第１７６号（２０２２年２月１６日発行）

愛研技術通信

掲　示　板

法令・告示・通知・最新記事・その他

○　「ほう素及びその化合物、ふっ素及びその化合物並びにアンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物 に係る暫定排水基準の見直し案」に対する意見の募集（パブリックコメント）について

2022 年 2 月 8 日　環境省報道発表資料抜粋

ほう素及びその化合物（以下「ほう素」という。）、ふっ素及びその化合物（以下「ふっ素」という。）並びにアンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物（以下「硝酸性窒素等」という。）は、水質汚濁防止法による一般排水基準が定められています。

排水基準施行の際、直ちに一般排水基準を達成することが困難であると認められた業種に、暫定排水基準が設定されました。現在は11業種に適用され、令和4（2022）年6月末が期限となっています。

環境省中央環境審議会水環境・土壌農薬部会 排水規制等専門委員会は、暫定排水基準値の見直しに向け検討を行い、見直し案を取りまとめました。

見直し案は、パブリックコメントの後、3月下旬に中央環境審議会水環境・土壌農薬部会で審議し、必要な省令を改正し4～5月頃公布、7月1日から施行される予定です。

見直し案を、表に示します。

表.ほう素、ふっ素、硝酸性窒素等に係る暫定排水基準の見直し案

業種		区分	現行 → 見直し案			
			ほう素 (mg/L)	ふっ素 (mg/L)	硝酸性窒素等 (mg/L)	延長期間
			一般排水基準: 10 (海域は230)	一般排水基準: 8 (海域は15)	一般排水基準: 100	
温泉	旅館業	ほう素濃度が500mg/L以下の温泉	500 → 300			当分の間
		ほう素濃度が500mg/Lを超える温泉	500 → 500			
		自然湧出		50 → 50		
		自然湧出以外		30 → 30		
		昭和49年以降湧出で50m^3/日以上		15 → 15		
畜産	畜産農業	豚房施設を有する			500 → 400	令和7年6月30日まで
		牛房施設を有する			500 → 300	
		馬房施設を有する			500 → 一般	－
工業	ほうろう鉄器製造業		40 → 40	12 → 12		令和7年6月30日まで
	金属鉱業		100 → 100			
	電気めっき業	日排水量50m^{3}未満	30 → 30	40 → 40		
		日排水量50m^{3}以上		15 → 15		
	貴金属製造・再生業				2,800 → 2,800	
	酸化コバルト製造業				120 → 一般	－
	ジルコニウム化合物製造業				600 → 350	令和7年6月30日まで
	モリブデン化合物製造業				1,400 → 1,300	
	バナジウム化合物製造業				1,650 → 1,650	
下水道	下水道業	温泉排水を受け入れているもので一定のもの	50 → 40			当分の間
		モリブデン、ジルコニウム化合物製造業排水を受け入れているもの			130 → 一般	－

暫定排水基準を変更せず延長
暫定排水基準を改定して延長
空欄は一般排水基準適用

○ 幕末・維新に用いられた銃弾の鉛はどこから？

～ 鉛同位体比から鉛資源の流通を復元 ～

2021 年 12 月 21 日　琉球大学報道発表資料抜粋

琉球大学、岩手大学、熊本大学、総合地球環境学研究所、長崎県対馬歴史民俗資料館、山形大学の研究チームは、江戸時代末～明治維新期に使用・鋳造された銃弾を多数収集し（図 1）、歴史学的・考古学的な検討を行うとともに、これらの鉛同位体比の化学分析を実施しました。

