

## 水熱分解法を応用した劣化アスファルトの性状回復効果についての検討

日大生産工 (院) ○陳 安寧  
日大生産工 秋葉 正一  
日大生産工 加納 陽輔

## 1. はじめに

現在、わが国のアスファルト混合物全出荷量の約75%を再生アスファルト混合物(以下、再生混合物)が占めている。さらに、再生混合物に対するアスファルトコンクリート再生骨材(以下、再生骨材)の配合率は全国平均で既に50%を上回り、再生骨材を多く含有するアスファルト舗装発生材(以下、舗装発生材)の繰返しリサイクルが今後の課題となっている<sup>2)</sup>。また、「持続可能な開発目標(SDGs)12:持続可能な生産消費形態を確保する」の観点からも<sup>3)</sup>、舗装材料の持続的利用を目指したリサイクル技術の開発に取り組んでいかなければならない。

筆者らは、舗装発生材を熱水中(80~90°C)ですりもみすることにより、旧アスファルトと旧骨材を分別して回収する技術を開発した<sup>4)</sup>。この技術により回収した1mm以上の骨材は、新規骨材と概ね同等の性状を有することを確認している。他方、1mm未満の微粒分を含有する旧アスファルトは前述のとおり劣化を蓄積しており、持続的利用の課題を残す。

本研究では、有機物の抽出・分解技術としての応用が進められており、アスファルトの軽質化と軟化の可能性が期待できる高温高压水に着目した<sup>5)</sup>。本文では、以下に劣化したアスファルトにおける高温高压水の若返り効果に対する結果を報告する。

## 2. 実験概要

本研究に用いる200~350°Cの高温高压水は、有機物に対して、比誘電率が低下することによる溶媒としての性能<sup>6)</sup>、高温による分解反応(熱分解)の性能、イオン積の増大による加水分解の性能といった3つの相互作用が期待できる。

実験手順を図-1に、本研究で使用する装置の概要を表-1に示す。なお、反応時間は、反応温度に到達してからの保温時間とする。本研究で使用する劣化アスファルト(以下、劣化As.)は均質な性状の試料とするため、舗装調査・試験法便覧(JIS K2207)を参考に、新規ストレートアスファルト60-80(以下、新規As.)を薄膜加熱試験機(TFOT)で5時間、加圧劣化試験(PAV)で23時間反応させることによって針入度の目標値が20となるよう促進劣化した。なお、本研究の手法を「水熱分解法」と定義する。

## 2.1 反応温度が性状回復効果に及ぼす影響

ここでは、反応温度が劣化したアスファルトに及ぼ

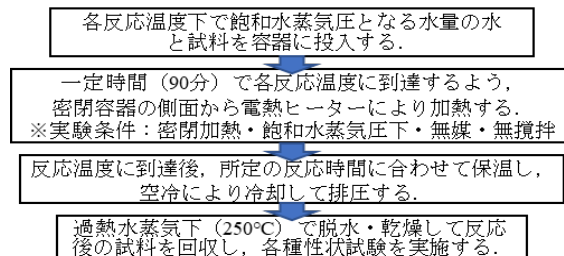


図-1 水熱分解法の手順

表-1 水熱分解装置の概要

反応槽内容積	1000ml	
最高使用圧力	19MPa	
最高使用温度	350°C	
容器材質	SUS316	
ヒーター	アルミブロックヒーター	
適用法規	小型压力容器	

表-2 物理的性状, CI値, 構成成分比率(200~350°C・15分)

	劣化As.	200(15)	250(15)	300(15)	350(15)	新規As.	
針入度(1/10mm)	20.3	26.0	28.7	33.7	60.3	67.3	
軟化点(°C)	64.9	60.1	59.0	55.8	48.7	47.3	
伸度(cm)	5.7	8.7	9.0	25.3	100+	100+	
CI値	0.60	0.53	0.56	0.55	0.35	0.16	
構成成分比率(%)	飽和分	3.6	2.5	2.5	3.3	3.7	5.0
	芳香族分	50.5	53.9	55.6	58.0	64.8	66.0
	レジン分	27.5	26.4	23.8	21.4	16.3	16.3
	アスファルテン分	18.4	17.2	18.1	17.2	15.1	12.7

