

放射能汚染地域の生物：放射性物質の影響はあるのか？

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

- きっかけ
- 飯館村の除染と汚染の現状
- 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

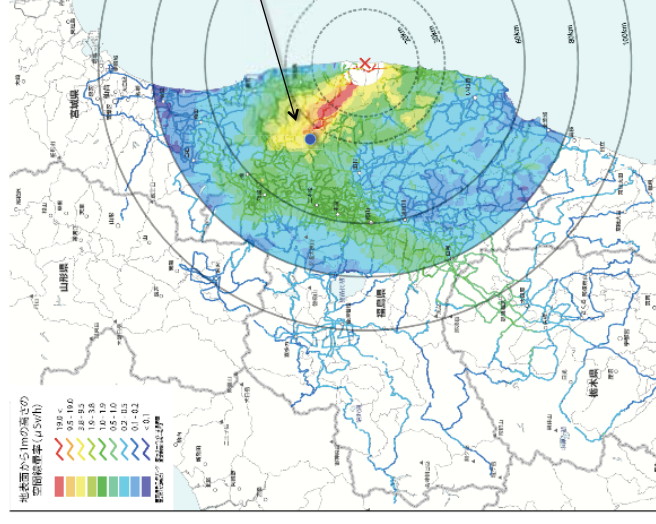
第21回北星・原発問題講演会

日時：2015年10月16日 18時～20時

会場：北星学園大学

主催：北星・原発問題を考える会

飯館村 2014 6月



山木屋 2014 6月



山木屋 2014 6月



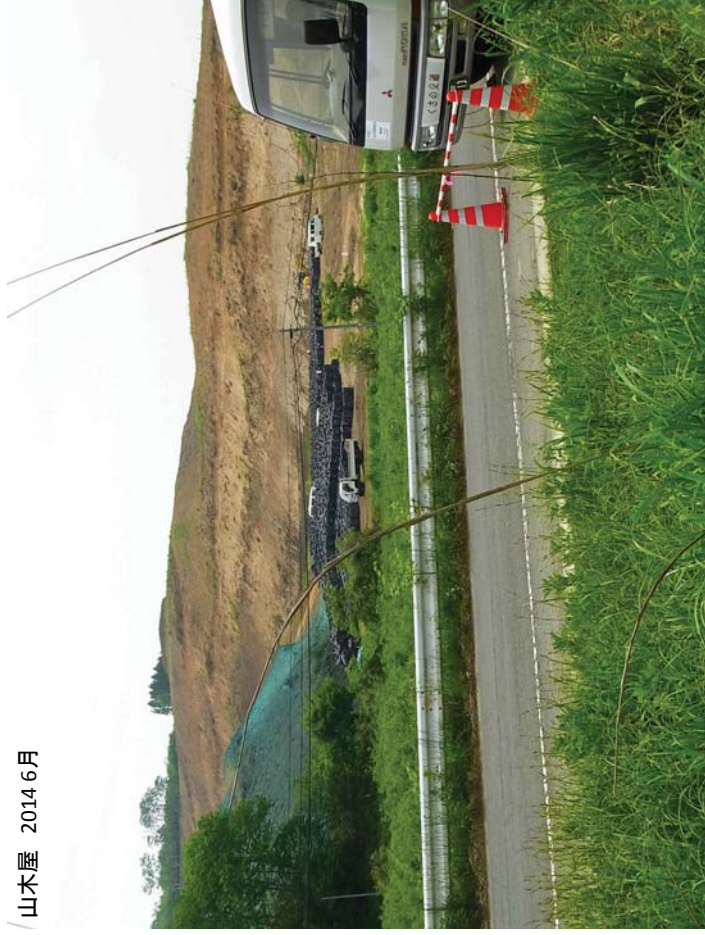
飯館村 2014 6月



山木屋 2013 5月



