

2021年 8月 23日

豊橋技術科学大学長 殿

建築・都市システム学専攻 専攻  
 学位審査委員会  
 委員長 中澤 祥二



## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	Pertwi Andarani		学籍番号	第 189503 号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 建築・都市システム学 専攻	
博士学位論文名	Spatio-temporal variation assessment of zinc concentrations and loads and its source identification in rivers (河川における亜鉛濃度・負荷量の時空間変動評価と発生源の特定)			
論文審査の期間	2021年 7月 15日 ～ 2021年 8月 19日			
公開審査会の日	2021年 8月 19日	最終試験の実施日	2021年 8月 19日	
論文審査の結果*	合格		最終試験の結果*	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	井上 隆信			
委員	加藤 茂		横田 久里子	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文は、流域面積及び流路延長が同程度の二つの河川（逢妻女川、梅田川）による調査結果をもとに、亜鉛の河川流出特性とその発生源について明らかにしたものである。本論文は以下の7つの章で構成されている。第1章は、亜鉛の使用用途及び生態毒性、環境中での動態、国内外の環境基準、河川への流出経路の研究動向をまとめ、本論文の研究目的を示している。第2章では、本研究での対象河川、調査方法、亜鉛を含めた水質項目の分析方法について示している。第3章では、河川内の複数地点で実施した月に1回の流域調査、平日と休日調査結果から、逢妻女川と梅田川について異なる土地利用形態を対比させながら、全亜鉛の時間空間的変動について解析結果をまとめている。第4章では、梅田川における亜鉛の形態別動態（溶存態・懸濁態亜鉛）やその他各水質項目の結果をまとめている。第5章では、梅田川において、平日・休日及び降雨時における詳細な調査による亜鉛及び各水質項目の分析結果についてまとめている。第6章では、得られた各水質項目の結果をもとに、梅田川において懸濁態亜鉛濃度は、懸濁態有機炭素濃度及び懸濁態鉄濃度と中程度の相関がみられることや、排出源として工場排水の寄与が高く、逢妻女川ではポイントソースが60-80%を占めること、梅田川では、ポイントソースが74%、ノンポイントソースが26%となるなどの解析結果を示している。第7章では、本研究の結果がまとめられている。

## 審査結果の要旨

亜鉛は、生態系における必須元素の1つである。工業的にも亜鉛メッキ等多くの製品に使用され、非鉄金属の中では銅、アルミニウムに次いで多く生産されている物質である。一方で亜鉛は、日本をはじめ世界中の水環境において水生生物の生息又は生育に支障を及ぼす恐れがあり、各国では水質環境基準が定められている。日本では2003年に河川と湖沼において0.03mg/l以下に設定されているが、環境基準を超過している河川が存在している。河川中の高い亜鉛濃度は、自然由来の他、工場排水等のポイントソースと市街地・農地排水等のノンポイントソースである人為由来とされているが、発生源が多岐にわたるため、環境中での動態は明らかにされておらず、生態系への亜鉛のリスクを低減するためには水環境中での動態と発生源を明らかにすることが求められている。

本研究は、土地利用の異なる二つの河川流域を対象とし、空間的変動を評価するための月に1回の流域調査と、時間的変動を評価するための定点連続調査（1時間に1回採水）を実施した。定点連続調査では、流域内事業所の稼働状況を考慮した平日・休日調査と、降雨時調査を実施した。その結果、流域調査では、上流から下流へ流下するに従い亜鉛濃度が高くなること、河川流量が増加する灌漑期には濃度は低下し、非灌漑期には濃度が高くなり、最下流地点では環境基準を超過することなどを明らかにした。定点連続調査では、平日の亜鉛濃度が著しく高いことが明らかとなった。フロー解析を行った結果、逢妻女川ではポイントソースである工場排水が非灌漑期で80%、灌漑期でも60%を占めることを明らかにすることができたが、梅田川ではポイントソースの寄与率を明らかにすることはできなかった。そこで、梅田川では亜鉛濃度の他、鉄、懸濁態有機物質など他の水質項目の濃度を用いた、主成分分析、クラスター解析、エンドメンバー解析を行った結果、工場排水等のポイントソースの負荷割合が74%を占めることが明らかとなった。よって、両河川水中の亜鉛濃度に排出源としてはポイントソースが大きく

寄与していることを明らかにした。一方で、降雨時調査からは懸濁態亜鉛の濃度が著しく増加し、降雨に伴う流量増大時にはノンポイントソースからの負荷割合が高いことを明らかにした。これらの結果より、本研究は、亜鉛濃度を環境基準以下で維持するためには、工場排水（ポイントソース）だけでなく人為的ノンポイントソースも適切に管理する必要があることを示すことができたことから、当該分野における先駆的な研究成果として評価できる。また時間空間的変動を評価するために必要な調査手法や項目を示すこともできたため、河川中の物質動態解析などの研究の今後の進展にも寄与する成果であると考えられる。

これらのことより、本論文は博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)