

# 飯舘村の放射線を測る

2014年3月26日

高エネルギー加速器研究機構  
放射線科学センター

佐々木慎一

## 目次

- ・ はじめに(高エネ研とは)
- ・ 放射能・放射線の基礎
- ・ 測定器・測定方法の信頼性
- ・ 飯舘村のモニタリング
- ・ 現状の問題点と課題

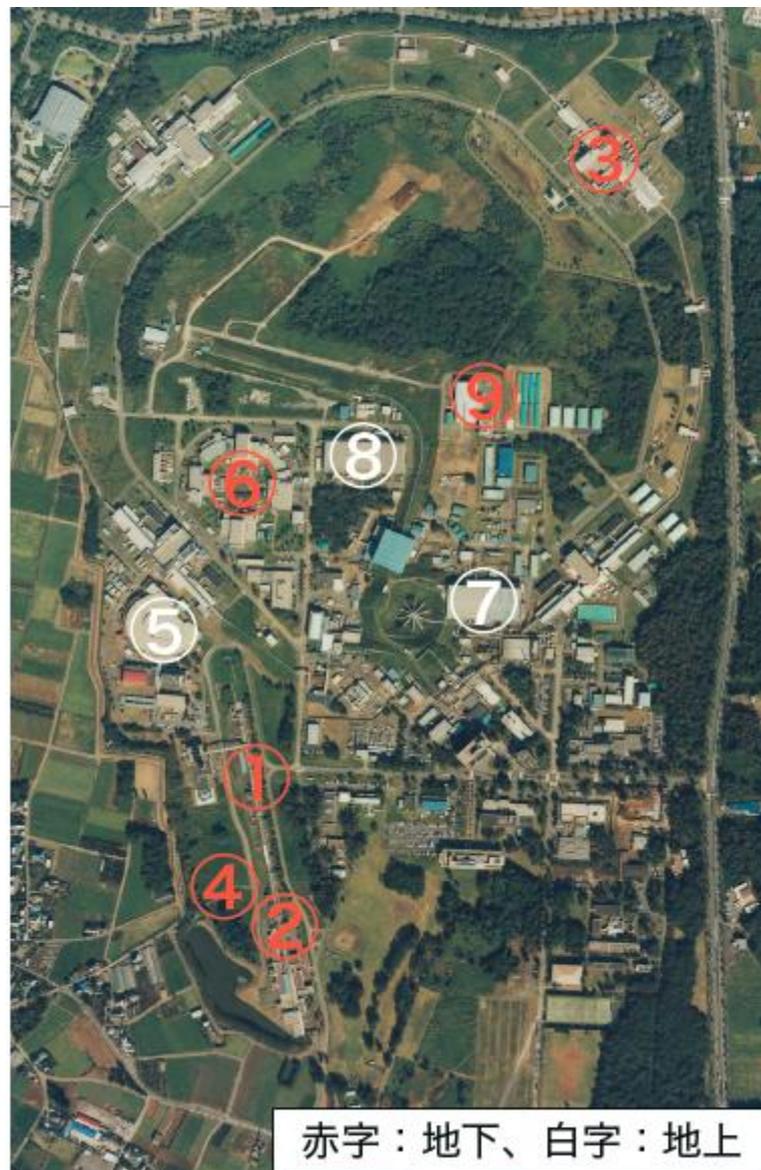
# 高エネ研 (KEK) とは

- **高エネルギー加速器研究機構(KEK)**は、加速器と呼ばれる装置を使って基礎科学を推進する研究所で、最先端の大型高エネルギー加速器\*を用いて、宇宙の起源、素粒子・原子核、生命体を含む物資の構造に関する実験的な研究や理論研究を進めています。
- 飯舘村と放射線測定協力に関わる協定を結び、NPO再生の会に協力して、モニタリング活動測定支援を実施しています。
- **放射線科学センター**は、加速器によって発生する放射線や放射能の測定、遮蔽と防護、物理・化学的性質、環境安全について研究する施設です。

\* 高エネルギー加速器とは、電子や陽子などの粒子を光の速度近くまで加速して高いエネルギーの状態を作り出す装置です。

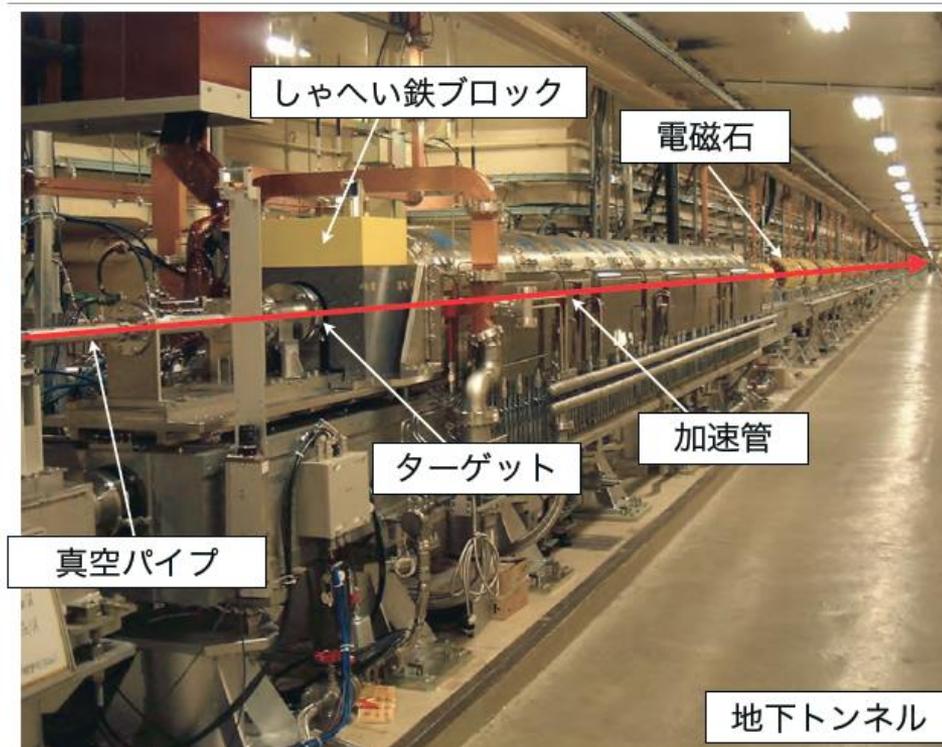
# つくばキャンパス内の 加速器施設

- 1.電子入射器、電子陽電子加速器
- 2.加速器研究施設・テストリニアック
- 3.KEKBファクトリー(休止中)
- 4.ダンピングリング(建設中)
- 5.PFリング
- 6.PF-ARリング
- 7.コンパクトERL
- 8.先端加速器試験施設(ATF)、小型電子加速器
- 9.超伝導リニアック試験設備(STF)



