

# 高温・高圧水による舗装発生材からの骨材甦生化

日大生産工(院) 吉野 正弘 日大生産工 秋葉 正一  
 日大生産工(院) 加納 陽輔 日大生産工 栗谷川 裕造

## 1. はじめに

近年、わが国では大量生産・大量消費・大量廃棄の一方通行型社会からの大きな転換期を迎えており、環境負荷の低減および資源の有効活用が積極的に取り組まれている。道路舗装の分野においても、舗装発生材または他産業廃材等の有効利用を促進し、環境適合型プロセスを前提とした適正生産・適正消費・ゼロエミッションの舗装循環再生システムを具現化させることが必要となる。しかし、現在の舗装発生材の再資源化手法では多くの課題を抱えておりそれらを挙げると、不特定多数の場所から採取するために起こる性状が一定でない舗装発生材のストックの問題、再生利用を図る際の破碎工程に起こる骨材の細粒化および分級工程に影響を及ぼす骨材の団粒化、改質アスファルトに対する再生添加剤の開発の遅れ、性能規定発注における規定値を満足する混合物性状への課題等があり多岐に亘る。以上は、旧バインダーの付着が主な阻害要因であることから、高度循環利用を念頭に置いた新たな再生利用技術の確立が必要であると考えられる。そこで、本研究では高温・高圧水による舗装発生材からの骨材甦生化を提案し、高温・高圧水によるアスファルト除去に関する溶媒性能の検討ならびに高温・高圧水を用いた骨材の舗装材料としての適用性の検討を行った。

## 2. 高温・高圧水について

通常、水は固体、液体、気体のいずれかの状態であるが、密閉した状態で加熱することにより沸点および圧力は上昇し続け、温度 374.2℃、圧力 22.1MPa において、気体と液体の区別がなくなる。このような温度、圧力を臨界点といい、これを超えると超臨界状態となる。また、臨界点に到達しない高温・高圧状態を亜臨界状態という。超臨界状態では、圧力を上げて密度を液体に近づけることにより水と同等の溶解力となり、高温下における激しい分子運動から、気体に匹敵する分散性が得られる。また、これに伴ってイオン積や誘電率の変化により無極性の有機物の溶解性は増大する。

## 3. 溶媒性能に関する検討

高温・高圧水によるアスファルト除去性能の検討とともに、温度・圧力レベルがこれに与える影響についてアスファルト被膜骨材を用いた反応実験より評価した。なお、骨材形状および粒度の影響を明確にするため、粗骨材ならびに細骨材でそれぞれ試験を行った。

### 3.1. 供試体

本検討において使用したバインダーは St.As.60/80 (以下、St.As.)、改質型 As. (以下、改 As.) の 2

表 - 1 溶媒性能に関する検討における配合比

配合比 (%)	砕砂	粗砂	石粉	As.
	62.7	19.0	12.3	6.0

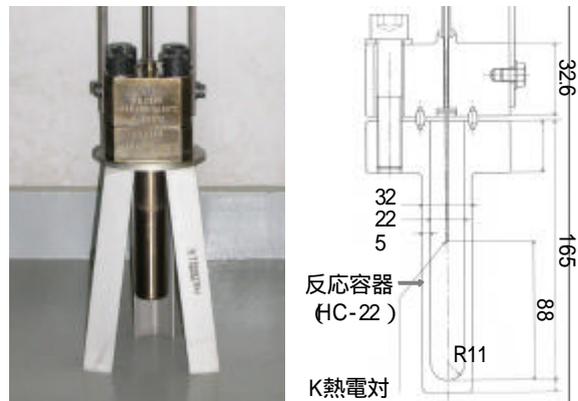


図 - 1 反応試験用密閉容器 (セル)

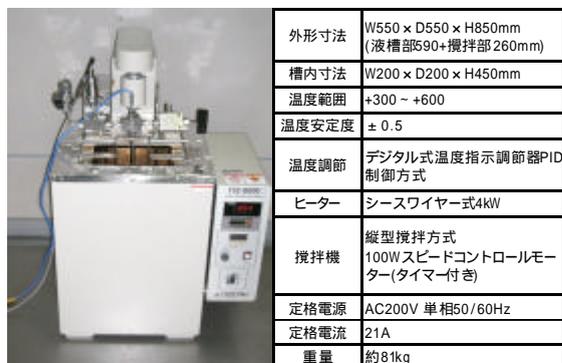


図 - 2 硝酸塩加熱装置 (ソルトバス)

Aggregate reborn making from pavement generation material with high temperature and high-pressure water

Masahiro YOSHINO, Shoichi AKIBA, Yosuke KANO and Yuzo KURIYAGAWA

種類である。供試体は、粗骨材部分を想定し一般的な6号砕石に1~2%程度の各バインダーを被膜させたものを用い、細骨材部分を想定したものは表-1に示す比で砕砂、粗砂および石粉を配合し、各バインダーを混合して使用した。

