

2019 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

調査研究報告書(公開版)

【研究題目】電子線の照射によるアスファルト高性能化のための調査

【整理番号】TK19-036

【代表機関】KEK

【調査研究代表者(氏名)】高木 秀彰

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】産総研：シャーマ アトゥル

【TIA 外連携機関】東亜道路工業株式会社、土木研究所

【報告書作成者】高木 秀彰

【報告書作成年月日】2020 年 3 月 30 日

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

本研究課題には、アスファルトの電子線照射について KEK-加速器グループが担当し、量子ビームを利用したアスファルトの内部構造調査には KEK-放射光グループが担当している。またアスファルトの主構成物質であるアスファルテンに関する物性評価には連携機関である産総研が担当している。外部機関である東亜道路工業株式会社には試料の調製及び基礎物性評価を担当し、土木研は実際の舗装アスファルトの劣化と再生のメカニズムに関する知見の提供をしていただいた。連携推進として、2019 年 7 月に関係機関が集まってキックオフミーティングを KEK にて開催した。それぞれが担当する内容や、興味のある点について意見交換を行い、本研究課題の方向性についても議論を行った。その後、各関係機関で調査研究が行われたが、一番重要である電子線照射の最適化に時間がかかり、現在でも調整中である。アスファルトに対する電子線照射の効果は、わずかに確認されており、今後の調査研究により実証されれば KEK と東亜道路工業株式会社で特許出願の準備を検討している。

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

<背景>

アスファルト舗装は広く道路に用いられており、必須の社会インフラとなっている。このインフラの長寿命化を図るため、電子線照射により劣化したアスファルトを回復させる提案がアメリカ DOE 及びフェルミラボからされている。しかしながら、電子線照射の効果の具体的な効果やメカニズムは未解明であり、また電子線照射そのものの有効性も十分確認されていない。そこで、本研究では電子線照射効果の有用性の確認、及びアスファルトの物性と構造変化の調査を行った。

<実験>

試料であるアスファルトは東亜道路工業株式会社から提供されたストレートアスファルトと改質剤を含んだ改質アスファルト、及びそれらの劣化物の計4つを用いた。電子線照射実験は KEK に建設されたコンパクト ERL にて行い、試料に対して 50kGy と 260kGy の照射を行った。構造解析には小角 X 線散乱法 (SAXS) を用い、実験は KEK に設置された放射光実験施設 PF の BL-10C にて行った。電子線照射アスファルトの物性評価は東亜道路工業株式会社にて行ったが、特許出願の準備を検討しているために詳細は伏せる。

<結果と考察>

アスファルトの構造として、パラフィン系炭化水素中にアスファルテンと呼ばれる高分子炭化水素がコロイド状に分散しており、このコロイド粒子が連結して凝集体を形成することが知られている。SAXS では主にナノメートルサイズのアスファルテンの構造を評価できる手法である。SAXS 実験を行ったところ、ストレートアスファルト及び改質アスファルトで得られた SAXS プロファイルにおいて、ストレートアスファルトではアスファルテンの構造に由来するブロードな散乱ピークが観察され、改質アスファルトではそれに加えて添加剤のポリマーのマイクロ構造の散乱ピークが観察された。劣化試料も同様に散乱ピークが観察され、ピーク位置や散乱プロファイルの形状が劣化していない試料とわずかに異なることが分かった。50kGy と 260kGy の電子線試料の SAXS プロファイルを比較すると、こちらもわずかに形状が変化することが分かった。凝集体の SAXS 構造解析に使用される Guinier/ベキ乗則統一式を用いた理論式で fitting を行い、アスファルテン凝集体の構造について定量的に評価を行った。実験で得られた SAXS プロファイルと fitting カーブは見事に一致し、fitting 結果から電子線照射によって凝集体の慣性半径がわずかに減少することが分かった。ストレートアスファルトと劣化アスファルトも同様に fitting を行ったところ、劣化すると凝集体の慣性半径はわずかに増加することが分かった。これは、ストレートアスファルトに関しては、電子線を照射することでアスファルテンの凝集構造は劣化状態から回復することを意味する。従って、電子線照射によってアスファルトは劣化状態から劣化前の状態に戻る結果が示唆された。また、電子線照射前後の物性評価においても同様に、アスファルトの物性は電子線照射によって劣化状態から回復する傾向の結果が得られた。

SAXS によるアスファルトの構造解析については、日本化学会第 100 春季年会にて発表を行った。

【今後の活動予定】

今年度は電子線照射による効果の検証と、照射量の最適化を行っており、まだ研究の入口の段階である。電子線照射によって劣化アスファルトが回復する傾向が得られたがその変化量は小さく、さらなる電子線照射の最適化が必要である。構造解析では、今年度でストレートアスファルトについては SAXS プロファイルが Guinier/ベキ乗則統一式とほぼ一致したため、構造モデルの有効性が確認できた。しかしながら、改質剤を含んだ改質アスファルトに関してはマイクロ構造自体の多くが不明であり、モデル化するために電子顕微鏡観察などを行い構造モデルのヒントを得る必要がある。そこで、今後の調査研究として、さらなる電子線照射量の最適化、及び改質アスファルトの構造モデルを構築する研究について KEK が主に担当する。電子線照射の効果をも物理化学的に細部にわたって検証するために、アスファルトの成分を分離し、それぞれに電子線を照射してどの成分がアスファルトの劣化回復に効果的であるのか調査する必要もある。そのため、アスファルトの成分分離のノウハウがある産総研及び外部機関の東亜道路工業株式会社と連携して、電子線照射アスファルトの物理化学的評価を行う。ラボスケールで電子線照射の効果が検証されれば、実際に舗装するなどさらに大きなスケールで実験を土木研究所と連携して展開する予定である。新たな資金獲得として、アスファルトは工業的に非常に重要であるため、様々な企業の参加が見込める。そこで、JST の研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) の産学共同などの企業の参加がしやすい外部資金に応募予定である。