

# 汚染地域のヤマトシジミの 調査とゲノム解析

平良 渉 (琉球大学 理工学研究科 D3)



# 福島でチョウを採る...

事故の影響といっても様々な要因が...



まずは、原発事故による**環境の変化**(放射線も含む)が  
生き物に与える影響を知りたい！

→ 実験やシミュレーションだけでなく**野外のモニタリング**が必要！

# ヤマトシジミ *Zizeeria maha*



前翅長：約1.5 cm

北海道以外の日本全土に生息

最も普通に見られるチョウ

小型で大量飼育や実験が可能

# ヤマトシジミ *Zizeeria maha*

人の生活環境に多く生息

幼虫が食べるのはカタバミのみ

地面付近で生活

野外採集が容易

- 環境指標生物として有用
- 原発事故影響にも応用



# 2011~2013のサンプリング



- 期間：2011～2013年
- 頻度：年2回（春季・秋季）
- 主な採集地点：  
つくば市、水戸市、高萩市、  
いわき市、広野町、本宮市、  
福島市の計7都市 +  $\alpha$
- 採集と同時に放射線量測定も

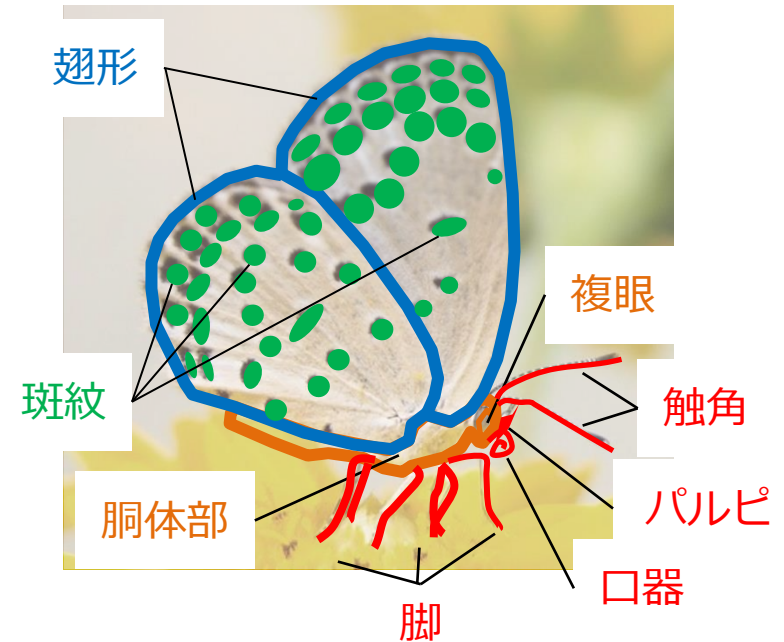


# サンプリングの様子



# 形態異常の有無を調べる

- 採った成虫を沖縄に持ち帰る
- 異常の有無を確認
- 形態異常をもつ個体数を勘定
- 地域間で比較



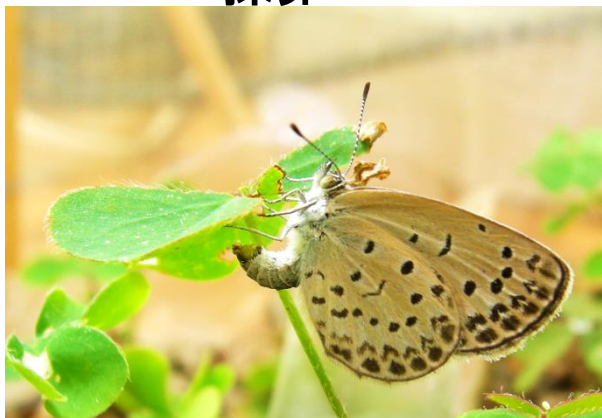
- 翅の形態異常、大きさ
- 斑紋の異常
- 付属肢の形態異常
- その他の部位の異常



