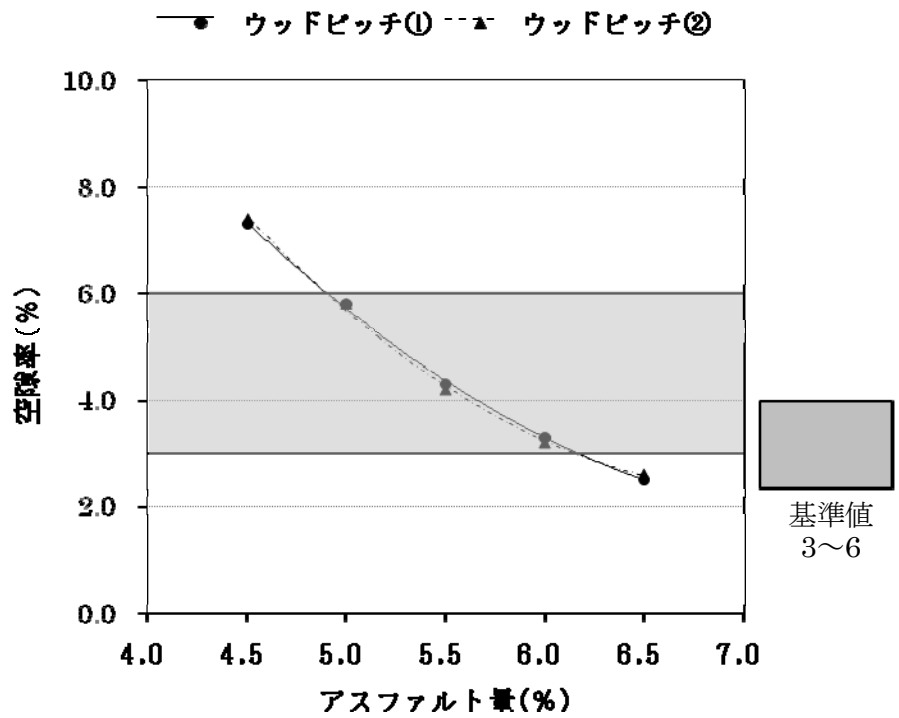


図 3.11 ウッドピッチの水分量と空隙率

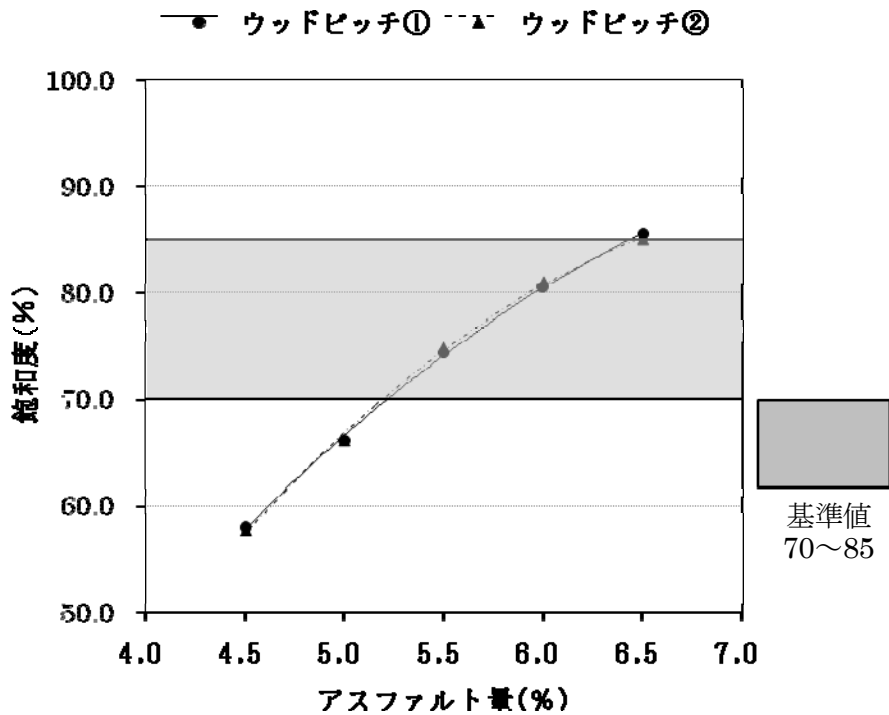


図 3.12 ウッドピッチの水分量と飽和度

さらに、再生密粒度アスファルト混合物(20)を用いて、再生骨材の物性の違いによる従来の方法による配合試験を行った。前田道路(榑福井工場)に回収された再生骨材(再生骨材①)と他社(福井県大野市榑土本組, 再生骨材②)のものを用いた。今回はマーシャル安定度試験の物性の内、安定度とフロー値を図 3.13 に示す。表 3.7 に再生骨材の性状を、表 3.8 に共通範囲と設計アスファルト量を示す。マーシャル安定度試験の物性は再生骨材の性状の影響を受けるが、設計アスファルト量は再生骨材①と②でほぼ同じであり、再生骨材の性状が配合設計に及ぼす影響は少ない。

表 3.7 再生骨材の性状

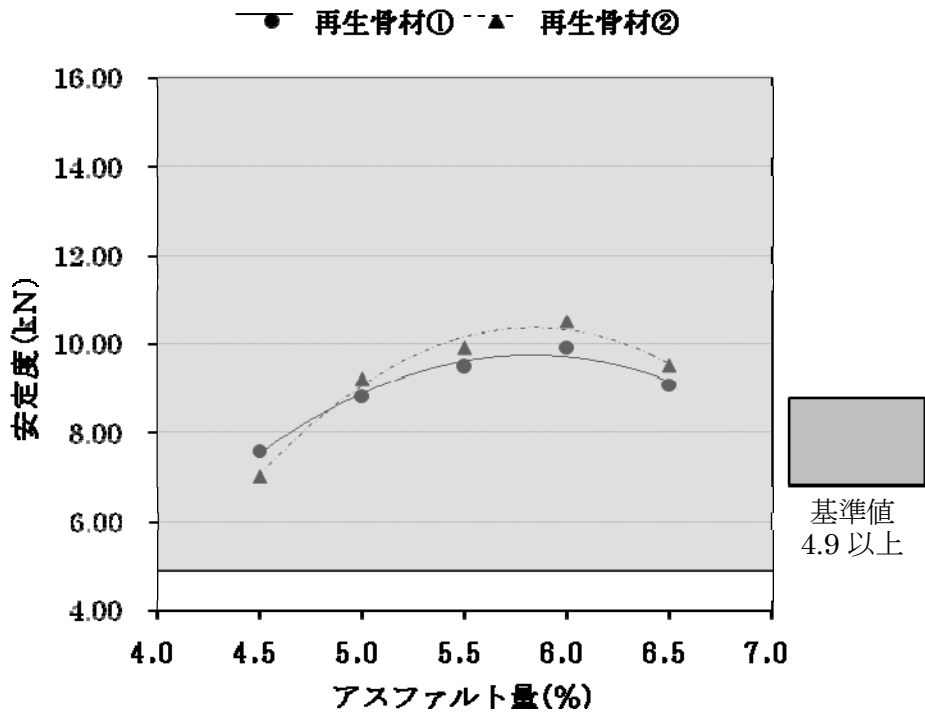
(単位：%)

再生骨材	旧アスファルト含有量(%)	旧アスファルト針入度(1/10 mm)	設計針入度 70(1/10 mm)になる再生用添加剤添加率(%)	
			対アスファルト	対混合物
①	5.10	20	40.0	1.075
②	5.14	31	43.2	1.075

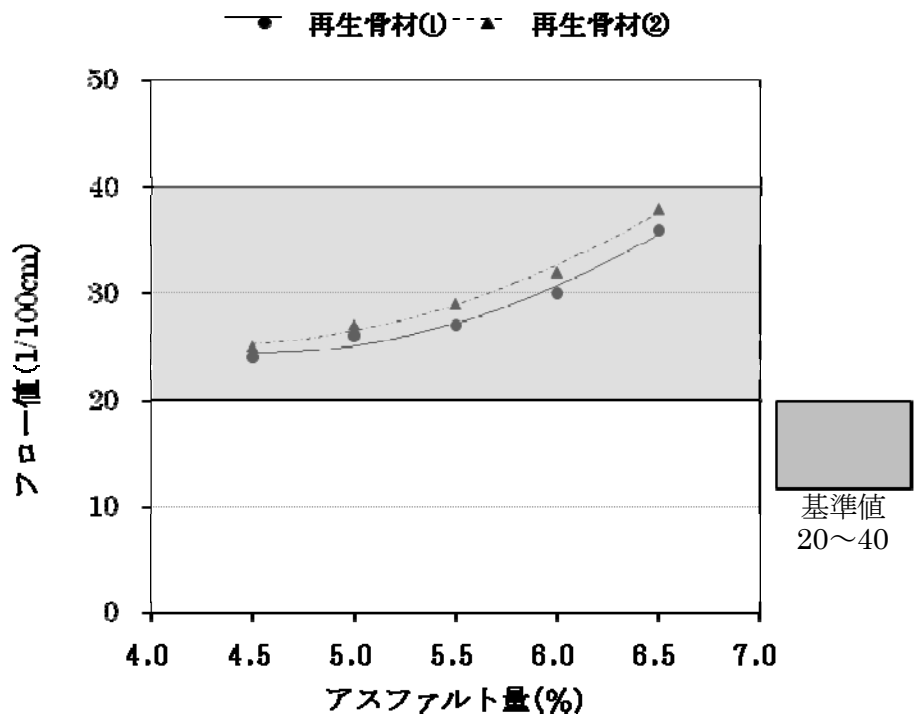
表 3.8 再生骨材と設計アスファルト量

(単位：%)

混合物の種類	再生骨材	共通範囲	設計アスファルト量
再生密粒度アスファルト混合物(20)	①	5.12~6.15	5.6
	②	5.23~6.13	5.6



(a) 安定度



(b) フロー値

図 3.13 再生骨材の違いとマーシャル安定度試験の物性値

以上、再生密粒度アスファルト混合物については、ウッドピッチの水分量や再生骨材の物性には拘らず従来の方法による配合設計方法の実用性に問題はないので、以下種類の異なるアスファルト混合物で検討を行う。

(2) 再生粗粒度アスファルト混合物

再生粗粒度アスファルト混合物の配合試験を行った。再生骨材配合率は50%、ウッドピッチは水分量を調整せずに用いた。表3.9に共通範囲と設計アスファルト量を示す。ウッドピッチ添加再生粗粒度アスファルト混合物は従来の方法による配合設計方法で共通範囲から設計アスファルト量を定めることができ実用性に問題はなかった。

表 3.9 再生粗粒度アスファルト混合物の共通範囲と設計アスファルト量
(単位：%)

混合物の種類	共通範囲	設計アスファルト量
再生粗粒度アスファルト混合物	4.54～5.73	5.1

(3) 再生アスファルト安定処理

再生アスファルト安定処理の配合試験を行った。再生骨材配合率は50%、ウッドピッチは水分量を調整せずに用いた。表3.10に共通範囲と設計アスファルト量を示す。ウッドピッチ添加再生アスファルト安定処理は従来の方法による配合設計方法で共通範囲から設計アスファルト量を定めることができ実用性に問題はなかった。

表 3.10 再生アスファルト安定処理の共通範囲と設計アスファルト量
(単位：%)

混合物の種類	共通範囲	設計アスファルト量
再生アスファルト安定処理	4.00～5.40	4.0

(4) 再生骨材配合率 100%アスファルト混合物(細粒度アスファルト混合物(13))

舗装材料において環境負荷を最大に低減するには、再生骨材配合率100%にすることが望ましい。本研究では、原則的に再生骨材とウッドピッチのみを用いて配合設計を行う。設計アスファルト量はウッドピッチ量を調整して定めるしかないので、設計針入度が変動する。従来の方法による配合設計で共通範囲から設計アスファルト量を決定後、設計アスファルト量における針入度の検討を行う。粒度は分級することなく細粒度の範囲に適合した。また石粉を全体の2%添加したもの(石粉有)と無添加のもの(石粉無)とで比較した。配合試験の結果を図3.14～3.18に示す。

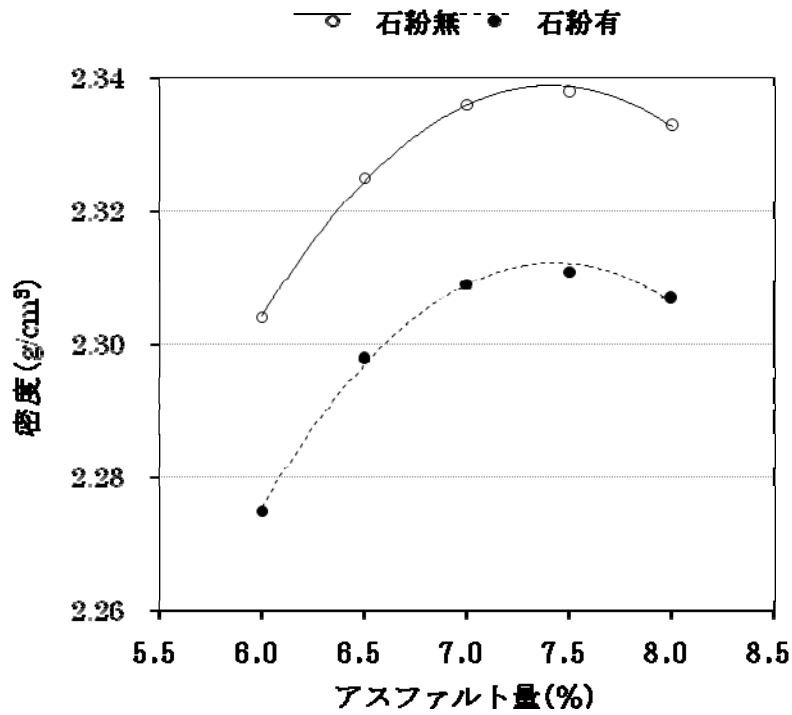


図 3.14 再生骨材配合率 100%アスファルト混合物の密度

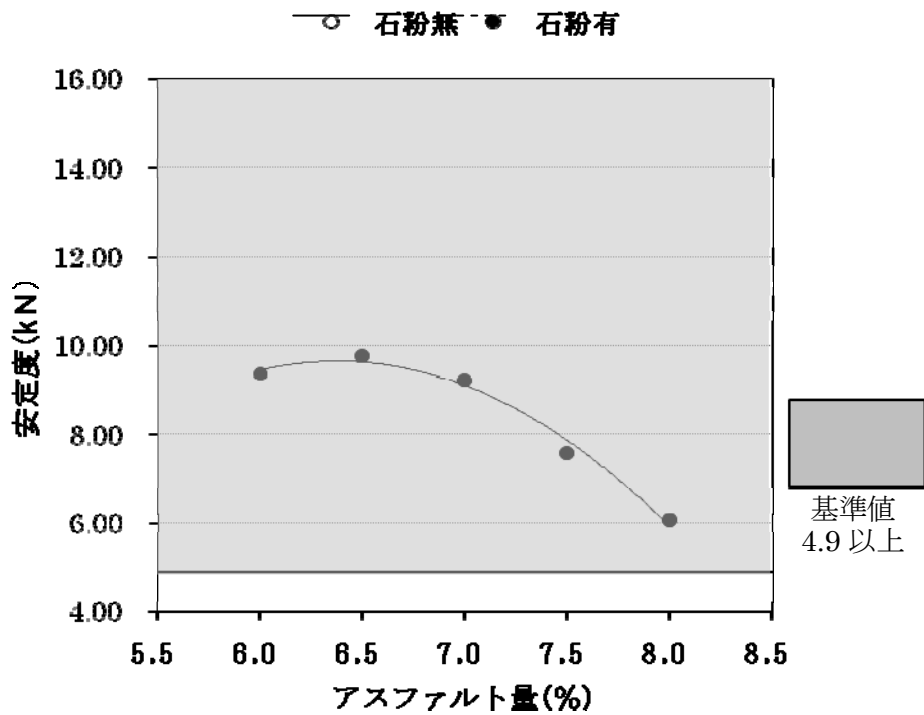


図 3.15 再生骨材配合率 100%アスファルト混合物の安定度

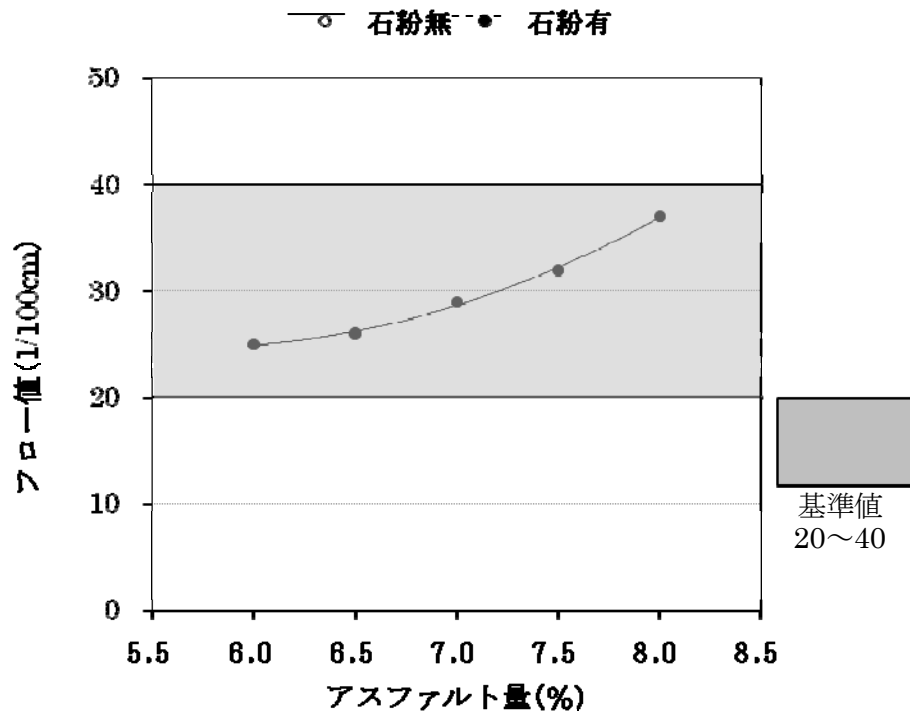


図 3.16 再生骨材配合率 100%アスファルト混合物のフロー値

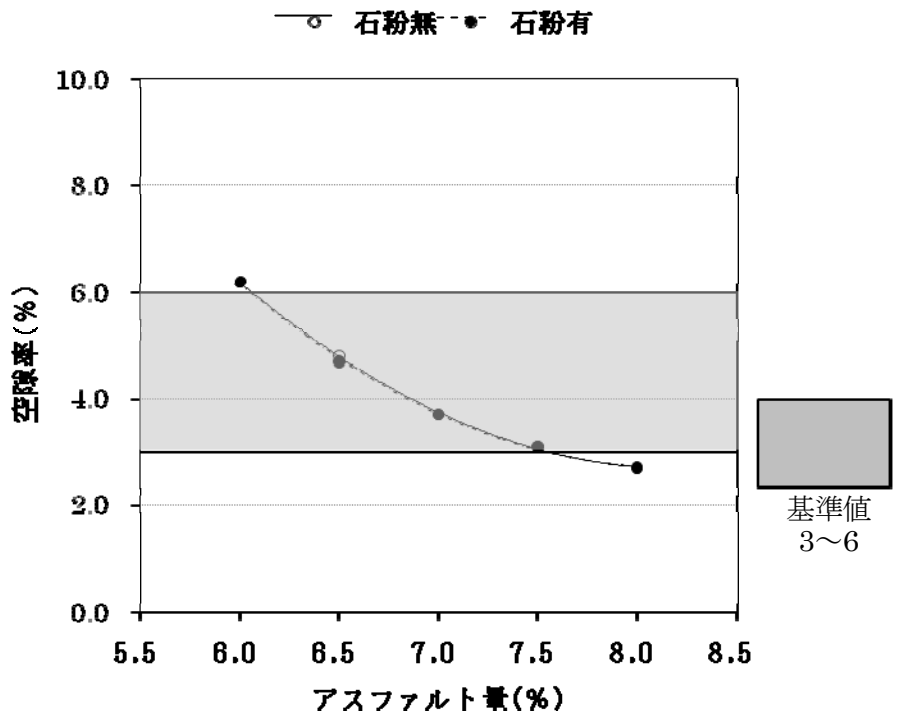


図 3.17 再生骨材配合率 100%アスファルト混合物の空隙率

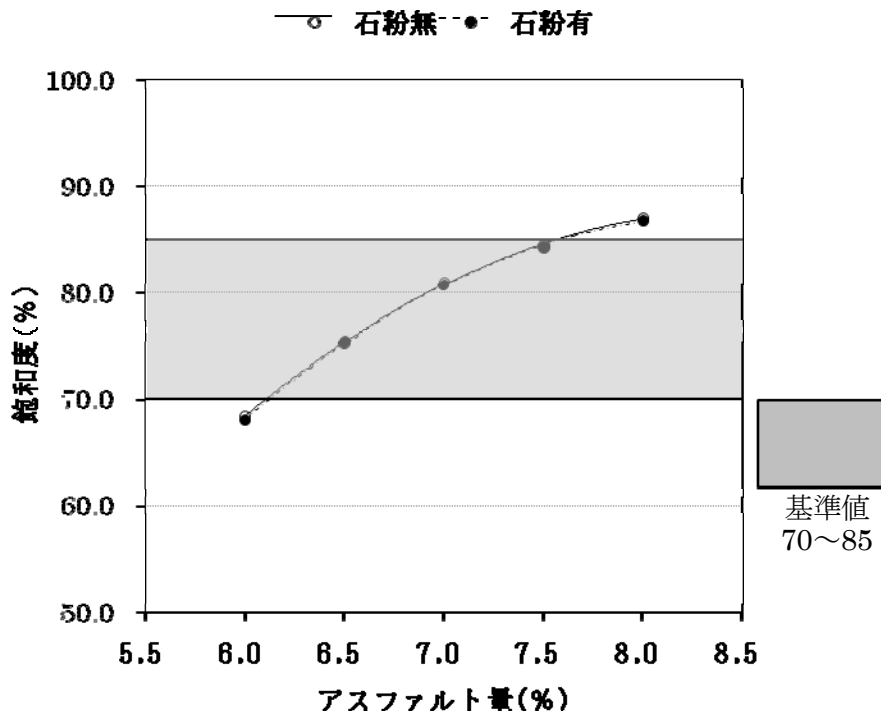


図 3.18 再生骨材配合率 100%アスファルト混合物の飽和度

石粉はアスファルト混合物の剥離を防ぐために添加する。石粉の有無によるマーシャル安定度試験の物性値の差はほとんどなかった。共通範囲と設計アスファルト量を表 3.11 に示す。福井県内の標準的な舗装用石油アスファルトの品質規格における針入度は 60~80(1/10 mm)である⁷⁾。しかし、実際に使用可能と考えられる針入度の品質規格は他の地域で使用されている 1 ランク小さい針入度 40~60(1/10 mm)と 1 ランク大きい 80~100(1/10 mm)を加えて、アスファルトの針入度は福井県内で 40~100(1/10 mm)は使用可能と考えられる。相当する本配合における混合物のアスファルト量は 6.2~7.7%であり、設計アスファルトの再生骨材配合率 100%アスファルト混合物の針入度は 57(1/10 mm)に相当し適正である。再生骨材配合率 100%アスファルト混合物は細粒度配合において、従来の方法による配合設計方法で設計アスファルト量を定めることができ、実用性に問題はない。

表 3.11 再生骨材率 100%アスファルト混合物の共通範囲と設計アスファルト量
(単位：%)

混合物の種類	共通範囲	設計アスファルト量
再生骨材配合率 100%(細粒度) アスファルト混合物 石粉入	6.13~7.52	6.8
再生骨材配合率 100%(細粒度) アスファルト混合物 石粉無	6.13~7.52	6.8

3. 5 ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の物性

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の物性を一般の再生用添加剤により再生したアスファルト混合物の物性と比較する。再生骨材の物性によるばらつきをなくするため再生骨材は用いず、疑似再生アスファルト混合物を用いた。ウッドピッチアスファルト混合物と石油潤滑油系を用いたアスファルト混合物(以下では石油潤滑油系アスファルト混合物と称する)でマーシャル安定度試験の物性を比較した。アスファルト混合物の種類は密粒度アスファルト混合物(13)と(20)を用い、3. 3. 2 (1)で求めた設計アスファルト量を用いた。結果を表3.12に示す。

表 3.12 ウッドピッチ添加再生アスファルトの物性

(a) 密粒度アスファルト混合物 (13)

		密度 (g/cm ³)	安定度 (kN)	残留安定 度(%)	フロー値 (1/100 cm)	空隙率 (%)	飽和度 (%)
石油潤滑油系アス ファルト混合物	標準	2.351	11.270	86.2	27	4.2	76.1
	水浸		9.710		29		
ウッドピッチアスフ ファルト混合物	標準	2.340	11.640	87.4	26	4.8	73.9
	水浸		10.170		27		

(b) 密粒度アスファルト混合物 (20)

		密度 (g/cm ³)	安定度 (kN)	残留安定 度(%)	フロー値 (1/100 cm)	空隙率 (%)	飽和度 (%)
石油潤滑油系アス ファルト混合物	標準	2.359	11.680	86.2	26	4.3	74.4
	水浸		10.070		29		
ウッドピッチアスフ ファルト混合物	標準	2.349	12.740	89.6	25	4.8	72.6
	水浸		11.410		28		

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、密粒度アスファルト混合物(13)と(20)で石油潤滑油系アスファルト混合物と比較して、密度は小さく空隙率は大きく飽和度小さいが、安定度は標準と水浸において大きく残留安定度は大きくなった。ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、石油潤滑油系アスファルト混合物と比較して、若干強度と耐水性に優れていると言える。

3. 6 まとめ

本章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物における従来のマーシャル安定度試験による配合設計方法の実用性について検討した。使用頻度の高い再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)、再生粗粒度アスファルト混合物、再生細粒度アスファルト混合物及び再生アスファルト安定処理で検討した結果、実用性に問題はなかった。再生骨材配合率100%の混合物についても粒度範囲が適正であれば、従来の方法による配合設計方法は、実用性に問題がないことが分かった。ウッドピッチの水分量や揮発分量の違いはアスファルト混合物の物性に大きな影響があり、ウッドピッチの品質管理が重要であることを示した。また、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、石油潤滑油系アスファルト混合物と比較して、若干強度と耐水性に優れていることが明らかとなった。得られた主な知見は以下のとおりである。

- 1) ウッドピッチ添加再生アスファルトの粘度を計測した結果、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の混合温度・締固め温度はストレートアスファルト混合物に比べて約10℃低くできる。
- 2) ウッドピッチは含有水分量により設計針入度に対する添加量が異なることから品質管理が重要である。
- 3) ウッドピッチ添加再生密粒度アスファルト混合物は市販の再生用添加剤による再生密粒度アスファルト混合物より設計アスファルト量は0.1%大きくなる。
- 4) ウッドピッチの水分量を減少させたものが配合試験では安定度、フロー値が大きくなったが、再生骨材の性状にも左右されるので、ウッドピッチの水分量とマーシャル安定度試験の物性値との関係は分からない。
- 5) ウッドピッチの水分量や再生骨材の性状が変わっても、マーシャル安定度試験の物性値の基準値を満足する共通範囲と設計アスファルト量はあまり変化がなく、従来の方法による配合設計方法は、実用的に問題はない。
- 6) 再生骨材配合率100%のアスファルト混合物は、相当する針入度からは従来の方法による配合設計方法が適用すると考えられる。粒度については特に細粒度以外の粒度では分級が必要な場合も考えられる。
- 7) ウッドピッチ添加アスファルト混合物は、石油潤滑油系再生用添加剤を添加したアスファルト混合物と比較して、密度は小さく空隙率は大きく飽和度小さいが、安定度は標準と水浸において大きく残留安定度は大きくなった。

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、一般のアスファルト混合物と同様にマーシャル安定度試験による方法で配合設計を行うことができ、その物性についても、若干強度と耐水性に優れる。第4章では現場配合及び試験練りにより室内試験による配合設計の確認を行う。

参考文献

- 1) 舗装調査・試験法便覧〔第3分冊〕(社)日本道路協会, 2008, pp.5-16
- 2) 舗装施工便覧(社)日本道路協会, 2006, pp.100-104
- 3) 舗装施工便覧(社)日本道路協会, 2006, pp.96-98
- 4) 舗装調査・試験法便覧〔第2分冊〕(社)日本道路協会, 2008, pp.203-16
- 5) アスファルトポケットブック, (財)日本アスファルト協会, 1990, pp.34-35
- 6) 舗装再生便覧, (社)日本道路協会, 2010, pp.29-30
- 7) 舗装設計施工指針, (社)日本道路協会, 2006, p.222

第4章 現場配合・試験練りによる配合設計結果の確認

4.1 概説

室内配合設計の結果に基づき、実際の製品製造に伴う製造条件を設定するため製造工程を決定する必要がある。第4章では実出荷に伴う既設アスファルトプラントの設備の改造の有無の検討及び現場配合の決定を行い、室内試験結果と比較・検討を行った結果を述べる。

4.2 ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の製造設備

今回、利用の検討を行ったウッドピッチは木質バイオマス発電の副産物として発生するものである。検討を始めた当時は稼働している木質バイオマス発電施設は山形県だけであったが現在は石川県にも施設が完成された事もあり、隣県である石川県所在施設からのウッドピッチ供給で賄う事にした。出荷するだけであれば、既存のアスファルトプラント設備で出荷可能であったが、定期的なウッドピッチの受け入れを可能にするため、ウッドピッチの計量・投入装置の自動化の他にウッドピッチ専用タンク及び余剰ウッドピッチを燃料として使用できる装置を増設した。アスファルトプラントの施設概要を表4.1に示す。

表4.1 アスファルトプラント施設概要

工場名	前田道路株式会社 福井合材工場 (写真4.1)
所在地	福井市寺前町12字川原70
敷地面積	6,184 m ²
製造能力	加熱合材 60 t / h (昭和48年設置、昭和59年更新) 再生合材 60 t / h (平成5年設置)
木タール専用タンク	容量 30 t (平成21年増設)
加熱ドライヤー	ウッドピッチ・重油併用バーナー (平成21年変更) (写真4.2)
投資金額	5,000 万円



写真4.1 アスファルトプラント全景



写真 4.2 ウッドピッチ・重油併用バーナー

4. 3 現場配合

第3章で決定した室内配合設計結果に基づき現場配合の設定値を決定した。各混合物の現場配合設定値は表 4.2 及び表 4.3 に示すとおりである。

表 4.2 現場配合設定値一覧表

混合物種類	ウッドピッチ 添加率(%)	再生骨材 配合率(%)	骨材計量値 ※注1 (kg)		石粉 (kg)	新アスファルト (kg)	ウッドピッチ (kg)	合計 (kg)
			4ビン	1ビン				
再生 密粒度アスファルト 混合物(20)	24.6	50.0	4ビン	151	19	26	6	1,000
			3ビン	94				
			2ビン	47				
			1ビン	160				
			再生骨材	497				
再生 密粒度アスファルト 混合物(20)	43.2	50.0	4ビン	151	9	19	11	1,001
			3ビン	95				
			2ビン	76				
			1ビン	142				
			再生骨材	498				
再生 密粒度アスファルト 混合物(20)	40.0	他社骨材 50.0	4ビン	151	19	10	19	1,000
			3ビン	95				
			2ビン	47				
			1ビン	159				
			再生骨材	500				

※注1 使用骨材を4種類(4ビン:20~13mm 3ビン:13~5mm 2ビン:5~2.5mm 1ビン:2.5mm以下)のサイズに分別し、各々の重量比で目標粒度に調整するための計量値

表 4.3 現場配合設定値一覧表

混合物種類	ウツドビッチ 添加率 (%)	再生骨材 配合率 (%)	骨材計量値 (kg)		石粉 (kg)	新アスファルト (kg)	ウツドビッチ (kg)	合計 (kg)
			4ピン	3ピン				
再生 密粒度アスファルト 混合物(13)	40.6	40.0	4ピン	—	28	32	8	1,000
			3ピン	254				
			2ピン	113				
			1ピン	169				
			再生骨材	396				
	45.0	50.0	4ピン	—	9	14	11	1,000
			3ピン	216				
			2ピン	75				
			1ピン	165				
			再生骨材	496				
再生 細粒度アスファルト 混合物(13)	43.2	100.0	4ピン	—	19	—	16	1,001
			3ピン	—				
			2ピン	—				
			1ピン	—				
			再生骨材	966				
	43.2	100.0	4ピン	—	—	—	18	1,000
			3ピン	—				
			2ピン	—				
			1ピン	—				
			再生骨材	982				
再生 粗粒度アスファルト 混合物(20)	43.2	50.0	4ピン	179	10	15	10	1,000
			3ピン	190				
			2ピン	48				
			1ピン	48				
			再生骨材	500				
再生 アスファルト安定処理	43.2	50.0	4ピン	202	—	3	11	1,000
			3ピン	67				
			2ピン	48				
			1ピン	163				
			再生骨材	506				

いずれのアスファルト混合物（再生細粒度アスファルト混合物(13)以外）も通常粒度による現場配合設定値である。

4. 4 試験練り

本施工に先立ち現場毎に試験練りを実施し、混合物の品質確認を行った。試験練りの結果は表 4. 4～表 4. 10 に示すとおりである。

表 4. 4 試験練り結果（あわら市北潟 20. 3. 13 実施）

混合物名	再生密粒アスファルト混合物(13) 再生骨材配合率 40% ウッドチップ添加量：40. 6%									
練落し温度	150℃（目標 155±10℃）									
項目	マーシャル試験結果									
	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100 cm)	残留安定度 (%)			
試験結果	2. 347	2. 445	4. 0	77. 5	12. 19	30	91. 7			
室内配合	2. 347	2. 445	4. 0	77. 7	12. 15	30	91. 7			
規格	—	—	3～6	70～85	4. 9 以上	20～40	75 以上			
項目	抽出試験結果									
	通過重量百分率 (%)									AS 量 (%)
	(mm)					(μm)				
試験結果	26. 5	19. 0	13. 2	4. 75	2. 36	600	300	150	75	6. 00
室内配合		100	99. 3	67. 6	47. 3	26. 8	18. 0	11. 0	6. 9	6. 00
規格		—	—	—	±7. 5	—	—	—	±3. 0	±0. 5

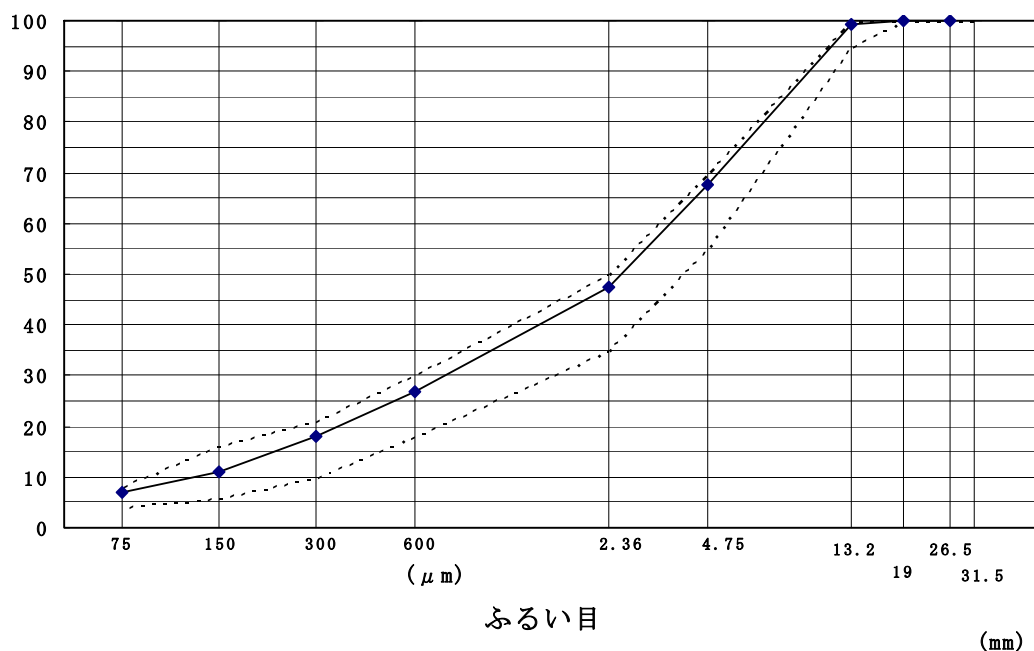


表 4.5 試験練り結果 (春江町西長田 20.8.26 実施)

混合物名	再生密粒アスファルト混合物(20) 再生骨材配合率 50% ウッドビッチ添加量: 24.6%									
練落し温度	155℃ (目標 155±10℃)									
項目	マーシャル試験結果									
	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100 cm)	残留安定度 (%)			
試験結果	2.359	2.454	3.9	76.6	12.28	29	86.9			
室内配合	2.363	2.454	3.7	77.8	12.71	28	87.4			
規格	—	—	3~6	70~85	4.9以上	20~40	75以上			
項目	抽出試験結果									
	通過重量百分率 (%)									AS量 (%)
	(mm)					(μm)				
26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	600	300	150	75		
試験結果	100	99.0	88.0	60.0	44.2	27.0	18.6	9.6	5.7	5.42
室内配合	100	99.4	85.0	62.8	45.8	27.0	16.5	9.2	6.6	5.6
規格	—	—	—	—	±7.5	—	—	—	±3.0	±0.5

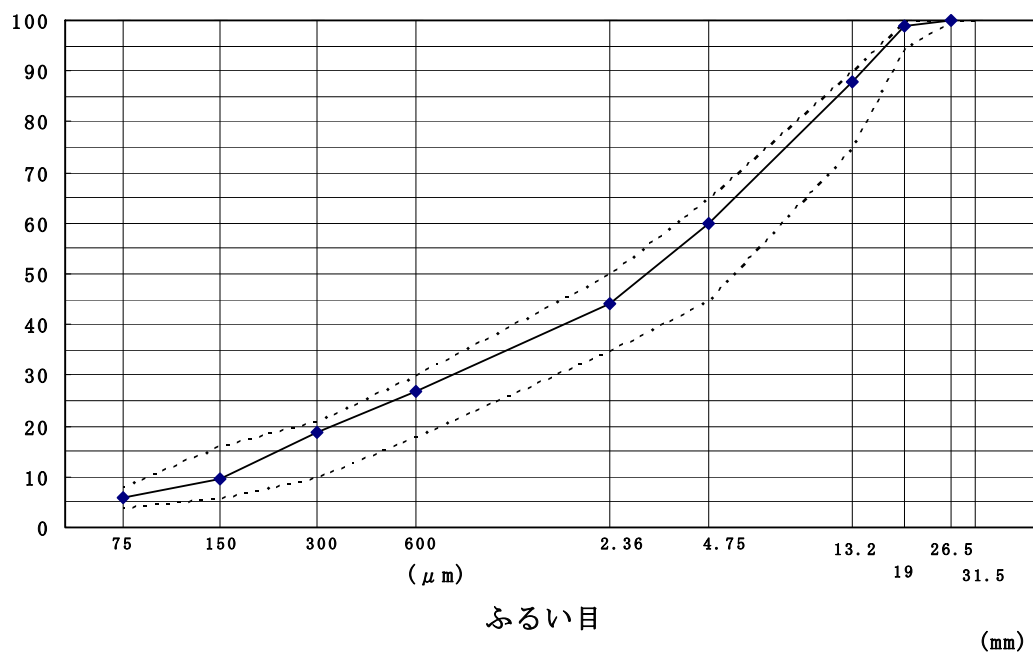


表 4.6 試験練り結果 (三国町西今市 20.9.30 実施)

混合物名	再生密粒アスファルト混合物(20) 再生骨材配合率 50% ウッドチップ添加量：43.2%									
練落し温度	157℃ (目標 155±10℃)									
項目	マーシャル試験結果									
	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100 cm)	残留安定度 (%)			
試験結果	2.357	2.460	4.2	75.6	13.42	28	88.5			
室内配合	2.358	2.460	4.1	75.7	9.63	27	93.3			
規格	—	—	3~6	70~85	4.9 以上	20~40	75 以上			
項目	抽出試験結果									
	通過重量百分率 (%)									AS 量 (%)
	(mm)					(μm)				
26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	600	300	150	75		
試験結果	100	100	88.8	59.5	47.2	25.8	17.5	9.7	6.0	5.75
室内配合	100	99.4	85.0	62.8	45.8	27.0	16.5	9.2	6.6	5.7
規格	—	—	—	—	±7.5	—	—	—	±3.0	±0.5

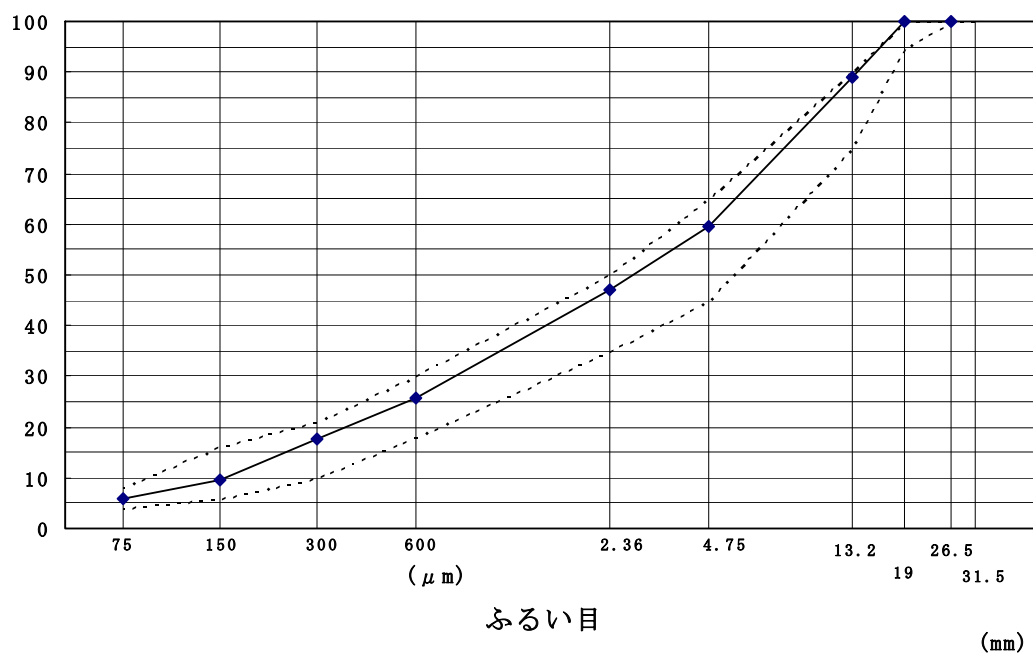


表 4.7 試験練り結果 (三国町池見 21.3.11 実施)

混合物名	再生密粒アスファルト混合物(20) 再生骨材配合率 50% (他社再生骨材) ウッドチップ添加量 : 40.0%									
練落し温度	152℃ (目標 155±10℃)									
項目	マーシャル試験結果									
	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100 cm)	残留安定度 (%)			
試験結果	2.363	2.468	4.3	74.9	9.66	29	—			
室内配合	2.364	2.468	4.2	75.3	9.63	27	93.3			
規格	—	—	3~6	70~85	4.9 以上	20~40	75 以上			
項目	抽出試験結果									
	通過重量百分率 (%)									AS 量 (%)
	(mm)					(μm)				
26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	600	300	150	75		
試験結果	100	99.3	85.4	63.0	46.0	27.3	16.7	9.6	6.9	5.64
室内配合	100	99.1	85.3	63.5	47.7	25.8	15.4	8.8	5.8	5.6
規格	—	—	—	—	±7.5	—	—	—	±3.0	±0.5

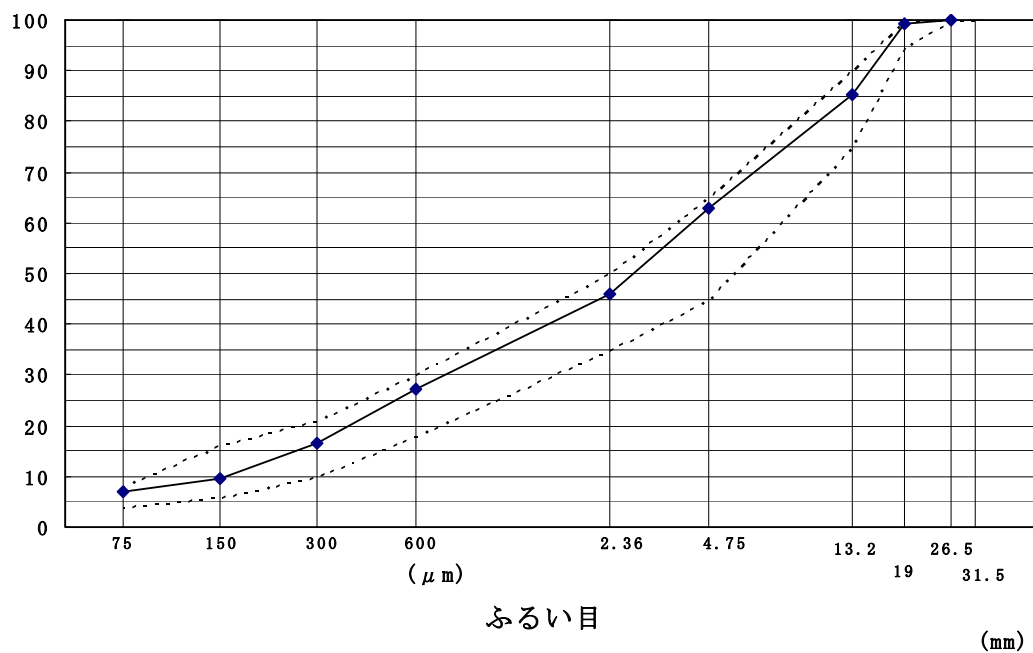


表 4.8 試験練り結果（三国町池見 21.3.11 実施）

混合物名	再生粗粒度アスファルト混合物 再生骨材配合率 50% ウッドチップ添加量：43.2%									
練落し温度	154℃（目標 155±10℃）									
項目	マーシャル試験結果									
	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100 cm)	残留安定度 (%)			
試験結果	2.384	2.485	4.1	74.1	11.50	30	—			
室内配合	2.374	2.485	4.5	72.2	12.25	27	88.8			
規格	—	—	3~7	65~85	4.9 以上	20~40	75 以上			
項目	抽出試験結果									
	通過重量百分率 (%)									AS 量 (%)
	(mm)					(μm)				
試験結果	26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	600	300	150	75	5.22
室内配合	100	99.0	82.2	46.0	32.0	16.8	11.0	7.3	5.3	5.1
規格	—	—	—	—	±7.5	—	—	—	±3.0	±0.5

