



福島原発事故被災動物の線量評価事業 の立ち上げから今後の課題

東北大学
福本 学
被災動物線量評価グループ



1. 本事業の立ち上げ
2. 試料収集
3. 試料の管理状況
4. 今日までの成果と発信
5. 今後の課題と発展

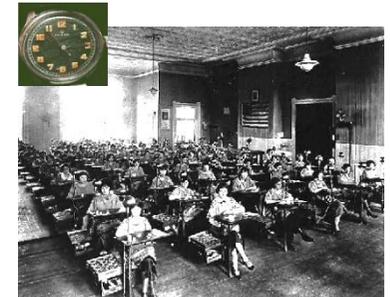
本事業の立ち上げと概要

疫学的に明らかなヒト放射線関連腫瘍 (ほぼ年代順)

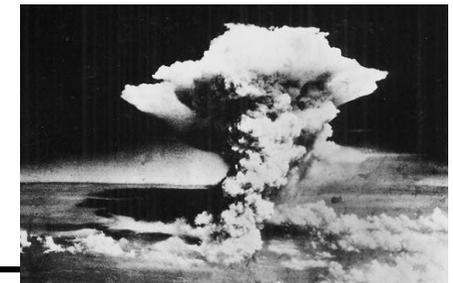


| | 線量率/期間 | 被ばく様式 | 主な放射線(源) | 誘発腫瘍 |
|-----------------|--------|--------|--|--------------|
| 時計文字盤工 | 低/長 | 内 | α ($^{226}, ^{228}\text{Ra}$) | 骨 |
| トロトラスト症 | 低/長 | 内 | α (^{232}Th) | 肝・白血病 |
| 広島・長崎 被爆者 | 高/短 | 外 | γ ・中性子 | 白血病 消化管など |
| 関節炎治療 | 低/長 | 内 | α (^{224}Ra) | 骨 |
| マヤク労働者 | 低/長 | 内/外 | α (^{239}Pu) | 肺・肝・骨 |
| ウラン坑夫 | 低/長 | 内 | α (^{222}Rn) | 肺 |
| チェルノブイリ | 高/短 | 内/外 | γ (^{137}Cs) β (^{131}I) | 甲状腺 |
| 高バックグラウンド 地域 | 低/長 | 外/内 | α ($^{238}\text{U}, ^{232}\text{Th}$) γ | なし |
| 福島第一原発 | 低/長(?) | 外/内(?) | γ ($^{134}, ^{137}\text{Cs}$) | ? |

The Radium Girls

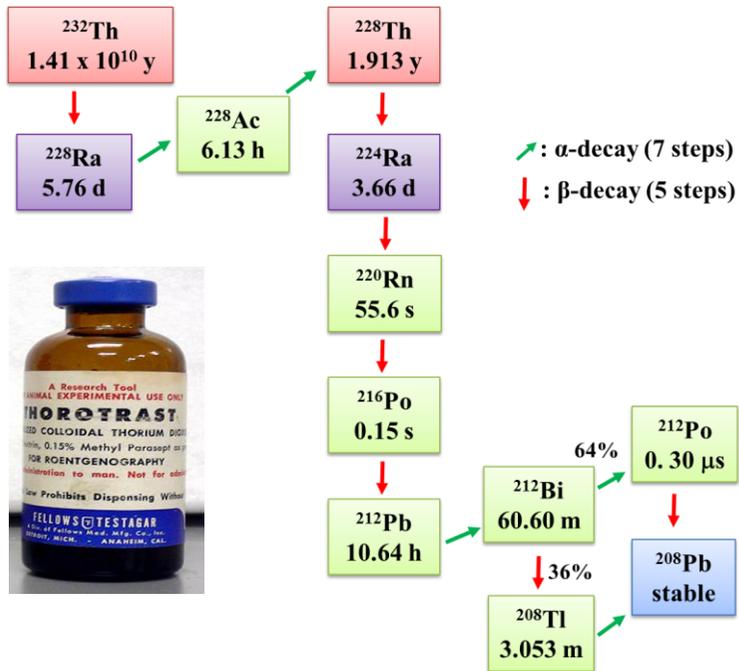


(Memorial University HP)



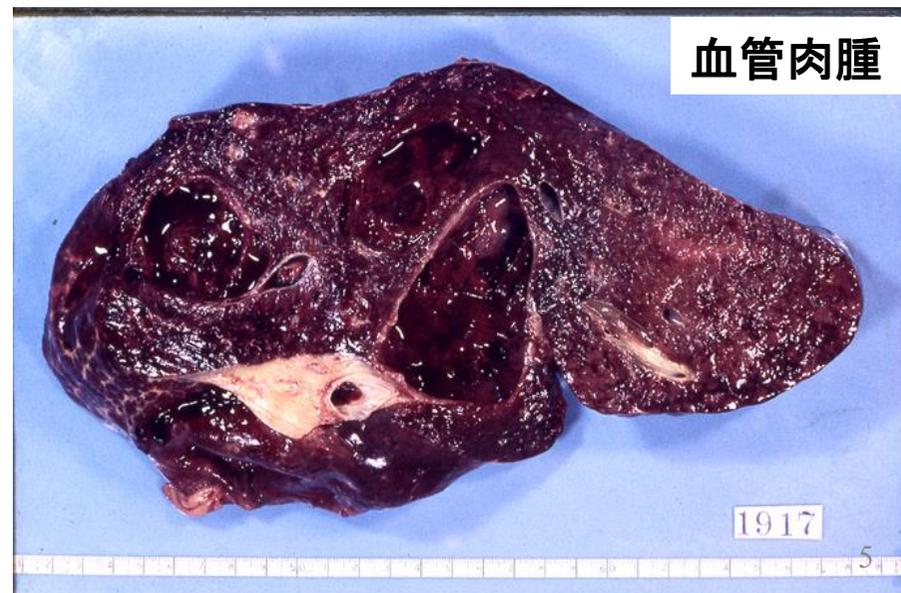
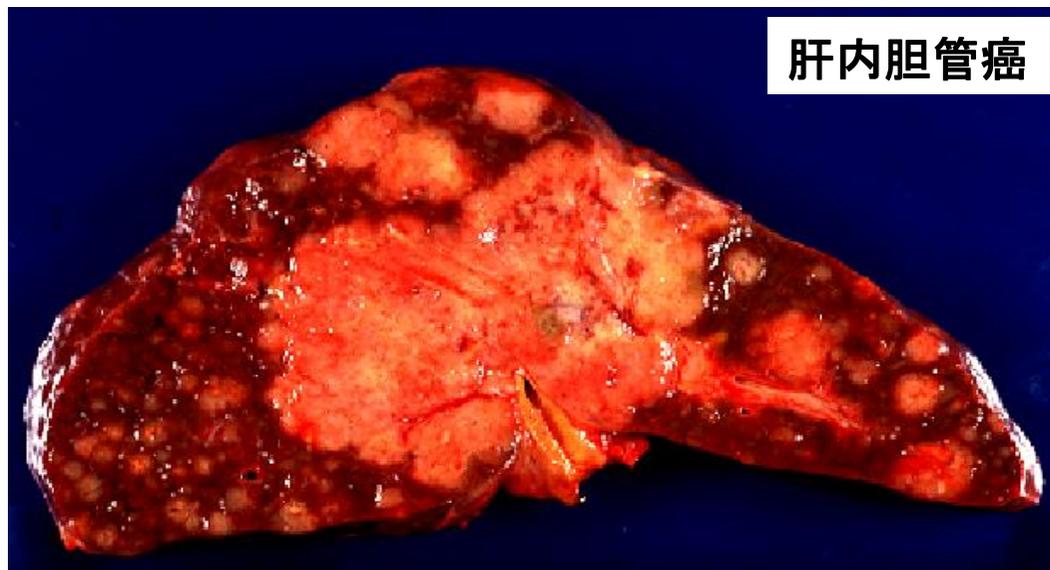
(Asahi-com.or.jp)