山木屋 2014 6月



飯館村 2015 7月



飯館村 2015 7月



飯館村 2015 7月



飯館村 2015 7月



飯館村長泥 2015 7月



飯館村 2015 7月



飯館 2014 9月



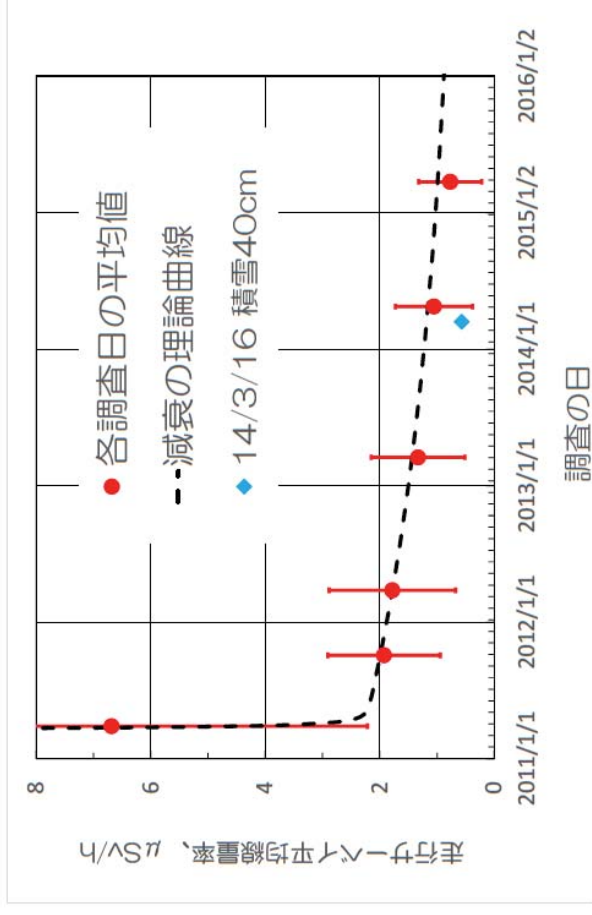
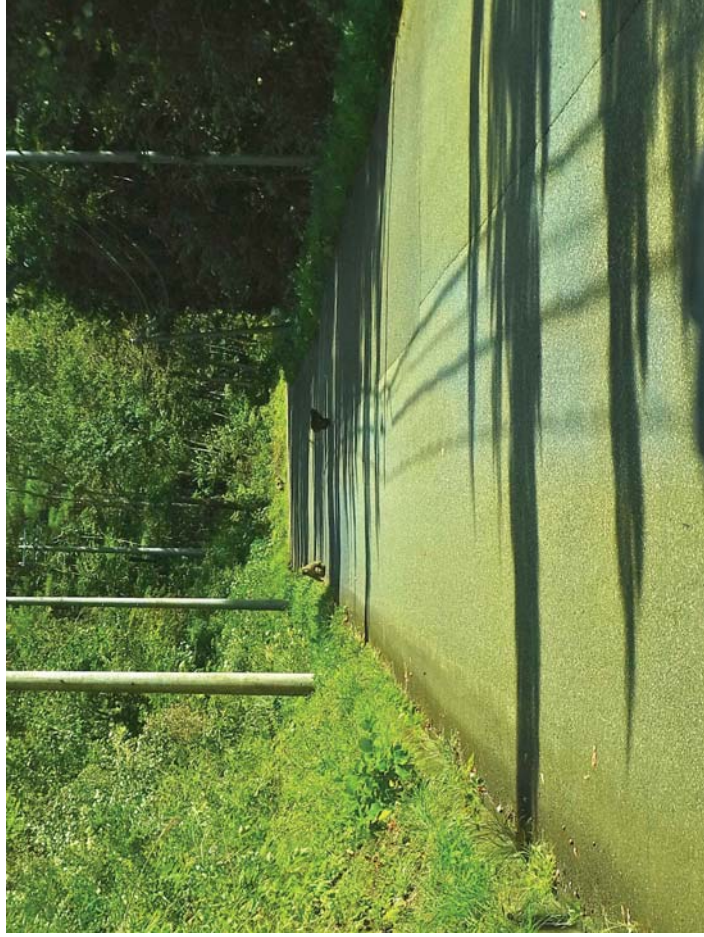
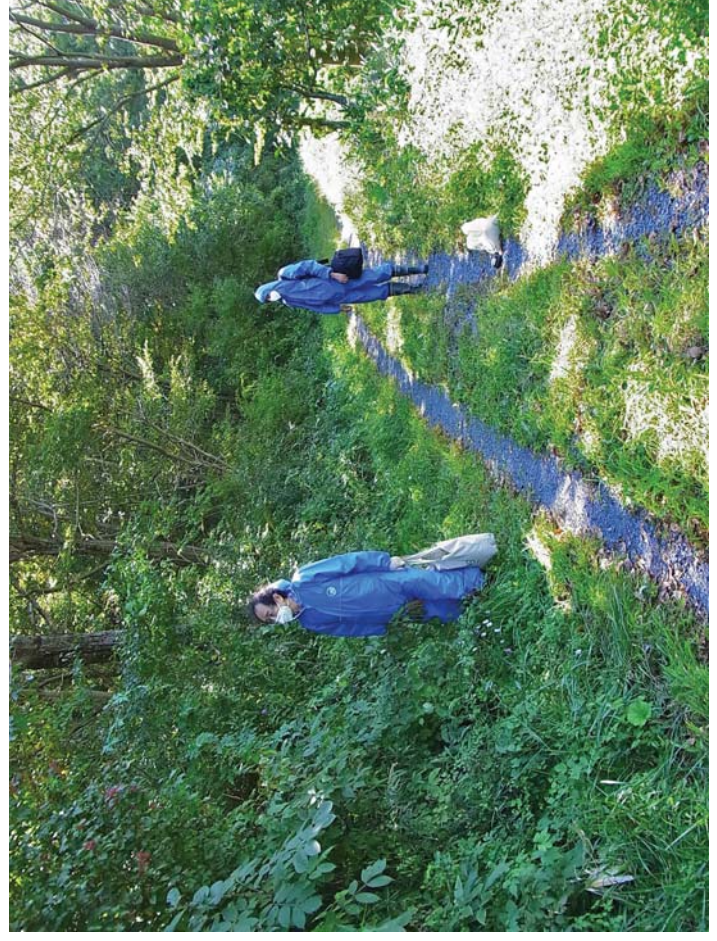


図3. 走行サーベイによる平均車内放射線量率の推移.



飯館村 線量調査 今中ら2015

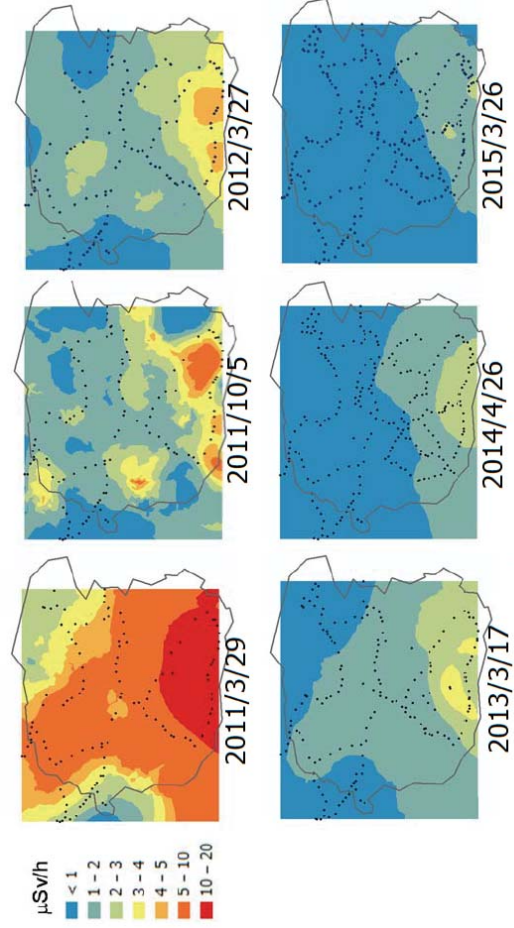
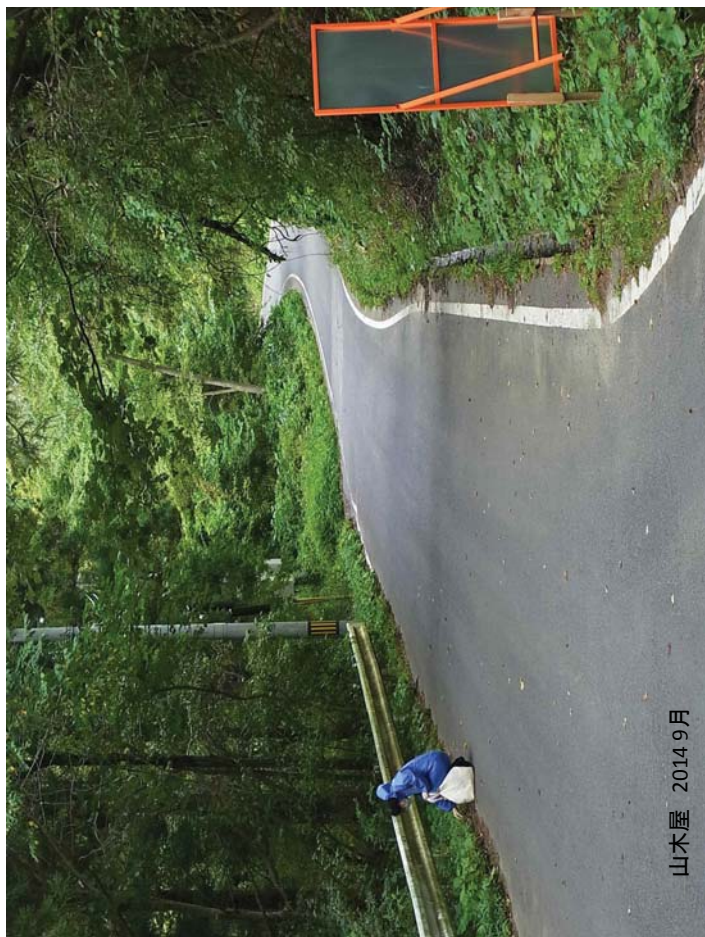


