

新刊書籍 発売！ 2012年10月10日 刊行

「放射線を科学的に理解する — 基礎からわかる東大教養の講義」

鳥居寛之・小豆川勝見・渡辺雄一郎 著
中川恵一 執筆協力

丸善出版 本体 2500円＋税

- 1章 放射線とは？《放射線入門》
- 2章 放射線の性質《放射線物理学 I》
- 3章 原子力発電で生み出される放射性物質《原子核物理学・原子力工学》
- 4章 放射線量の評価《放射線物理学 II》
- 5章 放射線の測り方《放射線計測学》
- 6章 環境中での放射性物質《環境放射化学》
- 7章 放射線の細胞への影響《放射線生物学》
- 8章 放射線の人体への影響《放射線医学》
- 9章 放射性物質と農業《植物栄養学・土壤肥料学》
- 10章 放射線の防護と安全《放射線防護学》
- 11章 役に立つ放射線《放射線の利用・加速器科学》
- Q&A

放射線を理解するには、物理学・化学・生物学・医学・工学など、多くの分野の知識が必要です。しかしこれらすべてを網羅することは難しく、系統立てて学べる機会は非常に少ないのが実情です。

本書は、東京大学教養学部で行われた講義をもとにし、放射線について多角的に学べるよう配慮しています。日常生活や原発事故にかかわる具体的な例を引きながらやさしくていねいに解説しましたので、高校生や一般の方にも広く読んでいただきたいと願っています。

<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/radiolect-kn.html>

放射線

鳥居 寛之
小豆川勝見
渡辺雄一郎 著
中川 恵一
執筆協力

科学的に
理解する

基礎からわかる東大教養の講義

丸善出版

東京大学教養学部 放射線講義 スライドのご案内

ごらんのファイル以外にも、別学期の講義シリーズのファイルがあります。

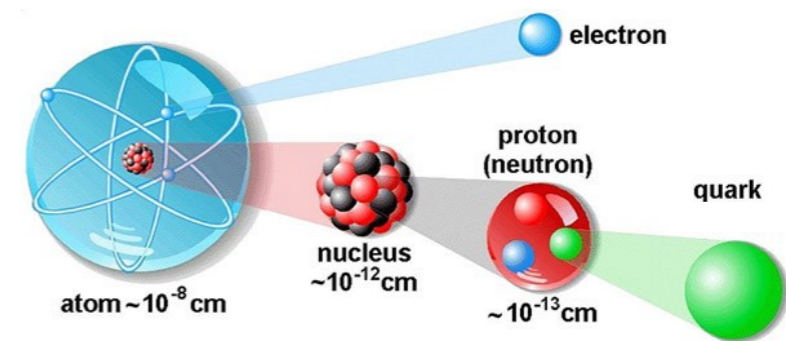
書籍「放射線を科学的に理解する — 基礎からわかる東大教養の講義 —」

とあわせて、どうぞご利用下さい。

<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/>

2011年度夏学期
自主講義

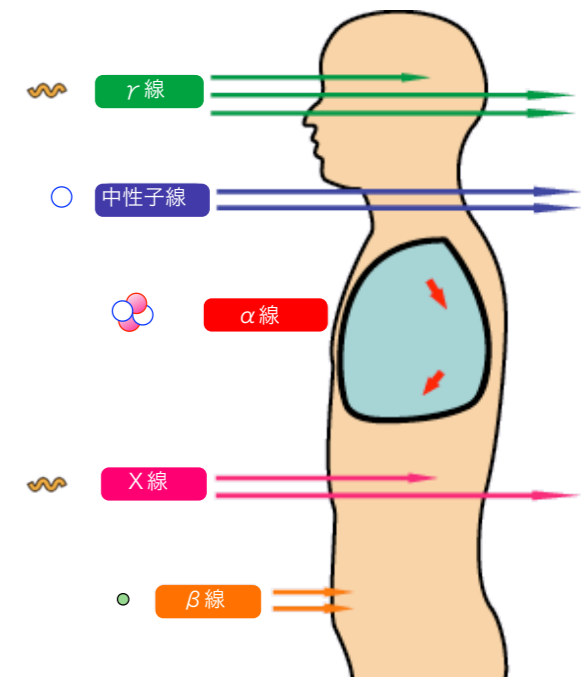
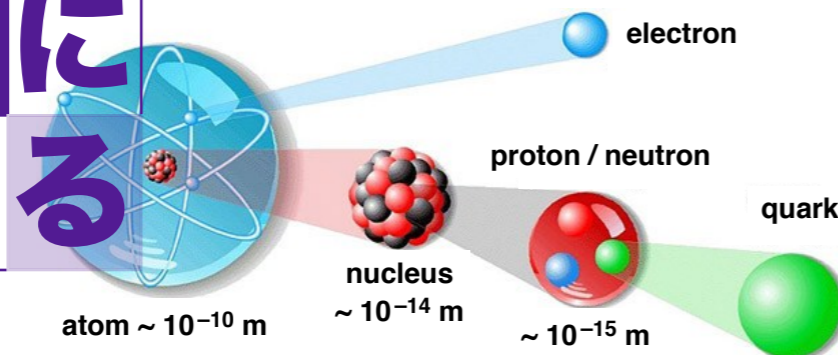
自主講義
放射線学



