

放射能汚染地域での生物調査:放射能の アブラムシへの影響

秋元信一(北大・農学研究院)



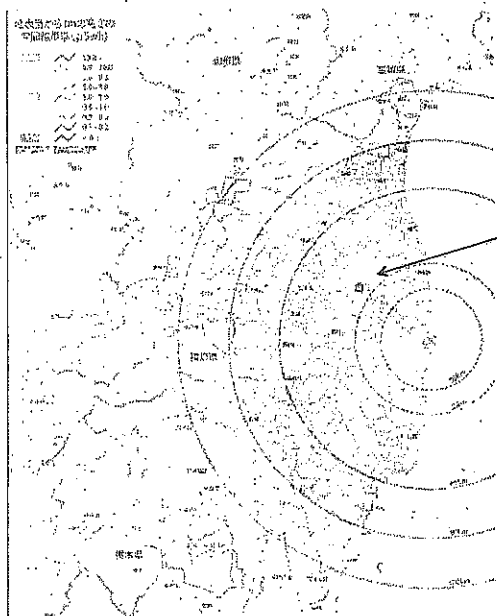
福島県
川俣町
山木屋

計画的
避難区域

2012.6.3

本日の話し

- ・研究のきっかけ—研究者の関心の低さ
- ・福島 of 自然・環境
- ・福島のアブラムシに見られる形態異常の多発
- ・原発事故をきっかけに、どのような研究が行われているのか?
- ・照射実験と原発事故の違い
- ・最近の研究から明らかになってきた放射線の生物への影響



Collection of aphids
in Fukushima

Yamakiya, Kawamata
Town, Fukushima Pref.

福島県川俣町
山木屋

福島第一原発
から32km

高線量地域では、生物に何が起きているのか?

(1) キノコ食ショウジョウバエのトラップによる採集



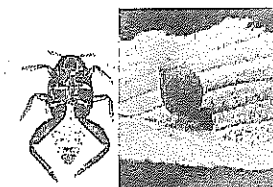
(2) エンドウヒゲナガアブラムシの採集とmtDNA配列の調査



100頭調査→関東地方の変異と同様

(3) 虫こぶ形成アブラムシ(ワタムシ)の形態

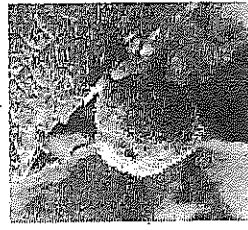
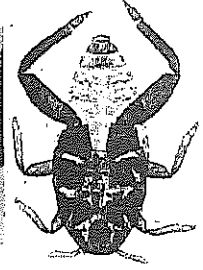
1齢幼虫(虫こぶ形成者)の形態異常



調査対象 1本のハルニシより

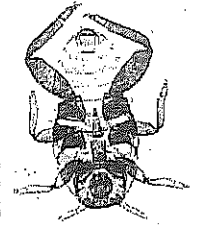
Tetranura sorini
オオヨスジツタムシ

川俣町 167頭
他地域 計 1559頭



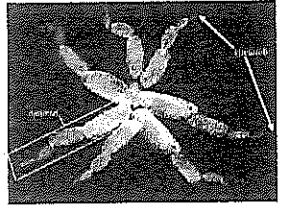
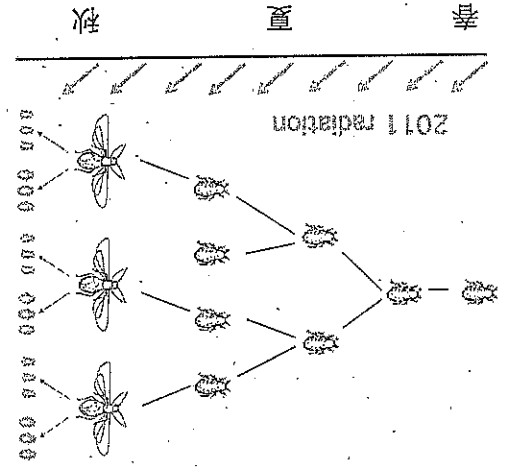
Tetranura nigriabdominalis
オカホノクロツタムシ
(クロハリスジツタムシ)