トトロラスト誘発肝腫瘍

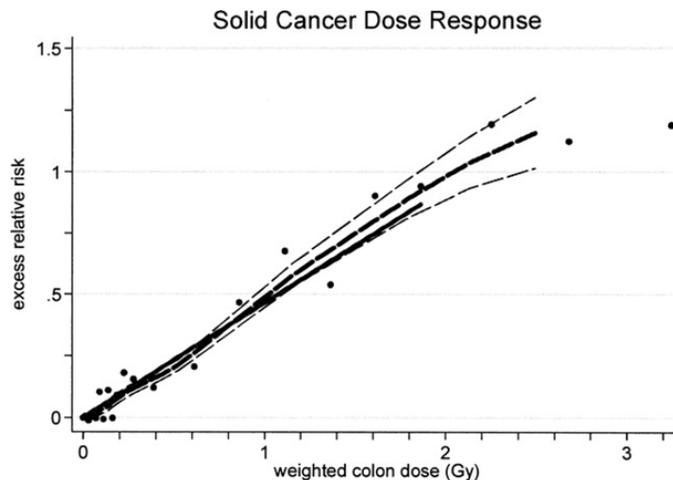
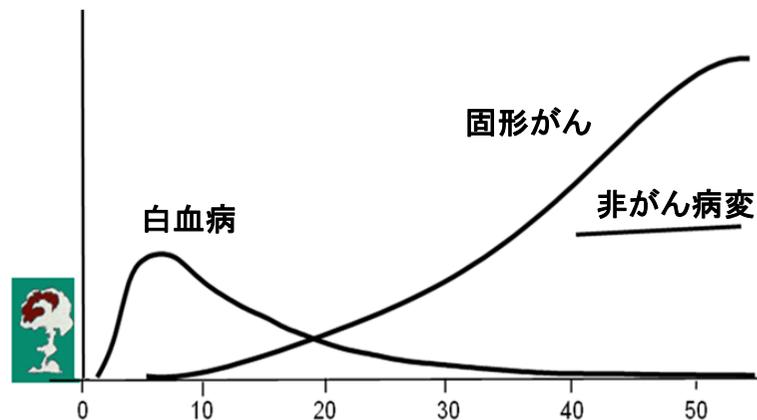


| | トトロラスト症 | | 非トトロラスト症 |
|-------|---------|-------|----------|
| | 日本 | デンマーク | 日本 |
| 胆管細胞癌 | 43.5 | 32.3 | 9.6 (%) |
| 血管肉腫 | 35.6 | 26.0 | 0.2 |
| 肝細胞癌 | 15.4 | 35.4 | 81.5 |
| その他 | 31.3 | 6.3 | 8.6 |

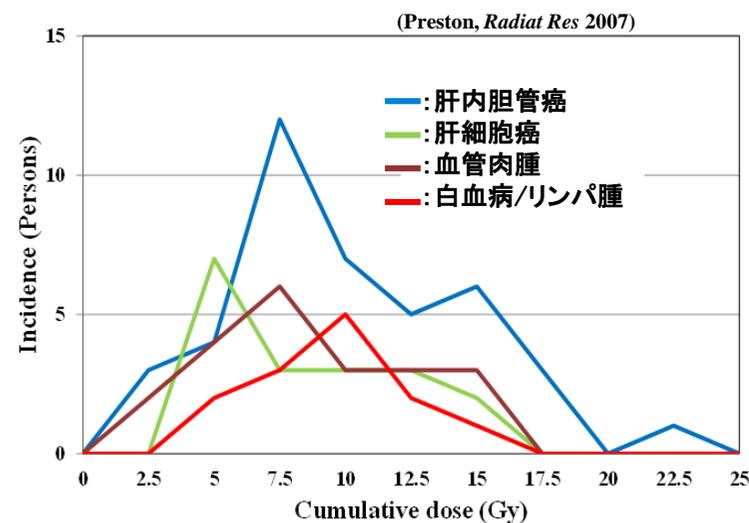
(Andersson M *et al. Rad Res* 1994)
(Mori T *et al. Ibid* 1999)



放射線発がん、何が問題か

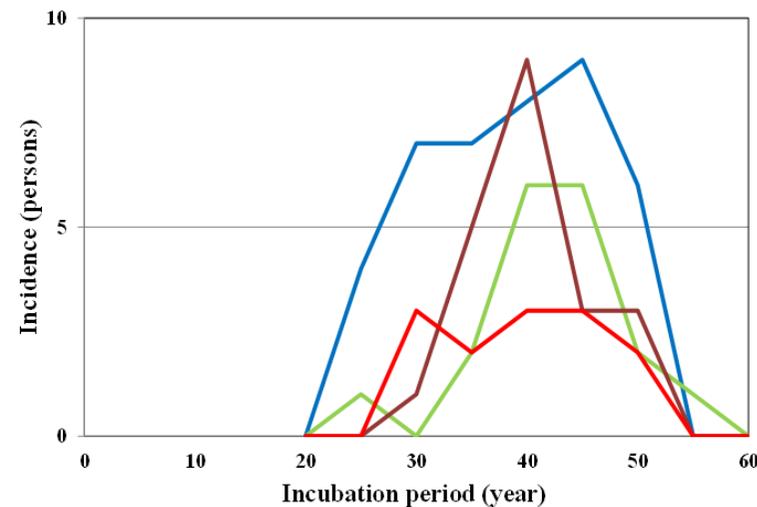


原爆による体外被ばく
(大線量率・急性被ばく)