# F1個体を調べる

- 野外採集個体から採卵
- 成虫まで飼育
- 成虫の形態異常と成虫までの生存率を調べた

採卵



幼虫



蛹



F1成虫



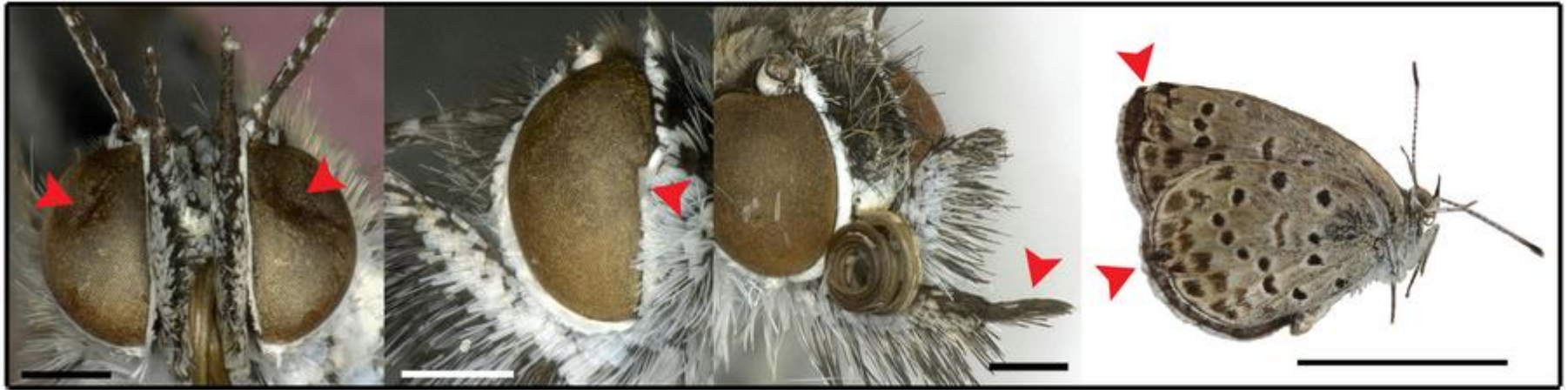
飼育





# 結果(2011)：形態異常個体の出現

## 野外採集個体(P)の異常

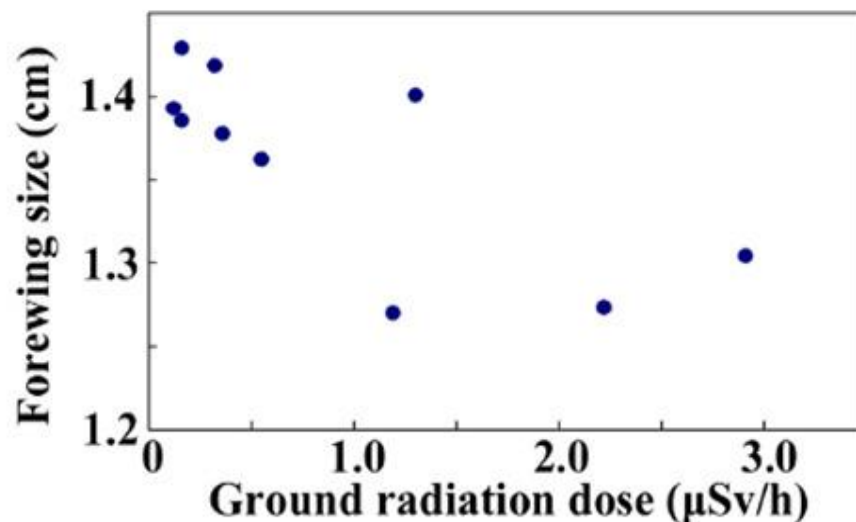


脚・パルピ・複眼・翅(大きさ・形・色模様)の異常個体が出現。

Hiyama et al. 2012. *Sci Rep* 2:570.