川俣町 136頭
他地域 計 1311頭



ツタムシ類(ツタムシ科)の利点1

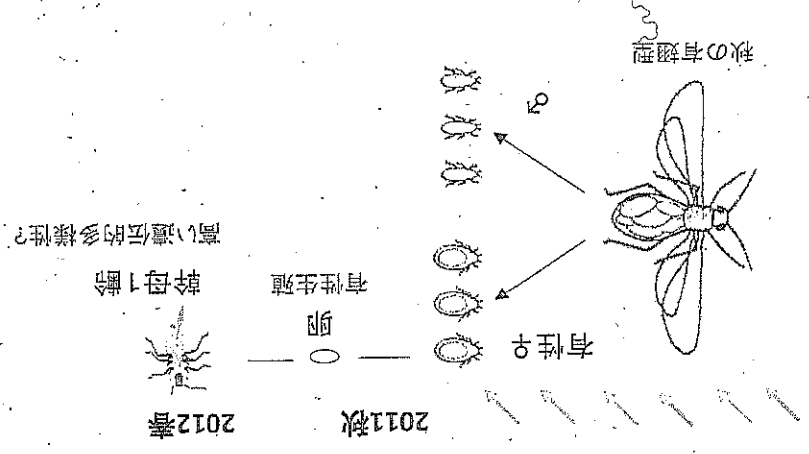
単為生殖による増殖一帯に胚子を発育させている



Developing embryos
(Mura et al. 2003)