図2. 2011年3月29日以降の4年間の車内放射線量率マップの推移.



山木屋 2014 9月



飯館村 蔵平 2014 9月

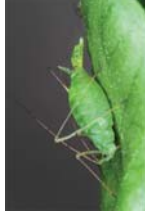


高線量地域では、生物に何が起っているのか？

(1) キノ食シヨウヨ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



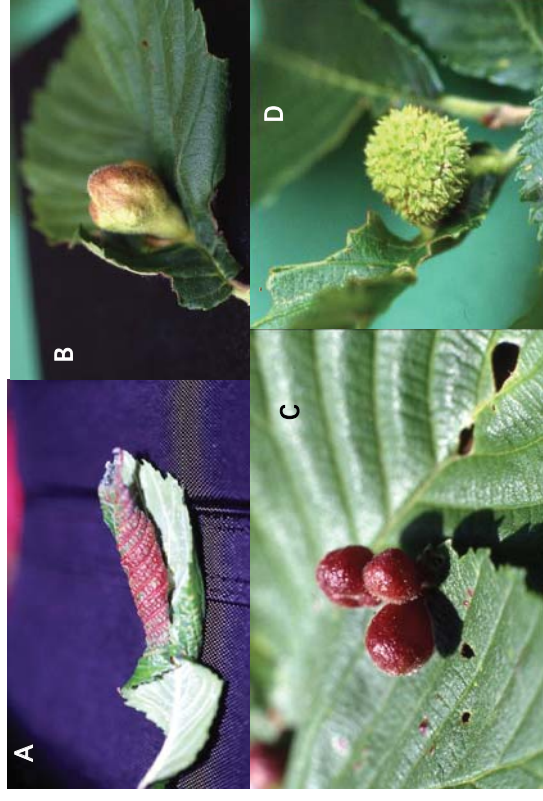
100頭調査→関東地方の変異と同様

(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

ワタムシ科アブラムシの虫こぶ



Tetraneura sorini オオヨスジワタムシ

調査対象 1本のハルニレより

Tetraneura sorini
オオヨスジワタムシ

川俣町 167頭
他地域 計 1559頭



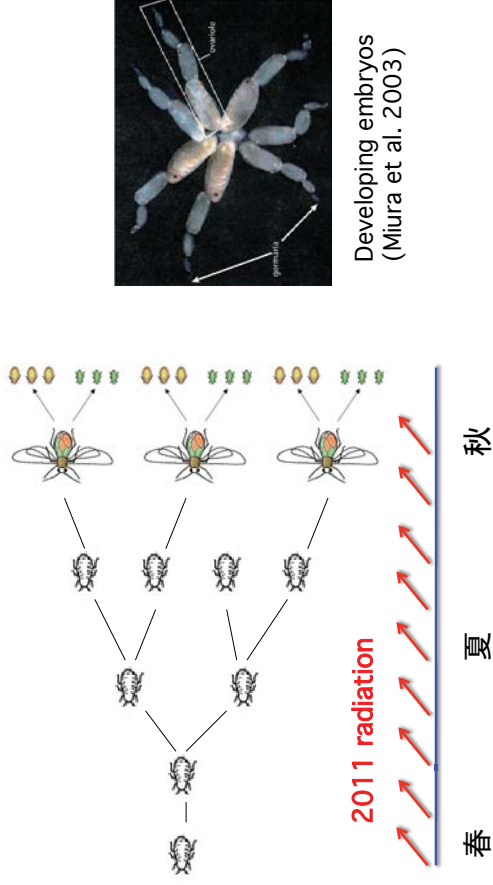
Tetraneura nigriabdominalis
オカボノクロアブラムシ
(クロハラヨスジワタムシ)

川俣町 136頭
他地域 計 1311頭



ワタムシ類(アブラムシ科)の利点1

単為生殖による増殖一帯に胚子を發育させている



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

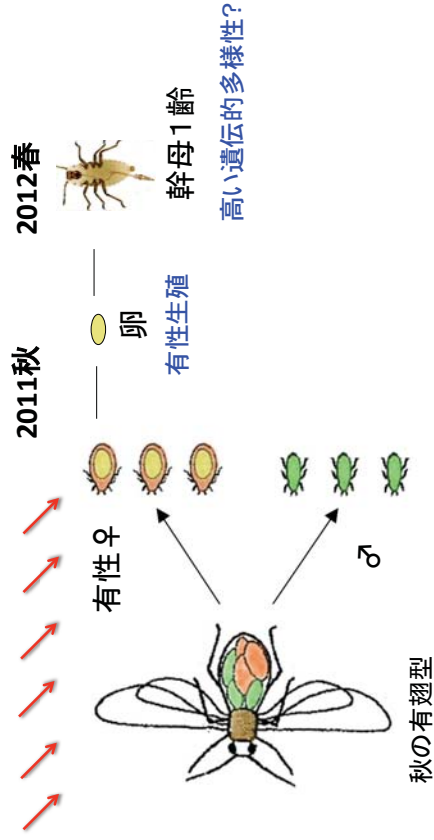
成虫



Adult fundatrix

ワタムシ類(アブラムシ科)の利点2

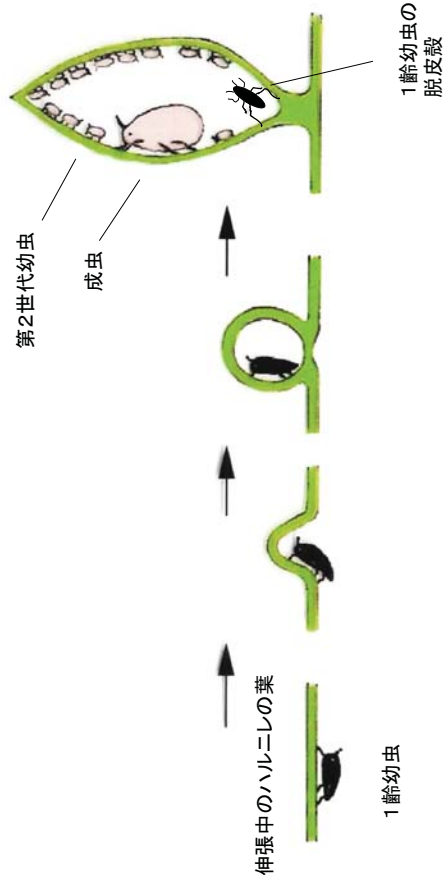
原発事故後、初めての有性生殖による産卵一孵化幼虫



ヨスジワタムシのゴール(虫こぶ, gall)



