


公益信託エスペック地球環境研究・技術基金  
受託者 みずほ信託銀行株式会社 宛

2025年 10月 20日

公益信託 エスペック地球環境研究・技術基金  
2024年度 助成金研究報告書

●申請者・団体情報

申請者氏名	Cheng Shuo (テイ シャク)	
団体名 (所属機関)	東京科学大学 (旧:東京工業大学) 環境・社会理工学院	
住所 (団体又は 申請者)	〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 石川台4号館 14-17	
TEL	03-5734-3723/080-7182-5304	
研究テーマ	都市圏人工水域におけるゴム系マイクロプラスチックの定量化と毒性評価	
報告概要 (300字以内)	<p>近年、マイクロプラスチックは環境汚染物質として注目されているが、その中に半分以上はタイヤと道路の摩耗粒子 (TRWP) であり、車体が重く、加速度が高い電気自動車の普及により、その排出量は増加する一方と考えられる。都市圏の人工水域は人間の活動区域に埋め込まれ、中に累積したTRWPは重金属や多環芳香族化合物などの有害物質を環境に放出し続け、周辺住民の健康に対する脅威が高まっている。それに対して、都市圏の人工水域におけるTRWPの存在量に関する調査データや毒性評価研究はまだ不十分である。そこで本研究は、環境調査と暴露実験を組み合わせ、日本の代表的な都市圏 (関東大都市圏、近畿大都市圏、中京大都市圏、北九州・福岡大都市圏と札幌大都市圏) の人工水域におけるTRWPの含有量と毒性を把握し、TRWPの環境リスク、特に住民の健康に対するリスク評価の実施に必要なデータを提供することを目的とする。更に、公益的な研究課題として、TRWP汚染防止のための環境政策の立案・実施を促進することにより、都市圏の住民の生活環境の改善に貢献することが期待される。</p>	

(471文字)

●ホームページ掲載への同意確認

ご提出いただいた別紙研究報告書は、委託者であるエスペック株式会社のホームページ (<http://espec.co.jp>) に掲載させていただきます。  
研究者様の事情により現時点での公開が難しい場合はその理由と公開可能となる時期を併せてお知らせください。\*特許申請や学会発表他報告書公開が申請者様の研究を阻害する事項を想定しております。

HP掲載への 同意確認	<input checked="" type="checkbox"/> 報告書のHP掲載に同意します。
<input type="checkbox"/>	報告書のHP掲載に、現時点では、同意できません。
<input checked="" type="checkbox"/>	*理由: ( )
	*掲載可能となる時期 ( 年 月 日以降)

\*申請者氏名・ご所属・研究テーマ・報告概要は上記同意に関わらず、エスペック株式会社HPに掲載させていただきます。

本研究について、別紙のとおりご報告いたします。

- (注) 1. 報告書は、A4判縦長横書き、他に図表、写真、イラスト等があれば添付してください。  
2. ホームページへの掲載をご了解いただける場合は、可能であれば電子データ (ワード・PDFなど) を添付してください。

以

## 公益信託 エスペック地球環境研究・技術基金 2024 年度 助成金研究報告書

申請者: Cheng Shuo(テイ シャク) 所属機関: 東京科学大学(旧: 東京工業大学)  
研究課題: 都市圏人工水域におけるゴム系マイクロプラスチックの定量化と毒性評価

本研究は、近年その環境影響が強く懸念されているマイクロプラスチック問題の中でも、従来十分に調査されてこなかったゴム系粒子、特に自動車タイヤおよび路面摩耗粒子(Tire and Road Wear Particles, TRWP)に着目し、日本の都市圏人工水域における存在実態と環境リスクを明らかにすることを目的として実施したものである。マイクロプラスチックは一般に直径 5 mm 以下の高分子粒子を指し、これまで主としてポリエチレンやポリプロピレンなどの合成樹脂が研究対象とされてきた。しかし近年の調査により、都市環境中に存在する微小粒子の相当割合が「プラスチック」ではなくゴム由来であり、その主要発生源が自動車走行に伴うタイヤ摩耗であることが明らかになりつつある。TRWP は走行中に常時発生し、都市部の道路網の密度や交通量と強く関連して環境中へ排出されるため、人口密集地域における慢性的な汚染源となる可能性が高い。