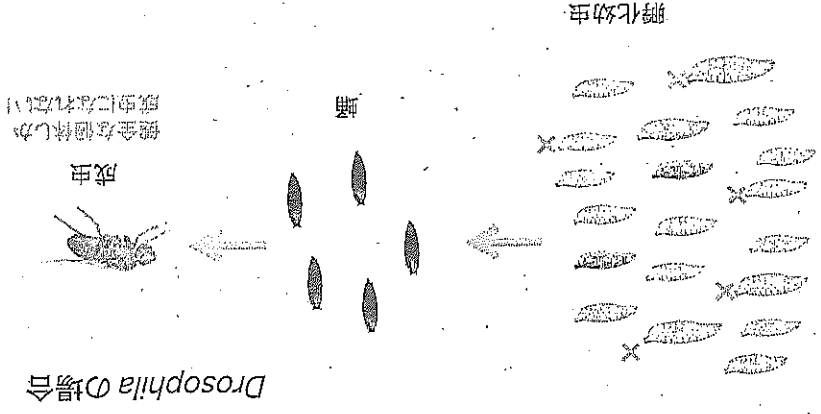
ツタムシ類(ツタムシ科)の利点2

原発事故後、初めての有性生殖による産卵一孵化幼虫



ツタムシ類(ツタムシ科)の利点3

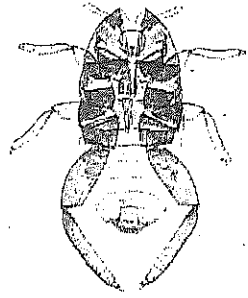
孵化幼虫(1齢幼虫)の表現型の多様性



ワタムシ類(アブラムシ科)の利点3

孵化幼虫(1齡幼虫)の表現型の多様性

オオヨスジワタムシ1齡幼虫



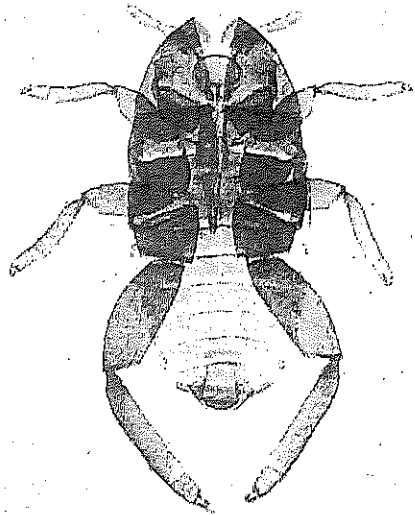
First instar fundatrix

成虫



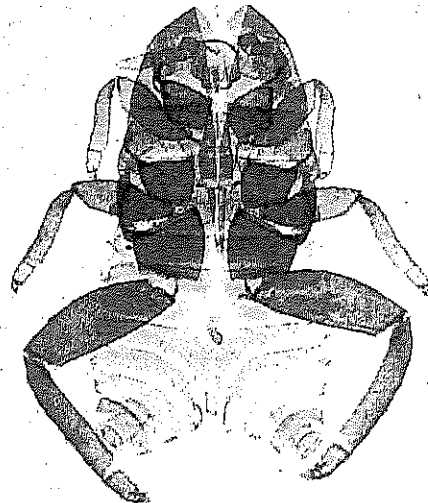
Adult fundatrix

正常な1齡幼虫脱皮殻



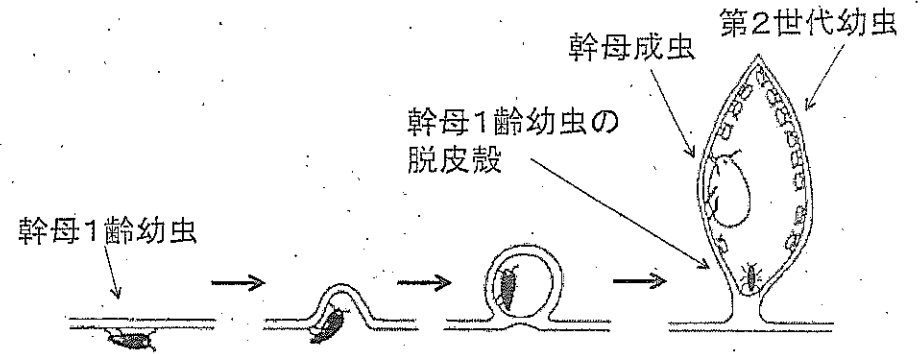
Normal morphology

異常形態 1齡幼虫脱皮殻



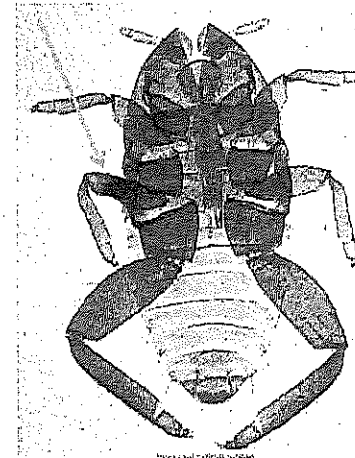
オオヨスジワタムシ
Malformation: two-tailed in Fukushima