### 3.2. 評価方法

試験は目標圧力が得られるよう蒸気圧をもとに算出した仕込み量の水(純水)および供試体を図-1に示す反応試験用密閉容器(セル)に入れ、それを設定した各試験温度にした図-2に示す硝酸塩加熱装置(ソルトバス)に浸し加熱・反応を行った。試験条件は温度を300~450で25間隔の7通り、それに対し圧力をそれぞれ20~45MPaで5MPa間隔の6段階とし、計42通りについて各供試体を用い検討を行った。なお、本試験における反応時間は目標温度・圧力到達後から180secとした。また、各試験条件におけるAs.除去性能については粗・細骨材試験結果をもとに以下の式よりAs.除去率を算出し、比較評価を行った。

$$\text{As.除去率}(\%) = \frac{\text{被膜後質量} - \text{反応後質量}}{\text{被膜後質量} - \text{骨材質量}} \times 100$$

### 3.3. 粗骨材の試験結果

図-3, 図-4は前述の試験より得られた粗骨材のAs.除去率、温度および圧力の関係を示したものである。これより、St.As.および既存の抽出試験溶剤での除去が困難とされている改As.は、超臨界領域において90%以上という高いAs.除去率が確認された。温度レベルに着目してみると、St.As.ならびに改As.ともに350を境にAs.除去率に大きな差異が見られ、温度レベルはアスファルト除去性能に大きく影響を及ぼすことが窺える。また、圧力レベルに関しても30MPaを境にAs.除去率に変化が見られることから、アスファルト除去性能との関連性を明示する結果となった。

### 3.4. 細骨材の試験結果

細骨材のAs.除去率、温度および圧力の関係を図-5, 図-6に示した。その図より、超臨界領域において粗骨材と同等の優れたアスファルト除去性能を有していることが認められる。また、温度・圧力レベルとアスファルト除去性能との関連性においても粗骨材と同様に大きく影響を及ぼすことが確認できる。

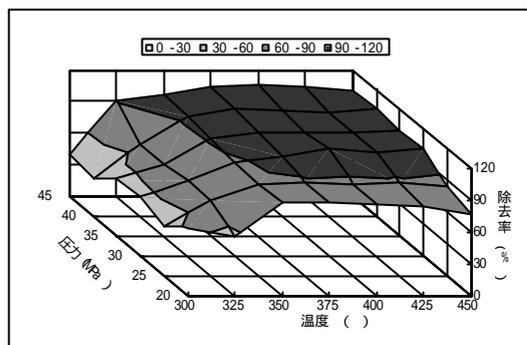


図-3 粗骨材, St.As.除去率

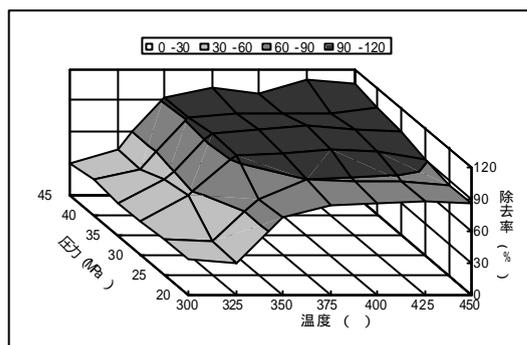


図-4 粗骨材, 改As.除去率

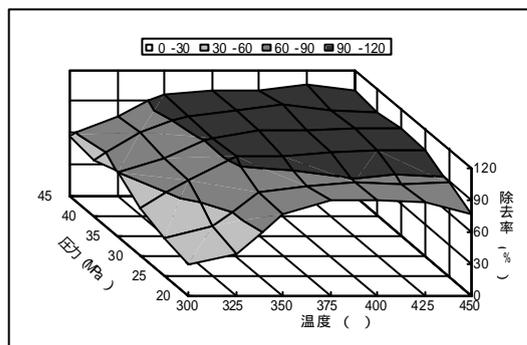


図-5 細骨材, St.As.除去率

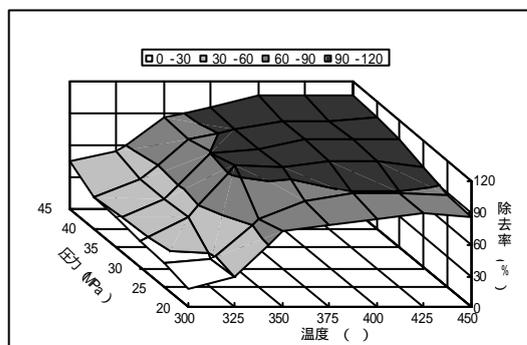


図-6 細骨材, 改As.除去率

#### 4. 舗装用骨材としての適用性の検討

アスファルト混合物は体積の大半が骨材によって成  
立っているため、骨材の性質がアスファルト混合物性  
状に大きな影響を及ぼす。そのため、舗装発生材から  
の骨材甦生化において骨材性質の保持が重要となる。  
そこで、本項では溶媒性能に関する検討と同様に粗骨  
材と細骨材とに分け、高温・高圧水を用いても骨材品  
質を保持できるかを種々の骨材試験から比較評価を行  
うとともに、舗装用骨材としての適用性の検討を行っ  
た。