The biological impacts of the Fukushima nuclear accident on the pale grass blue butterfly

# 結果(2011)：翅サイズの矮小化



$r = 0.74$

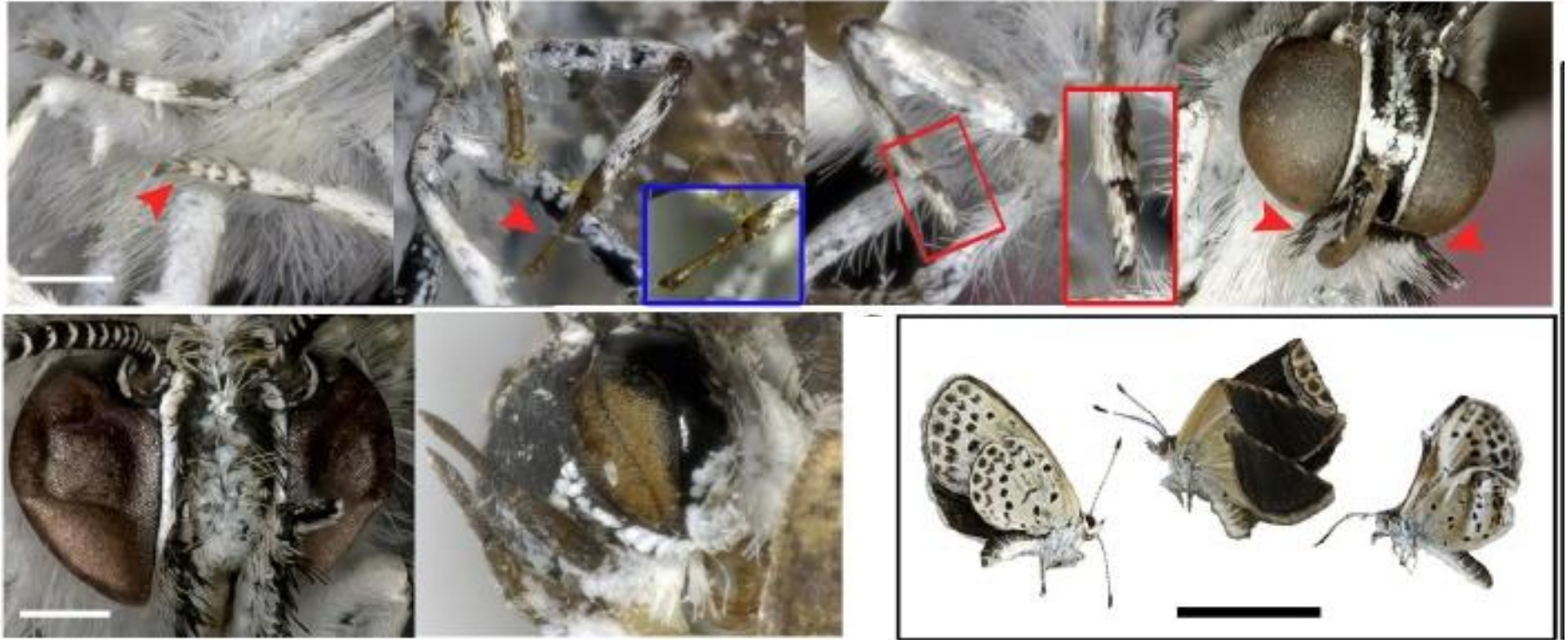
福島個体群で翅サイズの有意な縮小が起こっている。  
翅サイズは採集地の線量に依存して小さくなる。

Temperature-size rule (寒い地域のものほど大きい) に反する。

Hiyama et al. 2012. *Sci Rep* 2:570.