Tetraneura属幹母によるゴール形成



発生過程での細胞死と付属肢の欠損の多発

中脚
組織の壊死: 1齡脱皮殻



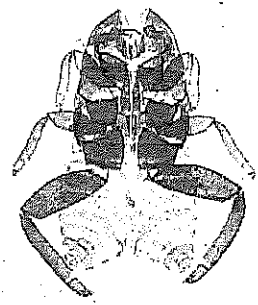
Fukushima

中脚
の欠損: 3齡



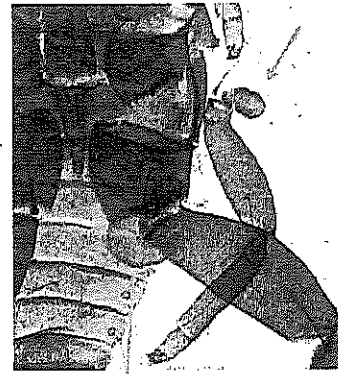
オオヨスジワタムシ

Level 3 形態異常



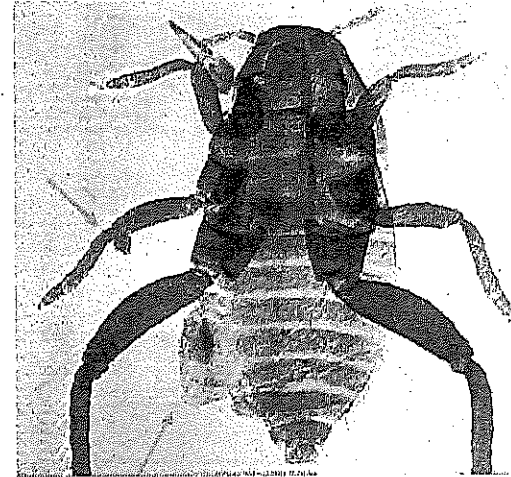
分岐した尾部

複数の脚の欠損

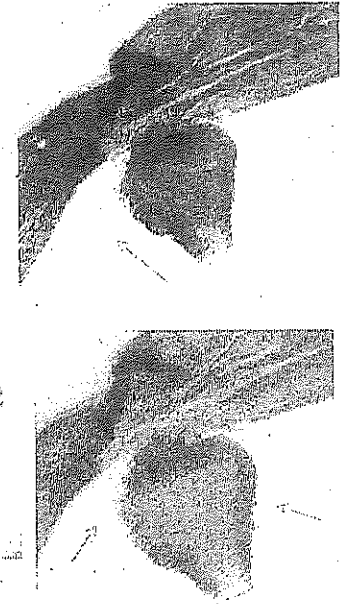


瘤状隆起

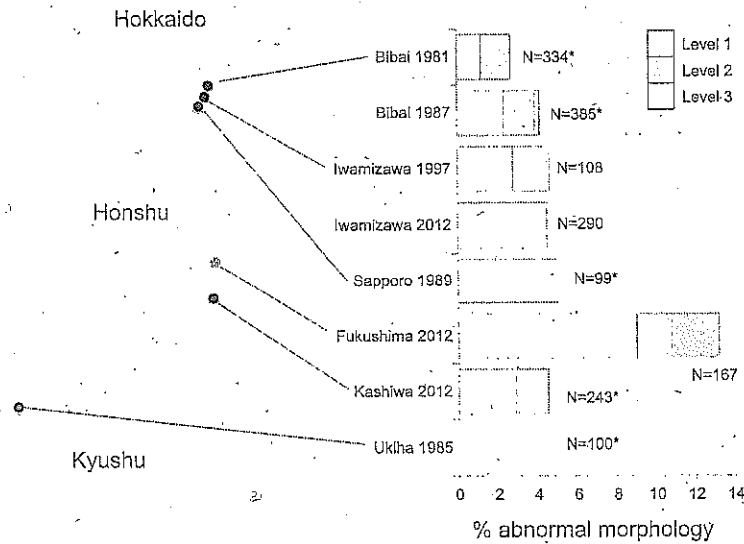
Level 3: 形態異常



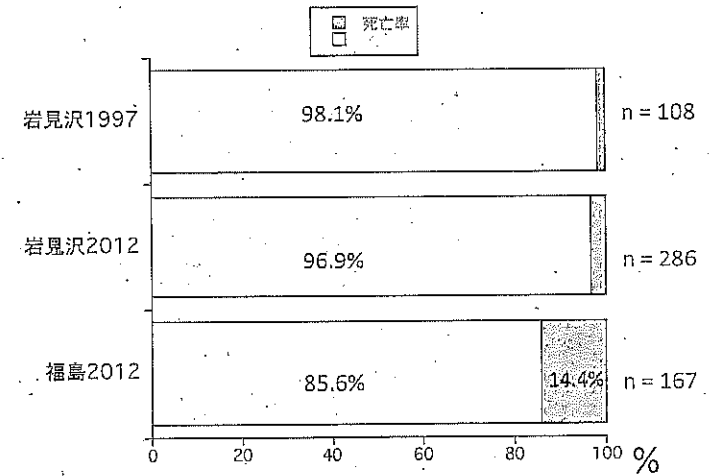
形態異常: 1 齢死亡個体
腹部膨満、関節からの突起物



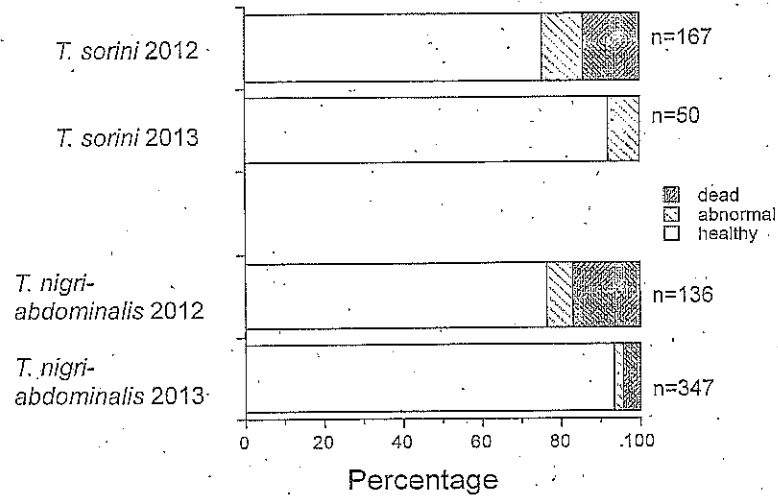
Tetraneura sorini オオヨスジワタムシ



成長途中の死亡率の比較 (1 齢幼虫から成虫)
オオヨスジワタムシ



同一寄主木上での生存率、形態異常率の年間比較



- ・放射性物質が原因とは断言できない
- ・しかし、細胞分裂を阻害する突然変異源 (mutagene) が存在すると予測される
- ・突然変異源は、化学物質、あるいは、放射性物質
