被災動物における放射能と人との関わり

誌名	畜産の研究 = Animal-husbandry
ISSN	00093874
著者名	福本,学
発行元	養賢堂
巻/号	67巻1号
掲載ページ	p. 33-40
発行年月	2013年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

被災動物における放射能と人との関わり

福本　学*

1. プロローグ・時系列を振り返って

平成23年3月11日，午後2時46分，筆者は研究室で執務中だった。突然の大きな揺れ，それは今までに経験したことがない大きな，そして長い揺れで周りの事物はスローモーションのように歪んで揺れている。いつ終わるのか，この世の終わりかという感であった。阪神淡路大震災のときは京都にいたが，揺れの持続時間は全く比較にならなかった。

当日は夕方から雪模様となり，寒い一夜を自宅で過ごした。電気ガス水道が遮断されて通信手段が壊滅した中で，地震の1時間後に大津波が襲来しているとは全く想像できないことであった。仙台にいる自分達だけが被災者と勝手に思い込んでいた。地震と津波の結果，限定した一都市とか地域という点ではなく，大いなる面としての大災害となった。そのため，東京との情報・物流が全く遮断された翌朝の新聞発行は地方紙の河北新報のみであった。それを見て驚愕した。巨大津波が押し寄せて海に没した気仙沼が燃えている[1]。

翌12日に東北大学の原子科学安全専門委員会が片平本部で招集された。バスもガソリンもないので私の所属する加齢医学研究所から片道30分を徒歩で向かった。そこで東北大学福島第一原子力発電所事故対策本部が立ち上がった。しかし，「どうも原発が怪しい，最悪メルトダウンが起こってチェルノブイリ事故位のことを覚悟しなければいけない。東北大は原発に一番近い総合大学なので放射性物質の心配もあるが何らかの対応が必要になるだろう。しかしあらゆるインフラが壊滅した仙台にいては情報は伝わって来ない，とにかく情報は東京に集中している。」という内容の一方的な伝達のみであった。東京が主な被災地であったら，混乱はこんなものではないことを実感するとともに，一流国の日本でチェルノブイリと同じほどの酷いことが起こるはずがないと信じていた。

電気が通じたのは14日の夕刻であった。やっと点いたテレビでは，地震と津波のニュースはほとんどなくなり，テレビの画面は東京電力福島第一原子力発電所(原発)の高さ14mの津波による全電源喪失とそれに続く冷却不能，そして白煙上がる爆発事故か，ポポポポ～ンという公共広告機構の声ばかりであった。当初，東大特任教授がNHKテレビで「心配ありません，原子炉は停止しているので」と言っていた。

3月13日新聞が一斉に炉心溶融の報道をし，その前後に20km圏内住民に避難指示がでてから，いつの間にか彼の特任教授の言葉が「完璧に安全な原子炉はありません，安全をとことん追求すれば経費負担が大きくなり過ぎて現実的ではありません」，「核実験をやっていた頃は皆さんもっと被ばくしていた」という論調となった。そのうち，3月15日になって2号機の水素爆発があり世界に緊張感が走った。

3月11日から28日目の4月7日にとてつもなく大きな余震に見舞われた。実質的には3月11日の本震よりも大きな揺れで研究室の被害はこちらによる方が大きかった。最初は海の中で起こっていた地震が余震を繰り返す度に陸地へ上がり，内陸へ，そして南へ向かっている，という。福島原発はこれ以上もつのだろうか，と多くの人々が不安を感じていたが，地震そのものによる炉心の影響はなかったようである。東京電力は，原発事故について，発生当初から3月末までにセシウム134(^{134}Cs)，^{137}Cs各1×10^{16}ベクレル(Bq)を放出していたが，4月の放出率はその1%未満まで落ちているとの見解を示した[2]。

4月22日政府は，原発から半径20～30km圏内に出していた「屋内退避指示」を解除し，新たに「計画的避難区域」と「緊急時避難準備区域」に設定し直し，住民の避難を進めるよう福島県知事らに指示した。さらに，福島第一原発から20km圏内が「警戒区域」に指定され，立入り禁止となった。警戒区域は元々畜産が盛んで，福島県の発表では牛4000頭（農水省では約3400頭），豚3万頭，鶏63万羽，馬100頭