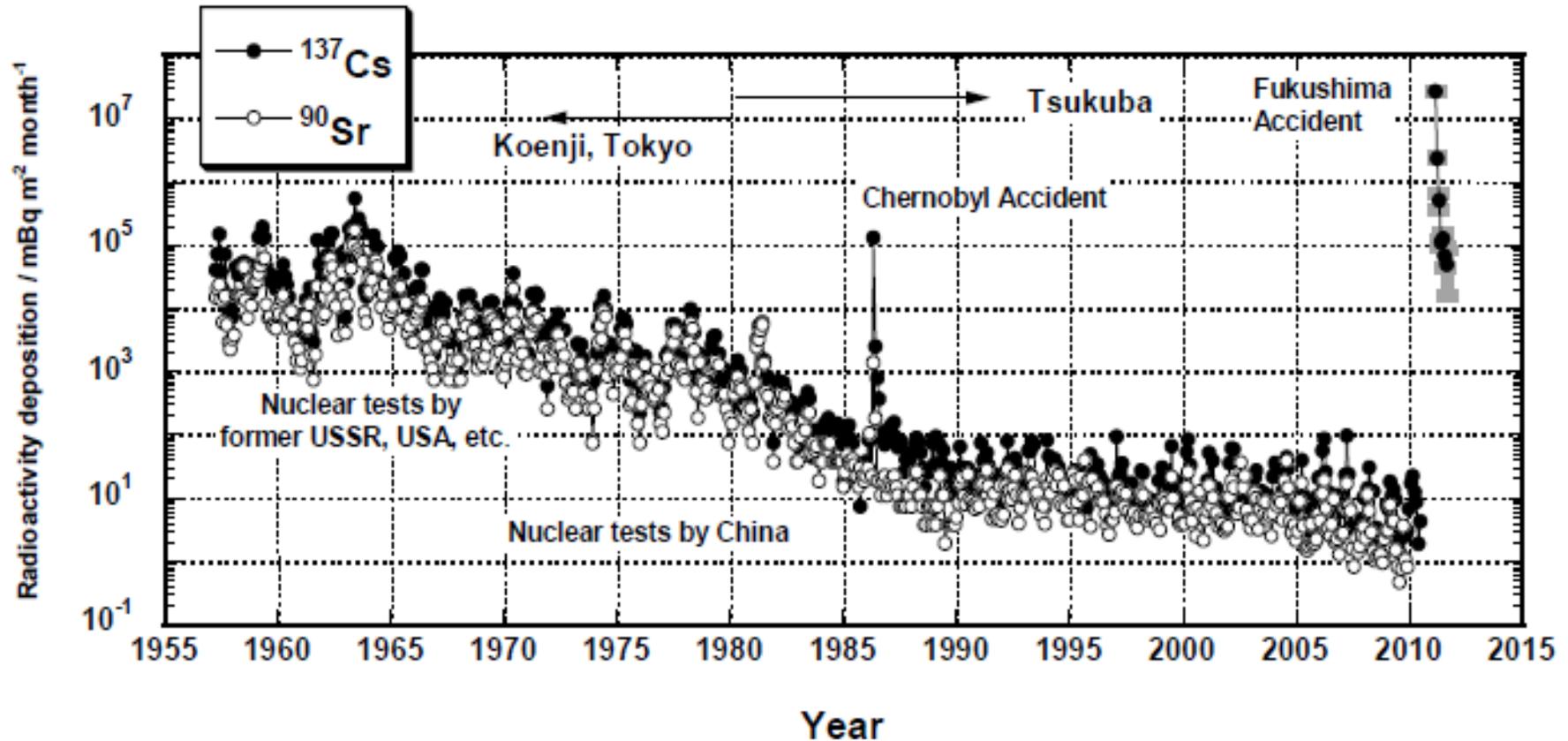


トトロラストからの内部被ばく
(長期微量・慢性被ばく)

(Fukumoto, *Pathol Int* 2014)



わが国における人工放射性核種の月間降下量



(気象研究所 地球化学研究部)

被災家畜に関わる時系列



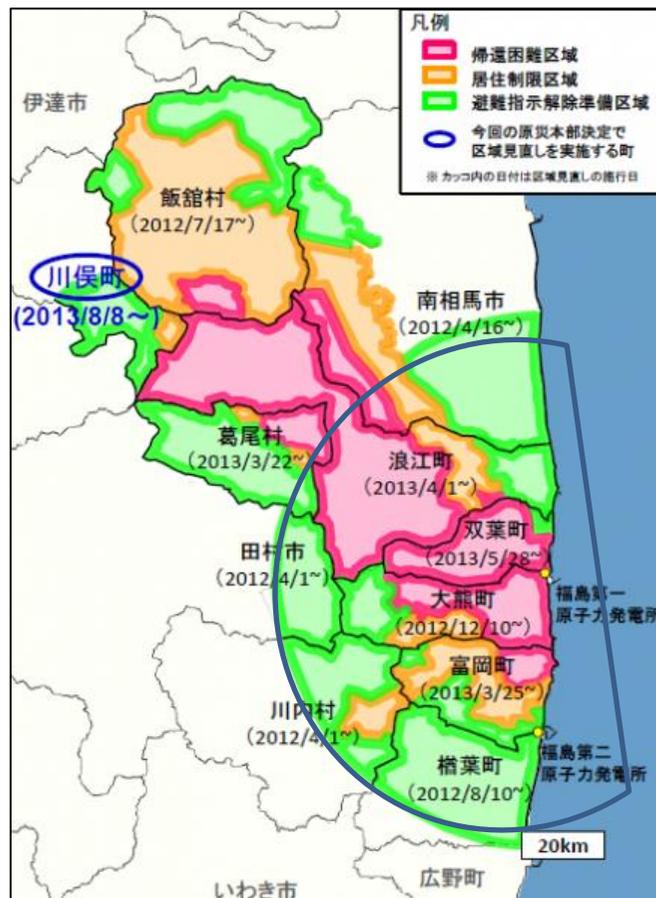
3月12日 第一原発から20km圏内
に避難指示

牛:4000頭、豚:3万頭
鶏:63万羽、馬:100頭
ダチョウ:30羽弱

4月22日 警戒区域設定

5月12日 殺処分指示

7月12日 牛肉からの放射性
セシウム検出



福島県大熊町野上(2012年6月4日午後)

