

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K06337

研究課題名（和文）モンゴル国の重金属汚染の拡大と畜産食品のリスク：簡易調査手法の確立を目指して

研究課題名（英文）Expanding Heavy Metal Contamination and the Risk of Livestock Foods in Mongolia:  
Toward the Establishment of a Simplified Survey Method

研究代表者

戸敷 浩介（Toshiki, Kosuke）

宮崎大学・地域資源創成学部・教授

研究者番号：00542424

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、工業化やモータリゼーションが進むモンゴル国の都市郊外の草原で、環境や遊牧家畜、畜産食品における鉛の影響を調査し明らかにすることを目的とした。Covid-19の世界的な流行の影響で、当初の研究計画から一部変更をしながら調査を進めた。本研究の成果として、自動車鉛バッテリーリサイクル施設の新設により新たに鉛のリスクが高い地域が出てきていることなどが分かった。また、特に遊牧民の子どもに対する鉛の曝露量推定のため、伝統的な畜産食品の一種である乾燥チーズの食事量の推定方法について明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

モンゴル国における重金属汚染の調査の多くは、鉱山開発に着目しているが、首都ウランバートル市郊外の工業化や都市部のモータリゼーションに起因する重金属汚染については、まだ十分に調査がなされていない。特に、畜産食品は同国の食文化の中心であり、都市郊外の遊牧家畜に対する重金属のリスクは、遊牧民の健康や、遊牧民の生業の存続を脅かす可能性がある。加えて、これまでに遊牧民の食文化について栄養学的な観点からの食事量調査は報告があるが、特に子どもを想定した食事量調査の事例はほとんどない。本研究では、子どもが頻繁に食する乾燥チーズの食事量を調査するための重要な知見を得られたと考えている。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to investigate and clarify the effects of lead on the environment, nomadic livestock, and livestock foods in a grassfield area in the suburbs of Ulaanbaatar city in Mongolia, where industrialization and motorization are progressing. The results of this study showed that new areas of high lead risk have emerged due to the establishment of new automobile lead battery recycling facilities. In addition, a method for estimating dietary intake of dried cheese, a traditional livestock food, was clarified for estimating lead exposure, especially for nomadic children.

研究分野：環境工学

キーワード：鉛バッテリーリサイクル モンゴル 遊牧 畜産食品

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

経済成長が進むモンゴル国では、首都ウランバートル市を中心に工業化、都市化、モータリゼーションが進んでいる。報告者は、2015～2018年度に科研費基盤研究 B (海外学術調査 15H05266)「モンゴル国の都市化とモータリゼーションに起因する重金属汚染の実体と遊牧業への影響」を実施し、特に郊外における使用済み自動車鉛バッテリーのリサイクル活動と鉛汚染の実態について着目し、調査を行ってきた。

モンゴル国のモータリゼーションにおいて、日本から輸入される中古車が主要な役割を担っている。ただし、自動車リサイクルは制度化されておらず、市場の下で廃車解体や中古部品の流通などが行われている。使用済み自動車鉛バッテリーに関しては、国内に鉛精錬業がなく、またバーゼル条約によって有害廃棄物を含む使用済みとして越境移動ができないため、国内で持て余している状況であった。このような状況の下で、ウランバートル市郊外の草原で小規模な鉛バッテリーリサイクル施設が稼働していることが分かり、周辺土壌や周辺の家畜を調査した。その結果、鉛バッテリーリサイクル施設周辺の遊牧家畜の血中鉛濃度が非常に高いことなどを明らかにすることができた。

モンゴル国の畜産における伝統的な遊牧形態は、定期的に移動を繰り返しながら、共有地である草原に家畜を放牧している。近年、ウランバートル市郊外に建てられている鉛バッテリーリサイクル施設をはじめ様々な施設の近くでも、家畜が放牧されている。従って、これらの施設から有害物質が周辺に拡散され植物や土壌が汚染され始めると、畜産食品を通して市民への曝露量も多くなることが予想された。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、モンゴル国ウランバートル市郊外で生産される畜産食品における鉛のリスクを把握することを目指した。具体的には、環境中における鉛汚染について、土壌中鉛含有量の分布と変容を把握すること、畜肉や乳製品などの畜産製品における鉛含有量の分布と変容を把握すること、市民の畜産製品の食事量を把握することを目指した。ただし、特に畜産製品を生産している遊牧民は、前述のように定期的に移動を繰り返しており、管理されているわけではないので、調査段階でも社会実装を考えても、各遊牧民を訪ねて畜産製品を採取し分析することが考えられる。そこで、畜産食品に関する調査については、簡易調査法を確立することを目指した。