- ・化学物質の影響は考えにくい
避難地域であり、2年間農業が行われていない
殺虫剤、除草剤は2年間散布されていない
- ・2012に異常・死亡が多く、2013, 2014には異常・死亡個体が減少 → 2011~2012特有の原因

放射性物質による汚染

川俣町山木屋地区における文部科学省の調査

2011年3月16日採集の「雑草」は、
 ヨウ素131 727,000 Bq/kg、
 セシウム137 158,000 Bq/kg、
 セシウム134 157,000 Bq/kg

の汚染を受けたことが記録されている。

この時期、越冬中の卵も同程度の汚染を受けたと考えられる

昆虫とガンマ線照射実験

・コドリン蛾

40,000 rad (= 400 Gy) の照射で 98% の精子は死亡する。
 しかし、成虫の寿命、行動には影響なし

・シラミ、イエバエ、ゴキブリ、シミ、トコジラミ、アリ

50%致死のガンマ線量:

ハエ卵で130 rad (= 1.3 Gy) ~

シラミ幼虫で190,000 rad (= 1,900 Gy)

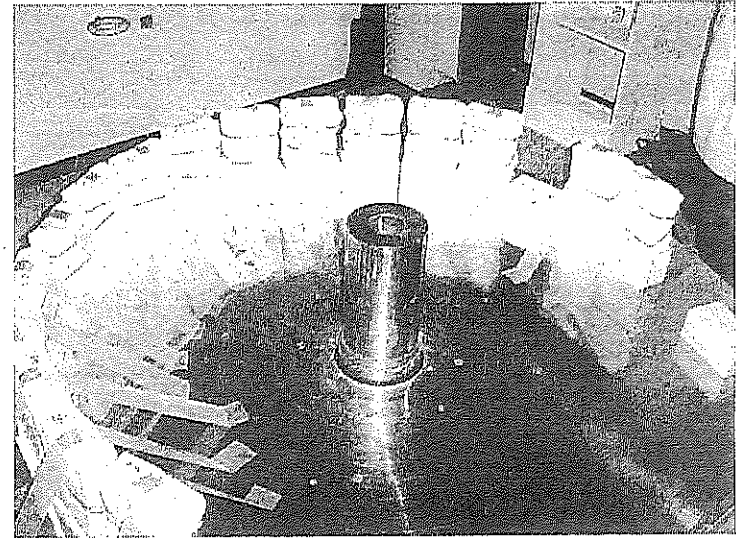
昆虫は放射線に強い(ヒトの致死線量は6-7 Gy)

難問

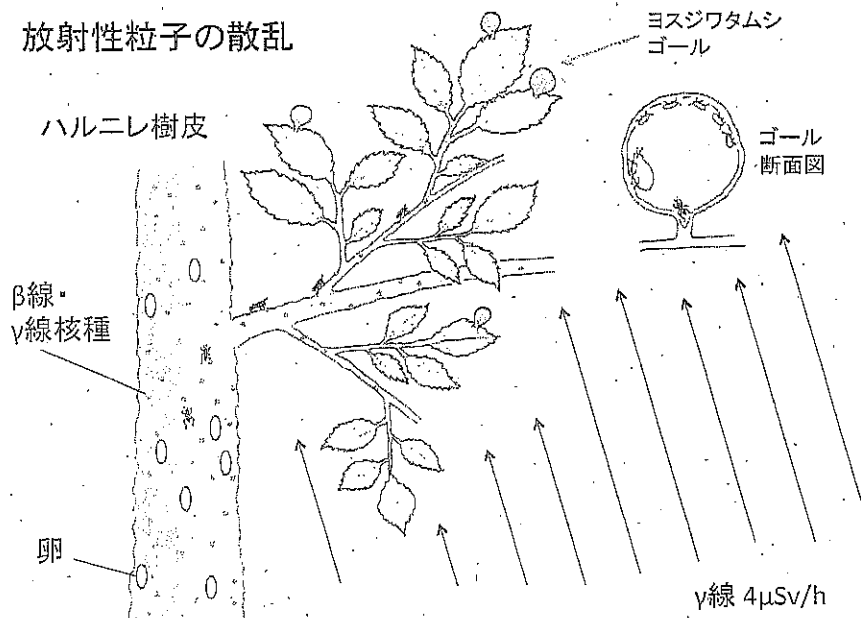
一般に、昆虫は放射線に強い
 数10 Gy の照射でも死なないものが多い
 形態異常も報告されていない