2011年度冬学期
主題科目テーマ講義

2012年度冬学期
主題科目テーマ講義

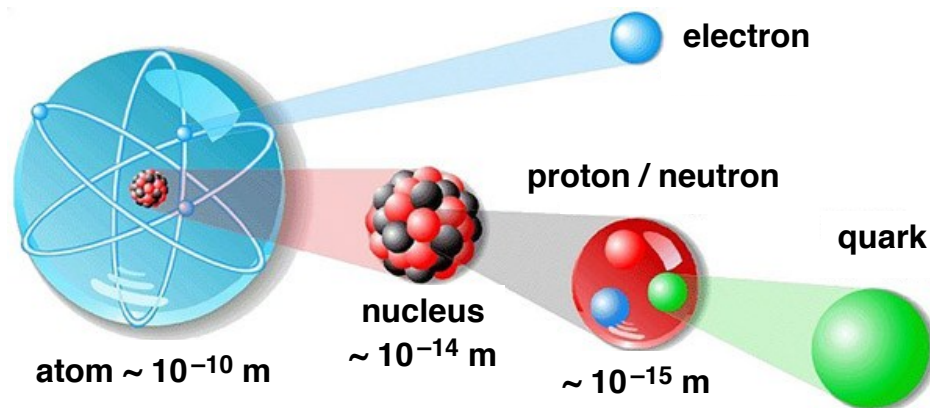
放射線を
科学的に
理解する



2011年度冬学期 主題科目テーマ講義

第10回：2011 / 12 / 16 (金)

放射線を
科学的に
理解する



金曜5限 @ 11号館 1101教室

環境放射化学

今後の放射線量

小豆川 勝見

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

放射線を科学的に理解する

- 10/ 7 放射線入門 【鳥居】
- 10/14 放射線物理学 【鳥居】
- 10/21 放射線計測学 【小豆川】
- 10/28 環境放射化学 【小豆川】
- 11/ 4 放射線生物学 【渡邊】
- 11/11 放射線医学 【中川】
- 11/18 原子核物理学 【鳥居】
- 12/ 2 原子力工学 【石渡】
- 12/ 9 放射線物理学 【鳥居】
- 12/16 環境放射化学 【小豆川】
- 1/10 植物栄養・土壌肥料学 【藤原】
- 1/20 放射線の利用 【渡邊】
- 1/27 加速器科学・まとめ 【鳥居】

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

中川 恵一 《医学部附属病院放射線科》

石渡 祐樹 《工学系原子力国際専攻》

藤原 徹 《農学部応用生命科学》

ゲスト講師

放射線を科学的に理解する (化学分野3回目)

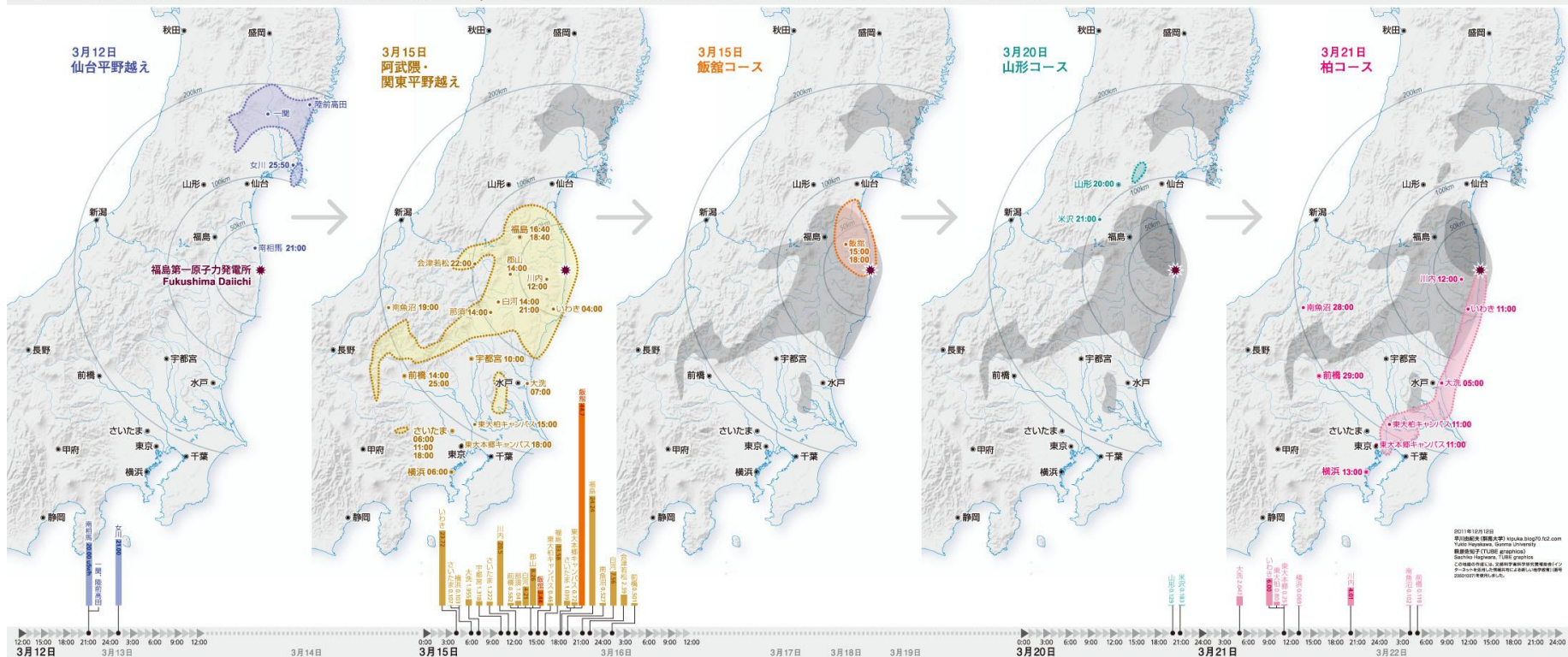
小豆川(しょうずがわ)勝見

はじめに

- ▶ 本日は化学最終回「今後の放射線量」
 - 化学1回目では「放射線の測定法」、化学2回目では「実際の計測値」を講義してきた。今日は「今後の放射線量、特に核種の移動」ということにテーマをおく。
- ▶ 放射性核種は今後どのように環境中で移動するのか
 - 環境中では「核種」ではなく「元素」として振る舞う。
 - 放射性セシウムやその他の核種は将来どのように移動するのか。
 - 都市域と農村域での違い
 - 最新のデータとともに紹介する。
 - 除染対策の科学的な正当性を議論したい。