排出された TRWP は、粒径の違いにより大気中を浮遊するものと、雨水流出などを介して地表や水域に移行するものに分かれる。特に都市内部に点在する公園池、調整池、雨水貯留池、排水路といった人工水域は、流入水の多くが道路由来であることから、TRWP の集積場となりやすい。しかし、これらの水域は人間の生活圏に極めて近接しており、景観・親水空間として利用されることも多いにもかかわらず、TRWP の定量的な調査や生態影響評価はこれまでほとんど行われてこなかった。本研究は、こうした都市人工水域を対象とし、TRWP の存在量と粒子特性を明らかにするとともに、今後の環境リスク評価に資する基礎データを提供することを目的とした公益性の高い研究である。

本助成を受けて実施した研究では、首都圏を中心とする都市圏人工水域において現地調査を行い、水試料および堆積物試料を系統的に採取した。採取地点は周辺の交通条件、土地利用、水域規模を考慮して選定し、道路流出水の影響を強く受けると考えられる地点と、比較的影響の小さい地点を含めることで、都市内における TRWP 分布の空間的特徴を把握できるよう配慮した。採取した試料は低温条件下で保管し、前処理後に粒子分析を行った。

TRWP の同定および定量にあたっては、従来の熱分解 GC/MS 法による質量濃度評価に加え、粒子レベルでの形態学的・化学的特徴を明らかにするため、走査型電子顕微鏡(SEM)観察、エネルギー分散型 X 線分析(EDX)、およびラマン分光分析を組み合わせた多角的解析を実施した。SEM 観察により、堆積物中から不定形かつ角張った形状を示す黒色粒子が多数確認され、これらはタイヤ摩耗粒子に特徴的な表面構造を有していた(図 1: SEM による TRWP 粒子形態像)。さらに EDX 分析の結果、炭素を主成分としつつ、亜鉛、硫黄などタイヤ添加剤由来と考えられる元素が検出され、人工由来ゴム粒子である可能性が強く示唆された(図 2: 代表的 TRWP 粒子の EDX スペクトル)。