# KEKの加速器の例

電子入射器・電子陽電子加速器



超伝導試験加速器



# 放射能・放射線の基礎

暮らしの中の放射線

<http://rcwww.kek.jp/public/kurasi/>

# 放射線とはなんだろう

- 放射線(ほうしゃせん)

- 直接または間接に物質を

- 電離(でんり) する 電磁波(でんじは)、粒子線(りゅうしせん)

電磁波 = 光(光子) — エネルギーにより名前が変わる  
可視光線、紫外線、電波、エックス線、ガンマ線

実演

→ ココから放射線

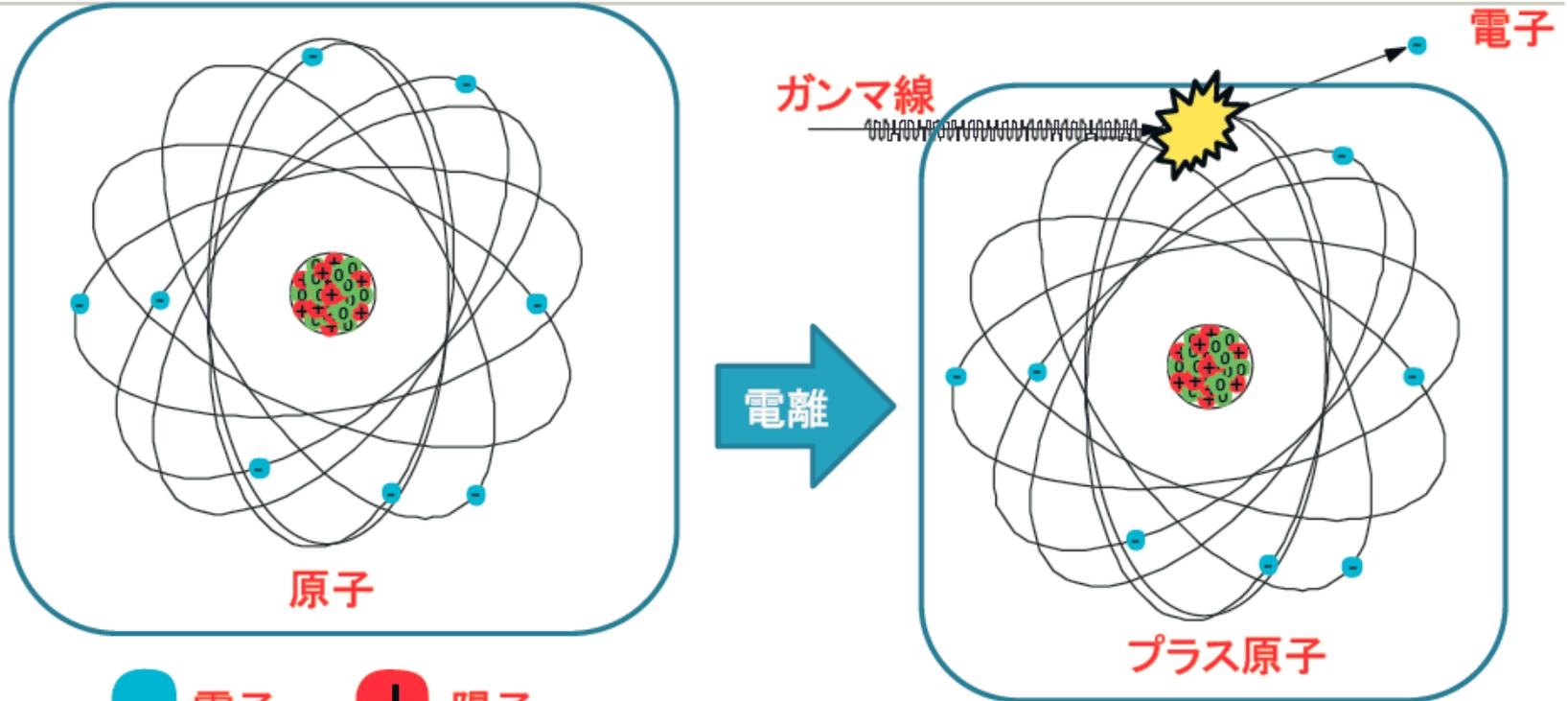


粒子線 = 電子(ベータ線)やアルファ粒子(アルファ粒子)、  
陽子、中性子、陽電子、重イオン



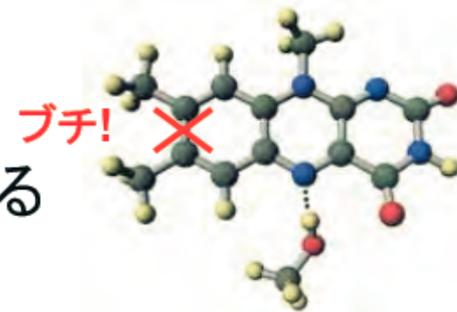
# 放射線とはなんだろう 電離(でんり)