ヨスジワタムシ属によるゴール形成法

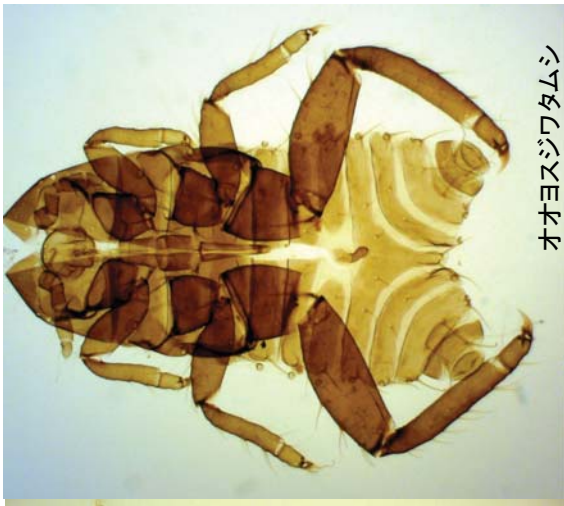


正常な1 齢幼虫脱皮殻



Normal morphology

異常形態 1 齢幼虫脱皮殻

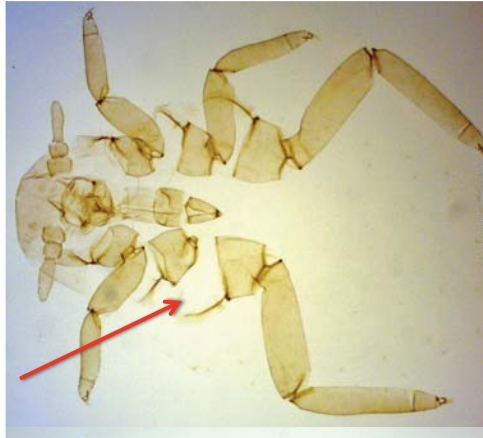
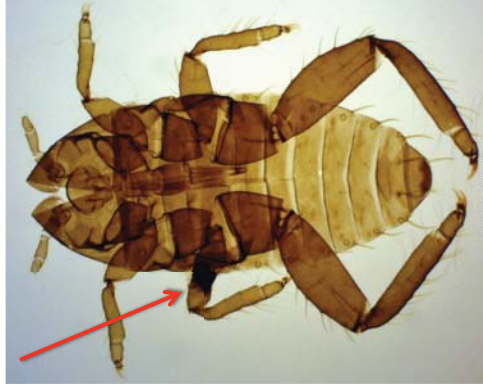