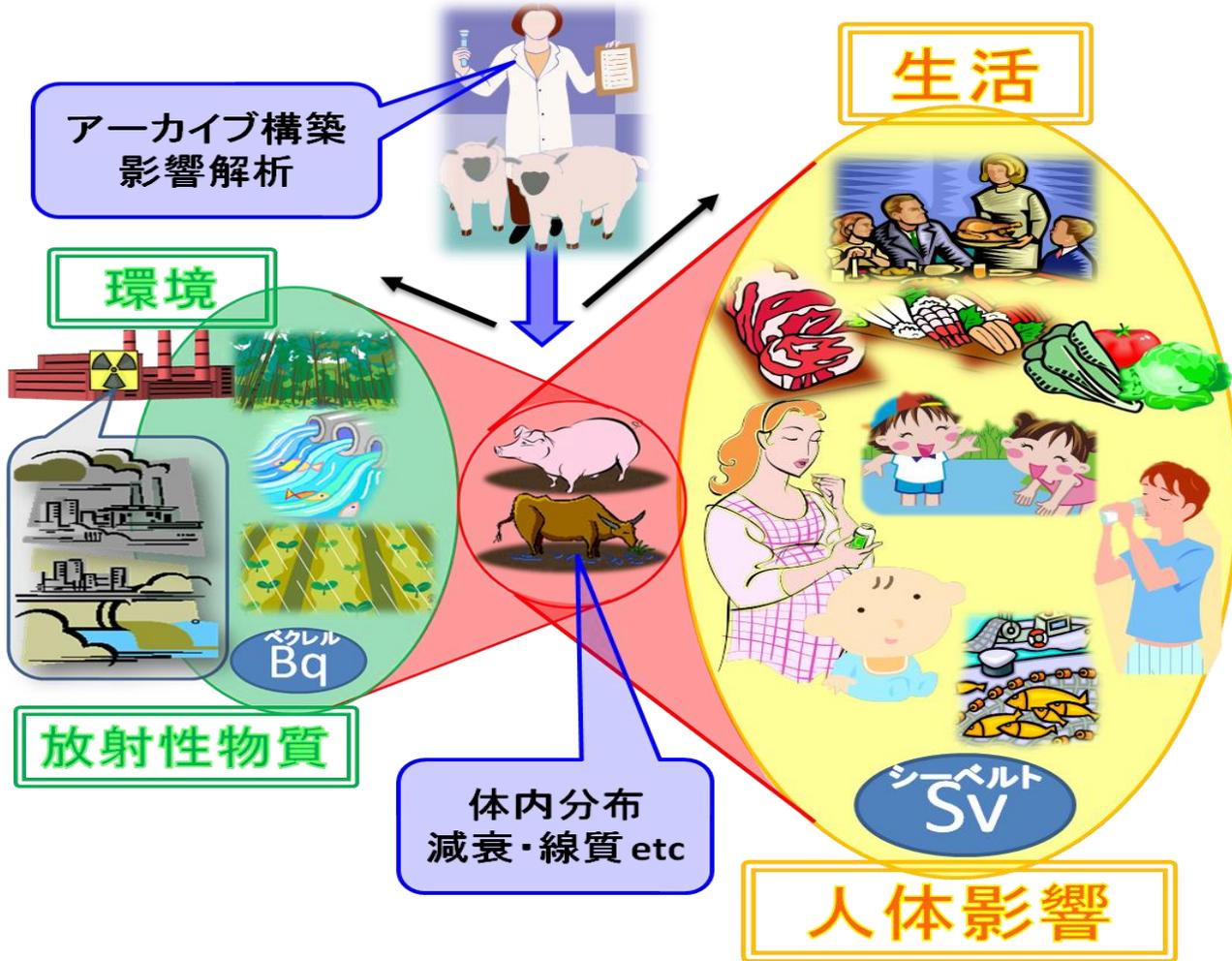
<http://photo.sankei.jp.msn.com/kodawari/data/2011/06/0604ookuma/>

<http://www.casttv.com/video/jwocqkh/20km-video>

6月4日 車も人もいない静まりかえった町の中で
牛の群れが道路を横断

7月10日 楢葉町山田岡の国道交差点で、駐車していた
パトカーに、野生化した牛2頭が突進、衝突
(午後9時15分)

福島原発被災動物アーカイブの構築



背景:

福島第1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。

目標:

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。

人体における放射線影響を解析するために必要な
臓器別内部被ばく線量算出根拠の確立

検体採取からデータ化まで



高等教育開発推進センター
草・土壌のサンプリング
環境線量評価

東北大学理学研究科
草・土壌のサンプリング
環境線量評価

山形大学工学部

卵巣の解析・保存・管理
生殖細胞影響解析

宮城県畜産試験場
汚染稲わら給与試験

長崎大学原爆後障害
医療研究施設
DNA/RNA抽出
保存・管理

東北大学加齢医学研究所
全体の統括
解剖と臓器搬出
組織保存・管理

茨城大学理学部
末梢リンパ球二本鎖切断

日本獣医生命科学大学
血漿タンパク質分析

日本遺伝子
末梢白血球の染色体解析

放射線医学総合研究所
アーカイブ構築調査
線量・放射能測定

東北大学農学研究科
解剖と臓器搬出
放射能推定ソフト開発

東北大学歯学研究科
解剖と臓器搬出
歯・骨の線量評価

新潟大学農学部・
精子の解析・保存・管理
継世代影響解析

宮城大食産業学部
幹細胞解析

弘前大学被ばく医療研・保健学
小動物の放射能・影響

理化学研究所バイオ
リソースセンター
組織保存・管理

試料の収集と管理

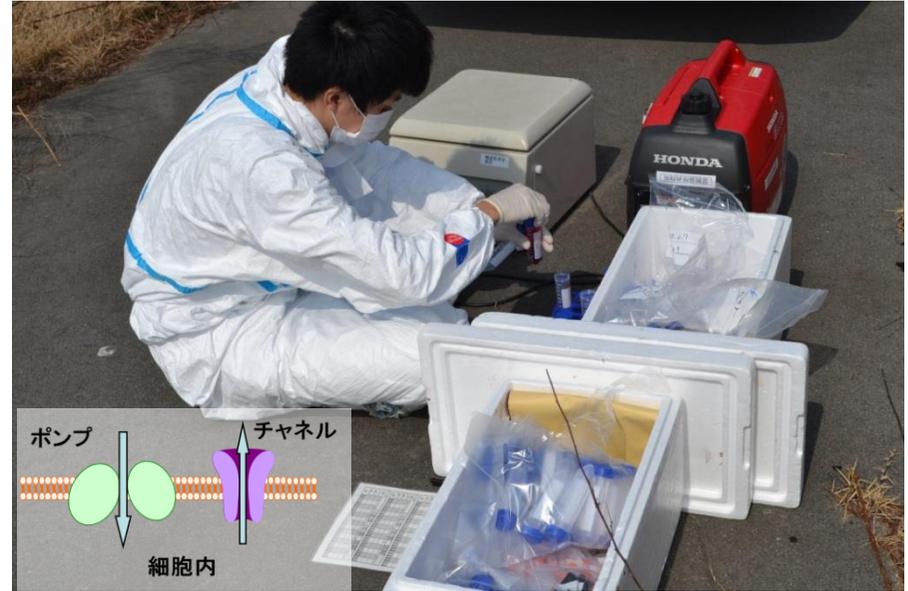
採材(2011.8.29～)