*東北大学加齢医学研究所　病態臓器構築研究分野
(Manabu Fukumoto)

0369-5247/13/¥500/1 論文/JCOPY

などの家畜が取り残された。しかし警戒区域の設定後，立ち入り禁止となり家畜の飼育が不可能なため，畜舎から放たれて野生化したり，施設内で餓死したりして放置されたままとなった。政府は，家畜の衛生面への配慮や放射性物質に汚染された肉が消費者の食卓に上ることを懸念して，5月12日警戒区域内に残されている家畜について，所有者の同意を得た上で殺処分する方針を固め，福島県に指示した。

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）から，「東北地方の震災復興の一助としてなにか大きな産業基盤の構築を考えている，放射線影響を研究している立場から意見具申をしてもらいたい」というお話を頂いた。5月17日NEDO本部で発表した際，「警戒区域内に沢山の家畜が放置されており，安楽殺処分の対象となっている。家畜は放射性物質に汚染されているはずであり，普段では全く不可能な壮大な放射性物質の投与実験を行なっているようなものである。このような貴重な試・資料を保存，生かさずして日本の科学者の面目は立たない。広島長崎の原爆被爆者の記録が放射線外部被ばくの人体影響を知るためのゴールドスタンダードであるならば，今回の福島原発の被災家畜は内部被ばく資料のゴールドスタンダードになる。不幸なことではあるが放射線の生物影響は事故からしか学べない。しかし警戒区域内の家畜から採材してアーカイブを構築する取っ掛かりと資金がない」と開陳したところ，「確かに極めて重要なことであるがNEDOの本旨ではないし，話が大きすぎて単一省庁で把握できることではない」という意見であった（図1）。

賛同はされても具体的な支援なし，と落胆しながらも仙台への帰途，なんとかせねば，今の我々ではなく次世代に残せる役に立つことをせねばならない，と思い直した。東北大学内外の生物，放射線関係の研究者に電話で声かけを行い，皆からアーカイブの構築の実施協力の承諾を得た。連絡と支援依頼先は10人くらいでも実質2日で済んでしまった（図2）。ただし研究者はみな各々自我を持っているために共同研究者に筆者の思い，願いである，「次世代の財産となる可能な限り良質な資料を残す」を理解してもらうことは大変に努力が必要であった。

次に警戒区域へ入り採材する算段である。具体的方策がなんとも思い浮かばず，飛び込みで複数省庁を当たった。わかったことは，行政の縦割りと各市町村長の権限が強いこと，縦割り行政だからこそ　横串を通して今までになかったことを実現するのが政治力，であった。6月4日から数回，福島県庁を訪れ現地災害対策本部や県農林水産課の担当者と話し合った。霞が関の官僚は「是非やって下さい」とエールを送ってくれても東京から福島への出向は毎週人が替わるか長くても1ヶ月のローテーションなので中長期的な交渉は無理であった。地方行政側は「今までになかったことだ。ひとつができないから全てできない」，大学人は「今までに経験したことがないからここに来て交渉している。どれもできないならば，どこからならできるか」という論理は真っ向からぶつかった。公益性の担保，警戒区域内の物品の持ち出しなど，ひとつひとつクリアし，最終的に福島県民の，そして震災からの復興に貢献できるかが論点となった。