す影響を確認するため、200・250・300・350°Cで反応時間15分間とし、反応後の試料の物理的性状と化学的性状を比較検討した。物理的性状は、針入度、軟化点、伸度により、化学的性状は、赤外吸光度、組成分析、分子量分布により評価した。

## 2.2 反応時間が性状回復効果に及ぼす影響

ここでは、反応時間が劣化したアスファルトに及ぼす影響を確認するため、前述の検討で最も性状の回復した反応温度に対し、反応時間を0・15・45分間とし、反応後の試料の物理的性状と化学的性状を比較検討した。物理的性状と化学的性状は前述のとおりである。なお、反応時間が0分とは、反応温度に到達後、保温せず即座に冷却した条件を指す。

## 2.3 複数回再生した劣化アスファルトへの適用

ここでは、新規As.を促進劣化し、再生用添加剤(飽和

系)を加えて再生する工程を繰り返し3回劣化したアスファルト(以下,3回劣化As.)を作成した。劣化方法は前述の条件とし,再生方法は針入度70を目標に再生し,2回目の再生も1回目と同様の条件とした。なお,水熱分解の条件は,最も性状の回復を示した反応温度・反応時間とし,物理的性状により評価した。

### 3. 試験結果

#### 3.1 反応温度が性状回復効果に及ぼす影響

各反応温度が劣化As.の物理的性状,CI値,構成成分比率に及ぼす影響を表-2に示す。以降,各図表における反応後の試料の凡例は,各温度に括弧書きで反応時間を付す(例えば,200°C・15分を200(15))。物理的性状の結果から,各反応温度条件で,針入度,軟化点,伸度の回復効果が認められた。特に350(15)で新規As.の規格値を満足した。アスファルトの酸化劣化の度合いを示すCI値は,200~300°Cの反応後で僅かな減少する回復傾向を示し,特に350(15)では半減した。構成成分比率は,350(15)で,一般的に劣化すると増大する高分子成分のアスファルテン分とレジン分が減少し,低分子成分の芳香族分が増大することを確認した。各反応温度が劣化As.の分子量分布に及ぼす影響を図-2に示す。構成成分比率の結果から,特に350(15)で,劣化の傾向を示す,高分子側のショルダーが減少した。またピークがやや低分子側へ移動することで,新規As.と同様の分布に近づいていることを確認した。

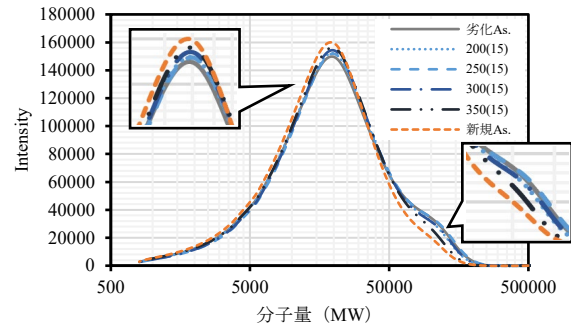


図-2 分子量分布 (200~350°C · 15分)

表-3 物理的性状, CI値, 構成成分比率 (350°C · 0~45分)

	劣化As.	350(0)	350(15)	350(45)	新規As.	
針入度(1/10mm)	20.3	42.3	60.3	49.3	67.3	
軟化点(°C)	64.9	51.0	48.7	50.4	47.3	
伸度(cm)	5.7	62.7	100+	69.3	100+	
CI値	0.60	0.41	0.35	0.35	0.16	
構成成分比率 (%)	飽和分	3.6	2.5	3.7	4.6	5.0
	芳香族分	50.5	55.2	64.8	48.9	66.0
	レジン分	27.5	22.5	16.3	25.9	16.3
	アスファルテン分	18.4	19.9	15.1	20.6	12.7