しかし、川俣 山木屋では、形態異常が多発
 2012年の空間線量が $4\mu\text{Sv}$ ほどで、死亡や異常が生じるには低すぎる

γ 線の照射実験

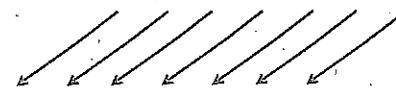


放射性粒子の散乱



2種類の被曝

遠距離線源からの外部被曝

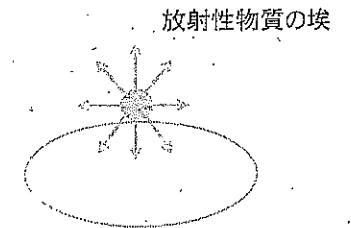


空間線量

1年100mSv
 以下のリスク
 有無？

室内動物実験
 広島・長崎の原爆データ
 教科書

至近距離の点状線源からの被曝

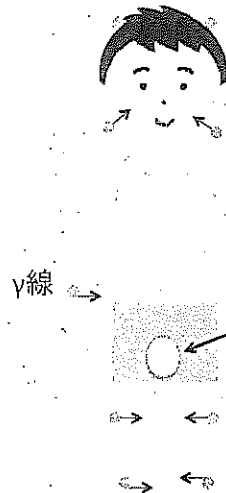


微小生物: アブラムシ卵
 長径 0.8 mm

局所的な激しい被曝

室内実験データなし
 論争を呼ぶ

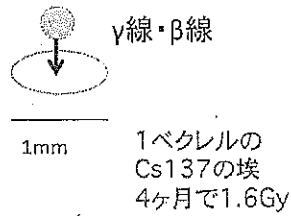
ヒトと放射性物質の粒子



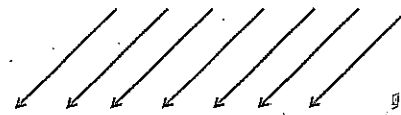
次世代への
遺伝的影響

Gyグレイは、キログラムあたりの
吸収線量。

アブラムシ卵と
放射性物質の粒子

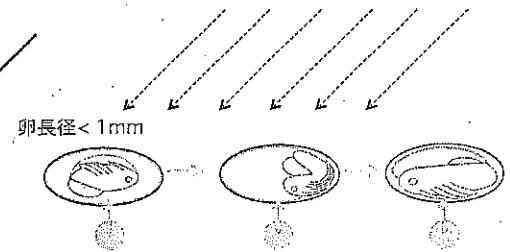


Experimental γ-ray irradiation
数10Gy~数100Gy



全身的なDNA破壊
↓
死亡、生殖腺破壊

Contaminated area in Fukushima
4μ Sv



局所的高線量被曝
↓
発生過程での限定的細胞破壊
↓
補償的細胞増殖？
↓
Homeotic malformation
(同列変異の形態異常)



2013年8月
宇野賀津子著

- ・国際的に定評のあるジャーナルに掲載された論文のみを参考
- ・客観的根拠の弱い話しは無視
- ・チェルノブイリのデータは無視 (大規模疫学調査の不在; 論文の不備)
- ・広島・長崎の原爆データ
100mSv以下では身体への影響なし、白血病は増加したが、100mSv以下では過剰リスクなし
- ・ガンの発生率に限定して予想
- ・免疫力の強調、DNA修復機構の強調
- ・組織にしばられない科学者ががんでんばらばらに発言し混乱を招いた。研究者の権威は地に落ちた
- ・放射能の危険を煽るべきでない

