

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	KYAW NYUNT MAUNG (きよ によ まうん)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1196 号
○授与年月日	2017 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Assessment of Secondary Reserves of Nations: Aluminum, Copper and Zinc (各国におけるアルミ、銅、亜鉛の二次埋蔵量の評価)
○審査委員	(主査) 橋本 征二 (立命館大学理工学部教授) 天野 耕二 (立命館大学理工学部教授) 島田 幸司 (立命館大学理工学部教授)

<論文の内容の要旨>

本論文は、金属の持続可能な管理に向けて、環境に存在する一次物質だけでなく、我々の社会に存在する二次物質を資源として捉え、既存の二次資源類型の枠組みを改善するとともに、これをアルミニウム、銅、亜鉛に適用して改善した枠組みの適用可能性を検討し、主要国におけるこれら金属の二次埋蔵量及び二次資源の評価を行ったものである。

第 2 章では、混合金属くずの取り扱いを考慮した二次資源類型の枠組みを提案するとともに、二次埋蔵量の推計方法と各類型の推計方法を考案した。特に、二次埋蔵量の推計において、技術的・経済的に再資源化可能な使用中金属ストックの割合を表す「二次埋蔵率」という係数を導入し、その推計方法を提示した。また、対象金属ごとにそのライフサイクルフローを同定し、推計に使用したデータを整理した。

第 3 章では、対象金属ごとにその推計結果を示した。2010 年の推計結果によると、米国がそれぞれの金属で大きな二次埋蔵量を有しており (アルミニウム 85Mt、銅 44Mt、亜鉛 13Mt)、その量は米国の一次埋蔵量 (アルミニウム 20Mt、銅 35Mt、亜鉛 12Mt) より大きいことが示された。日本においては、2010 年の二次埋蔵量が、アルミニウム 29Mt、銅 14Mt、亜鉛 14Mt と推計された。また、埋立地に存在する二次資源の量が大きいことも示され、将来埋立地の採掘により二次金属を回収することも潜在的な方向性として示された。

第 4 章では、研究成果を総括し、二次資源類型の枠組みが二次資源の潜在的な利用可能性に関する情報を提供するものであり、廃棄物管理や都市鉱山開発の戦略構築に利用する

ことができるものであることを議論した。

<論文審査の結果の要旨>

本論文は、近年注目をあびている都市鉱山について、二次資源類型による評価というアプローチで検討を行った点が特徴であり、以下の点が高く評価される。

第1に、一次資源類型（McKelvey Diagram）の枠組みに親和的な二次資源類型の枠組みを用いて、一次資源の埋蔵量（一次埋蔵量）に相当する二次資源の埋蔵量（二次埋蔵量）を推計する方法を考案し、これをアルミニウム、銅、亜鉛の3金属に適用してその推計可能性を示したことである。推計にあたって導入した二次埋蔵率という係数については、その不確実性に留意する必要があるものの、一定の方法論を示せたことは非常に有益である。

第2に、アルミニウム、銅、亜鉛の二次埋蔵量を推計して、これを一次埋蔵量と比較してみせたことである。例えば、一定の天然資源をもつ米国においても、これら3金属の二次埋蔵量が一次埋蔵量を上まわっており、都市鉱山の管理が重要となることが定量的に示されている。また、日本においても、一人あたりの二次埋蔵量が大きく、天然資源を持たない日本にとっての都市鉱山の意味づけがなされている。

第3に、二次資源類型に基づき、埋立地に蓄積する量やこれまでに散逸してしまった総量を推計して明らかにしたことである。例えば、銅については、埋立地に存在する二次資源の量がこれまでの採掘量の20・30%に相当すること等が示され、将来の潜在的な方向性として、埋立地の採掘により二次金属を回収することが議論されている。

本論文全体の成果として、これからの二次資源管理に関する重要な情報とその情報構築のための方法論が提供されており、非常に有益な内容であると判断される。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科環境都市専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じて日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文の公聴会は、2017年7月27日（木）13時00分～14時30分トリシア5F都市・環境システム演習室2において行われた。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 KYAW NYUNT MAUNG に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、二次埋蔵量類型の各用語の定義・経済的意味、推計モデルの検証方法や弱点、銅の二次埋蔵量減少の理由等に関する質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。学位申請者は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。