安樂殺・埋却



壕内での解剖・血液分離・埋却

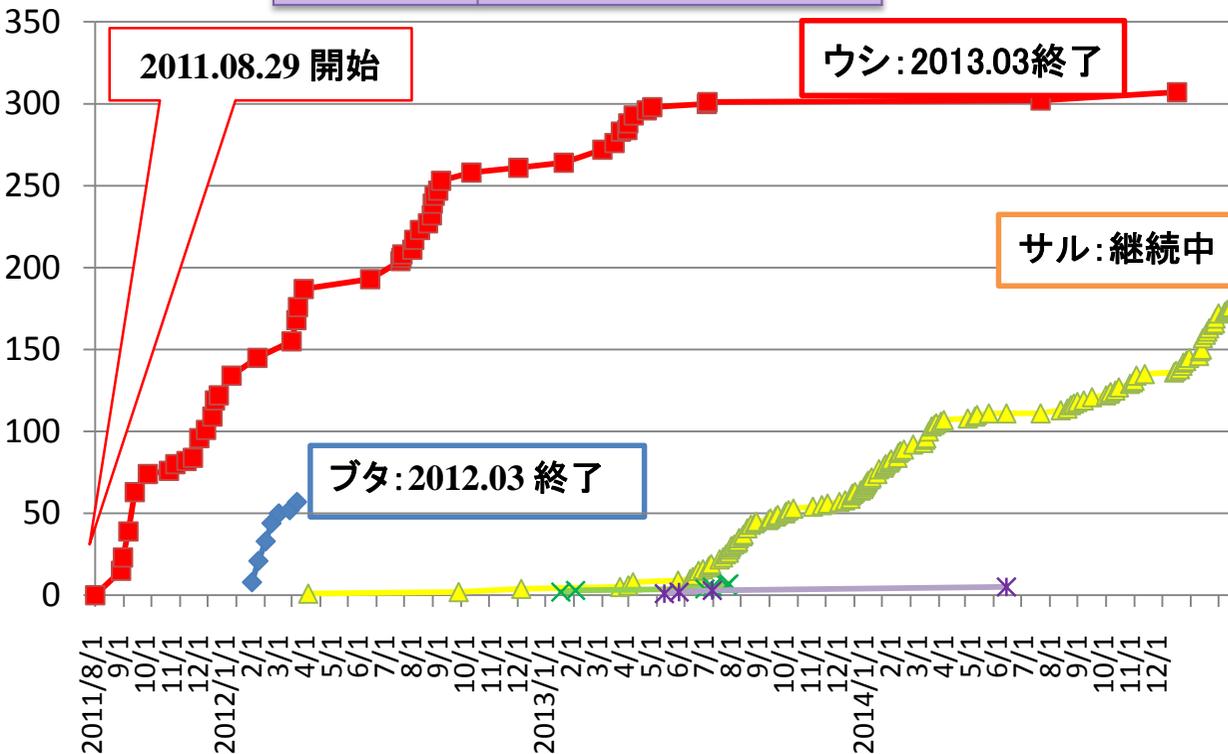


採材動物頭数と臓器数



| 採材頭数 (2014.12.31現在) | |
|---------------------|-------|
| ウシ | 307 頭 |
| ブタ | 57 |
| サル | 191 |
| イノシシ | 8 |
| ウマ | 5 |

(2015.04.01)



| ウシ臓器数 | |
|-------|-----|
| 肝臓 | 211 |
| 腎臓 | 192 |
| 心臓 | 195 |
| 肺 | 202 |
| 脾臓 | 167 |
| 甲状腺 | 59 |
| 顎下腺 | 79 |
| 横隔膜 | 118 |
| 膀胱 | 92 |
| 舌 | 168 |
| モモ | 191 |
| ロース | 198 |
| 咬筋 | 129 |
| 皮膚 | 166 |
| 血液採取 | 259 |

| サル臓器数 | |
|-------|-----|
| 肝臓 | 167 |
| 腎臓 | 167 |
| 心臓 | 168 |
| 肺 | 168 |
| 脾臓 | 167 |
| 副腎 | 167 |
| 膵臓 | 166 |
| 顎下腺 | 161 |
| 胸腺 | 149 |
| 甲状腺 | 157 |
| 脳 | 159 |
| 横隔膜 | 168 |
| 膀胱 | 166 |
| 舌 | 168 |
| モモ | 172 |
| ロース | 168 |
| 咬筋 | 169 |
| 皮膚 | 169 |
| 眼球 | 165 |
| 胃 | 167 |
| 回腸 | 164 |
| 直腸 | 162 |
| 卵巣 | 69 |
| 精巣 | 93 |
| 血液採取 | 150 |

| ブタ標本作製数 | |
|---------|----|
| 肝臓 | 46 |
| 腎臓 | 45 |
| 心臓 | 36 |
| 肺 | 45 |
| 脾臓 | 44 |
| 甲状腺 | 4 |
| 横隔膜 | 14 |
| 膀胱 | 16 |
| 舌 | 25 |
| モモ | 24 |
| ロース | 21 |
| 咬筋 | 8 |
| 皮膚 | 27 |
| 血液採取 | 60 |