図1　球状の弾丸と火薬入れ（左）と椎ノ実状の弾丸（右）

【 研究の背景と課題 】

近世～近代は、ナポレオン戦争やアメリカ南北戦争など、世界の各地で銃火器を用いた戦争・内戦が多発しました。日本国内でも、薩英戦争や戊辰戦争、西南戦争などの戦闘が発生し、欧米諸国でデッドストックとなった銃火器が、日本に多量に流入したと考えられています。銃弾には、成型が容易で密度の大きい金属鉛が使用される場合が多く、これらの銃弾は、当時の鉛資源の流通状況を反映した考古学史料とみなすことができます。しかし、幕末の混乱期には銃火器の密輸入も多く、文献記録に残らない物資も相当量存在したことが指摘されています。銃弾の鉛同位体比の検討により、従来の目視形態観察や文献記録の読解からは分からなかった、個々の銃弾の来歴の議論が可能となります。

ただし、日本国内を除くと、銃弾の鉛同位体比から鉛資源の起源を検討した研究例は、世界中にほとんどありませんでした。また、鉄砲が伝来して間もない戦国時代の銃弾に使われている鉛の起源は、古代～中世の考古遺物の検討から、日本、中国北部、中国南部、朝鮮半島、タイの5地域からの鉛鉱山の鉛同位体組成を用いて議論されていました（図2の中の各囲み）。一方，西南戦争（1877年）で新政府軍によって用いられていた銃弾の鉛は、上記のいずれの地域の組成範囲からも外れる鉛同位体比を示し、その来歴は不明でした。

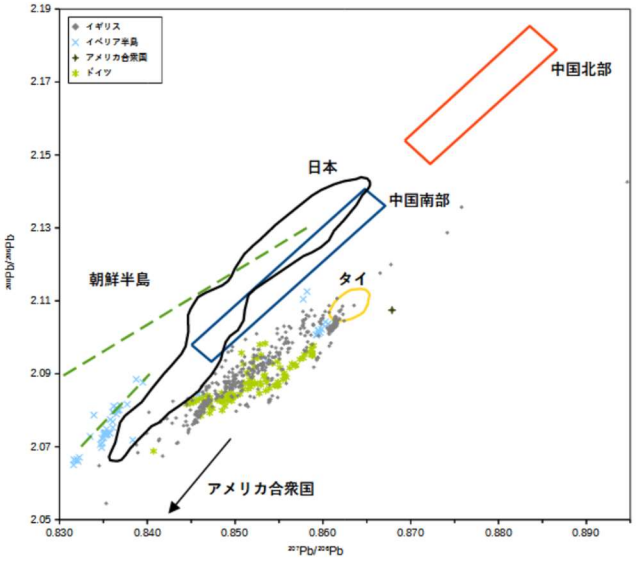

図2 世界の主要な地域の鉛鉱山の鉛同位体比

【 本研究の内容 】

研究チームは、江戸時代末～明治時代初期の 3 つの時代（開国前、戊辰戦争、西南戦争）に使用・鋳造された銃弾を、日本全国の広い範囲から収集し、鉛同位体比の測定を行いました。

近世以降は、ヨーロッパ諸国が世界各地へと進出していた時代です。そこで、得られた鉛同位体比と、欧米諸国の主要な鉱山の同位体比を比較しました（図 2 の中の各凡例のプロット）。19 世紀前期～中期に流通していた今回分析した約半数の銃弾は、日本国内の鉛鉱山から産出した鉱石の組成範囲内にプロットされましたが、残りの約半数の銃弾は、イギリス産の鉛鉱石の同位体比と一致しました（図 3～5）。すなわち、外来の鉛はイギリスに由来する可能性が分かりました。また、本研究で検討した試料の中には、日本がまだ鎖国している時代に鋳造された球状の弾丸もあり、それらにはイギリス産の鉛も含まれていました（図 3）。

鎖国中、徳川幕府は中国（清）とオランダ以外の国との貿易を禁じていましたが、それにもかかわらずイギリス産の鉛を使用した銃弾が鋳造されていたことは、イギリス産の鉛資源が世界規模でマーケットシェアを握っていた証拠だと考えられます。ヨーロッパ諸国が世界各地へ進出したことに伴って、鉛資源の世界的な流通状況も、東～東南アジア産から約 300 年の間に大きく変化したことが明らかとなりました。