### 3. 研究の方法

本研究では、以下の3つのサブテーマを設定し、調査・研究を進めることとした。しかし、世界的に流行した Covid-19 により、2020年と2021年はモンゴル渡航計画を断念したことや、これまで使用してきた機器が使用できなくなったことなどから、当初3カ年の研究計画を2年間延長し、また当初の計画を一部変更しながら、可能な範囲で調査を進めた。以下は、計画変更の経緯等も含む各サブテーマの調査方法である。

#### A) 都市郊外における鉛の汚染源調査

当初は、モンゴル国の首都ウランバートル市郊外に増え始めている工場のリストアップ、位置や取り扱っている製品などについて、モンゴル国の関係各所におけるインタビュー調査や行政資料等を収集し、調べる予定であった。2019年夏季にモンゴル国に渡航し、現地の行政関係者等へのインタビューを行ったが、ウランバートル市郊外の工業化の状況に関する情報はほとんど得られなかった。その後、2020年と2021年は Covid-19 の影響で渡航できなかった。2022年夏季に渡航が可能になったため、現地研究機関の研究者らと共同で、特に自動車廃鉛バッテリーリサイクル施設に絞って情報収集を行った。また、可搬型蛍光 X 線分析器 (Genius XRF; Skyray Instruments, Co. Ltd., China) を用いて施設周辺土壌における鉛濃度を分析した。2023年夏季も渡航して2022年夏季と同様の調査を行った。

#### B) 遊牧家畜における鉛の曝露量に関する調査

当初は、ウランバートル市郊外の遊牧民を対象として、遊牧家畜の血液や生乳、乳製品などを採取し、これまでの調査で用いてきた血中鉛濃度測定器 Leed Care II (Meridian Bioscience, Inc., USA) を活用して、血中鉛濃度を測定するほか、生乳の鉛濃度の測定に活用可能か検証する計画であったが、本測定器の検査キットが入手困難な状況になったため、上記の検討は断念した。乳製品については、遊牧民が製造する乾燥チーズ (Aaruul, Eezgii など) を採取し、現地研究官の協力の下で乾式灰化して日本に持ち帰り、ICP 質量分析計を用いて鉛濃度を測定することとした。ただし、2022年夏季に渡航した際に乳製品を採取し、乾式灰化して持ち帰ったが、測定できる状態ではなかったため、これも断念した。

#### C) 生乳および乳製品の流通と食事量に関する調査

当初は、生乳および乳製品が、郊外の遊牧民からウランバートル市内や郊外の小売店に流通す

る量とルートを、行政関係資料や文献・統計資料の収集・解析と関係者へのインタビュー調査を行って推定する予定であったが、Covid-19の影響で渡航が難しかったため、2022年夏季と2023年夏季にウランバートル市内のサロール市場、中心街のデパート地下のAaruul等市販品販売店、郊外の集落の小売店などにおける聞き取り調査を行うにとどまった。

食事量調査については、滞在期間中に遊牧民の畜産食品の食事量を把握することは難しかったため、AaruulやEezgiiなどの乾燥チーズを対象を絞り、遊牧民の家庭やウランバートル市内の市場等で販売される市販品等を入手し、まずポーションサイズを把握することとした。

#### 4. 研究成果

上記のA), B), C) について、主な結果を以下に示す。

##### A) 都市郊外における鉛の汚染源調査

報告者らが2018年までに存在を把握していた主な自動車廃鉛バッテリーリサイクル施設は、ウランバートル市周辺には1カ所であったが、2019年頃には操業停止となった。しかし、Covid-19により渡航できなかった2年間を経て、2022年に現地研究機関の協力の下で行政文書等の情報収集を行った結果、新たに7業者に対して鉛精錬業の認可が与えられたことがわかった。そしてこのうちの1施設については、すでに稼働しているとの情報があった。しかし、施設の位置等については不確かな情報しか得られず、当該業者からも情報が得られなかった。そこで、2022年夏季に渡航した際に報告者が当該施設を探し出した。施設の周辺には小さな集落があり、遊牧家畜も放牧されていたため、施設周辺や集落等で土壌を採取した。2023年も同施設周辺の土壌を採取した。現時点では、可搬型蛍光X線分析器により鉛含有量を分析しており、いくつかの地点で検出上限値を超えているため、今後ICP質量分析計を用いて測定する予定としている。

また、報告者らが2018年以前から継続して調査を行っていた自動車鉛バッテリーリサイクル施設についても、2022年および2023年に周辺土壌を採取し可搬型蛍光X線分析器を用いて鉛含有量を分析した。やはりいくつかの地点で検出上限値を超えていることがわかった。一例として、Figure 1に2022年夏季に採取した施設周辺の鉛含有量を示した。2018年までの調査でも同様に濃度が非常に高い地点があり、操業停止から3年経過しても濃度が高いままであった。この施設周辺で2022年、2023年に採取した土壌についても、今後ICP質量分析計を用いて測定予定である。

