

平成 30 年 5 月 22 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K16197

研究課題名(和文)統合的メタロミクスによる鉛汚染源推定に有用な家畜・家禽の探索と種差の分子基盤解明

研究課題名(英文)Elucidation of useful livestock/poultry for Pb source estimation and its molecular mechanisms underlying species differences by integrated metallomics approaches

研究代表者

中山 翔太(Nakayama, Shouta)

北海道大学・獣医学研究院・助教

研究者番号：90647629

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：年間23万人が主に鉱床由来の鉛中毒により死亡し、60万人以上の子供の知的発達に影響を及ぼしているが、汚染源推定に有用な手法は確立されていない。本研究では鉛汚染源推定に有用な家畜・家禽種を解明することを目的とした。高精度鉛同位体比解析より、アフリカを含めた発展途上国で流通し、またヒトの食糧源としても用いられるヤギやニワトリを用いることで、鉛汚染源の推定が可能であることを明らかにした。LA-ICP-MS(レーザー照射型誘導結合プラズマ質量分析法)により、マウスにおける鉛の臓器内局所分布を解析した。脳の海馬領域の高濃度蓄積や、特に、腎臓の髄質において皮質よりも高濃度の鉛蓄積が確認された。

研究成果の概要(英文)：According to WHO, approximately 230,000 people annually die mainly from lead (Pb) poisoning derived from mineral deposits and affect the intellectual development of more than 600,000 children, but useful methods for estimating pollution sources have not been established. In this study, we aimed to elucidate useful livestock and poultry species for source estimation of Pb contamination. From the high precision lead isotope ratio analysis, it was revealed that it is possible to estimate the source of Pb contamination by using goats and chickens distributed in developing countries including Africa and also used as human food sources. Local distribution of Pb in mice was analyzed by LA-ICP-MS (laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry). High Pb accumulation in the hippocampus area of the brain and Pb accumulation at a higher concentration than in the cortex than the medulla of the kidney was revealed.

研究分野：毒性学、獣医毒性学

キーワード：鉛 汚染源推定 安定同位体比 家畜・家禽 ヤギ ニワトリ 歩哨動物 LA-ICP-MS

## 1. 研究開始当初の背景

途上国を中心に、年間 23 万人が主に鉱床由来の鉛中毒により死亡し、60 万人以上の子供の知的発達に影響を及ぼしている (WHO, 2014)。米国 ATSDR (環境有害物質・特定疾病対策庁) は、2013 年の「The Priority List of Hazardous Substances」において、数千万種類ある化学物質・元素の中で、ヒ素に続く第 2 位の人体有害物質に鉛を挙げた。特に、地下資源の豊富な途上国では人工的な乱開発に伴う鉛汚染が深刻である。2010 年にはナイジェリア・ザムファラ地域で、金採掘に伴う鉛中毒により 400 人の子供が死亡し、その影響は数万人に及ぶ (CDC, 2011)。申請者の調査では、人の中毒死よりも、家畜・家禽の大量死が先に発見され、獣医学領域の知見を基にした適切な対策が施されれば、人の中毒死を未然に防いでいた。また、申請者のザンビア・カブエ鉱床地域の研究により、家畜・家禽の可食部に食の安全を脅かす高濃度の鉛蓄積を報告した。しかし、現在でも汚染対策は未施行であり、汚染源解析手法の確立は喫緊課題である。鉛汚染源の推定に「鉛安定同位体比解析」が有用とされてきた。鉛は質量数の異なる 4 つの安定同位体 (204Pb、206Pb、207Pb、208Pb) を持ち、その存在比は鉛の由来による固有値を示す。一般的に、環境サンプル (水、土壌、大気粉塵など) と人・動物の血液・組織中の鉛同位体比を比べ、暴露経路の推定を行っている。