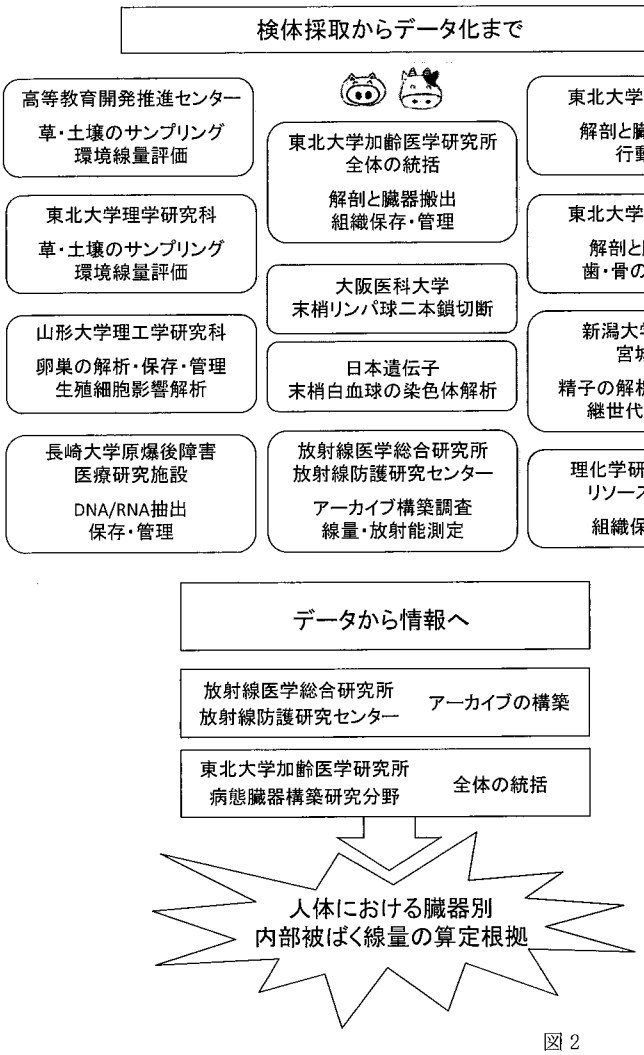
背景:
福島第一原発事故に伴い、放射線の人体影響が危惧されている。警戒区域内の家畜が安楽死処分されている。

課題:
放射性物質は五感で捉えられないために、環境汚染・内部被ばくの人類への影響解析は重要だが難しい。
→今の事故からしか学べない。

目的:
内部被ばく試料のアーカイブを完成、解析し、結果を公開する。

効果:
内部被ばくによる生物影響解析と防護の世界標準となるデータと試料を提供する。

図1　今回たちあげたプロジェクトの概略

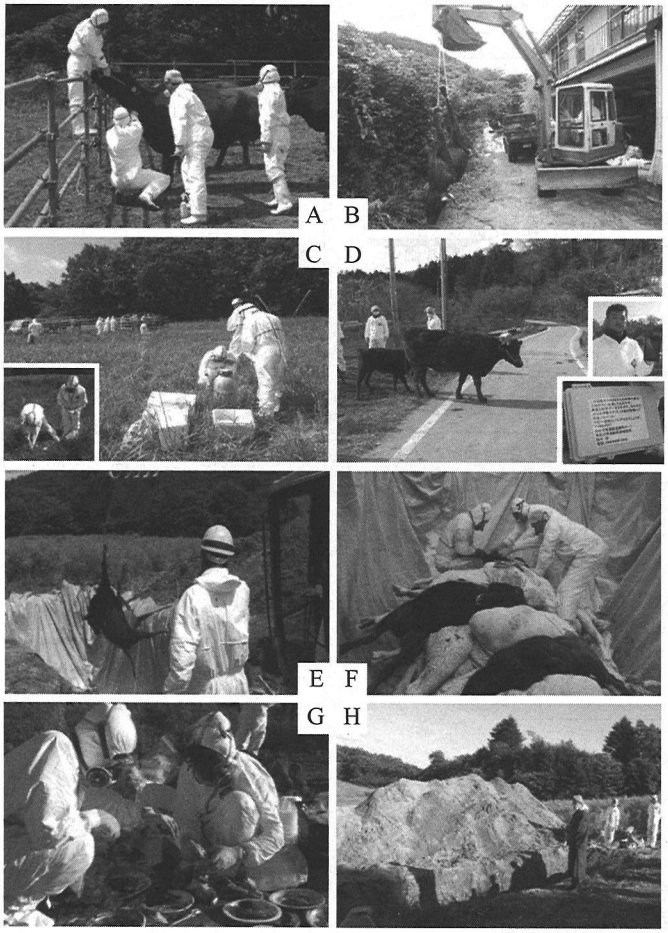


放射線内部被ばくの生物やヒトへの影響を正しく知るための基礎的なプロジェクトである。全日本の体制で、環境を含めて、殺処分される家畜の内部被ばく量を臓器別に正確に計測し、計測した臓器を後世に残すことが目的である。近い将来に計測技術がさらに発達し、放射線生物学の知識が深まることは疑いがなく、この事業で保存された試・資料は人類、地球への放射線影響を知るために必須である。このような事業は、科学技術の発達、人々の理解、経済的な裏付け、情報の公開のどれが欠けても不可能であるため、世界でも日本以外では不可能である。このプロジェクトを遂行して行くために、すでに強固な研究の準備態勢は整っている。