複数のプルームによる汚染状況

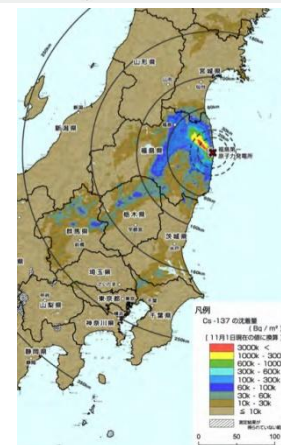
2011年福島放射能汚染の日時 The date and time of radioactive pollutions from Fukushima Daiichi, 2011 0.25uSv/h以上の放射線量を示す地域が、いつ汚染されたかを表示した。



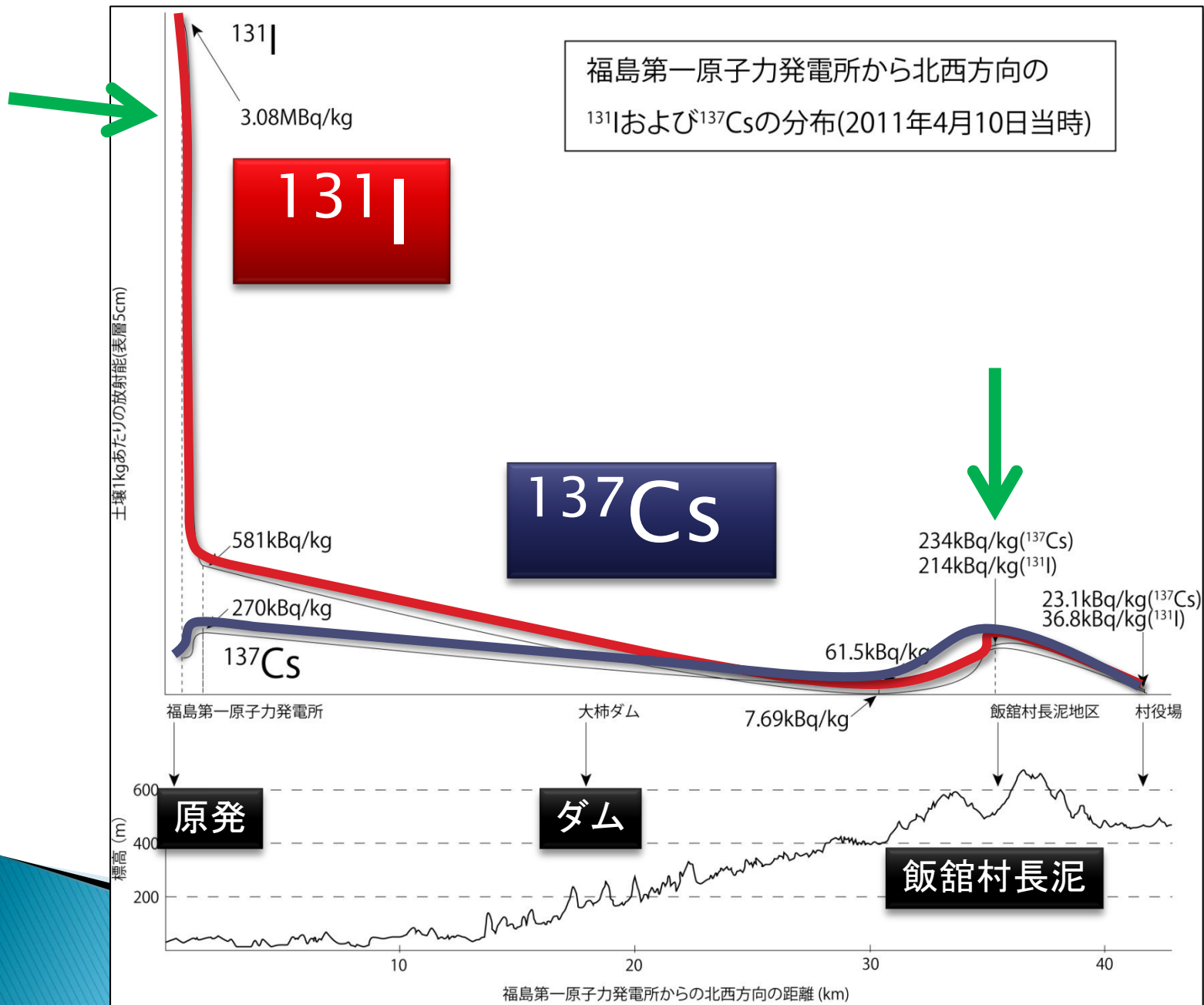
放射能汚染地図(早川由起夫, 2011)

*現時点では、それぞれのプルームがどの炉から排出されたのかは正確に把握できていない

航空機モニタリング(文部科学省, 2011)



北西方向(飯舘村方向)の核種分散



福島第一原子力発電所まで4.1 km(大熊町熊川地区)



左の画像は4/10に撮影

^{131}I が大量に存在している時期

では、現在の値は...?

^{131}I は完全に崩壊済み

30uSv/h

大熊町災害対策本部(12月)

福島第一原子力発電所まで1.0km(大熊町夫沢地区)



左の画像は4/10に撮影

^{131}I が大量に存在している時期

では、現在の値は...?