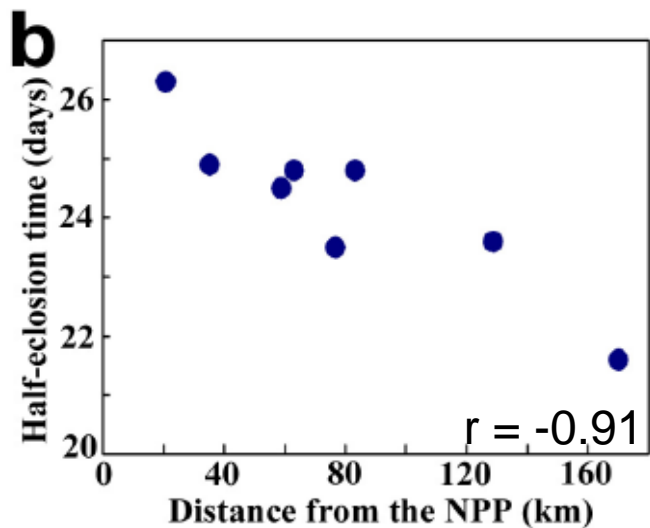
# 結果(2011)：形態異常個体の出現

## F1世代の異常個体



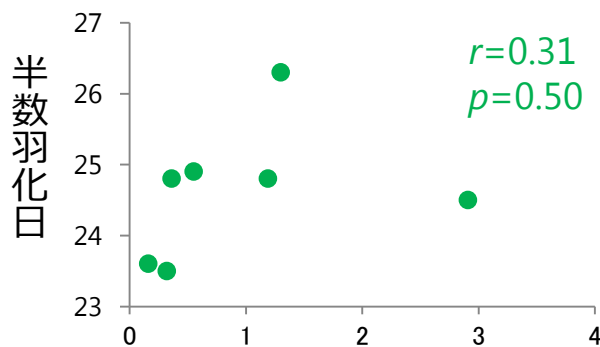
脚・パルピ・複眼・翅(大きさ・形・色模様)の異常個体が出現。  
野外採集個体よりも重度のものも...

# 結果(2011)：成長の遅延(F1個体)

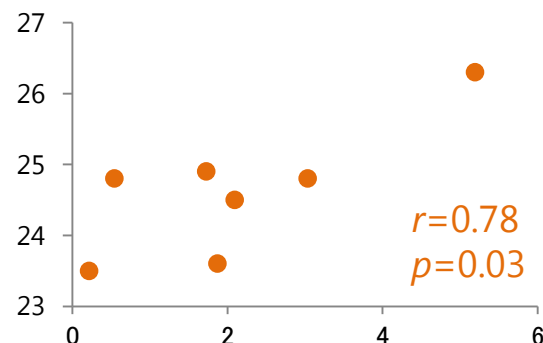


福島第一原発に近いほど、  
羽化までの日数が長くなる。

Hiyama et al. 2012. *Sci Rep* 2:570.



2011年5月の地表面線量( $\mu\text{Sv/h}$ )