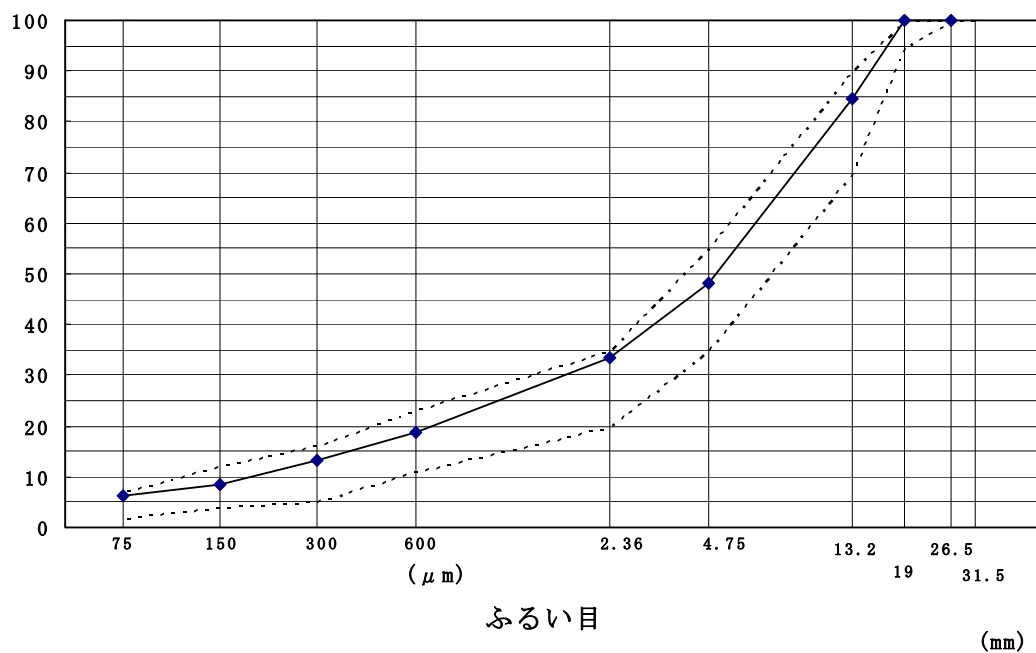


表 4.9 試験練り結果 (あわら市北潟 20.12.22 実施)

混合物名	再生細粒度アスファルト混合物 再生骨材配合率 100% 石粉有り									
練落し温度	124℃ (目標 130±10℃)									
項目	マーシャル試験結果									
	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100 cm)	残留安定度 (%)			
試験結果	2.354	2.433	3.2	82.9	10.30	34	88.0			
室内配合	2.347	2.433	4.0	77.7	12.15	30	91.7			
規格	—	—	3~6	70~85	4.9以上	20~40	75以上			
項目	抽出試験結果									
	通過重量百分率 (%)									AS量 (%)
	(mm)					(μm)				
試験結果	26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	600	300	150	75	7.19
室内配合		100	98.4	70.6	55.3	33.6	23.2	13.6	10.1	6.8
規格		—	—	—	±7.5	—	—	—	±3.0	±0.5

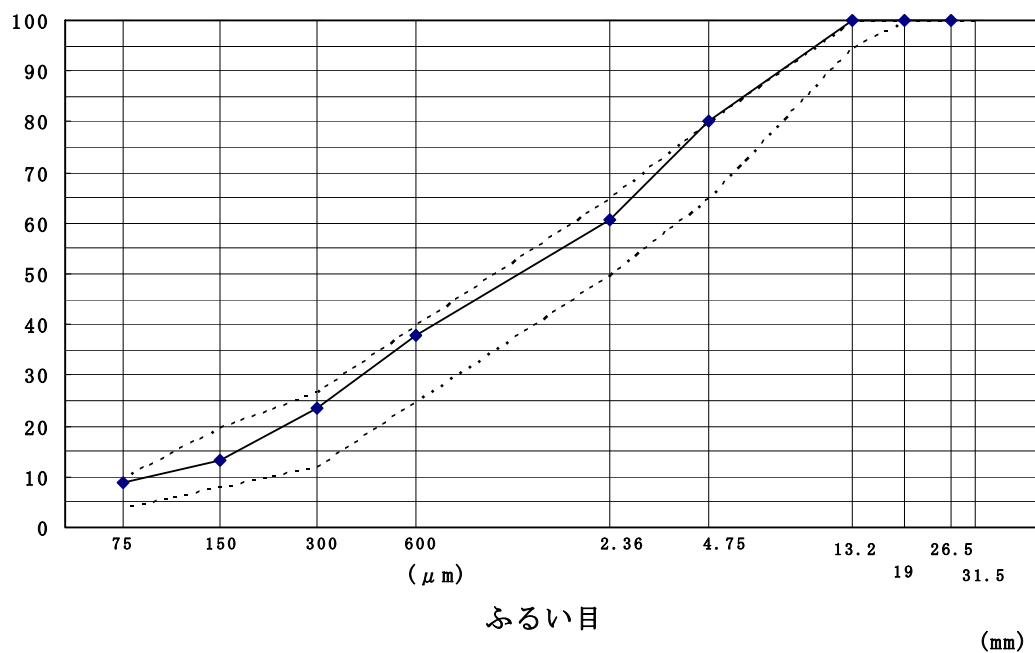
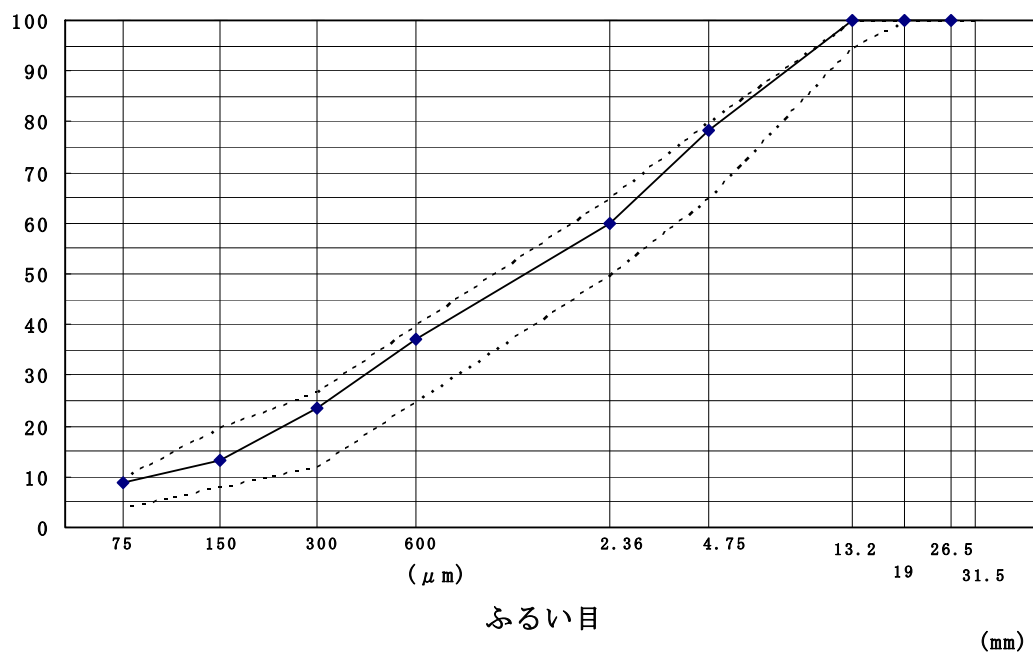


表 4.10 試験練り結果 (あわら市北潟 20.12.22 実施)

混合物名	再生細粒度アスファルト混合物 再生骨材配合率 100% 石粉無し									
練落し温度	1 2 3℃ (目標 1 3 0 ± 1 0℃)									
項目	マーシャル試験結果									
	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100 cm)	残留安定度 (%)			
試験結果	2.362	2.432	2.9	84.2	12.08	34	78.1			
室内配合	2.332	2.432	4.1	78.9	9.81	28	84.5			
規格	—	—	3~6	70~85	4.9以上	20~40	75以上			
項目	抽出試験結果									
	通過重量百分率 (%)									AS量 (%)
	(mm)					(μm)				
26.5	19.0	13.2	4.75	2.36	600	300	150	75		
試験結果		100	100	78.4	59.9	37.3	23.6	13.4	8.8	6.92
室内配合		100	98.4	70.0	52.4	28.4	18.6	11.9	8.7	6.8
規格		—	—	—	±7.5	—	—	—	±3.0	±0.5



いずれのアスファルト混合物の試験練りにおける試験結果も、基準値を満足する結果が得られた。

4. 5 まとめ

試験練りにおける再生アスファルト混合物の物性は、表 4. 4~4. 10 によると多少のバラツキはあるものの、基準値以上の値が得られた。また、再生骨材配合率 100%の再生細粒度アスファルト混合物においては、アスファルトプラントの能力の関係で混合温度を目標出荷温度の 130℃以上にすることが不可能であることが判明したことで、室内試験時での条件温度を全て-10℃とし転圧温度を 110℃にて実施した。その結果、いずれの項目も基準値以上の値を得ることができたことで、実出荷においても室内配合試験と同品質のアスファルト混合物は製造が可能であることが確認する事ができた。得られた主な知見は以下のとおりである。

- 1) 実出荷において、いずれのウッドピッチ添加の再生アスファルト混合物も、一般再生アスファルト混合物の混合温度・締固め温度と比べ 10℃低くできる。再生骨材配合率 100%のウッドピッチ添加再生細粒度アスファルト混合物については、一般再生アスファルト混合物と比べ 30℃下がった場合でもマーシャル性状は十分に基準値を満足する事ができる。
- 2) 残留安定度の結果について、室内試験結果よりも試験練りでの試験結果の方が大きくなる傾向が見られた。再生骨材配合率 100%のウッドピッチ添加再生アスファルト混合物については、石粉を入れた方が入れない混合物よりも明らかに大きくなることが判った。
- 3) 再生骨材配合率 100%の再生細粒度アスファルト混合物について、再生骨材の粒度等品質のバラツキがそのまま混合物のバラツキとして現れるため、再生骨材の管理は重要である。

再生骨材配合率 100%以外のウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、一般のアスファルト混合物と同様なマーシャル性状が得られるため、一般車道でも使用が可能である事が確認できた。

参考文献

- 1) 舗装再生便覧, (社) 日本道路協会, 2010

第5章 施工性の確認

5. 1 概説

本章では施工性の確認のため同一現場にてウッドピッチ添加再生アスファルト混合物と一般の再生アスファルト混合物を同一機械で施工し比較を行った結果を述べる。条件としてウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は通常再生アスファルト混合物と比べ10℃低下させた温度で施工を行っている。また再生骨材配合率100%のウッドピッチ添加再生細粒度アスファルト混合物については、一般の再生アスファルト混合物での再生骨材配合率100%の場合、出荷温度165℃での製造が難しいことを理由に同一現場にて一般の再生アスファルト混合物の施工を行わなかったため、切り取り供試体密度以外の比較のみを行った。

5. 2 締め固め度

主な現場において施工性確認および切り取り供試体の締め固め度の確認を行った。施工状況の写真を写真5.1～写真5.3に、結果は表5.1～表5.3に示す。



写真5.1 フィニッシャーによる敷き均し状況



写真 5.2 転圧状況



写真 5.3 転圧終了状況

表 5.1 あわら市北潟について（再生密粒度アスファルト混合物(13)）

項目	ウッドピッチ舗装部	通常舗装部	基準値
出荷温度	155±10℃	165±10℃	—
施工性	臭気がある事以外、 通常と変わりなし	—	—
切取供試体密度	2.276g/cm ³	2.271 g/cm ³	—
締固め度	97.4%	96.6%	94.0%以上

表 5.2 春江町西長田について（再生密粒度アスファルト混合物(20)）

項目	ウッドピッチ舗装部	通常舗装部	基準値
出荷温度	155±10℃	165±10℃	—
施工性	臭気がある事以外、 通常と変わりなし	—	—
切取供試体密度	2.315 g/cm ³	2.315 g/cm ³	—
締固め度	98.1%	97.9%	94.0%以上

表 5.3 あわら市北潟について（再生骨材配合率 100%再生細粒度アスファルト混合物）

項目	ウッドピッチ舗装部	通常舗装部(参考値)	基準値
出荷温度	120±10℃	165±10℃	—
敷き均し温度	110℃	150℃	—
施工性	温度が低いにも係わ らず通常合材と同様 な施工性を確保低温 のためか臭気が少な い	—	—
切取供試体密度	2.315 g/cm ³	—	—
締固め度	98.1%	—	94.0 以上

5.3 まとめ

いずれの現場においても、施工性は臭気がある事以外良好であり、締め固め度は基準値を満足する事ができた。従ってウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は一般の通常再生アスファルト混合物よりも低温度で施工可能であると判断することができた。施工時の注意事項としては、酢酸の影響により、人体に影響は無いが目に刺激を与えるため、眼鏡を用意することが望ましい。

参考文献

- 1) 舗装再生便覧（社）日本道路協会，2010

第6章 性能確認

6.1 概説

道路構造令の一部を改正する政令(平成13年政令第170号)ならびに車道及び側帯の舗装の構造の基準に関する省令(平成13年国土交通省令第103号)の施行にともない、舗装の設計および施工に必要な技術基準(以下では「技術基準」と称する)が平成13年6月に定められた。「技術基準」では基準の内容が技術革新に対して柔軟に対応できるよう、仕様規定となっている基準について、一部性能規定が示された。本報告書のウッドピッチ添加再生アスファルト混合物については、第3章、第4章でアスファルト混合物の性状が仕様規定であるマーシャル安定度試験における基準値を満足することを示した。しかし、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物のウッドピッチの量は、旧アスファルト量に対し約45% (3.4.1節参照)になり、アスファルトの物性に及ぼす影響は大きいと考えられ、アスファルト混合物の舗装性能の確認を行う必要がある。本章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物について「技術基準」の必須の性能である疲労破壊抵抗性、塑性変形抵抗性および平坦性ならびに交通の安全性を確保する性能でもっとも重要と考えられるすべり抵抗性において、汎用性のある石油潤滑油系再生用添加剤を用いた再生アスファルト混合物を対照に、これらの性能の比較・評価を行う。

また、再生アスファルト混合物には再生骨材を用いるが、再生骨材の性状には、ばらつきがあるので性能の比較・評価を客観的に行うため、室内試験で評価が可能な疲労破壊抵抗性と塑性変形抵抗性については、疑似再生アスファルト混合物(用語の定義参照)で比較を行う。供試体に用いるアスファルト混合物の種類は、表層材として汎用性のある再生細粒度アスファルト混合物(13)と再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)を選択する(表6.1参照)。なお、再生細粒度アスファルト混合物(13)は再生骨材配合率を100%にする目的の粒度のアスファルト混合物であるが、福井県のアスファルト合材工場では、石油潤滑油系再生用添加剤を用いた再生骨材配合率100%の再生アスファルト混合物の製造は、必要とする混合温度に上がらず、困難であるので、再生細粒度アスファルト混合物(13)は再生用添加剤にウッドピッチを用いたもののみ対象とする。

表 6.1 混合物の種類

種類	再生骨材配合率(%)	再生用添加剤
再生細粒度アスファルト混合物(13)	100	ウッドピッチ
再生密粒度アスファルト混合物(13)	50	石油潤滑油系
		ウッドピッチ
再生密粒度アスファルト混合物(20)	50	石油潤滑油系
		ウッドピッチ

6.2 疲労破壊抵抗性

通行車両の繰返し裁荷を受けた場合の疲労破壊抵抗性の評価を行う。疲労破壊抵抗性は舗装の断面構成によって異なり「技術基準」では舗装計画交通量によって基準値が異なる。

本報告書ではウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の舗装材料としての疲労破壊抵抗性の評価を行うので、「技術基準」の基準値によらず、石油潤滑油系再生用添加剤を用いた再生アスファルト混合物(以下では、石油潤滑油系再生アスファルト混合物と称する)を対照として、曲げ疲労試験により相対的な評価を行う。

(1) 試験方法

試験方法は舗装調査・試験法便覧(平成19年6月(社)日本道路協会)の「B018T アスファルト混合物の曲げ疲労試験方法」¹⁾による(写真6.1参照)。試験条件は表6.2に示す。

試験温度については、これまでの研究からひずみが 400μ と 600μ で、破壊回数が1,000～10,000回の範囲で収まる温度と考えられる 10°C とする。再生密粒度アスファルト混合物(20)については、この試験では供試体寸法の幅と高さが骨材の最大粒径20mmと比較して十分な大きさ(40mm)がないので、結果にはばらつきが出る可能性が大きく、参考として 400μ のみ試験を行う。

表 6.2 試験条件

項目	試験条件
载荷方法	両端固定2点载荷
供試体寸法	4×4×40cm
スパン	30cm
試験方法	ひずみ制御
試験温度	10°C
载荷周波数	5Hz
载荷波形	サイン波
ひずみ	400,600 μ

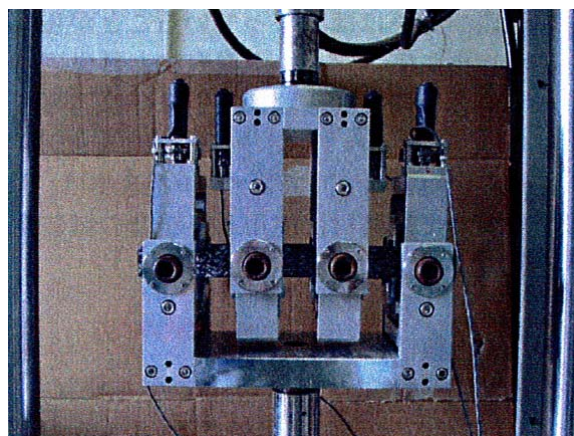


写真 6.1 曲げ疲労試験

(2) 試験結果

試験結果は表6.3、図6.1に示す。ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は石油潤滑油系再生アスファルト混合物と比較して破壊回数は多くなった。全体的には粒度の小さい(アスファルト量の多い)順に破壊回数が大きくなったが、同じ種類のアスファルト混合

物の場合，ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物と石油潤滑油系再生アスファルト混合物のアスファルト量は再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)とも僅か 0.1%の差(資料 4 ストレートアスファルト 20-40(1/10 mm)によるマーシャル安定度試験値参照)なのでウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の疲労破壊抵抗性は一般的な石油潤滑油系再生アスファルト混合物より，優れていると考えられ，一般的な再生アスファルト混合物の性能以上と評価できる。

表 6.3 曲げ疲労試験

種 類	再生骨材 配合率(%)	再生用添加剤 の種類	曲げ疲労試験	
			平均破壊回数(回)	
			400 μ	600 μ
再生細粒度アスファルト混合物(13)	100	ウッドピッチ	8,450	1,533
再生密粒度アスファルト混合物(13)	50	ウッドピッチ	6,867	1,183
		石油潤滑油系	3,900	980
再生密粒度アスファルト混合物(20)	50	ウッドピッチ	4,133	—
		石油潤滑油系	2,083	—

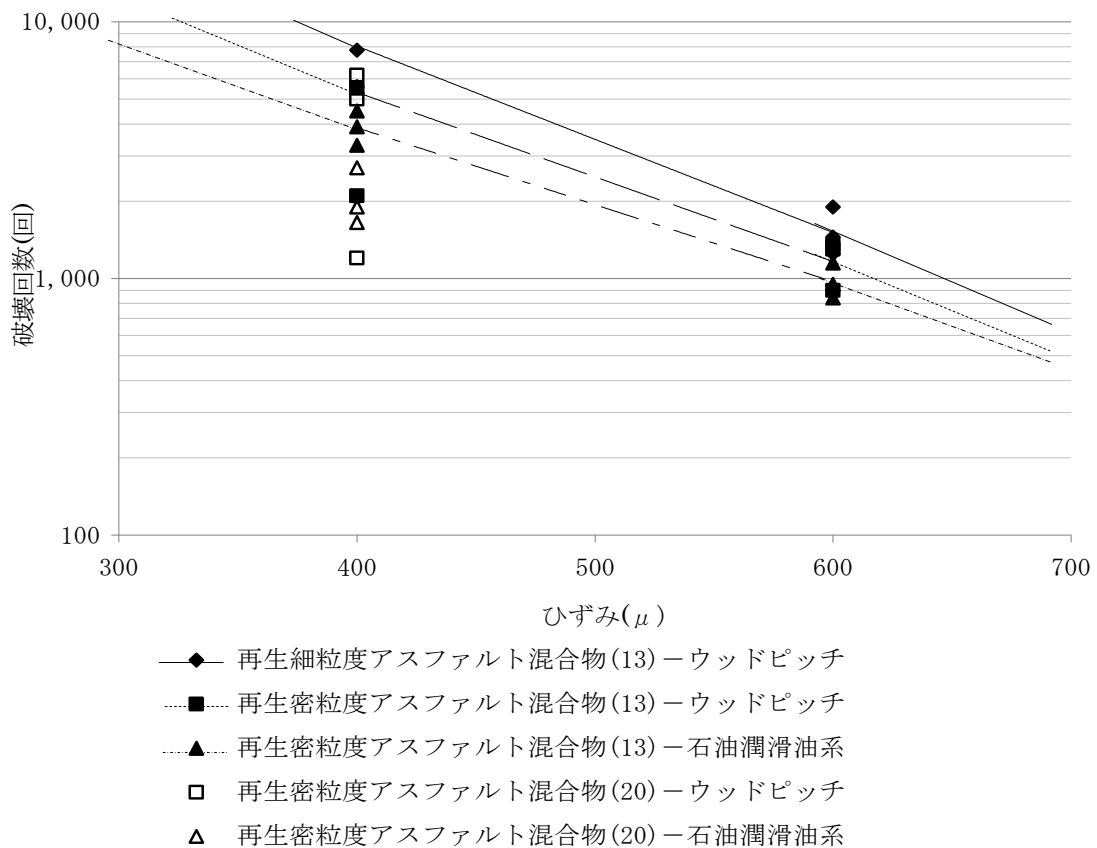


図 6.1 破壊回数とひずみ (μ)

6. 3 塑性変形抵抗性

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の塑性変形抵抗性を評価するため、ホイールトラッキング試験を行う。

(1) 試験条件

試験方法は舗装調査・試験法便覧「B003 ホイールトラッキング試験方法」²⁾で行った(写真 6.2 参照)。

再生細粒度アスファルト混合物(13)については、前述のとおりウッドピッチを再生用添加剤に用いたアスファルト混合物のみが対象なので、疑似再生アスファルト混合物は用いず、再生骨材を用いた。また、細粒度であるのでマーシャル安定度試験による方法で定めた設計アスファルト量 6.4%(資料 4 再生細粒度アスファルト混合物(13)(ウッドピッチ添加、石粉無^②)参照)において、「技術基準」動的安定度の基準値を満足できないことが想定されるため、マーシャル安定度試験値の基準を満足するアスファルトの範囲(5.67~7.16%)に含まれるアスファルト量 6.2, 6.7%と前後のアスファルト量 5.6, 7.3%を加えて検討を行う。

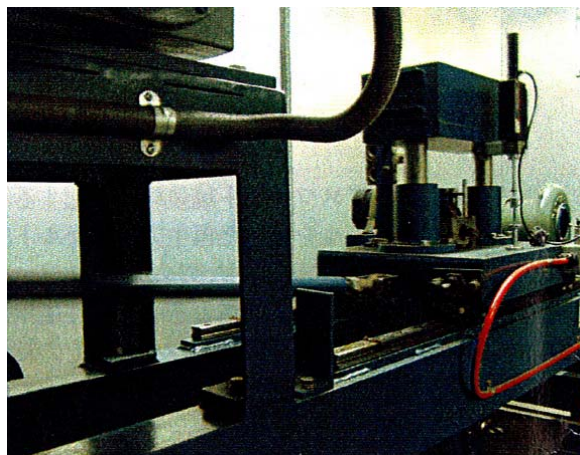


写真 6.2 ホイールトラッキング試験

(2) 試験結果

試験結果は表 6.4 に示す。再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)においては、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の動的安定度は「技術基準」の基準値を満足し、石油潤滑油系再生アスファルト混合物より若干大きくなった。ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の塑性変形抵抗性は、再生密粒度アスファルト混合物において、一般的な再生アスファルト混合物の性能以上と評価できる。再生骨材配合率 100%の再生細粒度アスファルト混合物(13)は、アスファルト量 5.6%は基準値を満足したが、マーシャル安定度試験値の基準値を満足するアスファルト量の範囲外であり、針入度も 36.4(1/10 mm)と推定されるので繰返し荷重に対する耐久性等の課題があると考えられる。したがって再生骨材 100%のアスファルト混合物は再生骨材の分級等で、粒度を密粒にする等の検討が必要である。

表 6.4 ホイールトラッキング試験結果(室内)

	再生骨材 配合率(%)	アスファ ルト量(%)	再生用添加剤 の種類	動的安定度 (回/mm)	締め固 め度
再生細粒度アスフ ァルト混合物(13)	100	5.6	ウッドピッチ	525	90.5
		6.2		467	99.4
		6.7		401	100.3
		7.3		304	100.1
再生密粒度アスフ ァルト混合物(13)	50	6.1	ウッドピッチ	1,537	99.5
		5.9	石油潤滑油系	1,145	99.5
再生密粒度アスフ ァルト混合物(20)	50	5.6	ウッドピッチ	2,333	99.7
		5.5	石油潤滑油系	1,183	99.2
基準値(普通道路)				500	—

(注)太字はマーシャル安定度試験の配合設計による設計アスファルト量

(3) 現場の確認

再生密粒度アスファルト混合物(20)(再生骨材配合率 50%)については、施工の機会を得たので現場の確認を行う。現場作製(アスファルト合材工場で製造したアスファルト混合物で作製)および現場切り取り(施工後の舗装材の切り取り)供試体によるホイールトラッキング試験を行う。試験方法は前述と同じ舗装調査・試験法便覧「B003 ホイールトラッキング試験方法」による。試験結果を表 6.5 に示す。

表 6.5 ホイールトラッキング試験結果(現場)

施工場所	試験時期 供試体の種類	再生用添加剤 の種類	動的安定度 (回/mm)	締め固 め度
一般県道春江丸岡線 坂井市春江町西長田	出荷直後(2008.8.28) 現場作製	ウッドピッチ	2,625	98.1
		石油潤滑油系	578	97.9
	施工3箇月後(2008.11.27) 現場切り取り	ウッドピッチ	1,800	99.9
		石油潤滑油系	2,016	100.3
一般県道三国金津線 坂井市三国町西今市	出荷直後(2008.10.2) 現場作製	ウッドピッチ	1,658	99.5
		石油潤滑油系	578	99.3
基準値(普通道路)			500	—

再生骨材を用いた現場においても、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の動的安定度は「技術基準」の基準値を満足し、現場作製供試体においては疑似再生アスファルト混合物と同様に石油潤滑油系再生アスファルト混合物より大きな値を示した。現場切り取り供試体においては若干、石油潤滑油系再生アスファルト混合物の値が大きくなったが、施工による誤差と考えられる。以上、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の塑性変形抵抗性は、現場においても、一般的な再生アスファルト混合物の性能以上と評価できる。

6. 4 平たん性

平たん性は乗り心地に関係するものであり、一般的な再生アスファルト混合物の現在の水準で特に問題はない。したがって、本報告書ではウッドピッチ添加再生アスファルト混合物と石油潤滑油系再生アスファルト混合物の施工性の違いの有無を検討するため、現道に施工を行い、施工後の平たん性の比較・評価を行う。

(1) 試験方法

試験方法は舗装調査・試験法便覧「S028 舗装路面の平たん性測定方法」³⁾による。3mプロファイルメータを用いて舗装面の縦断方向の凹凸の度合いを計測する(写真6.3参照)。アスファルト混合物は再生密粒度アスファルト混合物(20)(再生骨材配合率50%)を用い、2箇所を計測する。試験結果を表6.6に示す。



写真 6.3 平たん性試験

(2) 試験結果

表 6.6 平たん性試験

施工箇所	試験時期	再生用添加剤の種類	平たん性
一般県道春江丸岡線 坂井市春江町西長田	施工直後	ウッドピッチ	1.80
	(2008.8.28)	石油潤滑油系	1.60
	施工3箇月後	ウッドピッチ	1.91
	(2008.11.27)	石油潤滑油系	1.79
一般県道三国丸岡停車場線 坂井市坂井町長畑	施工直後	ウッドピッチ	0.58
	(2008.11.12)	石油潤滑油系	0.73
基準値			2.4 mm以下

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、いずれの場合も「技術基準」の基準値を満足した。石油潤滑油系再生アスファルト混合物と比較すると同程度であり、施工性に差異はない。また、施工後における変状は見られず、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の平たん性は一般的な再生アスファルト混合物の性能と同等と評価できる。

6. 5 車両走行の安全性に関する性能（すべり抵抗性）

舗装面のすべり抵抗は、「技術基準」の必要に応じて定める舗装の性能指標であるが、車両走行の安全性に関わるもっとも重要な性能と考えられるので、本報告書ではウッドピッチ添加再生アスファルト混合物と石油潤滑油系再生アスファルト混合物のすべり抵抗性について、現道に施工を行い、施工後のすべり抵抗性の比較・評価を行う。

(1) 試験方法

試験方法は舗装調査・試験法便覧「S021-2 振り子式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗測定方法」⁴⁾による(写真 6.4 参照)。この方法は汎用性が高い方法の一つである。アスファルト混合物は再生密粒度アスファルト混合物(20)(再生骨材配合率 50%)を用いた現場で計測する。BPNは測定器械である振り子式スキッド・レジスタンステストによるすべり抵抗値の単位(British Pendulum Number の略)である。基準値は「技術基準」に示されていないので旧日本道路公団の基準値を準用する⁵⁾。試験結果を表 6.7 に示す。



写真 6.4 すべり抵抗測定

(2) 試験結果

表 6.7 すべり抵抗性試験結果

施工箇所	試験時期	再生用添加剤の種類	BPN
一般県道春江丸岡線 坂井市春江町西長田	施工直後 (2008.8,28)	ウッドピッチ	68
		石油潤滑油系	66
	施工 3 箇月後 (2008.11,27)	ウッドピッチ	72
		石油潤滑油系	70
基準値			60 以上

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は基準値を満足した。石油潤滑油系再生アスファルト混合物は一般的な再生アスファルト混合物と同等と評価できる。

6. 6 まとめ

本章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の性能の確認を行った。「技術基準」の必須の性能である疲労破壊抵抗性、塑性変形抵抗性および平坦性ならびにすべり抵抗性について、一般的な石油潤滑油系再生用添加剤を用いた再生アスファルト混合物を対照に比較・評価を行った。ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、これらの性能において一般の再生アスファルト混合物と同等以上と評価された。得られた主な知見は以下のとおりである。

1) 疲労破壊抵抗性

- ・ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、石油潤滑油系アスファルト混合物より破壊回数は大きくなった。
- ・全体的にはアスファルト量の多い順に破壊回数が大きくなったが、同じ種類のアスファルト混合物の場合、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物と石油潤滑油系再生アスファルト混合物のアスファルト量は再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)とも僅か0.1%の差なので、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の疲労破壊抵抗性は一般的な石油潤滑油系再生アスファルト混合物より若干、優れている。

2) 塑性変形抵抗性

- ・ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)において、室内、現場作製および現場切取り供試体で動的安定度は「技術基準」の基準値を満足し、室内および現場作製においては石油潤滑油系再生アスファルト混合物より若干、大きくなった。現場切取り供試体については施工による誤差と考えられるので、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の塑性変形抵抗性は一般的な石油潤滑油系再生アスファルト混合物より若干、優れている。
- ・再生骨材配合率 100%の再生細粒度アスファルト混合物(13)はマーシャル安定度試験値の基準を満足するアスファルト量では、動的安定度は「技術基準」の基準値を満足できなかった。

3) 平坦性

平坦性は、「技術基準」の基準値を満足し、一般的な再生アスファルト混合物と同等であった。

4) すべり抵抗性

すべり抵抗性は、旧日本道路公団の基準値を満足し、一般的な再生アスファルト混合物と同等であった。

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物が疲労破壊抵抗性と塑性変形抵抗性に優れているのは、ウッドピッチが石油潤滑油系再生用添加剤に比べて、アスファルトと混合しやすく均等な性状のアスファルトになるためと考えられる。今後、研究を進めて明らかにする必要がある。

再生骨材 100%の再生アスファルト混合物は、細粒度では動的安定度は「技術基準」の基準値を満足できなかった。再生骨材の分級等で粒度を密粒にする等の検討が必要である。第9章で詳細に述べる。

参考文献

- 1) 舗装調査・試験法便覧〔第3分冊〕(社)日本道路協会, 2008,pp.166-175
- 2) 舗装調査・試験法便覧〔第3分冊〕(社)日本道路協会, 2008,pp.39-56
- 3) 舗装調査・試験法便覧〔第1分冊〕(社)日本道路協会, 2008,pp.147-156
- 4) 舗装調査・試験法便覧〔第1分冊〕(社)日本道路協会, 2008,pp.92-97
- 5) 舗装性能評価法(社)日本道路協会, 2006,pp.63-64

第7章 ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の効果

7. 1 概説

一般的な新アスファルト混合物，再生アスファルト混合物，中温化アスファルト混合物とウッドピッチ添加再生アスファルト混合物(本章では各アスファルト混合物にアスファルト安定処理を含む)の経済性および二酸化炭素排出量の比較を行う。

7. 2 経済性

福井県内における単価比較を表 7.1 に示す。平成 22 年度現在で，t 当りで再生アスファルト混合物よりもウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は 100 円以上安い価格設定となっている（再生骨材配合率 100%の細粒度アスファルト混合物(13)は t 当り 1,000 円安価）。また，次節の二酸化炭素排出量と関係するため，二酸化炭素排出量の削減の舗装材として注目されている中温化アスファルト混合物の価格の目安も示した。

表 7.1 アスファルト混合物の単価比較

(福井県 平成 22 年 10 月 15 日価格) (注1)

(単位：円／t)

品 目	①ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物(注3)	②再生アスファルト混合物	③新アスファルト混合物	④中温化アスファルト混合物(注4)
アスファルト安定処理	7,500	7,700	8,300	③より 10～20%高価 ¹⁾ 。 したがって、 ①(ウッドピッチ添加アスファルト混合物)と比較すると 20～30%高価。
粗粒度アスファルト混合物	8,000	8,200	8,800	
密粒度アスファルト混合物(20)	8,550	8,650	9,200	
密粒度アスファルト混合物(13)	8,550	8,650	9,200	
細粒度アスファルト混合物(13) (注2)	8,300	9,300	9,800	

(注 1) 福井・坂井地区の価格，福井県単価表にはウッドピッチは木タールと表示してある。

(注 2) ウッドピッチ添加の再生細粒度アスファルト混合物(13)については，再生骨材配合率 100%である。

(注 3) ウッドピッチは石川グリーンパワー産

(注 4) 中温化アスファルト混合物：アスファルトの粘度を一時的に低下させる特殊添加剤の効果によって，通常のアスファルト混合物の混合温度および施工温度を 30℃程度低減させることのできるアスファルト混合物。再生骨材を利用した中温化アスファルト混合物は現時点(平成 22 年度)ではない。

7. 3 二酸化炭素排出量

排出量原単位の比較を表 7.2 に示す。計算方法は、舗装性能評価法²⁾による。ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、再生アスファルト混合物と中温化アスファルト混合物と比較して約 10%、アスファルト混合物等と比較して約 20%の排出量を削減できる(細粒度アスファルト混合物(13)はすべてで約 40%程度削減)。

上述した経済性も考慮するとウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、中温化アスファルト混合物や再生アスファルト混合物と比較して、二酸化炭素排出量の削減に対して費用対効果の高いアスファルト混合物であるといえる。

表 7.2 CO₂排出量原単位の比較(注 1)

(単位 : kg - CO₂/t)

品 目	①ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物(注3)	②再生アスファルト混合物	③アスファルト混合物	④中温化アスファルト混合物
アスファルト安定処理	35.28 R② 9.9%(注 2) R③19.3% R④10.4%	39.17	43.73	39.40
粗粒度アスファルト混合物	36.70 R②12.3% R③21.0% R④12.8%	41.84	46.44	42.11
密粒度アスファルト混合物(20)	38.61 R②10.5% R③19.1% R④11.0%	43.13	47.73	43.39
密粒度アスファルト混合物(13)	39.47 R②10.1% R③18.6% R④10.6%	43.89	48.47	44.13
細粒度アスファルト混合物(13)	28.26 R②39.6% R③45.0% R④40.0%	46.83	51.42	47.08

(注 1)資料 6 参照

(注 2) R②は再生アスファルト混合物と比較した削減率, R③はアスファルト混合物と比較した削減率, R④は中温化アスファルト混合物と比較した削減率

7. 4 まとめ

経済性については、従来の再生用添加剤が 150 円/ℓ 程度であるのに対してウッドピッチは 40 円/ℓ であること、ウッドピッチを使用することによりストレートアスファルト使用量を削減できること（資料 6 参照）の 2 点からウッドピッチ添加再生アスファルト混合物のコスト削減が実現できた。

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、他の混合物と比較してストレートアスファルトの使用量の削減ができるため、二酸化炭素排出量の削減を図ることができた。

経済性、二酸化炭素排出量の削減の 2 点を考慮するとウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、現時点でもっとも持続可能で循環型の舗装用アスファルト混合物であると考ええる。

参考文献

- 1) 川上篤史・新田弘之・久保和幸：低炭素社会に貢献する舗装技術に関する取組み，2010年 舗装 11月号，(株)建設図書，pp14-15
- 2) 舗装性能評価法 別冊，(社)日本道路協会，2008,pp158-190

第8章 結論

8. 1 研究の内容

本報告書では、地域内での持続可能な資源循環型社会の実現のひとつとして、森林資源の循環をより確実に進めるため、木質炭化や木質バイオマス利用等の残渣物であるウッドピッチを利用したアスファルト舗装材の開発を行った。そのためウッドピッチの安全性と舗装材の耐久性への影響、再生用添加剤への適用性、ウッドピッチを再生用添加剤に用いた再生アスファルト混合物の配合設計方法、現場配合と物性の確認、施工性、舗装性能、経済性および二酸化炭素排出削減について研究を行った。具体的な研究の内容を章ごとに述べる。

第2章では、最初に研究の対象とするウッドピッチを選定した。ウッドピッチをアスファルト舗装材に利用するには、ウッドピッチを取り扱う人体への影響の検討は重要であるのでウッドピッチの安全性の検討を行った。ウッドピッチを種々の溶媒を用い、ガスクロマトグラフ質量分析および変異原性試験により安全性の評価を行った。また、舗装は土壌の上に設置されることから土壌への影響の検討は必要であるので土壌の汚染に係る環境基準について検討を行った。

近年、アセットマネジメントが重要とされる中で、ウッドピッチを利用したアスファルト舗装材の寿命は重要であるので舗装材の耐久性への影響を検討した。ストレートアスファルトを対照に紫外線による劣化度とストレートアスファルトと同じ方法による組成分析の検討を行った。

ウッドピッチをアスファルト舗装材に利用することからアスファルト舗装材のどの材料に用いるか決める必要があるのでウッドピッチの再生用添加剤への適用性の検討を行った。

第3章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の配合を決定する必要がある。そのためには配合設計方法の確立は不可欠であるので従来の配合設計方法の実用性について検討を行った。

第4章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物をアスファルト合材工場で製造を行うために必要な設備の検討と現場配合について、試験練りによる物性の確認(配合設計結果との照査)を行った。

第5章では、舗装材の施工性は経済性と密接であるのでウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の施工性について一般のアスファルト混合物と比較・評価を行った。

第6章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物のウッドピッチの量は、旧アスファルト量に対し約45%になり、アスファルトの物性に及ぼす影響は大きいと考えられ、アスファルト混合物の舗装性能の確認を行う必要がある。そのためウッドピッチ添加再生アスファルト混合物において、舗装の設計および施工に必要な技術基準の必須の性能および交通の安全性を確保する性能でもっとも重要と考えられるすべり抵抗性について一般のアスファルト混合物と比較・評価を行った。

第7章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の開発の効果を明らかにするため、一般的な新アスファルト混合物、再生アスファルト混合物および中温化アスファルト混合物の経済性および二酸化炭素排出量の比較を行った。各章で得られた結果を以下に示

す。

8. 2 研究で得られた結果

第2章では、研究の対象とするウッドピッチは、木質バイオマスガス化発電所の副産物であるやまがたグリーンパワー(株)産といしかわグリーンパワー(株)産のものとした。

ウッドピッチを、種々の溶媒を用いてガスクロマトグラフ質量分析を行った結果、安全性を確認した。変異原性試験では、ウッドピッチの危険度はタバコと比較して 1/500、ストレートアスファルトと比較して 1/50であることを示し、舗装材料として全く安全であることを示した。また、土壌の上に設置されるので土壌の汚染に係る環境基準について検討を行ったが、全項目について基準値を超えるものはなかった。

舗装材への耐久性の影響を検討した結果、紫外線による劣化度を計測と組成分析の結果、ウッドピッチはストレートアスファルトに比べ劣化度は小さかったが、組成ではアスファルト分やレジジン分が多く、ストレートアスファルトの劣化のメカニズムと照合すると劣化度が大きいといえる。以上、ウッドピッチと再生アスファルト混合物の劣化度の関係は明らかではなく、今後の検討課題と考えられる(9.1(2)参照)。

ウッドピッチはストレートアスファルトや一般に使用されている石油潤滑油系再生用添加剤に比べ、動粘度が小さく引火しない特徴を有し、十分な再生用添加剤への適用性を示した。よって、第3章以下はウッドチップを再生用添加剤に用いた再生アスファルト混合物の研究を行った。

第3章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物における従来のマーシャル安定度試験による配合設計方法の実用性について検討した。使用頻度の高い再生密粒度アスファルト混合物(13)と(20)、再生粗粒度アスファルト混合物、再生細粒度アスファルト混合物、再生アスファルト安定処理で検討した結果、実用性に問題はないことを示した。再生骨材 100%の混合物についても粒度範囲が適正であれば、従来の方法による配合設計方法は、実用性に問題がないことを示した。ウッドピッチ添加再生アスファルトの粘度を検討した結果、ウッドピッチ添加再生アスファルトの混合温度・締固め温度はストレートアスファルト混合物に比べて 10℃低くできることを示した。

以上、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は一般の再生アスファルト混合物と同様に従来のマーシャル安定度試験による配合設計方法で配合が可能であることを示した。

また、ウッドピッチの水分量や揮発分量の違いはアスファルト混合物の物性に大きな影響があり、ウッドピッチの品質管理が重要であることを示した。

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は石油潤滑油系再生用添加剤を用いた再生アスファルト混合物と比較して、若干強度と耐水性に優れていることが明らかになった。

第4章では、はじめにウッドピッチ添加再生アスファルト混合物を製造するためのアスファルト合材工場での設備について検討した。設備投資が可能であるならば、ウッドピッチの専用タンクとウッドピッチ・重油併用バーナーなどを設置し、再生用添加剤として利用しながら余剰のウッドピッチを燃料として使用することと、既存の施設を利用する場合、ウッドピッチ用コンテナと再生用添加剤の投入ルートを接続することで製造可能なことを

示した。また、第3章の配合設計結果を現場配合とアスファルト合材工場における試験練りで確認した結果、基準値を満足しアスファルト合材工場での製造が可能であることを確認した。

第5章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の施工性について一般の再生アスファルト混合物と現場において比較・評価を行った。締め固め度は基準値を満足した。一般の再生アスファルト混合物より混合温度および敷き均し温度において10℃程度低い温度で、同等の施工性で施工可能なことを示した。再生骨材配合率100%のウッドピッチ添加再生アスファルト混合物については、締め固め度の基準値を満足し、一般の再生アスファルト混合物より混合温度および敷き均し温度において35～40℃程度低い温度で、同等の施工性で施工可能なことを示した。

第6章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の性能の確認を行った。舗装の設計および施工に必要な技術基準の必須の性能である疲労破壊抵抗性、塑性変形抵抗性および平坦性ならびにすべり抵抗性について、一般的な再生アスファルト混合物と同等以上と評価された。ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は一般的な再生アスファルト混合物と比較して疲労破壊抵抗性と塑性変形抵抗性に優れているが、この理由は、ウッドピッチが石油潤滑油系再生用添加剤に比べて、アスファルトと混合しやすく均等な性状のアスファルトになるためと考えられるが、今後、研究を進めて明らかにする必要がある(9.1(1)参照)。

第7章では、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、t当たりで一般的な再生アスファルト混合物と比較して100円以上の(再生骨材率100%の細粒度アスファルト混合物は1,000円)経済性を示した。二酸化炭素排出量については、中温化アスファルト混合物と比較して約10%、新アスファルト混合物と比較して約20%の二酸化炭素排出量を削減できた。以上、ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、現時点でもっとも持続可能で循環型の舗装用アスファルト混合物であることを明らかにした。

