

受胎前被ばくが導く次世代ミトコンドリア DNA の臓器特異的再編

～ミトコンドリアゲノムから読み解く放射線の次世代影響～

ポイント

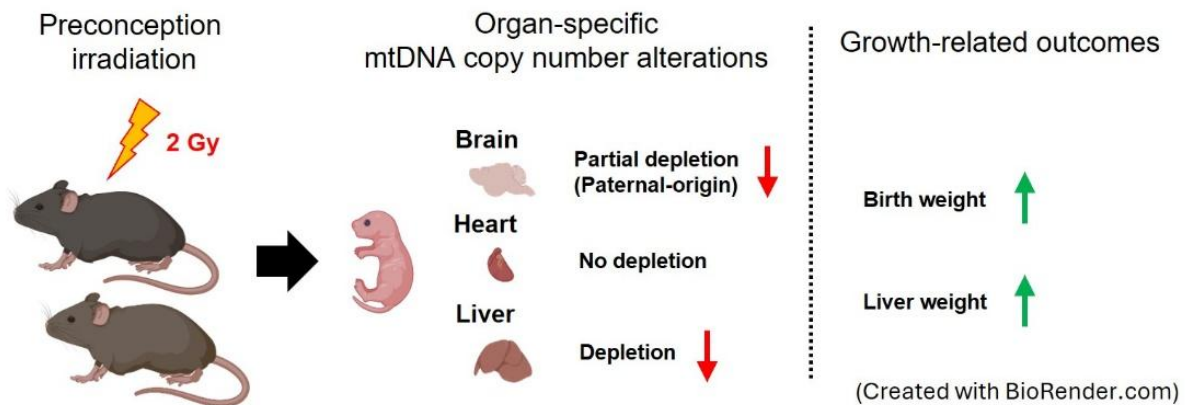
- ・妊娠前の放射線被ばくが、次世代の臓器ごとにミトコンドリア DNA 量を変化させることを発見。
- ・脳・肝臓では親の被ばく由来に応じた変化が生じ、心臓では影響がみられなかった。
- ・ミトコンドリア DNA 量の変化が、出生時の体重・肝重量の増加と関連することを示した。

概要

北海道大学大学院保健科学研究所の福永久典准教授らの研究グループは、両親の妊娠前の放射線被ばくが、子どもの各臓器におけるミトコンドリア DNA^{*1} の量（コピー数）に影響することを、マウスを用いた実験で明らかにしました。また、その影響は臓器ごとに異なる形で現れることも分かりました。さらに、肝臓のミトコンドリア DNA コピー数が小さいほど、肝重量が大きいという関連もみられ、ミトコンドリアゲノム量的制御の変化と出生時の臓器成長との関連も新たに示唆されました。

放射線次世代影響とミトコンドリアゲノムを結ぶこの新たな知見は、今後、より安全で合理的な放射線防護・健康リスク評価を可能とする基盤的知見として活用されるとともに、放射線遺伝学の新境地を切り拓くブレイクスルーになるものと期待されます。

なお、本研究成果は 2026 年 1 月 30 日（金）公開の Redox Biology 誌にオンライン掲載されました。



妊娠前の放射線被ばくは、子どもの臓器ごとにミトコンドリア DNA 量を変化させ、出生時の体重や肝重量の増加と関連していたことを示す。

【背景】

ミトコンドリアは、細胞の中でエネルギーを生み出す重要な小器官であり、独自の DNA（ミトコンドリア DNA）を持っています。このミトコンドリア DNA は、一つの細胞の中に数十から数千のコピー数が存在し、母系遺伝することで知られています。放射線は核 DNA だけでなくミトコンドリア DNA にも影響を与えることが知られていますが、その影響が親から子へどのように伝わるのかについては、これまで十分に解明されていませんでした。

【研究手法】

本研究では、妊娠前に X 線 2Gy を全身に単回照射した雄マウスと雌マウスを交配し、生まれた仔マウスの脳・心臓・肝臓由来のミトコンドリア DNA コピー数を詳しく解析しました。

【研究成果】

まず、親マウスでは放射線照射の翌日に血液中のミトコンドリア DNA 量が一時的に増加しており、放射線に対する急性の体内反応が起きていることが確認されました。次に仔マウスでは、肝臓で両親いずれの放射線被ばく由来でもミトコンドリア DNA コピー数が低下していることが確認され、脳では父親が放射線被ばくした場合にのみ低下がみられ、臓器ごとに、そして被ばく親の由来によって、影響の現れ方が異なることが明らかになりました（図 1）。一方、心臓では明確な変化は認められませんでした。

また、放射線被ばくを受けた親から生まれた仔マウスでは、出生時の体重及び肝臓重量が有意に増加しており、体重と肝重量の間には正の相関が認められました。さらに、肝臓のミトコンドリア DNA コピー数と肝重量の間には負の相関も確認され（図 2）、ミトコンドリア DNA の量的制御の変化と出生時の臓器成長との関連が示唆されました。

これらの結果から、放射線被ばくは親世代の体内反応を介して子どもの臓器ごとのミトコンドリアゲノム制御や出生時の成長特性に影響を及ぼす可能性が示唆されました。

【今後への期待】

放射線次世代影響としてのミトコンドリアゲノム変化に関するこれらの新しい知見は、今後、より安全で合理的な放射線防護・健康リスク評価を可能とする基盤的知見として活用されるとともに、放射線遺伝学の新境地を切り拓く出発点になるものと期待されます。