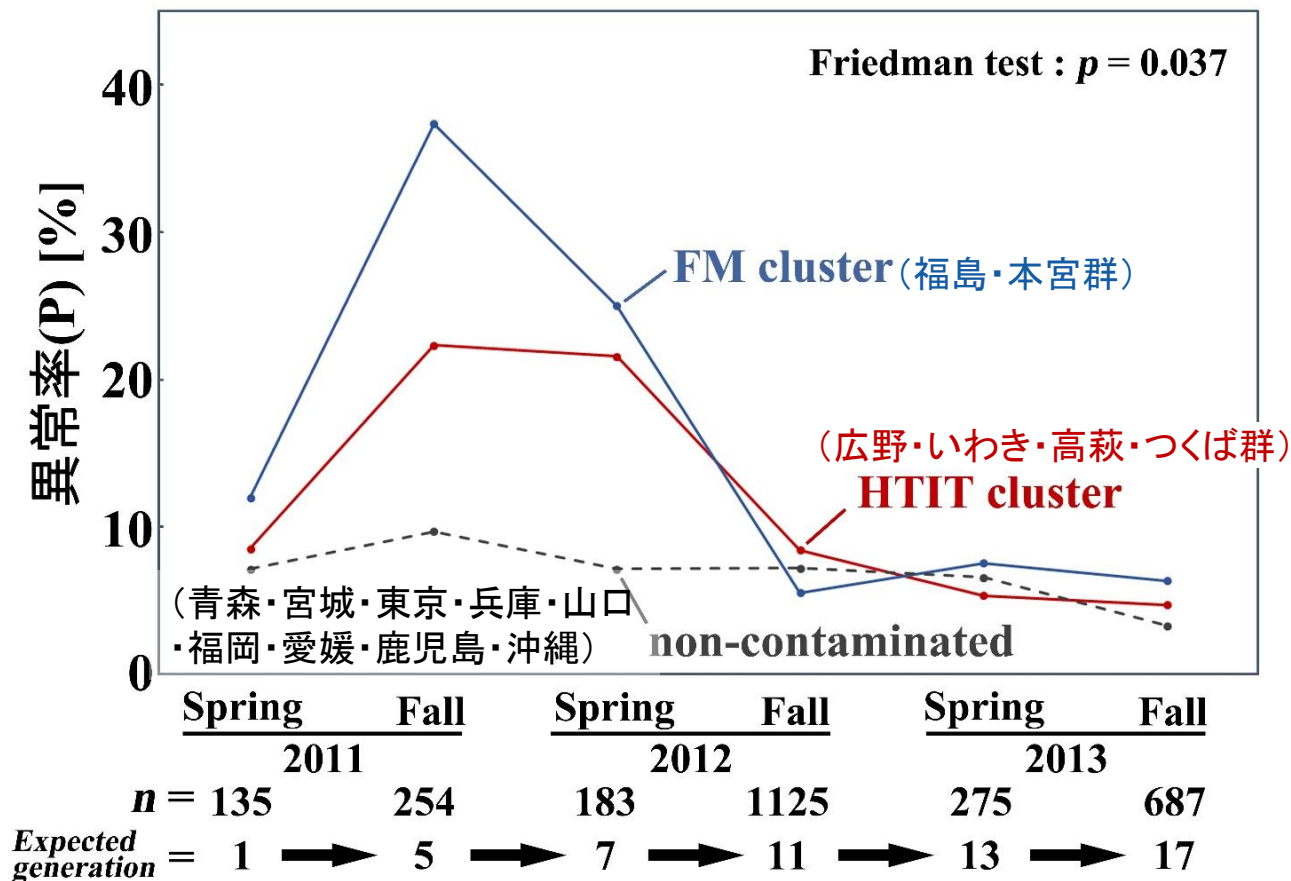


2011年3月の地面沈着( $\text{MBq/m}^2$ )  
 $^{137}\text{Cs} + ^{131}\text{I} + ^{129}\text{mTe}$