これまでの調査で、自動車廃鉛バッテリーリサイクル施設周辺では、遊牧家畜が放牧されていることが確認されている。これらの施設周辺土壌には高濃度の鉛が含まれている地点があることも確認されている。施設が操業を停止したあとも、鉛は少なくとも表層土壌に残っており、家畜が摂取する可能性がある。これまで調査した2施設のほか、これから操業する可能性がある施設についても、注意する必要がある。

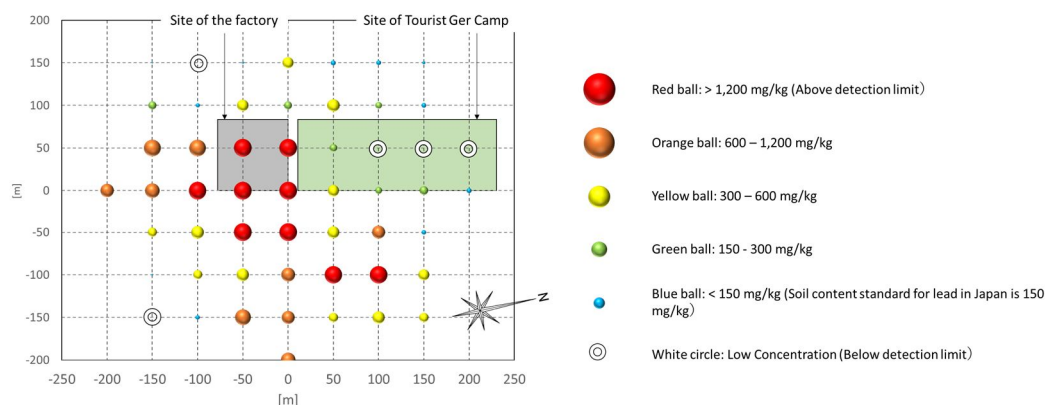


Figure 1. Lead levels in Soil (sampled in August 2022) close to lead battery recycling facility that ceased operation in 2019

##### B) 遊牧家畜における鉛の曝露量に関する調査

研究方法に記したように、主に LeadCare II の検査キットが入手困難になったこと、乳製品を乾式灰化したが測定できる状態ではなかったことから、B の調査に関しては十分な成果は得られなかった。今後の調査では、現地研究機関の協力の下で、現地にて前処理と測定を行う体制を確立したいと考えている。

### C) 生乳および乳製品の流通と食事にに関する調査

本調査では、乾燥チーズ（主に Aaruul, Eezgii）を中心に、遊牧民や小売店等に聞き取り調査を行った。遊牧民には、作り方や作る量などを聞き取ったほか、親戚や訪問客等に分け与えることなど、乾燥チーズの消費ルート等についても把握した。小売店での聞き取りでは、ウランバートル市中心街のデパートやサロール市場では、企業が生産する乾燥チーズや、遠方の遊牧民から仕入れる乾燥チーズなどもあることがわかった。また、2022年に新たに操業がわかった自動車廃鉛バッテリーリサイクル施設の近郊の集落の小売店で販売していた乾燥チーズは、近隣の遊牧民から仕入れていることがわかった。ただし、訪問した当日は在庫がなく、入手できなかった。

本研究の大きな目的の一つは、遊牧民における乳製品の食事による鉛の曝露量の推定であるが、遊牧民の食事量については短期滞在では把握が困難であるため、まずは乾燥チーズの食事量の調査方法を検討することとした。具体的には、遊牧民の乾燥チーズは決まった型がなく各家庭によって形や大きさ、重さなどが様々であり、常にゲル内のテーブルの皿に積んで置いてあり、朝食や昼食、夕食など決まった時間はなく、菓子のように食されている。畜肉は食事時に観察や重量測定などで食事量が把握できるが、乾燥チーズは頻度が多く難しい。そこで、各家庭の乾燥チーズを採取し、ポーションサイズを測定することとした。その結果を Figure 2 に示した。また、遊牧民の家庭から採取した乾燥チーズサンプルの一部を Figure 3 に示した。