【謝辞】

本研究は、科学技術振興機構（JST）創発的研究支援事業「環境放射線被ばく後の精子形成と次世代影響」（JPMJFR211E）の支援を受けて実施されました。

論文情報

論文名 Intergenerational and organ-specific alterations in mitochondrial DNA copy number following preconception irradiation (受胎前被ばく後にみられるミトコンドリア DNA コピー数の世代間及び臓器特異的变化)

著者名 清野良輔¹、福永久典^{1, 2} (¹北海道大学大学院保健科学研究院医用生体理工学分野、²北海道大学環境健康科学研究教育センター)

雑誌名 Redox Biology (生化学・分子生物学の専門誌)

D O I 10.1016/j.redox.2026.104054

公表日 2026年1月30日(金)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院保健科学研究院 准教授

北海道大学環境健康科学研究教育センター 副センター長

福永久典 (ふくながひさのり)

T E L 011-706-3412 メール hisanori.fukunaga@hs.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.hs.hokudai.ac.jp/faculty-members/hisanori-fukunaga>

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

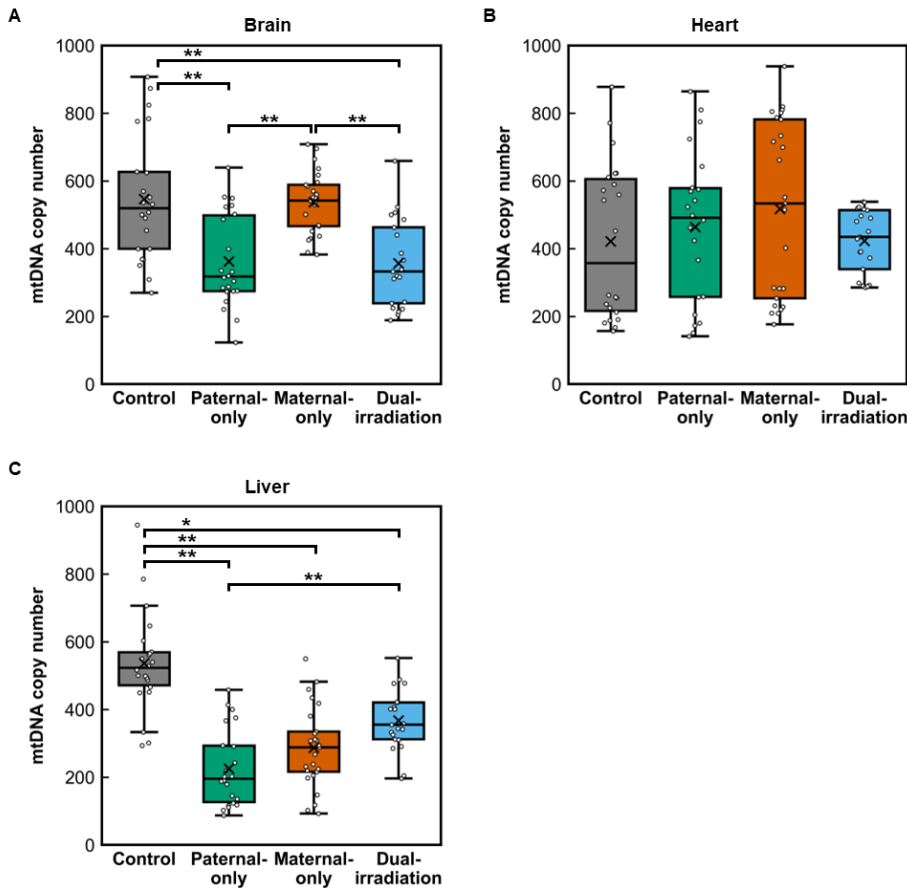


図 1. 新生仔における臓器特異的かつ親由来依存的なミトコンドリア DNA 量の減少

(A-C) 対照群、父親被ばく系統、母親被ばく系統、及び両親被ばく系統における脳 (A)、心臓 (B)、肝臓 (C) のミトコンドリア DNA (mtDNA) コピー数を示す。脳では、父親被ばく系統及び両親被ばく系統において mtDNA の減少が認められた。一方、心臓の mtDNA コピー数はすべての系統で変化を示さなかった。肝臓では、すべての被ばく系統において最も顕著な mtDNA コピー数の減少が認められた。

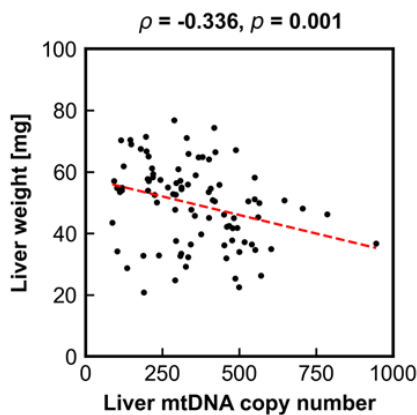


図 2. 仔マウスのミトコンドリア DNA コピー数と肝重量との相関

仔マウスの肝重量と、脳・心臓・肝臓における mtDNA コピー数との相関を示す散布図。脳及び肝臓の mtDNA コピー数について有意な負の相関が認められ、これらの臓器における mtDNA コピー数の低下が新生仔肝重量の増加と関連することが示された。

【用語解説】

*1 ミトコンドリア DNA … ミトコンドリアの内部に存在する環状の DNA で、エネルギー産生に必要なタンパク質の情報をコードしている。核 DNA とは異なり、母親からのみ遺伝し、変異が蓄積しやすい。