図 2

次に現場での交渉である，被災した酪農家にどのようにお願いして，研究用の採材についての了承を得るかであった。家畜保健衛生所の獣医さんと酪農家，市町村との日頃の信頼関係なくしての承諾はありえないことであった。

多くの困難を乗り越えて警戒区域内へ入域できたのは 8 月 29 日であった。その記念すべき第一日目はあいにく，外国出張中であり，農学部の教員が主体であった。良質なデータとするためには「頭数よりも臓器数」の意味が通じず，第 1 回目は残念ながら警戒区域内へ立ち入って採材を始めてみた，という結果になった。引き続き毎週 1 回程度のペースで採材があり，多い日で 12 頭の解剖をすることが可能であった。机上の話ではなく実際に始めてみると，あらゆる想定外が待っていた。炎天下，埋却場の狭い壕内での解剖，手袋からは滝のような汗が流れ出るし，冬は地べたからの寒気と早い落日に追い立てられた。優に体重 500kg の牛は，一度クレーンで壕内へ置かれたら二度と動かすどころか体位変換も不可能で，ヒトとは全く異なる大きさと臓器位置に当惑した。また，小型動物やヒト用解剖道具では全く歯が立たない。埋却作業員はできるだけ早くに警戒区域外へ退避したいのでどんどんせっつくし，1 頭あたり 30 分くらいという超短時間での作業のため，頭から消石灰をまかれる，という状態であった（図 3）。



A:餌付けを行い、追い込み柵に入った牛に深麻酔を施行したあと、頚静脈から採血し、放射能計測や染色体分析を行った。
B:筋弛緩剤で安楽殺された牛は重機でダンプカーへ移された。
C:捕獲した周囲で土壌と牛の歯型のある草を採取し、環境と食餌と体内の放射性物質の関連を知る手がかりとした。
D:捕獲個体数の減少から、線量計を搭載したGPS端末を牛にとりつけて牛の行動範囲をリアルタイムに確定し、捕獲の効率を高めることにした。
E:深さ3mに掘った埋却壕にビニールシートが張られ、その中にクレーンで1頭ずつ降ろされた。
F:消石灰の散布されるまでの30分以内に解剖・採材を行った。
G:臓器は地上へ運ばれ、凍結、線量測定、組織標本用に分割して収納した。
H:埋却前に僧籍を有した作業員が鎮魂の読経を行い、我々は黙祷を捧げた。

図３

そしてなんといっても一番の悩みは実施に必要な経費捻出である。後に骨切り用電動鋸，自家発電機を購入し，血球分離用に小型遠心機を持ち込み，レンタカーは今だに借りっぱなしが続いている。臓器保存用の超低温冷凍庫 20 台，ガンマスペクトロメーターの購入，そして使い捨て防護服その他の維持費用の捻出も課題であった。今やらなければいつできる，他に誰がやる，という信念ゆえに我慢できた反面，それだけに精神的な負担の大きさは人生終わりに差し掛かった身には大変に堪えた。熱意は通じるもので文部科学省を始め関係省庁の理解と，東北大学総長裁量経費による支援，加齢医学研究所からの研究費の前借りでなんとか糊口をしのぐことができた。23 年 10 月半ばで捕獲が終了するか越冬せずに死んでしまうであろう，との予想は外れて，現在(平成 24 年 10 月 26 日現在)に至るも捕獲を逃れた家畜が野良状態となっている。

余談になるが，平成 23 年 6 月 30 日に都内の食肉処理場で解体された南相馬市の農家が出荷した肉用牛 11 頭から国の暫定規制値(500 Bq/kg)を超える放射性セシウムが検出されたのを皮切りに，食肉から次々と放射性セシウムが検出された。本来考えられていた汚染地域外である宮城県登米市から出荷された牛肉からも検出され，ほとんどの都道府県に流通していることも判明した。3 月 19 日農林水産省は，原発周辺県に対して，飼料・水・飼養場所等の飼養管理上の注意事項を通知していた[3]。しかし，農家に周知されなかったために，原発事故直後に牧草や天日干ししていた稲わらが雨とともに降ってきた放射性物質で汚染し，それを与えていたために起こったと考えられている。環境中に放散した放射性物質による汚染がいかに広範囲に拡散するのかを物語っている。