電離とは = 物質を構成する原子から電子をはぎ取ること



- 電子    + 陽子  
0 中性子

→化学的に活性になる、結合が切れる



# 放射線の測定とは

## [放射線測定の対象]

- (i) 線種(放射線の種類)
- (ii) エネルギー分布(Energy distribution)
- (iii) 空間分布(Spatial distribution)
- (iv) 時間・頻度分布(Time and frequency distribution)
- (v) 放射線による効果(Effect of radiation)

## [検出器の原理的な分類]

- (i) 検出器物質の電離作用を利用 電離箱、比例計数管、GM計数管
- (ii) 検出器物質の励起・電離現象を介して、発光(蛍光現象)を利用  
シンチレーション検出器、熱ルミネッセンス線量計(TLD)、  
ガラス線量計
- (iii) 検出器物質の物理化学的変化を利用  
フリッケ線量計、固体飛跡検出器等

# 放射線をはかる

放射線を測定するためには **放射線検出器** を使います

→何故？ 放射線を見るには**増幅**する必要があるので  
霧箱は霧をつかって放射線の跡を増幅しました。

実演

## サーベイメータ：放射線検出器

### シンチレーション式

- ・発光を利用
- ・感度がいい
- ・線量率測定
- ・ガンマ線



### GM式

- ・電離を利用
- ・安価
- ・表面汚染検査
- ・ベータ線



### 電離箱式

- ・電離を利用
- ・線量率測定
- ・エックス線
- ・ガンマ線





# 電離現象を利用した放射線検出器 — GM (Geiger-Müller) 計数管 —

## GM計数管の動作原理

強電場域では、電子なだれは収集電極であるワイヤ近傍に広がる。

→ 電子はすぐに収集電極であるワイヤに吸収(～数 $\mu\text{sec}$ )。

陽イオンはさや状にワイヤ近傍に残留。

→ 電場強度はこれらの陽イオン群の空間電荷効果により減弱する。

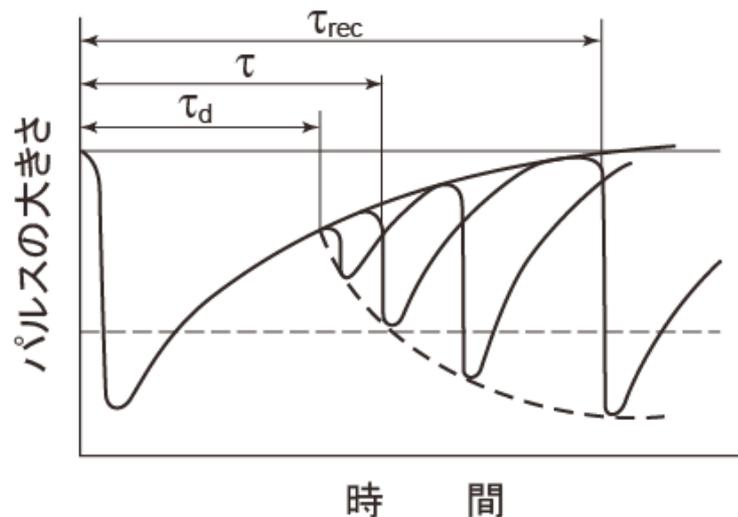
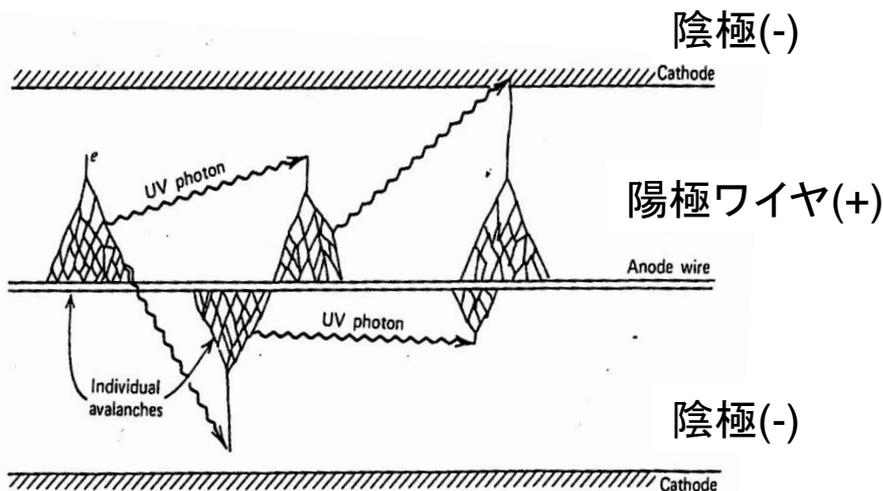
→ 電子なだれ停止 (連続放電にはならない)。