以上、アスファルト舗装材にウッドピッチを再生用添加剤に利用できることを明らかにした。

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物の長所を更に活かし、普及を測る上での今後の課題と将来の展望を第9章で述べる。

第9章 課題と将来の展望

9.1 ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の研究課題

(1) 性能の優位性の解明

本報告書においてウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は一般の再生アスファルト混合物と比較して、第3章で耐水性、第6章で疲労破壊抵抗性、塑性変形抵抗性において優れた性能を示した。ウッドピッチが一般の再生用添加剤に比べて、旧アスファルトと混ざり易いことが原因と考えられる。今後、ウッドピッチを有効に活用して、良好な再生アスファルト混合物の品質を確保するために前述の原因について検証する必要がある。

(2) ウッドピッチによる再生方法と再生舗装材への影響

アスファルト舗装発生材の再利用は1,980年代から行われるようになり、今後は複数回繰り返して再利用されているアスファルト混合物が増加する傾向にある。再生アスファルト混合物を製造する場合、再生用添加剤を添加して針入度を回復させている場合が多いが、繰り返して再生を行うことで、アスファルトの性状が変化して耐久性などに影響を及ぼすことが知られている¹⁾。また、本研究では、ウッドピッチはストレートアスファルトと比べ紫外線による劣化度は小さかったが、アスファルト分やレジン分が多く、ストレートアスファルトの劣化のメカニズムと照合すると劣化度が大きいと考えられる。以上のことから木タールによるアスファルトの再生が一般の再生用添加剤と比較して、アスファルトの物性にどのような影響をもたらすか調べる必要がある。

(3) 再生骨材配合率100%舗装材の開発

二酸化炭素発生量の縮減と資源循環型社会の形成は重要な社会的課題である。そのため、アスファルト舗装が広く使用されている現状の中では、アスファルト殻から回収する再生骨材の利用比率を高めていくことが重要である。本研究では、再生骨材配合率100%アスファルト混合物の配合設計方法の検討を行い、既往のマーシャル安定度試験による配合設計方法が適用できることを明らかにした。しかし、「技術基準」における塑性変形抵抗性は満足できないことが明らかとなっている。塑性変形抵抗性に拘わりのない歩道用の舗装材やアスファルト安定処理においては使用可能であるが、車道用の舗装材については、塑性変形抵抗性を満足するために以下の検討を行う必要がある。

- 1) 既存の性能規定を満足させるため、1) 再生骨材の分級を行う、2) 新規材料を配合する(この場合、再生骨材配合率は100%でなくなるが新アスファルトは用いない)、3) 改質材を添加する等の検討を行う。
- 2) 大型車交通量の少ない道路について、性能の基準を低下する等のローカルルール設定の検討を行う。

以上の検討により、車道用の再生骨材配合率100%舗装材または新アスファルト0%舗装材の開発を行う。

9.2 ウッドピッチ利用に関連した資源循環型社会の推進

道路舗装材の主流はアスファルトであり、原油から製造されるアスファルトの量はおお

よそ 3~4%で、国内で生産されるアスファルトの殆どはストレートアスファルトである。その生産量は年間約 500 万 t とされるが、技術の向上や環境問題の観点から再生アスファルトの利用が増加しており、生産量は近年若干減少傾向にある。そこで、既に出光興産㈱がストレートアスファルトの生産を中止、コスモ石油㈱も減産傾向にあり、間もなく JXホールディングスとシェル石油㈱に限定されそうである。

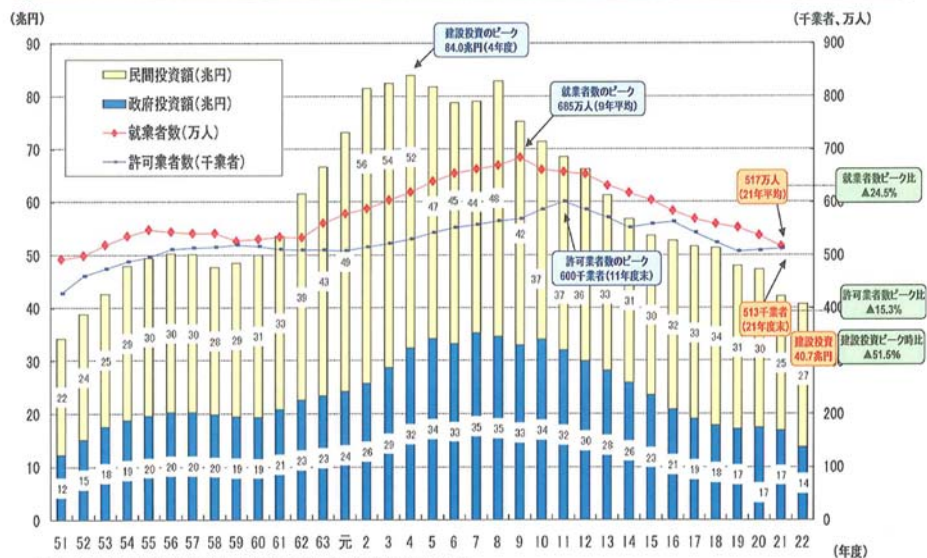
しかし現在、道路や橋梁が更新時期を迎えており、東日本大震災の復興を考えると、舗装事業に対する需要は大きい。そこで、再生アスファルトや再々生アスファルトの混合材、さらに舗装材そのものとしてのウッドピッチへの期待は強まると考えられる。しかも石油資源の枯渇化という点を考え合わせると、近い将来には、ウッドピッチが舗装材の主流となる可能性さえ期待できる。

さらに国土交通省の「建設投資、許可業者数及び就業者数の推移：本頁の図」²⁾ をみると、今後は建設投資の縮小や、そのことに伴う業者や就業者の減少が想定される。このことから、地域の社会資本そして道路舗装の持続可能性を確かなものとするためには、地元で自給できる安価で安定的に取得可能な材料とそれを産出するシステム、その材料に見合った工法やその工法に長けた地域の建設業者を持続させていくことが必要である。そのことは環境問題というより地域にとっての安全保障上の問題である。

建設投資、許可業者数及び就業者数の推移

国土交通省

- 建設投資額(平成22年度見通し)は約41兆円で、ピーク時(4年度)から約52%減。
- 建設業者数(21年度末)は約51万業者で、ピーク時(11年度末)から約15%減。
- 建設業就業者数(21年平均)は517万人で、ピーク時(9年平均)から約25%減。 ※22年5月は492万人(前年同月比16万人減)。



出所:国土交通省「建設投資見直し」・「許可業者数調べ」、総務省「労働力調査」
 注1 投資額については平成19年度まで実績、20年度・21年度は見込み、22年度は見通し
 注2 許可業者数は各年度末(翌年3月末)の値
 注3 就業者数は年平均

そこで、我々は本共同研究の最終的目標をもう一度、思い起こさなければならない。ウッドピッチは持続可能で資源循環型の社会の構築を目指すための一つの契機であり、樹木を100%活かすことにこそ主眼があったはずである。

そのことを念頭に置くと、4つの問題が浮き彫りになる。

一つは、ウッドピッチの自給的な産出に結び付くシステムの構築である。特に地球温暖化防止対策との絡みで、県内で木質バイオマス・ガス化システムを整備することである。この件では自治体の関連部局との協議を続けている。しかし、農林水産省の「バイオマスタウン」構想³⁾に応募しようとする県内の自治体は少ない(富山県では、既に下水道事業との連携で、企業を指定管理者として木質バイオマス・ガス活用推進の計画が進捗中である)。しかも、国の地球温暖化防止対策基本法の制定が遅れている現状では補助金などのメニューも未整備で、自治体も同種計画の策定を先延ばしにしている。かなりの資金が必要なため、提案⁴⁾はされているが、自治体も企業や団体も消極的であり、実現には少し時間がかかりそうである。今後も検討を継続していく。

二つ目は、木質バイオマスを取り出すための木材資源の産出システムの問題であり、林業の活性化と重なる問題である。この件でも、重要な提起⁵⁾がなされているものの、具体的な動きは乏しい。北欧型の機械化林業を運営するためにはかなりの投資が必要となり、近畿圏や中部山岳地域でそのような取り組みも散見されるが、十分な成果を上げるまでには至っていない⁵⁾ようだ。因みに、林業に関する平成20年度の数値⁶⁾では、林業の総生産額(約4,344億円)が国内総生産額(約50兆円)に占める比率は約0.09%。また全就業者(約6,385万人)に占める林業就業者(約6万人)の比率も約0.09%⁶⁾。この状況は福井県でも県内の各市町でも変わらない。さらに問題なのは、ハード面での整備の不十分さであり、林業の作業や木材資源の切り出しに必要な林道整備が行き届いていないということである^{5,6,7)}。このことはこの列状間伐の問題とも関連付けられ、森林管理が防災ではなく、災害誘発につながりかねないといった懸念に結び付く。そこで近年、河川砂防との連携の形で、管理道路(≒林道)の整備や緑化(≒植林)事業を推進するということの可能性が拓かれてきている。つまり、もはや林業部門が単独で森林を育成・管理することは困難であり、他の部門、例えば土木・建築・製紙部門などとの連携的な取り組みとして、つまり持続可能で資源循環型の国土形成事業として、新たな森林育成・管理を考えるべきだということを示唆していると言える。いわば、森林との共生を保全と市場主義に即した利用との対立ではなく、“wise use”つまり持続可能で資源循環型の森林の活用としての地域形成事業へと再編すべき時期を迎えていると言えそうである。

その結果、三つ目の問題が浮かび上がる。担い手の問題である。このことは、自給率と就業者比率が木材資源と同じく極端に低い食糧供給と共通する問題である。誰が林業(農業)の作業に従事するのかといった問題である。この件では、北欧における実践を御手本とすることができる。我が国の人々は、週休二日の在り方に関し大きな誤解をしている。キリスト教文化圏では、週の休日はいくまでも1日である。つまりカットされた労働時間(日数)は何らかの形で、社会貢献・社会福祉に振り向けるということが彼らにとっては当然のことなのである。例えば、その時間を農業や林業の作業に振り向けることは普通の出来事であり、グリーン・ツーリズムの動きが当然の如くに現れる。その先は、企業労働者が農業にも従事するというワークシェアリング(work-sharing)の動きへと結びついて

いく。このことが食糧や木材資源の自給率を向上させるということは想像に難くない。実際に、ドイツのある企業は1人当たりの年間労働時間を1,500時間に制限し、残余の時間を農作業で費やすことに対して助成金まで提供している。ドイツの企業や人びとにとって、食糧自給やエネルギー自給は単なる環境問題への対応ではなく、既に地域の持続可能性を確実にする安全保障問題として意識化すべき課題とされている。つまり、林業や農業の作業へと空いた時間を振り向け、地域とその共有資源の持続可能性を高める⁷⁾。このことは我々にとっても真剣に考え、とりくむべき使命とさえ考えるべき時期に来ている。ただし、こうした大きな考え方の転換にも時間がかかりそうであり、そのような様態をスムーズに導くための手続きや方法論、新たな倫理は未だ研究課題としての域を脱し得ていない。

最後の四つ目は、肝心要の木材資源が持続可能で資源循環型で切り出しうる様態にあるか否かという問題である。この点が一番深刻だが、取り組みの容易な問題である。

というのも、森林は国土の約7割を占め、その約4割つまり国土の約1/4を人工林が占めている。だが、人工林の約6割が植樹後30~50年の樹木で占められ、それ以上の年数を経たものが約2割、それ以下の年数のものが約2割、ここ5年間に植えられたものは1%にも満たない⁸⁾。つまり間伐材を活かせるのもここ10年ほどで、木質バイオマスとして活用するための木材を持続的・安定的に手に入れようとしても、無理な様態にある。ある程度、樹齢にばらつきがあり、持続的・安定的に活用可能な木材を切り出せる森を計画的に育まなければならない。さもないと、木質バイオマスの活用とウッドピッチという目論見も机上の空論となってしまう。そこで、定期的に木を植える試みが必要なのである。この計画が越の郷地球環境会議設立⁹⁾の大前提であり、子どもたちにも木を植えることとその意味を実践的に学んでもらい、この試みを引き継いでもらおう。これが、ウッドピッチにかける越の郷地球環境会議のバックキャストの原点なのである。かくして二酸化炭素排出量削減、コスト削減、舗装代替材の確保という目的も、本共同研究と越の郷地球環境会議との一つの方便と言える。

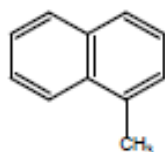
参考文献

- 1)繰返し再生を考慮したアスファルト混合物の再生に関する研究:加納孝志,新田弘幸,佐々木巖,西崎到,久保和幸,土木学会舗装工学論文集第 14 巻, pp.117-122,2009
- 2)<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h21/index.html> (2010.10 取得)
- 3)「原料入手と販売一括扱い 推進組織の青写真も バイオマスで県に提言 県利用研究会」日刊福井朝刊 (2011.04.08 (金)) (同種の記事は中日新聞にも掲載)。「木質燃料でエネ自給を一問伐材有効活用 研究会」福井新聞朝刊 (2011.04.08 (金)) .
- 4)http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_town/index.html
- 5)梶山恵司 (2011)『日本林業は甦る』日本経済新聞出版社.
- 6)http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/21hakusho/pdf/s_2.pdf (2011.2 取得)
- 7)Ostrom,E. (2000)“Governing the commons”Cambridge Univ. Press, New York,USA..
- 8)福井工業高等専門学校 (2010)「平成 20 年～21 年度特別教育研究経費事業 (連携融合事業)『地域連携による環境の定期診断を通じた持続可能な環境都市づくり』報告書」p.120.

資料1 エタノールによるウッドピッチ抽出成分

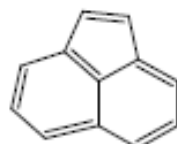
資料1 エタノールによるウッドピッチ抽出成分

1-メチルナフタレン



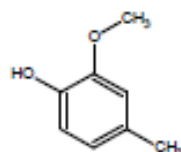
mp -30.8 °C
bp 244.8 °C

アセナフチレン



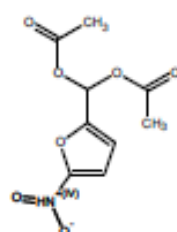
mp 88-91 °C
bp 220 °C
エタノール、エーテルに可溶。水に不溶。
180°Cに加熱すれば、種種のポリマーを与える。
タバコの煙、頁岩油に存在。

クレオゾール



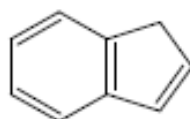
mp 5.5 °C
bp 220 °C
エタノール、ベンゼン、クロロホルム、エーテル、氷酢酸に可溶。
水に難溶。
ブナなどの木タール中に存在。

フルフラール



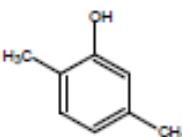
mp -36.5 °C
bp 161.8 °C
エタノール、エーテルに可溶。
空气中で光にさらして放置しておくとき黄褐色を経て樹脂化。
植物体(コンバク、麦わら、トウモロコシの芯)から作製。
フェノール-フラン樹脂の原料、テトラヒドロフランの原料、ナイロン66の原料として使われる。
0.1%以下の蒸気で催涙ガスと同様な作用がある。
慢性的吸入で神経障害、視力障害などが起こる。

インデン



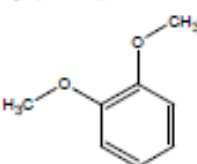
mp -1.6 °C
bp 182.6 °C
多くの有機溶媒に可溶。水に不溶。
カチオン重合。環状ジエンとして挙動。
古くからクマロン-インデン樹脂としてSBRゴム製品の強化用にブレンドされている。
コールタールの重質油中にマクロン、メチルステレンなどと混在。

p-キシレノール



mp 75 °C
bp 210 °C
高沸点タール酸の200-230°C留分中に存在。

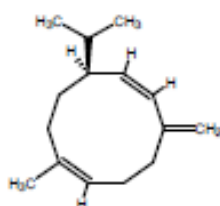
ペラトロール



mp 22-23 °C
bp 206-207 °C
エタノール、エーテルに可溶。水に難溶解。
医薬品又はメッキ薬などの原料。

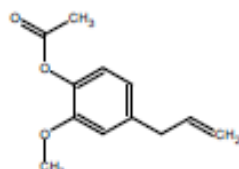
ゲルマクレン

センダン科ジュランの花中に存在。

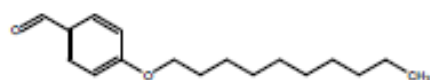


アセチルオイゲノール

チョウジ抽出物。

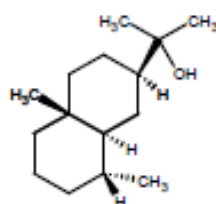


n-デシルオキシベンズアルデヒド



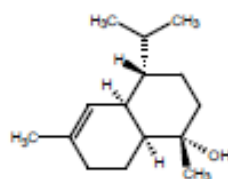
オイゲノール

ユーカリ油精油の中に含まれる一香気成分。

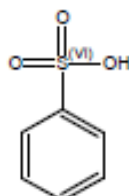


γ-ムウロロール

ヒノキの精油成分。



ベンゼンスルホン酸

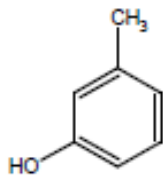


mp 65~66°C (無水物)
43~44°C (含水物)
水、エタノール、作戦に可溶。エーテルに不溶。
ベンゼンに難溶。

資料1 エタノールによるウッドピッチ抽出成分

3-メチルフェノール

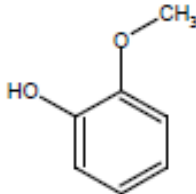
(*m*-クレゾール)



mp 11.5°C
bp 202.2°C

エタノール、エーテル、クロロホルムに可溶。水に難溶。
フェノールのように臭気があり有害。
合成樹脂、農業、可塑剤などの合成原料、消毒剤として使われる。
o, m, p共に木タールに含まれる。
LD50(ラット、経口) 242 mg/kg

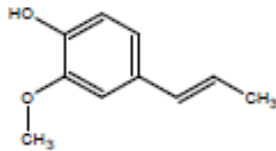
2-メトキシフェノール



mp 32°C
bp 205°C
106.5°C (24mmHg)

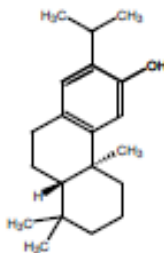
エタノール、クロロホルム、エーテルに可溶。水に微溶。石油エーテルに難溶。
医薬品あるいは香料の原料として使われる。
ブナの木タール中に含まれ、またグアヤク脂の乾留生成物中にも存在。
LD50 725 mg/kg

2-メトキシ-4-(1-プロペニル)フェノール (イソオイゲノール)



エタノール、有機溶媒に可溶。水に不溶。
クローブ様スパイシーな香気を有する。
カーネーションなどの花精油用香料、ラズベリー、シナモン系の食品香料、バニリンの製造原料として使用。
ナツメグ油、イランイラン油に含有。
LD50 1560 mg/kg

フェルギノール

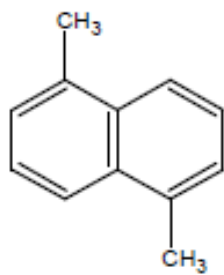


bp 175°C
マキ科植物の樹脂の主成分。
フェノール性三環式ジテルペンである。

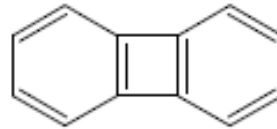
炭素数20個からなるテルペンの総称。

資料2 ヘキサンによるウッドピッチ抽出成分

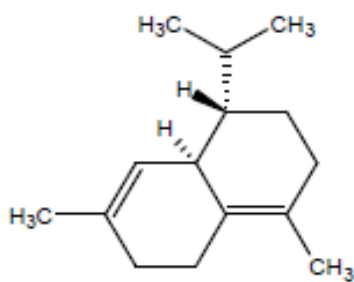
1,5-Dimethyl-Naphthalene



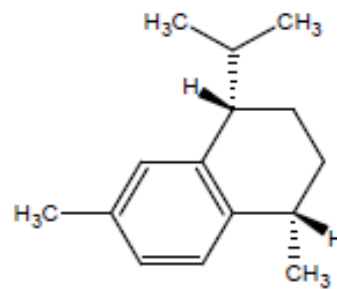
Biphenylene



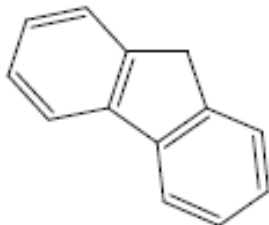
δ -Cadinene



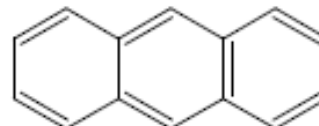
Calamenene



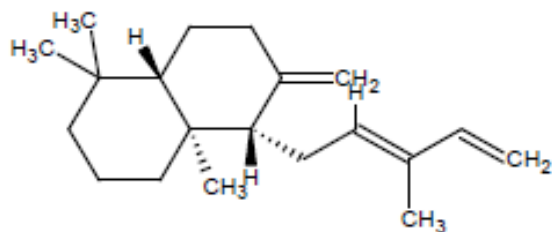
Fluorene



Anthracene



Biformen



資料3 配合設計書

再生密粒度アスコン (13) (ウッドピッチ添加)

配 合 設 計 書

アスファルト混合物材料試験成績書

ア ス フ ア ル ト	アスファルト種別	ストレートアスファルト60/80		試験値	規格値				
	製油会社	富士興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm	69	60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)	49.0	44.0~52.0			
	比重	1.032		伸度(15℃) cm	130以上	100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー 推奨温度	締固め温度 ℃ 混合温度 ℃	140~144 151~157	--- ---		
石 粉		試験値	規格値		試験値	規格値			
	材 質	石灰岩粉末	石灰岩粉末	粒 度	600 μm	100.0	100		
	見掛比重	2.711	---		300 μm	99.9	---		
	水 分(%)	0.100	<1.0		150 μm	96.3	90~100		
			75 μm		81.2	70~100			
細 骨 材	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂	粒 度 通 過 重 量 %	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市漆原町	福井市漆原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	97.5	84.3	100.0
	表乾比重	2.602	2.553	2.542		600 μm	46.7	31.3	82.1
	見掛比重	2.698	2.634	2.640		300 μm	27.5	14.6	33.6
	吸水率(%)	2.22	1.99	2.39		150 μm	13.0	5.8	2.0
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	4.8	2.4	0.8
粗 骨 材	種 別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産 地	坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.660	>2.45	2.658	>2.45	2.607	>2.45		
	見掛比重	2.730	---	2.733	---	2.685	---		
	吸水率(%)	1.54	<3.0	1.66	<3.0	1.82	<3.0		
	単位体積重量	1.595	---	1.606	---	1.540	---		
	すりへり減量		<30	12.5	<30		<30		
	粒 度	26.5mm	100.0	100					
		19 mm	94.6	85~100	100.0	100			
13.2mm		12.1	0~15	98.5	85~100	100.0	100		
9.5mm		4.4		62.1		100.0			
4.75mm				1.9	0~15	92.3	85~100		
2.36mm						11.5	0~25		
	0.6 mm					0.8	0~5		
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が 所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p>(舗装設計施工指針)</p>									

アスファルト混合物材料試験成績書

材料名		再 生 骨 材				備 考
試験項目					13~0mm	規格値
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm				100.0	
	19 mm				100.0	
	13.2 mm				98.4	
	9.5 mm					
	4.75 mm				82.1	
	2.36 mm				62.4	
	600 μm				39.5	
	300 μm				23.1	
	150 μm				13.5	
	75 μm				9.9	
旧アスファルト含有量 (%)					5.10	3.8以上
旧アスファルト針入度(1/10mm)					22	20以上
洗い試験で失われる量 (%)					3.52	5以下
最 大 比 重					2.451	-

再生用添加剤（木タール）の性状			針入度と添加剤添加量との関係				
項 目	試験値	規格値	添加剤量 (%)				
動粘度(60℃)cSt	56.90	80~1000	0	20	40	60	
引火点 ℃	-	230以上	針入度 (1/10mm)				
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	-	2以下	22	40	67	90	
薄膜加熱質量変化率(%)	-	±3以下					
密度 (15℃)g/cm ³	1.139	-					
再生アスファルトの性状							
項 目	試験値	規格値					
針入度(25℃)1/10mm	70	60~80					
軟化点 ℃	-	44~52					
伸 度 (15℃)	-	100以上					
密度 (15℃)g/cm ³	1.035	1.000以上					
動粘度 c S t	(180±20)℃	148~155					
	(300±30)℃	134~140					

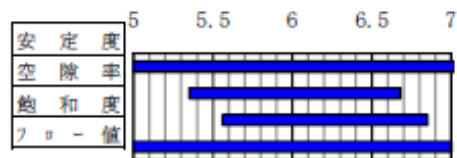
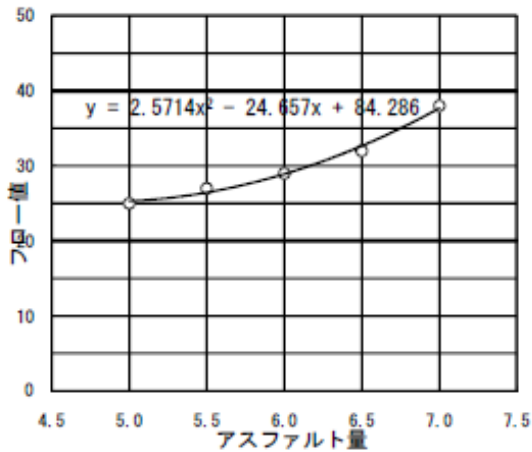
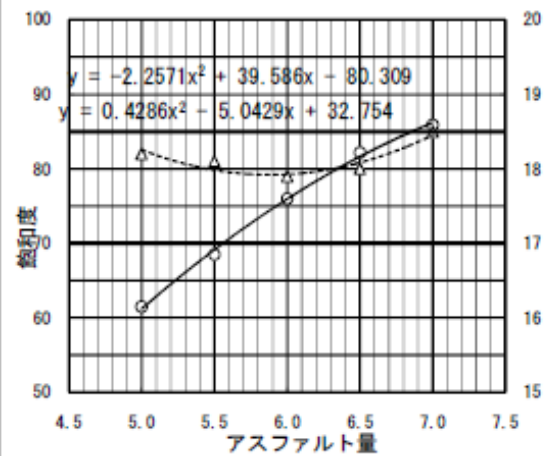
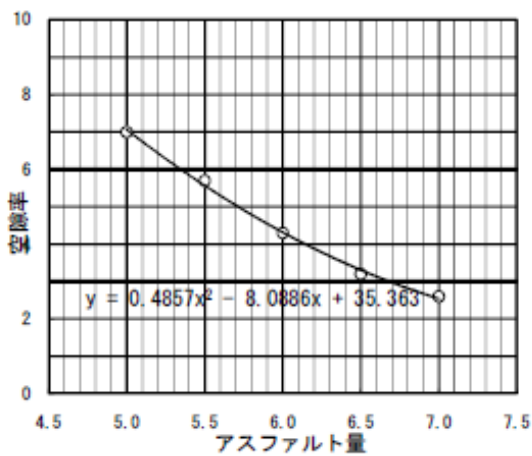
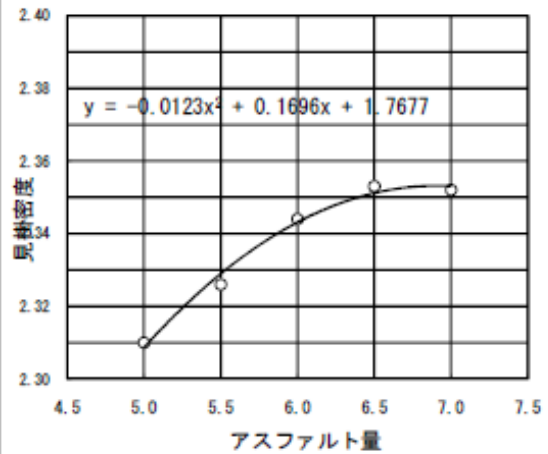
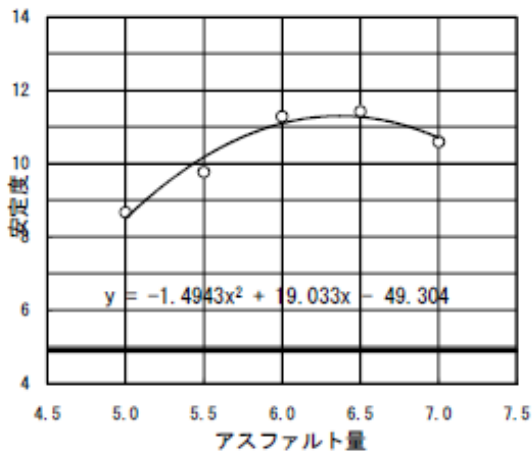
設計針入度になる添加剤量 (%)			
対アスファルト	対混合物	目標針入度	
45.0	0.967	70	

骨材配合試験成績書

混 合 物 の 種 類		再生密粒度アスコン(13) [木タール入り]								
骨材の種類		配合比 (重量%)		合成粒度 (コールドビン)						
粗骨材	6号砕石	27.0		フルイ目	決定粒度		標準粒度範囲			
	7号砕石	12.0		31.5	100.0		100	—	100	
				26.5	100.0		100	—	100	
細骨材	スリコングス	6.0		19	100.0		100	—	100	
	粗砂	6.0		13.2	99.0		95	—	100	
	細砂	6.0		9.5						
	石粉	3.0		4.75	65.4		55	—	70	
	再生骨材	40.0		2.36	46.4		35	—	50	
				600	28.5		18	—	30	
				300	16.8		10	—	21	
		100.0		150	9.5		6	—	16	
				75	6.8		4	—	8	
合成粒度曲線図							図表凡例			
							点線： 仕様書標準粒度範囲 実線： 決定粒度			
比 重 補 正			6号砕石	7号砕石		スリコングス	粗砂	細砂	石粉	合計
	骨材配合比①									
	比 重②									
	①×②									
	比重補正骨材配合比 ①×②×100 計									

アスファルト混合物配合試験成績書

混合物の名称 再生密粒度アスコン(13) [木タール入り]



共通範囲 5.56 ~ 6.68

設計アスファルト量 6.10 %

アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類	再生密粒度アスコン(13) [木タール入り]														
合成粒度曲線図 												合成粒度			
フルイ通過重量百分率 (%)		フルイ目	試験値	基準値											
		31.5	100.0	100.0											
		26.5	100.0	100.0											
		19	100.0	100.0											
		13.2	98.4	99.0											
		9.5													
		4.75	66.5	65.4											
		2.36	47.4	46.4											
		600	29.3	28.5											
		300	17.6	16.8											
		150	9.9	9.5											
		75	6.9	6.8											
配合量	ピンの種別	配合比	混合物配合 (%)	配合重量	加積配合重量	図表凡例 点線： 仕様書標準粒度範囲 実線： 決定粒度									
	ピン 5														
	ピン 4														
	ピン 3	27.0	25.35	254	254										
	ピン 2	12.0	11.27	113	367										
	ピン 1	18.0	16.90	169	536										
	石粉	3.0	2.82	28	28.0										
	再生骨材	40.0	39.58	396	396										
		—													
	7スフェト量	—	6.10	—	—										
	旧アスファルト量	—	2.02	—	—										
	再生用添加剤量	—	0.91	9.0	9.0										
	新アスファルト量	—	3.17	32.0	32.0										
	計	100.0	100.00	1001.0	1001.0										
	試験練り混合物のマーシャル試験値														
アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実際密度	見掛理論密度	のアスファルトの容積率	空隙率	骨材空隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値	
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN		
6.1	1199.2		1198.7	689.3	509.9	2.351						27	13.488		
	1196.0		1195.5	687.1	508.9	2.349						27	13.901		
	1196.0		1195.5	687.0	509.0	2.349						24	13.075		
平均						2.350	2.445	13.9	3.9	17.8	78.1	26	13.488	51.9	
規格値									3~6		70~85	20~40	4.9以上		

再生密粒度アスコン (13)

配合設計書

アスファルト混合物材料試験成績書

ア ス フ ア ル ト	アスファルト種別	ストリートアスファルト60/80		試験値	規格値				
	製油会社	富士興産㈱		針入度(25℃) 1/10mm	69	60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)	48.5	44.0~52.0			
	比 重	1.033		伸度(15℃) cm	130以上	100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー 推奨温度	締固め温度 ℃ 混合温度 ℃	139~143 150~156	--- ---		
石 粉		試験値	規格値		試験値	規格値			
	材 質	石灰岩粉末	石灰岩粉末	粒	600 μm	100.0	100		
	見掛比重	2.711	---	度	300 μm	99.9	---		
	水 分(%)	0.1	<1.0		150 μm	96.5	90~100		
					75 μm	81.1	70~100		
細 骨 材	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂	粒 通 過 重 量 %	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市漆原町	福井市漆原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	98.9	83.8	100.0
	表乾比重	2.606	2.548	2.554		600 μm	46.2	32.5	81.0
	見掛比重	2.710	2.629	2.652		300 μm	28.4	13.1	32.6
	吸水率(%)	2.38	1.99	2.38		150 μm	13.5	6.5	3.1
	単位体積重量	1.61	1.57	1.56		75 μm	3.7	2.5	0.9
粗 骨 材	種 別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産 地	坂井市丸岡町		坂井市丸岡町		坂井市丸岡町			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.663	>2.45	2.659	>2.45	2.613	>2.45		
	見掛比重	2.732	---	2.732	---	2.696	---		
	吸水率(%)	1.53	<3.0	1.63	<3.0	1.91	<3.0		
	単位体積重量	1.59	---	1.61	---	1.540	---		
	すりへり減量		<30	11.7	<30		<30		
	粒 度	26.5mm	100.0	100					
		19 mm	97.3	85~100	100.0	100			
13.2mm		12.0	0~15	98.3	85~100	100.0	100		
9.5mm		4.0		63.1		100.0			
4.75mm				2.5	0~15	92.1	85~100		
2.36mm						11.5	0~25		
0.6 mm						0.8	0~5		
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が 所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p>(舗装設計施工指針)</p>									

アスファルト混合物材料試験成績書

材料名		再 生 骨 材				備 考
試験項目					13~0mm	規格値
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm				100.0	
	19 mm				100.0	
	13.2 mm				98.4	
	9.5 mm					
	4.75 mm				77.4	
	2.36 mm				52.5	
	600 μm				30.8	
	300 μm				20.0	
	150 μm				12.1	
	75 μm				8.9	
旧アスファルト含有量 (%)					5.10	3.8以上
旧アスファルト針入度 (1/10mm)					30	20以上
洗い試験で失われる量 (%)					3.60	5以下
最 大 比 重					2.456	-

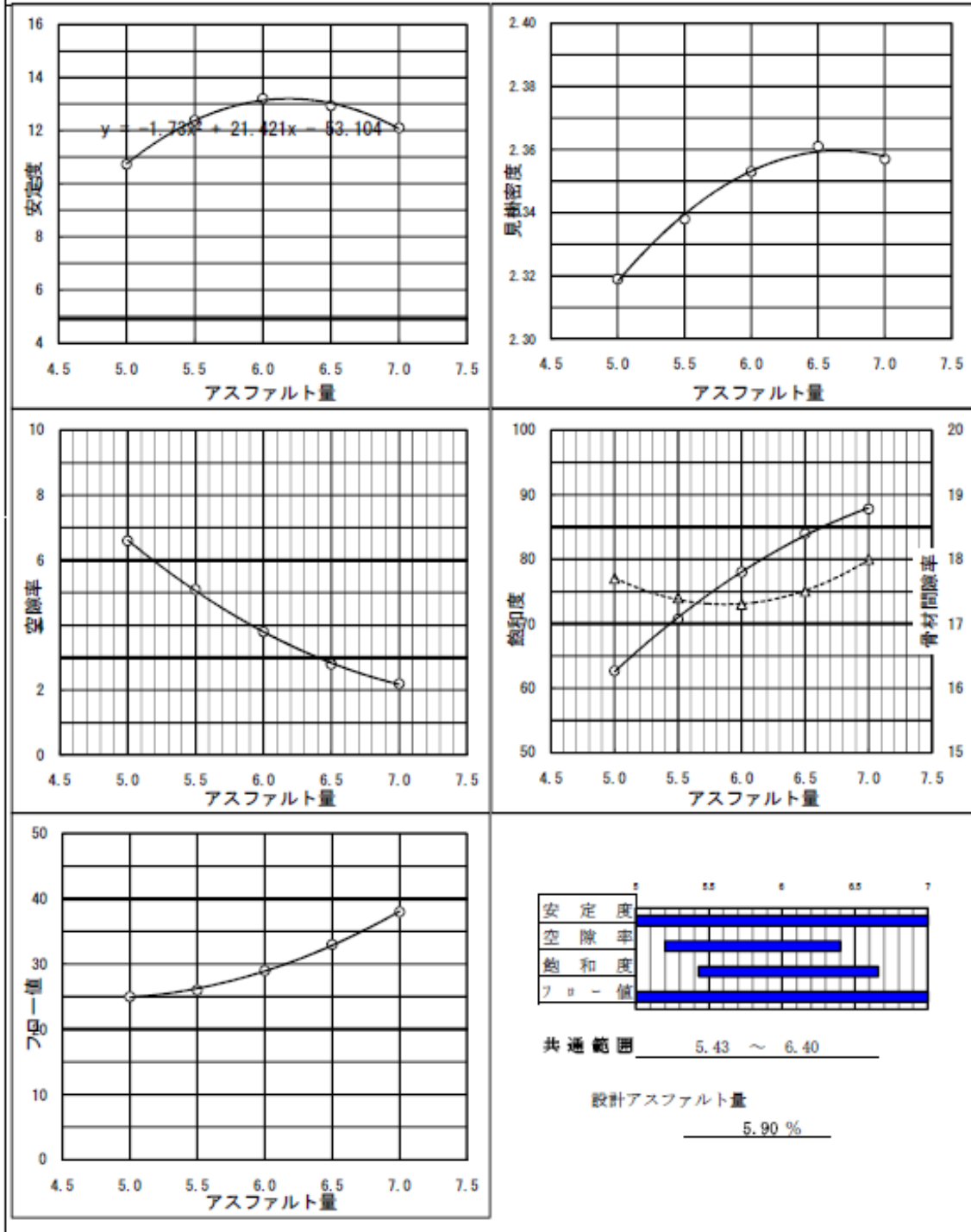
再生用添加剤の性状			針入度と添加剤添加量との関係				
項 目	試験値	規格値					
動粘度 (60℃) cSt	85.08	80~1000					
引火点 ℃	242	230以上					
薄膜加熱後の粘度比 (60℃)	1.18	2以下					
薄膜加熱質量変化率 (%)	-1.60	±3以下					
密度 (15℃) g/cm ³	0.9736	-					
再生アスファルトの性状							
項 目	試験値	規格値					
針入度 (25℃) 1/10mm	64	60~80					
軟化点 ℃	49	44~52					
伸 度 (15℃)	100+	100以上					
密度 (15℃) g/cm ³	1.042	1.000以上					
動粘度 c S t	(180±20)℃	151~157					
	(300±30)℃	140~144					

添加剤量 (%)	0	4	8	12
針入度 (1/10mm)	30	43	62	93

設計針入度になる添加剤量 (%)		目標針入度
対アスファルト	対混合物	
9.0	0.193	69.66265141

アスファルト混合物配合試験成績書

混合物の名称	再生13mm密粒度アスコン
--------	---------------



アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類		再生13mm密粒度アスコン													
合成粒度曲線図												合成粒度			
フルイ通過重量百分率(%)													フルイ目	試験値	基準値
													31.5	100.0	100.0
													26.5	100.0	100.0
													19	100.0	100.0
													13.2	98.5	99.0
													9.5		
													4.75	66.4	66.7
													2.36	45.6	45.2
													600	26.9	26.6
													300	16.6	16.2
150	9.7	9.3													
75	6.8	6.6													
ふるい目															
配合量	ビンの種別	配合比	混合物配合(%)	配合重量	加積配合重量	図表凡例									
	ビン 5					点線： 仕様書標準粒度範囲 実線： 決定粒度									
	ビン 4														
	ビン 3	25.0	23.53	235	235										
	ビン 2	9.0	8.47	85	320										
	ビン 1	23.0	21.64	216	536										
	ダスト	0.5	0.47	5	5										
	石粉	2.5	2.35	23	23										
	再生骨材	40.0	39.66	397	397										
	—														
	アスファルト量	—	5.90	—	—										
	旧アスファルト量	—	2.02	—	—										
	再生用添加剤量	—	0.18	2	2										
	新アスファルト量	—	3.70	37	37										
	計	100.0	100.00	1000	1000										
試験練り混合物のマーシャル試験値															
アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実際密度	見掛理論密度	のアスファルトの容積率	空隙率	骨材間隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値	
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN		
5.9	1173.6		1173.3	675.3	498.3	2.355						31	14.035		
	1182.0		1181.5	679.5	502.5	2.351						32	13.485		
	1171.6		1171.3	672.2	499.4	2.345						30	13.760		
平均						2.350	2.449	13.3	4.0	17.3	76.9	31	13.760	44.4	
規格値									3~6		70~85	20~40	4.90以上		

再生密粒度アスコン (20) (ウッドピッチ添加40%)

配 合 設 計 書

アスファルト混合物材料試験成績書

ア ス フ ア ル ト	7スファルト種別	ストリート7スファルト60/80		試験値	規格値				
	製油会社	富士興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm	69	60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)	49.0	44.0~52.0			
	比重	1.032		伸度(15℃) cm	130以上	100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー	締固め温度 ℃	140~144	---		
			推奨温度	混合温度 ℃	151~157	---			
石 粉		試験値	規格値		試験値	規格値			
	材 質	石灰岩粉末	石灰岩粉末		600 μm	100.0	100		
	見掛比重	2.711	---		300 μm	99.9	---		
	水 分(%)	0.100	<1.0		150 μm	96.3	90~100		
					75 μm	81.2	70~100		
細 骨 材	種 別	スクリンダス	粗 砂	細 砂	粒 度 通過 重量 %	種 別	スクリンダス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市津原町	福井市津原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	97.5	84.3	100.0
	表乾比重	2.602	2.553	2.542		600 μm	46.7	31.3	82.1
	見掛比重	2.698	2.634	2.640		300 μm	27.5	14.6	33.6
	吸水率(%)	2.22	1.99	2.39		150 μm	13.0	5.8	2.0
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	4.8	2.4	0.8
粗 骨 材	種 別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産 地	坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.660	>2.45	2.658	>2.45	2.607	>2.45		
	見掛比重	2.730	---	2.733	---	2.685	---		
	吸水率(%)	1.54	<3.0	1.66	<3.0	1.82	<3.0		
	単位体積重量	1.595	---	1.606	---	1.540	---		
	すりへり減量		<30	12.5	<30		<30		
粒 度	26.5mm	100.0	100						
	19 mm	94.6	85~100	100.0	100				
	13.2mm	12.1	0~15	98.5	85~100	100.0	100		
	9.5mm	4.4		62.1		100.0			
	4.75mm			1.9	0~15	92.3	85~100		
	2.36mm					11.5	0~25		
	0.6 mm					0.8	0~5		
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p style="text-align: center;">(舗装設計施工指針)</p>									