放射線との相関は事故直後の線量とのみ？



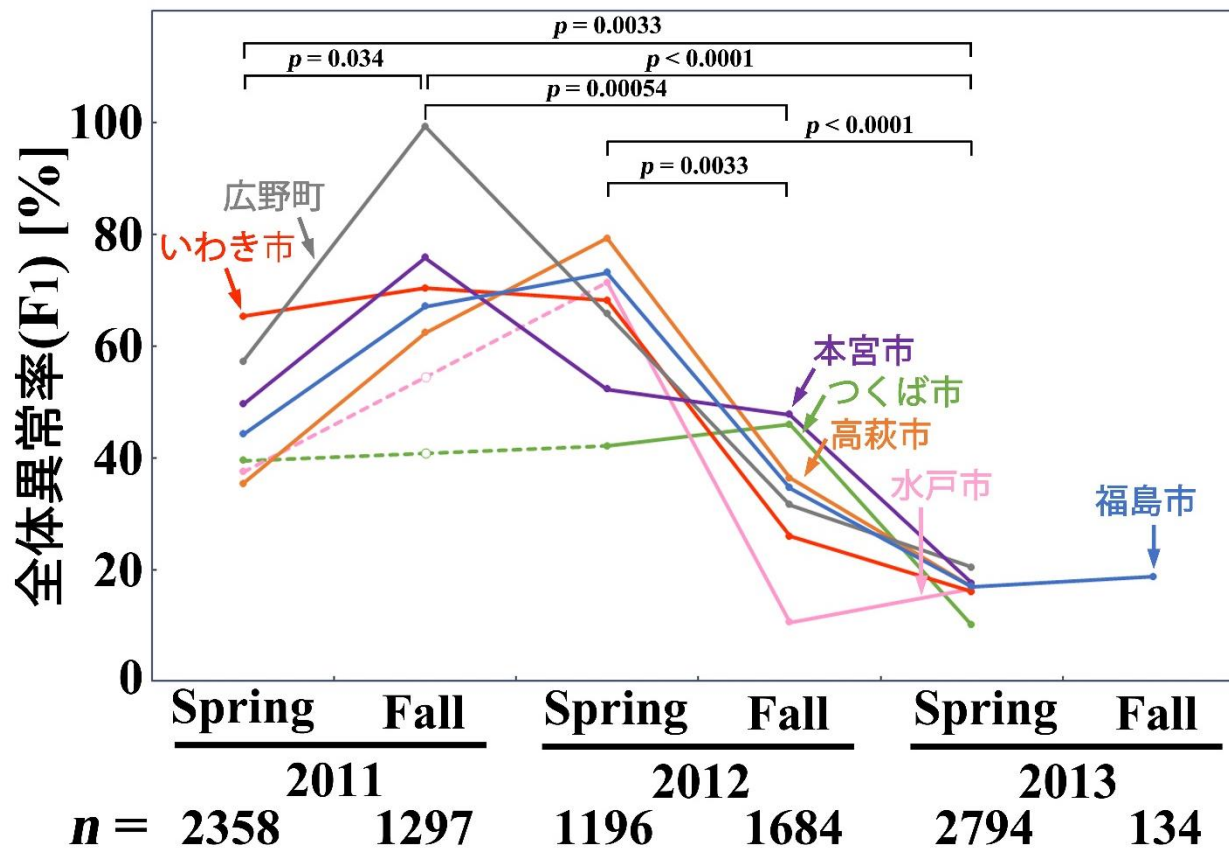
# 野外採集個体の異常率の推移



- FM cluster、HTIT cluster共に2011年秋にピーク。
- コントロール群では異常率の著しい上昇は見られない。

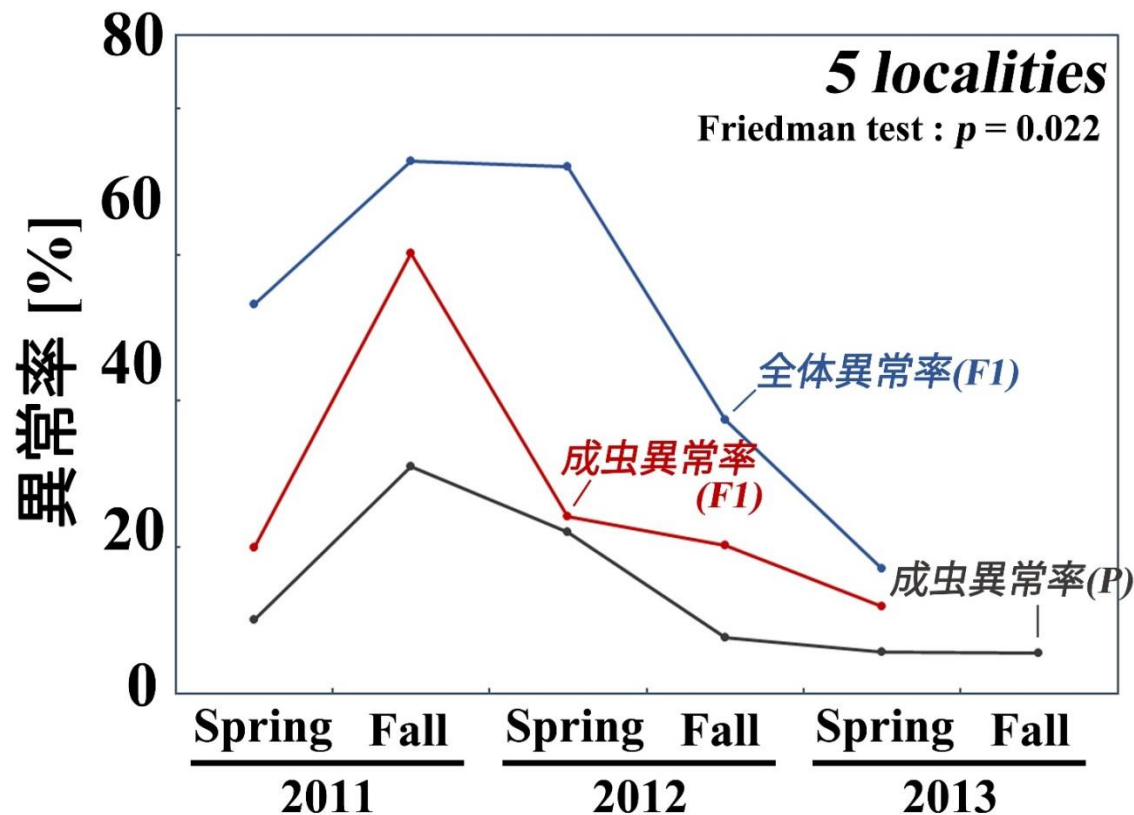