2．放射線の生物影響と規制[4)]

広島・長崎の原爆で明らかなように，体外からの放射線の急性大量被ばくは死をもたらす。死を免れても，発がんリスクを上昇させることが疫学調査から知られている。しかし0.1グレイ(Gy：吸収線量の単位)以下の被ばくでは影響が明確でない。発がんは被ばく後，年単位の潜伏期間をおいてから起こる晩発性影響のひとつである。被ばくによって発症したのか否かという因果関係が不明なこともあるため，国際放射線防護委員会(ICRP)は，放射線による発がんリスクは線量に比例し，しきい線量はないと仮定している。被ばくを規制する行政はこの考え方を採用している。

内部被ばくは放射性物質が水や食物を介した経口摂取や空気を介した経気道摂取することによって起こる。東京電力福島第一原発の爆発事故によって，大量の放射性物質が環境中へ飛散した。この事故を契機として放射線，特に放射性物質による内部被ばくの人体影響が全世界の一大関心事となった。放射能は物理学的に徐々に減衰し，摂取された放射性物質は生物学的に排泄される。内部被ばくの減衰率は物理学的半減期と生物学的半減期から導かれる実効半減期によって表現されている。一方，化学的性質によって特定の標的臓器に濃縮される。そのために内部被ばくでは標的臓器は持続的に低線量率の放射線に被ばくすることになるが，どの細胞がどれだけ被ばくしたかを知ることは不可能に近い。ヨウ素は，甲状腺ホルモンの成分のひとつであるために，チェルノブイリ原発事故では放射性ヨウ素が甲状腺に集積して甲状腺発がんの原因となったと恐れられている。しかし，ヨウ素131の実効半減期が約7日と短いために正確な被ばく線量は計測できていない。原発から放散する放射性物質には，放射性セシウムのように自然界に本来は存在しない人工放射性物質が含まれている。そのため，自然界には人類誕生以前から放射性物質や放射線が存在していると言われても，原発事故に対する人々の恐怖はますます募っている。内部被ばくの人体影響を定量化することは困難であるが防護のために必要なことである。

放射線の生物影響は，放射線の種類，エネルギー，被ばくした臓器や組織によって様々である。そのため人体影響を統一的に表現するための単位として実効線量シーベルト(Sv)が定義されている。放射線の内部被ばくによる人体影響を議論していると，放射性物質から1秒当たりに放出される放射線数である放射能ベクレル(Bq)がいつの間にかSvになっている。さらに規制のために用いられる放射能の基準値(Bq/kg)は，科学的思考によって導きだされたものではあるが，純粋に科学的な値ではない。放射線による人体への悪影響が知られている以上，放射線と放射性物質は規制する必要がある。しかし，一般人もいわゆる専門家も～Sv の算出根拠を疑うことなくそこで思考停止している。放射性同位元素を用いた動物実験が困難である以上，放射線生物学から人体影響を知り，規制値を策定するまでの道のりは遠い。放射線事故や放射線治療による影響解析から影響評価をする以外に人体影響を定量化する方策はない，と言っても過言でない。

3．牛の放射能計測からわかったこと[5,6)]

原発事故の結果として，大量の核分裂物質であるテルル129m (^{129m}Te)，ヨウ素131 (^{131}I)，^{134}Cs や ^{137}Cs などが環境中へ飛散した。その詳細については東京電力のホームページに掲載されている。文部科学省と米国エネルギー省は共同で福島原発から半径80km圏内の航空機による地上1mにおける空間線量分布の計測を行った。しかし，このデータはあくまでも空間線量であって体内に摂取された放射性物質の濃度を反映していないため，我々は旧警戒区域内で殺処分された家畜の臓器別放射性物質の同定と濃度計測を行った。

平成23年8月29日から11月15日にかけて福島原発から南西の1村の52頭と北側の1市の23頭さらに胎仔も含めて79頭の牛からの採材が可能であった。いずれの場所も原発から半径10 km と20 kmの間の圏内であった。その内訳は雌成牛63頭(妊娠3頭)，雄仔牛10頭，雌仔牛3頭であった。ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリにおいていずれかの試料で ^{134}Cs，^{137}Cs，銀110m (^{110m}Ag)，^{129m}Te のピークを認めた。