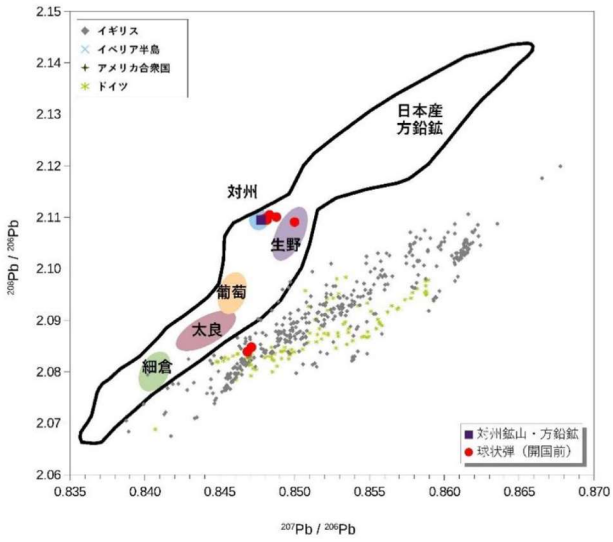

図3 開国前の球状弾と対州鉱山*の鉱石の鉛同位体比

*対州鉱山：長崎県北部，対馬の南西部にあった鉱山。

戊辰戦争期には、従来の火縄銃のように、球状の銃弾を前装式で装填・射出するゲベール銃から、有効射程を伸ばすために椎ノ実状の銃弾を用いるミニエー銃、エンフィールド銃、そして、装填速度を向上させるために後装式で椎ノ実状の銃弾を発射するシャープス銃、スナイドル銃などへと、形態が急激に進化した洋式銃が大量に輸入されました。約半数の銃弾が、日本国内の鉱山で採掘された鉛鉱石と同じ鉛同位体比を有することから、当時の最新式の洋式銃の銃弾であっ

ても、輸入に頼るだけではなく、日本国内でも自前で銃弾を準備していたことが分かりました（図4）。

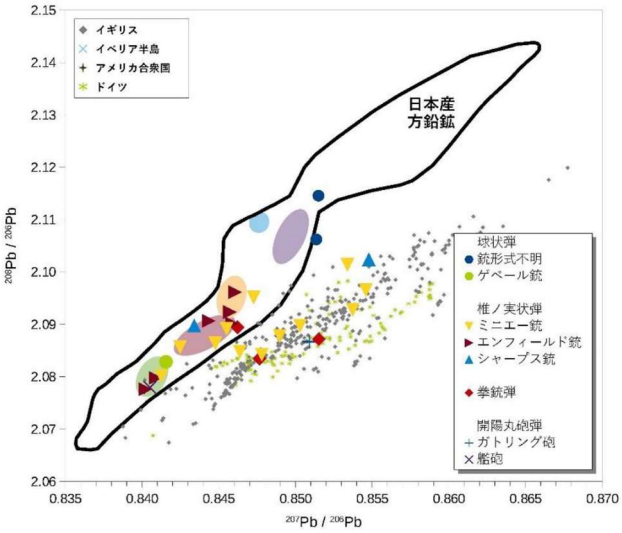

図4 戊辰戦争で使用された銃弾・砲弾の鉛同位体比

西南戦争で使用された銃弾は、銃弾の形態観察に基づき、新政府軍は最新式の後装式銃（スナイドル銃）を用いていたのに対し、薩摩軍は旧式の前装式銃（エンフィールド銃）を使用していたことが分かっていました。そして本研究により、これまで来歴不明であった西南戦争における新政府軍の銃弾の鉛は、イギリス産である一方、薩摩軍が使用していた銃弾は国産の鉛を使用していたことが分かりました（図 5）。すなわち、両軍は兵装の差に加え、武器の供給態勢の違いがあったことも示されました。