異常率の上昇は汚染が生じた地域だけで生じた可能性が高い

# F1の異常率の推移



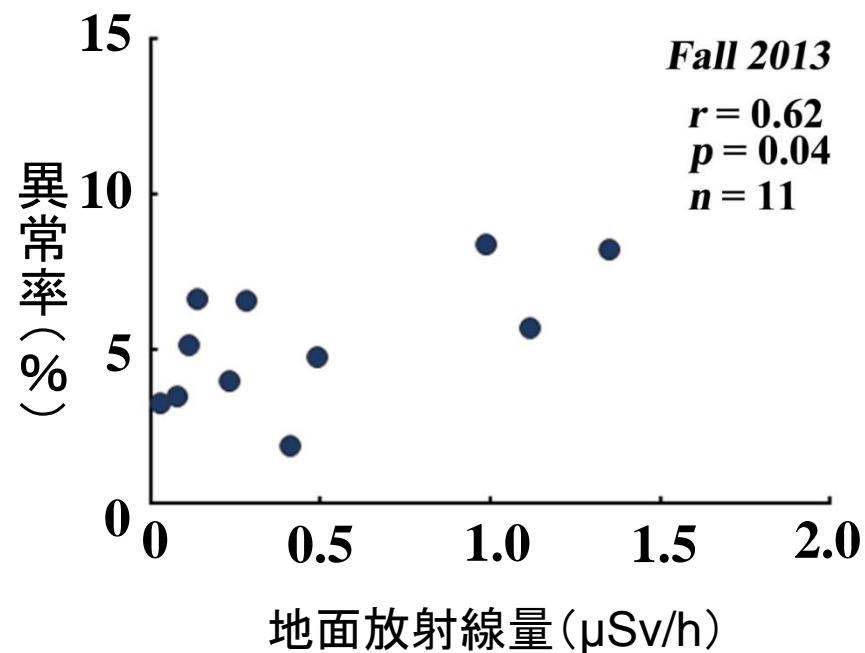
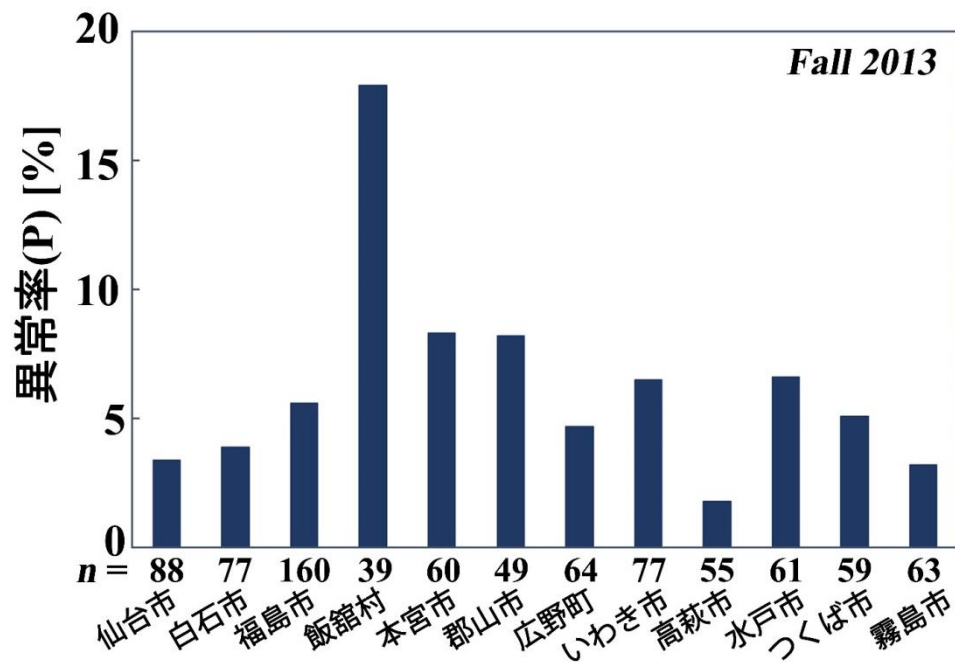
- Pと同様。2011年秋と2012春に高い。
- 2013年春には20%程度まで低下。