体内に取り込まれた放射性物質は一旦，血流へ入ること，放射性セシウムが全臓器で検出されたこと，^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能濃度は例外なく両者ともほぼ等しかったこと，検出された放射性物質の中で ^{137}Cs の半減期が最も長いことから，血中 ^{137}Cs の放射能濃

度を種々の比較の基準とし，放射能は最も飛散が大きかった３月 15 日に遡って物理的崩壊による減衰の補正を行った。^{110m}Ag は全頭の肝と 8%の牛の末梢血中で検出された。興味深いことに，短半減期の ^{129m}Te が腎特異的に検出され，頻度は 62%であった。末梢血と各臓器の ^{137}Cs 放射能濃度は相関しており，相関係数は臓器によって異なっていた（図 4）。血中放射性セシウム濃度を計測することによって各臓器別にセシウム濃度を推定できることになる。放射性セシウム濃度は骨格筋で最も高く，異なる部位の骨格筋間で有意差はなく，血中セシウムの 21.3 倍であった。心筋は横紋筋であるにも関わらず骨格筋に比較して集積量は低かった。

牛は捕獲された地区によって３グループに分類できた。グループ１とグループ３は同一市で福島原発の北側に位置している。グループ１は畜舎内で飼育されたため，飼料はあまり放射性物質に汚染されていなかったが雨水を摂取していた。グループ３は屋外に放れ畜状態であった。グループ２は原発の南西の村で放れ畜状態であった。

母体から胎児へ放射性物質がどれくらい移行するかは大きな関心事である。我々は捕獲作業に伴って見つかった３頭の妊娠牛において親・胎児の臓器別放射能の比較を行った。放射性セシウムの放射能は，臓器に関わらず胎児では母親の 1.3 倍であった。しかしながら，^{110m}Ag と ^{129m}Te の両方とも胎児では

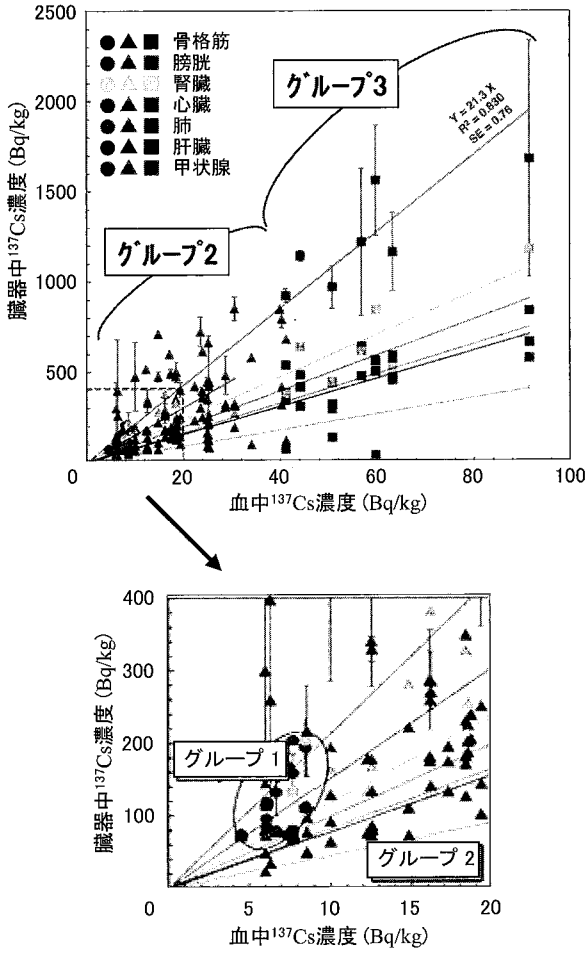


図 4　横軸：血中の ^{137}Cs 濃度，縦軸：臓器の ^{137}Cs 濃度
下図：血中濃度 20 Bq/kg 以下部分の拡大
両者の間にはほぼ一次相関がみられる。
傾きは臓器に応じており、骨格筋で最も大きい。