## 2. 研究の目的

これまで、生体内の鉛同位体比は一定とされてきたが、近年、鉛同位体の種類による組織内の蓄積率の違いにより、鉛同位体比が異なる「生体内同位体分別」が解明された。この報告は、同位体比解析に使用する臓器によっては、鉛汚染源を正確に反映しない可能性があることを示した初めての例である。そして、人の試料においても同位体分別が確認され、非侵襲的試料である血液・尿の同位体比を用いた汚染源解析の正確性・再現性にも疑問が挙がりつつある。さらに、ラットの血中鉛濃度が 5 µg/dL 以上の場合、生体内同位体分別の崩壊が起こり、この「閾値」以上において、汚染源 (暴露源) の鉛同位体比を示す「生体内同位体分別崩壊コンセプト」が提唱された。この発見は、鉛暴露レベルが閾値以下である場合には、正確な汚染源推定が困難であることを示唆する。続いて申請者は、ヤギとニワトリの全身臓器を用いた比較生物学的解析を取り入れ、この分別崩壊が起こる濃度 (閾値) の動物種差を、世界で初めて解明した。以上の先行研究と自らの発見をもとに、申請者は「より低い閾値において生体内同位体分別の崩壊が起こる動物種ほど、より低濃度の鉛暴露レベルにおいて、鉛同位体比が汚染源と同じ値を示し、汚染源推定に利用できる

動物種では？」という作業仮説を立て、鉛蓄積特性や閾値の種差のメカニズムを【Field level /In Vivo /In Vitro /In Silico】での統合的メタロミクスにより解析し、鉛汚染源推定に有用な家畜・家禽種を解明することを研究目的とした。

## 3. 研究の方法

方法① 「鉛汚染域における Field 研究による、汚染源解析に適した候補動物種の選定」カブエ鉱床由来の鉛暴露を受けている家畜・家禽の鉛濃度と鉛同位体比分布を比較し、鉛汚染の推定に利用できる可能性の高い動物種をピックアップする。

方法② 「候補動物における In Vivo での同位体分別崩壊の閾値および鉛蓄積特性の解明」

方法①の候補動物種における鉛投与試験を行い、同位体分別崩壊の閾値の種差および、LA-ICP-MS 法を適用した組織レベルでの同位体比マッピングにより、鉛蓄積特性の種差を解明する。

方法③ 「閾値および蓄積特性の動物種差を引き起こす分子メカニズムの解明」

In Silico と In Vitro 発現系・臓器 Primary Culture をもとに分子レベルでのメカニズム解明を行う。

## 4. 研究成果

【(1) 世界で最も深刻なザンビア共和国における高濃度鉛汚染地域の存在を解明】

2016~2017 年の我々の研究で、子供 300 名および母子 440 組 (880 名) の血中、尿中および糞便中の鉛濃度を測定し、鉱床付近では対象の 100% が基準値を超過する深刻な汚染実態であることを明らかにした (Yabe et al. 2018)。我々の研究成果は、世界銀行 (World Bank) によるザンビア鉱床地域の汚染対策に関する大型プロジェクト (約 60 億円規模) における基盤データとして使用されるなど、国際レベルの重要な政策決定に貢献している。

【(2) 鉛の汚染ルートの推定に、家畜・家禽が有用であることを解明】

カブエ地域において、各種の家畜・家禽の採材を行い、特にヤギおよびニワトリの生息数が豊富であったことから、この 2 種を重点的に採材した。各臓器における鉛 (Pb) をマイクロウェーブ法で抽出し、ICP-MS で鉛濃度と鉛同位体比 (208Pb/206Pb と 207Pb/206Pb) を測定した。ヤギにおいては、血中もしくは臓器中の鉛濃度が上昇するに伴い、これらの生体サンプルにおける同位体比が、土壌などの環境試料における同位体比と同程度の値を示した。一方で、ニワトリにはそのような傾向が認められなかった。これらの結果より、

ヤギでは生体内分別およびその崩壊に関する閾値が観察されたが、ニワトリでは生体内分別が生じない可能性が考えられ、本結果はニワトリの同位体が鉛の汚染源を反映せず、歩哨動物としては有用ではない可能性を示唆した。一方で、方法①はフィールド調査であることから、鉛の曝露源が単一でないことも考えられる。そこで、方法②における実験室内での鉛投与試験を計画通りに行った。その結果、ヤギでは低濃度曝露においては生体内分別による臓器ごとのばらつきが大きく、汚染源から離れていることも考えられ、時に推定が困難になる可能性があることが分かった。しかし、閾値 5 µg/dL を超えた高濃度曝露の際は、生体内分別が起らず、汚染源とほぼ同一の値をとり、ヤギは高濃度曝露の際は歩哨動物として有用であると考えられた。これに対し、ニワトリでは低濃度であっても同位体の生体内分別は無視でき、閾値を超えない低濃度曝露であっても鉛安定同位体の解析においてニワトリは歩哨動物として有用である可能性が考えられた。このように、鉛の濃度によって、上記 2 種を組み合わせる必要があることが分かった。分子メカニズムについては現在解析中であり、引き続き検討を行っていく。以上のように、申請者は、ヤギとニワトリの全身臓器を用いた比較生物学的解析を取り入れ、この分別崩壊が起こる濃度（閾値）の動物種差を、世界で初めて解明し、鉛の汚染ルートの推定に、ヤギやニワトリなどの世界的に流通する家畜・家禽が有用であることを明らかにした。