イオン群は陰極壁に向かって移動(～1msec)。誘導電荷がGM管の信号として観測。

新たな放射線の入射に対して応答しない(この間を不感時間  $\tau_d$ )。

→ イオンは外電極壁で吸収(電場の回復)。

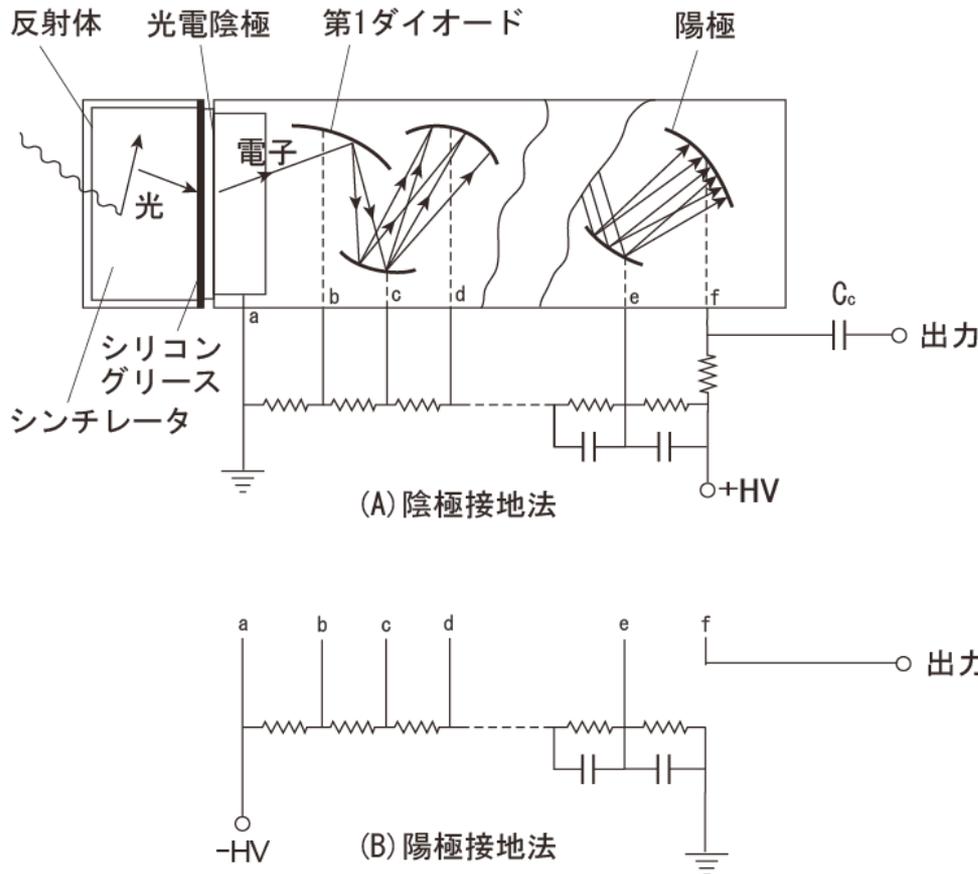
電場の回復に伴い信号波高は大きくなる。これまでの時間を回復時間  $\tau_{rec}$  )といい、この前の信号が発生しても小さい時間帯を分解時間  $\tau$  という。



# 発光現象を利用する検出器

## —シンチレーション検出器—

### シンチレーション検出器の構成



#### ・シンチレータ

無機・有機結晶、ガス、プラスチック  
母材の発光スペクトル、強度  
反射体：酸化チタン、テフロン等  
容器＋光学窓(潮解性が有る場合)

#### ・光電子増倍管(PMT)

光学窓：硼珪素ガラス、 $MgF_2$ 等  
光電面(量子効率)  
ダイノードチェーン(ゲイン)  
収集電極

・接合剤(シリコングリース)

・シールド容器：磁気シールド、光遮蔽

・放射線遮蔽容器

# 測定器・測定方法の信頼性

# 放射線検出器(測定器)の特性を知る

## (1)感度

- ・放射線が入ったときの信号の出る確率
  - ・サイズや密度(体積あたりの重さ)に依存
- シンチレーション式は感度大、  
GM管式は感度小

## (2)構造

- ・検出器の構造が簡単 例:GM管
- ・特殊な装置が必要 例:光電子増倍管

## (3)応答

- ・放射線のエネルギー
- ・線量(検出器は人体と同じでない物質で作られる)

応答の悪い順(良 → 劣)

電離箱式 < 補償型シンチレーション式 < 半導体式

< GM管式 < シンチレーション式

検出感度 : BG放射線( $\sim 0.1\mu\text{Sv/h}$ )  
に対する計数率

2"x2"φ NaI(Tl): 50~60cps

3"x3"φ NaI(Tl): 170~200cps

5"x5"φ NaI(Tl): 700~950cps

GM管(0.63"φx10.75"):  $\sim 1\text{cps}$

電離箱(20L):  $\sim 1\text{cps}$

GM計数管(1cmφx8cm):  $\sim 0.2\text{cps}$

PIN Photodiode(54μm):  $\sim 0.05\text{cps}$

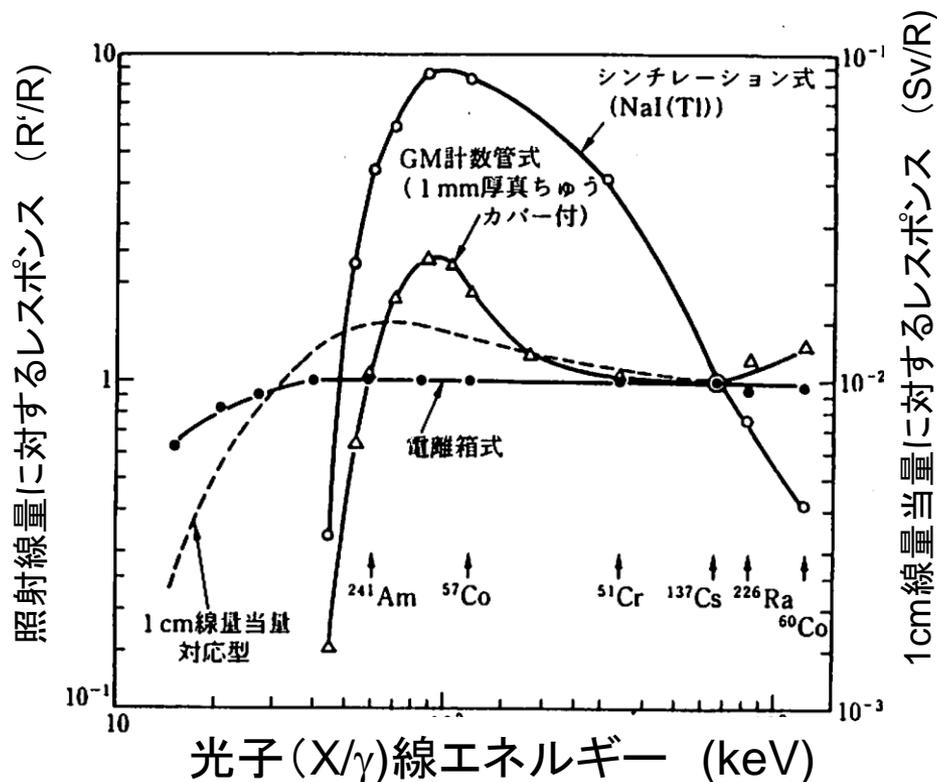
# 応答（エネルギー特性と線量）

検出器は人体と同じ物質でできていない

→ エネルギーによって線量が異なる

換算係数は放射線のエネルギーに応じて変化するため、1cm線量等に対する線量計の応答が広い範囲において一定となるような線量計を使用するのが望ましい

→ 例えば電離箱、エネルギー補償型NaI(Tl)(1cm線量対応型)