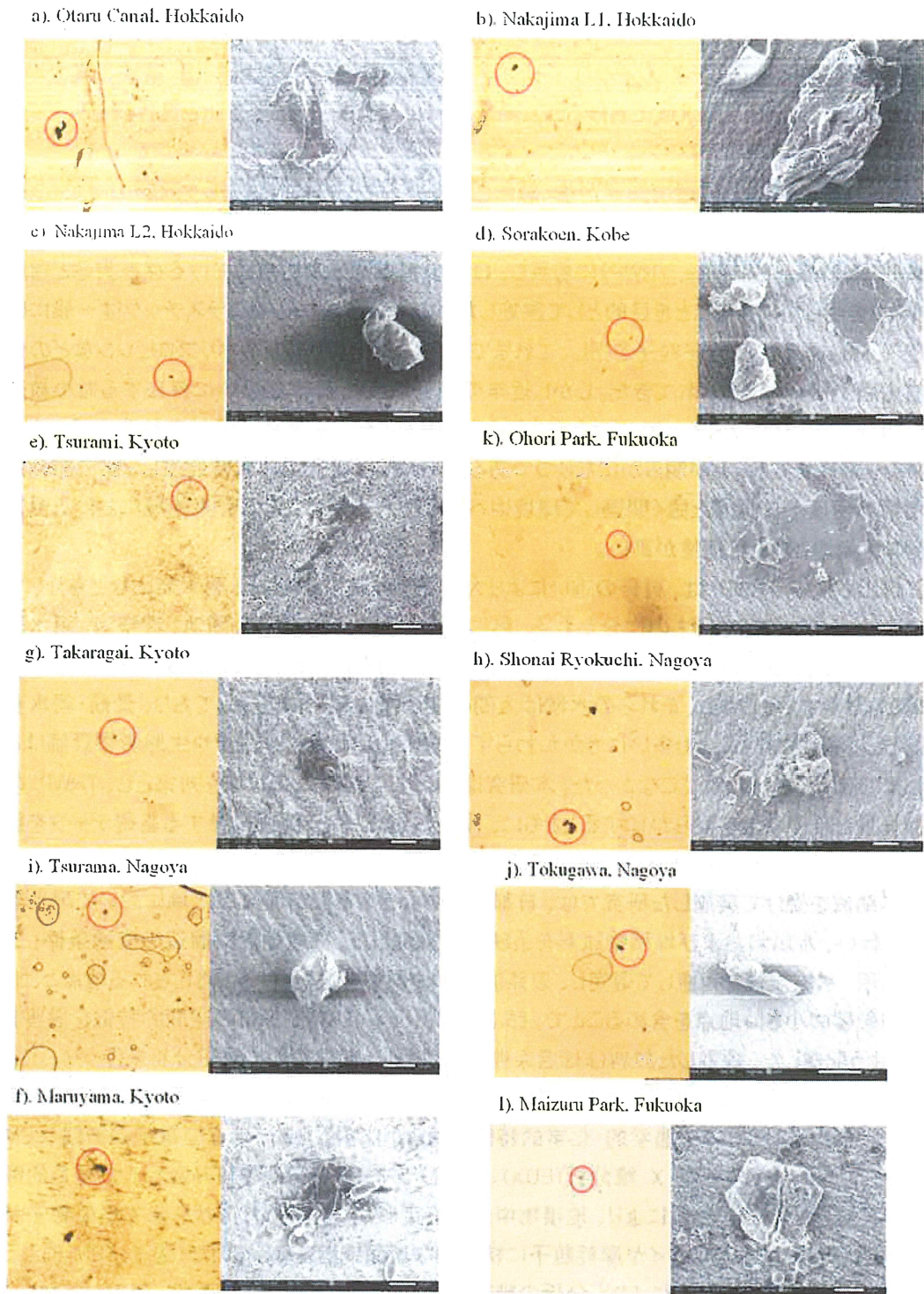


図 1: SEM による TRWP 粒子形態像

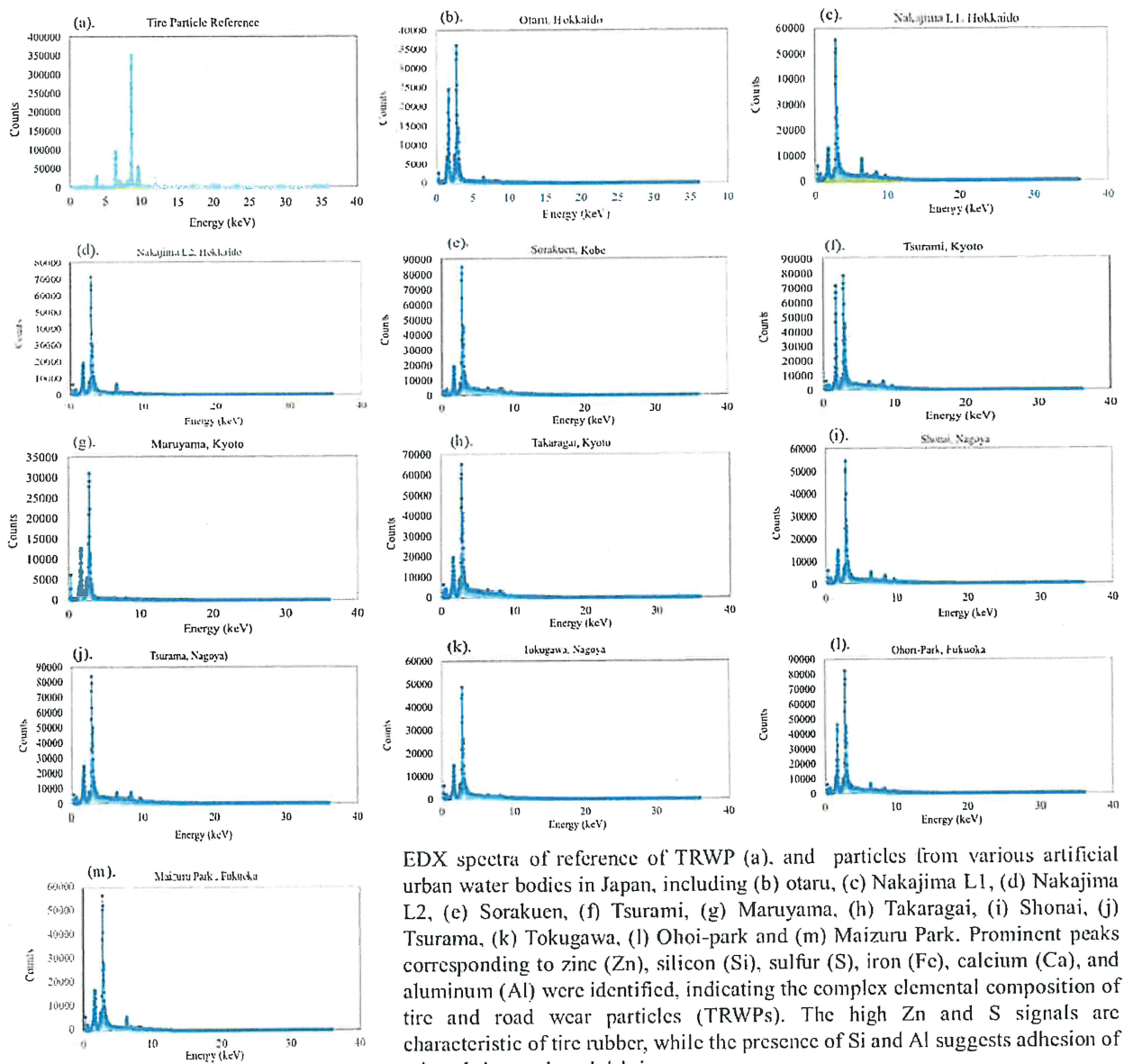