^{131}I は完全に崩壊済み

50uSv/h

大熊町災害対策本部(12月)

空間線量率が核種の崩壊に合わせて変動しない

- ▶ 圧倒的に存在していた¹³¹Iが既に崩壊済み。

解析で対象とした期間での大気中への放射性物質の放出量の試算値 (Bq)

| 核種 | 1号機 | 2号機 | 3号機 | 放出量合計 |
|---------|--|--|--|--|
| Xe-133 | 3.4×10^{18} | 3.5×10^{18} | 4.4×10^{18} | 1.1×10^{19} |
| Cs-134 | 7.1×10^{14} | 1.6×10^{16} | 8.2×10^{14} | 1.8×10^{16} |
| Cs-137 | 5.9×10^{14} | 1.4×10^{16} | 7.1×10^{14} | 1.5×10^{16} |
| Sr-89 | 8.2×10^{13} | 6.8×10^{14} | 1.2×10^{15} | 2.0×10^{15} |
| Sr-90 | 6.1×10^{12} | 4.8×10^{13} | 8.5×10^{13} | 1.4×10^{14} |
| Ba-140 | 1.3×10^{14} | 1.1×10^{15} | 1.9×10^{15} | 3.2×10^{15} |
| Te-127m | 2.5×10^{14} | 7.7×10^{14} | 6.9×10^{13} | 1.1×10^{15} |
| Te-129m | 7.2×10^{14} | 2.4×10^{15} | 2.1×10^{14} | 3.3×10^{15} |
| Te-131m | <u>2.2×10^{15}</u> | <u>2.3×10^{15}</u> | <u>4.5×10^{14}</u> | <u>5.0×10^{15}</u> |
| Te-132 | <u>2.5×10^{16}</u> | <u>5.7×10^{16}</u> | <u>6.4×10^{15}</u> | <u>8.8×10^{16}</u> |
| Cm-242 | 1.1×10^{10} | 7.7×10^{10} | 1.4×10^{10} | 1.0×10^{11} |
| I-131 | 1.2×10^{16} | 1.4×10^{17} | 7.0×10^{15} | 1.6×10^{17} |

現在原発から放出されている放射性物質(1号機)

評価方法 1号機 (その2)

①原子炉上部

カバーが設置され原子炉上部でのダスト測定が出来ないため、前回評価時(10/17)の数値を使用する。 **0.02億Bq/時**

②機器ハッチ内(11/4測定値)

実績よりオペフロ面ダスト濃度は機器ハッチ内ダスト濃度の約1/2

$$\begin{aligned} \text{オペフロ面ダスト濃度(Bq/cm}^3\text{)} &= \text{機器ハッチ内ダスト濃度(Bq/cm}^3\text{)} \times 0.5 \\ &= (1.4\text{E-}4 + 2.0\text{E-}4) \times 0.5 = 1.7\text{E-}4 \text{ Bq/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{放出量(Bq/s)} &= \text{オペフロ面ダスト濃度(Bq/cm}^3\text{)} \times \text{機器ハッチ風量(m}^3\text{/s)} \times 1\text{E}6(\text{cm}^3\text{/m}^3) \\ &= 1.7\text{E-}4 \times 10.1 \times 1\text{E}6 = 1.7\text{E}3 \text{ Bq/s} = \text{約}0.06\text{億Bq/時} \\ &\sim 1.7\text{E-}4 \times 12.5 \times 1\text{E}6 = 2.1\text{E}3 \text{ Bq/s} = \text{約}0.08\text{億Bq/時} \end{aligned}$$

③カバー排気設備で除去される量(11/4測定値)

フィルター入口のダスト濃度に風量を乗じ放出量とした。

$$\begin{aligned} \text{排気設備除去量} &= \text{フィルター入口ダスト濃度(Bq/cm}^3\text{)} \times \text{風量(m}^3\text{/s)} \times 1\text{E}6(\text{cm}^3\text{/m}^3) \\ &= (2.5\text{E-}5 + 3.2\text{E-}5) \times 12.4 \times 1\text{E}6 = 7.1\text{E}2 \text{ Bq/s} = \text{約}0.03\text{億Bq/時} \end{aligned}$$

上記①+②-③で放出量を評価

$$\text{放出量(億Bq/時)} = 0.02 + (0.06 \sim 0.08) - 0.03 = \text{約}0.05 \sim 0.07\text{億Bq/時} \quad (\rightarrow 0.1)$$

1号機原子炉建屋上部における空气中放射性物質の核種分析結果(参考)

| 採取場所 | 1号機原子炉建屋上部① 機器ハッチ階(階下)4階出口 | | 1号機原子炉建屋上部② (原子炉建屋大扉入口) | | ②核種別指示濃度限度 (Bq/m ³) (95%確率の年間 作業従事者の呼吸する 空气中の濃度限度) | |
|-------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|--|-------------|
| | ①核種濃度 (Bq/m ³) | 倍率 (1/2) | ①核種濃度 (Bq/m ³) | 倍率 (1/2) | ①核種濃度 (Bq/m ³) | 倍率 (1/2) |
| I-131 (9/8日) | ND | - | ND | - | ND | 1E-03 |
| Ce-134 (9/29日) | 1.4E-04 | 0.07 | ND | - | ND | 2E-03 |
| Ce-137 (9/30日) | 2.0E-04 | 0.07 | 1.8E-05 | 0.01 | ND | 3E-03 |

| 採取場所 | 1号機原子炉建屋上部③ (カバー排気系フィルター入口) | | 1号機原子炉建屋上部④ (カバー排気系フィルター出口) | | ②核種別指示濃度限度 (Bq/m ³) (95%確率の年間 作業従事者の呼吸する 空气中の濃度限度) | |
|-------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--|-------------|
| | ①核種濃度 (Bq/m ³) | 倍率 (1/2) | ①核種濃度 (Bq/m ³) | 倍率 (1/2) | ①核種濃度 (Bq/m ³) | 倍率 (1/2) |
| I-131 (9/8日) | ND | - | ND | - | ND | 1E-03 |
| Ce-134 (9/29日) | 2.5E-05 | 0.01 | ND | - | ND | 2E-03 |
| Ce-137 (9/30日) | 3.2E-05 | 0.01 | ND | - | ND | 3E-03 |