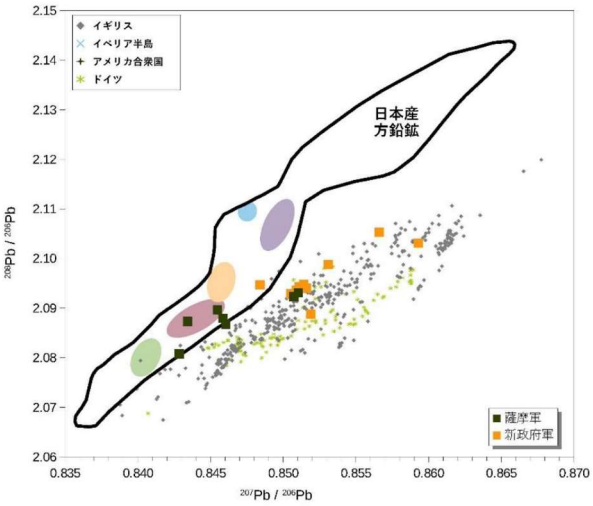

図 5 西南戦争で使用された銃弾の鉛同位体比

【 今後の展開 】

以上のように、考古学史料の鉛同位体比を調べることで当時の鉛資源の産地とグローバルな流通状況を復元することができました。近世は世界的に激動の時代であり、特に 19 世紀は、数十年の短いタイムスケールで、各国の産業技術が劇的に進歩を遂げた時代です。研究チームは、今後も金属考古学史料に用いられている原料の来歴を検討するとともに、より詳細な空間スケールでの金属資源の出所の解明に取り組む予定です。

【 鉛同位体比とは 】

原子には、原子核中の中性子の個数が異なるため，質量数の異なる同位体が存在します。このうち、放射線を出して核分裂する同位体を放射性同位体、核分裂しない同位体を安定同位体と呼びます。放射性同位体が核分裂をすると、別の元素に変化します。

鉛（Pb）の安定同位体のうち、質量数206、207、208のPbは、それぞれウラン238，ウラン235，トリウム232からの最終生成物で、これに鉛204を加えた各同位体の比は、地質イベント（鉱化作用など）の履歴を記録しています。銃弾の鉛同位体比は、原料となった鉛鉱石（方鉛鉱など）の鉛同位体比を引き継いでいるため、原料となった鉱石の原産地の推定が可能となります。

同位体比の分析は、試料を酸分解した後、表面電離型質量分析装置やマルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置などの質量分析装置で質量数の分析を行います。

○ 空気から採取された DNA は、動物の生物多様性を研究するための新しいアプローチを提供します

DNA collected from air offers novel approach to studying animal biodiversity

2022 年 1 月 9 日　カナダヨーク大学報道発表資料抜粋

イギリス及びカナダの研究グループとデンマークの研究グループは、空気から採取された環境DNA(eDNA)を使用して幅広い陸上動物種を検出できるかどうかを検証しました。

これらの研究は、生物多様性を監視するための新しい非侵襲的なアプローチを提供することを示しています。

【 研究の概要 】

研究グループは、空中 eDNA を使用して陸上動物種を検出できるかどうかを検証しました。この研究を行うために、イギリス及びカナダの研究グループは、イギリスのハマートン動物園から、デンマークの研究グループは、デンマークのコペンハーゲン動物園から空気サンプルを収集しました。

各研究グループは空中 eDNA を捕集するのに異なる方法を使用しましたが、両方とも動物園の園舎の内外に多数の動物種の存在を検出することに成功しました。

採取したサンプルを分析した結果、イギリス及びカナダの研究グループは、トラ、キツネザル、ディンゴなど25種の動物のDNAを同定することができました（図1)。そのうち17種類は動物園

の既知の種でした。さらに、テストしている場所から数百メートル離れていても濃度が大きく下がらず、密閉された建物の外からでも、動物からeDNAを採取することができるとわかりました。

デンマークの研究グループは、哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類、魚類に及ぶ49種を検出しました（図2）。