【(3) 鉛の生体内臓器分布を、レーザー照射型・誘導結合プラズマ質量分析計で解明】鉛の毒性発現メカニズムの解明が、治療なども視野に入れた鉛汚染問題の解決に必須である。しかし、マウスやラットなどのげっ歯類モデルでさえ、鉛の臓器中の局所濃度分布についての知見は無く、根本的な基礎情報が欠落していた。そこで、申請者はマウス (BALB/c) に鉛を飲水投与し、肝臓、腎臓、脳を採材し、レーザー照射型・誘導結合プラズマ質量分析計 (LA-ICP-MS 法) により、鉛の臓器内局所分布を解析した。脳の海馬領域の高濃度蓄積や、特に、腎臓の髄質において皮質よりも高濃度の鉛蓄積が確認された。鉛や他の有害金属の腎障害は、主に皮質に存在する近位尿細管に生じるため、近位尿細管 (皮質) の高濃度蓄積を予想していたが、本研究結果は、高感受性部位と高蓄積部位は異なるということを示唆し、鉛の病理毒性学的な機序解明に貢献する知見である (Togao & Nakayama et al. Under Review)。

以上の成果は、学術論文や国内外の学会で発表し、国際シンポジウムでの受賞など高い評価も受けている。さらに、当該研究課題は、平成 30 年度からの国際共同研究加速基金(国

際共同研究強化) の新規課題に発展・拡大し、ザンビア大学との継続的な共同研究へと繋がった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 35 件) 全て査読有

1. Yabe J, Nakayama S.M.M., Ikenaka Y, Yohannes YB, Bortey-Sam N, Kabalo AN, Ntapisha J, Mizukawa H, Umemura T, Ishizuka M. Lead and cadmium excretion in feces and urine of children from polluted townships near a lead-zinc mine in Kabwe, Zambia. *Chemosphere* (2018, in press) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.079> (査読有)
2. Bortey-Sam N, Ikenaka Y, Akoto O, Nakayama SMM, Asante KA, Baidoo E, Obirikorang C, Mizukawa H, Ishizuka M. Association between human exposure to heavy metals/metalloid and occurrences of respiratory diseases, lipid peroxidation and DNA damage in Kumasi, Ghana. *Environ Pollut.* 235: 163-170 (2018) DOI: [10.1016/j.envpol.2017.12.005](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.005) (査読有)
3. Ogbomida ET, Nakayama SMM, Bortey-Sam N, Oroszlany B, Tongo I, Enuneku AA, Ozekeke O, Ainerua MO, Fasipe IP, Ezemonye LI, Mizukawa H, Ikenaka Y, Ishizuka M. Accumulation Patterns and Risk Assessment of Metals and Metalloid in Muscle and Offal of free-Range Chickens, Cattle and Goat in Benin City. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 151: 98-108 (2018) DOI: [10.1016/j.ecoenv.2017.12.069](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.069) (査読有)
4. Bortey-Sam N, Ikenaka Y, Akoto O, Nakayama SMM, Marfo JT, Saengtienchai A, Mizukawa H, Ishizuka M. Sex and site differences in urinary excretion of conjugated pyrene metabolites in the West African Shorthorn cattle. *JVMS.* 80: 375-381 (2018) DOI: [10.1292/jvms.17-0410](https://doi.org/10.1292/jvms.17-0410). (査読有)
5. Darwish WS, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Mizukawa H, Thompson LA, Ishizuka M.  $\beta$ -carotene and retinol reduce benzo[a]pyrene-induced mutagenicity and oxidative stress via transcriptional modulation of xenobiotic metabolizing enzymes in