現在原発から放出されている放射性物質(2号機)

評価方法 2号機 (その2)

①ブローアウトパネル部での測定 (11/1測定値)

$$\begin{aligned} \text{放出量(Bq/s)} &= \text{ダスト濃度(Bq/cm}^3\text{)} \times \text{ブローアウトパネル部風量(m}^3\text{/s)} \times 1\text{E6(cm}^3\text{/m}^3\text{)} \\ &= (8.4\text{E-6} + 7.3\text{E-6}) \times 26.6 \times 1\text{E6} = 4.2\text{E2 Bq/s} = \text{約0.015億Bq/時} \\ &\sim (1.8\text{E-5} + 1.9\text{E-5}) \times 30.2 \times 1\text{E6} = 1.1\text{E3 Bq/s} = \text{約0.04億Bq/時 (}\rightarrow\text{0.1)} \end{aligned}$$

格納容器ガス管理システム出口での測定 (11/2測定値)

$$\begin{aligned} \text{放出量(Bq/s)} &= \text{ダスト濃度(Bq/cm}^3\text{)} \\ &\quad \times \text{システム流量(m}^3\text{/s)} \times 1\text{E6(cm}^3\text{/m}^3\text{)} \\ &= (2.8\text{E-5} + 4.3\text{E-5}) \times 0.004 \times 1\text{E6} = 0.28 \text{ Bq/s} = \text{約0.00001億Bq/時} \end{aligned}$$

希ガス (11/2測定値)

$$\begin{aligned} \text{放出量(Bq/s)} &= \text{希ガス濃度(Kr-85)(Bq/cm}^3\text{)} \times \text{システム流量(m}^3\text{/s)} \times 1\text{E6(cm}^3\text{/m}^3\text{)} \\ &= 9.5\text{E2} \times 0.004 \times 1\text{E6} = 3.8\text{E6 Bq/s} = \text{約137億Bq/時 (}\rightarrow\text{140)} \end{aligned}$$

2号機原子炉建屋上部における空气中放射性物質の核種分析結果(参考)

| 採取場所 | 2号機原子炉建屋上部① (ブローアウトパネル中央西向) | | 2号機原子炉建屋上部② (ブローアウトパネル中央北向) | | 2号機原子炉建屋上部③ (ブローアウトパネル下部) | | ②炉規則告示濃度限度 (Bq/cm ³) (別表第2第四欄 放射線 業務従事者の呼吸する 空气中の濃度限度) |
|------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--|
| 試料採取日時刻 | 平成23年11月 1日 11時23分～13時23分 | | 平成23年11月 1日 11時23分～13時23分 | | 平成23年11月 1日 11時23分～13時23分 | | |
| 検出核種 (半減期) | ①試料濃度 (Bq/cm ³) | 倍率 (①/②) | ①試料濃度 (Bq/cm ³) | 倍率 (①/②) | ①試料濃度 (Bq/cm ³) | 倍率 (①/②) | |
| I-131 (約8日) | ND | - | ND | - | ND | - | 1E-03 |
| Cs-134 (約2年) | 1.5E-05 | 0.01 | 1.8E-05 | 0.01 | 8.4E-06 | 0.00 | 2E-03 |
| Cs-137 (約30年) | 1.7E-05 | 0.01 | 1.9E-05 | 0.01 | 7.3E-06 | 0.00 | 3E-03 |

現在原発から放出されている放射性物質量(3号機)

評価方法 3号機 (その2)

①原子炉建屋上部 (11/10測定値)

$$\begin{aligned}
 \text{放出量(Bq/s)} &= \text{ダスト濃度 (Bq/cm}^3\text{)} \times \text{推定蒸気発生量(m}^3\text{/s)} \times 1\text{E6(cm}^3\text{/m}^3\text{)} \\
 &= (4.2\text{E-}3 + 5.0\text{E-}3) \times 0.58 \times 1\text{E6} \\
 &= 5.3\text{E}3 \text{ Bq/s} \\
 &= \text{約}0.19\text{億Bq/時}
 \end{aligned}$$

②機器ハッチ (11/9測定値)

$$\begin{aligned}
 \text{放出量(Bq/s)} &= \text{ダスト濃度(Bq/cm}^3\text{)} \times \text{機器ハッチ開口部風量(m}^3\text{/s)} \times 1\text{E6(cm}^3\text{/m}^3\text{)} \\
 &= (1.9\text{E-}4 + 2.3\text{E-}4) \times (0.31 \times 5.6 \times 5.6) \times 1\text{E6} \\
 &= 4.1\text{E}3 \text{ Bq/s} \\
 &= \text{約}0.15\text{億Bq/時}
 \end{aligned}$$

合計：約0.19億Bq/時 + 約0.15億Bq/時 = 約0.34億Bq/時 (→0.4)

3号機原子炉建屋上部における空气中放射性物質の核種分析結果(参考)