# 放射線測定で大切なこと

## (1)校正とトレーサビリティ

- ・法律では1年に一回点検校正
- ・国が定める標準に(辿って)比較できること
  - 性能を一定に保つ、標準体系の維持

## (2)放射線場を知ること

- ・エネルギー、強さ(頻度)、線種( $\gamma$ 線、 $\beta$ 線・・・)
  - 検出器を選択

## (3)統計(正確さ)

- ・計数率( $N/t$ )、誤差( $1/t$ )  
 $N$ :放射線の計数、 $t$ :測定時間
  - 統計の向上:計数が大きい、時間が長い

# 飯舘村のモニタリング

# 使用する測定器（高エネ研提供）

## 放射線モニター



- 加速器周辺、敷地境界など機構内100カ所以上において、光子線、中性子線を24時間、365日測定を行っている
- 空間線量率、排気モニター、排水モニター、気象観測
- 加速器周辺で異常線量を検知したら加速器を停止する

# モニタリングデータの公開

測定値をご覧になるには

<http://www.kek.jp> KEKホームページ



つくば市トップページ



クリック!

KEK TOP >> 日本語ページ >> 環境放射線の測定結果 >> つくば(KEK)の放射線線量 (English)

英語版はこちら



最新情報の取得は、ブラウザで「再読み込み」をして下さい

つくば(KEK)の放射線線量

測定場所: つくば市大懸1-1

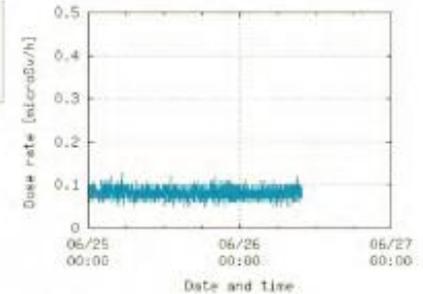
測定器: ガイガーミュラー計数管式放射線モニター(写真)

現在のつくばの線量率 (1分平均値)

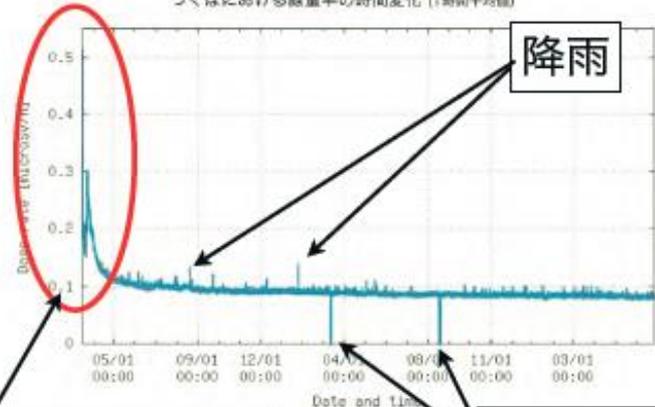
0.08 ( $\mu\text{Sv/h}$ )

(2013.06.26 00:51:00)

時間変化詳細版 (1分平均値)



つくばにおける線量率の時間変化 (1時間平均値)



福島事故の影響

点検交換

降雨

# 飯舘モニタリングに使用される線量測定器



携帯型モニタ  
GPSを内蔵し、位置と線量を自動的に記録



車載型モニタ  
大型(5インチおよび3インチ)  
NaI(Tl)線量計にGPSを取り付け、位置と線量を自動的に記録、無線で送信



GPSデータロガー  
サーベイメータに取り付け、位置と線量を自動的に記録

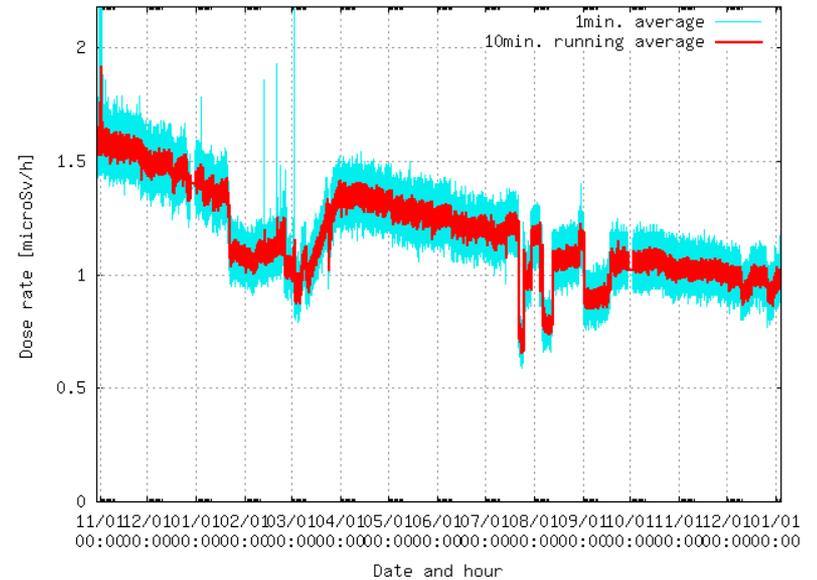
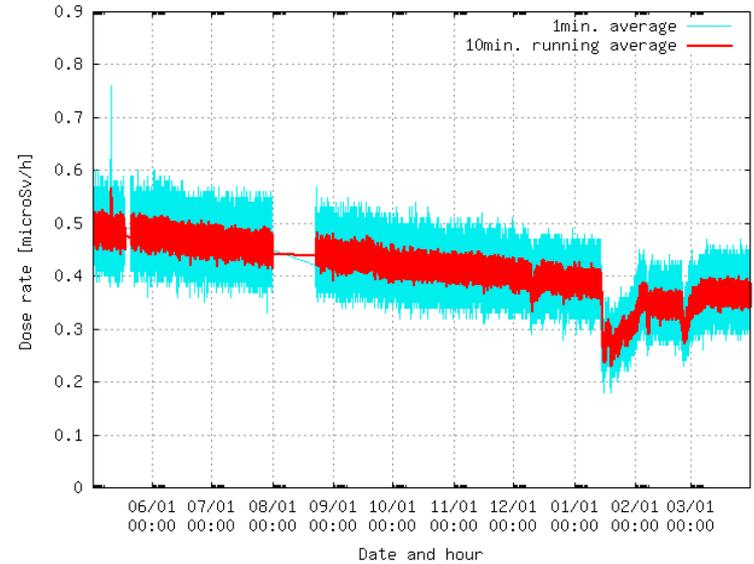