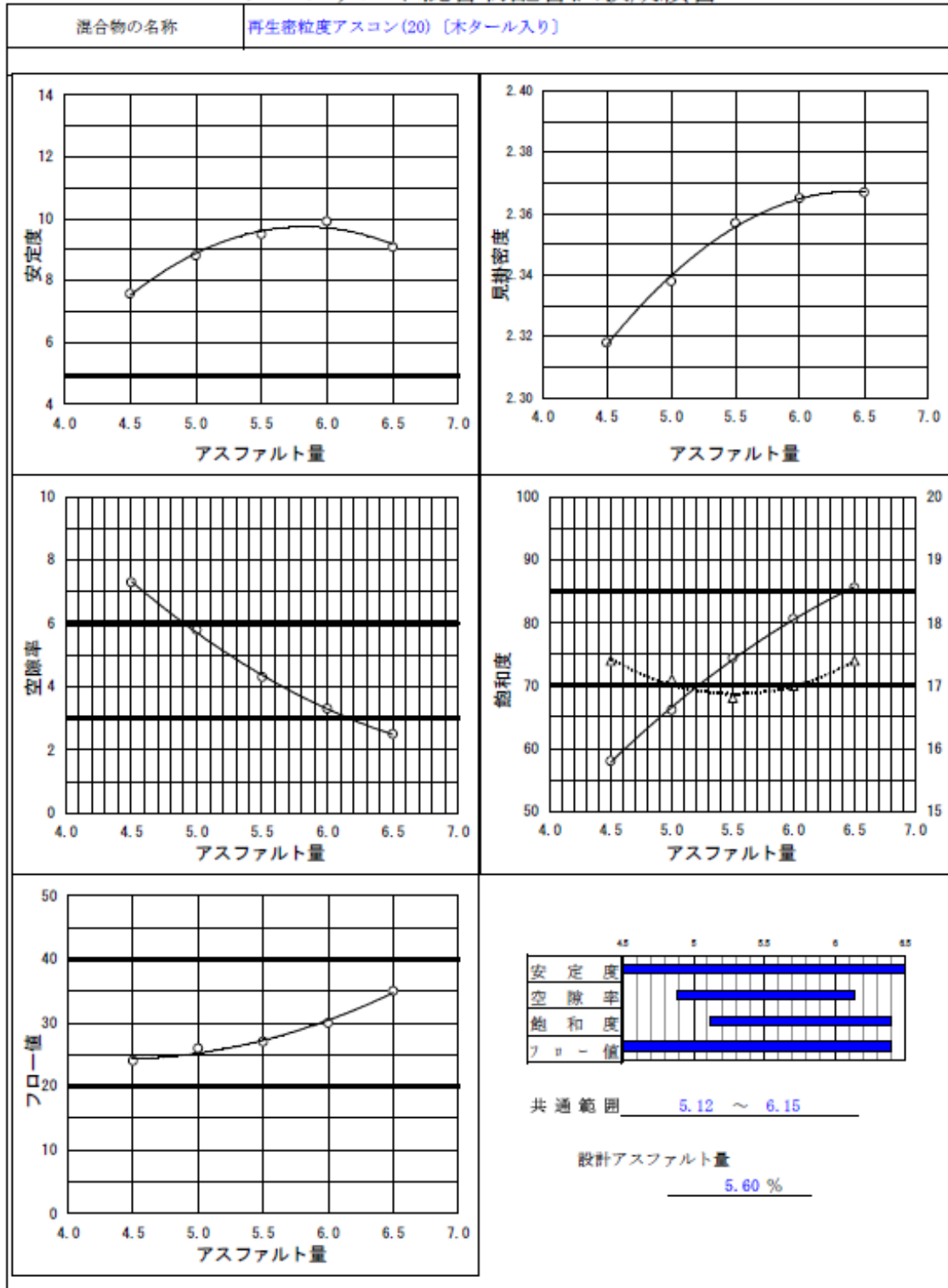
アスファルト混合物材料試験成績書

材料名		再 生 骨 材				備 考										
試験項目				13~0mm	規格値											
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm			100.0												
	19 mm			100.0												
	13.2 mm			98.4												
	9.5 mm															
	4.75 mm			77.7												
	2.36 mm			52.5												
	600 μm			30.7												
	300 μm			19.7												
	150 μm			12.2												
75 μm			9.2													
旧アスファルト含有量 (%)				5.10	3.8以上											
旧アスファルト針入度 (1/10mm)				20	20以上											
洗い試験で失われる量 (%)				3.52	5以下											
最 大 比 重				2.451	-											
木タールの性状				針入度と添加剤添加量との関係												
項 目	試験値	規格値														
動粘度 (50℃) mm ² /s	34.90	-														
引火点 ℃	-	-														
薄膜加熱後の粘度比 (60℃)	-	-														
揮発減量 (50) %	45.35	-														
密度 (25℃) g/cm ³	1.145	-														
再生アスファルトの性状																
項 目	試験値	規格値														
針入度 (25℃) 1/10mm	70	60~80														
軟化点 ℃	-	44~52														
伸 度 (15℃)	-	100以上														
密度 (15℃) g/cm ³	1.035	1.000以上														
動粘度 c S t	(180±20)℃	148~154	-													
	(300±30)℃	134~140	-													
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>添加剤量 (%)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">29</td> <td style="text-align: center;">59</td> <td></td> </tr> <tr> <td>針入度 (1/10mm)</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">128</td> <td></td> </tr> </table>			添加剤量 (%)	0	29	59		針入度 (1/10mm)	20	50	128	
添加剤量 (%)	0	29	59													
針入度 (1/10mm)	20	50	128													
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">設計針入度になる添加剤量 (%)</td> </tr> <tr> <td>対アスファルト</td> <td>対混合物</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">40.0</td> <td style="text-align: center;">1.075</td> </tr> </table>			設計針入度になる添加剤量 (%)		対アスファルト	対混合物	40.0	1.075				
設計針入度になる添加剤量 (%)																
対アスファルト	対混合物															
40.0	1.075															

骨材配合試験成績書

混合物の種類		再生密粒度アスコン(20) [木タール入り]									
骨材の種類		配合比(重量%)			合成粒度(コールドビン)						
粗骨材	5号砕石	16.0			フルイ目	決定粒度	標準粒度範囲				
	6号砕石	10.0									
	7号砕石	4.0			31.5	100.0	100	—	100		
					26.5	100.0	100	—	100		
細骨材	スリコンダス	6.0			19	99.1	95	—	100		
	粗砂	6.0			13.2	85.0	75	—	90		
	細砂	6.0			9.5						
	石粉	2.0			4.75	62.8	45	—	65		
	再生骨材	50.0			2.36	45.8	35	—	50		
					600	27.0	18	—	30		
					300	16.5	10	—	21		
		100.0			150	9.2	6	—	16		
					75	6.6	4	—	8		
合成粒度曲線図											
図表凡例											
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p style="text-align: center;">ふるい目</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>点線： 仕様書標準粒度範囲</p> <p>実線： 決定粒度</p> </div> </div>											
比重補正		5号砕石	6号砕石	7号砕石		スリコンダス	粗砂	細砂	石粉	合計	
		骨材配合比①									
		比 重②									
		①×②									
		比重補正骨材配合比 $\frac{\text{①} \times \text{②} \times 1.0.0}{\text{計}}$									

アスファルト混合物配合試験成績書



再生密粒度アスコン (20)

配合設計書

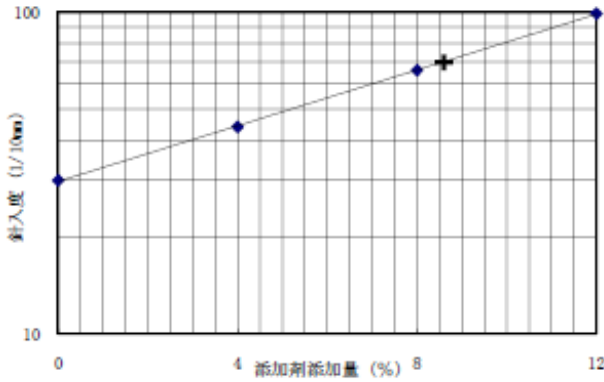
アスファルト混合物材料試験成績書

ア ス フ ア ル ト	アスファルト種別	ストレートアスファルト60/80		試験値		規格値			
	製油会社	富士興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm		69 60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)		49.0 44.0~52.0			
	比重	1.032		伸度(15℃) cm		130以上 100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー	締固め温度 ℃	140~144	---		
			推奨温度	混合温度 ℃	151~157	---			
石 粉		試験値		規格値					
	材 質	石灰岩粉末		石灰岩粉末		600 μm	100.0 100		
	見掛比重	2.711		---		300 μm	99.9 ---		
	水分(%)	0.100		<1.0		150 μm	96.3 90~100		
						75 μm	81.2 70~100		
細 骨 材	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂	粒 度 通 過 重 量 %	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市漆原町	福井市漆原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	97.5	84.3	100.0
	表乾比重	2.602	2.553	2.542		600 μm	46.7	31.3	82.1
	見掛比重	2.698	2.634	2.640		300 μm	27.5	14.6	33.6
	吸水率(%)	2.22	1.99	2.39		150 μm	13.0	5.8	2.0
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	4.8	2.4	0.8
粗 骨	種 別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産 地	坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.660	>2.45	2.658	>2.45	2.607	>2.45		
	見掛比重	2.730	---	2.733	---	2.685	---		
	吸水率(%)	1.54	<3.0	1.66	<3.0	1.82	<3.0		
	単位体積重量	1.595	---	1.606	---	1.540	---		
	すりへり減量		<30	12.5	<30		<30		
粒 度		26.5mm	100.0	100					
		19 mm	94.6	85~100	100.0	100			
		13.2mm	12.1	0~15	98.5	85~100	100.0		
		9.5mm	4.4		62.1		100.0		
		4.75mm			1.9	0~15	92.3		
		2.36mm					11.5		
		0.6 mm					0.8		
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が 所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p>(舗装設計施工指針)</p>									

アスファルト混合物材料試験成績書

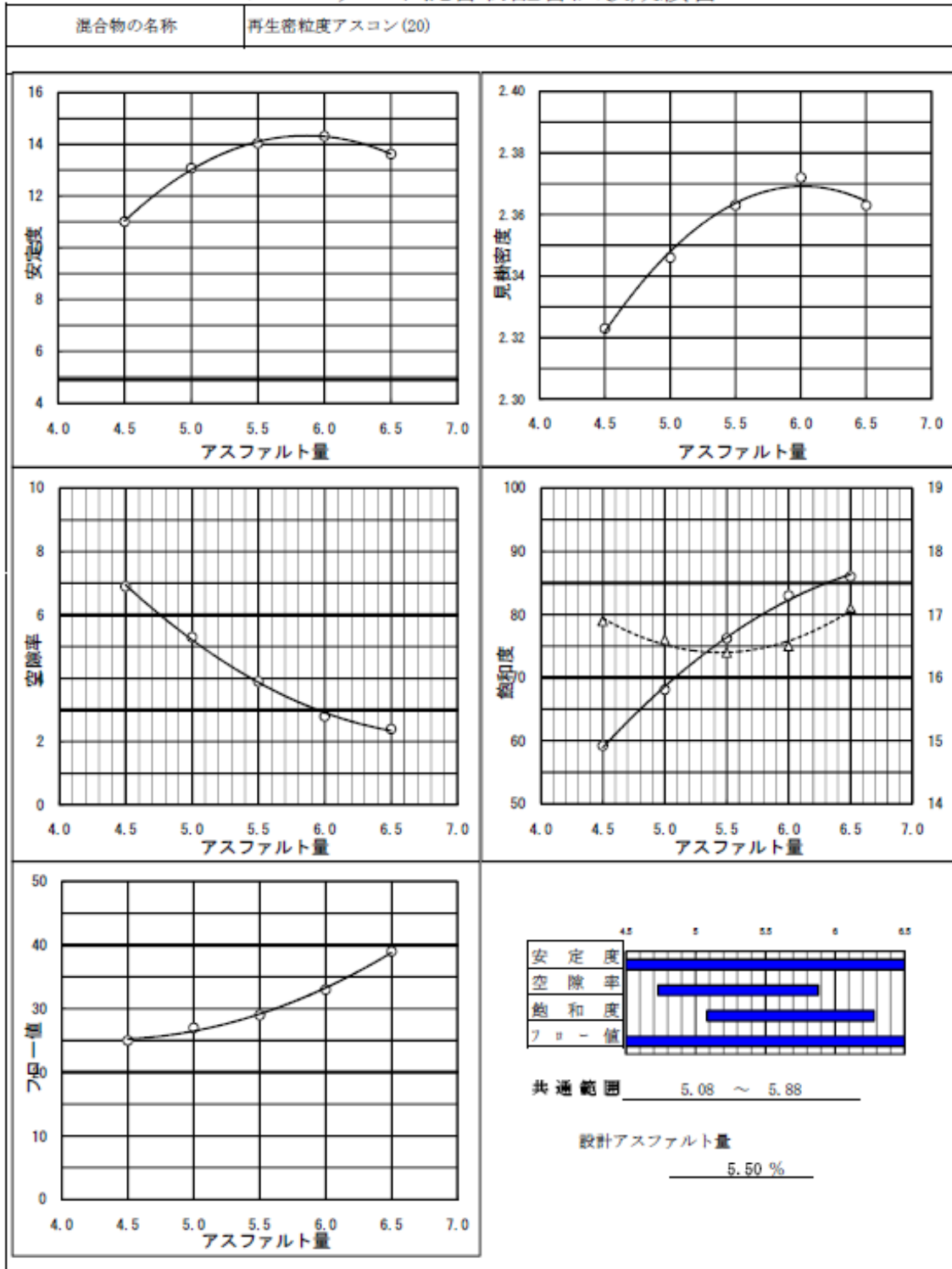
材料名		再 生 骨 材				備 考												
試験項目					13~0mm	規格値												
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm				100.0													
	19 mm				100.0													
	13.2 mm				98.4													
	9.5 mm																	
	4.75 mm				77.7													
	2.36 mm				52.5													
	600 μm				30.7													
	300 μm				19.7													
	150 μm				12.2													
	75 μm				9.2													
旧アスファルト含有量 (%)					5.10	3.8以上												
旧アスファルト針入度(1/10mm)					30	20以上												
洗い試験で失われる量 (%)					3.52	5以下												
最 大 比 重					2.451	-												
再生用添加剤の性状				針入度と添加剤添加量との関係														
項 目	試験値	規格値																
動粘度(60℃)cSt	175.00	80~1000																
引火点 ℃	262	230以上																
薄機加熱後の粘度比(60℃)	1.22	2以下																
薄機加熱質量変化率(%)	-0.43	±3以下																
密度(15℃)g/cm ³	1.0184	-																
再生アスファルトの性状																		
項 目	試験値	規格値																
針入度(25℃)1/10mm	65	60~80																
軟化点 ℃	49	44~52																
伸 度 (15℃)	100+	100以上																
密度(15℃)g/cm ³	1.042	1.000以上																
動粘度 c S t	(180±20)℃	154~160	-															
	(300±30)℃	142~147	-															
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">設計針入度になる添加剤量 (%)</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>対アスファルト</td> <td>対混合物</td> <td colspan="2">目標針入度</td> </tr> <tr> <td>8.6</td> <td>0.231</td> <td colspan="2">70</td> </tr> </table>			設計針入度になる添加剤量 (%)				対アスファルト	対混合物	目標針入度		8.6	0.231	70	
設計針入度になる添加剤量 (%)																		
対アスファルト	対混合物	目標針入度																
8.6	0.231	70																

添加剤量 (%)	0	4	8	12
針入度 (1/10mm)	30	44	66	99



設計針入度になる添加剤量 (%)			
対アスファルト	対混合物	目標針入度	
8.6	0.231	70	

アスファルト混合物配合試験成績書



アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類	再生密粒度アスコン(20)													
<h3 style="margin: 0;">合成粒度曲線図</h3>											合成粒度			
フルイ通過重量百分率(%)			フルイ目	試験値	基準値									
			31.5	100.0	100.0									
			26.5	100.0	100.0									
			19	98.8	99.1									
			13.2	85.5	85.0									
			9.5											
			4.75	63.9	62.8									
			2.36	45.1	45.8									
			600	26.5	27.0									
			300	16.3	16.5									
		150	9.6	9.2										
		75	6.8	6.6										
配合量	ピンの種別	配合比	混合物配合(%)	配合重量	加積配合重量	図表凡例 点線： 仕様書標準粒度範囲 実線： 決定粒度								
	ピン 5													
	ピン 4	15.0	14.18	142	142									
	ピン 3	10.0	9.45	95	237									
	ピン 2	5.0	4.73	47	284									
	ピン 1	18.0	17.01	170	454									
	ダスト	0.5	0.47	5	5									
	石粉	1.5	1.42	14	14									
	再生骨材	50.0	49.79	498	498									
		—												
	アスファルト量	—	5.50	—	—									
	旧アスファルト量	—	2.54	—	—									
	再生用添加剤量	—	0.22	2	2									
	新アスファルト量	—	2.74	27	27									
	計	100.0	100.01	1000.0	1000.0									
試験練り混合物のマーシャル試験値														
アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実際密度	見掛理論密度	のアスファルトの容積率	空隙率	骨材空隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN	
5.5	1187.5	1187.3	685.7	501.8	2.366							25	14.727	
	1204.4	1203.9	695.9	508.5	2.368							27	14.589	
	1198.2	1197.7	690.8	507.4	2.360							26	14.452	
平均						2.365	2.458	12.5	3.8	16.3	76.7	26	14.589	56.1
規格値									3~6		70~85	20~40	4.9以上	

再生密粒度アスコン (20) (ウッドピッチ添加24.6%)

配 合 設 計 書

アスファルト混合物材料試験成績書

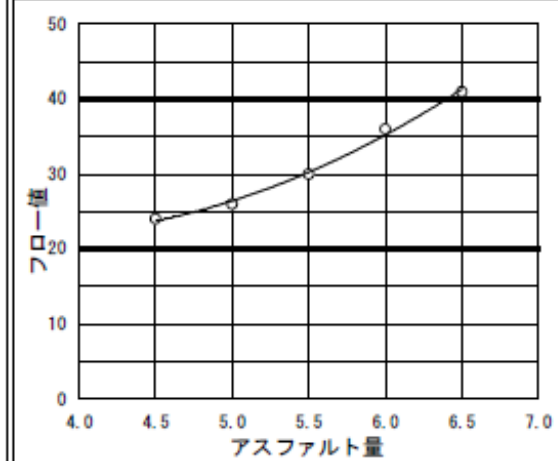
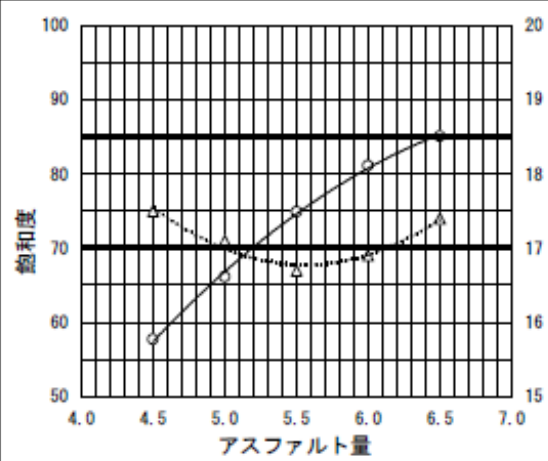
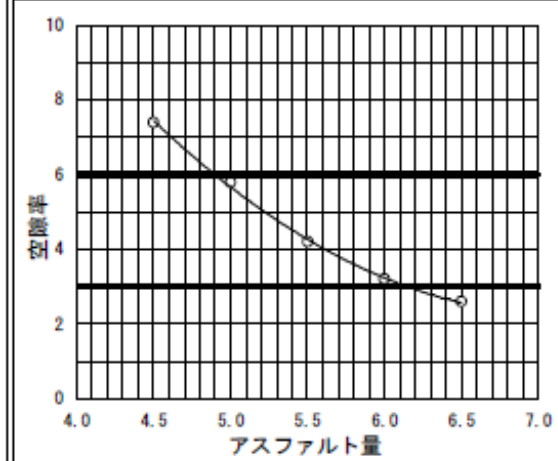
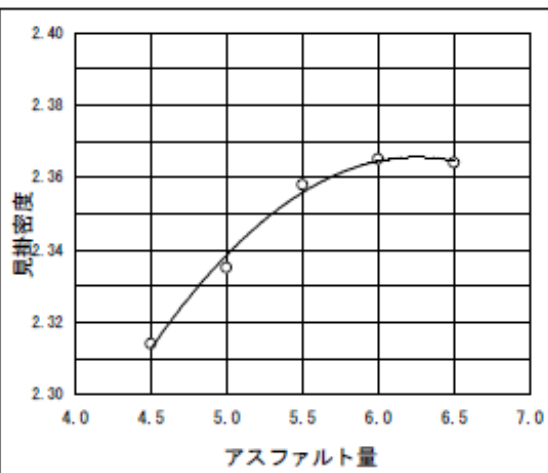
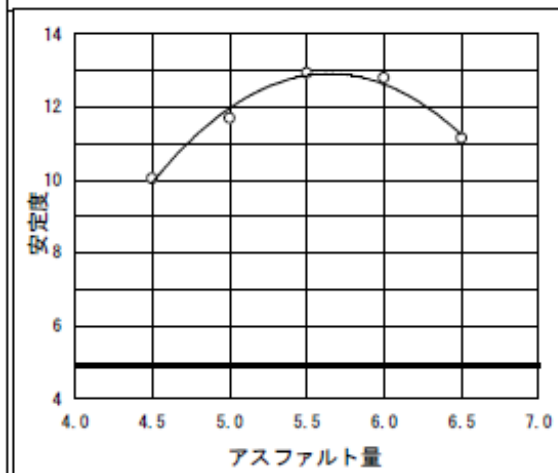
ア ス フ ア ル ト	7スファルト種別	ストリート7スファルト60/80		試験値	規格値				
	製油会社	富士興産 (株)		針入度(25℃) 1/10mm	69	60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)	49.0	44.0~52.0			
	比 重	1.032		伸度 (15℃) cm	130以上	100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー 推奨温度	締固め温度 ℃ 混合温度 ℃	140~144 151~157	--- ---		
石 粉		試験値	規格値		試験値	規格値			
	材 質	石灰岩粉末	石灰岩粉末	粒 度	600 μ m	100.0	100		
	見掛比重	2.711	---		300 μ m	99.9	---		
	水 分(%)	0.100	<1.0		150 μ m	96.3	90~100		
					75 μ m	81.2	70~100		
細 骨 材	種 別	スクリンダス	粗 砂	細 砂	粒 度 通 過 重 量 %	種 別	スクリンダス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市津原町	福井市津原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	97.5	84.3	100.0
	表乾比重	2.602	2.553	2.542		600 μ m	46.7	31.3	82.1
	見掛比重	2.698	2.634	2.640		300 μ m	27.5	14.6	33.6
	吸水率(%)	2.22	1.99	2.39		150 μ m	13.0	5.8	2.0
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μ m	4.8	2.4	0.8
粗 骨 材	種 別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産 地	坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.660	>2.45	2.658	>2.45	2.607	>2.45		
	見掛比重	2.730	---	2.733	---	2.685	---		
	吸水率(%)	1.54	<3.0	1.66	<3.0	1.82	<3.0		
	単位体積重量	1.595	---	1.606	---	1.540	---		
	すりへり減量		<30	12.5	<30		<30		
粒 度	26.5mm	100.0	100						
	19 mm	94.6	85~100	100.0	100				
	13.2mm	12.1	0~15	98.5	85~100	100.0	100		
	9.5mm	4.4		62.1		100.0			
	4.75mm			1.9	0~15	92.3	85~100		
	2.36mm					11.5	0~25		
	0.6 mm					0.8	0~5		
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p style="text-align: center;">(舗装設計施工指針)</p>									

アスファルト混合物材料試験成績書

材料名		再 生 骨 材				備 考										
試験項目					13~0mm	規格値										
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm				100.0											
	19 mm				100.0											
	13.2 mm				98.4											
	9.5 mm															
	4.75 mm				77.7											
	2.36 mm				52.5											
	600 μm				30.7											
	300 μm				19.7											
	150 μm				12.2											
	75 μm				9.2											
旧アスファルト含有量 (%)					5.10	3.8以上										
旧アスファルト針入度(1/10mm)					22	20以上										
洗い試験で失われる量 (%)					3.52	5以下										
最 大 比 重					2.451	-										
木ターールの性状				針入度と添加剤添加量との関係												
項 目	試験値	規格値														
動粘度(50℃)mm ² /s	34.90	-														
引火点 ℃	-	-														
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	-	-														
揮発減量(5t) %	45.35	-														
密度(25℃)g/cm ³	1.145	-														
再生アスファルトの性状																
項 目	試験値	規格値														
針入度(25℃)1/10mm	70	60~80														
軟化点 ℃	-	44~52														
伸 度 (15℃)	-	100以上														
密度(15℃)g/cm ³	1.035	1.000以上														
動粘度 c S t	(180±20)℃	148~154	-													
	(300±30)℃	134~140	-													
				<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>添加剤量 (%)</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>針入度 (1/10mm)</td> <td>20</td> <td>85</td> <td>218</td> <td></td> </tr> </table>			添加剤量 (%)	0	25	50		針入度 (1/10mm)	20	85	218	
添加剤量 (%)	0	25	50													
針入度 (1/10mm)	20	85	218													
				<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">設計針入度になる添加剤量 (%)</td> </tr> <tr> <td>対アスファルト</td> <td>対混合物</td> </tr> <tr> <td>24.6</td> <td>0.661</td> </tr> </table>			設計針入度になる添加剤量 (%)		対アスファルト	対混合物	24.6	0.661				
設計針入度になる添加剤量 (%)																
対アスファルト	対混合物															
24.6	0.661															

アスファルト混合物配合試験成績書

混合物の名称	再生密粒度アスコン(20)〔木タール入り〕
--------	-----------------------



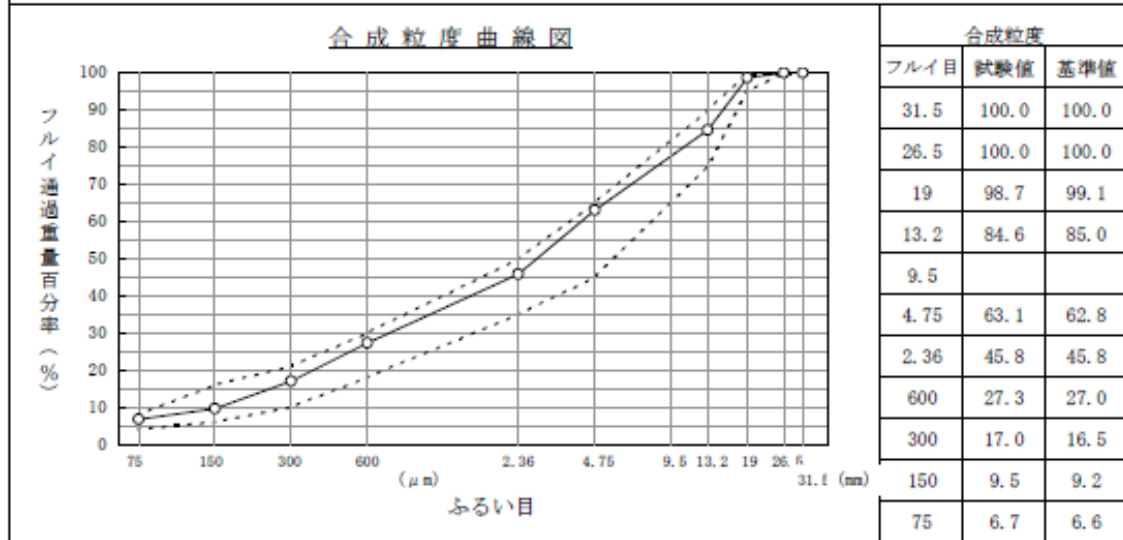
	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
安定度	[Bar]				
空隙率	[Bar]				
飽和度	[Bar]				
フロー値	[Bar]				

共通範囲 5.22 ~ 6.14

設計アスファルト量 5.70 %

アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類	再生密粒度アスコン(20) [木タール入り]
--------	------------------------



配合量	ビンの種別	配合比	混合物配合 (%)	配合重量	加積配合重量	図表凡例
	配	ビン 5				
	ビン 4	16.0	15.09	151	151	
	ビン 3	10.0	9.43	94	245	
	ビン 2	5.0	4.72	47	292	
	ビン 1	17.0	16.03	160	452	
	石粉	2.0	1.89	19	19	
	再生骨材	50.0	49.68	497	497	
	—	—	—	—	—	
	アスファルト量	—	5.70	—	—	
	旧アスファルト量	—	2.53	—	—	
	再生用添加剤量	—	0.62	6	6	
	新アスファルト量	—	2.55	26	26	
	計	100.0	100.01	1000	1000	

アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実際密度	見掛理論密度	のアスファルト容積率	空隙率	骨材間隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN	
平均														
規 格 値														
									3~6	70~85	20~40	4.9以上		

再生粗粒度アスコン(ウッドピッチ添加)

配 合 設 計 書

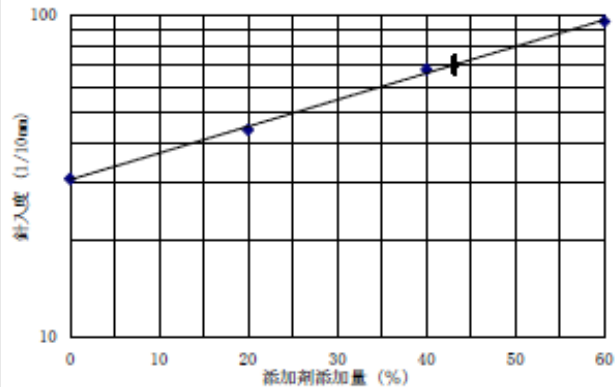
アスファルト混合物材料試験成績書

ア ス フ ア ル ト	アスファルト種別	ストリートアスファルト60/80				試験値	規格値		
	製油会社	出光興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm		68	60~80		
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)		47.5	44.0~52.0		
	比重	1.032		伸度(15℃) cm		130以上	100以上		
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー	締固め温度 ℃	140~144	---		
			推奨温度	混合温度 ℃	151~157	---			
石 粉		試験値	規格値			試験値	規格値		
	材質	石灰岩粉末	石灰岩粉末		600 μm	100.0	100		
	見掛比重	2.710	---		300 μm	99.9	---		
	水分(%)	0.100	<1.0		150 μm	97.6	90~100		
					75 μm	82.2	70~100		
細 骨 材	種別	スクリーニングス	粗砂	細砂	粒 度 通 過 重 量 %	種別	スクリーニングス	粗砂	細砂
	産地	福井市漆原町	福井市漆原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	98.5	86.4	100.0
	表乾比重	2.601	2.569	2.556		600 μm	46.9	31.5	83.1
	見掛比重	2.692	2.653	2.656		300 μm	25.0	12.7	36.5
	吸水率(%)	2.11	2.01	2.44		150 μm	13.7	7.5	4.4
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	5.1	3.8	1.5
粗 骨 材	種別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産地	坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.661	>2.45	2.647	>2.45	2.620	>2.45		
	見掛比重	2.716	---	2.717	---	2.740	---		
	吸水率(%)	1.23	<3.0	1.58	<3.0	1.92	<3.0		
	単位体積重量	1.595	---	1.606	---	1.540	---		
	すりへり減量		<30	13.3	<30		<30		
粒 度	26.5mm	100.0	100						
	19 mm	95.2	85~100	100.0	100				
	13.2mm	12.3	0~15	98.4	85~100	100.0	100		
	9.5mm	4.7		63.4		100.0			
	4.75mm			3.1	0~15	95.2	85~100		
	2.36mm					12.4	0~25		
	0.6 mm					1.0	0~5		
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が 所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p>(舗装設計施工指針)</p>									

アスファルト混合物材料試験成績書

材料名		再 生 骨 材				備 考								
試験項目				13~0mm	規格値									
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm			100.0										
	19 mm			100.0										
	13.2 mm			98.9										
	9.5 mm													
	4.75 mm			78.5										
	2.36 mm			54.4										
	600 μm			33.1										
	300 μm			20.8										
	150 μm			13.1										
	75 μm			9.6										
旧アスファルト含有量 (%)				5.14	3.8以上									
旧アスファルト針入度 (1/10mm)				31	20以上									
洗い試験で失われる量 (%)				3.49	5以下									
最 大 比 重				2.463	-									
木タールの性状				針入度と添加剤添加量との関係										
項 目	試験値	規格値												
動粘度 (50℃) mm ² /s	34.90	-												
引火点 ℃	-	-												
薄板加熱後の粘度比 (60℃)	-	-												
揮発減量 (50) %	45.35	-												
密度 (25℃) g/cm ³	1.145	-												
再生アスファルトの性状														
項 目	試験値	規格値												
針入度 (25℃) 1/10mm	70	60~80												
軟化点 ℃	-	44~52												
伸 度 (15℃)	-	100以上												
密度 (15℃) g/cm ³	1.035	1.000以上												
動粘度 c S t	(180±20)℃	148~154	-											
	(300±30)℃	134~140	-											
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">設計針入度になる添加剤量 (%)</td> <td rowspan="2">目標針入度</td> </tr> <tr> <td>対アスファルト</td> <td>対混合物</td> </tr> <tr> <td>43.2</td> <td>1.17</td> <td>70</td> </tr> </table>			設計針入度になる添加剤量 (%)		目標針入度	対アスファルト	対混合物	43.2	1.17	70
設計針入度になる添加剤量 (%)		目標針入度												
対アスファルト	対混合物													
43.2	1.17	70												

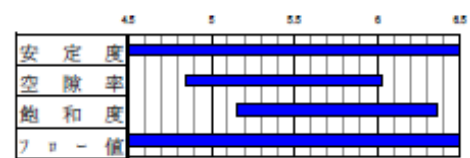
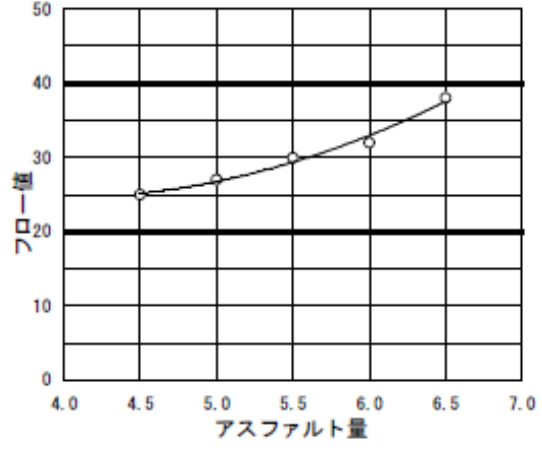
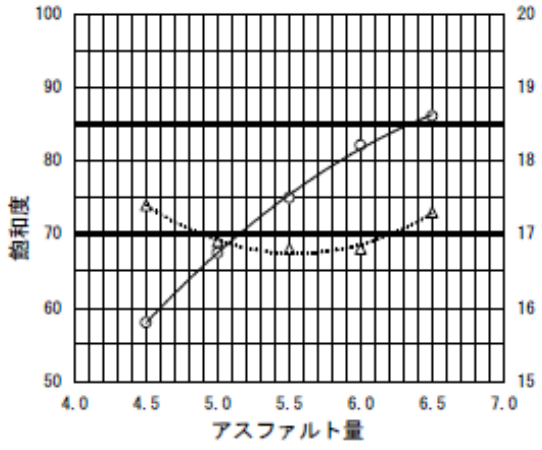
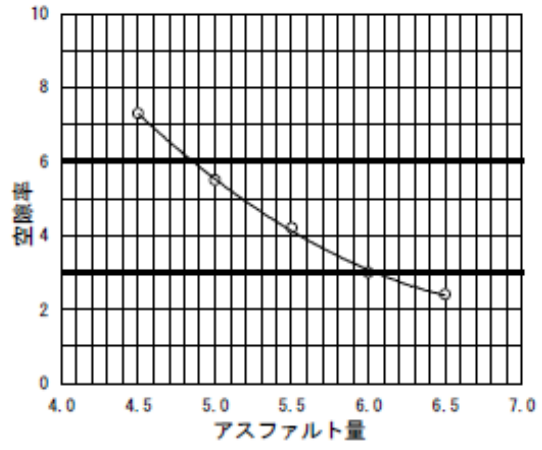
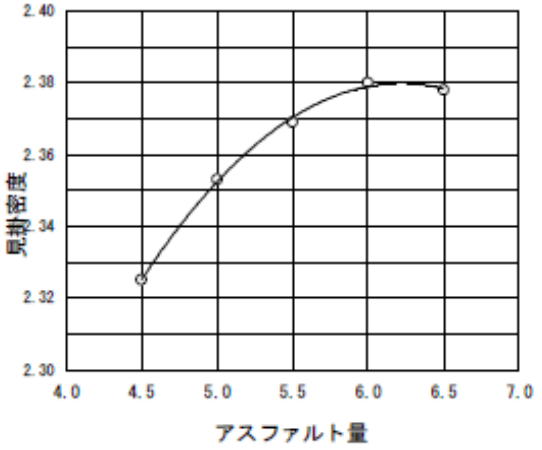
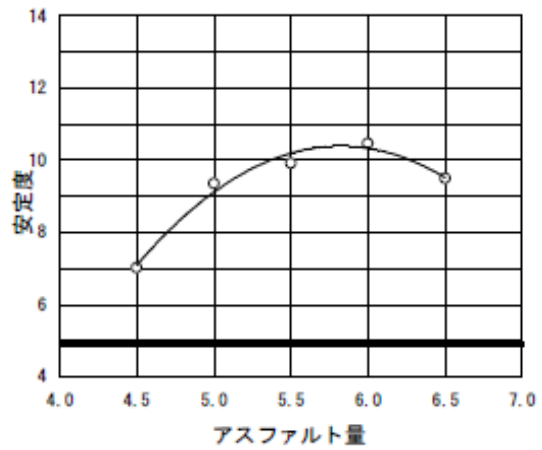
添加剤量 (%)	0	20	40	60
針入度 (1/10mm)	31	44	68	96



設計針入度になる添加剤量 (%)		目標針入度
対アスファルト	対混合物	
43.2	1.17	70

アスファルト混合物配合試験成績書

混合物の名称 再生密粒度アスコン(20)〔木タール入り〕

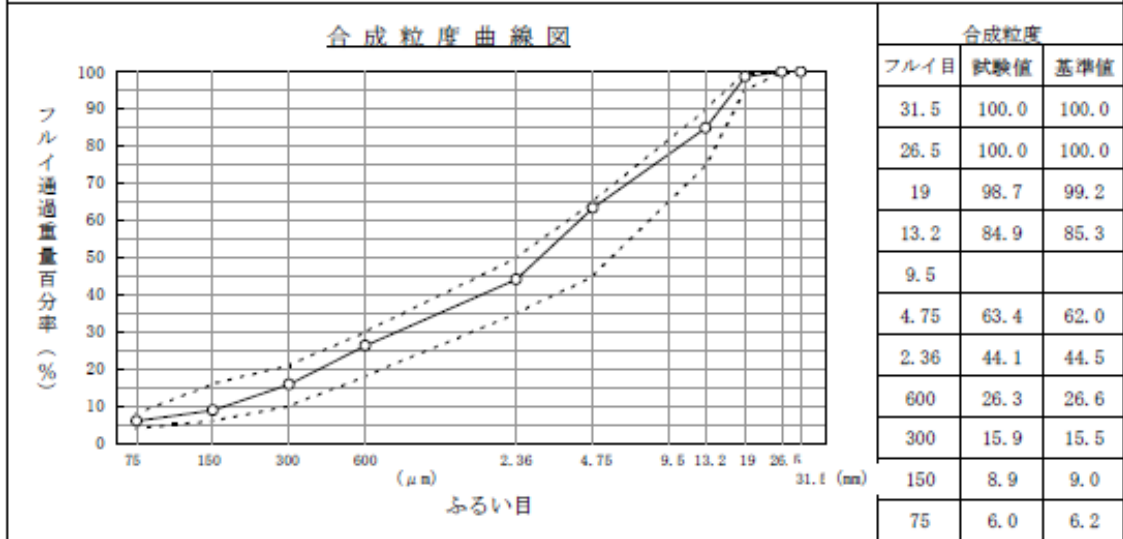


共通範囲 5.15 ~ 6.03

設計アスファルト量 5.60 %

アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類	再生密粒度アスコン(20)〔木タール入り〕
--------	-----------------------



配合量	ピンの種別	配合比	混合物配合(%)	配合重量	加積配合重量	図表凡例
		ピン 5				
	ピン 4	16.0	15.10	151	151	実線： 決定粒度
	ピン 3	10.0	9.44	95	246	
	ピン 2	8.0	7.55	76	322	
	ピン 1	15.0	14.16	142	464	
	石粉	1.0	0.94	9	9	
	再生骨材	50.0	49.76	498	498	
	—	—	—	—	—	
	アスファルト量	—	5.60	—	—	
	旧アスファルト量	—	2.56	—	—	
	木タール	—	1.11	11	11	
	新アスファルト量	—	1.93	19	19	
	計	100.0	99.99	1001	1001	

試験練り混合物のマーシャル試験値														
アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実際密度	見掛理論密度	のアスファルトの容積率	空隙率	骨材空隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN	
5.6	1186.6		1186.4	686.1	500.5	2.370						30	9.497	
	1188.4		1188.0	687.8	500.6	2.373						30	9.497	
	1203.6		1203.0	694.9	508.7	2.365						27	10.323	
平均						2.369	2.468	12.9	4.0	16.9	76.3	29	9.772	33.7
規格値									3~6		70~85	20~40	4.9以上	

再生粗粒度アスコン(ウッドピッチ添加)

配 合 設 計 書

アスファルト混合物材料試験成績書

アスファルト	アスファルト種別	ストリートアスファルト60/80		試験値	規格値				
	製油会社	富士興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm	69	60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)	49.0	44.0~52.0			
	比重	1.032		伸度(15℃) cm	130以上	100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー推奨温度	締固め温度 ℃	140~144	----		
				混合温度 ℃	151~157	----			
石粉		試験値	規格値		試験値	規格値			
	材質	石灰岩粉末	石灰岩粉末	粒	600 μm	100.0	100		
	見掛比重	2.711	----		300 μm	99.9	----		
	水分(%)	0.100	<1.0	度	150 μm	96.3	90~100		
					75 μm	81.2	70~100		
細骨材	種別	スクリーンダス	粗砂	細砂	通過重量%	種別	スクリーンダス	粗砂	細砂
	産地	福井市漆原町	福井市漆原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	97.5	84.3	100.0
	表乾比重	2.602	2.553	2.542		600 μm	46.7	31.3	82.1
	見掛比重	2.698	2.634	2.640		300 μm	27.5	14.6	33.6
	吸水率(%)	2.22	1.99	2.39		150 μm	13.0	5.8	2.0
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	4.8	2.4	0.8
粗骨材	種別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産地	坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.660	>2.45	2.658	>2.45	2.607	>2.45		
	見掛比重	2.730	----	2.733	----	2.685	----		
	吸水率(%)	1.54	<3.0	1.66	<3.0	1.82	<3.0		
	単位体積重量	1.595	----	1.606	----	1.540	----		
	すりへり減量		<30	12.5	<30		<30		
	粒	26.5mm	100.0	100					
		19 mm	94.6	85~100	100.0	100			
13.2mm		12.1	0~15	98.5	85~100	100.0	100		
9.5mm		4.4		62.1		100.0			
4.75mm				1.9	0~15	92.3	85~100		
2.36mm						11.5	0~25		
0.6 mm						0.8	0~5		
度									
呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が 所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。 (舗装設計施工指針)									

アスファルト混合物材料試験成績書

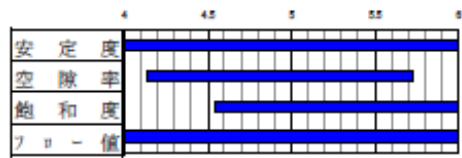
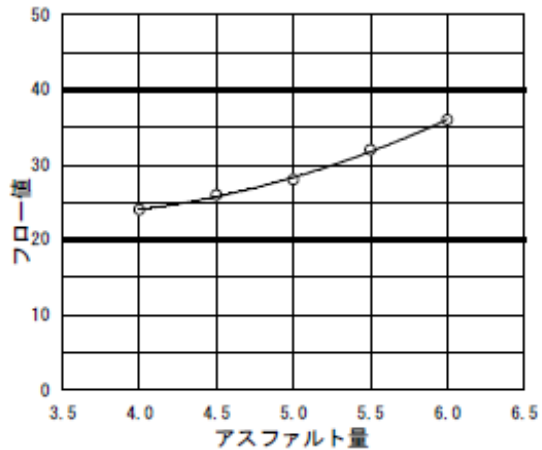
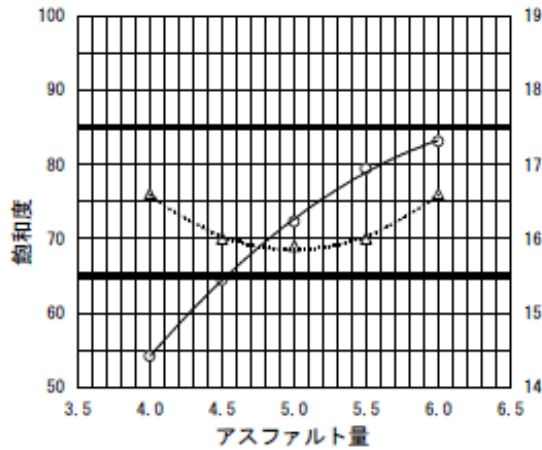
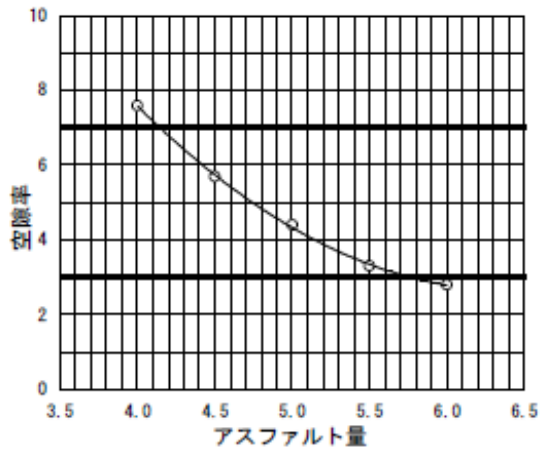
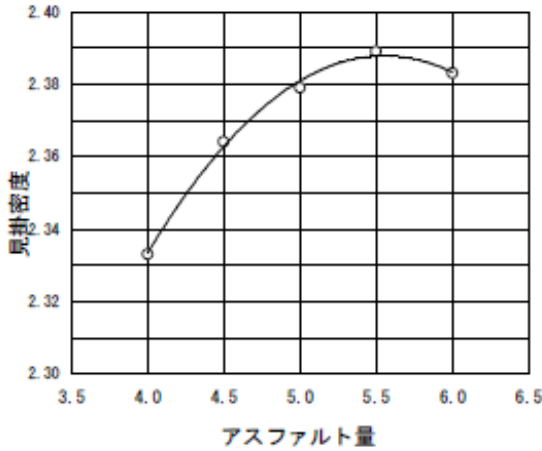
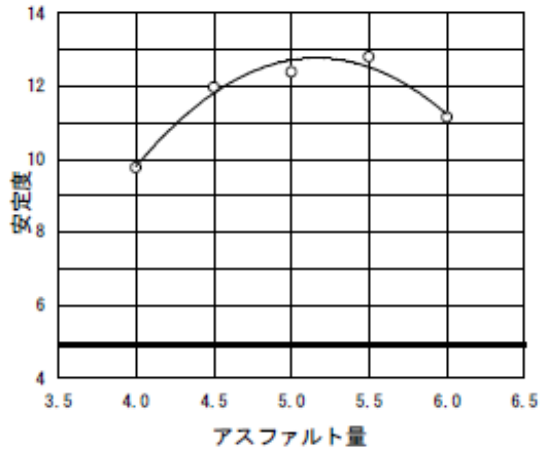
材料名		再 生 骨 材				備 考
試験項目					13~0mm	規格値
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm				100.0	
	19 mm				100.0	
	13.2 mm				98.4	
	9.5 mm					
	4.75 mm				70.0	
	2.36 mm				52.4	
	600 μm				28.4	
	300 μm				18.6	
	150 μm				11.9	
	75 μm				8.7	
旧アスファルト含有量 (%)					5.10	3.8以上
旧アスファルト針入度 (1/10mm)					20	20以上
洗い試験で失われる量 (%)					3.52	5以下
最 大 比 重					2.451	-
木タールの性状				針入度と添加剤添加量との関係		
項 目	試験値	規格値				
動粘度 (50℃) mm ² /s	56.90	-				
引火点 ℃	-	-				
薄膜加熱後の粘度比 (60℃)	-	-				
揮発減量 (5H) %	45.35	-				
密度 (25℃) g/cm ³	1.139	-				
再生アスファルトの性状						
項 目	試験値	規格値				
針入度 (25℃) 1/10mm	70	60~80				
軟化点 ℃	-	44~52				
伸 度 (15℃)	-	100以上				
密度 (15℃) g/cm ³	1.035	1.000以上				
動粘度 c S t	(180±20)℃	148~154	-			
	(300±30)℃	134~140	-			