オオヨスジワタムシ

Malformation: two-tailed in Fukushima

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 齢脱皮殻
中脚
の欠損: 3 齢



Fukushima オオヨスジワタムシ

Level 1 形態異常



脚の壊死



触角の壊死



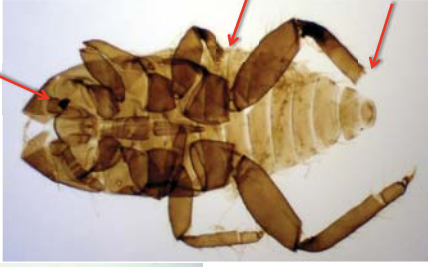
湾曲した脚

Level 3 形態異常

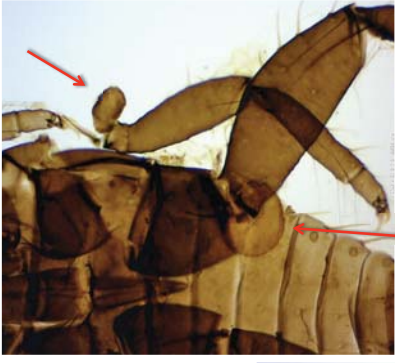


分岐した尾部

複数の脚の欠損



瘤状隆起



Level 2 形態異常



複数の脚での壊死

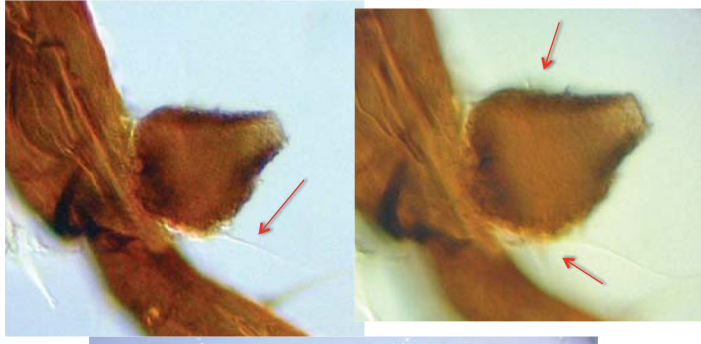


1本の脚の細胞死と先端部の欠損

Level 3: 形態異常

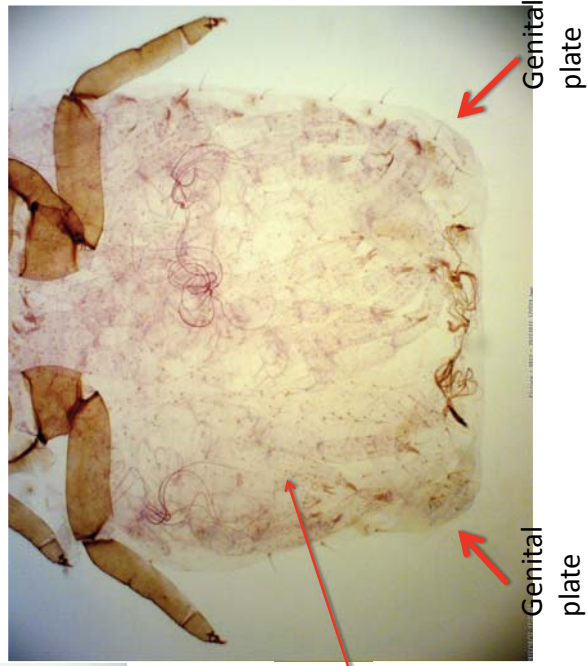


形態異常: 1 齡死亡個体
腹部膨満、関節からの突起物



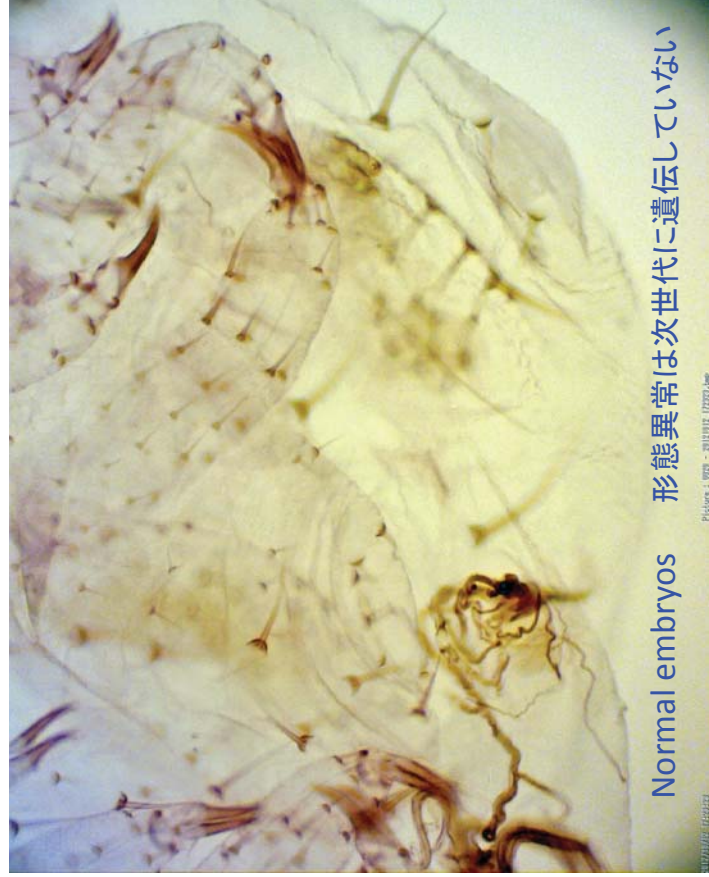
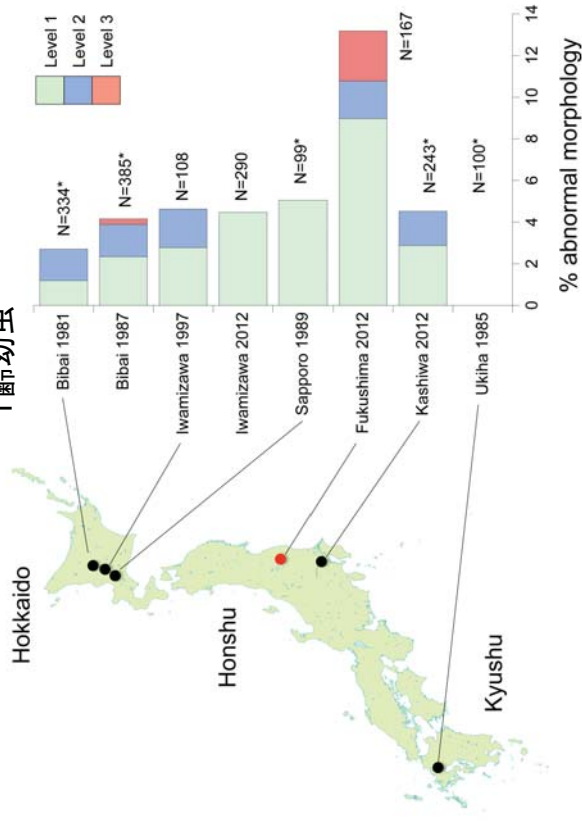