| 採取所 | 3号機原子炉建屋上部⑤ (原子炉上北東側(下方)) | | 3号機原子炉建屋上部⑥ (原子炉上北東側(上方)) | | 3号機原子炉建屋上部⑦ (原子炉上南東側(下方)) | | 3号機原子炉建屋上部⑧ (原子炉上南東側(上方)) | | ②月報(告示濃度限度 Bq/m ³) ①放射能測定機器 放射線 測定器の検出する 空気中の濃度限度 |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| | 計測日時 | 平均濃度 (Bq/m ³) | 計測日時 | 平均濃度 (Bq/m ³) | 計測日時 | 平均濃度 (Bq/m ³) | 計測日時 | 平均濃度 (Bq/m ³) | |
| | 平成23年1月0日 12時0分~12時30分 | | 平成23年1月0日 12時0分~12時30分 | | 平成23年1月0日 13時0分~13時30分 | | 平成23年1月0日 13時0分~13時30分 | | |
| 検出濃度 (半減期) | ①基準濃度 Bq/m ³ | 倍率 (1/2) | ①基準濃度 Bq/m ³ | 倍率 (1/2) | ①基準濃度 Bq/m ³ | 倍率 (1/2) | ①基準濃度 Bq/m ³ | 倍率 (1/2) | |
| I-131 (8日) | ND | - | ND | - | ND | - | ND | - | 1E-03 |
| Ce-134 (92年) | 4.2E-03 | 2.1 | 1.8E-03 | 0.90 | 6.1E-04 | 0.31 | 3.2E-04 | 0.16 | 2E-03 |
| Ce-137 (93年) | 5.0E-03 | 1.7 | 2.2E-03 | 0.77 | 7.2E-04 | 0.24 | 4.2E-04 | 0.15 | 2E-03 |

1-3号機の放出見積量(放射性セシウムとして)

- ▶ 原子炉建屋上部での測定結果による放出量については、それぞれの数値を切り上げて、以下の通り合計
 - 1号機:約0.1億Bq/時
 - 2号機;約0.1億Bq/時
 - 3号機;約0.4億Bq/時
 - 合計:約**0.6億Bq/時**
- ▶ 原発風下2kmの海上で測定した場合(11/11測定)
海上:約0.2億Bq/時
- ▶ 現時点におけるセシウムの放出量として、海上では風向の変動により測定値が上下すると考え、原子炉建屋上部での測定結果による評価値を採用
 - 放出量:約0.6億Bq/時を採用

原発周辺では放射性セシウムは継続してフォールアウト

- ▶ 最大0.6億Bq/時(14.6億Bq/日)との見積
 - 3月の事故当時に比較すれば圧倒的少量ではある。
- ▶ 放射性希ガスは2号炉で140億Bq/時が継続して放出されている
 - 1号炉、3号炉もほぼ同様と推定。
- ▶ 空間線量率への影響を詳細に調査する必要がある
 - 来週から警戒区域内の調査に出かけます

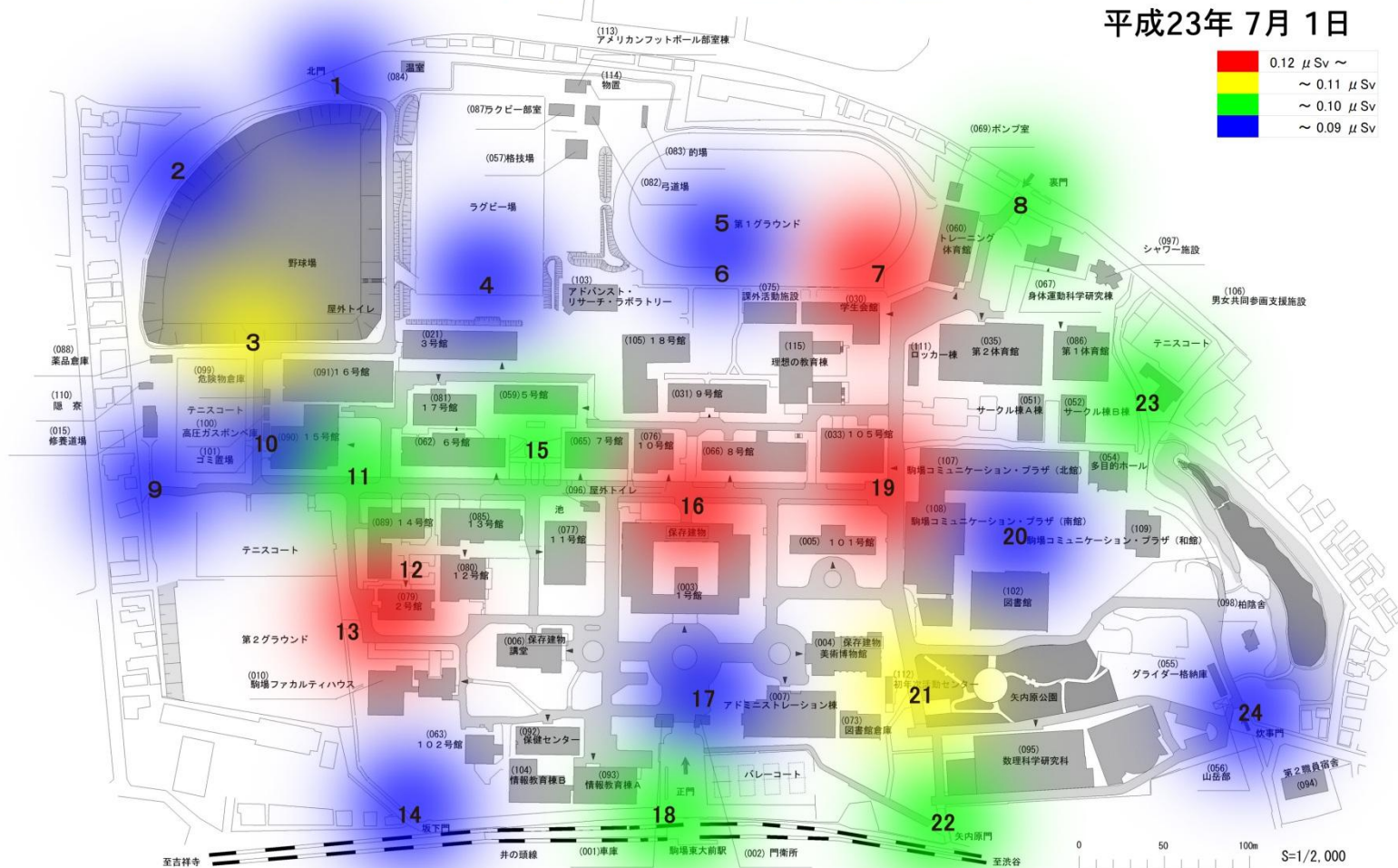
空間線量率の推移...どのように核種が動くのか

- ▶ 濃縮地点として雨樋下、排水溝などを挙げてきた
 - 茨城県守谷市内の雨樋下から0.46MBq/kgの放射性セシウム
 - 千葉県柏市の排水溝脇から0.33MBq/kgの放射性セシウム
 - 東京都江戸川区の排水溝から0.03MBq/kgの放射性セシウム
- ▶ 都市域は排水施設が整っているので、一気に濃縮しやすい傾向がある
- ▶ 農村域は土壌が剥き出しになっている地点が多いことから、ゆっくり核種が移動する傾向が推定される