資料の公開・試料の提供



【冷凍保存】



理研にもミラーサイト



DNA/RNA抽出

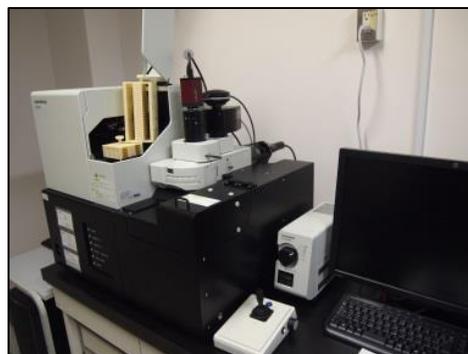
バーコード管理による試料と
各種結果の紐付け



【組織標本の作製】



微量元素の分布解析

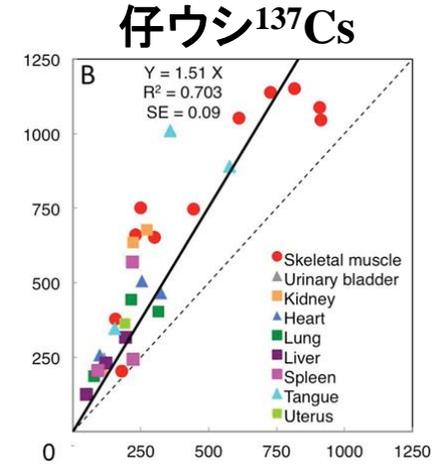
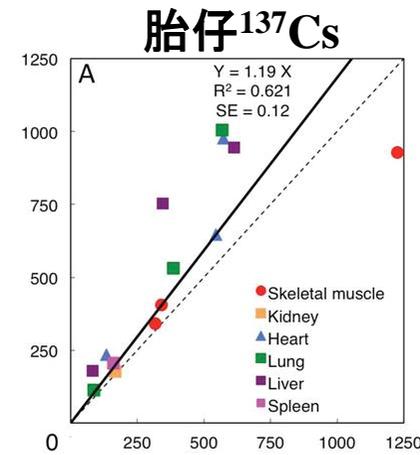
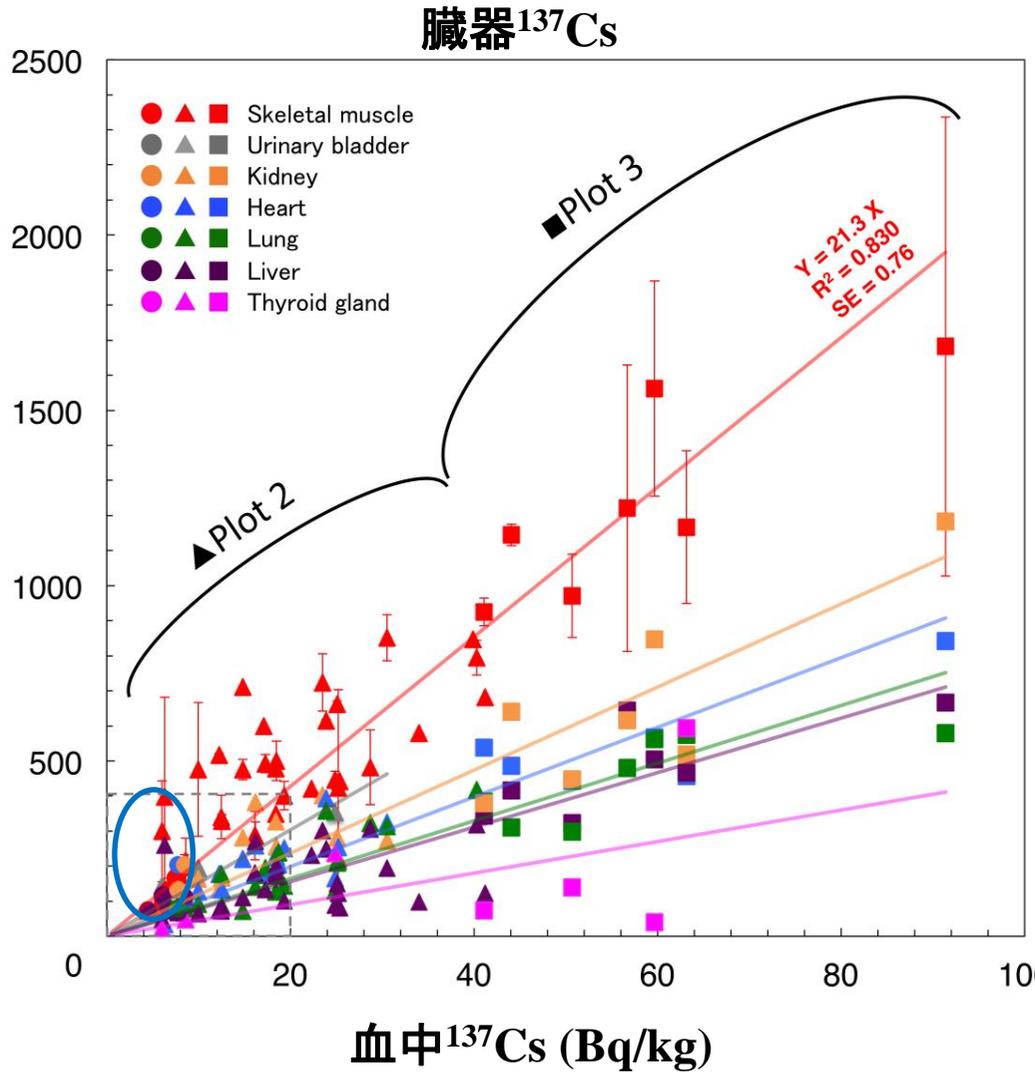


デジタル化画像

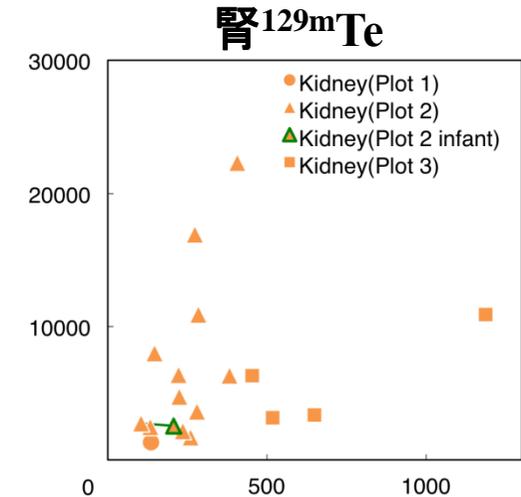
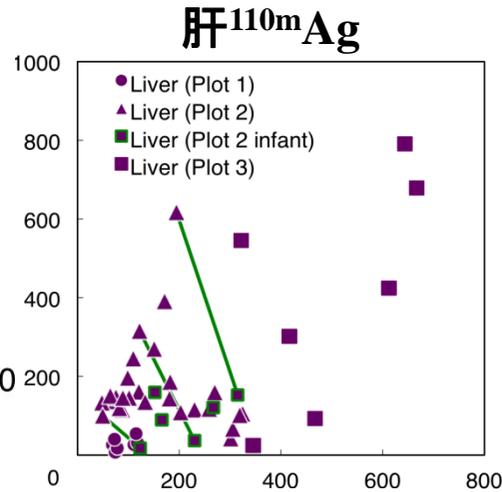
ヒトにおける影響の算定根拠
利便性を伴った資料の次世代への継承

本事業から得られた結果

ウシ血中・臓器中放射性物質と放射能濃度



母ウシ¹³⁷Cs濃度 (Bq/kg)



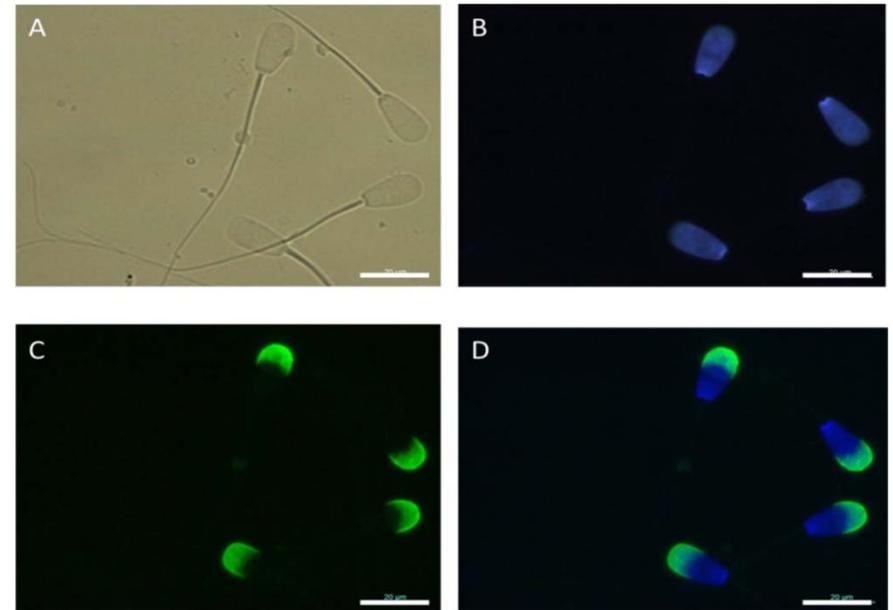
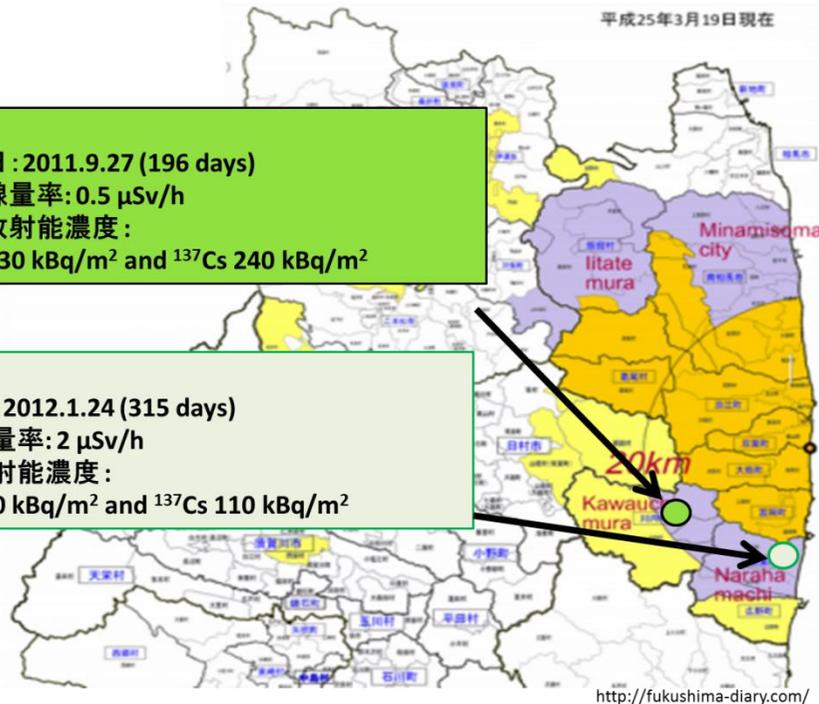
血中¹³⁷Cs濃度 (Bq/kg)