検出できなかった。安楽死前に3組の母・仔牛のつがいを確認できた。これらの仔牛は原発事故後に生まれたもので授乳と草食の混合であった。この場合も臓器に関わらず，放射性セシウム濃度は仔牛の方が母親牛よりも高かった。放射線に対する感受性が成人よりも小児に高いことから，放射性セシウムの小児に対する影響についてより一層の注意が必要であろう。チェルノブイリ事故の際，ベラルーシのゴメリ州では内分泌臓器に放射性セシウムの集積が多いと報告されていたが[7]，我々の結果から，甲状腺に集積している放射性セシウム濃度は低く，その影響は想定されていたよりも小さいと考えられる。

放射性銀は核分裂反応産物ではなく，安定銀の中性子による放射化の産物である。今回の計測では全頭の肝に ^{110m}Ag の放射能が検出されたが血中濃度との相関は認めなかった。文科省の線量地図によれば，6月14日時点での土壌中における ^{110m}Agの放射能は，^{137}Cs の平均 0.57%であった[8]。しかし，我々の結果では ^{110m}Ag の ^{137}Cs に対する放射能濃度比は土壌中で0.5%以下なのに肝ではほぼ同レベルであった。肝は銀集積の第一義的な標的臓器であることが明らかとなった。

平成23年3月15日の段階で土壌中の ^{129m}Te/^{137}Cs 放射能濃度比はグループ2の採材場所で 0.34，グループ3で 1.41 と報告されている[9]。放射性物質の飛散から7ヶ月後であってもなお，腎に ^{129m}Te が検出されたことは驚きであった。文科省の放射能地図によれば，原発からの方角によって ^{129m}Te/^{137}Cs 比は一定であったことを考えると，腎における ^{129m}Te の濃縮は特異的である。もう一つの放射性テルルである ^{132}Te の半減期は 76.3 時間であり，その放射壊変物は甲状腺に集積する放射性 ^{132}I である。さらに経口摂取されたテルルは甲状腺に集積しやすいという報告がある。これらを考え合わせると，放射性テルルによる甲状腺障害は無視し得ない可能性がある。現在，牛以外に豚などについても採材を進めている。豚では血中放射性セシウムに比較した横紋筋中のセシウム濃度は牛の半分くらいであった。

4．今後の課題

我々は，福島原発事故に伴う警戒区域内の家畜臓器における放射性物質と放射能分布について詳細な検討を行なってきた。平成24年10月末日現在，牛217頭，豚57頭，猪豚3頭から採材が可能であった。今後さらにヒトに近い猿や，アカネズミなど他の小動物へも対象を拡げて放射線内部被ばくに係る動物臓器のアーカイブの構築を目指している。検討核種もヨウ素 129 やストロンチウム 90 の計測も目指している。これらの試料を利用して，土壌など環境中の放射能分布と比較することによって放射性物質の環境汚染と動物種を越えた臓器内分布，経時的な濃度変化の測定による臓器別実効半減期の算定，各臓器の線量評価，放射線内部被ばくによる急性変化の組織学的検索，低線量内部被ばくマーカーの探索などを行うことによって一般の放射線防護に役立つ研究としたい。

強調すべきは，蓄積した放射性物質の放射能は数値としては計測可能であるが生物影響を反映しているとは言いがたい。さらに本事業から明らかになった，放射性物質はセシウムばかりが問題ではないなどの問題点をひとつずつ丁寧に解決していく努力が必要である。さらに貴重なアーカイブを次世代の財産となるよう努力する必要がある。

5．エピローグ・個人的歴史[10]

トロトラストはα線を放射する二酸化トリウムのコロイド溶液で，第二次世界大戦中に傷痍軍人に使用された血管造影剤である。投与されて起こる症状はトロトラスト症と呼ばれており，投与後数十年して肝に悪性腫瘍を発症した。通常，肝がんの80%以上の症例は肝実質細胞由来の肝細胞癌であるが，トロトラスト症では胆管上皮由来の肝内胆管癌と血管内皮由来の血管肉腫が多く，人体における内部被ばくによる放射線発がんの最適なモデルと考えられている。トロトラスト症患者の多くは死後に病理解剖されたため，肝を中心として貴重な病理試料は臨床経過，解剖記録そして線量評価の揃ったヒト放射線発がんに関する総合的な資料となっている。