#### 3.2 反応温度が性状回復効果に及ぼす影響

水熱分解法の反応温度は,前述の検討で最も回復傾向を示した350°Cとした。各反応時間が劣化As.の物理的性状,CI値,構成成分比率に及ぼす影響について表-3に,分子量分布に及ぼす影響について図-3に示す。物理的性状は,針入度,軟化点,伸度ともに,350(15)による回復効果が大きいことを確認した。化学的性状は,350(0)から350(15)で大幅な回復を示した。

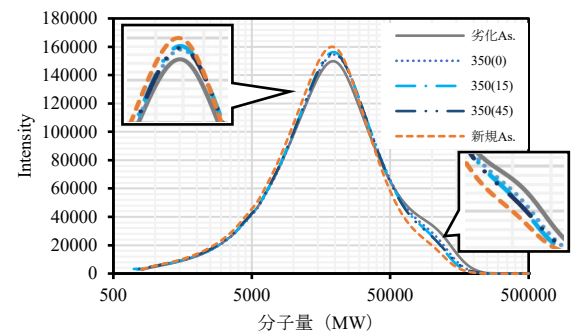


図-3 分子量分布 (350°C · 0~45分)

表-4 物理的性状 (1・3回劣化As.)

	新規As.	1回劣化As.	1回再生As.	3回劣化As.	3回劣化As. ⇒ 水熱分解
針入度(1/10mm)	70	20	70	46	116
軟化点(°C)	46.0	57.2	45.5	56.0	37.5
伸度(cm)	100+	6	100+	8	100+

#### 3.3 複数回再生した劣化アスファルトへの適用

水熱分解法の反応温度・反応時間の条件は,前述の検討で最も回復傾向を示した350°C・15分とした。

劣化と再生を複数回繰り返した3回劣化As.の物理的性状に及ぼす影響について表-4に示す。劣化と再生を繰り返すことで再生用添加剤を含有した劣化アスファルトに対しても針入度,軟化点,伸度ともに,大幅な回復することを確認した。なお,針入度と軟化点に関しては,規格値を上回る回復を示した。

### 4. おわりに

本研究により得られた知見を以下にまとめる。

- 350°C・15分の水熱分解法により,劣化したアスファルトの物理的性状は新規ストレートアスファルト60-80の規格値まで回復した。
- 水熱分解法は,低分子化および酸化還元による化学的性状の回復効果があることを確認した。
- 水熱分解法は,複数回再生した劣化アスファルトに対しても物理的性状の大幅な回復傾向を示した。

これらのことより,水熱分解法は旧アスファルトの持続可能なリサイクル技術への応用の可能性を確認した。今後は,繰り返し再生した劣化アスファルトへの検討を更に深める。また,実用化に向けた装置と方法の改良を検討する必要がある。

討を更に深める。また,実用化に向けた装置と方法の改良を検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) (一社)日本アスファルト合材協会:アスファルト合材統計年報2020年度(令和2年度),(一社)日本アスファルト合材協会(2021)
- 2) 川上篤史,川島陽子,新田弘之,寺田剛,藪雅行:土木学会論文集E1(舗装工学),73巻,3号,p.L155~L161,(公社)土木学会(2017)
- 3) 環境省:すべての企業が持続的に発展するために一持続可能な開発目標(SDGs)活用ガイド-資料編,環境省(2021)
- 4) 加納陽輔,赤津憲吾,秋葉正一:土木学会論文集E1(舗装工学),Vol.73, No.3,p.L61~L68,(公社)土木学会(2016)
- 5) 加納陽輔,赤津憲吾,秋葉正一:土木学会論文集E1(舗装工学),Vol.74, No.3,p.L53~L61,(公社)土木学会(2018)
- 6) 日本機械学会:蒸気表,(一社)日本機械学会(1999)