定点観測モニタ  
高性能GM管モニターで線量を自動的に記録し、サーバーに無線で送信

# 定点観測モニター



いちばん館

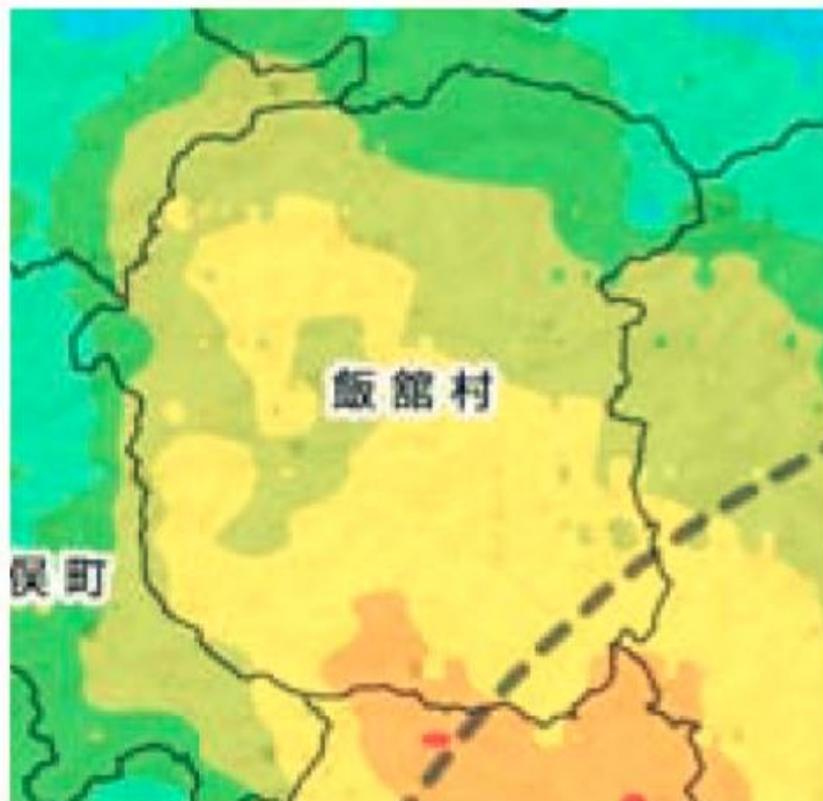


佐須地区における測定値

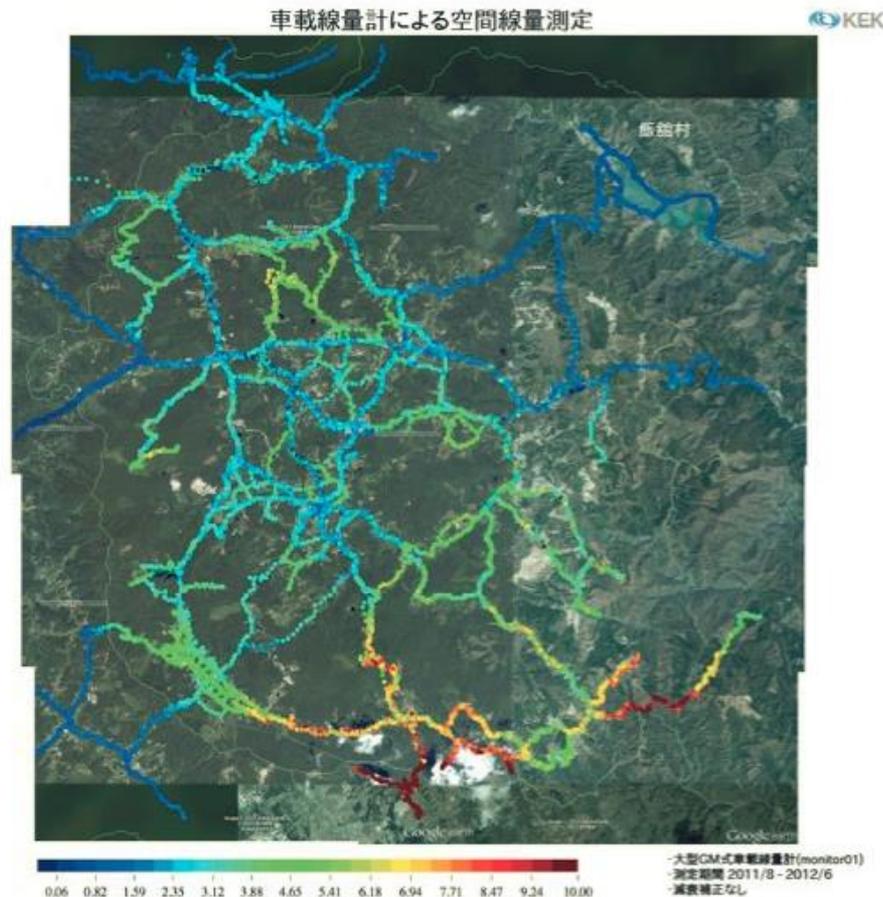
# 車載型放射線モニターによる測定(1)