形態異常を生じても成虫まで到達

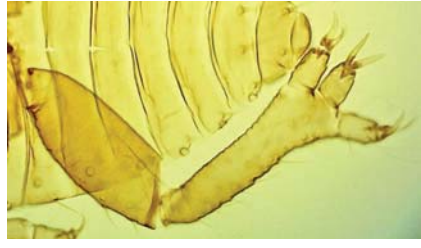


胚子 embryo

Tetraneura sorini オオヨスジワタムシ
1 齢幼虫

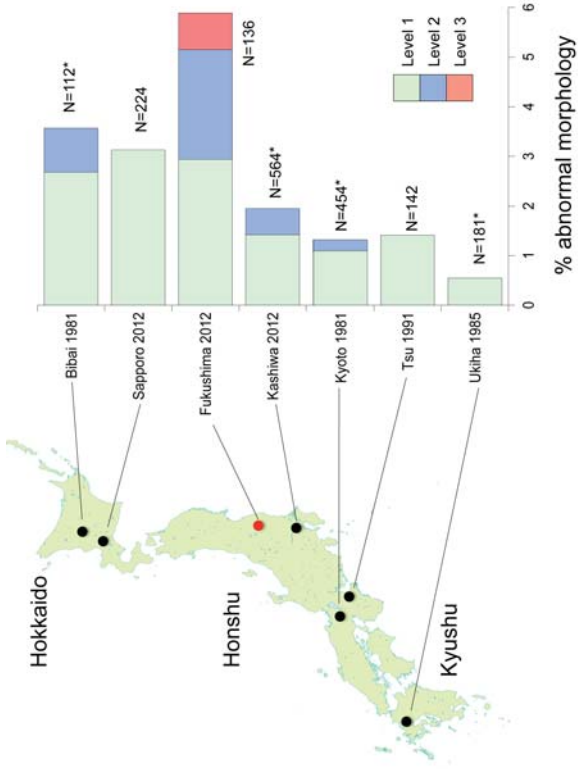


1500頭中、唯一の
レベル3奇形の例

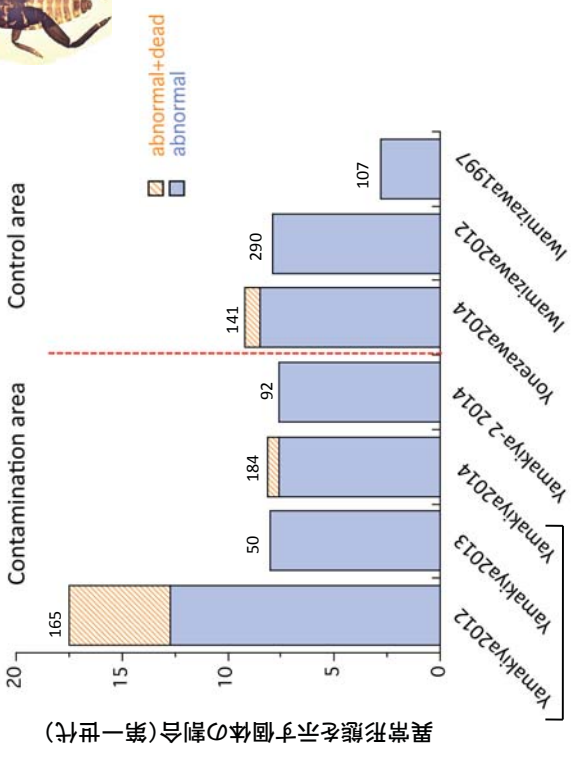


Bibai, Hokkaido, 1987

Tetraneura nigriabdominalis
クローハヨスジワタムシ1齢幼虫

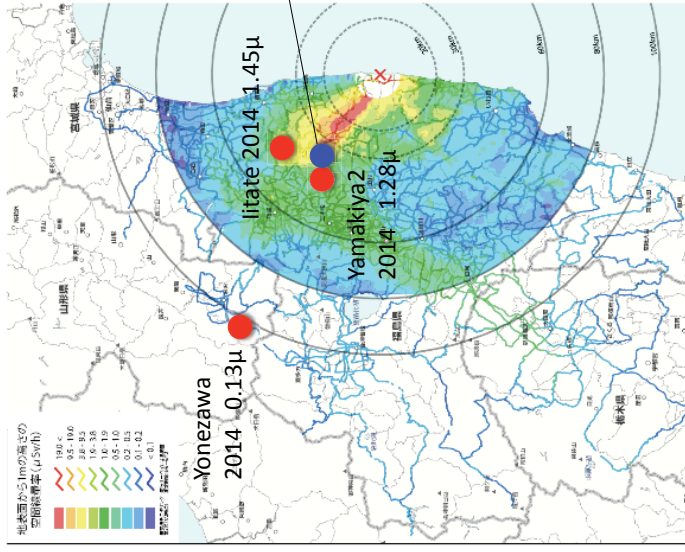


オオヨスジワタムシ *Tetraneura sorini* 1齢から成虫まで合計

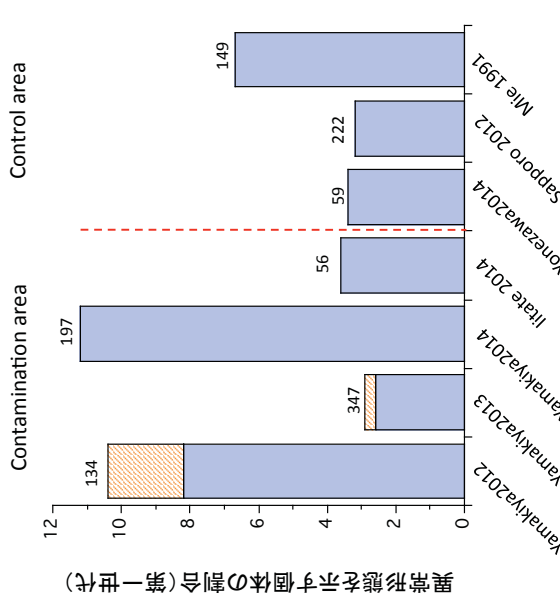


Tetraneura nigriabdominalis
クローハヨスジワタムシ1齢幼虫

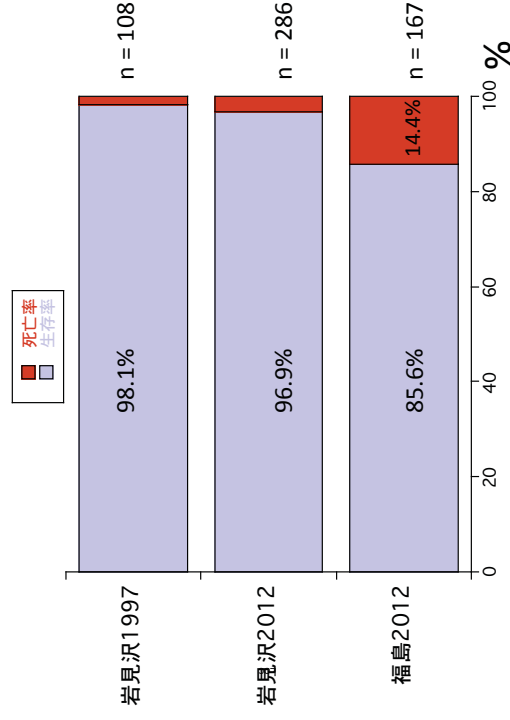
ゴール採集



クローハヨスジワタムシ *Tetraneura nigriabdominalis*
1齢から成虫まで合計



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



- ・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) ~

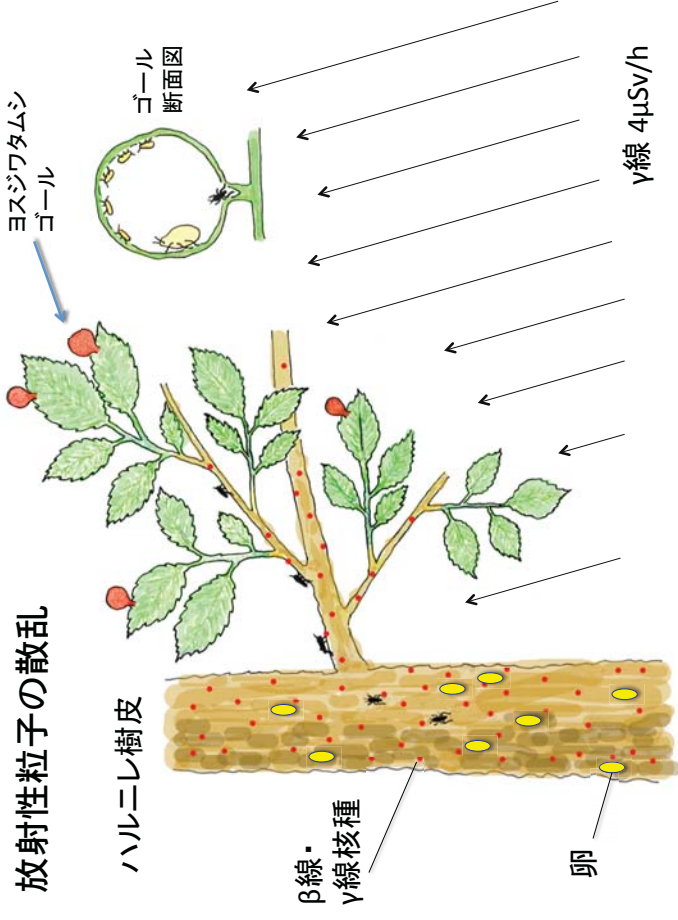
シラミ幼虫で190,000 rad (= 1,900 Gy)