ウシ精子形成、精巣への影響



ウシ1
 採取日: 2011.9.27 (196 days)
 空間線量率: 0.5 $\mu\text{Sv/h}$
 土壤放射能濃度:
 ^{134}Cs 230 kBq/m^2 and ^{137}Cs 240 kBq/m^2

ウシ2
 採取日: 2012.1.24 (315 days)
 空間線量率: 2 $\mu\text{Sv/h}$
 土壤放射能濃度:
 ^{134}Cs 100 kBq/m^2 and ^{137}Cs 110 kBq/m^2



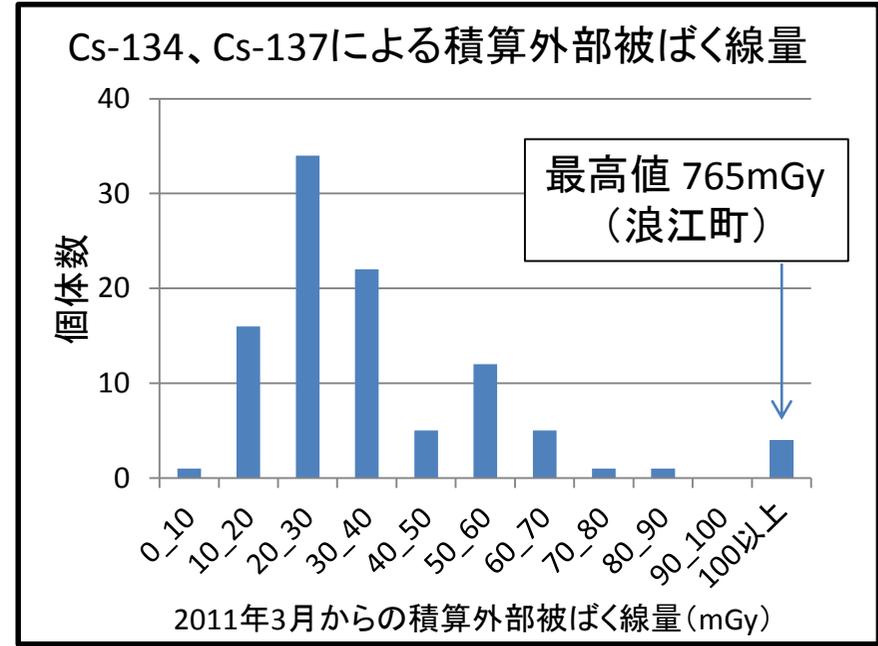
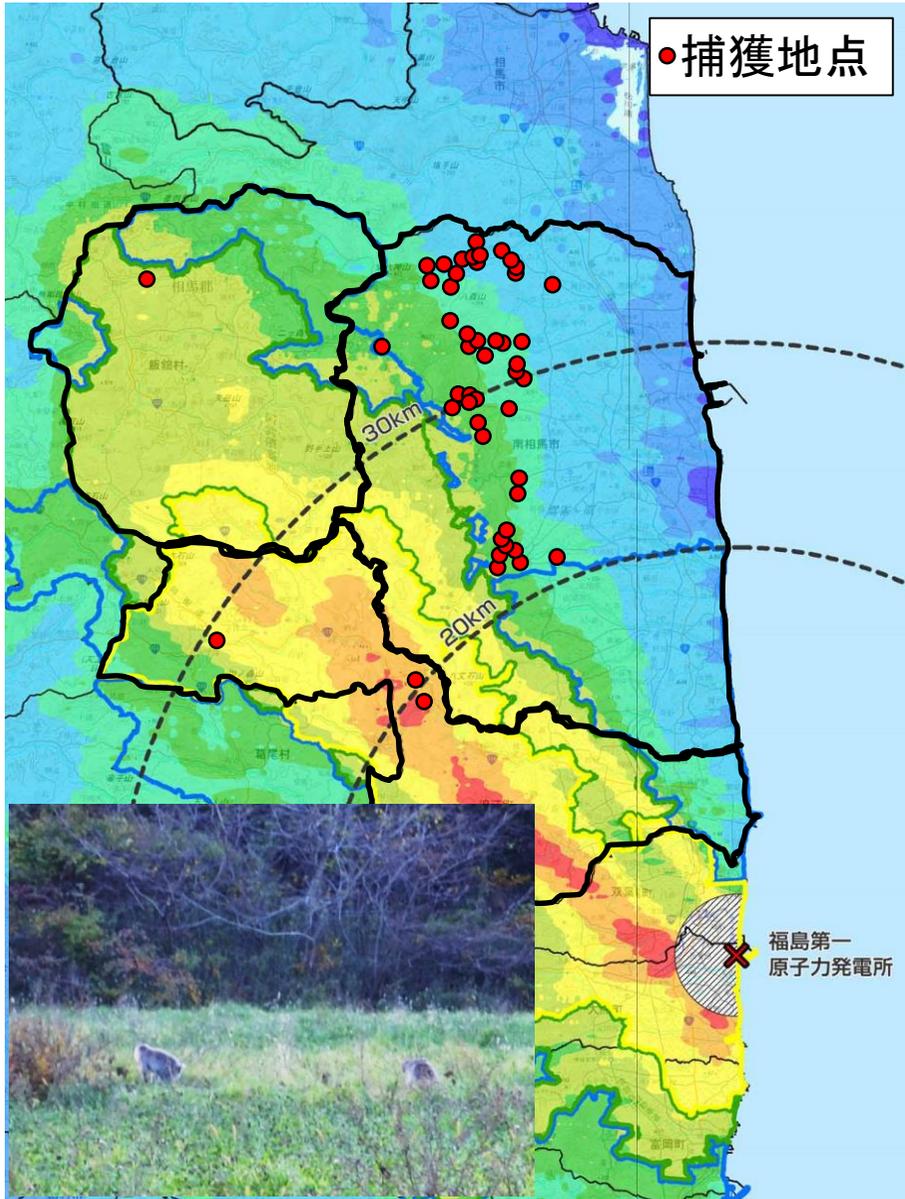
先体に異常を認めない