添加剤量 (%)	0	29	59	
針入度 (1/10mm)	20	50	128	

設計針入度になる添加剤量 (%)	
対アスファルト	対混合物
40.0	1.075

アスファルト混合物配合試験成績書

混合物の名称 再生粗粒度アスコン(20) [木タール入り]



共通範囲 4.54 ~ 5.73

設計アスファルト量 5.10 %

再生アスファルト安定処理(ウッドピッチ添加)

配 合 設 計 書

アスファルト混合物材料試験成績書

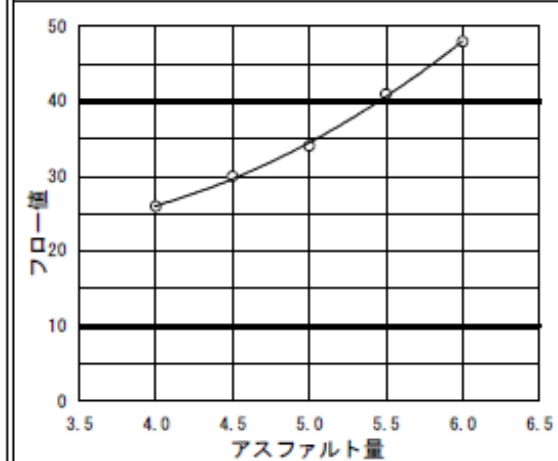
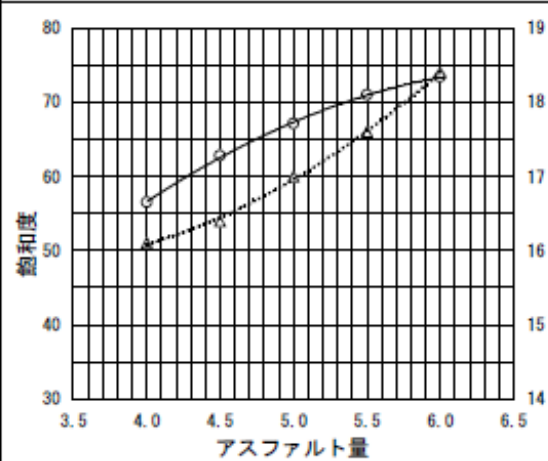
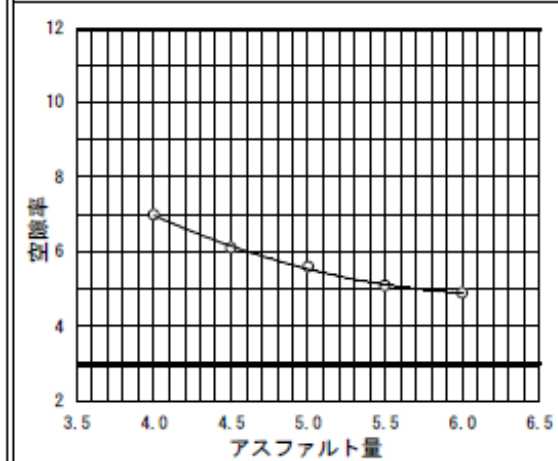
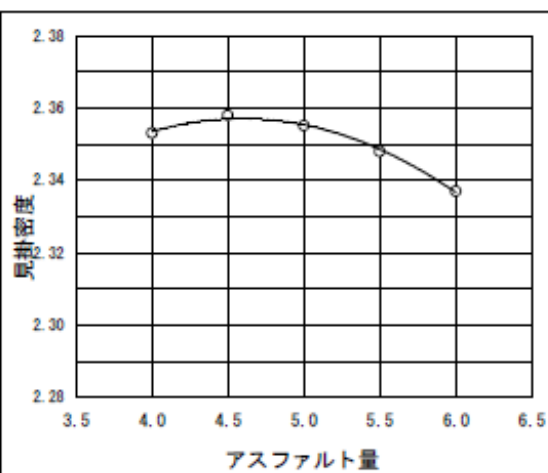
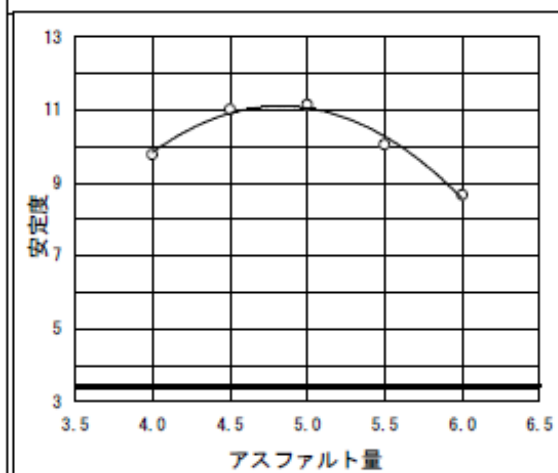
ア ス フ ア ル ト	7スファルト種別	ストレート7スファルト60/80		試験値	規格値				
	製油会社	出光興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm	68	60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)	47.5	44.0~52.0			
	比重	1.032		伸度(15℃) cm	130以上	100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー	締固め温度 ℃	140~144	---		
			推奨温度	混合温度 ℃	151~157	---			
石 粉		試験値	規格値		試験値	規格値			
	材 質	石灰岩粉末	石灰岩粉末	粒 度	600 μm	100.0	100		
	見掛比重	2.710	---		300 μm	99.9	---		
	水 分(%)	0.1	<1.0		150 μm	97.6	90~100		
			75 μm		82.2	70~100			
細 骨 材	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂	粒 度 通 過 重 量 %	種 別	スクリーニングス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市津原町	福井市津原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	98.5	86.4	100.0
	表乾比重	2.601	2.569	2.556		600 μm	46.9	31.5	83.1
	見掛比重	2.692	2.653	2.656		300 μm	25.0	12.7	36.5
	吸水率(%)	2.11	2.01	2.44		150 μm	13.7	7.5	4.4
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	5.1	3.8	1.5
粗 骨 材	種 別	5号砕石		6号砕石		7号砕石			
	産 地	坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称	安山岩		安山岩		安山岩			
	表乾比重	2.661	>2.45	2.647	>2.45	2.620	>2.45		
	見掛比重	2.716	---	2.717	---	2.740	---		
	吸水率(%)	1.23	<3.0	1.58	<3.0	1.92	<3.0		
	単位体積重量	1.595	---	1.606	---	1.540	---		
	すりへり減量		<30	13.3	<30		<30		
粒 度	26.5mm	100.0	100						
	19 mm	95.2	85~100	100.0	100				
	13.2mm	12.3	0~15	98.4	85~100	100.0	100		
	9.5mm	4.7		63.4		100.0			
	4.75mm			3.1	0~15	95.2	85~100		
	2.36mm					12.4	0~25		
	0.6 mm					1.0	0~5		
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p style="text-align: center;">(舗装設計施工指針)</p>									

アスファルト混合物材料試験成績書

材料名		再 生 骨 材				備 考										
試験項目				13~0mm	規格値											
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm			100.0												
	19 mm			100.0												
	13.2 mm			98.9												
	9.5 mm															
	4.75 mm			78.5												
	2.36 mm			54.4												
	600 μm			33.1												
	300 μm			20.8												
	150 μm			13.1												
75 μm			9.6													
旧アスファルト含有量 (%)				5.14	3.8以上											
旧アスファルト針入度(1/10mm)				31	20以上											
洗い試験で失われる量 (%)				3.49	5以下											
最 大 比 重				2.463	-											
木タールの性状				針入度と添加剤添加量との関係												
項 目	試験値	規格値														
動粘度(50℃)mm ² /s	34.90	-														
引火点 ℃	-	-														
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	-	-														
揮発減量(50) %	45.35	-														
密度(25℃)g/cm ³	1.145	-														
再生アスファルトの性状																
項 目	試験値	規格値														
針入度(25℃)1/10mm	70	60~80														
軟化点 ℃	-	44~52														
伸 度 (15℃)	-	100以上														
密度(15℃)g/cm ³	1.035	1.000以上														
動粘度 c S t	(180±20)℃	148~154	-													
	(300±30)℃	134~140	-													
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">設計針入度になる添加剤量 (%)</th> <th rowspan="2">目標針入度</th> </tr> <tr> <th>対アスファルト</th> <th>対混合物</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">43.2</td> <td style="text-align: center;">1.17</td> <td style="text-align: center;">70</td> </tr> </tbody> </table>			設計針入度になる添加剤量 (%)		目標針入度	対アスファルト	対混合物	43.2	1.17	70		
設計針入度になる添加剤量 (%)		目標針入度														
対アスファルト	対混合物															
43.2	1.17	70														
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>添加剤量 (%)</th> <th>0</th> <th>20</th> <th>40</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>針入度(1/10mm)</td> <td style="text-align: center;">31</td> <td style="text-align: center;">44</td> <td style="text-align: center;">68</td> <td style="text-align: center;">96</td> </tr> </tbody> </table>			添加剤量 (%)	0	20	40	60	針入度(1/10mm)	31	44	68	96
添加剤量 (%)	0	20	40	60												
針入度(1/10mm)	31	44	68	96												

アスファルト混合物配合試験成績書

混合物の名称	再生アスファルト安定処理〔木タール入り〕
--------	----------------------



	4	4.5	5	5.5	6
安定度	[Bar chart showing stability values]				
空隙率	[Bar chart showing void content values]				
飽和度	[Bar chart showing saturation values]				
フロー値	[Bar chart showing flow values]				
共通範囲 <u>4.00 ~ 5.40</u>					
設計アスファルト量 <u>4.00 %</u>					

アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類		再生アスファルト安定処理（木タール入り）													
合成粒度曲線図												合成粒度			
フルイ通過重量百分率（%）													フルイ目	試験値	基準値
													31.5	100.0	100.0
													26.5	100.0	100.0
													19	98.3	98.8
													13.2	80.6	77.4
													9.5		
													4.75	61.2	54.4
													2.36	43.0	37.7
													600	25.2	23.2
													300	14.5	13.5
ふるい目												150	8.1	7.5	
(μm)												75	5.4	5.2	
(mm)												図表凡例			
配合量	ピンの種別	配合比	混合物配合 (%)	配合重量	加積配合重量	点線： 仕様書標準粒度範囲 実線： 決定粒度									
	ピン 5														
	ピン 4	21.0	20.16	202	202										
	ピン 3	7.0	6.72	67	269										
	ピン 2	5.0	4.80	48	317										
	ピン 1	17.0	16.32	163	480										
	石粉														
	再生骨材	50.0	50.60	506	506										
	—														
	アスファルト量	—	4.00	—	—										
	旧アスファルト量	—	2.60	—	—										
	再生用添加剤量	—	1.12	11	11										
	新アスファルト量	—	0.28	3	3										
計	100.0	100.00	1000.0	1000.0											
試験練り混合物のマーシャル試験値															
アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実際密度	見掛理論密度	のアスファルト容積率	空隙率	骨材空隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値	
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN		
4.0	1164.1		1163.6	670.7	493.4	2.358						26	10.598		
	1167.9		1167.5	671.1	496.8	2.350						25	10.047		
	1168.9		1168.7	672.6	496.3	2.355						27	10.323		
平均						2.354	2.531	9.1	7.0	16.1	56.5	26	10.323	39.7	
規 格 値									3~12			10~40	3.43以上		

再生細粒度アスコン(13)(ウッドピッチ添加, 石粉無)

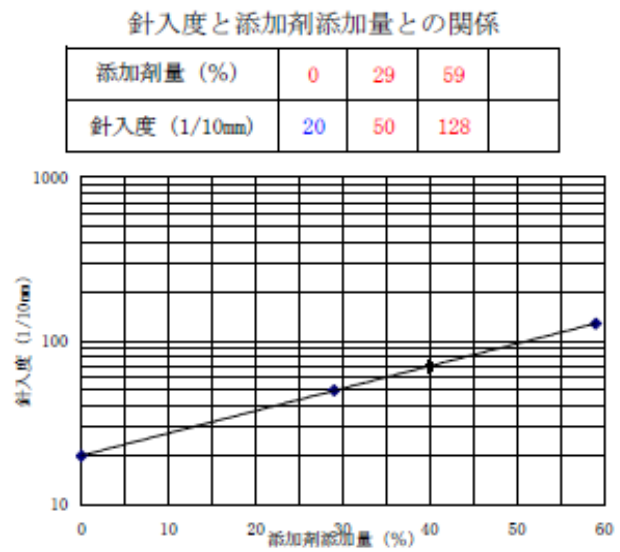
配 合 設 計 書

アスファルト混合物材料試験成績書

ア ス フ ア ル ト	アスファルト種別	ストレートアスファルト60/80				試験値	規格値		
	製油会社	富士興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm		69	60~80		
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)		49.0	44.0~52.0		
	比重	1.032		伸度(15℃) cm		130以上	100以上		
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー	締固め温度 ℃	140~144	---		
			推奨温度	混合温度 ℃	151~157	---			
石 粉		試験値	規格値			試験値	規格値		
	材 質	石灰岩粉末		粒	600 μm	100.0	100		
	見掛比重	2.711			300 μm	99.9	---		
	水 分(%)	0.100		度	150 μm	96.3	90~100		
					75 μm	81.2	70~100		
細 骨 材	種 別	スリコンダス	粗 砂	細 砂	粒 通 過 重 量 %	種 別	スリコンダス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市漆原町	福井市漆原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	97.5	84.3	100.0
	表乾比重	2.602	2.553	2.542		600 μm	46.7	31.3	82.1
	見掛比重	2.698	2.634	2.640		300 μm	27.5	14.6	33.6
	吸水率(%)	2.22	1.99	2.39		150 μm	13.0	5.8	2.0
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	4.8	2.4	0.8
粗 骨	種 別			6号砕石		7号砕石			
	産 地			坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称			安山岩		安山岩			
	表乾比重			2.658	>2.45	2.607	>2.45		
	見掛比重			2.733	---	2.685	---		
	吸水率(%)			1.66	<3.0	1.82	<3.0		
	単位体積重量			1.606	---	1.540	---		
骨 材	すりへり減量			12.5	<30		<30		
	粒 度	26.5mm							
		19 mm			100.0	100			
		13.2mm			98.5	85~100	100.0	100	
		9.5mm			62.1		100.0		
		4.75mm			1.9	0~15	92.3	85~100	
		2.36mm					11.5	0~25	
0.6 mm					0.8	0~5			
<p>呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が 所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。</p> <p>(舗装設計施工指針)</p>									

アスファルト混合物材料試験成績書

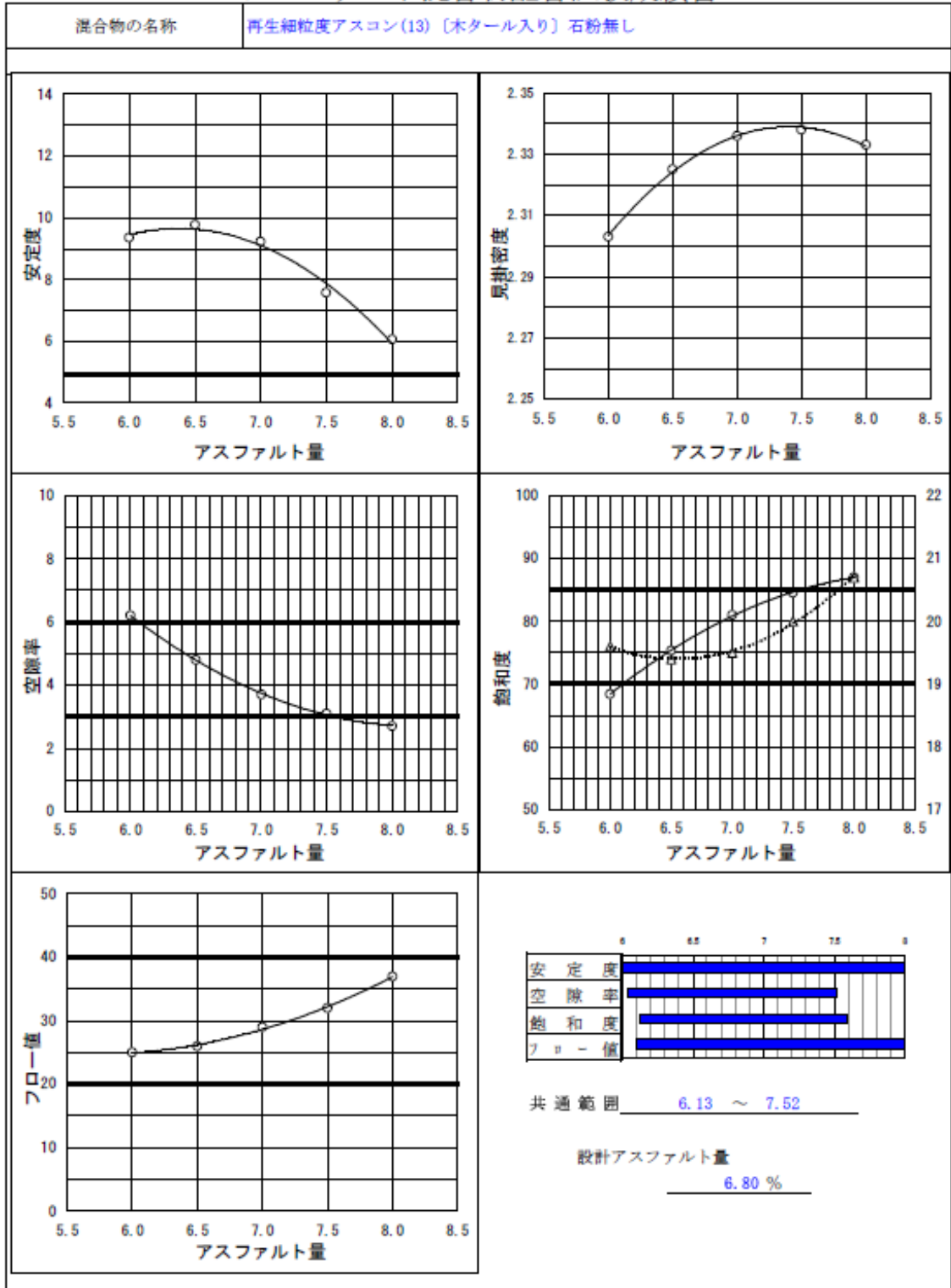
材料名		再 生 骨 材				備 考									
試験項目					13~0mm	規格値									
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm				100.0										
	19 mm				100.0										
	13.2 mm				98.4										
	9.5 mm														
	4.75 mm				70.0										
	2.36 mm				52.4										
	600 μm				28.4										
	300 μm				18.6										
	150 μm				11.9										
	75 μm				8.7										
旧アスファルト含有量 (%)					5.10	3.8以上									
旧アスファルト針入度(1/10mm)					20	20以上									
洗い試験で失われる量 (%)					3.52	5以下									
最 大 比 重					2.483	-									
木タールの性状				針入度と添加剤添加量との関係											
項 目	試験値	規格値													
動粘度(50℃)mm ² /s	56.90	-													
引火点 ℃	-	-													
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	-	-													
揮発減量(5t) %	45.35	-													
密度(25℃)g/cm ³	1.145	-													
再生アスファルトの性状															
項 目	試験値	規格値													
針入度(25℃)1/10mm	70	60~80													
軟化点 ℃	-	44~52													
伸 度 (15℃)	-	100以上													
密度(15℃)g/cm ³	1.035	1.000以上													
動粘度 c S t	(180±20)℃	130~140	推奨												
	(300±30)℃	110~120	推奨												
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">設計針入度になる添加剤量 (%)</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">対アスファルト</th> <th style="text-align: center;">対混合物</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">40.0</td> <td style="text-align: center;">2.15</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			設計針入度になる添加剤量 (%)			対アスファルト	対混合物		40.0	2.15	
設計針入度になる添加剤量 (%)															
対アスファルト	対混合物														
40.0	2.15														



骨材配合試験成績書

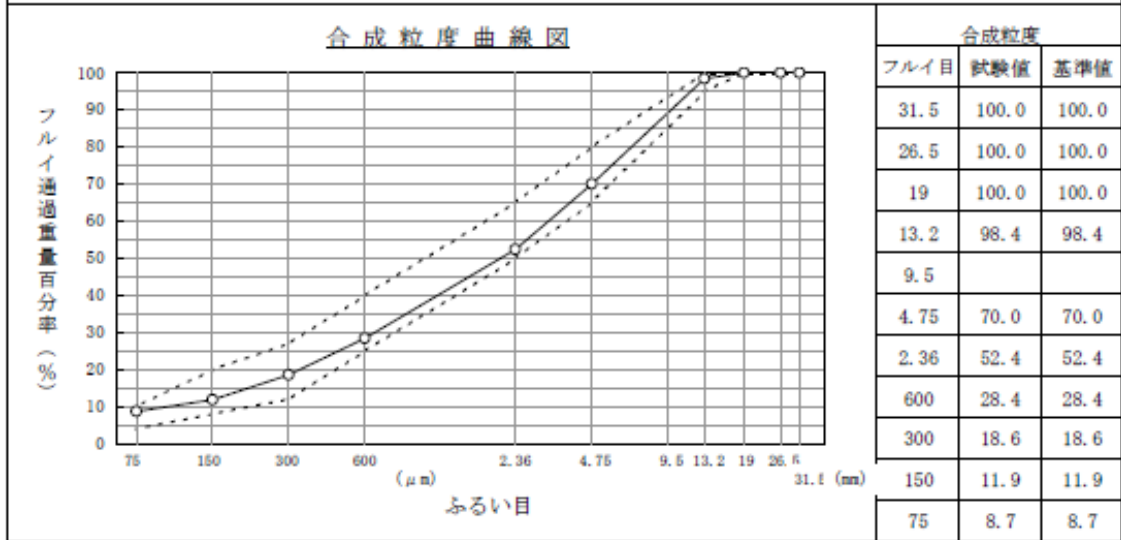
混合物の種類		再生細粒度アスコン(13)〔木タール入り〕石粉無し								
骨材の種類		配合比(重量%)	合成粒度(コールドビン)							
粗骨材	6号砕石		ふるい目	決定粒度	標準粒度範囲					
	7号砕石		31.5	100.0	100	—	100			
			26.5	100.0	100	—	100			
細骨材	スリーコンダス		19	100.0	100	—	100			
	粗砂		13.2	98.4	95	—	100			
	細砂		9.5							
	石粉		4.75	70.0	65	—	80			
	再生骨材	100.0	2.36	52.4	50	—	65			
			600	28.4	25	—	40			
			300	18.6	12	—	27			
	100.0		150	11.9	8	—	20			
			75	8.7	4	—	10			
合成粒度曲線図										
<p style="text-align: center;">ふるい目</p>										
<p>図表凡例</p> <p>点線： 仕様書標準粒度範囲</p> <p>実線： 決定粒度</p>										
比重補正			6号砕石	7号砕石		スリーコンダス	粗砂	細砂	石粉	合計
		骨材配合比①								
		比 重②								
		①×②								
		比重補正骨材配合比 ①×②×100 計								

アスファルト混合物配合試験成績書



アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類	再生細粒度アスコン(13)〔木タール入り〕石粉無し
--------	---------------------------



配 合 量	ビンの種別	配合比	混合物配合 (%)	配合重量	加積配合重量	図表凡例
		ビン 5				
	ビン 4					
	ビン 3					
	ビン 2					
	ビン 1					
	石粉					
	再生骨材	100.0	98.21	982	982	
		—				
	アスファルト量	—	6.80	—	—	
	旧アスファルト量	—	5.01	—	—	
		—				
	木タール量	—	1.79	18	18	
	計	100.0	100.00	1000	1000	

試験練り混合物のマーシャル試験値

アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実密度	見掛理論密度	のアスファルトの容積率	空隙率	骨材空隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN	
平均														
規格値								3~6		70~85	20~40	4.9以上		

再生細粒度アスコン(13) (ウッドピッチ添加, 石粉有)

配 合 設 計 書

アスファルト混合物材料試験成績書

ア ス フ ア ル ト	アスファルト種別	ストリートアスファルト60/80		試験値	規格値				
	製油会社	富士興産(株)		針入度(25℃) 1/10mm	69	60~80			
	公称針入度	60~80		軟化点(R&B)	49.0	44.0~52.0			
	比重	1.032		伸度(15℃) cm	130以上	100以上			
	各種試験成績	添付試験成績表に記載		メーカー 推奨温度	締固め温度 ℃ 混合温度 ℃	140~144 151~157	---- ----		
石 粉		試験値	規格値		試験値	規格値			
	材 質	石灰岩粉末	石灰岩粉末	粒 600 μm	100.0	100			
	見掛比重	2.711	----	300 μm	99.9	----			
	水 分(%)	0.100	<1.0	度 150 μm	96.3	90~100			
				75 μm	81.2	70~100			
細 骨 材	種 別	スクリンダス	粗 砂	細 砂	粒 度 % 通過 重量	種 別	スクリンダス	粗 砂	細 砂
	産 地	福井市漆原町	福井市漆原町	坂井市三国町		4.75mm	100.0	100.0	100.0
	砂の種類	山砂	山砂	山砂		2.36mm	97.5	84.3	100.0
	表乾比重	2.602	2.553	2.542		600 μm	46.7	31.3	82.1
	見掛比重	2.698	2.634	2.640		300 μm	27.5	14.6	33.6
	吸水率(%)	2.22	1.99	2.39		150 μm	13.0	5.8	2.0
	単位体積重量	1.605	1.565	1.555		75 μm	4.8	2.4	0.8
粗 骨	種 別			6号砕石		7号砕石			
	産 地			坂井市丸岡町下久米田		坂井市丸岡町下久米田			
	石の名称			安山岩		安山岩			
	表乾比重			2.658	>2.45	2.607	>2.45		
	見掛比重			2.733	----	2.685	----		
	吸水率(%)			1.66	<3.0	1.82	<3.0		
	単位体積重量			1.606	----	1.540	----		
骨 材	すりへり減量			12.5	<30		<30		
	26.5mm								
	19 mm			100.0	100				
	13.2mm			98.5	85~100	100.0	100		
	9.5mm			62.1		100.0			
	4.75mm			1.9	0~15	92.3	85~100		
	2.36mm					11.5	0~25		
0.6 mm					0.8	0~5			
呼び名別粒度の規格に適合しない粒度の砕石であっても、他の砕石、砂、石粉などと合成したときの粒度が 所要の混合物の骨材粒度に適合すれば使用することができる。 (舗装設計施工指針)									

アスファルト混合物材料試験成績書

材料名		再 生 骨 材				備 考
試験項目				13~0mm	規格値	
粒 度 通 過 重 量 百 分 率 (%)	26.5 mm			100.0		
	19 mm			100.0		
	13.2 mm			98.4		
	9.5 mm					
	4.75 mm			70.0		
	2.36 mm			52.4		
	600 μm			28.4		
	300 μm			18.6		
	150 μm			11.9		
75 μm			8.7			
旧アスファルト含有量 (%)				5.10	3.8以上	
旧アスファルト針入度(1/10mm)				20	20以上	
洗い試験で失われる量 (%)				3.52	5以下	
最 大 比 重				2.451	-	
木タールの性状				針入度と添加剤添加量との関係		
項 目	試験値	規格値				
動粘度(50℃)mm ² /s	56.90	-				
引火点 ℃	-	-				
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	-	-				
揮発減量(5h) %	45.35	-				
密度(25℃)g/cm ³	1.145	-				
再生アスファルトの性状						
項 目	試験値	規格値				
針入度(25℃)1/10mm	70	60~80				
軟化点 ℃	-	44~52				
伸 度 (15℃)	-	100以上				
密度(15℃)g/cm ³	1.035	1.000以上				
動粘度 c S t	(180±20)℃	130~140	推奨			
	(300±30)℃	110~120	推奨			

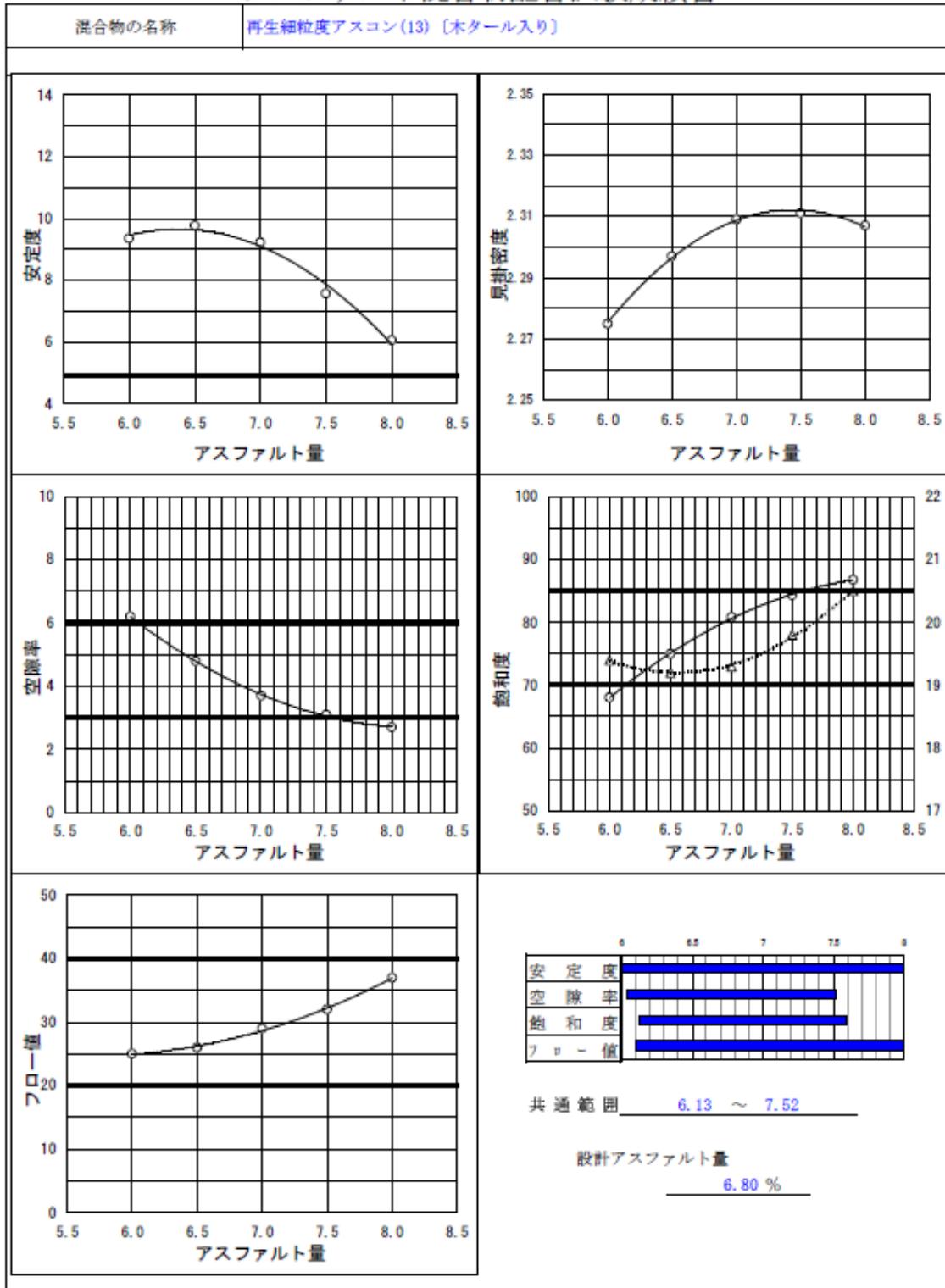
添加剤量 (%)	0	29	59	
針入度 (1/10mm)	20	50	128	

設計針入度になる添加剤量 (%)	
対アスファルト	対混合物
40.0	2.107

骨材配合試験成績書

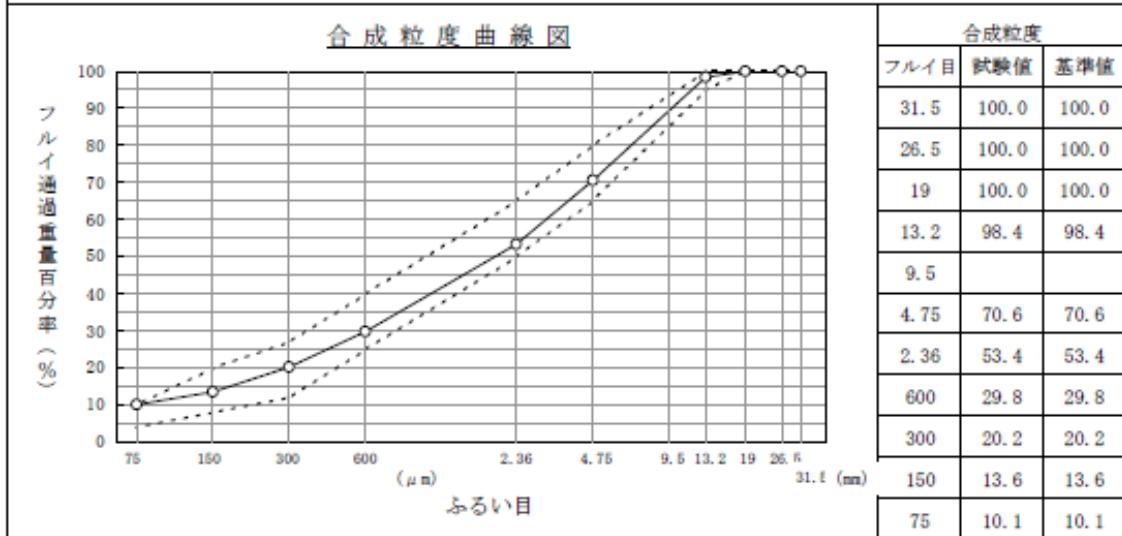
混合物の種類		再生細粒度アスコン(13) [木タール入り]								
骨材の種類		配合比 (重量%)		合成粒度 (コールドビン)						
				フルイ目	決定粒度	標準粒度範囲				
粗骨材	6号砕石									
	7号砕石			31.5	100.0	100	—	100		
				26.5	100.0	100	—	100		
細骨材	スリーピングス			19	100.0	100	—	100		
	粗砂			13.2	98.4	95	—	100		
	細砂			9.5						
石粉		2.0		4.75	70.6	65	—	80		
再生骨材		98.0		2.36	53.4	50	—	65		
				600	29.8	25	—	40		
				300	20.2	12	—	27		
		100.0		150	13.6	8	—	20		
				75	10.1	4	—	10		
合成粒度曲線図										
<p style="text-align: center;">ふるい目</p>						図表凡例				
						点線： 仕様書標準粒度範囲 実線： 決定粒度				
比重補正			6号砕石	7号砕石		スリーピングス	粗砂	細砂	石粉	合計
	骨材配合比①									
	比 重②									
	①×②									
	比重補正骨材配合比 $\frac{\text{①} \times \text{②} \times 100}{\text{計}}$									

アスファルト混合物配合試験成績書



アスファルト混合物プラント配合試験成績書

混合物の種類	再生細粒度アスコン(13)〔木タール入り〕
--------	-----------------------



配合量	ピンの種別	配合比	混合物配合 (%)	配合重量	加積配合重量	図表凡例 点線： 仕様書標準粒度範囲 実線： 決定粒度
	ピン 5					
	ピン 4					
	ピン 3					
	ピン 2					
	ピン 1					
石粉	2.0	1.86	19	19		
再生骨材	98.0	96.24	962	962		
—	—	—	—	—		
アスファルト量	—	6.80	—	—		
旧アスファルト量	—	4.91	—	—		
—	—	—	—	—		
木タール量	—	1.89	19	19		
計	100.0	99.99	1000	1000		

試験練り混合物のマーシャル試験値														
アスファルト量	表乾重量	厚さ	空中重量	水中重量	容積	実密度	見掛理論密度	のアスファルトの容積率	空隙率	骨材空隙率	飽和度	フロー値	安定度	安定度/フロー値
%	g	cm	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN	
平均														
規格値									3~6		70~85	20~40	4.9以上	

資料4 試験練り結果報告書

ストレートアスファルト 20-40(1/10 mm)によるマーシャル安定度試験値

混合物の種類		再生密粒度アスコン 13 mm (通常) : 上段 再生密粒度アスコン 13 mm (木タール) : 下段					試験年月日		平成 21 年 8 月 4 日						
旧 A s としてストレートアスファルト 20-40 を使用															
力計の係数=0.138kN/div															
条 件	ア ス フ ア ル ト 量	表 乾 重 量	空 中 重 量	水 中 重 量	容 積	実 際 密 度	見 掛 理 論 密 度	ア の 容 積 率	空 隙 率	骨 材 間 隙 率	飽 和 度	フ ロ ー 値	安 定 度	残 留 安 定 度	
	%	g	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN	%	
標 準	5.9	1198.9	1196.8	690.6	508.3	2.355							27	10.902	
		1199.5	1198.0	689.9	509.6	2.351							26	11.178	
		1193.6	1193.1	685.1	508.5	2.346							28	11.730	
	平均						2.351	2.455	13.4	4.2	17.6	76.1	27	11.270	—
水 浸	5.9	1198.2	1197.5	688.6	509.6	2.350	残留安定度 10.070 ÷ 11.680 = 86.2%					28	9.798		
		1200.5	1198.9	690.4	510.1	2.350						29	9.246		
		1196.7	1195.0	688.7	508.0	2.352						29	10.074		
	平均						2.351	2.455	13.4	4.2	17.6	76.1	29	9.710	86.2
標 準	6.0	1195.3	1194.3	685.1	510.2	2.341								23	11.316
		1203.1	1201.5	688.1	515.0	2.333								26	11.730
		1196.8	1195.3	687.2	509.6	2.346								28	11.868
	平均						2.340	2.458	13.6	4.8	18.4	73.9	26	11.640	—
水 浸	6.0	1202.6	1200.0	691.2	511.4	2.346	残留安定度 10.170 ÷ 11.640 = 87.4%					30	10.764		
		1199.3	1197.6	684.2	515.1	2.325						27	9.246		
		1197.9	1196.3	688.3	509.6	2.348						25	10.488		
	平均						2.340	2.458	13.6	4.8	18.4	73.9	27	10.170	87.4

資料5 性能試験データ

ストレートアスファルト 20-40(1/10 mm)によるマーシャル安定度試験値

混合物の種類		再生密粒度アスコン 20 mm [通常]: 上段 再生密粒度アスコン 20 mm [木タール]: 下段					試験年月日		平成 21 年 8 月 4 日					
旧 A s としてストレートアスファルト 20-40 を使用														
力計の係数=0.138kN/div														
条 件	ア ス フ ア ル ト 量	表 乾 重 量	空 中 重 量	水 中 重 量	容 積	実 際 密 度	見 掛 理 論 密 度	ア の ス 容 積 ア ル ト	空 隙 率	骨 材 間 隙 率	飽 和 度	フ ロ ー 値	安 定 度	残 留 安 定 度
	%	g	g	g	cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	1/100cm	kN	%
標 準	5.5	1196.2	1194.7	690.3	505.9	2.362						25	11.454	
		1197.8	1195.9	690.0	507.8	2.355						28	11.730	
		1199.5	1198.9	691.8	507.7	2.361						26	11.868	
	平均						2.359	2.465	12.5	4.3	16.8	74.4	26	11.680
水 浸	5.5	1197.0	1195.2	691.2	505.8	2.363	残留安定度					30	10.350	
		1197.0	1190.0	690.4	506.6	2.361	10.070 ÷ 11.680 = 86.2%					28	9.936	
		1196.8	1193.3	689.8	507.0	2.354						28	9.936	
	平均						2.359	2.465	12.5	4.3	16.8	74.4	29	10.070
標 準	5.6	1184.7	1182.9	680.3	504.4	2.345						24	12.282	
		1195.6	1193.5	688.8	506.8	2.355						27	13.110	
		1197.1	1195.3	687.9	509.2	2.347						24	12.834	
	平均						2.349	2.468	12.7	4.8	17.5	72.6	25	12.740
水 浸	5.6	1192.6	1190.5	684.3	508.3	2.342	残留安定度					28	11.040	
		1198.6	1195.9	689.6	509.0	2.350	11.410 ÷ 12.740 = 89.6%					26	12.006	
		1197.1	1194.8	689.5	507.6	2.354						29	11.178	
	平均						2.349	2.468	12.7	4.8	17.5	72.6	28	11.410

資料 6 二酸化炭素削減量

資料6 二酸化炭素削減量

1 算出条件

素材の輸送距離(km)		
素材	ストレートAS(四日市)	190.00
	5号、6号、7号砕石	15.00
	スクリーニングス	5.00
	粗砂	5.00
	細砂	25.00
	石粉	140.00
	再生骨材	20.00
	再生用添加剤	190.00
	ウッドピッチ(石川県産)	130.00
	ウッドピッチ(福井県産)*	20.00

* 現在、福井県産はないため輸送距離は仮定

素材のCO ₂ 原単位(kg-CO ₂ /投入単位)			
		投入単位	CO ₂ 原単位*
素材	ストレートアスファルト	t	234.2
	単粒度砕石	t	1.25
	スクリーニングス	t	1.25
	砂	m ³	0.55
	石粉	t	1.21
	再生骨材	t	4.27

* 舗装性能評価法 別冊(平成20年2月(社)日本道路協会 p178)

燃料、電気のCO ₂ 原単位			
燃料・電気	排出係数	発熱量	CO ₂ 原単位
原油	0.0187 kg-C/MJ	38.2 MJ/l	2.6192 kg-CO ₂ /l
軽油	0.0187 kg-C/MJ	38.2 MJ/l	2.6192 kg-CO ₂ /l
A重油	0.0189 kg-C/MJ	39.1 MJ/l	2.7096 kg-CO ₂ /l
電力	0.555 kg-CO ₂ /kWh		0.555 kg-CO ₂ /kWh

素材輸送にともなうCO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /t)		
素材	算定式	CO ₂ 原単位
ストレートアスファルト	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0340 l/t・km × 190 km	16.92
5号、6号、7号碎石	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0575 l/t・km × 15 km	2.26
スクリーニングス	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0575 l/t・km × 5 km	0.75
粗砂	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0575 l/t・km × 5 km	0.75
細砂	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0575 l/t・km × 25 km	3.75
石粉	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0575 l/t・km × 140 km	21.08
再生添加剤(オイル系) *	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0340 l/t・km × 190 km	16.92
ウッドピッチ(石川県産)	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0340 l/t・km × 130 km	11.58
ウッドピッチ(福井県産)	2.6192 kg-CO ₂ /l × 0.0340 l/t・km × 20 km	3.35

* メーカーが再生用添加剤の原単位を把握していないため、潤滑油系と考え、重油と同等なものとして仮定した。

素材の合材製造時のCO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /t)			
素材	素材の原単位	輸送分の原単位	計
ストレートアスファルト	234.30	16.92	251.22
5号、6号、7号碎石	1.25	2.26	3.51
スクリーニングス	1.25	0.75	2.00
粗砂	0.22	0.75	0.97
細砂	0.22	3.75	3.97
石粉	1.21	21.08	22.29
再生骨材	4.27	-	4.27
再生添加剤(オイル系)	234.30	16.92	251.22
ウッドピッチ(石川県産)	-	11.58	11.58
ウッドピッチ(福井県産)	-	3.35	3.35

2 CO₂排出量の比較

2.1 アスファルト混合物等とウッドピッチ添加再生アスファルト混合物等の比較

2.1.1 アスファルト安定処理

アスファルト安定処理 (AS量4.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	184.35	t	3.51	647.06
	6号碎石	61.45	t	3.51	215.68
	7号碎石	46.07	t	3.51	161.70
	スクリーニングス	46.07	t	2.00	92.14
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	46.07	t	3.97	182.89
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	ストレートAS(60-80)	16.00	t	251.22	4,019.52
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					17,492.55
t当たり					43.73

石川産ウッドピッチ添加再生アスファルト安定処理 (AS量4.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	98.40	t	3.51	345.38
	6号碎石	39.36	t	3.51	138.15
	7号碎石	19.68	t	3.51	69.08
	スクリーニングス	19.68	t	2.00	39.36
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	19.68	t	3.97	78.13
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	再生骨材(50%)	196.76	t	4.27	840.17
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	5.00	t	11.58	57.90
	ストレートAS(60-80)	1.48	t	251.22	371.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					14,113.53
t当たり					35.28

削減効果 19.3%

2.1.2 粗粒度アスコン

粗粒度アスコン (AS量5.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	159.60	t	3.51	560.20
	6号碎石	136.84	t	3.51	480.31
	7号碎石	37.96	t	3.51	133.24
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	37.96	t	0.97	36.82
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	7.60	t	22.29	169.40
	ストレートAS(60-80)	20.00	t	251.22	5,024.40
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					18,577.93
t当たり					46.44

石川産ウッドピッチ添加再生粗粒度アスコン (AS量4.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	82.20	t	3.51	288.53
	6号碎石	70.46	t	3.51	247.31
	7号碎石	19.57	t	3.51	68.70
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	19.57	t	0.97	18.98
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	3.91	t	22.29	87.25
	再生骨材(50%)	195.72	t	4.27	835.72
	ウッドピッチ(石川産)対IBAS43.4%	4.96	t	11.58	57.44
	ストレートAS(60-80)	3.60	t	251.22	904.39
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					14,681.89
t当たり					36.70