- human HepG2 cell line. *Environ Sci Pollut Res Int.* 25:6320-6328 (2018) DOI:10.1007/s11356-017-0977-z. (査読有)
6. 中山翔太、水川葉月、池中良徳、石塚真由美、鳥類で起こっているケミカルハザードとそのメカニズム、*日本野生動物医学学会誌*, 22(4): 69-72 (2017) (査読有)
  7. 石井千尋、中山翔太、水川葉月、池中良徳、石塚真由美、鳥類の鉛中毒の分析と原因、*中毒研究*, 30: 363-367 (2017) (査読有)
  8. Sasaki N, Ishi K, Kudo N, Nakayama SMM, Nakamura K, Morishita K, Ohta H, Ishizuka M, Takiguchi M. Spatial and temporal profile of cisplatin delivery by ultrasound-assisted intravesical chemotherapy in a bladder cancer model. *PLOS ONE.* 12(11):e0188093 (2017) DOI: 10.1371/journal.pone.0188093. (査読有)
  9. Uchida Y, Banda K, Nyambe I, Hamamoto T, Yoshii Y, Munthali K, Mwansa M, Mukuka M, Mutale M, Yabe J, Toyomaki H, Yohannes YB, Nakayama SMM, Naruse N, Ishizuka M, Takahashi Y. Multidisciplinary field research in Kabwe, Zambia, towards better understanding of lead contamination of the city – A short report from a field survey. *bioRxiv* (2017) DOI: <https://doi.org/10.1101/096164> (査読有)
  10. Akoto O, Bortey-Sam N, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Baidoo E, Yohannes YB, Ishizuka M. Contamination Levels and Sources of Heavy Metals and a Metalloid in Surface Soils in the Kumasi Metropolis, Ghana. *Journal of Health and Pollution.* 15: 28-39 (2017) (査読有)
  11. Ishii C, Nakayama SMM, Ikenaka Y, Nakata H, Saito K, Watanabe Y, Mizukawa H, Tanabe S, Nomiyama K, Hayashi T, Ishizuka M. Lead exposure in raptors from Japan and source identification using Pb stable isotope ratios. *Chemosphere.* 186: 367-373 (2017) DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.07.143 (査読有)
  12. Mizukawa H, Nomiyama K, Nakatsu S, Yamamoto M, Ishizuka M, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Tanabe S. Anthropogenic and Naturally Produced Brominated Phenols in Pet Blood and Pet Food in Japan. *Environ. Sci. Technol.* 51(19): 11354-11362 (2017) DOI: 10.1021/acs.est.7b01009 (査読有)
  13. Yohannes YB, Ikenaka Y, Gengo I, Nakayama SMM, Mizukawa H, Victor Wepener N, Smit NJ, van Vuren JJ, Ishizuka M. Assessment of DDT contamination in house rat as a possible bioindicator in DDT-sprayed areas from Ethiopia and South Africa. *Environmental Science and Pollution Research.* 24:23763-23770 (2017) DOI: 10.1007/s11356-017-9911-7 (査読有)
  14. Thompson LA, Ikenaka Y, Yohannes YB, van Vuren JJ, Wepener V, Smit NJ, Darwish WS, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. Concentrations and Human Health Risk Assessment of DDT and Its Metabolites in Free-range and Commercial Chicken Products from KwaZulu-Natal, South Africa. *Food Additives and Contaminants: Part A.* 34(11): 1959-1969 (2017) DOI: 10.1080/19440049.2017.1357209 (査読有)
  15. M'kandawire E, Choongo K, Yabe J, Mwase M, Saasa N, Nakayama SMM, Bortey-Sam N, Blindauer. Sediment Metal Contamination in the Kafue River of Zambia and Ecological Risk Assessment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.* 98:172-177 (2017) DOI: 10.3390/ijerph14010056 (査読有)
  16. Ishii C, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Mizukawa H, Yohannes YB, Watanuki Y, Fukuwaka M, Ishizuka M. Contamination status and accumulation characteristics of heavy metals and arsenic in five seabird species from the central Bering Sea. *JVMS.* 79:807-814 (2017) DOI: 10.1292/jvms.16-0441 (査読有)
  17. Nakata H\*, Nakayama SMM\*, Oroszlany B, Ikenaka Y, Mizukawa H, Tanaka K, Harunari T, Tanikawa T, Darwish WS, Yohannes YB, Saengtienchai A, Ishizuka M (\* Equal contribution). Monitoring lead (Pb) pollution and identifying Pb pollution sources in Japan using stable Pb isotope analysis with kidney of wild rats. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 14(1):E56 (2017) DOI: 10.3390/ijerph14010056 (査読有)
  18. Yohannes YB, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. Trace Element Contamination in Tissues of Four Bird Species from the Rift Valley