| 雄ウシ | 被ばく | ^{134}Cs | ^{137}Cs | 合計 (mGy) |
|----------|-----|-------------------|-------------------|----------|
| 1 (196日) | 内部 | 0.7-1.2 | 0.4-0.6 | 3.9-4.4 |
| | 外部 | 2 | 0.8 | |
| 2 (315日) | 内部 | 3.2-6.1 | 1.8-3.4 | 6.9-11.4 |
| | 外部 | 1.3 | 0.6 | |

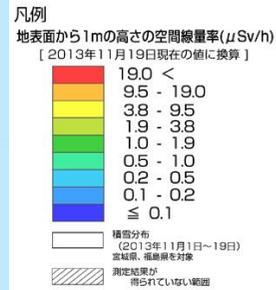
通常バックグラウンドレベルの5倍程度では生殖細胞に著変を認めない。

(平均—最大)

ニホンザル採材頭数と外部被ばく線量



放射線量等分布マップ
- 航空機モニタリング -



1: 本マップには天然核種による空間線量率が含まれています。
2: 福島第一原子力発電所から3km圏外の測定結果は、事故発生から2ヶ月(平成25年11月19日時点)の値に誤差補正、風向等の自然環境による放射性物質の移行の影響は考慮していません。
3: 実際で観測された白色の領域は積算値を表現していません。

| 捕獲場所 | 頭数(2014.12.1現在) | | |
|------|-----------------|----|-----|
| | 雄 | 雌 | 計 |
| 南相馬市 | 87 | 70 | 157 |
| 浪江町 | 3 | 0 | 3 |
| 飯舘村 | 1 | 1 | 2 |
| | | | 162 |



1. 大学内外のエキスパートからなる集団が極めて短時間で構築された。
2. 種を超えて放射性セシウム(Cs)は全ての検体で検出された。
3. 血中放射性Csの放射能は環境に影響を受け、臓器への集積量を推定するパラメーターとなるが、移行係数に種差がある。
4. 放射性Cs濃度は骨格筋で高く甲状腺では低い。
母体よりも胎児・仔牛で高い。
5. 警戒区域内に1年以内では、ウシ生殖細胞の異常は検出されなかった。
6. 福島県のニホンザルの抹消血球数は非汚染群に比べて有意差を認めなかった。
7. 幼獣個体の大腿筋放射性セシウム濃度と有意な相関は認めなかった。



8. ブタ血中放射性Cs濃度はウシの約1,000倍高い。
サルでは今だに高い放射性Csを検出している。
9. ウシ硬組織内に ^{90}Sr の蓄積を認めた。
10. 放射性Cs以外にも生物影響解析が必要である。($^{110\text{m}}\text{Ag}$, $^{129\text{m}}\text{Te}$, ^{131}I)
11. 臓器・核種・年齢・動物種などを勘案した厳密な生物学的半減期を見出す必要がある。
12. 野生動物について最低10年の経過観察は必要である。
13. 地道ではあるが直接住民の役に立つようになってきた。

放射線：ヒト健康影響を知る難しさ



チェルノブイリ(今中氏)



3.6mSv/年



秋田県玉川温泉

疑問

- ◆ 『直ちに影響ない』(急性傷害なし)は安心? (晩発傷害はないか)ガンにならない? 子孫への影響?
- ◆ 低いレベル: 健康に良い?
- ◆ 人工放射線: 健康に悪影響? 自然放射線は問題ない?
- ◆ 内部ひばく: 外部被ばくよりも危険?

事実

- ◆ 全身4Gy被ばく: 体温が0.001度上昇するに過ぎない程度のエネルギーなのに…
→ 60日以内に半数の人が死ぬ
 - ◆ 急性死を逃れた後、発がんリスクは上昇
 - ◆ 若年時被ばくで生涯がん死亡リスクが高い
 - ◆ チェルノブイリ事故後5年して甲状腺がん多発
- ヒトで不明であることがわかっていること**
- ◆ 0.1Gy以下の健康影響
 - ◆ 放射線誘発に特異的な組織型の腫瘍
 - ◆ 遺伝影響



被災動物線量評価事業グループ

東北大学
 加齢医学研究所 病態臓器構築研究分野
 漆原佑介¹・鈴木正敏¹・高橋慎太郎・井上和也
 林剛平・桑原義和¹・福本基・安彦亮・鷺尾亮太
 高度教養教育・学生支援機構
 関根 勉
 理学研究科
 木野康志・小荒井一真・入澤 歩・岡壽崇
 農学研究科
 磯貝恵美子・福田智一
 歯学研究科
 鈴木敏彦・藤田詩織・清水 良央・高橋 温・千葉美麗
 篠田 壽

新潟大学自然科学研究科
 山城秀昭
 帯広畜産大学(山形大学)
 阿部靖之
 日本獣医畜産大学
 川角浩
 宮城大学
 小林仁・森本素子
 筑波大学(大阪医大)
 中村麻子

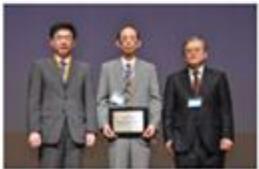
～原発事故と放射性物質～
被災動物の包括的線量評価事業

はじめに 研究概要 これまでの成果 マスメディア 今後の予定 活動日誌 問い合わせ リンク

福島原発事故によって多量の放射性物質が環境中に飛散しました。
 警戒区域内に残され、被災した家畜や動物の放射性物質の計測によって、
 人と環境への放射線影響を明らかにする研究です。



トピックス



第102回日本病理学会総会において
日本病理学賞を受賞

更新履歴

2015年3月5日
 活動日誌*2015 02 16*を更新いたしました。

 活動日誌も合わせてご覧ください
 2014年5月15日
 マスメディア*雑誌*を更新いたしました。

 活動日誌も合わせてご覧ください
 2014年5月7日

放射線についての知識と 広い考え方を持ってもらうために

“放射線影響学会第55回大会”にて開催
 されました。“市民公開講座～放射線とマス
 メディア～”での先生方の討論の様様をご紹
 介いたします。さまざまな立場からの放射
 線・原発事故に対する知見をぜひご覧ください。
 ・市民公開講座動画一覧
 ・市民からの質問とその回答
 ・市民公開講座配布資料