削減効果 21.0%

2.1.3 密粒度アスコン(20)

密粒度アスコン(20) (AS量5.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	121.04	t	3.51	424.85
	6号碎石	90.72	t	3.51	318.43
	7号碎石	30.20	t	3.51	106.00
	スクリーニングス	41.56	t	2.00	83.12
	粗砂	41.56	t	0.97	40.31
	細砂	41.56	t	3.97	164.99
	石粉	11.36	t	22.29	253.21
	ストレートAS(60-80)	22.00	t	251.22	5,526.84
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					19,091.32
t当たり					47.73

石川産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(20) (AS量5.6%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	62.16	t	3.51	218.17
	6号碎石	44.68	t	3.51	156.81
	7号碎石	19.42	t	3.51	68.18
	スクリーニングス	21.37	t	2.00	42.73
	粗砂	21.37	t	0.97	20.73
	細砂	21.37	t	3.97	84.82
	石粉	3.88	t	22.29	86.59
	再生骨材(50%)	194.24	t	4.27	829.40
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.72	t	11.58	54.66
	ストレートAS(60-80)	6.80	t	251.22	1,708.30
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,443.95
t当たり					38.61

削減効果 19.1%

2.1.4 密粒度アスコン(13)

密粒度アスコン(13) (AS量5.8%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	180.84	t	3.51	634.75
	7号碎石	60.24	t	3.51	211.44
	スクリーニングス	41.48	t	2.00	82.96
	粗砂	41.48	t	0.97	40.24
	細砂	41.48	t	3.97	164.68
	石粉	11.32	t	22.29	252.32
	ストレートAS(60-80)	23.20	t	251.22	5,828.30
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					19,388.25
t当たり					48.47

石川産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(13) (AS量5.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	92.94	t	3.51	326.21
	7号碎石	30.98	t	3.51	108.74
	スクリーニングス	21.30	t	2.00	42.60
	粗砂	21.30	t	0.97	20.66
	細砂	21.30	t	3.97	84.55
	石粉	5.81	t	22.29	129.47
	再生骨材(50%)	193.62	t	4.27	826.76
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.72	t	11.58	54.66
	ストレートAS(60-80)	8.04	t	251.22	2,019.81
	製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71
電力		2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
軽油		40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,787.01
t当たり					39.47

削減効果 18.6%

2.1.5 再生密粒度アスコン(13)福井県産木タール使用(仮定)

密粒度アスコン(13) (AS量5.8%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	180.84	t	3.51	634.75
	7号碎石	60.24	t	3.51	211.44
	スクリーニングス	41.48	t	2.00	82.96
	粗砂	41.48	t	0.97	40.24
	細砂	41.48	t	3.97	164.68
	石粉	11.32	t	22.29	252.32
	ストレートAS(60-80)	23.20	t	251.22	5,828.30
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					19,388.25
t当たり					48.47

福井産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(13) (AS量5.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	92.94	t	3.51	326.21
	7号碎石	30.98	t	3.51	108.74
	スクリーニングス	21.30	t	2.00	42.60
	粗砂	21.30	t	0.97	20.66
	細砂	21.30	t	3.97	84.55
	石粉	5.81	t	22.29	129.47
	再生骨材(50%)	193.62	t	4.27	826.76
	ウッドピッチ(福井産)対旧AS43.4%	4.72	t	1.78	8.40
	ストレートAS(60-80)	8.04	t	251.22	2,019.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,740.76
t当たり					39.35

削減効果 18.8%

2.1.6 再生細粒度アスコン(13)

細粒度アスコン(13) (AS量6.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	89.36	t	3.51	313.65
	7号碎石	37.28	t	3.51	130.85
	スクリーニングス	74.48	t	2.00	148.96
	粗砂	74.48	t	0.97	72.25
	細砂	74.48	t	3.97	295.69
	石粉	22.36	t	22.29	498.40
	ストレートAS(60-80)	27.60	t	251.22	6,933.67
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					20,567.03
t当たり					51.42

石川産ウッドピッチ添加再生細粒度アスコン(13) 再生率100% (AS量6.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	7号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	再生骨材(50%)	396.52	t	4.27	1,693.14
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS15.5%	3.48	t	11.58	40.30
	ストレートAS(60-80)	0.00	t	251.22	0.00
	製造燃料・ 電力	A重油	2,920.00	ℓ	2.71
電力		2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
軽油		40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					11,305.40
t当たり					28.26

削減効果 45.0%

2.2 再生アスファルト混合物等とウッドピッチ添加再生アスファルト混合物等の比較

2.2.1 再生アスファルト安定処理

再生アスファルト安定処理 (AS量4.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	94.92	t	3.51	333.17
	6号碎石	31.64	t	3.51	111.06
	7号碎石	23.72	t	3.51	83.26
	スクリーニングス	23.72	t	2.00	47.44
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	23.72	t	3.97	94.17
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	再生骨材(50%)	197.80	t	4.27	844.61
	再生用添加剤(対旧AS7.8%)	0.92	t	251.22	231.12
	ストレートAS(60-80)	3.52	t	251.22	884.29
製造燃料・ 電力	A重油	4,200.00	ℓ	2.71	11,382.00
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,669.87
t当たり					39.17

石川産ウッドピッチ添加再生アスファルト安定処理 (AS量4.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	98.40	t	3.51	345.38
	6号碎石	39.36	t	3.51	138.15
	7号碎石	19.68	t	3.51	69.08
	スクリーニングス	19.68	t	2.00	39.36
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	19.68	t	3.97	78.13
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	再生骨材(50%)	196.76	t	4.27	840.17
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	5.00	t	11.58	57.90
	ストレートAS(60-80)	1.48	t	251.22	371.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					14,113.53
t当たり					35.28

削減効果 9.9%

2.2.2 再生粗粒度アスコン

再生粗粒度アスコン (AS量5.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号砕石	82.20	t	3.51	288.53
	6号砕石	70.46	t	3.51	247.31
	7号砕石	19.57	t	3.51	68.70
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	19.57	t	0.97	18.98
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	3.91	t	22.29	87.25
	再生骨材(50%)	195.72	t	4.27	835.72
	再生用添加剤(対旧AS7.8%)	0.88	t	251.22	221.07
	ストレートAS(60-80)	7.68	t	251.22	1,929.37
製造燃料・ 電力	A重油	4,200.00	ℓ	2.71	11,382.00
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					16,737.70
t当たり					41.84

石川産ウッドピッチ添加再生粗粒度アスコン (AS量4.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号砕石	82.20	t	3.51	288.53
	6号砕石	70.46	t	3.51	247.31
	7号砕石	19.57	t	3.51	68.70
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	19.57	t	0.97	18.98
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	3.91	t	22.29	87.25
	再生骨材(50%)	195.72	t	4.27	835.72
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.96	t	11.58	57.44
	ストレートAS(60-80)	3.60	t	251.22	904.39
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					14,681.89
t当たり					36.70

削減効果 12.3%

2.2.3 再生密粒度アスコン(20)

再生密粒度アスコン(20) (AS量5.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	62.30	t	3.51	218.69
	6号碎石	46.73	t	3.51	164.02
	7号碎石	15.58	t	3.51	54.67
	スクリーニングス	21.42	t	2.00	42.83
	粗砂	21.42	t	0.97	20.77
	細砂	21.42	t	3.97	85.03
	石粉	5.84	t	22.29	130.20
	再生骨材(50%)	194.70	t	4.27	831.37
	再生用添加剤(対旧AS7.8%)	0.88	t	251.22	221.07
	ストレートAS(60-80)	9.72	t	251.22	2,441.86
製造燃料・ 電力	A重油	4,200.00	ℓ	2.71	11,382.00
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					17,251.26
t当たり					43.13

石川産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(20) (AS量5.6%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	62.16	t	3.51	218.17
	6号碎石	44.68	t	3.51	156.81
	7号碎石	19.42	t	3.51	68.18
	スクリーニングス	21.37	t	2.00	42.73
	粗砂	21.37	t	0.97	20.73
	細砂	21.37	t	3.97	84.82
	石粉	3.88	t	22.29	86.59
	再生骨材(50%)	194.24	t	4.27	829.40
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.72	t	11.58	54.66
	ストレートAS(60-80)	6.80	t	251.22	1,708.30
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,443.95
t当たり					38.61

削減効果 10.5%

2.2.4 再生密粒度アスコン(13)

再生密粒度アスコン(13) (AS量5.8%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	93.16	t	3.51	326.99
	7号碎石	31.05	t	3.51	109.00
	スクリーニングス	21.35	t	2.00	42.70
	粗砂	21.35	t	0.97	20.71
	細砂	21.35	t	3.97	84.75
	石粉	5.82	t	22.29	129.78
	再生骨材(50%)	194.08	t	4.27	828.72
	再生用添加剤(対旧AS7.8%)	0.88	t	251.22	221.07
	ストレートAS(60-80)	10.96	t	251.22	2,753.37
製造燃料・ 電力	A重油	4,200.00	ℓ	2.71	11,382.00
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					17,557.85
t当たり					43.89

石川産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(13) (AS量5.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	92.94	t	3.51	326.21
	7号碎石	30.98	t	3.51	108.74
	スクリーニングス	21.30	t	2.00	42.60
	粗砂	21.30	t	0.97	20.66
	細砂	21.30	t	3.97	84.55
	石粉	5.81	t	22.29	129.47
	再生骨材(50%)	193.62	t	4.27	826.76
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.72	t	11.58	54.66
	ストレートAS(60-80)	8.04	t	251.22	2,019.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,787.01
t当たり					39.47

削減効果 10.1%

2.2.5 再生密粒度アスコン(13)福井県産木タール使用(仮定)

再生密粒度アスコン(13) (AS量5.8%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	93.16	t	3.51	326.99
	7号碎石	31.05	t	3.51	109.00
	スクリーニングス	21.35	t	2.00	42.70
	粗砂	21.35	t	0.97	20.71
	細砂	21.35	t	3.97	84.75
	石粉	5.82	t	22.29	129.78
	再生骨材(50%)	194.08	t	4.27	828.72
	再生用添加剤(対旧AS7.8%)	0.88	t	251.22	221.07
	ストレートAS(60-80)	10.96	t	251.22	2,753.37
製造燃料・ 電力	A重油	4,200.00	ℓ	2.71	11,382.00
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					17,557.85
t当たり					43.89

福井産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(13) (AS量5.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	92.94	t	3.51	326.21
	7号碎石	30.98	t	3.51	108.74
	スクリーニングス	21.30	t	2.00	42.60
	粗砂	21.30	t	0.97	20.66
	細砂	21.30	t	3.97	84.55
	石粉	5.81	t	22.29	129.47
	再生骨材(50%)	193.62	t	4.27	826.76
	ウッドピッチ(福井産)対旧AS43.4%	4.72	t	1.78	8.40
	ストレートAS(60-80)	8.04	t	251.22	2,019.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,740.76
t当たり					39.35

削減効果 10.3%

2.2.6 再生細粒度アスコン(13)

再生細粒度アスコン(13) (AS量6.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号砕石	0.00	t	3.51	0.00
	6号砕石	46.03	t	3.51	161.57
	7号砕石	19.18	t	3.51	67.32
	スクリーニングス	38.36	t	2.00	76.72
	粗砂	38.36	t	0.97	37.21
	細砂	38.36	t	3.97	152.29
	石粉	11.51	t	22.29	256.51
	再生骨材(50%)	191.80	t	4.27	818.99
	再生用添加剤(対旧AS7.8%)	0.88	t	251.22	221.07
	ストレートAS(60-80)	15.52	t	251.22	3,898.93
製造燃料・ 電力	A重油	4,200.00	ℓ	2.71	11,382.00
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					18,731.38
t当たり					46.83

石川産ウッドピッチ添加再生細粒度アスコン(13) 再生率100% (AS量6.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号砕石	0.00	t	3.51	0.00
	6号砕石	0.00	t	3.51	0.00
	7号砕石	0.00	t	3.51	0.00
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	再生骨材(50%)	396.52	t	4.27	1,693.14
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS15.5%	3.48	t	11.58	40.30
	ストレートAS(60-80)	0.00	t	251.22	0.00
製造燃料・ 電力	A重油	2,920.00	ℓ	2.71	7,913.20
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					11,305.40
t当たり					28.26

削減効果 39.6%

2.3 中温化混合物と再生材(ウッドピッチ添加)の比較

2.3.1 中温化アスファルト安定処理

中温化アスファルト安定処理 (AS量4.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	184.35	t	3.51	647.06
	6号碎石	61.45	t	3.51	215.68
	7号碎石	46.07	t	3.51	161.70
	スクリーニングス	46.07	t	2.00	92.14
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	46.07	t	3.97	182.89
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	ストレートAS(60-80)	16.00	t	251.22	4,019.52
製造燃料・ 電力	A重油	3,240.00	ℓ	2.71	8,780.40
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,758.15
t当たり					39.40

石川産ウッドピッチ添加再生アスファルト安定処理 (AS量4.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	98.40	t	3.51	345.38
	6号碎石	39.36	t	3.51	138.15
	7号碎石	19.68	t	3.51	69.08
	スクリーニングス	19.68	t	2.00	39.36
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	19.68	t	3.97	78.13
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	再生骨材(50%)	196.76	t	4.27	840.17
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	5.00	t	11.58	57.90
	ストレートAS(60-80)	1.48	t	251.22	371.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					14,113.53
t当たり					35.28

削減効果 10.4%

2.3.2 中温化粗粒度アスコン

中温化粗粒度アスコン (AS量5.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co ₂ /投入単位)	排出量 (Kg-Co ₂)
素材	5号碎石	159.60	t	3.51	560.20
	6号碎石	136.84	t	3.51	480.31
	7号碎石	37.96	t	3.51	133.24
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	37.96	t	0.97	36.82
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	7.60	t	22.29	169.40
	ストレートAS(60-80)	20.00	t	251.22	5,024.40
製造燃料・ 電力	A重油	3,240.00	ℓ	2.71	8,780.40
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					16,843.53
t当たり					42.11

石川産ウッドピッチ添加再生粗粒度アスコン (AS量4.0%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co ₂ /投入単位)	排出量 (Kg-Co ₂)
素材	5号碎石	82.20	t	3.51	288.53
	6号碎石	70.46	t	3.51	247.31
	7号碎石	19.57	t	3.51	68.70
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	19.57	t	0.97	18.98
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	3.91	t	22.29	87.25
	再生骨材(50%)	195.72	t	4.27	835.72
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.96	t	11.58	57.44
	ストレートAS(60-80)	3.60	t	251.22	904.39
	製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71
電力		2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
軽油		40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					14,681.89
t当たり					36.70

削減効果 12.8%

2.3.3 中温化密粒度アスコン(20)

中温化密粒度アスコン(20) (AS量5.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	121.04	t	3.51	424.85
	6号碎石	90.72	t	3.51	318.43
	7号碎石	30.20	t	3.51	106.00
	スクリーニングス	41.56	t	2.00	83.12
	粗砂	41.56	t	0.97	40.31
	細砂	41.56	t	3.97	164.99
	石粉	11.36	t	22.29	253.21
	ストレートAS(60-80)	22.00	t	251.22	5,526.84
製造燃料・ 電力	A重油	3,240.00	ℓ	2.71	8,780.40
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					17,356.92
t当たり					43.39

石川産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(20) (AS量5.6%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	62.16	t	3.51	218.17
	6号碎石	44.68	t	3.51	156.81
	7号碎石	19.42	t	3.51	68.18
	スクリーニングス	21.37	t	2.00	42.73
	粗砂	21.37	t	0.97	20.73
	細砂	21.37	t	3.97	84.82
	石粉	3.88	t	22.29	86.59
	再生骨材(50%)	194.24	t	4.27	829.40
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.72	t	11.58	54.66
	ストレートAS(60-80)	6.80	t	251.22	1,708.30
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,443.95
t当たり					38.61

削減効果 11.0%

2.3.4 中温化密粒度アスコン(13)

中温化密粒度アスコン(13) (AS量5.8%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	180.84	t	3.51	634.75
	7号碎石	60.24	t	3.51	211.44
	スクリーニングス	41.48	t	2.00	82.96
	粗砂	41.48	t	0.97	40.24
	細砂	41.48	t	3.97	164.68
	石粉	11.32	t	22.29	252.32
	ストレートAS(60-80)	23.20	t	251.22	5,828.30
製造燃料・ 電力	A重油	3,240.00	ℓ	2.71	8,780.40
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					17,653.85
t当たり					44.13

石川産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(13) (AS量5.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	92.94	t	3.51	326.21
	7号碎石	30.98	t	3.51	108.74
	スクリーニングス	21.30	t	2.00	42.60
	粗砂	21.30	t	0.97	20.66
	細砂	21.30	t	3.97	84.55
	石粉	5.81	t	22.29	129.47
	再生骨材(50%)	193.62	t	4.27	826.76
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS43.4%	4.72	t	11.58	54.66
	ストレートAS(60-80)	8.04	t	251.22	2,019.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,787.01
t当たり					39.47

削減効果 10.6%

2.3.5 中温化密粒度アスコン(13)福井県産木タール使用(仮定)

中温化密粒度アスコン(13) (AS量5.8%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	180.84	t	3.51	634.75
	7号碎石	60.24	t	3.51	211.44
	スクリーニングス	41.48	t	2.00	82.96
	粗砂	41.48	t	0.97	40.24
	細砂	41.48	t	3.97	164.68
	石粉	11.32	t	22.29	252.32
	ストレートAS(60-80)	23.20	t	251.22	5,828.30
製造燃料・ 電力	A重油	3,240.00	ℓ	2.71	8,780.40
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					17,653.85
t当たり					44.13

福井産ウッドピッチ添加再生密粒度アスコン(13) (AS量5.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	92.94	t	3.51	326.21
	7号碎石	30.98	t	3.51	108.74
	スクリーニングス	21.30	t	2.00	42.60
	粗砂	21.30	t	0.97	20.66
	細砂	21.30	t	3.97	84.55
	石粉	5.81	t	22.29	129.47
	再生骨材(50%)	193.62	t	4.27	826.76
	ウッドピッチ(福井産)対旧AS43.4%	4.72	t	1.78	8.40
	ストレートAS(60-80)	8.04	t	251.22	2,019.81
製造燃料・ 電力	A重油	3,880.00	ℓ	2.71	10,514.80
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					15,740.76
t当たり					39.35

削減効果 10.8%

2.3.6 中温化細粒度アスコン(13)

中温化細粒度アスコン(13) (AS量6.9%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	89.36	t	3.51	313.65
	7号碎石	37.28	t	3.51	130.85
	スクリーニングス	74.48	t	2.00	148.96
	粗砂	74.48	t	0.97	72.25
	細砂	74.48	t	3.97	295.69
	石粉	22.36	t	22.29	498.40
	ストレートAS(60-80)	27.60	t	251.22	6,933.67
製造燃料・ 電力	A重油	3,240.00	ℓ	2.71	8,780.40
	電力	2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
	軽油	40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					18,832.63
t当たり					47.08

石川産ウッドピッチ添加再生細粒度アスコン(13) 再生率100% (AS量6.5%)		使用量 (Kg-CO ₂)	投入単位	原単位 (Kg-Co2/投入単位)	排出量 (Kg-Co2)
素材	5号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	6号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	7号碎石	0.00	t	3.51	0.00
	スクリーニングス	0.00	t	2.00	0.00
	粗砂	0.00	t	0.97	0.00
	細砂	0.00	t	3.97	0.00
	石粉	0.00	t	22.29	0.00
	再生骨材(50%)	396.52	t	4.27	1,693.14
	ウッドピッチ(石川産)対旧AS15.5%	3.48	t	11.58	40.30
	ストレートAS(60-80)	0.00	t	251.22	0.00
	製造燃料・ 電力	A重油	2,920.00	ℓ	2.71
電力		2,800.00	Kwh	0.56	1,554.00
軽油		40.00	ℓ	2.62	104.76
400 t当たり					11,305.40
t当たり					28.26

削減効果 40.0%

資料 7 成果発表の論文集

植物系タールを用いた舗装材料の研究

福井県 正会員 坂田正宏・正会員 三田村文寛

前田道路(株) 藤井弘・久野宏・奥村武,福井高専 正会員 武井幸久・小泉貞之

1 道路舗装の現状と課題

公共事業費の減少により橋梁のアセットマネジメントの取り組みが各地で始まっている。そして、同様に道路舗装もアセットマネジメントを進めていかなければならない状況になっている。例えば、福井県の近年の年間舗装補修面積は管理面積の 2~3%にとどまっており、年を重ねるにしたがって舗装の劣化が進んでいる。このため、予防保全の対策としてシーラ材注入を積極的に始めたところである。一方、地球温暖化対策も重要な課題であり、建設業界では、1990 年度比で 12%の削減を自主目標として取り組んでいるところである。

また、アスファルト価格は高騰を続けており、2004 年春の約 3 倍の水準となり（表 1）工事費増大が懸念される。このため、国内で生産されるアスファルト状物質である木タールに着目し、コスト縮減と地球温暖化対策を兼ねた工法としてアスファルト舗装への木タールの利用について検討を行った。

2 再生加熱アスファルト混合物への木タールの利用の検討

(1) タールの性状と舗装材料の用途

現状では、舗装用のタールは、石油アスファルトの普及に伴う使用量の減少により、1983年にJISの規定が廃止されている。

今回、利用の検討を行っ

た木タールは木質バイオマス発電の副産物として発生するものであり、木材 1m³ に対して約 0.03m³ 産出する。木タールの動粘度がストレートアスファルトと比較して、小さく再生用添加剤の標準的性状に近いことから再生加熱アスファルト混合物における同剤としての利用の検討を行った（表 2）。

(2) 針入度の調整

添加量は通常の再生用添加剤では旧アスファルトの量の 10%前後なのに対して、木タールは 45%の添加が必要となった。（図 1）。

表1 道路舗装関係材料と木タールの価格(千円/トン;H20 年3月)

ストレートアスファルト	再生用添加剤	木タール*1
76(26)*2	150	30

*1 山形県産バイオマス発電副産物の木タールを福井県まで運搬したもの

*2 ()内は H16 年春の価格

表2 道路舗装関係材料と木タールの性状

項目	ストレートアスファルト(60~80)	再生用添加剤(標準的性状)	木タール*1
動粘度(60°C)cSt (mm ² /s)	200	80~1,000 (80~1,000)	34
引火点 °C	260 以上	230 以上	引火しない
薄膜加熱後の粘度比(60°C)	—	2以下	—
薄膜加熱質量変化率%	—	±3 以下	—

キーワード 木タール, リサイクル舗装材, 再生用添加剤

連絡先〒918-8108 福井市春日 3 丁目303 福井県雪対策・建設技術研究所 (三田村)

TEL(0776)35-2412

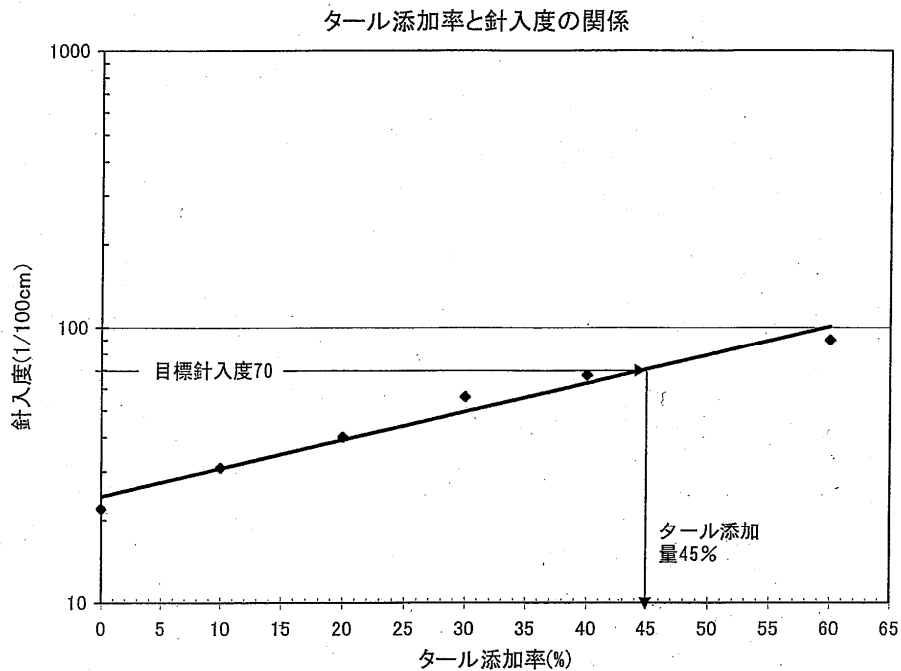


図1 木タールによる針入度の調整

試験法:A041(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧

(3) 室内配合試験と現場配合試験

そして、これを基に配合設計を行い、室内配合試験と現場配合試験を実施した(表3,4)。上述したように再生添加剤としての木タールの添加量が多くなった分、結果的に新アスファルトの配合量を縮減できた。

試験結果は室内、現場ともに基準値を十分満足するものとなった。特に、残留安定度については、福井県内の再生密粒度アスコン(13)が通常80%程度であるのに対して、木タール添加により91%という大きな値を示しており、耐水性も十分に基準を満足するものとなった(表3,4)。

表3 再生加熱アスファルト混合物(13)配合量

材料の種類	配合率(質量;%)	
	木タール 添加	従来型 (参考)
S-13 (6号)	27	27
S-5 (7号)	12	12
スクリーニングス	6	6
粗砂	6	6
細砂	6	6
石粉(フィラー)	3	3
再生骨材 13~0	40	40
アスファルト量(木タール含む)	6.1	6.1
(旧アスファルト量)	(2.02)	(2.02)
(木タール量またはアスファルト系再生用添加剤量)	(0.91)	(0.18)
(新アスファルト量)	(3.17)	(3.90)
計	100	

表4 再生加熱アスファルト混合物(13;木タール添加)の

マーシャル安定度試験¹⁾結果)

突固め回数	片面 50回	基準値	室内 配合試験	現場 配合試験 ²⁾
空隙率 %		3~6	4.0	4.0
飽和度 %		70~85	77.5	77.5
安定度 kN :A		4.9 以上	11.23	12.19
48時間水侵後の 安定度 :B		—	—	11.18
残留安定度(B/A) %		75 以上	—	91.7
フロー値1/100cm		20~40	29	30

1)B001(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧〔第3分冊〕

2)プラント形式:BD-1000AB(B) 60t/h

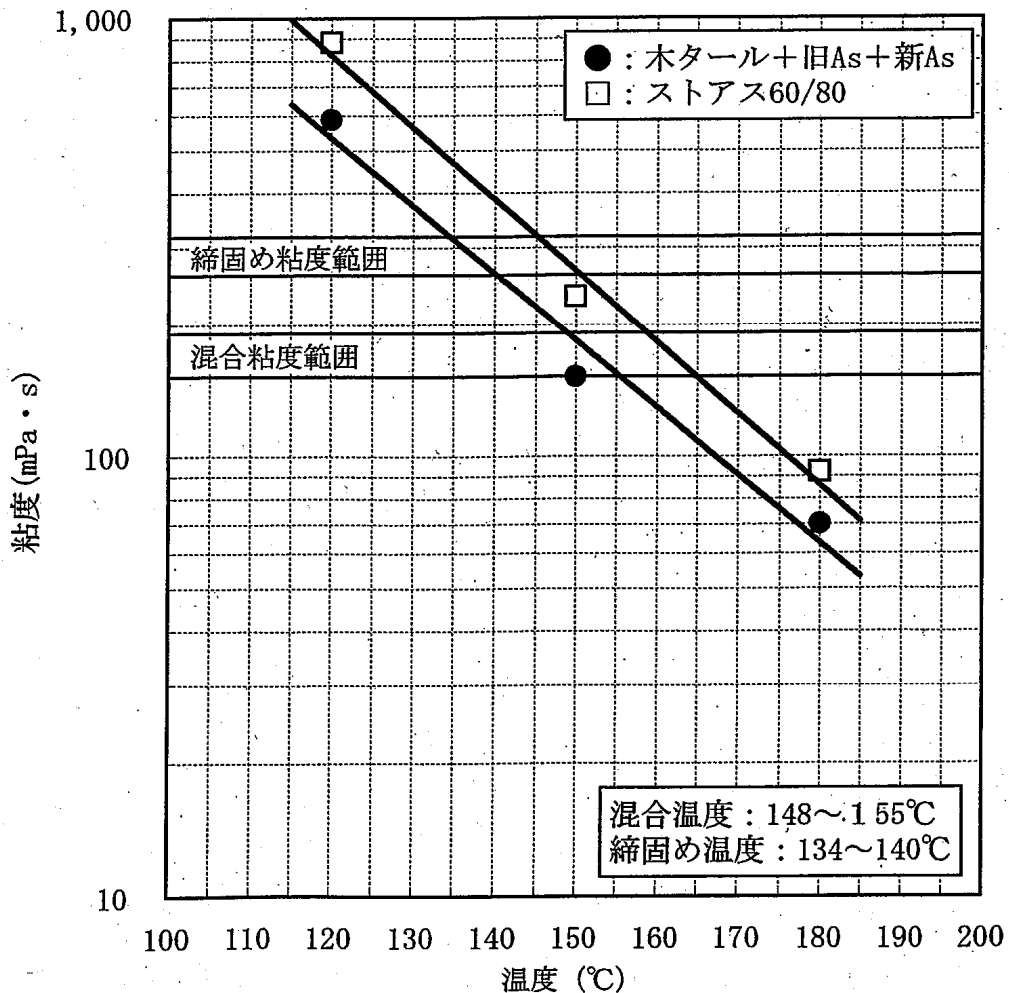


図2 二重円筒回転粘度計による粘度試験

試験法:A052(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧

(4) 混合温度と締固め温度

二重円筒回転粘度試験を実施した。この結果から木タールを添加することにより混合及び締固め温度ともに 10℃程度低くできることがわかった。これにより、製造時のエネルギーの節約（CO₂の排出削減）につながるといえる。

(5) コスト縮減効果

上述したように、木タールの添加量が多くなることから、新アスファルトの配合量を縮減できた。これにより、コストを 6.5%程度縮減できることがわかった（表 5）。

表5 再生加熱アスファルト混合物の製造持込単価*

(千円/トン;H20 年3月)

木タール 添加型	従来型(アスファルト系 再生用添加剤入り)
88	94

*前田道路㈱福井合材工場算出

3 まとめと今後の課題

- ・木タールをアスファルトの再生用添加剤としての利用の検討を行った。
- ・木タールを利用した再生舗装材（13）は基準を満足する。
- ・木タールを利用することでプラントの使用エネルギーが縮減できる。
- ・平成 20 年中に交通量の違う道路 3 箇所試験施工、追跡調査を実施し、施工性、耐久性の検証を行う。

木タールの舗装材料への適用研究

(福井県)○坂田正宏,三田村文寛
 (前田道路機)藤井弘
 (福井高専)武井幸久,小泉貞之

1 道路舗装の現状と課題

アスファルト価格が4年前の約3倍の水準となり工事費増大が懸念される。このため、木タールに着目し、コスト削減と地球温暖化防止対策を兼ねた工法としてアスファルト舗装材への利用の検討を行った(表1)。

表1 道路舗装関係材料と木タールの価格

(千円/トン; 2008年3月)

ストレートアスファルト	再生用添加剤	木タール*1
76 (26) *2	150	30

*1 山形県産バイオマス発電副産物の木タールを福井県まで運搬したもの

*2 () 内は2004年3月の価格

2 再生アスファルト舗装材への木タールの適用検討と結果

(1) タールの性状と木タールの適用検討

木タールの動粘度が再生アスファルト舗装材の再生用添加材の性状に近いことから同剤としての利用の検討を行った(表2)。

表2 道路舗装関係材料と木タールの性状

項目	ストレートアスファルト (60~80)	再生用添加剤 (標準的性状)	木タール*1
動粘度 (60°C) cSt (mm ² /s)	200	80~1,000 (80~1,000)	34
引火点 °C	260以上	230以上	引火しない
薄膜加熱後の粘度比 (60°C)	—	2以下	—
薄膜加熱質量変化率%	—	±3以下	—

(2) 木タールの添加量の検討

添加量は通常再生用添加剤が旧アスファルト量の10%前後必要なのに対して、木タールは45%の添加が必要になった(図1)。

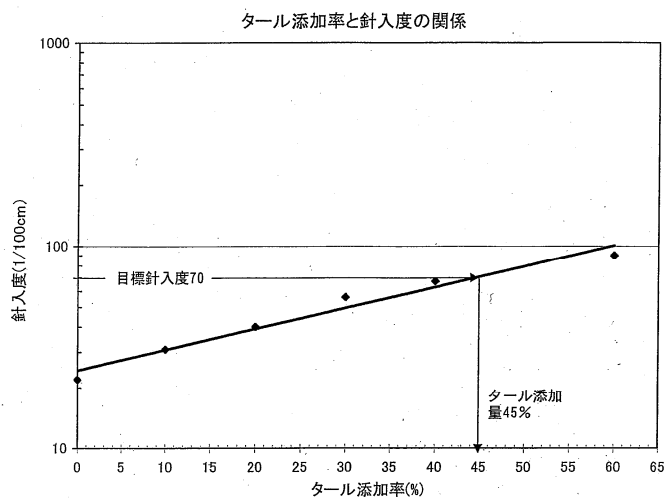


図1 木タールによる針入度の調整

(3) 室内配合試験と現場配合試験

上記をもとに配合設計を行い室内と現場（プラント）において配合試験を実施した。試験結果はともに基準値を満足するものとなった（表3, 4）。

特に、残留安定度については、福井県内の再生密粒度アスコン（13）が通常 80% 程度であるのに対して、木タール添加により 91%という大きな値を示しており、耐水性も十分に基準を満足するものとなった（表4）。

表3 再生アスファルト舗装材（13）配合量

材料の種類	配合率（質量；%）	
	木タール 添加	従来型 （参考）
S-13（6号）	27	27
S-5（7号）	12	12
スクリングス	6	6
粗砂	6	6
細砂	6	6
石粉（フィラー）	3	3
再生骨材 13~0	40	40
アスファルト量（木タール含む）	6.1	6.1
（旧アスファルト量）	(2.02)	(2.02)
（木タール量またはアスファルト系再生用添加剤量）	(0.91)	(0.18)
（新アスファルト量）	(3.17)	(3.90)
計	100	

表4 再生アスファルト舗装材（13；木タール添加）のマーシャル安定度試験¹⁾結果

突固め回数	片面 50回	基準値	室内 配合試験	現場 配合試験 ²⁾
空隙率 %		3~6	4.0	4.0
飽和度 %		70~85	77.5	77.5
安定度 kN : A		4.9以上	11.23	12.19
48時間水侵後の安定度 : B		—	—	11.18
残留安定度 (B/A) %		75以上	—	91.7
フロー値 1/100cm		20~40	29	30

1) B001 (社) 日本道路協会 舗装調査・試験法便覧〔第3分冊〕

2) プラント形式：BD-1000AB(B) 60 t/h

(4) 混合温度と締固め温度

また、二重円筒回転粘度試験の結果から製造温度と締固め温度を 10℃程度低くできることが判明した（図2）。

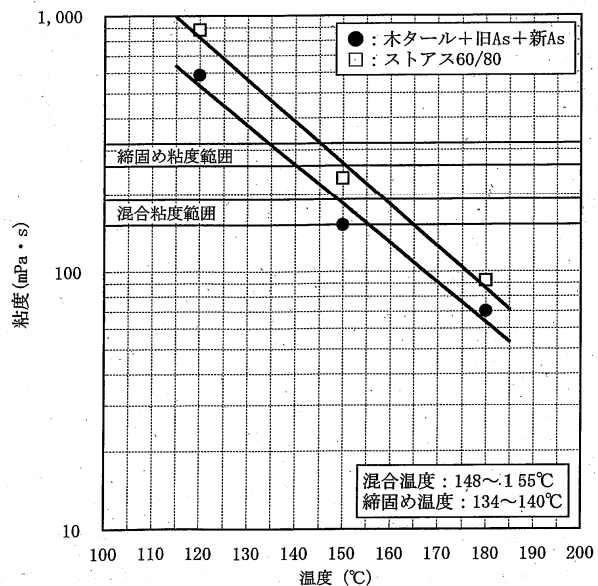


図2 二重円筒回転粘度計による粘度試験

試験法：A052 (社) 日本道路協会 舗装調査・試験法便覧

(5) コスト縮減効果

上述したように、木タールの添加量が多くなることから、新アスファルトの配合量を縮減できた。これにより、コストを 6.5%程度縮減できることがわかった（表5）。

表5 再生アスファルト舗装材（13）の製造持込単価*
（千円/トン；H20年3月）

木タール添加型	従来型 （アスファルト系再生用添加剤入り）
88	94

*前田道路(株)福井合材工場算出

3 まとめと今後の課題

- ・木タールをアスファルトの再生用添加剤としての適用の検討を行った。
- ・木タールを利用した再生アスファルト舗装材（13）は基準を満足する。
- ・木タールを利用することでプラントの使用エネルギーが縮減できる。
- ・平成20年中に交通量の違う道路3箇所試験施工、追跡調査を実施し、施工性、耐久性の検証を行う。

以上

【技術報告】 道路のアスファルト舗装材への木タール適用の研究

坂田正宏^{* ****}, 三田村文寛^{**}, 藤井弘^{***}, 武井幸久^{****}, 小泉貞之^{****}

概要：本研究では、木タールが、アスファルト舗装材における再生アスファルト舗装材の製造時に使う再生用添加剤として適用可能か否かの検討を行った。マーシャル安定度試験等の室内試験及び現場配合試験の結果は基準値を満足し、再生アスファルト舗装材の構成材料として適用可能であることが判明した。

キーワード：木タール, 再生アスファルト舗装, 再生用添加剤

A Study on the Utilization of Wood Tar as Pavement Materials

Masahiro Sakata^{* ****}, Humihiro Mitamura^{**}, Hiroshi Fujii^{***},
Yukihisa Takei^{****}, Sadayuki Koizumi^{****}

1 緒言

道路舗装に一般的に使われているアスファルト¹⁾の価格の上昇が続いている(2008年3月で2004年3月の約3倍)。このため、道路舗装のコストを縮減し、道路舗装の適正な管理の持続性を図るため、国内で自給可能な舗装用の材料として木タールに着目した。

道路舗装におけるタール(主として原料が、石炭のコールタール)はアスファルトにほぼ全て転換される前の道路舗装の材料として使用されていた²⁾。また、舗装タールのJIS規格(JIS-K-2472-1966)³⁾も定められていた。その後、高度経済成長期の燃料革命による石炭から石油への転換にともない、タールの生産が減少し、石油から得られるアスファルトの生産が増加した。これにより、タールの使用量が減少し、JIS規格も1982年に廃止されている。ちなみに現在では、舗装用石油アスファルトのJIS規格(JIS-K-2207-1996)が定められている。

しかし現在は、石油価格の高騰とともにアスファルトの価格も上昇を続けており(表2)、更なる検討が必要となっている。

また、公共事業費の縮減により橋梁のアセットマネジメントの取り組みが各地で始まっている。同様に道路舗装もアセットマネジメントを進め、道路舗装の適正な管理の持続性を図らなければならない状況になっている。例えば、福井県の近年の年間舗装補修面積は管理面積の2%程度にとどまっており、年を重ねるにしたがって舗装の劣化が進んでいる。このため、舗装補修のコスト縮減を図るべく、予防保全の対策としてシール材注入(舗装のひび割れに樹脂系の材料を流し込むもの)を積極的に始めたところである。

同時に、地球温暖化防止対策も重要な課題であり、建設業界では、1990年度比でCO₂12%の削減を自主目標として取り組んでいるところである。このため、CO₂排出が少ない工法・材料の開発・選定が求められている。

以上を考慮し、本研究では、国内の副産物であり、コスト縮減効果とCO₂の排出削減が期待できる、アスファルト状物質である木タールに着目し、アスファルト舗装材⁴⁾への木タール適用の検討を行っ

* 福井県三国土木事務所 Fukui Pref. Mikuni Public Works Office

** 福井県雪対策・建設技術研究所 Fukui Pref. Snow Management and Construction Technology Center

*** 前田道路(株) Maeda Doro Co.Ltd.

**** 福井工業高等専門学校 Fukui National College of Technology

***** 連絡先：〒913-0043, 福井県坂井市三国町錦4丁目2-68 email: m-sakata-98@pref.fukui.lg.jp

corresponding author: Nisiki4tyoume-68, Mikuni-city, Fukui

た.