## 飯舘村の空間線量

文科省による航空機サーベイ



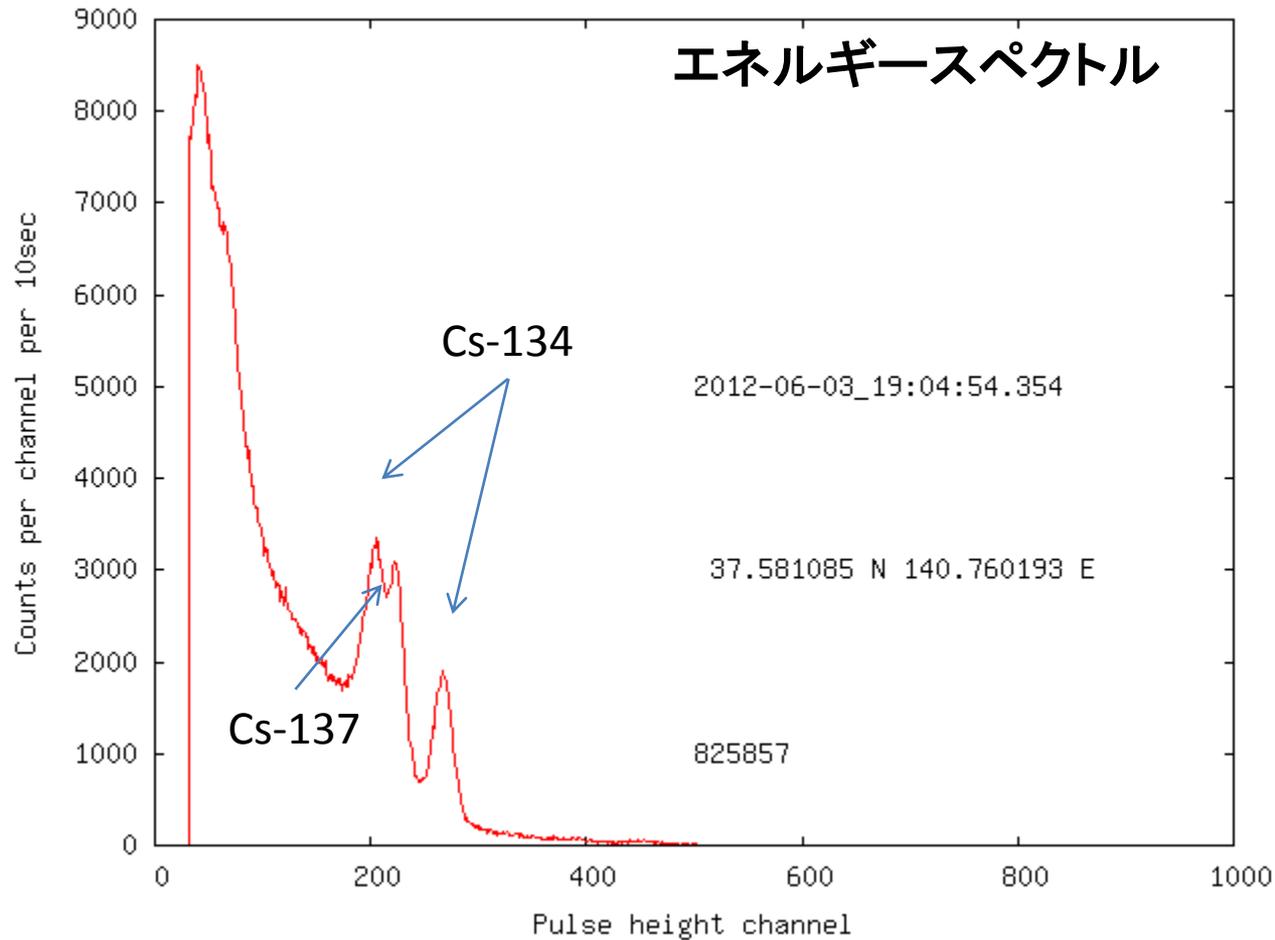
車載線量計による空間線量測定



菅野義人ら「環境放射能」研究会(2014)より

# 車載型放射線モニターによる測定(2)

車載型NaI(Tl)モニターは、線量率、GPS位置情報(経度、緯度)、時間情報に加えてエネルギー分布も測定。エネルギー情報により、核種の同定、散乱線の状況等を掌握できる。