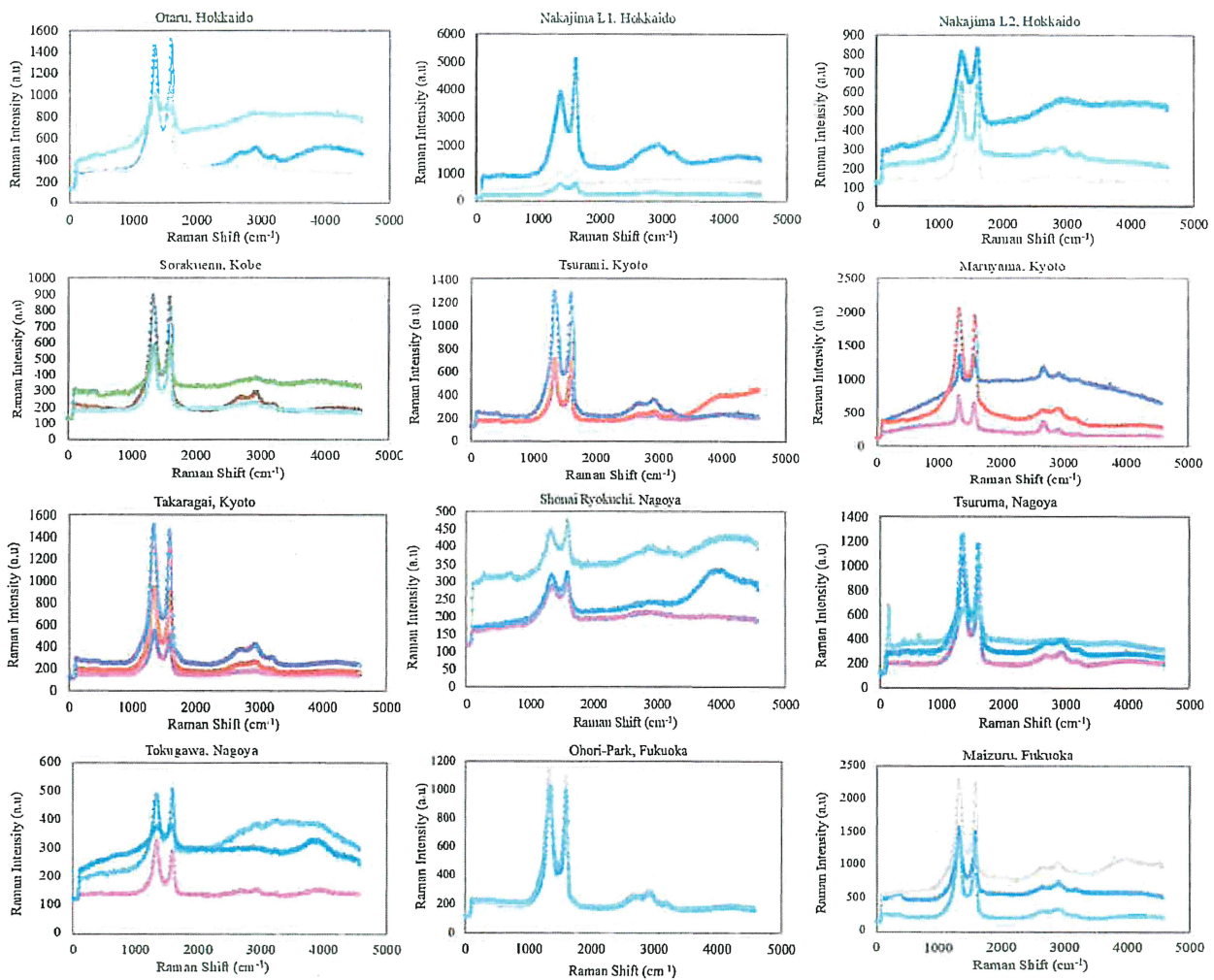
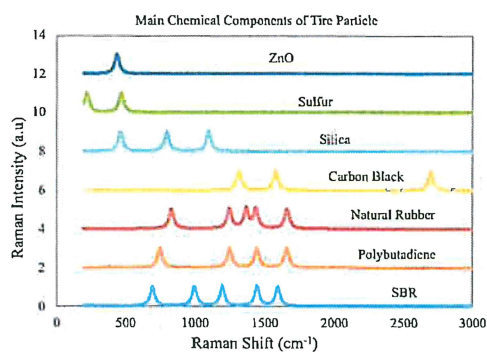