空間線量(7月1日) 教養学部共通技術室・滝沢さん測定

駒場 | キャンパス空間線量マップ

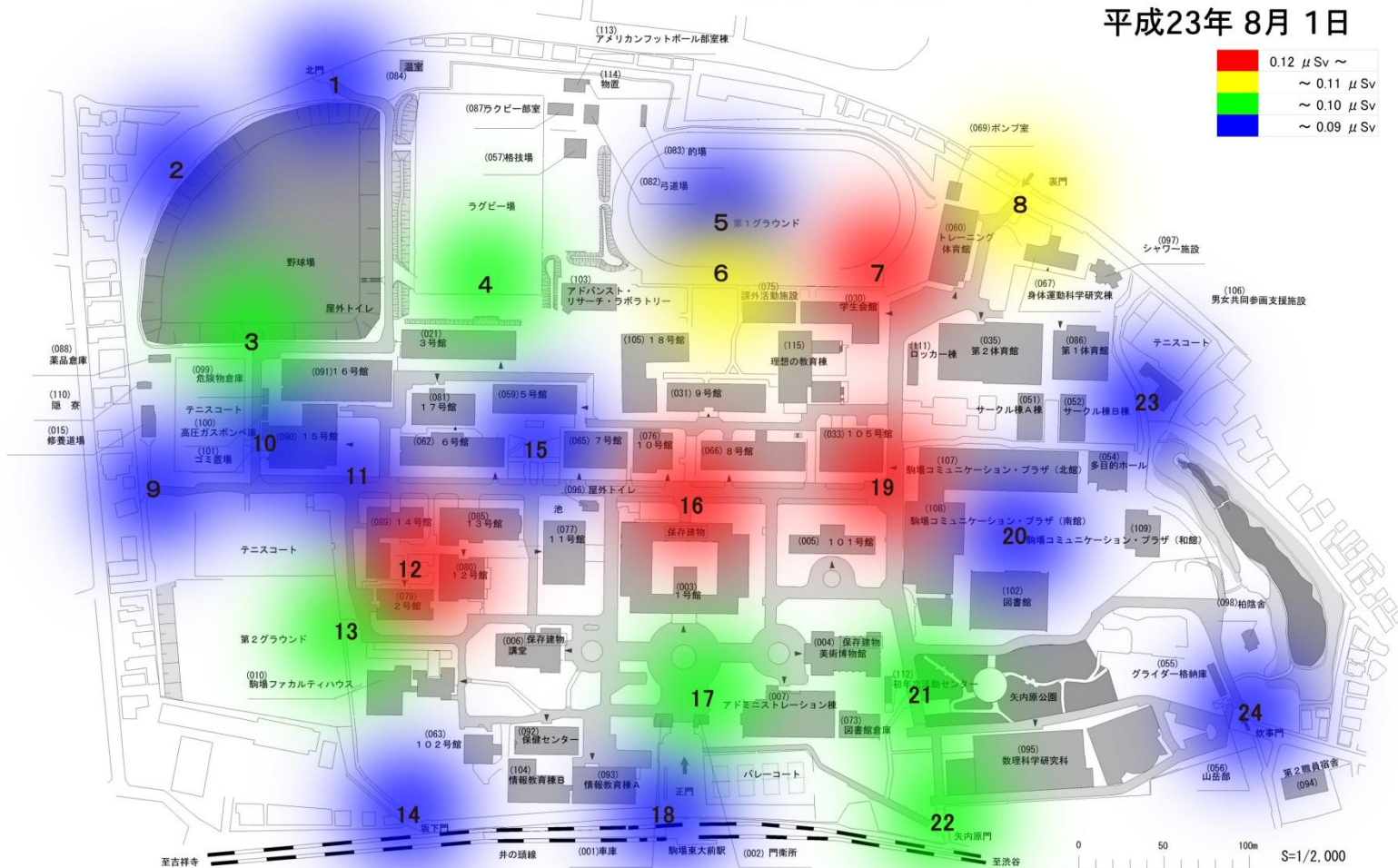
平成23年 7月 1日



空間線量(8月1日)