# 飯舘村モニタリングセンター

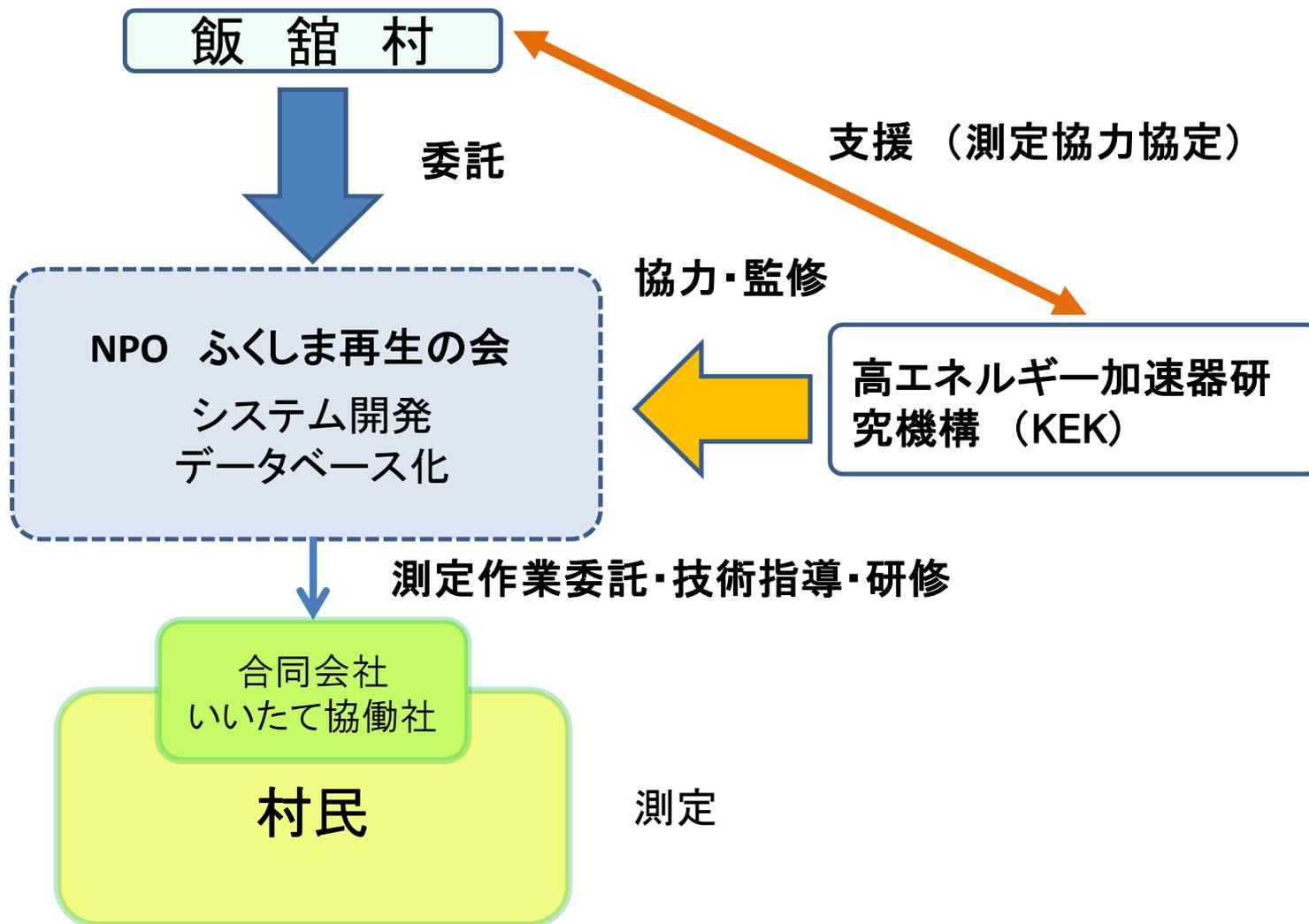
- モニタリングセンター設立の目的

飯舘村が主体となり、飯舘村村民・各省庁・福島県・民間ボランティア・個人などが計測している放射線測定データを集約し、総合的に校正・分析を加え、飯舘村村民、関係者、社会に広く公開し、生活や産業活動の再生、将来展望に役立てる。

**村民参加により引き出される**

**「ふるさとを思う気持ち」、「再生への意欲・力」**

# モニタリングセンター開発運用体制



# モニタリングデータの活用

- 身近な場所の線量を知る(被曝線量を知る)
- 線量の変化を知る
- 除染の効果・ホットスポットを確認する



生活再生・産業再生に必要

正確に知るためには、  
長期的＋継続的な取り組みが必要  
(データの蓄積)

# 活動紹介 — モニタリングセンター

共通の基準で信頼できる線量データを集め、活用する

「いま」どうなっているのか、  
「将来」どうなっていくのか  
を知るために、

- ・村民自身が測る
- ・継続的に測る
- ・いつでもデータを見て活用できる



測定に使うGPS線量計



# モニターの定期点検・ 交換作業



東北大観測所でのモニター交換作業



佐須地区でのモニター保守作業

設置中のモニターに対しては、1年に1回の点検校正を実施し、測定値に大きな誤差がないようにします。

# 測定技術指導・放射線講習



モニタリングセンターの村民測定員を対象とした測定講習会を開催。また、これに合わせて、測定員以外の村民も参加して「放射線講習会」を開催。



行政区の総会において、活動報告と放射線講習会を開催。

# 村民による測定



# データの管理

- 携帯型のデータのアップロード
- 測定データ(携帯型・KEK)を集約



並行して、KEKの定点モニター・車載モニターのデータは携帯回線、イーサネット回線を介して、KEKのサーバに集約されています。

# 現状の問題点と今後課題

# モニタリングの現状と課題(1)

- 定点観測

固定点における連続監視

放射能の動態調査  (移動、減衰、積算、影響要因)

除染の効果確認、異常発見、評価の基礎データ

移動測定

周辺環境の変化により測定法の改善は必要。

村全体を見渡す線量分布データとして重要な点は明らか。

 今後も継続していく必要あり

- 観測拠点:

分散型データ収集(簡易、小規模)

集約型データ収集(多点測定で有利) **これを進めるべき**

- 信頼性のあるデータとするための測定器の標準校正実施の方策(簡易チェック法の確立、校正の実施)

# モニタリングの現状と課題(2)

- 個人モニタリングに関する方策  
自分の被曝量を知る上で重要
- 水、空気、塵埃の連続監視の必要性  
連続測定、定期採取測定。季節による塵埃中の放射能濃度変化
- 簡便な放射能分布視覚化装置
- 蓄積されたデータの解析・表示に関わる高度化  
 村のニーズに沿った形の整理の仕方検討

# KEKの支援活動

- モニター関連
  - 車載型モニター
    - 測定法の見直し、データ解析の高度化、測定器の充実
  - 定点型モニター
    - 測定点の充実
    - 水、空気、塵埃(ダスト)モニターの新設
- データ収集システム
  - データ処理・解析システムの高度化、公開法の検討  
(飯舘村のニーズ、希望に合致したデータハンドリング)
- 放射線(放射能)、測定法等についての説明会、技術支援の充実と強化

など、継続して行って参ります。

ご清聴ありがとうございました。

KEKのモニタリング協力支援には、鈴木機構長の指示の元に、以下の研究者が参画しています。

石川正、佐波俊哉、岩瀬広、岸本祐二、佐々木慎一  
この他にも数名の協力者がおります。