

## 東日本大震災福島第一原子力発電所事故の被災動物の歯を用いた電子スピン法による被ばく線量評価法の確立

### [1] 組織

代表者：志村 勉

(国立保健医療科学院)

対応者：福本 学

(東北大学加齢医学研究所)

研究費：物件費 199,068 円

### [2] 研究経過

福島原発事故以降、放射線のヒトへの影響についての関心は高く、低線量・低線量率の放射線を長期にわたり被ばくした場合にどのような健康被害が起こるのか、その解明が求められている。放射線リスク評価の直接的な科学的知見として広島、長崎原爆被爆者の疫学データが用いられている。しかし、100mSv未満の低線量放射線に対する小さな影響に対しては疫学単独でのリスク評価は難しく、放射線影響を理解するために実験動物や培養細胞を用いた実験研究が必要である。本研究では、東北大学加齢医学研究所を中心とした東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所から半径20km圏内で殺処分された被災動物の包括的線量評価事業として、電子スピン法 (Electron Spin Resonance: ESR) による低線量放射線被ばく線量の測定法の確立を研究目的とする。被災動物の被ばく線量を把握することで、線量と生物影響の関係を明らかにし、福島原発事故で問題となる低線量放射線被ばくの生物への影響解明に取り組む。

放射線の被ばく線量の生物学的評価法では、染色体異常の解析がゴールドスタンダードである。しかし、この解析には血液の採取と血液細胞の増殖、分裂期細胞の固定など複雑な操作を必要とし、評価までに時間を要する。一方、放射線の物理現象を利用して被ばく線量を評価する ESR では測定は15分間程度で終了し、迅速に放射線被ばくの痕跡を検出することが可能である。本研究では、歯のエナメル質の hidroキシapatite に含まれる不純物から放射線で生じた CO<sub>2</sub> ラジカルが安定に存在することを利用し、不対電子の量を測定して線量評価を行う。

ESR は、これまでチェルノブイリ原発事故の被災者や広島、長崎原爆被爆者の線量評価に用いられている。従来の ESR X-band 法では抜歯を必要とし、エナメル質と象牙質の分離後に粉碎し吸収スペクトルを測定する。この方法では、測定時に高熱を発生するため生きた生物試料には使用することができない。このため、ヒトへの利用を目指すには低周波の L-band(1GHz)を用いて、健康被害を与えない条件での ESR 測定法の確立が必要である。

### [3] 成果

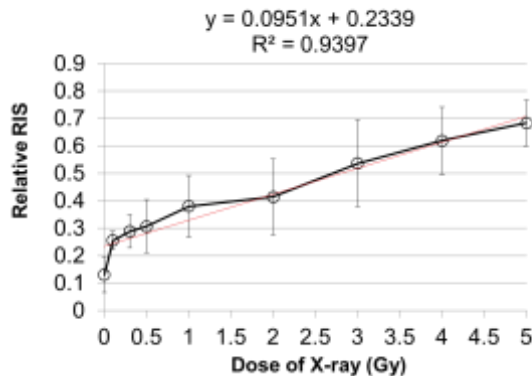
#### (3-1) 研究成果

本研究では、警戒区域内の4つの地区 (川内村、檜葉町、富岡町、大熊町) で殺処分されたウシ44頭 (子ウシ12頭を含む) の前歯169本を用いて、ESRの測定を行った。非照射コントロールには北海道で採材したウシ3頭の11本の歯を用いた。1GHzの低周波を用いて、各試料をスキャン回数30回で測定し、標準物質のシグナルと試料シグナルの比を求めた。測定装置の補正は、X線(150kV, Al:0.5mm, Cu:0.1mm) 20Gyを照射したヒトの歯を用いて行った。非照射コントロールに用いた歯の試料数は少なく、現段階の解析には不確かさが存在するが、今回測定したシグナルの平均値と標準偏差から ESRシグナルの検出限界値を求めた。検出限界値を超えるシグナルを、放射線による ESRシグナル: Radiation Induced Signal (RIS)とし、シグナルが検出された試料の割合を示す(表1)。