図 2: 代表的 TRWP 粒子の EDX スペクトル

加えて、ラマン分光分析を用いることで、粒子表面に存在するゴムポリマー由来の特徴的なピークを確認し、天然由来粒子や他のプラスチック粒子との識別を行った。これらの分析結果を総合することで、都市人工水域の堆積物中に TRWP が確実に存在し、かつ地点によってその存在量や粒子特性に差があることが明らかとなった(図 3:ラマン分光による TRWP 同定結果)。特に交通量の多い幹線道路に近接した水域では、TRWP の検出頻度および粒子密度が高い傾向が認められ、都市活動と TRWP 汚染との密接な関係が示唆された。



(a)



(b)

Raman spectra of environmental samples collected from artificial water bodies in urban regions of Japan (a), compared with reference spectra (b) of known tire components. Prominent peaks corresponding to carbon black ( $\sim 1350$  and  $\sim 1580$   $\text{cm}^{-1}$ ), styrene-butadiene rubber (SBR), polybutadiene, natural rubber, silica, sulfur, and zinc oxide (ZnO) were observed across multiple sampling sites, including Tsuruma (Nagoya), Ohori (Fukuoka), Nakajima (Sapporo), and Maizuru (Fukuoka). The alignment of environmental spectra with reference materials confirms the presence of tire and road wear particles (TRWPs) in these aquatic environments. Normalized intensities are shown for comparison across samples and materials.

図 3: ラマン分光による TRWP 同定結果

本研究で得られた成果は、都市圏人工水域が TRWP の重要な集積環境であることを実証的に示した点に大きな意義がある。これまで TRWP 研究は主として道路粉塵や河川、海洋を対象としてきたが、人為活動と生活環境に直結する人工水域に焦点を当てた事例は極めて少なかった。本研究により、身近な都市水環境においてもゴム系マイクロプラスチックが無視できないレベルで存在している可能性が示され、今後の環境モニタリングやリスク評価において人工水域を対象に含める必要性が明確となった。

また、本助成金によって SEM、EDX、ラマン分光を組み合わせた粒子同定手法を実環境試料に適用できたことは、TRWP 研究手法の高度化という点でも重要な成果である。単一手法では識別が困難なゴム系粒子を複数の分析結果から総合的に判断する本アプローチは、今後の分析手法の標準化や国際比較研究にも貢献しうる。得られた知見は現在、学術論文として国際誌への投稿準備を進めており、国内外への情報発信を通じて TRWP 問題に対する認知向上を図る予定である。

本研究の成果は学術的意義にとどまらず、社会的・公益的意義も大きい。都市部における TRWP 汚染の実態解明は、道路管理、雨水対策、都市水環境の維持管理において、科学的根拠に基づく施策検討の基盤情報となる。将来的には、タイヤ材料や添加剤の改良、道路構造や流出抑制技術の検討など、上流・下流対策を組み合わせた環境負荷低減策への展開が期待される。

以上のように、本助成金の支援により、都市圏人工水域における TRWP の存在実態を多角的に明らかにすることができた。本研究は、都市活動と密接に結びついたゴム系マイクロプラスチック汚染を水環境の視点から体系的に捉えた点に特徴があり、今後の継続的な環境監視やリスク評価研究の基盤となる成果を含んでいる。今後は、本研究で得られた知見を基に、毒性評価や動態解析を進めることで、都市環境における TRWP 汚染の理解をさらに深化させ、社会に還元される研究として発展させていきたい。