

放射線の健康影響に係る研究調査事業 令和4年度研究報告書

研究課題名	乳歯を用いた福島県在住小児の被ばく線量評価事業
令和4年度研究期間	令和4年4月1日～令和5年2月28日
研究期間	令和4年度～令和5年度（1年間）

	氏名	所属機関・職名
主任研究者	佐々木 啓一	東北大学歯学研究科・教授 東北大学 理事・副学長
分担研究者		
研究者		

キーワード	福島第一原発事故、乳歯、内部被ばく、イメージングプレート、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs
-------	---

本年度研究成果
<p>I 研究背景</p> <p>東京電力福島第一原子力発電所事故（原発事故）による環境汚染がヒトや動物にどのような影響を与えるかについて様々な領域で研究がすすめられており、小児の甲状腺がんを始め、各種疾患の発症リスク上昇の有無について高い関心が払われている。また、被災動物の研究においても、染色体異常、生殖機能への影響など、精力的に研究が進められている。一方、放射線の生物影響についての研究を進める上での問題点の一つとして、個体単位で正確な被ばく量を把握する手段が限られている点あげられる。特に過去にまで遡って被ばく量を知ることは難しく、地域の空間線量率や行動シミュレーションからの推定も誤差が大きい。本研究班では、歯がその形成期に⁹⁰Srや¹³⁷Csなどの放射性物質を歯質中に取り込み、それらは代謝されることなく歯質中に保持される¹⁻⁴⁾ことに着目し、歯質の放射線量や放射性物質量の測定から、これらを個体の内部被ばく状況を把握する試みである。</p> <p>II 目的</p> <p>本研究の目的は、原発事故被災地およびその周辺地域に居住する小児を中心に、永久歯列への交換過程で自然脱落する乳歯を、福島県を中心に全国から収集し、それらの乳歯に蓄積した放射性物質量を評価することにより、歯を用いて個体の内部被ばく状況を個体レベルで推定し、今回の福島第一原子力発電所事故による放射線の人体への影響を評価するための基礎資料を得ることにある。また、その結果を市民に還元し、原発事故に関係する市民の健康管理に資することを目的としている。</p> <p>III 研究方法</p> <p>令和4年度中に福島県在住小児を中心に全国から凡そ500本の乳歯を収集し、令和1年度から令和3年度までに収集した1,800本を併せ、合計2,300本の乳歯を研究対象として用いた。乳歯の収集か</p>

ら結果の開示に至るまでの一連の過程については、東北大学、奥羽大学、福島県歯科医師会における各倫理委員会の承認のもとに行った。収集した乳歯は、東北大学歯学研究科においてバンク化した³⁾。これら乳歯を、歯の形成が始まる年齢と原発事故時の小児の年齢を基準とし、原発事故前に形成された歯、歯質の一部が原発事故後に形成された歯、歯質のすべてが原発事故後に形成された歯の3群に分け、それら乳歯中の放射線量を、イメージングプレート (IP) を用いて QL 値として測定した³⁾。それらの測定結果について、原発事故後に形成された乳歯中の放射能値が、原発事故以前に形成された乳歯に比べ高くなっているか否かについて検討した。一方、原発事故以後に形成された乳歯中の QL 値に上昇がみられた場合、その原因として、⁹⁰Sr や ¹³⁷Cs の上昇が考えられる。しかし、QL 値の上昇が、どちらの同位元素に起因しているかを通常の IP 技術では判断することはできない。また、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs のどちらの化学測定法においても、歯一本のサンプル量 (0.2-0.5g) の少なさや、測定限界値の問題から、歯ごとに、それらの値を知ることは困難である。特に ⁹⁰Sr の測定の場合、測定の過程において、歯を破壊・溶解する必要があり^{1, 2)}、オートラジオグラフィー等、以後の検索を行うことができなくなる。そこで、本研究では、IP を用いて乳歯中に含まれる放射性核種を推定するため、放射線輸送コード PHITS を用いて、歯質中に含まれる放射性核種である ⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、および歯質中の代表的な自然放射性核種である ⁴⁰K から放射される β 線と γ 線について、IP の sensitive layer (SL) の吸収線量率、SL を通過した電子または光子の流束、及び流束のエネルギー分布を計算することにより、それぞれの核種が、QL 値の発生にどのように寄与するかについて基礎的な検討を行った⁵⁾。