##### 4.1. 供試体

本検討に用いた供試体は、粗骨材および細骨材に対  
し新材（未反応）、亜臨界反応（325℃，45Mpa）、超  
臨界反応（425℃，45Mpa）の3条件で計6種類であ  
る。なお、粗骨材は一般的な6号砕石を使用し、細骨  
材は砕砂、粗砂および石粉を配合したものであり、そ  
の配合比を表-1に示した。

##### 4.2. 粗骨材の評価方法および結果

###### 4.2.1. 性状比較

粗骨材の比重および吸水率試験より性状比較を行っ  
た。その試験結果を図-7に示した。比重ならびに吸  
水率ともにすべて同等の値であることから、高温・高  
圧水を使用しても性状を保持していることが判る。

###### 4.2.2. 耐久性比較

硫酸ナトリウムによる安定性試験、ならびにロサン  
ゼルス試験機による粗骨材のすり減り試験より粗骨材  
の耐久性比較を行った。図-8に示す損失質量百分率は、  
同等の値を示していることから、高温・高圧水を用い  
ても凍結融解等に対する耐久性に影響を及ぼさな  
いと言える。また、表層・基層アスファルト混合物用  
骨材の規定値である12%を十分に満足する結果とな  
った。また図-9に示す、すり減り減量では超臨界に  
おいて若干高い値となっているが、わだち掘れが増大  
するとされている20%を下回る結果となったため、高  
温・高圧水を用いても摩耗に対する耐久性にも影響は  
少ないと言える。

##### 4.3. 細骨材の評価方法および結果

###### 4.3.1. 粒度比較

骨材のふるい分け試験より粒度の比較評価を行った。

表-2 舗装用骨材としての適用性  
の検討における配合比

	砕砂	粗砂	石粉
配合比 (%)	66.7	20.2	13.1

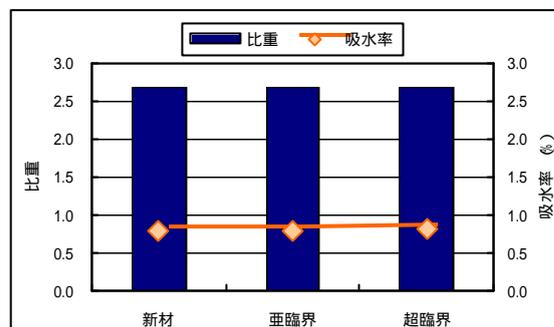


図-7 粗骨材の比重および吸水率

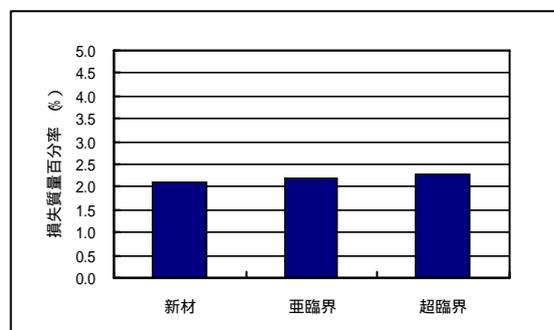


図-8 粗骨材の損失質量百分率

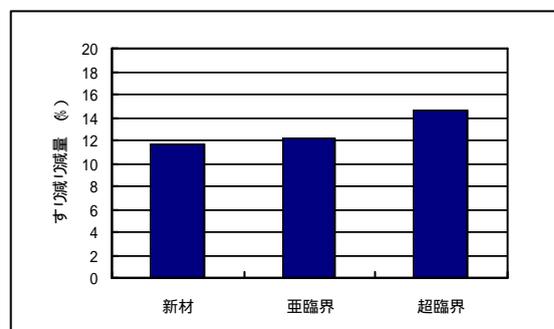


図-9 すり減り減量

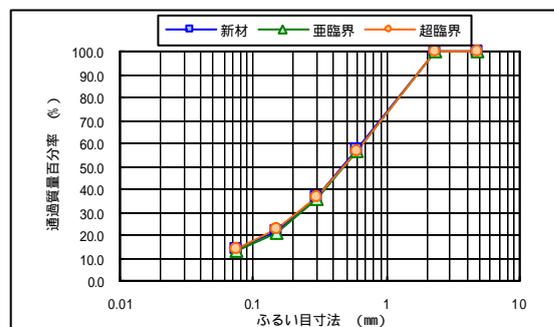


図-10 粒度曲線

図 - 10 に示した通過質量百分率より、高温・高圧水を用いても同等の粒度曲線が得られたことから粒度を保持していると言えます、高温・高圧水は粒度に影響を及ぼさないことが認められる。