昆虫は放射線に強い(ヒトの致死線量は6-7 Gy)

矛盾

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 μ Svほどで、死亡や異常が
生じるには低すぎる

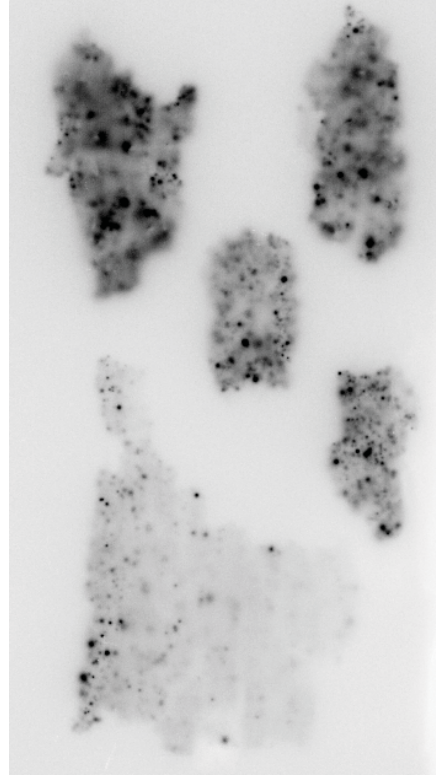


γ線の照射実験



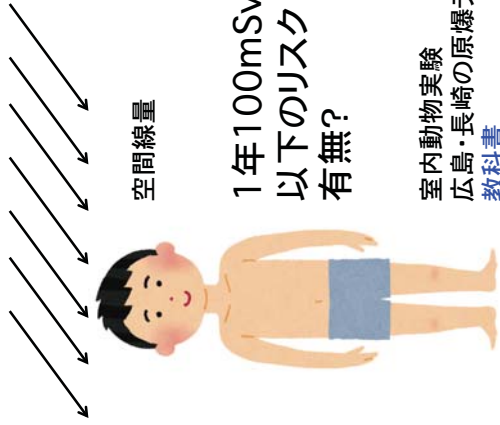
福島県飯館村 コナラ樹皮の放射性物質 2011年

オートラジオグラフィ画像
(森敏先生のWINEPブログより許可を得て転載)



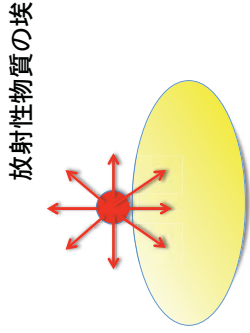
2種類の被曝

遠距離線源からの外部被曝



室内動物実験
広島・長崎の原爆データ
教科書

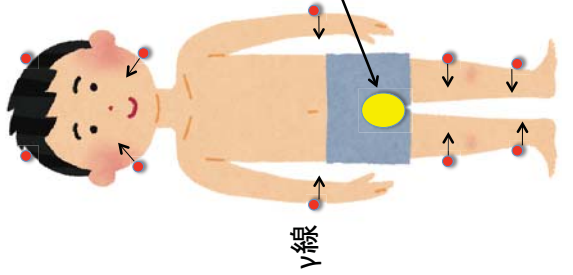
至近距離の点状線源からの被曝 β線



微生物：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。

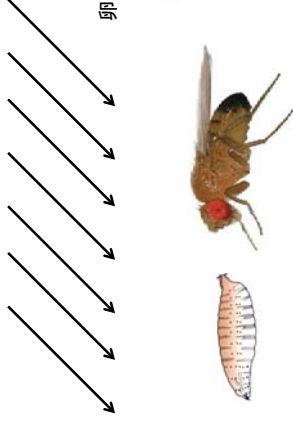
アブラムシ卵と 放射性物質の粒子



γ線・β線
1ベクレルの
Cs137の埃
4ヶ月で1.6Gy

γ線 照射実験

数10Gy～数100Gy

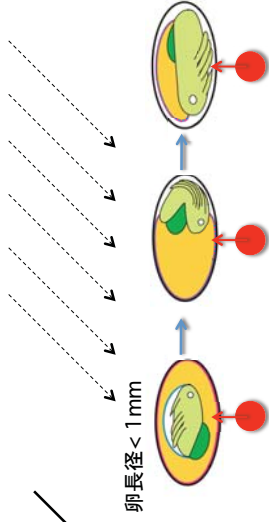


全身的なDNA破壊

死亡、生殖腺破壊

福島汚染地域

4μSv



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)

・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

・組織にしなければならぬ科学者がてんでんばらばらに
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



2013年8月
宇野賀津子 著

生物影響に関する勉強会 京大原子炉実験施設



2014年 8月10日-11日

他の研究者の成果?

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

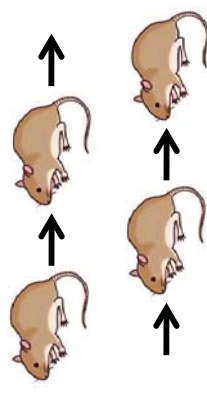
・変異遺伝子配列の検出

・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 (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4μSvの空間線量の元に置く

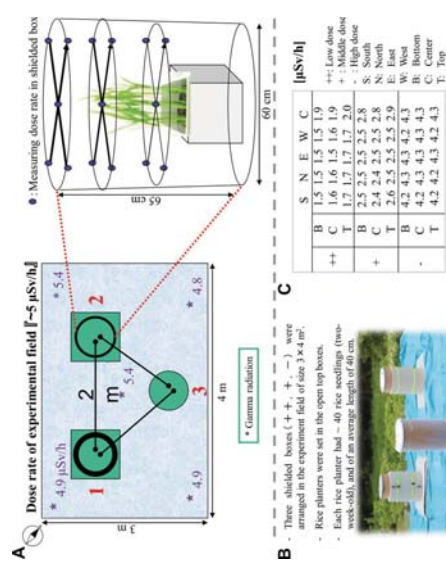
遺伝子の発現量解析

・DNA複製・修復遺伝子

・酸化ストレス遺伝子

・光合成遺伝子

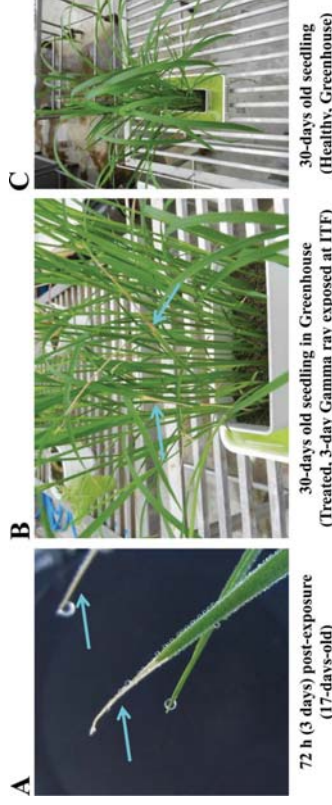
・防御・ストレス機能遺伝子



γ線の影響：葉の先端の枯れ

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4μSv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