表1 木タール（やまがたグリーンパワー(株産)）の性状

分析項目		木タール
比重		1.113
動粘度(30℃, mm ² /s)		224.5
動粘度(40℃, mm ² /s)		131.5
動粘度(50℃, mm ² /s)		56.90
動粘度(60℃, mm ² /s)		34.93
引火点(℃)		引火せず
流動点(℃)		-3.0
工業分析	固定炭素(wt%)	14.01
	水分(wt%)	7.93
	揮発分(wt%)	90.74
	灰分(wt%)	0.01<
元素分析	C(wt%)	67.40
	H(wt%)	7.37
	N(wt%)	0.59
	S(wt%)	0.04
	Cl(wt%)	0.01<
O(wt%)	2.69	
pH		2.81
クレオソート類	フェノール(mg/kg)	1,250
	クレゾール(mg/kg)	785
	グアイアコール(mg/kg)	2,400
	メチルグアイアコール(mg/kg)	4,400

表2 木タールの性状と従来の舗装関係材料との比較

項目	ストレートアスファルト(針入度 60~80)	従来の再生用添加剤(標準的性状)	木タール(やまがたグリーンパワー(株産))
動粘度(60℃) cSt (mm ² /s)	200	80~1,000	34
引火点(℃)	260以上	230以上	引火しない
薄膜加熱後粘度比(60℃)	—	2以下	—
薄膜加熱質量変化率%	—	±3以下	—
色	黒	黒	黒
価格(円/ℓ; 2008年3月)	76(26)* ¹	150	30* ²

*1 ()内は2004年3月の価格

*2 やまがたグリーンパワー(株産)の木タールを福井県まで運搬したもの

2 実験

今回、適用の検討を行った木タールは、やまがたグリーンパワー㈱（山形県村山市）の木質バイオマスガス化発電（出力 2000kw）の副産物である重質タールであり、その化学的基本性状を表 1、従来の舗装関係材料と比較した代表的物性などを表 2 にまとめた。燃料として使用された木材チップの樹種は、およそスギ 50%、マツ 20%、ナラ 20%ニセアカシア 10%の比率で混合されたものである。ガス化のシステムは、アップドラフト式である。炉の底部において 800℃で燃焼し、ガス化している。ガス化の後にガスは炉の上部（上部のガスは 75℃）から冷却器、集塵器を通った後、比重分離させることにより産出される。木タールが産出される際のガスの冷却温度は 35℃である。木タールは木材 1m³に対して、約 0.03m³産出される。

木タールの動粘度がストレートアスファルト⁵⁾と比較して小さく、再生アスファルト舗装材⁶⁾の製造時に使う再生用添加剤⁷⁾の標準的性状に近いことから（表 2 参照）同剤としての適用の可否を調べた。実施したのは、針入度試験⁸⁾、配合試験⁹⁾（室内、現場）、二重円筒回転粘度計による粘度試験¹⁰⁾であり、製造コストの比較も行った。なお、本試験の概要は舗装材料の用語説明と共に本稿末尾に一括して記載した。

3 結果と考察

(1) 針入度試験

添加量は、従来の再生用添加剤では旧アスファルトの量の 10%前後である。これに対して、木タールは 45%の添加が必要となった。（図 1）。

木タールの動粘度が従来の再生用添加剤より低いにもかかわらず、添加量が 45%という大きな値となった。これは、木タールが、加熱混合前は動粘度の小さな水分等を含んでいたが、加熱混合後にこれらが蒸発し、動粘度が大きくなることによるものと考えられる。

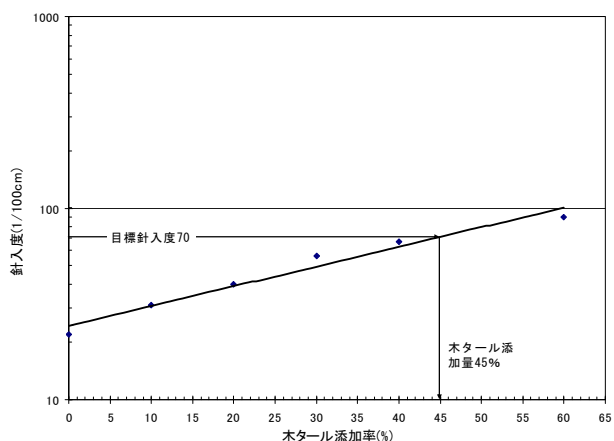


図1 木タールによる針入度の調整

(2) 配合試験（室内、現場）

針入度試験の結果を基に配合設計を行い、室内配合試験と現場配合試験を実施した。得られた結果を表 3 と 4 に示した。上述したように再生添加剤としての木タールの添加量が多くなった分、結果的に新アスファルトの配合量を縮減できた。このことから、水分等の蒸発後の木タールが、舗装材におけるストレートアスファルトに替わる結合材としての機能も有しているものと考えられる。

両表の結果は室内、現場ともに基準値を十分満足するものとなった。特に、残留安定度については、福井県内の一般的な再生アスファルト舗装材（13）が通常 80%程度であるのに対して、木タール添加により 91%という大きな値を示しており、耐水性も十分に基準を満足するものとなった（表 3, 4）。

表3 再生アスファルト舗装材（13）*配合量

*（13）は骨材の最大粒径を示す。

材料の種類	配合率（質量；％）	
	木タール 添加	従来型 （参考）
S-13（6号）	27	27
S-5（7号）	12	12
スクリーングラス	6	6
粗砂	6	6
細砂	6	6
石粉（フィラー）	3	3
再生骨材 13~0	40	40
アスファルト量（木タール含む）	6.1	6.1
（旧アスファルト量）	(2.02)	(2.02)
（木タール量またはアスファルト系再生用添加剤量）	(0.91)	(0.18)
（新アスファルト量）	(3.17)	(3.90)
計	100	

表4 再生アスファルト舗装材（13,木タール添加）のマーシャル安定度試験¹¹⁾結果

突固め回数	片面 50回	基準値	室内配合試験	現場配合試験 ¹²⁾
空隙率 %		3~6	4.0	4.0
飽和度 %		70~85	77.5	77.5
安定度 kN :A		4.9以上	11.23	12.19
48時間水侵後の安定度 :B		—	—	11.18
留安定度 (B/A) %		75以上	—	91.7
フロー値 1/100cm		20~40	29	30

(3) 二重円筒回転粘度計による粘度試験（混合温度と締固め温度の設定）

本試験による粘度の計測から、アスファルト舗装材の製造時の混合温度と締固め温度（施工時に道路上で、機械により締固める際の温度）の適正值が決定できる（図2）。

すなわち、木タールを添加した再生アスファルト舗装材（配合は表3による）は、ストレートアスファルト（60~80）と比較して、適正な混合及び締固めの粘度の範囲における温度がともに10℃程度低くなった（表5）。今回使用したプラントでは、従来の再生アスファルト舗装材（13）の混合温度は165℃である。以上から、木タールを添加した再生アスファルト舗装材は従来のものよりも10℃低くした155℃で製造できることが明らかになった（表5）。

これにより、製造時のエネルギーの節約（CO₂の排出削減）につながることを示唆された。

(4) コスト縮減効果

上述したように、木タールの添加量が多くなることから、新アスファルトの配合量を削減できた。これにより、コストを7.8%程度縮減できることがわかった（表6）。

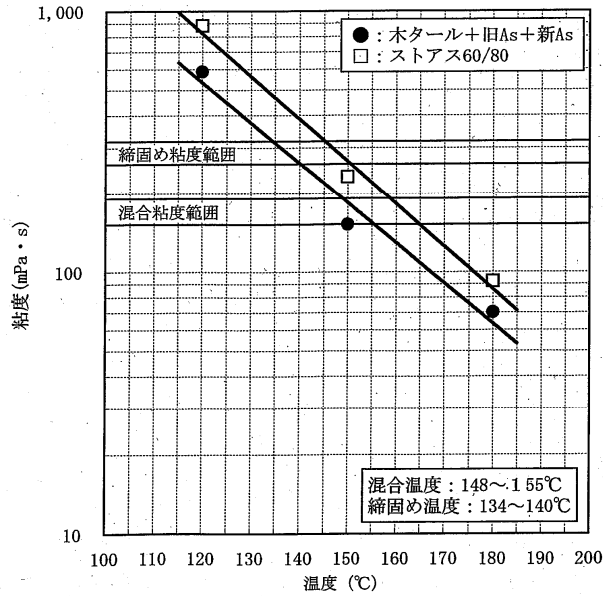


図2 二重円筒回転粘度計による粘度試験

表5 粘度からの適用温度

(単位: °C)

	混合温度	締固め温度
再生アスファルト舗装材 (13,木タール添加)	157.0~161.8	142.4~149.0
ストレートアスファルト (60~80)	164.5~167.8	154.3~158.9

表6 再生アスファルト舗装材 (13) のプラント製造単価*

(千円/トン; H20年3月)

木タール添加再生アスファルト舗装材	従来の再生用添加剤を添加した再生アスファルト舗装材
7.1	7.7

*前田道路㈱福井合材工場算出

木タールを再生用添加剤に利用することによるプラントでの製造単価の縮減率: $(77-71) / 77 \times 100 (\%) \approx 7.8\%$

(5) 今後の予定

CO₂の排出削減量の計算を行うとともに、交通量の違う道路3箇所試験施工、追跡調査を実施し、施工性、耐久性の検証を行う。

4 結言

木タールを道路舗装に用いる再生アスファルト舗装材の再生用添加剤としての適用の検討を行った。その結果、木タールを利用した再生アスファルト舗装材（13）は基準を満足した。

また、木タールを利用することで製造する温度を 10℃低くできることがわかり、プラントの使用エネルギーを削減（CO₂の排出削減）できることが示唆された。

謝辞

本研究を進めるに当たり、やまがたグリーンパワー発電所の青木寛彦 所長、鈴木崇之 氏には、木質バイオマスガス化発電についてお教えいただきました。深く感謝いたします。

また、本研究の当初から、福井県の小浜市竹炭生産組合 鳥羽曙 組合長には、木タールに関する様々な知識や激励をいただきました。鳥羽 組合長の存在なくして、今回の成果を得ることはできませんでした。ここに甚大なる謝意を表します。

引用文献と用語説明

1)アスファルト：天然または石油の蒸留残渣として得られる瀝青（二硫化炭素に溶ける炭化水素混合物）を主成分とする半固体、あるいは固体の粘着性物質。石油アスファルトのうち、通常、舗装用に用いるものは、針入度 40～120 のストレートアスファルトである。

2)1863 年長崎グラバー邸内でコールター舗装が施工された。コールターにアスファルトを 20% 以下

混合（アスターと呼ばれた）して使用された事例がある。舗装工学（平成 8 年 5 月（社）土木学会）p8, 37 参照

3)舗装タールの規格（JIS - K - 2472 - 1966）；次ページ付表 1 に掲載。

4)アスファルト舗装材：粗骨材¹⁾、細骨材²⁾、フィラー³⁾、アスファルトを所定の割合で混合した材料。通常、道路舗装で用いるアスファルト舗装材は、アスファルトおよび骨材、フィラーを 160℃程度に加熱・混合してつくる（加熱アスファルト混合物という）。

1)粗骨材：5 mmふるいに質量で 85%以上とどまる石や砂。通常アスファルト舗装材の質量の 20%程度を占める。

2)細骨材：10 mmふるいを全部通り、5 mmふるいに 85%以上通過する砂や石を細かく砕いたもの。通常、アスファルト舗装材の質量の 70%程度を占める。

3)フィラー：75 μm ふるいを通過する鉱物質粉末。通常、石灰岩、火成岩を粉末にしたもの。アスファルト舗装材の質量の 3%程度を占め、アスファルトの見かけの粘度を高め、かつ骨材として混合物の空隙を充てんするために用いる。

5) ストレートアスファルト：原油のアスファルト分を、なるべく熱による変化を起こさせないで蒸留により、取り出したもの。アスファルト舗装材において、骨材を互いに結合するための材料（結合材：バインダー）として用いる。

JIS 規格（JIS-K-2207-1996）では、舗装用石油アスファルトといい、その種類を針入度で表す。例えば、60～80（針入度が 60 を超え 80 以下）がある。

6) 再生アスファルト舗装材：道路上で使用し劣化したアスファルト舗装材を回収したもの（以下、“旧舗装材”という）に、新たに骨材、アスファルト（新アスファルト）、フィラーを加えて製造したアスファルト舗装材。

7) 再生用添加剤：旧舗装材の中のアスファルト（以下，“旧アスファルト”という）の針入度を回復させるために舗装材のプラントでの混合時に添加するもの。一般的に、アスファルト系および石油潤滑油系のものが使われている。JIS規格はない。

8) 針入度：常温でのアスファルトの軟らかさを示す指標。温度 25℃で規定の形状と寸法の針を 0.98N の荷重で 5 秒間アスファルト内に貫入させたときの貫入深さを 1/10 mm（1/100 cm）単位で表したものの。

9) 配合試験：使用予定材料を用いて、所定の性能、品質を有する舗装材が得られるように各材料の配合比率を決定するための試験。強度試験（マーシャル安定度試験¹¹⁾）により評価する。一般的に、まず室内で供試体を作成し試験を行う（室内配合試験）。

その後、実際に道路上で使うアスファルト舗装材を製造するプラント（現場）で舗装材をつくり、試験を行い（現場配合試験）、その結果をもとに配合を決定する。

10) 二重円筒回転粘度計による粘度試験：電動機によってスピンドルを試料中で回転させ、その粘性トルクをスプリングトルクによって測定する。（社）日本道路協会 舗装調査・試験法便覧〔第2分冊〕（平成19年6月（社）日本道路協会）、丸善株、p〔2〕-203参照

11) マーシャル安定度試験：アスファルト混合物の配合を決定するために行う試験。直径約 10.2 cm、高さ約 6.3cm の円筒形供試体を使用し、円筒をねかせた状態で荷重をかけ、供試体が破壊するまでに示した最大荷重（マーシャル安定度）と、その時の変形量（フロー値）をもとめる。（社）日本道路協会 舗装調査・試験法便覧〔第3分冊〕（平成19年6月（社）日本道路協会）、丸善株、p〔3〕-3参照。

12) プラント形式：BD-1000AB(B)60t/h

付表1 舗装タールの規格 (JIS - K - 2472 - 1966)

舗装工学 (平成8年5月 (社) 土木学会) p38 から抜粋

	常温用			加熱用		
	1号	2号	3号	1号	2号	3号
エンゲラー度	5~10 (50/25℃)	10~15 (50/25℃)	15~20 (50/25℃)	2~4 (100/25℃)	4~8 (100/25℃)	8~20 (100/25℃)
比重(25/25℃)	1.10~1.25			1.15~1.30		1.15~1.30
水分%	1.0以下			1.0以下		1.0以下
ベンゾール不溶分% (脱水試料につき)	20以下			25以下		25以下
ナフテン分% (脱水試料につき)	5以下			4以下		3以下
酸性油 cc/100g (脱水試料につき)	5以下			4以下		2以下
分留試験 重量% (脱水試料につき)						
170℃までの留出量	3以下			1以下		1以下
270℃までの留出量	35以下			25以下		15以下
300℃までの留出量	45以下			35以下		20以下
300℃残留物の軟化点 (環球法) °C	20~50			30~60		30~60
引火点°C (クレーブランド法)	90以上			100以上		100以上
アリ立試験	—			合格		合格

木タールを添加した道路のアスファルト舗装材の実証実験

(福井県)○坂田正宏,三田村文寛

(前田道路株)藤井弘,福満雅之

(福井高専)武井幸久,小泉貞之

1 緒言

アスファルト価格の上昇による工事費増大が懸念される。このため、木タールに着目し、コスト縮減と地球温暖化防止対策を兼ねた工法として木タールを添加したアスファルト舗装材を開発した¹⁾。

今回は、木タールを添加したアスファルト舗装材（以下、木タール添加舗装材）を従来のアスファルト舗装材（以下、従来舗装材）と共に車道に施工し、性能の比較を行った。

2 従来舗装材と木タール添加舗装材の性能比較の結果

(1) 各舗装材の材料の配合量

表1の材料配合により、福井県坂井市内の県道において施工した（図1）。

木タール添加舗装材は、従来舗装材と比較して新アスファルトの使用量を約25%節約できた（表1（新アスファルト量）参照）。

(2) 性能比較の結果

表2のとおり、すべての性能指標で、木タール添加舗装材は、従来舗装材と比較して同等以上の性能があることを確認した。

3 今後の課題

アスファルト舗装材を地域内循環型のものにするため、新アスファルトをすべて木タールに置き換えた材料の開発を行う。

4 参考文献

- 1) 道路のアスファルト舗装材への木タール適用の研究（2008）木質炭化学会誌 5(1), pp29-33

表1 再生アスファルト舗装材(20)*配合量

(施工箇所 坂井市長畑 地区)

* (20) は骨材の最大粒径を示す。

材料の種類	配合率(質量; %)	
	従来のアスファルト舗装材	木タール添加アスファルト舗装材
S-13 (5号)	16	16
S-13 (6号)	10	10
S-5 (7号)	4	4
スクリーニングス	6	6
粗砂	6	6
細砂	6	6
石粉(フィラー)	2	2
再生骨材 13~0	50	50
アスファルト量(木タール含む)	5.5	5.6
(旧アスファルト量)	(2.54)	(2.54)
(木タール量またはアスファルト系再生用添加剤量)	(0.22)	(1.02)
(新アスファルト量)	(2.74)	(2.04)
計	100	

表2 従来のアスファルト舗装材と木タールを添加したアスファルト舗装材の性能比較

性能指標	基準値	従来舗装材	木タール添加舗装材
塑性変形輪数	500回/mm以上	578	1658
平坦性	2.4mm以下	1.60	0.73
破壊輪数(回)	—	4700	4700
すべり抵抗性	60BPM以上	66	68



図1 施工状況（タイヤローラによる仕上げの締め固め）

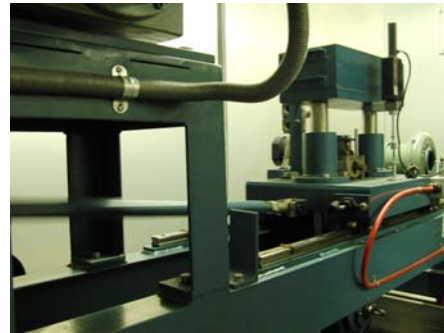


図2 塑性変形輪数を評価するためのホイールトラッキング試験



図3 破壊輪数（せん断強さ）を評価するための繰り返し曲げ試験



図4 平坦性試験



図5 すべり抵抗試験

木タールを用いた再生舗装材の実用化と社会的展望

坂田正宏 (三国土木事務所)・三田村文寛 (雪対策・建設技術研究所)
 福井高専 武井幸久・小泉貞之,前田道路(株) 藤井弘・久野宏・奥村武

1 道路舗装の現状と課題

公共事業費の縮小により橋梁のアセットマネジメントの取り組みが各地で始まっている。そして、同様に道路舗装もアセットマネジメントを進めてい

かなければならない状況になっている。例えば、三国土木事務所の近年の年間舗装補修面積は管理面積の 2~3%にとどまっており、年を重ねるにしたがって舗装の劣化が進んでいる。このため、予防保全の対策としてシーラ材注入を積極的に始めたところである。

一方、地球温暖化防止対策も取り組まなければならない重要な課題であり、建設業界では、1990 年度比で 12%の削減を自主目標として取り組んでいるところである。

この状況の中で、アスファルト価格は高騰を続けており、2004 年春の約 3 倍の水準になっている(表 1)。このため、コスト縮減と地球温暖化防止対策とを両立させるためには、我が国、殊に地元で自給できる資源を利用した舗装の開発が求められている。

上記を考慮し、地元で自給可能な資源である木材から抽出される木タールの利用に関する実践的な検討を開始した。本報告はその成果についての第一報である。

さらに今後、中国・インドなどの新興国や他の発展途上国の一層の経済発展に伴う世界全体の温暖化ガス排出の増加や食料・エネルギー需要の増加に対して、地球環境を持続するため、世界中の国々の自立と自律の責任が求められるものと考えられる。

2 再生舗装材への木タールの利用の検討(再生用添加剤としての利用)

現状では、舗装用のタールは、石油アスファルトの普及に伴う使用量の減少により、1983 年に JIS の規定が廃止されている。

今回、利用の検討を行った木タールは木質バイオマスガス化発電の副産物

として発生するものであり、木材 1m³に対して約 0.025m³産出する¹⁾と考えられる。今回は、動粘度がアスファルトよりも小さいことから、舗装材料(再生密粒度アスコン)における再生用添加剤としての利用の検討をおこなった(表 2)。添加量はアスファルト系の添加剤が通常 10%前後であるに対して、木タールは 45%の添加が必要となった。(図 1)。

表1 道路舗装関係材料と木タールの価格(千円/トン;H20 年3月)

ストレートアスファルト	再生用添加剤*1	木タール*2
76(26)*3	150	30

*1 旧アスファルトの針入度等の性状を回復させるために添加するもの

*2 山形県産バイオマスガス化発電副産物木タールを福井県まで運搬したもの

*3 H20(2008)年 3 月の価格、()内は H16(2004)年 3 月の価格

表2 道路舗装関係材料と木タールの性状

項目	ストレートアスファルト(60~80)	再生用添加剤(標準的性状)	木タール*2
動粘度(60°C)cSt (mm ² /s)	200	80~1,000 0	34
引火点 °C	260 以上	230 以上	引火しない
薄膜加熱後の粘度比(60°C)	—	2以下	—
薄膜加熱質量変化率%	—	±3 以下	—

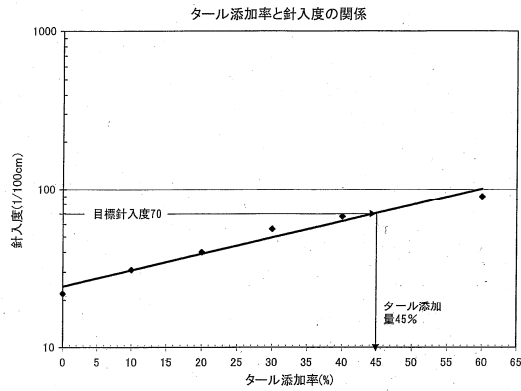


図1 木タールによる針入度の調整

試験法:A041(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧

表3 再生加熱アスファルト混合物(13)配合量

材料の種類	配合率(質量;%)	
	木タール 添加	従来型 (参考)
S-13 (6号)	27	27
S-5 (7号)	12	12
スクリーニングス	6	6
粗砂	6	6
細砂	6	6
石粉(フィラー)	3	3
再生骨材 13~0°	40	40
アスファルト量(木タール含む)	6.1	6.1
(旧アスファルト量)	(2.02)	(2.02)
(木タール量またはアスファルト系再生用添加剤量)	(0.91)	(0.18)
(新アスファルト量)	(3.17)	(3.90)
計	100	

表4 再生加熱アスファルト混合物(13)の
マーシャル安定度試験¹⁾結果)

突固め回数	片面 50回	基準値	室内 配合試験	現場 配合試験 ²⁾
空隙率 %		3~6	4.0	4.0
飽和度 %		70~85	77.5	77.5
安定度 kN :A		4.9 以上	11.23	12.19
48時間水侵後の 安定度 :B		—	—	11.18
残留安定度(B/A) %		75 以上	—	91.7
フロー値1/100cm		20~40	29	30

1)B001(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧[第3分冊]

2)プラント形式:BD-1000AB(B) 60t/h

そして、これを基に配合設計を行い、室内配合試験とプラント配合試験を実施した(表3)。結果は基準値を十分満足するものとなった(表4)。さらに、二重円筒回転粘度試験の結果から、木タールを添加することにより、混合及び締め固め温度を低くできることがわかった(図2)。これにより、製造時のエネルギーの節約(CO₂の排出削減)につながるといえる。

また、従来型の混合物との価格の比較を行ったところ木タールを使用した合材がトン当たり6.5%程安価になった(表5)。

表5 再生加熱アスファルト混合物(13)の製造持込単価*(円/トン;H20年3月)

木タール添加型	従来型(アスファルト系再生用添加剤入り)
8800	9400

*前田道路㈱福井合材工場算出

3 今後の研究予定と将来への展望

(1) 今後の研究予定

平成20年中には県道での試験施工等を行い、木タール利用の実用化に向けて研究を進めていく予定である(図3,表6)。

(2) 将来への展望(森づくり・エネルギー自給と舗装システムの連携)

木タールの供給体制の確保と社会的な展望について述べる。京都議定書で定めた第一約束期間(2008~2012年)における二酸化炭素などの温暖化ガスの削減目標は1990年度比で6%であるが、すでに2006年度には同年度比で6.4%増加している。そこで、実質的には現状の排出量の12.4%の削減が必要となっている。そして、この削減目標のうち、3.8%分を森林で対応することが計画されている。そのため、政府は平成20年度から都道府県への助成制度を設け間伐面積をこれまでの年間35万haから毎年20万haを上乗せした55万haの間伐を行うこととしている。すなわち、新たに年600万m³

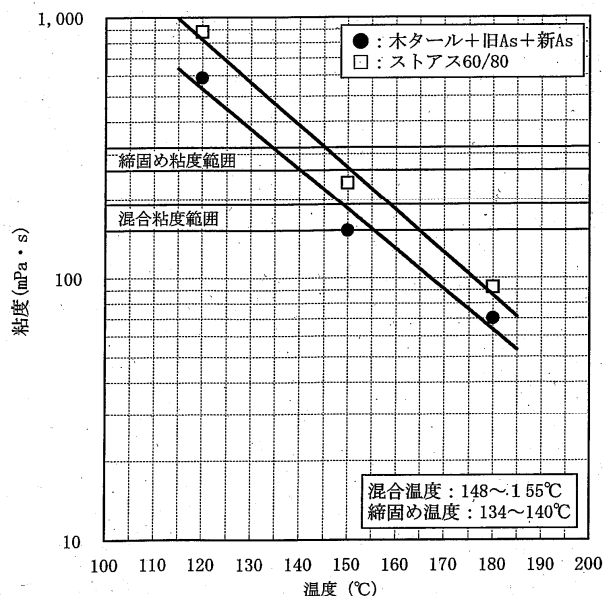


図2 二重円筒回転粘度計による粘度試験

試験法:A052(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧

木タール添加により、混合温度を10°C低くできる。



図3 木タール添加再生アスファルト舗装の施工

(平成20年3月25日、北潟湖畔自転車道線、あわら市北潟)

表6 今後の研究予定(平成20年度)

FWD試験による耐久性の実証

三国土木管理道路での試験施工と調査

・N3 交通の県道(同上6月中)

・N5 交通の県道(同上7月中)

CO₂排出削減量の算出

木タール供給体制構築の検討

耐水性の実証

木タール添加型のアスファルト混合物の再

生利用の配合方法の検討

の間伐材ⁱⁱ⁾が発生することになる。

たとえば、福井県内で発生する間伐材を可能な限り木質バイオマスガス化発電に使ったならば、数百世帯分の電力が供給可能になる。また、これにより木タールがおおよそ1千m³産出されることになる。これは福井県の年間の再生舗装材使用量54万tの約1.5割に対応できる再生用添加剤の量になる(表7)。

このように、森づくりとエネルギー自給と舗装システムを地域ごとに連携させて、持続可能な地域づくりを進めることを真剣に考え、行動する時にきていると考える。

同時に、間伐や間伐材の利用を円滑に進めるために、大都市圏の居住者の協力が必要な地域もあると考える。このため、大都市圏に住む団塊の世代などのU・Iターンや二地域居住を促進するため生活幹線道路ⁱⁱⁱ⁾の充実が必要であると判断する。また、これは、介護を必要としない9割の高齢者の一層の自立にも貢献し、地域全体の活性化にも役立つものとする。

以上のような点を考慮し、私たち社会資本の整備・維持に関わる者は、広い視野と高い倫理観をもち、クロスセクターベネフィット^{iv)}といった手法を活用し事業を評価し、実施しなければならない。

表7 福井県の間伐材の現況と木質バイオマスガス化発電に利用した場合の効果

単位:m³

	H13 ¹⁾	H18 ²⁾	H19 ³⁾	H20	H20 (南越) ⁴⁾
間伐面積(ha)	4,032	4,856	5,200	5,200	1,180
立木伐採材積①	88,211	185,409	113,700	113,700	28,600
素材換算材積②	45,520	104,770	58,600	58,600	14,300
利用素材材積③ ⁵⁾	12,092	26,206	15,500	15,500	6,000
利用率③/②(%)	26.6	25.0	26.6	26.6	42.0
未利用資源量④=①-③	76,119	159,203	98,200	98,200	22,600
内 搬出可能量 ⁶⁾ ⑤	23,600	49,300	30,400	30,400	9,400
搬出可能率⑤/④(%)	31				41
可能木質バイオマスガス化発電量 ⁷⁾ (世帯/年);⑤/70 m ³	337	704	434	434	134
同上木タール産出量 ⁸⁾ ⑤×0.025	590	1,230	760	760	230

1) 「木質バイオマス活用指針 平成16年3月福井県農林水産部森づくり課」(以下「指針」) p2-10 表2-8の抜粋

2) 間伐面積は県産材活用課の資料による。⑤は、H13 搬出可能率により算出した。

3) 間伐面積は県産材活用課の資料による。その他の値は、推定。福井県は、森林吸収源対策として平成19年度から平成24年度までの6年間に年間5,200haの間伐を実施予定。

4) H13の実績の県全体における比率により推定。

5) 間伐材のうち、搬出しても採算がとれない材や製材・丸太・原材料・集成材としての利用が不向きな材(林地放置)を除いたもの

6) 林道から200m以内にあるものを対象としている(指針 p2-10)

7) 一世帯当たり3kWで計算した。また、2,000kWの木質バイオマスガス化発電を運転するには、60t/日(約120m³/日)の木材が必要になる(やまがたグリーンパワー発電所 青木所長からの聴き取り)。

したがって、1世帯当たり年間約70m³の木材が必要となる(120m³/日÷2000kW×3kW≒0.2m³/日、0.2m³/日×365日≒70m³)。

8) 2006年度の福井県内の再生舗装材使用量は54万t。これに必要な木タール量は約5,600m³≒540,000t×0.91%÷1.145t/m³

4 自立と自律のための社会資本整備の提言（食料自給とエネルギー自給の向上のために）

今後、中国やインドなどの新興国や途上国の一層の経済発展により、金さえあればなんでも買えるという状況ではなくなることが考えられる。そして、これに対応し、一国の自立と自律を保つために主要国は戦略的に行動していると判断できる（表8）。例えば、食料自給率を見れば、40年前と比較して上昇している。だが、我が国は周知のとおり減少の一途たどっている。また、エネルギー自給率についても我が国は遅れをとっている（表9）。日本のこの状況を改善するためには、政治が仕組みをつくるのが現在最も急ぐべきことだと考える。だが、私たち、社会資本整備に関わる者が傍観しているわけにはいかない。常に、地域や日本の自立と自律のためにできることはないかを念頭におき、住民や異分野と連携し、可能なことから一つ一つ実践を積み重ねていかなければならない。この積み重ねが10年20年後に大きな成果として実と結んでいるはずである。このことを踏まえて今回、本技術の研究開発成果の報告と合わせて今後の展望についてひとつの提言を行った。

表8 主要国の食料自給率(カロリーベース；%)農林水産省 HP

	1961 昭和 36	2003 平成 15
フランス	99	122
ドイツ	67	84
英国	42	70
アメリカ	119	128
日本	78	40
福井県	64(H10)	67

表9 主要国のエネルギー自給率
2001年(%)資源エネルギー庁 HP

フランス	50
ドイツ	38
英国	111
アメリカ	75
日本	20

<謝辞>

本文を作成するに当たり、坂井森林組合の西川浩一参事には間伐の状況について、県産材活用課木材活用流通グループの牧野康哉主任・齋藤年央主事、同森林育成グループの豊岡正主任には、間伐材の現状や今後の可能性についてお教えいただきました。深く感謝いたします。

また、やまがたグリーンパワー発電所の青木寛彦 所長、鈴木崇之 氏には、木質バイオマスガス化発電についてお教えいただきました。深く感謝いたします。

そして、今回の取り組みの当初から木タールの知識や供給について、小浜竹炭生産組合 鳥羽 曙 組合長には多くの助言をいただきました。鳥羽さんの存在なくして、今回の成果を得ることできなかったものと考えています。ここに甚大なる謝意を表します。

<参考>

石川県内で木質バイオマスガス化発電所が平成 20 年 5 月 21 日に竣工します。

発電出力 2500kW

場所：羽咋郡宝達志水町針山牛21

視察：竣工式以降なら可能(要相談)。

連絡先：いしかわグリーンパワー(株)

0767-29-4555(植田所長,総務 細田氏)

以上

i) 「使用木材チップ 60t で約 3m³のタールがでる。」やまがたグリーンパワー(株)からの聴き取り。これから、60t ÷ 0.5 t / m³ = 120 m³, 3 m³ ÷ 120 m³ = 0.025

ii) 「間伐 1 ha 当たり 30~40m³の間伐材が発生する。」(坂井森林組合 西川氏から電話聴き取り.)

iii) 生活幹線道路：市町村の中心部や総合病院, 学校などの主要施設を相互に結ぶ道路で, 全国の総延長は約 17 万km. このうち, 1 万 3 千 km 分の 5 千区間は, 急カーブや狭い道幅によって救急車両もスムーズに走行できないとされている (日本経済新聞 平成 20 年 3 月 28 日) .

iv) クロスセクターベネフィット: ヨーロッパでは 1985 年頃から使われ始めている言葉で, 「ある部門で取られた (しばしば出費を伴う) 行動が, 他部門に利益をもたらす (しばしば節約となる)」という意味. 公共交通を例にすると, 公共交通を誰もが利用しやすいものとすることによって, これまで外出できなかった人が外出できるようになり, 特殊な交通手段を用意する必要がなくなるのみならず, 自分で通院できるようになる (医師が往診する必要がなくなる), 就労の機会がえられる (社会保障の受益者から納税者へとなる) などの変化が生じる. こうして, 公共交通に対する支出が医療費や社会保障費用の削減などにつながり, クロスセクターベネフィットが生じることになる. (引用文献: 「移動の制約の解消が社会を変えるー誰もが利用しやすい公共交通がもたらすクロスセクターベネフィットー」 アンドリュー・フォークス 他著, 2004 年, (株)近代出版社)

資料 8 新聞記事

福井高専など産学官開発

県産材・建設技術研究所、福井高専、前田道路(東車)の直轄官グループが、バイオマス発電や炭酸ガスなどから出る「木タール」を併せたアスファルト舗装材を開発した。従来の舗装材よりも製造過程で発生する二酸化炭素を低減できることに加え、建設コストの削減にもつながるといふ。年内の実用化を目指す。

「木タール」使用 アスファルト舗装材

トが、一定量使われている。厚層に付くアスファルトの高騰を憂いて、昨年とアスファルトの使用量が昨年から増えているという。

同グループは昨年二月、福井市石油系オイルだつた添加剤を木タールに替へ、アスファルトを再生する研究をスタート。約一年かけて完成

せた。石油系オイルを使用し、アスファルト舗装材と比較すると、原

CO₂、コストも削減

料の輸送を省いたアスファルト舗装材に使用した。十六日に福井市春江町内の試験道に試験施工。二十寄せている。



木タールを併せたアスファルト舗装材を試験施工した。福井市春江町西長州。抗凍融試験を福井高専グループのメンバーが実施。八月三日、福井市春江町西長州

八は、滑り抵抗性を確認した。

同グループは「粘ある木タールをアスファルトに使えないかと発想からスタートし国内の木材を使えば路舗装の『地産地消もつながら』と話

安全性の確認テスト視察に訪れた秋田県木村炭度加工研究所田島光克所長は「木タールの利用は新しいだ。バイオマス発電

減できる。市内実験で強度や耐久から抽出される木タールなど国内の基準・目安を再見出されれば、バイオマスの促進にもつな

資料 9 検討会議事録

産学官共同研究 検討会議事録

課長	主任	課員	担当	日付	平成20年4月18日(金)
				研究課題	木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発
				場所	福井高専 環境都市工学科 会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
	公社	山木企画主査			
項目	内 容				

研究内容について	<ul style="list-style-type: none"> ● 骨材の新旧比率を変えた室内配合試験（密粒度(13)） <ul style="list-style-type: none"> ✓ 昨年度は新旧比率を 60：40 で実施した。 ✓ 今年度は再生材の上限値を探るために、85：15（もしくは80：20）で実施する。試験施工に用いる現場配合のものも室内で行う。 ✓ 木タールは昨年度と同じ山形から購入。（ただし、基本的な性状を把握する。）何を管理値にするか要検討。例えば60 粘度、150 粘度、針入度、軟化点 ● 試験施工 <ul style="list-style-type: none"> ✓ あわら市北潟では、新旧比率 60：40 で実施した。 ✓ 春江町西長田（7月）とあわら市東田中（9月）では、新旧比率 50：50 で実施する。7月はロットごとの木タールの性状が違っていれば前回と同じ60：40で行い、7月と9月は同じロットの木タールを用いて新旧比率だけを変えることもありか？ ✓ 木タールは昨年度と同じ山形から購入。（ただし、基本的な性状を把握する。） ● 木タールの物性試験 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 蒸留温度を何種類か設定して行う。 実態調査必要 ✓ 生産現場(山形、石川)における燃料、材料を調査する。 建築廃材や補助燃料は使用していないか否か。 ✓ 昨年度購入した山形の木タールの蒸留温度と材料を調査し、これを基準に蒸留試験を行う（小泉教授担当）。とする。 (材料はわからないので、杉と現状で入手できるもので行うしかない?) ✓ 比重、密度、粘度（150）を木タールの品質指標とする。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 技術基準の性能指標との適合確認 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 疲労破壊輪数の確認は繰返し曲げ試験による。FWDは行わない。 ✓ 塑性変形輪数の確認はホイールトラッキング試験による。 ✓ 耐水性の確認はマーシャル安定度試験による。残留安定度 91.7%の再

項 目	内 容
	<p>確認。耐水性があれば水浸ホイールトラッキング試験を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 石川県のバイオマス発電プラント視察 <ul style="list-style-type: none"> ✓ いしかわグリーンパワー(株) 石川県羽咋郡宝達志水町針山丑 27 番地 ✓ 5/28～6/4 で日程調整。 ✓ 聞き取り調査項目は坂田氏から先方に投げ掛けておく。 ● 木質炭化学会第 6 回研究発表会への参加 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 小浜竹炭生産組合の鳥羽組合長を通じて学会から参加要請。 ✓ 坂田氏が学会入会、発表会参加。 ✓ 土木学会年次講演会に出した論文をベースにする。 ● 今後の予定 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 室内試験、試験施工等について、前田道路で再整理して実施。 ✓ 石川県視察の時に進捗状況を確認して、次回日程調整。 ✓ 7月の西長田の試験施工後を目途とする。 ✓ CO2の排出削減効果について検討を進める（武井教授担当）。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 20 年 5 月 9 日(金)
				研究課題	木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発
				場 所	建設技術公社 201 会議室
出席者	産 学 官	前田道路(株)：藤井工場長			
	公 社	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
		山木企画主査、時岡主事			
項 目	内 容				

<p>今年度の研究内容について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 試験施工について <ol style="list-style-type: none"> 1. 施工時期：平成 20 年 6 月ごろ 路線名：春江丸岡線 地係：春江町西長田 舗装構成：再生密粒度 AC (13) t=50mm 配合率：50：50 (再生：新規 以下同様) 2. 施工時期：平成 20 年 9 月ごろ 路線名：長畑金津線 地係：春江町東田中 舗装構成：再生密粒度 AC (20) 再生粗粒度 AC 配合率：両方ともに 50：50 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 今年度内に再生密粒度 AC、再生粗粒度 AC、再生細粒度 AC について行いたい。再生細粒度 AC については再度調整。 ✓ 舗装は同箇所において、木タール入りと通常の 2 種類で執り行う。 ● 室内試験について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 配合率 40：60、50：50、60：40、80：20 について行う ● 試験方法について <ol style="list-style-type: none"> 1. コア密度試験 2. すべり抵抗試験 3. 平坦性試験 4. 目視によるクラック確認 5. ホイールトラッキング試験 (標準) 6. 水浸マーシャル安定度試験 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 曲げ疲労試験については前田道路のほうで再度確認する。不可能となった際には、試験方法としては基準どおりの荷重サイクルではないが、充分評価が可能と思われるので福井大学において行うことを検討する。
---------------------	---

項 目	内 容
<p>次年度以降の研究内容について</p> <p>その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 研究対象について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 再生アスファルト安定処理、密粒度 AC、小型道路用舗装について検討する。 ✓ 小型道路用舗装については住宅街の生活道路等の大型車両通行がほとんどない道路において適用するような県ローカルルールを確立して、木タール入りの普及を図れないか検討。 ● 今後の動向 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 6月に試験施工する際にマスコミに投げ込みたい。(雪建) ✓ 最速で今秋に県単価としたい。 ✓ 上記、6月試験施工の見積もりを坂井農林に提出済み。県単価の再生密粒度アスコン(13)よりt当たり50円安くした(7,550円 7,500円) ✓ 県単価は、特許権実施料も含めて、従来の再生材よりも安価になるように設定する方向で進める。 ✓ 他プラントにおいて木タール入りが製造できるようになるかが不明。確認していく必要がある。前田道路によって技術部会で掛け合ってみる。前田道路がアスファルトディストリビュータ(3t積)で各プラントに運搬することも検討。 ✓ 木タール供給量が、全ての舗装材において使用するには福井県の再生密粒度 AC 量だけで見ても足りない。適用範囲について検討しておく必要がある。 ✓ 再生粗粒の県、その他(国、市町、NEXCO)の内訳を前田道路が NIPPO に聴く。 ● 石川県のバイオマス発電プラント視察 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 6月14日(土)AM9:00に福井駅東口で集合

産学官共同研究 検討会議事録

課長	主任	課員	担当	日付	平成20年6月14日(金)
				研究課題	木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発
				場所	いしかわグリーンパワー(株)事務所および発電プラント
出席者	視察先	いしかわグリーンパワー(株)：植田所長			
		石川高専：西澤教授			
	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授、西村(専攻科1年)			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
	公社	山木企画主査			
項目	内容				

<p>概要</p>	<p>木質バイオマスガス化発電所において、木タールが残渣物として発生する。用途がなければ産業廃棄物となるが、有効活用法があれば有価の産業副産物となる。</p> <p>いしかわグリーンパワーでも有効活用法を模索中で、本研究に対して興味を示している。</p> <p>今回の視察では木タールの生成過程を確認し、本研究での使用を検討した。</p>
<p>システムの基本設計</p>	<p>プラントの設計・施工は JFE 環境ソリューションズ(株) JFE が手掛けるプラントとしては、山形県に次いで2番目 ガス化システムはアップドラフト式</p> <p>補足 JFE 以外のプラントメーカー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・・・川崎重工業、中外炉工業、松井鉄工所、ヤンマー 他 <p>アップドラフト式以外の炉型式</p> <ul style="list-style-type: none"> ・・・ダウンドラフト式、バブリング式、循環式 他
<p>チップの確保</p>	<p>現在は性能試験運転中なので、製紙工場用の切削チップを購入 ピンチップや建築廃材チップなら、切削チップの 1/5 価格 建築廃材は釘等の金物と塗料を除去した状態で受け入れ</p>

炉型式	固定床				流化床	ロータリーキルン	
	アップドラフト式	ダウンドラフト式	バブリング式	循環式		内転式	外転式
構造図							
ガス化方式	流化	流化	流化	流化	流化	流化	
ガス化剤	空気	空気	空気	水蒸気	水蒸気	空気	
ガス流量	低	低	低	中	中	低	
ターナル	少	少	少	中	少	中	
国内実証試験 稼働中・稼働中	山形県五戸町 高瀬第一発電	岩手県宮川町 岩手県産物 岩手県立緑地 兵庫県明石市 山口県下関市	高知県大正町	徳島県阿波市 高松市平島町 千葉県船橋市	高知県藤野町		山口県山口市 工業界伊賀市

項 目	内 容
-----	-----

木材種類の指定はなし
 石川県内の7社と富山県の1グループ(8社)から調達(富山経由の岐阜産含む)
 70t/日(含水率30~50%)のチップを消費、ストックピットは700m³
 補足
 全乾: 1t 5m³ 含水率30~50%: 1t 3m³



チップストックピット



左上: 建築廃材チップ 右上: ピンチップ
 左下: 原木チップ 右下: 切削チップ

企業・団体等との連携

ごみ焼却場が移転した跡地に企業誘致されて建設
 土地は宝達志水町が無償貸与

項 目	内 容
<p>木タールの処理法等</p> <p>木タールの物性維持</p> <p>木タールの物性チェック</p> <p>木タールの保管</p>	<p>チップ搬入の大型車両が通行できるように、町で道路拡幅工事 売電のための高圧電線架設は、いしかわグリーンパワーの自費（約2億）</p> <p>木タールについては製薬会社からの視察等も受けている 灰は堆肥化して土壌改良材として検討中（1t/日） 産業副産物として売買できるように、有効活用法を検討中 一時的な売買ではなく、安定継続的な売買を希望</p> <p>ガスとタールの分離が不完全なので、部品交換中</p> <p>粘度が落ちないように40度に保温 配管等の設備も保温し、固形化していないかチェック</p> <p>屋外のタールタンクで貯蔵</p>
	 <p style="text-align: right;">重質タールタンク</p>
<p>補助燃料の使用</p> <p>ガス化炉の温度等</p>	<p>ガス化炉点火時に軽油を使用 稼働すれば補助燃料の使用はない</p> <p>炉底部の燃焼領域で1100度、上部のガスで70度 ガスを常温冷却してタールを分離しているが、冷却温度は調べて後日連絡 軽質タールは再燃焼利用する 山形と発電出力は同じだが、タール排出量は少ない 重質タールが3m³/日、軽質タールが9m³/日</p>

項 目	内 容
-----	-----

	<div data-bbox="517 181 1407 844" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1251 855 1407 887" data-label="Caption"> <p>タール燃焼炉</p> </div> <div data-bbox="517 909 1292 1937" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1193 1955 1407 1986" data-label="Caption"> <p>軽質タールタンク</p> </div>
--	--

産学官共同研究 検討会議事録

課長	主任	課員	担当	日付	平成20年6月16日(月)
				研究課題	木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発
				場所	建設技術公社 201 会議室
出席者	産学官	前田道路(株)：藤井工場長			
	産学官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
	公社	山木企画主査、時岡主事			
項目	内容				

<p>歩道の木タール試験箇所について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工箇所 春江町西太郎丸 ・ 施工量 100 m² ~ 200 m² ・ 施工時期 9月末発注、11月施工完了予定
<p>性能指標について</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 疲労破壊輪数 小型道路 S1 を適用 17KN で 660,000 回。 2. 塑性変形輪数 小型道路の記載がないため対象外。 3. すべり抵抗値 BPN40 以上を目安とする。 4. 平坦性 標準偏差 3.5mm 以下。 5. 路面段差 ブロック舗装の場合なので行わない。 6. 硬さ As と比較する。評価はその後。 7. 浸透水量 排水性舗装の場合なので行わない。 <p>なお、これらの試験は通常舗装の場合と比較検討する。 この性能指標については、三田村主任から西澤先生(石川高専)に相談する。</p>
<p>歩道の材料について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 骨材に瓦屑(新谷窯業)を使用したい。(価格がほぼ0円) ・ 安定度が細粒度 As₂ は 4.90 以上と密粒度 As₂ と同等である。車道舗装と同程度である必要性はないため、開粒度 As₂ の 3.43 以上(安定度の最低値)を目安とする。(強度に関しては上記疲労破壊輪数で評価する。) ・ 過去に車道としては検討している。瓦は基本的に土であり As 分を吸い込むため、As 分を通常よりも必要とするが木タールが安価なので問題なし。瓦の強度が低い場合、転圧時等に骨材が割れて骨材がむき出しの状態になる。しかし、歩道の場合の転圧は小さいので安定度 3.43 をめやすに室内試験等を行ってみる。 ・ 今回施工する歩道は乗り入れ部がなく、車両の通行はほぼ皆無と思われるがそのことだけでは強度の評価は出来ないの以上記小型道路を指標とする。

項 目	内 容
坂井農林の試験施工の現場について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在の配合は 50 : 50 の車道、密粒度 As13mm である。 ・ 車道であることだし 20mm に変えられないだろうか。(単価は 50 円/t 安くなる) ・ 産としては問題ない ・ 大西氏に確認する(坂田主任) ・ 入札は 6/26 日の予定。施工日は前田道路が合材の注文等によりわかると思うので、わかり次第第三田村主任に連絡。投げ込み予定。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 20 年 9 月 9 日(火)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	建設技術公社 201 会議室
出席者	産 学 官	前田道路(株)：藤井工場長、奥村課長			
	公 社	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
	公 社	山木企画主査			
項 目	内 容				

試験施工の結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所 : 春江町西長田・藤鷲塚・江留中 ・ 混 合 物 : 再生密粒度アスコン(20)〔木タール入り〕 ・ 施 工 日 : 平成 20 年 8 月 26 日 ・ 試 験 日 : 平成 20 年 8 月 28 日 ・ マーシャル試験の結果、残留安定度が 90.3%と高い値を示した。96 時間後でも 77.5%で、48 時間後の規格値「75%以上」を満足する結果となった。 ・ ホイールトラッキング試験の結果、動的安定度が 2625 回/mm と高い値を示した。 ・ 締め固め率、平坦性、すべり抵抗性についても規格を満足し、通常の合材使用以上の値となった。 ・ 追加試験として回収アスファルトの針入度試験、施工から 3 ヶ月後の平坦性試験、すべり抵抗性試験を行う。 ・ 平坦性、すべり抵抗性試験時(11 月 26 日予定)には、県庁記者クラブに投げ込む。(雪建)
今後の試験施工予定(1)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所 : 三国町西今市 県道三国金津線 ・ 混 合 物 : 再生密粒度アスコン(20)〔木タール入り〕 ・ 施 工 日 : 9月下旬 ・ 比較用に木タールなしの合材を前田道路で作成。 ・ 配合、マーシャル安定度(標準、水浸) 動的安定度の比較。
今後の試験施工予定(2)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所 : 坂井町長畑 三国丸岡停車場線 ・ 混 合 物 : 再生密粒度アスコン(20)〔木タール入り〕を 1 車線 " [木タールなし]を 1 車線 ・ 施 工 日 : 12月上旬 ・ 配合、マーシャル安定度(標準、水浸) 動的安定度の比較。
今後の試験施工予定(3)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所 : 春江町西太郎丸 歩道 ・ 混 合 物 : 再生骨材 100%に木タールを添加(細粒度程度を目標)