検出された種の多くは動物園で飼育されていたものですが、驚くべきことに、両チームとも動物園の周辺地域からの種も検出しています。イギリスで絶滅の危機に瀕しているユーラシアハリネズミがハマートン動物園の外から、ミズハタネズミとキタリスはコペンハーゲン動物園の周辺から検出されました。また、両チームとも、鶏、牛、馬、魚など動物園の動物の餌の存在も検出しています。検出された種が幅広いことから、空気中の eDNA を利用して、野生の陸生動物種を検出・モニタリングできる可能性が示されました。これは最終的に世界的な保護活動を支援することになります。

このアプローチの非侵襲的な性質は、脆弱な種や絶滅危惧種だけでなく、洞窟や巣穴などの手の届きにくい環境の中で観察するために特に価値があります。空気から彼らの DNA の痕跡を拾うことができれば、彼らが地域にいることを知るために私たちのために目に見える必要はありません。空気サンプリングは、地上のバイオモニタリングに革命をもたらし、動物群集の組成を追跡し、非在来種の侵入を検出する新たな機会を提供する可能性があります。

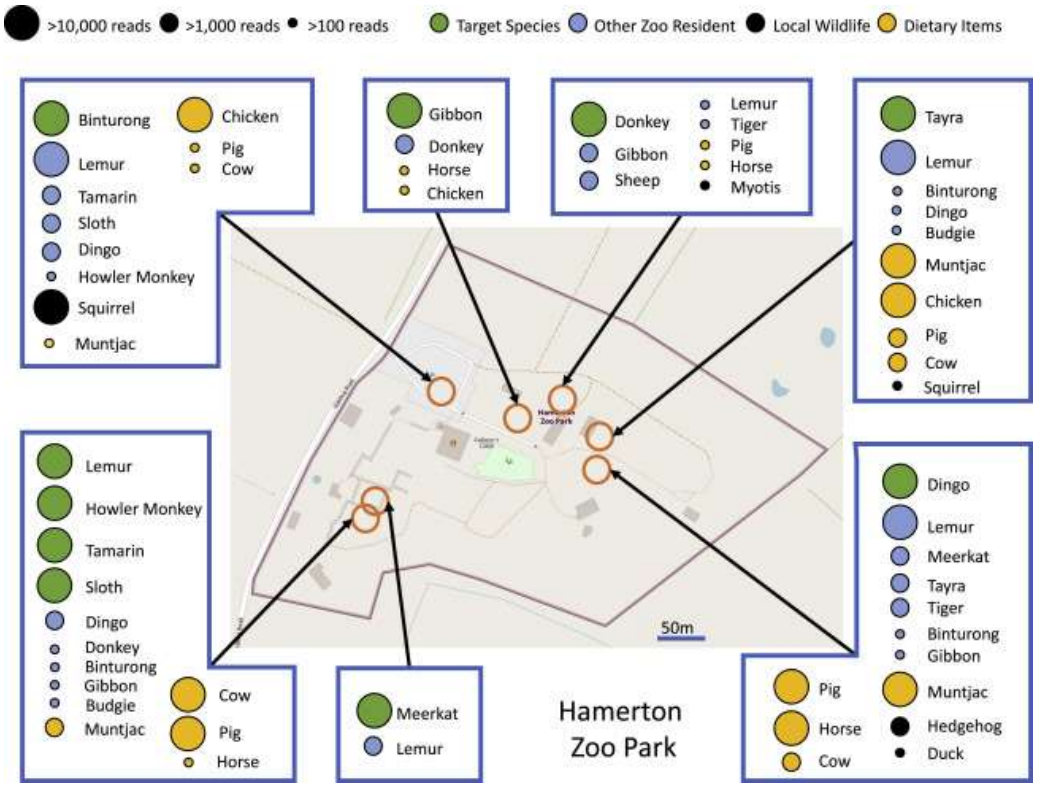

図 1 イギリスのハマートン動物園から採取した eDNA を用いて、動物園 7 箇所で同定された種。

同定されたDNAは色分けされて分類学上の位置を示し、円はおおよその読み取り量（低、中、高コピー数）を示すようにスケールされている。オレンジ色のリングはサンプリング位置を示す。100コピー未満の同定は図から除外した。