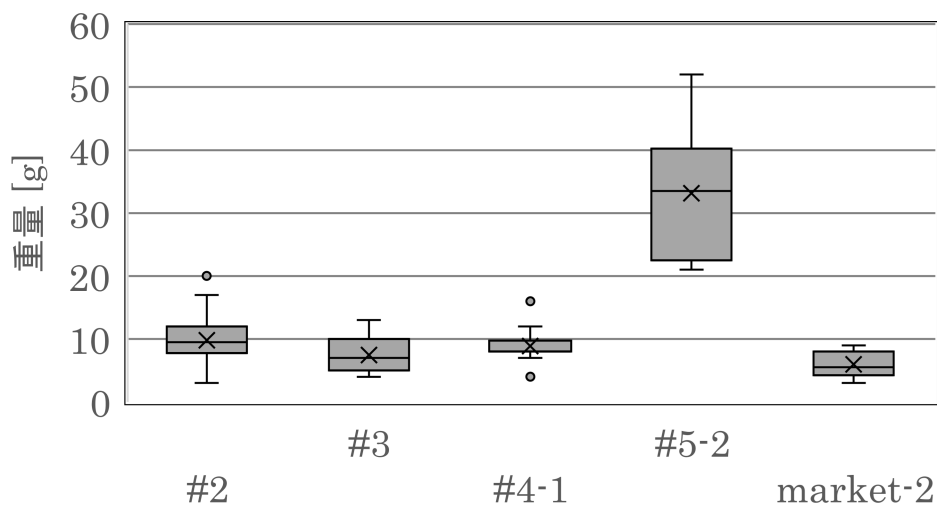


Figure 2. Mongolian dried cheese (Aaruul and Eezgii) portions size collected from nomads and markets

\_ only those with a sample size of 5 or more are shown

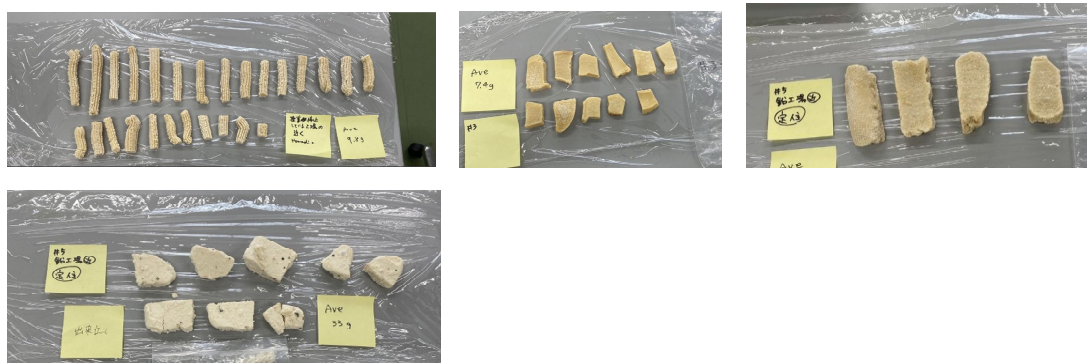


Figure 3. Example of Nomadic diried cheese

Figure 2 に示したように、各遊牧民家庭で作られる乾燥チーズは、大きさや形がそれぞれ異なる。手作業で作るため、一つ一つの大きさや形も異なる。なお、Figure 2 に示した乾燥チーズの変動係数は、#2 ~ market-2 の順に、0.37, 0.40, 0.29, 0.32, 0.36 であった。

本研究の当面の目的としてはおおよその食事量を把握することである。そこで、今後の乾燥チーズの食事量調査の方法としては、まず各家庭の乾燥チーズから標本を採取し、重量を測定して、重量の平均値と変動係数を算出する。ある一定の変動係数の値を目安として設定し、その値を超えない場合は、乾燥チーズを食べた個数と平均値から、食事量を把握することにした。

以上が本研究の成果である。本研究は、海外をフィールドとしていたため、本研究期間に世界的に流行した Covid-19 の影響を受けて、当初の研究計画を変更しながら研究を進めた。今後の研究として、特にモンゴル国の自動車廃鉛バッテリーリサイクルの動向に注視しながら、現地研究機関と共同で鉛による草原環境の汚染防止に向けた基礎的なデータを積み上げるほか、畜肉や乳製品による鉛曝露量の推定のため、食事量の把握、畜産食品中の鉛濃度の分析、家畜の鉛曝露量の調査などを進めたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kosuke Toshiki, Hirotaka Naitou, Jeongsoo Yu, Tserendorj Javzandolgor, Bilguun Byambajav, Enkhdul Tuuguu
2. 発表標題 Study for Lead and Arsenic Concentration in Soil around a Recycling Facility for Lead Storage Batteries in Mongolia
3. 学会等名 Asian Automotive Environmental Forum 12 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	長命 洋佑 (Chomei Yosuke) (10635965)	広島大学・統合生命科学研究科(生)・准教授  (15401)	
研究分担者	内藤 博敬 (Naito Hirotaka) (30254262)	静岡県立農林環境専門職大学・生産環境経営学部・准教授  (23805)	
研究分担者	劉 庭秀 (Yu Jeongsoo) (70323087)	東北大学・国際文化研究科・教授  (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------