項 目	内 容
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施 工 日 ： 3月上旬（1月配合決定、2月試験練り） ・ 性能指標を満足するように配合を決定することとする。（別紙参照） ・ 大型車が乗入れ部以外に乗り上げても大丈夫か確認するため、配合決定後に一軸圧縮試験を行う。（一軸圧縮試験によることが適当かどうかの検討も含む） ・ 瓦屑の利用はふるい分けを行わず、路盤材の修正 CBR20 以上を目標とする。 ・ レジリエントモデュラス試験は、前田道路技研で実施可能か確認する。（路盤材のみ可能である。しかし、表層材については既存の基準値があるので試験の必要はない。）
今後の試験施工予定(4)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所 ： 北潟湖畔 大規模自転車道 ・ 混 合 物 ： 再生骨材 100%に木タールを添加（上記歩道と同じ） ・ 施 工 日 ： 12月中 ・ CO2 削減の改良型舗装として投込む（雪建）
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験施工の実績を踏まえて、県単価登載を目指す。（土木管理課、道路保全課と協議） ・ 木タール使用量が混合物により変動し、先日の配合は木タールを一部蒸発させて行ったので、再度配合設計を行い、実施料の算定方法を検討する。 ・ 木タールは水と分離するので、貯蔵タンクには攪拌装置が必要である。 ・ 瓦屑は路盤材としての利用を検討するために、高専にて修正 CBR 試験を行う。 ・ 次回検討会は、坂井町長畑の試験施工後で、歩道用配合が決定してから開催する。武井先生、小泉先生にも出席していただく。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 20 年 10 月 6 日(月)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	建設技術公社 201 会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井先生			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
	公社	時岡主事			
項 目	内 容				

試験施工の結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所 : 三国町西今市 ・ 混 合 物 : 再生密粒度アスコン(20)〔木タール添加〕 ・ 施 工 日 : 平成 20 年 9 月 30 日 ・ 出荷時のデータである。再生密粒度アスコン(20) 木タール添加再生密粒度アスコン(20)ともに夕方に製造した。 ・ 供試体はテクノフェア、建設技術フェアに出展予定である。 ・ 通常の安定度は標準が 14.39kN、木タール添加が 13.42kN と標準の方が大きい、動的安定度は標準が 578 回/mm、木タール添加が 1658 回/mm と木タール添加が逆転している。 ・ このことから、温度ににぶい可能性がある。それを確認するため、温度を変えての針入度試験を行う。(10、20、25、30、40、50、60) ・ パラフィン添加舗装はフロー値が低めで安定度が高い。木タール添加舗装はフロー値が高めで安定度が低めであるため、混合するとちょうど良い結果が得られるかもしれない。
今後の試験施工予定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所 : 北潟湖畔 大規模自転車道 ・ 混 合 物 : 再生骨材 100%に木タールを添加(上記歩道と同じ) ・ 施 工 者 : S・K・O ・ 新規アスコンを最低限にした舗装。極端な材料の試行。
現在の木タールに関する状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 木が足りなくなっている。海外への輸出が多く、バイオマス発電所等に回る分が少なくなっている。 ・ 冬の剪定自体も量が減っているため、バイオマス発電所は年中発電できず、木のストックが必要になっている。
現在の試験状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 繰返し曲げ試験用の供試体は大阪で製作中。年内に試験は出来る。その結果をもって保全課へ投げたい。

項 目	内 容
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 武井先生より秋田高専の折田氏（環境都市工学課 教授）と話をしており、他県での事例作成の話があった。福井県では未だ試験施工の段階であること、製造瑕疵は問われないことを条件に了承。合材は前田道路から出す。 ・ 瓦くずを用いた路盤の修正 CBR 試験を高専で実施する。前田道路 藤井氏が対応する。 ・ 石川のバイオマス発電所の物性試験データについて、三田村氏が取り寄せる。（後日、すでに前田道路本社が入手済みと判明。）

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 20 年 11 月 14 日(金)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	建設技術公社 201 会議室
出席者	産 学 官	前田道路(株)：藤井工場長、奥村技術課長（関西支店）			
	公 社	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
		時岡主事			
項 目	内 容				

<p>木タールについて</p> <p>繰返し曲げ試験結果について（再生 20 の木タール入りと通常のものの比較）</p> <p>別紙 1.報道機関報告予定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回の打合せの後、石川バイオマスプラントに問い合わせたところ、前田道路の本社に成分分析表を渡しているとの話であったが、前田道路本社は手に入れていないとのことであった。 ・ 工業分析、組成分析、土壌汚染防止法に係わる 27 項目、の化学的分析を小泉先生にさせていただく。材料は前田道路が直接持ち込む。木タールの感温性の鈍感さについて助言をもらう。 ・ バラツキが大きい。原因は供試体である為、転圧がどうしても不均一になりやすいこと、40×40×400 のサイズであるため 20mm のアスコンでは大きすぎる可能性があることが考えられる。 ・ 供試体は 13mm のアスコンの方が適している可能性がある。 ・ 現在の試験データから木タールは硬いものと考えられるが、温度に対してにぶいという考えであれば確実ではない。 ・ μ 200 は試験便覧には載っておらず、今回は控除して評価する。 ・ 今回の試験データは、前田道路から三田村氏へ電子データで渡す。 ・ 合材のホイールトラッキングおよび水浸マーシャル試験はまだ行っていない。 ・ 針入度試験機を三田村氏が前田道路にもって行き試験する。前回の打合せの際に 60° でも試験する話であったが、設定はできても温度調整が困難な為うまくいかない可能性が高い。 ・ 北潟自転車道線で行う FWD は雪対策・建設技術研究所で用意する。前田道路は自社で保有する小型 FWD について使用可能か確認しておくこと。 ・ 西長田の舗装について施工 3 ヶ月後の状況を 11 月 27 日(木)PM 1 時半から 3 時に報道機関に報告する。 ・ 平坦性はあらかじめ計測する。それを再度、現場で計測する。切取り供試体のホイールトラッキング試験は午前中ビデオにとっておき、当日現場で見せる予定。もし実物を見たいといわれたら案内する。 ・ 繰返し曲げ試験のビデオ（もしくは写真）があれば、前田道路から三田
---	--

項 目	内 容
4.福井加賀線	<p>村氏へデータを渡す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 前田道路はホイ - ルトラッキング試験用の径15 c mコアを事前に6個採取し、当日9時試験が行えるよう養生しておく。 ・ NIPPOの使用する再生骨材の品質は前田道路と異なる。他社の使用する再生骨材でも木タール添加舗装の配合が行えることを証明するため、この路線で実験的に施工する。
5.北潟自転車道線	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当路線の配合は全てを再生材で行うこともあり、投げ込み予定。 ・ 適正粒度がはずれた場合、レジリアントモジュラス試験を行う必要があるが、前田道路では試験ができないこともあり、予算のある時に行うこととし、今回は見送る。ただし施工直後にFWD計測は行っておく。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 木タールは現在の施工で在庫がなくなる。当初石川県のバイオマスプラントより購入予定であったが、運搬するためのコンテナがないため、引き続き山形県の木タールを購入する。 ・ 前田道路東京支社は木タールを燃料とする計画をしているが、それにより木タール添加舗装が実質的運用の際に、木タール不足による施工不可という状況が無い様にして欲しい。 ・ 次回打合せは高専で12月5日14時より行う。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 20 年 12 月 8 日(金)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	福井高専 小会議室 1
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
	公社	山木企画主査、時岡主事			
項 目	内 容				

<p>木タール添加舗装の実用化について</p> <p>100%再生材料舗装材について</p> <p>今後の方針</p>	<p>一般県道 春江丸岡線 春江町西長田（調査結果報告）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 8月28日から3ヵ月後までに繰返し曲げ試験、ホイールトラッキング試験（現場および現場切取）平坦性およびすべり抵抗性の追跡調査。 ・ 抽出試験のみ現在実施中。詳細は別紙1-追跡調査結果参照。 ・ この結果より、通常の合材と比べても同等であるといえる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 針入度目標70で行うとAs量7.2になる。剥離防止（木タールが軽く、流動性があるため、固結しにくく浮き上がりやすくなるとおもわれたため）のため、石粉（これのみ新規材料）を2%配合した。細流分が多いため、合成粒度75μmの標準範囲が4~10のところ10.1%のため0.1%超過している。 ・ これまでの結果から残留安定度は、木タール入り舗装材の方が大きいので石粉を入れる必要がないと思われる。 ・ 再生骨材は、加熱しすぎると劣化する恐れがあるため、加熱温度は150とし、木タールの投入の影響で出荷温度が135程度。現場転圧温度が110となる。（通常より20低くても強度があるので）中温化効果がある。 ・ 木タールの量でAs量を調整（目標As量6.8=再生材固着量4.91+木タール量1.89）している。 ・ 木タール量が0.1違えば設計単価が100円違う。今回の配合設計は施工までの時間が足りないため、この配合設計で施工するが、少しでも安い単価で提供するため、ぎりぎりまでAs量を落として設計As量6.5で今後検討する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 石粉が2%では合成粒度の基準値が超えているため（別紙2「アスファルト混合物配合設計書」の骨材配合試験成績書 参照）、石粉ありなしで試験練りを行い、マーシャル安定度試験（標準・水浸）を行い石粉の必要性を評価する。 ・ 12月下旬に施工予定の北潟自転車道においては、塑性変形輪数（ホイールトラッキング試験）を測定する他、再生密粒度As混合物（再生骨材比
---	---

項 目	内 容
現在の木タールに関わる 県内状況	<p>率 50%)と対照しながら疲労破壊輪数を算定するため、施工直後に FWD を行う。材料のヤング係数を得るためレジリエントモジュラス試験(繰返し三軸圧縮試験)を来年行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 全再生材料利用舗装(北潟自転車道)については、配合(室内・プラント)の完成について報道機関に報告する。(タイミングは施工時)。 再来年の 4 月に南越と池田の森林組合が合併する。 どれだけの年間間伐材量になるか不明である。 合併後に木質バイオマスプラントについては考えるとのこと。 今立の市民発電についても考慮するとのこと。 「土壌の汚染にかかわる環境基準」にかかわる分析試験については、青森の木質バイオマスプラントのデータについて武井教授のほうより入手していただく。
木タールの性質について	<ul style="list-style-type: none"> 木タール添加舗装の配合方法を実証するため、再生密粒度 A s 混合物(20、再生骨材比率 50%)で再度配合設計を行う。その現場については福井土木管内を当たる。 発がん性物質等の調査のため、ガスの分析を行う。通常の A s を前田道路より小泉教授に提供。
課題について	<ul style="list-style-type: none"> 動的安定度が通常の舗装より高い点については、針入度試験により確認するものとしていたが、温度が高い状態では試験による判定が困難であるため、粘度試験による通常舗装との比較により判定する。粘度管 2 組(200、 400)を購入。動的安定度の高さについて化学的根拠は現在不明。 残留安定度の高さについても化学的根拠は現在不明。
福井県の採用について	<ul style="list-style-type: none"> 県庁の道路保全課の見解は「木タールの供給に課題はあるが、リサイクルやコスト縮減、CO2 排出削減に寄与できるものであり、実用化に当たっての問題はない」とのこと。 適用地域は、木タールの供給量の問題により当面嶺北地域に限定する方向で実用化を進めることとする。今後安定供給が望めれば適用地域の拡大について考慮する。 適用混合物は、当初再生密粒度 A c (13、 20)であったが、今回の配合設計(北潟自転車道 12 月施工予定)により、再生細粒度 A c (13)を加える。 平坦性試験についてこれまでの施工箇所のデータを取りまとめる(データ 坂田主任 三田村主任、取りまとめ 三田村主任) 木タール発注時の特記仕様書について坂田主任より三田村主任にデータ

項 目	内 容
その他	<p>を渡す。</p> <ul style="list-style-type: none">・ 日経コンストラクションに前田道路を主として記事にするよう働きかける。・ 北潟自転車道の施工日は12月中であるため、決まり次第坂田主任より連絡する。・ 次回打合せは1月に行う。

産学官共同研究 検討会議事録

課長	主任	課員	担当	日付	平成21年3月13日(金)
				研究課題	木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発
				場所	雪対策・建設技術研究所 会議室
出席者	産	前田道路(株)関西支店：遊佐支店長、石川製品部長、奥村技術課長 前田道路(株)技術研究所：福満環境研究室長代理 前田道路(株)淀合材工場：福安品質管理課長 前田道路(株)福井合材工場：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 三国土木事務所：坂田主任			
	公社	山木企画主査			
項目	内容				

<p>1. 特許等の実施料等の契約に関すること</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前田道路(株)不実施補償の項目を契約文書に載せることについて了解。(これにより福井県として担保を確保した。) ・ 文書の内容については前田道路(株)社内での了解が得られていないので持ち帰りとなった。 ・ 平成21年7月15日の福井県の資材単価に載せるため、煮詰める。 (土木管理課の三谷主任に問い合わせたところ1社見積もりなので見積り提出があればただちに単価掲載が可能とのことで、既に前田道路(株)内の検討を進めた。 まずは、坂井地区において、単価を掲載できるよう進める(前田道路(株)福井工場の製造能力、木タール供給量や他のプラントでの製造を進めることを考慮)。とりあえず10万トンを目標とし、坂井地区で単価を掲載する。通常合材よりも単価が安いことから年間10万トン程度の需要は見込まれる(参考：ここ数年の福井県内の再生アスファルト舗装材の需要量は約50万トン)。状況を見て下半期にでも福井地区を対象を広げる。
<p>2. これまでの研究の経過と今後の予定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 配布資料の着色部がこれまでの実績、他は今後の予定を示す。 ・ 20年度の試験結果では木タールを入れると動的安定度が上がったので、21年度にその理由を究明する。60℃粘度試験及び針入度試験を行う。 ・ 前田道路(株)はそのため20~40のアスファルトを購入した。 ・ 表にはないが3/12に三国春江線の三国町池見で他社(土本組)の再生骨材を使用した再生粗粒(木タール入り)を施工したので、三国丸岡停車場線の2回目の配合設計は実施済み。なお、表層(再生密粒20)は3月18か19日に施工予定。(修正後の表は別紙2参照) ・ 丸岡川西線(東長田; 3月下旬発注予定)の切取供試体では、再生パラフィン添加合材の塑性変形輪数の評価は、「舗装性能評価法-必須および主要な性能指標の評価法編-平成18年1月 社団法人 日本道路協協会」p26から38に基づき実施する。

項 目	内 容
<p>3. 前回からこれまでの配合設計の状況</p> <p>4. 木質炭化学会の参加について</p> <p>5. その他</p>	<p>熱により作製することで、塑性変形輪数の値が大きくなると考えられることから、供試体作製方法について、事前に打合せをおこない、関係者間の合意を図ることとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 塑性変形輪数の評価は、実施工時における現場作製供試体によるホイールトラッキング試験（以下、WT 試験）により評価する。また、現場における切取コアの WT 試験も実施するが参考値扱いとする。 ・ 廃棄物 100%舗装は車道舗装への適用を目指す。ダメな場合でも小型道路など性能に応じた適用を検討する。 ・ 現在取りまとめ中につき、配布資料はなし。 ・ 再生材 100%の動的安定度はまだ求めている。 ・ 動的安定度が不十分な場合にパラフィンを増やしているプラントもあるが、前田道路ではなるべく粒度でコントロールしたいと考えている。 ・ H21年6月11から12日に京都市国際会館で発表会があるので、20年度に続いて参加する。 ・ 20年度の発展成果として、北潟自転車道線での廃棄物 100%舗装について発表する。（廃棄物 100%舗装の配合は、21年度も何回か試験してみる。） ・ また、同内容の論文を21年度中に学会に投稿する。このため、もう1～2箇所、土木事務所に協力いただき、歩道部または大型交通量が少ない車道（N4以下）で試験施工を行うとともに曲げ疲労試験を実施する。 ・ 木質炭化学会内では異質の存在だが歓迎ムードがあり、優秀賞も受賞したので、木質炭化学会での評価を足掛かりに土木学会等へと発展していきたい。 ・ 北陸道路会議等への参加は、前田道路が前面に出て売り込む。あくまでも前田道路の研究開発であり、試験施工の場が福井県であったという程度にしたほうが、技術普及の妨げにならない。 ・ 将来は木タールの供給源確保が問題となる。地域内循環の技術とするために、鯖江市内小学生による植樹、地元森林組合による間伐、バイオマスガス化発電プラント（2500kW）での木タール産出が実現するように、政財界から市井まで巻き込んで働きかけている。 ・ 21年度に県単価登載を目指す。再生合材単価を標準として差額（減算額）表示という設定にしたい。地区は試験施工で実績のある坂井地区限定とし、段階的に拡大していく（「1. 特許等の実施料等の契約に関すること」の概要を再掲）。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 21 年 5 月 19 日(火)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	201 会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所今立土木部：坂田主任			
	公社	山木主任、時岡主事			
項 目	内 容				

<p>研究内容について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 研究成果について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 昨年度は三国春江線 坂井市三国町池見地係までの施工と試験結果により、通例として産が取りまとめているため、前田道路にて資料を作成する。 ✓ 細粒度の試験値で、空隙率の値が配合設計の値とかけ離れているうえ、基準値を満たしていない。その他基準値等も含めて、報告書をまとめる際にコメントを付記する。 ✓ 今年度は三国丸岡停線 坂井市三国町池見地係からとする。 ● 研究方針について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 去年までの成果では再生材の使用による物性値の検証を行ってきた。 ✓ 再生材は材料自体に付着されているアスファルト分が定量および定性でないため、客観的な判断ができない。今年度は新材を使用することにより客観的な判断ができるものとする。 ✓ 供試体はアスファルト分 20～40 を使用することによる擬似的再生材に木タールを添加した木タール添加舗装材と通常の舗装材、双方を混合した舗装材により比較する。 ✓ 客観的な判断ができる全国展開可能な資料を作成する。 ● 耐久性の検証 <ul style="list-style-type: none"> ✓ マーシャル安定度試験（標準、水浸）を行い、残留安定度により耐水性を評価する。 ✓ 供試体は密粒度アスファルト混合物（20）および（13）を試験方法に基づき作成する。 ✓ 製造時に時間経過による粘度の変化を測定し、結果を供試体の作成温度に反映させる。 ✓ 木タール添加舗装が優位な結果となった場合、水浸状態での走行剥離性を調査するため、水浸ホイールトラッキング試験を行い、耐水性の検証を重ねる。 ✓ 曲げ疲労試験を行い、破壊回数により疲労破壊抵抗性を評価する ✓ 供試体は密粒度アスファルト混合物（13）を試験方法に基づき作成す
-----------------	---

項 目	内 容
	<p>る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 供試体作成時の型枠について雪建で作成する用意がある。構造及び試験性能について技研に意見照会を行う。 ✓ 型枠の作成は取りやめになった。 <ul style="list-style-type: none"> ● 塑性変形抵抗性の優位性についての検証 <ul style="list-style-type: none"> ✓ これまでの実験結果によると木タール添加舗装のほうが塑性変形抵抗性について通常の舗装よりも優位であった。だが、研究方針にもあったように客観的判断の材料が不足しているため優位性について検証する。 ✓ ホイールトラッキング試験を行い、動的安定度により塑性変形抵抗性について評価する。 ✓ 供試体は密粒度アスファルト混合物（20）および（13）を研究方針にのっとり作成する。 ✓ 木タール添加舗装が優位な結果となった場合、60 粘度と動的安定度には相関があるため、60 粘度試験を行い、対流動性を評価することで検証を重ねる。 ● 再生骨材率 100%舗装材の車道への適用化の検討 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 供試体はアスファルト分 20～40 を使用することによる擬似的再生材に木タールを添加した木タール添加舗装材を細粒度アスファルト混合物として作成する。そのとき、使用する骨材は適用骨材の上限粒度とする。 ✓ 耐久性及び塑性変形抵抗性の検証時の密粒度アスファルト混合物（13）のデータと比較し検討する。 ✓ 検討項目は、曲げ疲労試験による破壊回数からの疲労破壊抵抗性およびホイールトラッキング試験による動的安定度からの塑性変形抵抗性とする。 ✓ 疲労破壊抵抗性は、標準の木タール添加舗装材と同等以上であれば可、未満であれば小型道路としての適用について検討。 ✓ 塑性変形抵抗性は、基準である 500 回/mm 以上であれば可、未満であれば試験輪の設置圧等について検討する。 ● 物性値の調査 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 現在小泉先生のほうで、ストレートアスファルトと木タールの物性値の調査を行っている。 ✓ 現在判明しているのは、木タールは毒性がないと判断されているが、ストレートアスファルトは毒性があること。 ✓ 現在化学式を判読中だが、時間がかかる。

項 目	内 容
その他	<ul style="list-style-type: none">● 第 28 回日本道路会議への参加<ul style="list-style-type: none">✓ 前田道路単体としての参加。✓ 論文データはおって配布する。 ● 今後の予定<ul style="list-style-type: none">✓ 越前市の歩道（市道）で試験施工の可能性について武井先生のほうで調査する。✓ 鞍谷川の堤防舗装は、予算の関係で問題がなければ試験施工する。✓ 試験は再生骨材率 100%舗装から行う。✓ 今回提示された試験内容について、前田道路内部でも打合せを行う。✓ 次回打合せは 8 月の盆前ごろを予定とする。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 21 年 9 月 29 日(火)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	201 会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長、福満部長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授、齊木			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所今立土木部：坂田主任			
	公社	山木主任、時岡主事			
項 目	内 容				

<p>研究内容について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 石川産木タール添加舗装の試験結果について <p>今後メインとなる石川グリーンパワー産木タール添加舗装について物性を調査するため試験を行った。</p> <p>これまでは再生骨材を使用していたが、再生骨材は粒度・含有アスファルトにばらつきがあるため昨年度以上の客観的な評価を得るため、今回から再生骨材の代用としてストレートアスファルト 20-40 を試験に使用する。</p> <p>なお、石川産木タール使用にあたり配合設計を見直した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 設計針入度 70 にするため、再生添加剤（木タール）率 43.2%混合。 ✓ 残留安定度は木タール添加時のほうが高いが、僅かなので誤差の範囲内とも考えられる。 ✓ 木タール添加アスファルトの締め固め温度は 135 度とした。ただし、145 度から 135 度に低下可能な根拠を明確にするため昨年度に行った温度 - 粘度曲線から締め固め温度を求める試験を、再度、ストレートアスファルト 20-40 を用いて行う。 ✓ 前田道路は、ストレートアスファルト 20-40 の製品管理表を、共同研究者に提出すること。 ✓ 通常の密粒度アスファルト混合物(13, 20)の配合設計書を共同研究者に提出すること。 ● 現在の木タール添加舗装の状況について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 敦賀処分場の舗装を受注。全体では 110,000 m²で、今年度は 5,000 ~ 6,000 m²の施工となる。木タール添加舗装（再生密粒度 AS（13）空隙率 3 以下）とする(土木指示)。 ✓ 現在の木タール使用実績は 1,200 ~ 1,300t（三国土木、丹南土木、永平寺町）。 ● 木タールの物性値の調査 <p>エタノールおよびヘキサンによる木タールの定性分析を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 今回の分析は木タール試料量や攪拌時間等において確立されたものではない。今後検討を重ね正確な値が出るよう確立させていく。 ✓ 毒性が強い酢酸等の定量分析を行っていく必要がある。
-----------------	---

項 目	内 容
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 全体的な毒性の評価を、微生物を用いて発がん性物質含有物（タバコ等）との対照的評価により行う。 ✓ ストレートアスファルトの定性評価も行い、木タールとストレートアスファルトとの対照的評価も行う。 ✓ 臭気については、酢酸、プロピオン酸等を分離することで対応できる。分離した酢酸はアスファルト乳剤に転用できる可能性あり。ただし、分離した場合は、木タールの物性に变化がある可能性がある。 ✓ 臭気を改善させるのに塩をまぜる方法があるが、木タールの物性に变化が有る可能性があることと、塩分による塩害の可能性もある。 ✓ コールタールは現在の舗装において使用していないため、ストレートアスファルトの内容に変更する。 ✓ 今回の論文は修正後各員に送付する。なお、修正した論文により高専の学会において発表する予定。 ● 研究方針について <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐水性について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 水浸ホイールトラッキング試験は木タールの性状による舗装材としての耐水性についての優位性がマーシャル試験結果において不明確であるため、見合わせる。 ・ 疲労破壊耐久性について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 舗装では低温脆化が問題とされやすいため、曲げ疲労試験の前にバインダーの曲げ試験等で前田道路が試験を行い、（研究会で）評価する。 ✓ 上記の結果で曲げ疲労試験の温度を決定する。 ✓ ひずみは 400μ と 600μ で行う。 ✓ 供試体は、木タール添加擬似(ストレートアスファルト 20-40 使用)再生密粒度アスファルト混合物(13)と密粒度アスファルト混合物(13)により試験を行い、疲労破壊抵抗性の評価を行うこととする。 ✓ 供試体は 5 本作成することとする。 ・ 塑性変形抵抗性について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 計画通り進める。 ● 第 28 回日本道路会議への参加 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 10 月 29 日、30 日に開催される第 28 回日本道路会議に出席する。そのときに論文を発表する。どの日になるかは未定。 ● その他 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 30t 木タールタンクと木タールの焼却施設を前田道路が設置した。当産学官メンバーで見学を行う。見学日は 10 月 19 日 9:30 駅前発とする。 ✓ 木タールの英名をウッドピッチ (woody-pitch) とする。

項 目	内 容
	<ul style="list-style-type: none">✓ 疲労破壊耐久性、塑性変形抵抗性のある程度の結果により、次回打合せを行う。次回打合せは12月頃とする。✓ 試験結果により木タール添加再生舗装材についてのパンフレットについて検討する。

項 目	内 容
研究内容について	<p>路会議時のチラシについては、坂田氏より pdf に変換し配布する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ バイオマスによる天然ガス、木タール、木酸液の採取プラントの研究について検討の余地有。 ● 木タールの品質確保方法について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 現在は比重で確認しているが、経験則によるものである。ローリーで常温時に測定するもので安定した数値とは言いがたい。測定値の差が小さく、品質管理基準にはならないのではないか。よって品質管理方法について、前田道路から提案する。 ● 現在の試験状況について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 供試体の作成は今年度中の予定。アールテックに依頼中だが、返答無し。 ✓ 耐水性の評価は福井工場でも出来る。 ✓ 前田道路は、次回打合せ時に今年度の試験計画について、修正し報告する。 ● 繰返し再生舗装材の適用について <p>第 14 回舗装工学講演会時に発表された報文に「繰返し再生を考慮したアスファルト混合物の再生方法に関する研究」というものがあり、再利用を繰返す際に軟化剤を使用することで、アスファルトの性状が変化するというものであった。</p> <p>内容としては、軟化剤を添付することにより、アスファルトの性質が変状し、軟化点が高くなり脆性的になる。軟質アスファルトを使用した場合は変状が小さいというものであった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 薄層クロマトグラフ法については、高専では測定不可。前田道路において測定の可否について考える。三田村氏により土研に測定会社、金額、測定方法等の問い合わせを行う。 ✓ 当報文資料における赤外吸光度測定は、高専により測定可能。ただし、試料についてはアールテックに依頼する必要がある。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 次回打合せは、2月9日(火)14:15～ 公社 201 会議室とする。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 22 年 2 月 10 日(水)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	201 会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長、福満部長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所今立土木部：坂田主任			
	公社	山木主任、時岡主事			
項 目	内 容				

劣化度測定について	<ul style="list-style-type: none"> ● 木タール及びアスファルト試料の紫外線または太陽光による劣化度測定および変異原性試験による毒性照査について 前回の打合せにあった中の劣化度および毒性について試験的に高専で測定した。 ✓ 劣化度試験結果としては木タールのほうが劣化しにくい。ただし、試料の厚さを同じにしていないことや繰返し測定したものではないため、信頼性にかけるので、再度測定を行う。 ✓ 今回は試験時に使用できなかった照度計について土木から貸与できるか確認する。 ✓ 今後の繰返し測定時に使用する試料は、ストレートアスファルト(20 40)に木タールを添加したものとストレートアスファルト(20 40)に軟化剤を添加したものとし、いずれも針入度 70 にする。試料については前田道路で用意する。 ✓ 変異原性試験結果として体内においては双方とも毒性になる可能性があった。ただし、芳香族系はこの試験方法では毒性が出るため、生活環境化にある成分(醤油、みりん等)と見比べることで毒性の可否について照査する。本試験は木タールとアスファルトの差が見受けられない場合、途中で打ち切ることを考慮する。 ✓ 組成分析試験と繰返し再生を考慮したアスファルト混合物の再生方法に関する研究論文を比較できる方法を模索する。
舗装材に関する試験について	<ul style="list-style-type: none"> ● 繰返し曲げ疲労試験について ✓ 現在は供試体の作成中。3 月中に試験終了予定。作成している供試体は擬似再生舗装材及び木タール添加擬似再生舗装材の骨材粒径 13mm と 20mm 及び木タール添加 100%再生舗装材。6 本ずつ作成予定。 ✓ 試験時の温度を確認すること。過去の試験温度とあわせることで比較できるように調整している。 ✓ ひずみを 400μ と 600μ の 2 試験とすることで点としての評価ではなくなり、線としての評価で判定することについて前田道路社内で協議する。その際に、供試体は骨材粒径 13mm のみとする。

項 目	内 容
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 水浸マーシャル安定度試験について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 耐水性としての差は誤差の範囲内。 ✓ 擬似再生舗装材とすることで安定度において木タール添加舗装材の方が高くなった。そのことにより、過去の試験で判明していた水浸マーシャル安定度が木タールのほうが高かったことが確認できた。 ● ホイールトラッキング試験について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 試験結果報告は来年度とする。 ✓ 木タール添加 100%再生舗装材は 460 回/mm 程度。舗装の必須の性能指標である 500 回/mm を満たすためには木タール添加量を減らす必要があると思われる。 ● 正式名称について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 木タールはバイオピッチ、木タール添加舗装はバイオピッチ入り再生舗装とする。 ● 今後の予定について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 次年度は継続することとする。 ✓ 次回打合せは、次年度契約後に通知する。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 22 年 5 月 17 日(月)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	201 会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長、福満部長			
	学	福井高専：武井教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所：坂田主任			
	公社	山木主任、時岡主事			
項 目	内 容				

経過について	<ul style="list-style-type: none"> ● 昨年度のバイオピッチ添加再生アスファルト混合物の試験結果の取りまとめについて <p>昨年度は、再生骨材の含有する成分が一定でないことによる試験結果のばらつきが想定されたため、擬似再生骨材（再生骨材の含有アスファルトの代わりに針入度 20-40 のストレートアスファルトと新規骨材を使用したもの）を使用し、物性のばらつきを防止して試験を行ってきた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 残留安定度は、木タールを使用した場合の方が若干高いが、優位性を示すほどではなく、ばらつきの範囲内と想定される。 ✓ 繰返し曲げ疲労試験は、試験温度は 10 度、400 μ と 600 μ のひずみ量で行い、評価した。 ✓ 繰返し曲げ疲労試験結果としても、残留安定度と同様に木タールを使用した場合の方が若干高いが、ばらつきの範囲内と想定される。 ✓ 上記の結果より、バイオピッチ添加再生アスファルト混合物は、通常どおり軟化剤（製品：富士興産）を用いて再生したアスファルト混合物と疲労破壊抵抗性と耐水性について同等程度の性能であると評価できる。 ✓ 供試体の番号がばらついている件について、理由を確認し報告する。
今後の作業について	<ul style="list-style-type: none"> ● 臭気について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 全国展開する上で、前田道路内部においても議論の対象となっている臭気問題について様々な方向から検討することとする。 ✓ 前田道路では、マスクングにより臭気問題の改善について検討しようとしている。 ✓ 手法として、施工前噴霧、木タールタンクでの攪拌、アスファルト混合時の混入について、検討していく。 ✓ マスクングするための材料が高価であるため、バイオピッチ添加再生舗装合材単価が再生舗装合材単価より高騰化するのを避けるように配慮したい。 ● 100%再生バイオピッチ添加再生舗装の車道利用について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 塑性破壊輪数の基準値 500 回/mm を満たすことができない。

項 目	内 容
その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 他物質を混入するなどの方法により塑性破壊輪数を確保するはコストや混合に課題があるため、配合方法により塑性変形輪数を満足させることを検討したい。 ✓ 配合方法は骨材を分級することにより、粒度を調整する。最適アスファルト量を求めるため、マーシャル安定度試験を行う。 ● 木タールを取り巻く情勢について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 前田道路内部他でも関心は高い。ただし、臭気の問題により展開不可との話がある。和歌山県から話があった。 ✓ 現在鯖江市においてバイオマスタウン構想について協議している。 ● 今後の予定について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 高専において中間報告を5月25日11:00から行う。 ✓ 次回打合せは7月中に行う。 ● その他事項について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 特許使用料に関して、前田道路から福井県の分の資料を三田村氏に提出する。関連する資料は三田村氏から前田道路に送付する。 ● ホイールトラッキング試験について（参考） <ul style="list-style-type: none"> ✓ 木タール添加100%再生舗装材は460回/mm程度。舗装の必須の性能指標である500回/mmを満たすためには木タール添加量（アスファルト量）を減らす必要があると思われる。

産学官共同研究 検討会議事録

課長	主任	課員	担当	日付	平成22年5月25日(火)
				研究課題	木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発
				場所	福井高専 小1会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所：坂田主任			
	公社	山木主任、時岡主事			
項目	内 容				

<p>木タールの他分野への活用について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築用資材への利用について <ul style="list-style-type: none"> 屋根下地材としての利用 ✓ ゴムアスファルトルーフィングは、20m×1m のロールで販売されている。1ロールあたり 7,000円～3,500円。 ✓ 坂田氏と山内氏の方で評価するための手法を考案する。 ✓ ゴムアスファルトルーフィングと木タールによる耐水性の対比等が必要なのではないか。 建物の土台の防腐剤としての利用 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 上記と同じく坂田氏と山内氏により評価手法について考案する。 ✓ 評価手法としては、軽質タール、重質タール、竹タールでの比較を検討する。 ✓ 竹タールを使用した防腐剤は、小浜において施行されているが、12年経過したが問題なし。コナラ、マツ等でも問題ないと思われる。 ✓ 谷田貝先生が小浜の施行した木材について研究されたとの話であるため、坂田氏から谷田貝先生がまとめた資料について確認する。 需要 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 建築分野における活用方法を再度考察し、まとめる。 ✓ 材料は 180程度とし、近日中に前田道路からアスファルトと木タールの比較資料とともに坂田氏の方へ提出する。
<p>物質工学に関する研究について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 木質タールの人体への安全性の確認について <ul style="list-style-type: none"> ✓ 醤油、みりんは比較対象としない。タバコと換気扇のすすによる比較を検討している。 ● 今年度の計画について <ul style="list-style-type: none"> アスファルトの促進劣化 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 供試体はアスファルトと木タールによる再生舗装材と、アスファルトと再生添加剤による再生舗装材についての試験とする。 ✓ 促進劣化時の加熱方法は再加熱となるため、厳密には施工時の状態とは違う。 ✓ 供試体を作成する時間がかかることが他の試験に与える影響が問題

項 目	内 容
	<p>である。</p> <p>促進劣化舗装材における各種試験について</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 針入度、軟化点、圧裂試験などは前田道路で行うこととしているが、劣化による性状の変化試験方法について、前田道路においても他試験方法を探ることとする。 ✓ 促進劣化初期の組成分析は小泉先生が担当とする。促進劣化の回数は、5回が望ましいが、試験に要する時間と労力を考慮し、暫定的に1回行って、促進劣化の回数、外注の利用を検討する。

産学官共同研究 検討会議事録

課長	主任	課員	担当	日付	平成22年12月1日(水)
				研究課題	木タールを添加した再生アスファルト舗装材の研究開発
				場所	電気ビル 201会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所：坂田主任			
	公社	山木主任、時岡主事			
項目	内容				

研究成果報告書について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 年度内に原稿作成を目標とする。 ・ 産学官論文はページ数の制限はないのでページ数は自由。 ・ 報告書の構成案と執筆要項は別紙による。 ・ 公社製本は100部程度であり、別途印刷製本は印刷希望者負担。ただし、PDFは公社HPにある。 ・ 前田道路の木タール添加再生舗装材に関する製造設備については本文に記載の上、写真を掲載する。 ・ 巻末資料として過去に投稿した論文と新聞記事を添付する。 ・ 実施状況の写真を本文に掲載する。 ・ 木タールの生成過程に実購入箇所等の記載および説明を行う。 ・ 引用、参考文献として他人のものを使用する場合、許可が必要な箇所を確認する。 ・ 擬似再生舗装材(ストレートアスファルト20-40)を使用し、軟化剤により針入度を70に回復させ、骨材は新材を用いた舗装材)による舗装試験体を作成し、ホイールトラッキング試験を木タール添加密粒度アスファルト混合物について実施した。通常は市販の軟化剤を使用する。木タール添加密粒度アスファルト混合物の動的安定度が通常の密粒度アスファルト混合物と比較して大きな数値であったのは、ストレートアスファルト20-40を使用したためとも考えられるので、木タールの軟化剤としての優位性の有無の確認のため、通常の軟化剤を使用したホイールトラッキング試験を実施する。試験結果については研究成果報告書に記載する。 ・ 執筆担当の割り振りは下記のとおり。 <p>第1章 武井先生</p> <p>第2章 2.1 前田道路 福満 2.2 前田道路 藤井 2.3~2.5 小泉先生 2.6 三田村 2.7 前田道路</p> <p>第3章 三田村</p> <p>第4章 前田道路 藤井</p> <p>第5章 前田道路 藤井</p>
-------------	---

項 目	内 容
その他	<p>第6章 前田道路 福満</p> <p>第7章 坂田</p> <p>第8章 前田道路 福満</p> <p>第9章 9.1 三田村</p> <p>9.2 武井先生、坂田</p> <p>1月末に初稿打ち合わせ（1/25 10:30～15:00 福井高専）</p> <p>フォームド効果の研究を次年度に行う予定（再整理する）</p>

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 23 年 1 月 25 日(火)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	福井高専第 3 小会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所：坂田主任			
	公社	山木主任			
項 目	内 容				

<p>まえがき (武井教授)</p> <p>第 1 章 (武井教授)</p> <p>2.2 (藤井工場長)</p> <p>2.3~2.5 (小泉教授)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 報告書の原稿を持ち寄って検討した。 ・ 木タールはウッドピッチとして統一する。 ・ 再生率は再生骨材率に統一する。 ・ 参考文献にはページ数を表記する。 単ページ：p 複ページ：pp - ・ 本会の結果を踏まえて修正した原稿データを、各担当者から武井教授と福満部長に送信する。少なくとも各章の概説は武井教授に、まとめは福満部長に送信する。(2月7日まで) ・ 事務局から本会の議事録と合わせて目次を各担当者に送信する。 ・ 三田村主任が作成した産学官報告書執筆要項に従って、フォントや表記等の体裁の校正は、前田道路で行う。 ・ 22 年度末までに最終校正を終えて、印刷は 23 年度に行う。 ・ 次回は 2 月 25 日(金)の 14：15 から公社 201 会議室にて行う。 ・ 小浜竹炭生産組合の鳥羽組合長と、木質炭化学会の谷田貝会長についても記述する。 ・ 第 1 章の研究員と担当の表は、まえがきに記載する。職名は H23.3.1 時点のものとする。 ・ 表には事務局として公社の山木、時岡も追加する。 ・ 研究の経過として示される検討会議事録は、巻末資料に掲載するものとして、公社から武井教授に送信する。 ・ 研究の経過や成果発表の概要に、木質炭化学会第 6 回研究発表会(弘前)についても追加する。 ・ 木材チップの樹種比率は削除し、樹種構成のみとする。 ・ 研究に使用したウッドピッチはやまがた産といしかわ産であることを明記する。 ・ 6~8 ページの図は資料 1 として、9 ページの図は資料 2 として巻末に掲載する。
---	--

項 目	内 容
2.6～2.7（藤井工場長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10ページの図2.7の添加前と添加後の違いについて、図中に説明を加える。 ・ 17ページの表に危険度 = 1 / 濃度を追加する。
第3章（三田村主任）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 参考文献の舗装再生便覧は平成22年度版に修正する。 ・ 土壌汚染防止法の環境基準への適合を加える。
第4章（藤井工場長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 混合物の選定理由を追加する。 ・ 図3.1、3.2のマーカの種類を と 等に変える。 ・ 12ページの他社は(株)土本組に修正する。 ・ 17ページの適正な針入度を40～100とした理由について記述する。 ・ 18ページの分級については語句説明を加える。
第5章（藤井工場長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 概要は概説に修正する。 ・ 写真は写真 . に修正する。 ・ 混合物名は略称ではなく正式呼称で表示する。 ・ 4.5は3章へ。
第6章（福満部長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再生骨材率100%についても記述する。
第7章（坂田主任）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 疲労破壊抵抗性、塑性変形抵抗性、平坦性によって性能確認を行う趣旨を6.1概説として記述する。 ・ 各試験結果についての考察を加える。
第8章（福満部長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3章の結果から、ウッドピッチ添加再生アスファルトが経済性に優れCO₂排出量も削減できるという考察を、7.1概説として加える。 ・ 中温化混合物については語句説明を加える。
CO ₂ 削減効果表 （坂田主任）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第8章は結論として、各章のまとめを集約する。 ・ 再生用添加剤の原単位は、ストレートAsと同じ251.22として再計算する。

産学官共同研究 検討会議事録

課 長	主 任	課 員	担 当	日 付	平成 23 年 2 月 25 日(金)
				研究課題	木タールを添加した 再生アスファルト舗装材の 研究開発
				場 所	電気ビル 201 会議室
出席者	産	前田道路(株)：藤井工場長			
	学	福井高専：武井教授、小泉教授			
	官	雪対策・建設技術研究所：三田村主任研究員 丹南土木事務所：坂田主任			
	公社	山木主任、時岡主事			
項 目	内 容				

<p>まえがき (武井教授)</p> <p>第 1 章 (武井教授)</p> <p>2.1 および 2 (藤井工場長)</p> <p>2.3~2.6 (小泉教授)</p> <p>2.7~2.9 (藤井工場長)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回の修正内容について確認。 ・ 3月31日を原稿再提出の目安とし、原稿の word データを公社に提出する。 ・ 公社で大まかな校正を行い前田道路に最終校正をお願いする ・ 、(読点)は,(コンマ)に。(句点)は.(ピリオド)にする。(前々回決定事項) ・ 図表は 図 1.1 MS ゴシック 11pt 表 1.1 MS ゴシック 11pt (前々回決定事項) ・ ウッドピッチの後に英名は付けない。 ・ 事務局から目次の修正を各担当者に送信する。 ・ 図表は As を許容する。文面においては用いない。 ・ P1 下から 7 行目の本申請日の正式名称について三田村氏から武井教授に連絡する。 ・ P2 表 0.1 内の時岡 正宏を時岡 重典に修正。 ・ P3 下から 12 行目舗装添加材を舗装添加剤に修正。 ・ P3 下から 5 行目原生植生図を現生植生図に修正。 ・ P5 上から 5 行目の本申請日の正式名称について三田村氏から武井教授に連絡する。 ・ P7 1.3 の下の (4) を消去。 ・ 概説は記載内容について大まかに説明する文章に換えること。 ・ P6 Fig.2.4 は図 2.5 に修正。 ・ P12 3.6.3 は 2.6.3 に修正。 ・ P1 上から 2 行目 再生加熱アスファルト混合物 の後に (以下では再生アスファルト混合物と称する) を加える。 ・ P1 上から 3 行目 再生加熱アスファルト安定処理路盤材料 の後に (以下では再生アスファルト安定処理と称する) を加える。 ・ P1 表 2.2 は表 2.12 とし、読みやすくするために大きくする。
--	--

項 目	内 容
第3章（三田村主任）	<ul style="list-style-type: none"> ・ P2 2.9 まとめは小泉教授の資料を加え修正する。 ・ 各表に基準値を記入する。 ・ P15 分級についての説明文は土木用語大辞典に基づき、粒状材料を粒径に従い細粗に分けることとする。 ・ P19 1行目 ため、再生骨材はを用いない、とする。 ・ P19 3行目 骨材は全て新規材料を用いた（以下では擬似再生材と称する）、とする。
第4章（藤井工場長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4.2 の文中で、既設のアスファルト製造設備でも製作可能だが、当社ではこのような設備を配置したという内容について、表現する。 ・ 表 4.2 および表 4.3 について 4 ピン等の説明書きを添付。 ・ 4.4 における表 4.3～4.9 は修正。点の位置が数字と不一致である。 ・ 4.5 1 行目 試験練りにおける再生アスファルト混合物の物性は、表 4.3～4.9 によると多少のばらつきはあるものの、に修正。
第5章（藤井工場長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工中の写真を添付する。 ・ 文中に、酢酸の影響により、人体に対する影響は無いが目に刺激を与えるため、施工中は眼鏡を用意する、という文面を付与する。
第6章（福満部長）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6.1 文頭の技術基準について正式な基準の名称とする。 ・ 6.1 擬似再生骨材において、3.5 に説明があるので内容を修正する。また、内容に擬似再生骨材を利用した理由を記載する。 ・ 6.2 疲労破壊抵抗性に統一する。 ・ 6.2 試験結果について、平均値ではなく試験値とする。また、文面、グラフをそれにあわせたものとする。 ・ 写真 6.2 の名称はホイールトラッキング試験状況とする。 ・ 現在空欄となっている工事名は記載する。
第7章（坂田主任）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 7.1 において、既存の～という文言から表 7.1 に基づく記載とする。また、定義化された文言を使用する。 ・ 7.2 において、参考として二酸化炭素排出量を縮減し注目されている中温化アスファルト混合物の～とする。 ・ 表 7.1 の並びを、 ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物 再生アスファルト混合物等 アスファルト混合物等 中温化アスファルト混合物 とする。 ・ 表 7.1 において、既存の（注3）を（注4）とし、（注3）に石川グリーンパワー産ウッドピッチを記載する。 ・ 表 7.1 における既存の（注3）について、新材を用いた～から文末までを、

項 目	内 容
論文	<p>現時点では再生骨材を利用した中温化アスファルト混合物はない．とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 表 7.2 は表 7.1 の修正に合わせた形とする。注についても同様とする。 ・ 削減と縮減と低減の言葉の利用については、マイナス効果のものを減らす場合は削減とし、プラス効果のものを減らす場合は縮減とする形で統一し、文言を修正する。 ・ 福建の論文も記載する。 ・ ヘッダーにいつ、どこで発表したかを記載する。