- Region, Ethiopia. *BECT.* 98:172-177 (2017) DOI: 10.1007/s00128-016-2011-4 (査読有)
19. Yohannes YB, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. DDTs and other organochlorine pesticides in tissues of four bird species from the Rift Valley region, Ethiopia. *Sci. Total. Environ.* 574: 1389-1395 (2017) DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.056 (査読有)
  20. Bortey-Sam N, Ikenaka Y, Akoto O, Nakayama SMM, Marfo J, Saengtienchai A, Mizukawa H, Ishizuka M. Excretion of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites (OH-PAHs) in cattle urine in Ghana. *Environmental Pollution.* 218: 331-337 (2016) DOI: 10.1016/j.envpol.2016.07.008 (査読有)
  21. Bortey-Sam N\*, Nakayama SMM\*, Ikenaka Y, Akoto O, Baidoo E, Mizukawa H, Ishizuka M (\* Equal contribution). Heavy metals and metalloid accumulation in livers and kidneys of wild rats around gold-mining communities in Tarkwa, Ghana. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 8(7), pp.58-68 (2016) DOI: 10.5897/JECE2016.0374 (査読有)
  22. Nakayama SMM, Ikenaka Y, Hayami A, Mizukawa H, Darwish WS, Watanabe KP, Kawai YK, Ishizuka M. Characterization of Equine Cytochrome P450: Role of CYP3A in the Metabolism of Diazepam. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics.* 39(5):478-87 (2016) DOI: 10.1111/jvp.12303 (査読有)
  23. Watanuki Y, Yamashita A, Ishizuka M, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Ishii C, Yamamoto T, Ito M, Kuwae T, Trathan PN. Feather mercury concentration in streaked shearwaters wintering in separate areas of Southeast Asia. *Mar Ecol Prog Ser.* 546: 263-269 (2016) DOI: 10.3354/meps11669 (査読有)
  24. Darwish WS, Ikenaka Y, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. Constitutive Effects of Lead on Aryl Hydrocarbon Receptor Gene Battery and Protection by  $\beta$ -carotene and Ascorbic Acid in Human HepG2 Cells. *J. Food. Sci.* 81(1):T275-81 (2016) DOI: 10.1111/1750-3841.13162 (査読有)
  25. Gerber R, Smit NJ, Van Vuren JH, Nakayama SMM, Yohannes YB, Ikenaka Y, Ishizuka M, Wepener V. Bioaccumulation and human health risk assessment of DDT and other organochlorine pesticides in an apex aquatic predator from a premier conservation area. *Sci. Total. Environ.* 550: 522-533 (2016) DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.129 (査読有)
  26. Nishiyama Y, Nakayama SMM, Watanabe KP, Kawai YK, Ohno M, Ikenaka Y, Ishizuka M. Strain differences in cytochrome P450 mRNA and protein expression, and enzymatic activity among Sprague Dawley, Wistar, Brown Norway and Dark Agouti rats. *JVMS.* 78.4: 675-80 (2016) DOI: 10.1292/jvms.15-0299 (査読有)
  27. Nakata H\*, Nakayama SMM\*, Yabe J, Liazambi A, Mizukawa H, Darwish WS, Ikenaka Y, Ishizuka M (\* Equal contribution). Reliability of stable Pb isotopes to identify Pb sources and verifying biological fractionation of Pb isotopes in goats and chickens. *Environ Pollut.* 208(Pt B):395-403 (2016) DOI: 10.1016/j.envpol.2015.10.006 (査読有)
  28. Mahmoud AFA, Ikenaka Y, Yohannes YB, Darwish WS, Eldaly EA, Morshdy AE, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M. Distribution and health risk assessment of organochlorine pesticides (OCP) residue in edible cattle tissues from northeastern part of Egypt: High accumulation level of OCP in tongue. *Chemosphere* 144:1365-71 (2016) DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.10.016 (査読有)
  29. Darwish WS, Ikenaka Y, Morshdy AE, Eldesoky KI, Nakayama SMM, Mizukawa H, Ishizuka M.  $\beta$ -carotene and retinol contents in the meat of herbivorous ungulates with a special reference to their public health importance. *JVMS.* 78.2: 351 (2016) DOI: 10.1292/jvms.15-0287 (査読有)
- [学会発表] (計 84 件)
1. 中山翔太、水川葉月、池中良徳、石塚真由美、ザンビア・カブエ鉱床における鉛汚染問題とその解決に向けた取り組み-KAbwe Mine Pollution Amelioration Initiative (KAMPAI Project)、第3回北大部局間横断シンポジウム、2018年1月26日、北海道大学医学部学友会館フラテホール、北海道(口頭)
  2. Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, et al, Evaluation of utility for stable lead isotope ratios to