# ヤマトシジミの異常は終息か？



野外個体、F1個体共に異常率は  
2011年秋をピークに上昇し、その後下降。  
→ヤマトシジミの異常の出現は終息か？

# 2013年秋の異常



- 飯舘だけ突出
  - 線量と異常率に有意な相関
- 終息したとはいえまだわずかに残る？



# 野外調査のまとめ

- 原発事故による環境変化によってヤマトシジミの形態異常率の増加が生じた可能性が高い。
- ヤマトシジミの異常個体の出現は、2011年秋がピークで、現在では一部地域を除いてほぼ終息。

# 線量と異常率の推移のズレの原因は？

線量の推移と異常率が同調していない！

異常の出現には世代数が必要？

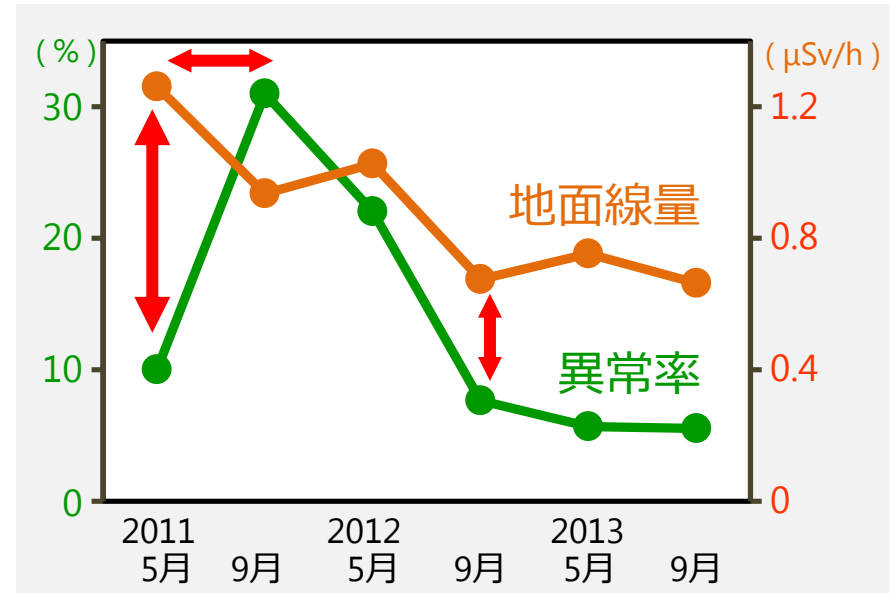
線量の低下？

放射線に適応した？

多様性の変化は？

広野2011秋は異常率90%以上

→多くの個体が死んだのなら、  
集団内に遺伝的な変化が生じた可能性も...



## 汚染地域のヤマトシジミのDNAを調べる

- DNAの傷を調べる
- 遺伝的多様性の変化を明らかにする
- 放射線耐性に関する遺伝子の推定をする

# DNA解析：2つのアプローチ

## 1) ゲノム解析

1個体のヤマトシジミが持つDNAを丸ごと比較

利点：DNAの配列を直接的に比較でき、  
どの部分がどう違っているかがわかる。

問題点：解析費が高く、解析できる個体数が少ない。

## 2) AFLP解析

DNAの違いをパターン(制限酵素断片)として検出

利点：多くの個体を解析できる

問題点：違いの有無は検出できるが、  
違いの内容を明らかにするのは苦手

# 進捗状況

## 1) ゲノム解析

- 比較基準となる鹿児島産のヤマトシジミのゲノム配列決定・RNA発現解析が完了
- 汚染地域のヤマトシジミの解析準備中  
(大熊、富岡、飯館、福島市、広野町、仙台市などを予定)

## 2) AFLP解析

- 2014年 東北・北陸の44地域各5個体 220個体を解析した
- 地域ごとの遺伝的多様度を明らかにした
- 放射線との関連性については解析中



# 今後の予定

- 汚染地域のヤマトシジミのゲノム解析
- 遺伝的多様性の時系列変化
- 放射線耐性進化の可能性の検討

野生生物の分子レベルでの影響について明らかに！

個体への影響だけでなく、集団レベルで生じる進化への影響についても明らかに！

なるだろう...