#### 4.3.2. 性状比較

細骨材の比重および吸水率試験より細骨材の性状比較評価を行い、その結果を図 - 11 に示した。これより、比重ならびに吸水率ともに同程度の値が得られたことから、粗骨材と同様に性状に影響を及ぼさないと言える。

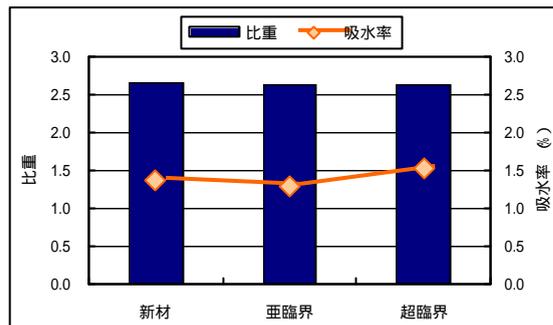


図 - 11 細骨材の比重および吸水率

#### 4.3.3. 耐久性比較

硫酸ナトリウムによる安定性試験および細骨材硬さ試験より細骨材の耐久性比較を行い、それより得られた損失質量百分率を図 - 12、細粒化度を図 - 13 に示した。損失質量百分率ならびに細粒化度ともに高温・高圧水を用いても同等の値を保持していることから、粗骨材と同様に細骨材に対しても凍結融解や摩耗等に対する耐久性への影響は少ないことが確認された。

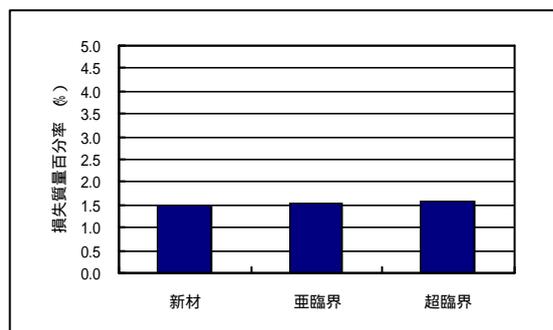


図 - 12 細骨材の損失質量百分率

#### 5. まとめ

以下に本研究から得られた知見を取りまとめる。

- ・高温・高圧水における優れたアスファルト除去性能を確認でき、特に超臨界領域では90%以上という非常に高いAs.除去率が得られた。
- ・既存の抽出試験では除去が困難とされている改質型As.に対しても高温・高圧水の優れたアスファルト除去性能が認められた。
- ・高温・高圧水使用後で骨材の粒度、性状、耐久性への影響は少なく、新材と同等の品質を保持していると言える。

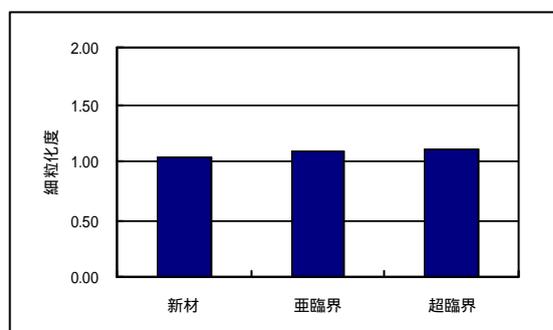


図 - 13 細粒化度

#### 6. おわりに

本研究において、高温・高圧水の溶媒性能に関する検討では優れたアスファルト除去性能が認められ、舗装用骨材としての適用性の検討では新材と同等の品質を保持していることが確認された。このことから、高温・高圧水による舗装発生材からの骨材甦生は高度循環利用への高い可能性を示唆するものであり、新たな再資源化手法として確立が大いに期待される。今後の課題としては、循環再生利用を考慮した繰返し反応後の骨材性質の検討、多品種のバインダー・骨材を用いたアスファルト除去性能の検討、分離再生を視野に入れた抽出バインダーの性状検討、甦生化骨材を用いた混合物の検討、より多くの試験データの蓄積と解析等が必要である。

#### <参考文献>

- 1) 佐藤 晃之：「高温・高圧水によるアスファルト混合物のバインダー除去に関する基礎研究」, 修士論文, (2005)
- 2) (社)日本道路建設業協会 技術委員会・海外技術部会：「過熱アスファルト混合物のリサイクルの現状」, 道路建設, (2002)