- identify lead sources and verifying biological fractionation of lead isotopes in goats and chickens, SETAC North America 38th Annual Meeting, 11-16 November 2017, Minneapolis Convention Center, Minneapolis, Minnesota, USA (Poster)
3. Shouta MM Nakayama, et al, Local distribution of Pb in mice using bioimaging by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS), 1st International KAMPAI Symposium on Sustainable Management of Resources and Environment in the 21st Century, 6-7th November 2017, Hokkaido University, Sapporo, Japan (Poster)
  4. Hokuto Nakata, Shouta M.M. Nakayama, et al, Utility evaluation for stable Pb isotopes analysis using potential sentinel animals to identify Pb pollution sources、International Conference on Geology, Mining, Mineral and Groundwater Resources of the Sub-Saharan Africa, 2017年7月11日~13日、Livingstone, Zambia、(口頭発表)
  5. John Yabe, Shouta MM Nakayama, et al, Kabwe childhood lead poisoning: past, present and future, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Oral)
  6. Haruya Toyomaki, Shouta M.M. Nakayama, et al, Lead exposure on human samples in African countries: a mini review, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Oral)
  7. Shouta M.M. Nakayama, et al, Pb levels and isotope ratio profiles in kidneys of Japanese wild rats, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Poster)
  8. Masao Togao, Shouta M.M. Nakayama, et al, Is there species difference of biological variation of lead (Pb) isotopic composition between livestock and poultry?, 8th International Toxicology Symposium in Africa, 29th-31st August, 2016, Giza, Egypt (Poster, Poster Award)
  9. 中山翔太、Metal pollution problems in animals and children in Kabwe mining area, Republic of Zambia-Source Estimation by Stable Pb isotopes-、第16回北大若手研究者交流会、2016年8月19日、北海道大学、札

幌(招待講演)

10. Shouta M.M. Nakayama, et al. KAMPAI -Team 2, PAST, PRESENT and FUTURE-, Kick-Off Symposium for the “The Project for Visualization of impact of chronic/latent chemical hazard and Geo-Ecological Remediation in Zambia”, 14th July, 2016, CRESTA Golfview Hotel, Lusaka, Zambia (Oral)

[図書] (計 5 件)

1. 石塚真由美、中山翔太、鏑迫典久、トキシコロジー第3版(朝倉書店) 7章 環境毒性、2018年3月5日、P307-319

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

北海道大学大学院獣医学研究院毒性学教室  
<http://tox.vetmed.hokudai.ac.jp/>  
<http://satreps-kampai.vetmed.hokudai.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 翔太 (Nakayama Shouta)  
 北海道大学・大学院獣医学研究院・助教  
 研究者番号：90647629

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

石塚 真由美 (Ishizuka Mayumi)  
 北海道大学・大学院獣医学研究院・教授

池中 良徳 (Ikenaka Yoshinori)  
 北海道大学・大学院獣医学研究院・准教授

水川 葉月 (Mizukawa Hazuki)  
 北海道大学・大学院獣医学研究院・助教

平田 岳史 (Hirata Takafumi)  
 東京大学・大学院理学系研究科・教授