全体の約3割のウシの歯に RIS が検出された。富岡町由来で解析に用いたウシの試料数は1頭と少ないため、採材場所による比較は行わなかった。空間線量が比較的高い地区(檜葉、大熊)で採材された歯では、川内村とくらべて高頻度に RIS が検出された。1頭につき約4本の前歯を測定に用いて、同じウシで半数以上の歯にシグナルが観察されたものを RIS が検出されたウシと判断し、その頻度を求めた。結果、44頭中、7頭のウシで RIS が観察された。L-band ESRの解析では、バックグラウンドのシグナルの変動や歯のエナメル質の量がシグナルの検出に

影響を与えるため、今回 RIS が検出されたとした試料についても、実際に放射線によるシグナルが検出されているかどうかの詳細な解析が必要である。

図 1 ウシの歯を用いた標準曲線



RIS から放射線の被ばく線量を評価するため非照射コントロールの歯に X 線を照射し、線量と RIS の関係の標準曲線を作製した (図 1)。図 1 の結果から 1Gy 未満の低線量域では、シグナルを過大に評価していることも考えられる。コントロールの試料数が少なく直線性の高い標準曲線が得られなかったため、線量評価には至っていない。Ba-137m からの  $\gamma$  線に比べるとこの条件での X 線では 3 倍程度応答が良いと考えられるが、 $\beta$  線などの混合場で放射線を受けており場の特性把握が課題である。また、エナメル質量の把握も精度向上に役立つことからさらに検討を進める。

### (3-2) 波及効果と発展性など

高線量被ばく地域からの避難措置と飲食品のモニタリング対策により、福島原発事故に伴って放出された放射性物質の環境汚染によるヒトの被ばく線量は、限定的である。しかし、放射線被ばくによる健康への影響の不安は大きく、特に低線量長期放射線被ばくによる影響の解明が求められている。東京電力福島第一原子力発電所から半径 20km 圏内の家畜動物は、発災当初より全頭安楽死処分の方針が示された。これらの生物試料は放射線の生物への影響を解析するための貴重な試料である。本共同研究は、東北大学 加齢学研究所を中心とした、歯学部、理学部、農学部や他大学の研究者が参加する被災動物の包括的線量評価事業である。他グループで行われている生物影響の解析には、試料のより正確な被ばく線量の推計が重要になる。

本研究では、福島原発事故により環境中に放出された放射性物質の汚染による被ばく量を把握するため、被災動物の歯に形成される不対電子の量を測定した。1Gy 未満の標準照射歯や被災動物の歯で観察された ESR シグナルの波形が微分吸収スペクトル

として認知できるレベルであるかどうかを検討し、L-band ESR を用いて低線量の放射線被ばくの検出が可能であるかどうかを確認する必要がある。今後、RSI が検出された被災動物の歯の同一試料を L-band ESR よりも高感度の X-band 法を用いて線量評価することで、シグナルが検出されるかどうかを確認する。図 1 の標準曲線のエラーバーは大きく、試料間のシグナルの変動を制御する必要がある。線量評価の質を向上するためには、測定条件の検討、検出器の改良、バックグラウンドシグナルの低減が考えられる。今後、測定の質を向上させ、本方法による線量評価に取り組む。

### [4] 成果資料

該当なし

表 1 ESR 法を用いた被災牛歯の線量評価

	川内	楢葉	富岡	大熊	total
歯の本数	48	61	4	56	169
RISが検出された歯の本数(頻度)	5 (10.4%)	19 (31.1%)	0 (0%)	20 (35.7%)	44 (26.0%)
ウシの頭数	12	17	1	14	44
RISが検出されたウシの頭数(頻度)	1 (8.3%)	3 (17.6%)	0 (0%)	3 (21.4%)	7 (15.9%)