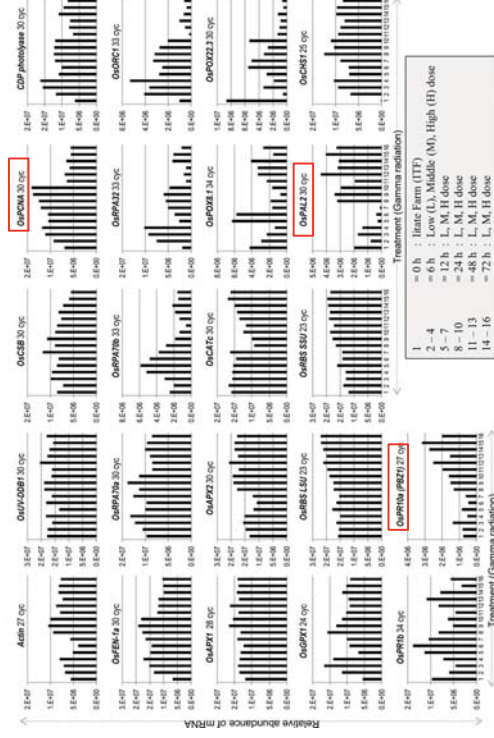
同様の結果、サクラマス 福島県の河川と北海道の河川を比較
遺伝子発現量が、福島で変化。中島正道さん(東北大学)

Hayashi G et al. J Hered 2014;105:723-738

© The American Genetic Association 2014. All rights reserved. For permissions, please e-mail: journals.permissions@oup.com

Journal of
HEREDITY

遺伝子の発現解析 Gene expression analysis of 22 selected genes.



Hayashi G et al. J Hered 2014;105:723-738

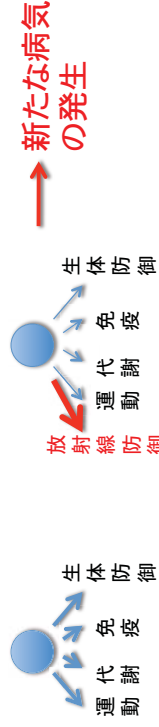
© The American Genetic Association 2014. All rights reserved. For permissions, please e-mail: journals.permissions@oup.com

Journal of
HEREDITY

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



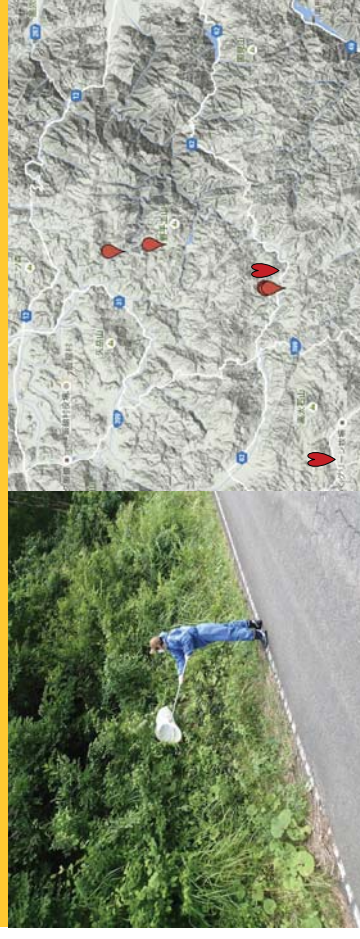
酸化ストレス

活性酸素が産生され、タンパク質、脂質そしてDNAが障害されることで、さまざまな細胞内器官がダメージを受ける

ヒトの場合

アテローム動脈硬化症、パーキンソン病、狭心症、心筋梗塞、アルツハイマー病、統合失調症、双極性障害、脆弱X症候群、慢性疲労症候群などに酸化ストレスが関与

クモ類すくい取り調査 2015年7月



道路沿いの草本、50回スワイピングで1サンプル
クモ類のみを採集 17サンプル

5μを超える長泥地区では、ほとんどクモ類が採集できない

今後の展望

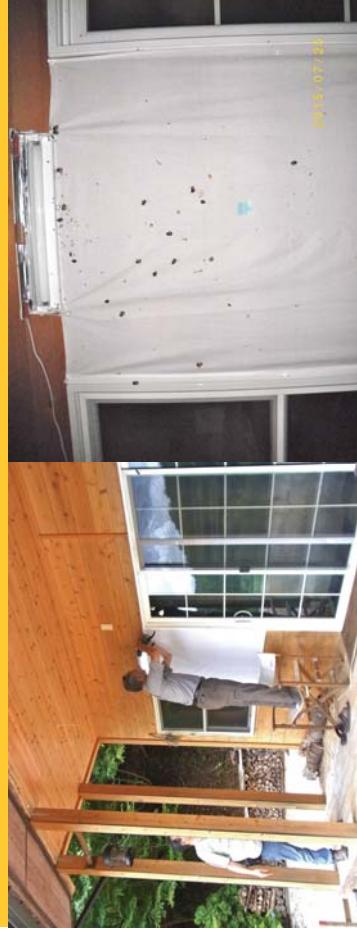
飯館村南部から福島第一原発にかけて、昆虫類の密度が大幅に減少しているのではないか？

・クモ類のすくい取り調査
2015年7月より

・ライトトラップによる蛾類、甲虫類の飛来数測定
飯館村沼平(伊藤 延由、小澤 祥司)

・ゴールアブラムシの遺伝的多様性の他地域との比較

ライトトラップによる蛾類、甲虫類の飛来数測定



飯館村沼平

7月24日～7月27日, 8月7日～8日

蛾が集まらない

8/7に数頭の蛾、毎日10数頭のスジコガネのみ

ビデオカメラによる遠距離監視システム