IV 研究結果、考察及び今後の研究方針

事故前に形成された歯、歯質の一部が事故後に形成された歯、歯質のすべてが事故後に形成された歯の3群の QL 値の間には、統計的に有意な差は認められなかった。また、事故後に形成された歯について、福島県と他県(沖縄県、静岡県、北海道、新潟県)からの収集歯の QL 値を比較した場合にも、両者に有意な差は認められなかった。これらの結果は、今回の原発事故により、福島県在住小児は、問題となるような内部被ばくは受けていないことを示唆している。今後、さらに乳歯の収集と、放射線量の測定を継続することが必要であるが、現時点での結果を見る限り、本研究で得られた結果は、放射線被ばくによる健康不安を懸念している福島県在住小児への安心材料の提供になると思われる。また、本研究で得られる成果は、福島県民健康調査で得られた内部被ばく調査(「ホールボディカウントによる内部被ばく検査」、「甲状腺検査」など)で得られている結果を補完する重要な研究成果にもなり得る。さらに、IAEA, UNSCEAR, ICRP などの報告書への掲載も可能と考えられる。

本研究では、IP を用いて歯質中に含まれる乳歯中に含まれる放射性核種を推定するため、放射線輸送コード PHITS を用いた検索を行った。その結果、IP の SL の吸収線量は、β 線の寄与が大部分を占めること、核種により線量に大きな違いがある事、SL を通過する電子と光子の変化が、線源に含まれる核種により大きく異なること等が明らかとなった。このことから、乳歯試料と IP の間に厚みが異なる遮蔽版を挟むことに依って、乳歯中に含まれる放射性核種を推定することが可能であることが示唆された⁵⁾。

V 結論

測定対象として、2018年4月以降、2022年末までに収集した乳歯、凡そ2,300本を用いた。これら乳歯を、原発事故前に形成された乳歯、歯質の一部が原発事故後に形成された乳歯、歯質のすべ

てが原発事故以降に形成された乳歯の3群に分け、それら乳歯中の放射線量を比較した。その結果、現在のところ、3群の間には、統計的に有意の差は認められなかった。また、事故後に形成された乳歯のQL値は、福島県と他県の間には差は認められなかった。歯質中の放射性物質の量は、歯の形成期に体内に取り込まれた放射性物質の量に比例することから、福島県在住小児は、今回の原発事故により、問題となるような内部被ばくは受けていないことが示唆された。本研究は、福島県内の地域を基盤とした放射線被ばくに関する疫学調査であり、その成果は、安心材料の提供、県民健康調査との連携など、地域に密着した総合的な災害リスク管理の策定と実施の基礎資料として有用と考えられる。

本研究において採用しているIPによる線量測定は、ダイナミックレンジが極めて広く、微量の放射性物質を含む多数のサンプルを同時にスクリーニングすることが可能である³⁾。また、放射線輸送コードPHITSの併用、遮蔽板の導入などにより、乳歯中の放射性核種をIPから推測できる可能性が示された⁵⁾。

本研究は、歯が持つ非代謝性、記録性に着目し、この特性を積極的に活用することにより、歯から個人の被ばく状況を、過去にまで遡って得ようとする新しい試みである。ヒトにおいて、内部被ばく状況を知る手段は限られており、シミュレーションによる推定が用いられることが多い。この点、歯からは物理的な数値を得る事が可能である。また、本研究で用いている、歯から被ばく量を推定するという考え方は、被ばく量の推定が困難な被災動物に対しても応用が可能であり、放射線の生物影響に関する研究分野への新たな貢献になると考えられる。

引用文献

1. Koarai K, Kino Y, Takahashi A, 他. ^{90}Sr in teeth of cattle abandoned in evacuation zone: Record of pollution from the Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant accident, *Sci. Rep.*, 2016; 6:24077
2. Koarai K, Kino Y, Takahashi A, 他. ^{90}Sr specific activity of teeth of abandoned cattle after the Fukushima accident -teeth as an indicator of environmental pollution, 2018; *J. Environ. Radioact.*, 2018; 183:1-6
3. Takahashi A, Chiba M, Tanahara A, 他. Radioactivity and radionuclides in deciduous teeth formed before the Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant accident, *Sci. Rep.*, 2021; 11:10355.
4. 篠田 壽. 歯から内部被ばくを知る, 放射線読本 (福本 学編著、三輪書店、東京、2023) pp.243-247
5. 尾田晃平、光安優典、山下琢磨、他. イメージングプレートを用いた試料中放射性核種推定法の開発, *KEK Proceedings*, 2023; accepted.