筆者は以前からトロトラスト症患者の資料を収集し，整理し，利用してヒトにおける放射線による発がん機構の解明に携わっている。今までに考えられていた放射線の発がん機構は以下である。放射線によって遺伝子に傷が生じる。細胞増殖に有利な変異がDNA複製を経て固定されてがん化に必要な突然変異となる，という発がんモデルである。しかし，トロトラスト症から明らかとなった長期微量の放

射線内部被ばくによる発がん機構は，そのような単純なものではなく，生体反応の結果がん化に至ることを明らかにした。

先人はトロトラスト症患者のホルマリン固定パラフィン包埋ブロックを残した。ほとんどが今から 30 年以上前に作製されたもので，当時は PCR の発想はおろか，遺伝子もわかっていなかった。顕微鏡用標本から遺伝子解析が可能な世の中になるとは誰も想像だにしていなかった。トロトラスト症アーカイブの構築に携わって，筆者は正確な関係するデータの整った貴重な試料を残すことが必要であること，今の世代ではなく，次世代にとって財産を残すことが今を生きる世代の責務であることを身に沁みて体得していた。この経験が今回の研究立案と速やかな実行の基礎となっていた。

謝　辞

東北大学大学院農学研究科 磯貝恵美子，福田智一，理学研究科 木野康志，高等教育開発推進センター 関根勉，歯学研究科 篠田壽，千葉美麗，鈴木敏彦，清水良央，高橋温，加齢医学研究所 桑原義和，鈴木正敏，志村勉，福本基，井上和也，高橋慎太郎，工藤千春，常小紅，諸橋明子，大津堅，山形大学大学院理工学研究科 阿部靖之，新潟大学農学部 山城秀昭，宮城大学食産業学部 小林仁，森本素子，放射線医学総合研究所 三枝新，理化学研究所バイオリソースセンター 小幡裕一の諸氏ならびに，いわき家畜保健衛生所，相双家畜保健衛生所，関係省庁，福島県，関係市・村，多くの院生，学生の方々の力の結集した結果です。文部科学省震災復興特別経費，東北大学総長裁量経費，国立がん研究センターがん研究開発費，生物系特定産業技術研究支援センター，農林水産技術会議，東北大学加齢医学研究所などの支援によって本事業の実施は初めて可能となりました。各位に深甚の謝意を表します。

参考文献

1) 福本　学：東日本大震災 1. 病理研究者として被災して．病理と臨床．29(7)：775-81，2011.
2) 東京電力プレスリリース　東北地方太平洋沖地震の影響による福島第一原子力発電所の事故に伴う大気および海洋への放射性物質の放出量の推定について（平成 24 年 5 月現在における評価）http://www.tepco.co.jp/cc/press/2012/1204619_1834.html
3) 農林水産省　牛肉からの暫定規制値を超える放射性セシウムの検出について http://www.maff.go.jp/j/syouan/0720.html
4) 福本　学：低線量放射線の人体影響：わからないことがわからない．日本原子力学会誌．54(8)：521-6，2012.
5) 福本　学，被災動物放射能評価グループ：福島第一原子力発電所事故に伴う被災家畜の臓器別放射性セシウム濃度．アイソトープニュース．No. 696，10-3，2012.
6) Fukuda T, Kino Y, Abe Y, Yamashiro H, Kuwahara Y, Nihei H, Sano Y, Irisawa A, Shimura T, Fukumoto M, Shinoda H, Obata Y, Saigusa S, Sekine T, Isogai E, Fukumoto M. Distribution of Artificial Radionuclides in Abandoned Cattle in the Evacuation Zone of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. (PLOS ONE accepted)
7) Bandazhevsky YI (2003) Chronic Cs-137incorporation in children's organs. Swiss Med Wkly 133: 488-490.
8) 文部科学省放射線モニタリング．http://radioactivity.mext.go.jp/en/
9) Endo S, Kimura S, Takatsuji T, Nanasawa K, Imanaka T, et al. (2011) Measurement of soil contamination by radionuclides due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident and associated estimated cumulative external dose estimation. J Environ Radioact：18-27.
10) 福本　学：放射線病理学：トロトラスト症から．病理と臨床．29(7)：761-8，2011.