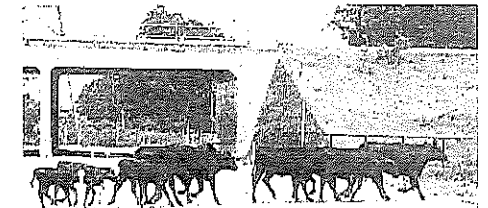
福島原発事故被災動物の線量評価事業(福本先生グループ)
(Fukuda et al. PLoS ONE 2013; Yamashiro et al. Sci Rep 2013)

福島第一原発 20km圏内の殺処分ウシ79頭からのデータ

末梢血のセシウム濃度から、各臓器に蓄積したセシウム量が推定できる。胎児のセシウム蓄積量は、母ウシの蓄積量の1.5倍

○ 血液へのセシウム蓄積に伴って、酸化ストレスマーカーが増加
→ 酸化ストレスが高まる

○ 筋組織の軽度の融解

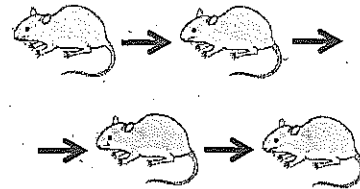


セシウム137の10世代にわたる経口摂取実験: マウス
中島裕夫さん(大阪大学)

- 100 Bq/mlの水を飲料水として与える群
— 個体あたり2313 Bq (93500 Bq/Kg)
- 対象群

調査 10世代目

- 染色体
- 変異遺伝子配列の検出
- 肺腫瘍発生率
- 酸化ストレス反応
- 平均産子数
- 性比



いずれも対象群とは有意差がない

林 剛平さん

J. Heredity (2014) 105 (5): 723-738.

飯館村でイネを栽培。空間線量のイネへの影響を調べる。
イネを移植、3日間4 μ Svの空間線量の元に置く

結果 3日間放置しただけで、

DNA複製・修復遺伝子 OsPCNA の活性が増強 (前期6h)
→ 体内でDNA修復機能を高めている

防御・ストレス機能遺伝子 OsPAL2, OsPR10a 活性化 (後期72h)
→ 酸化ストレスを受けている。それに対する防御反応が起こる

同様の結果、サクラマス 福島の河川と北海道の河川を比較
遺伝子発現量が、福島で変化。 中島正道さん(東北大学)

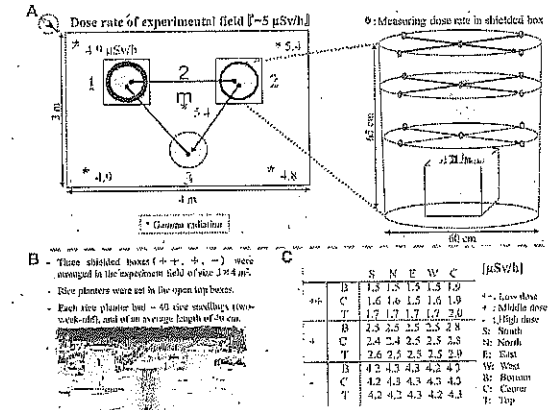
林 剛平さん (東北大学)

J. Heredity (2014) 105 (5): 723-738

飯館村でイネを栽培。空間線量のイネへの影響を調べる。
イネを移植、3日間、約4 μ Svの空間線量の元に置く

遺伝子の発現量解析

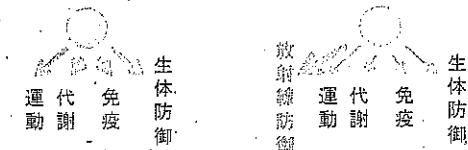
- DNA複製・修復遺伝子
- 酸化ストレス遺伝子
- 光合成遺伝子
- 防御・ストレス機能遺伝子



放射線の影響

- 1) γ 線によるDNAの切断
→ 修復の失敗による配列の変異、染色体変異、細胞死
体細胞において発癌、生殖細胞において次世代への影響
- 2) γ 線と体内水分子との反応による活性酸素の発生
→ 活性酸素によるDNAの切断、細胞の炎症、
慢性炎症による老化の促進 → ワタムシの形態異常?
- 3) γ 線存在下での、 γ 線に対する生体の新たな防御反応

DNA修復機構の活性化、酸化ストレスに対する防御反応



→ 新たな病気の発生