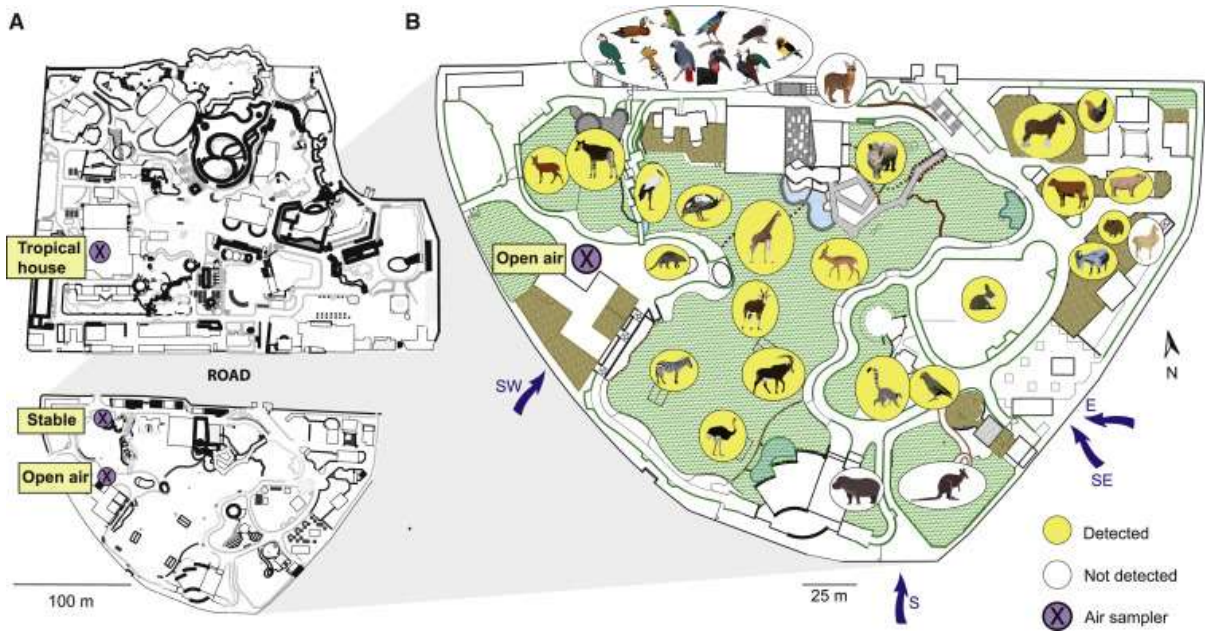

図 2（A）デンマークのコペンハーゲン動物園で空中 eDNA サンプルが採取された 3 つの場所。
オカピとレッドフォレストダイカー厩舎、屋外エンクロージャ間の野外、トロピカルハウス内。

（B）動物園南側の野外で行われた空中 eDNA サンプリング結果。
空気中 eDNA から検出された脊椎動物の種は黄色で強調表示されている。矢印はサンプリング時の風向き。9 月のサンプリング日は南西（SW）と南（S）、12 月のサンプリング日は東（E）と南東（SE）。

（図 1、2 ともに『Current Biology』誌に投稿された論文から抜粋）

編集後記

北京オリンピック・パラリンピックが開幕しました。北京周辺は雪が少なく、スキー場は降雪機による人工雪でゲレンデメイクしているため、素人には立つこともままならない硬い急斜面になっています。こんな斜面を果敢に滑り降りてくる選手たちに感動です。（A.K）

株式会社 愛 研
（https://www.ai-ken.co.jp）
本 社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710
電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641
半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65
電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749