駒場 | キャンパス空間線量マップ

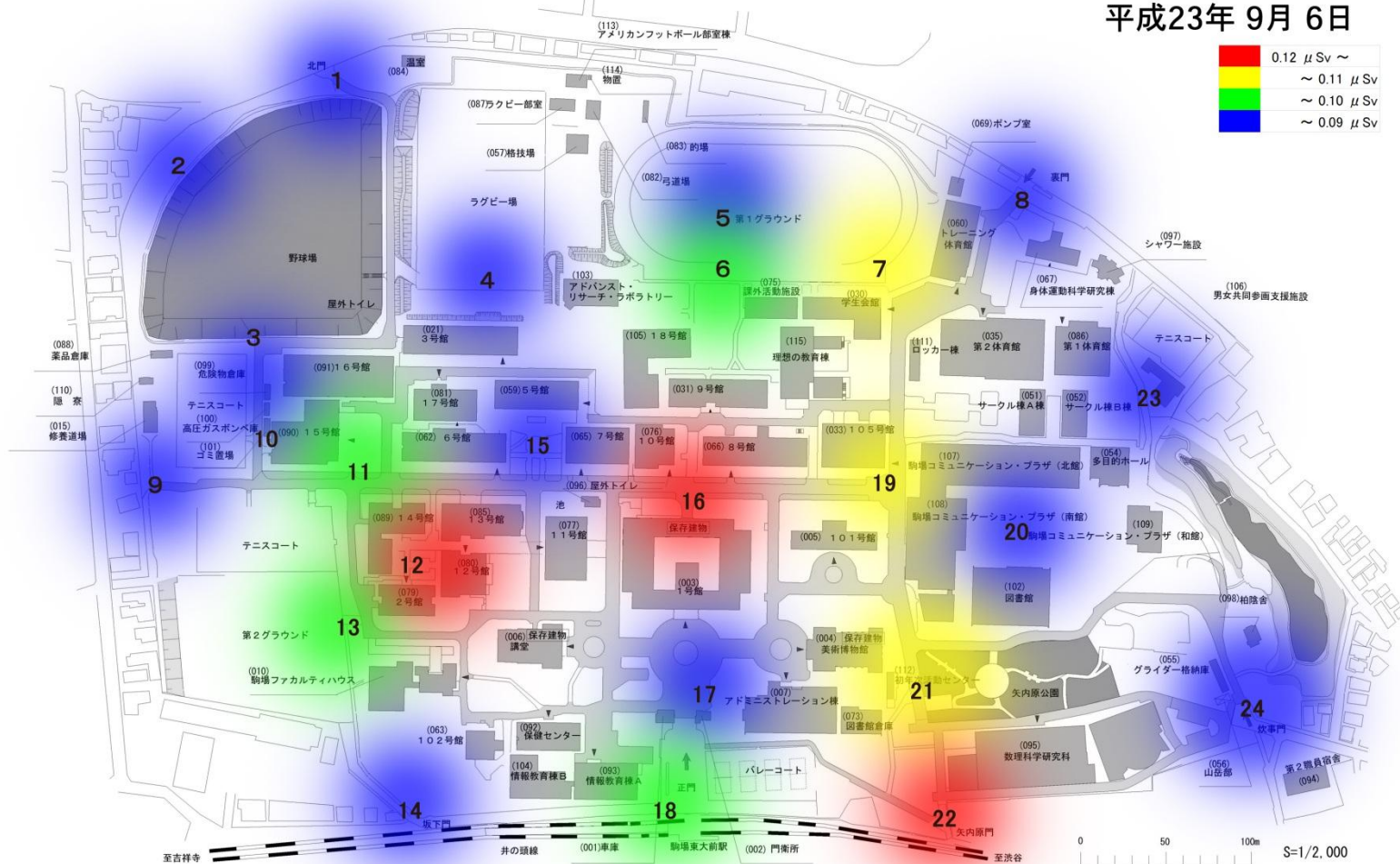
平成23年 8月 1日



空間線量(9月6日)

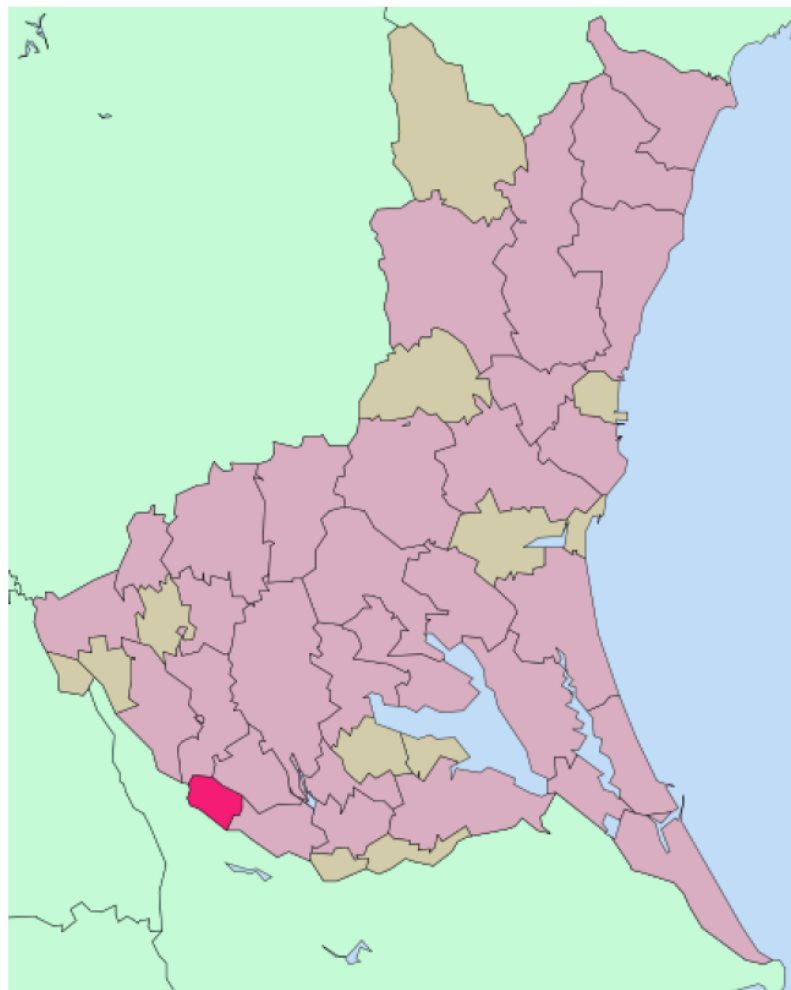
駒場 | キャンパス空間線量マップ

平成23年 9月 6日



茨城県守谷市内での例

守谷市の概要



50km

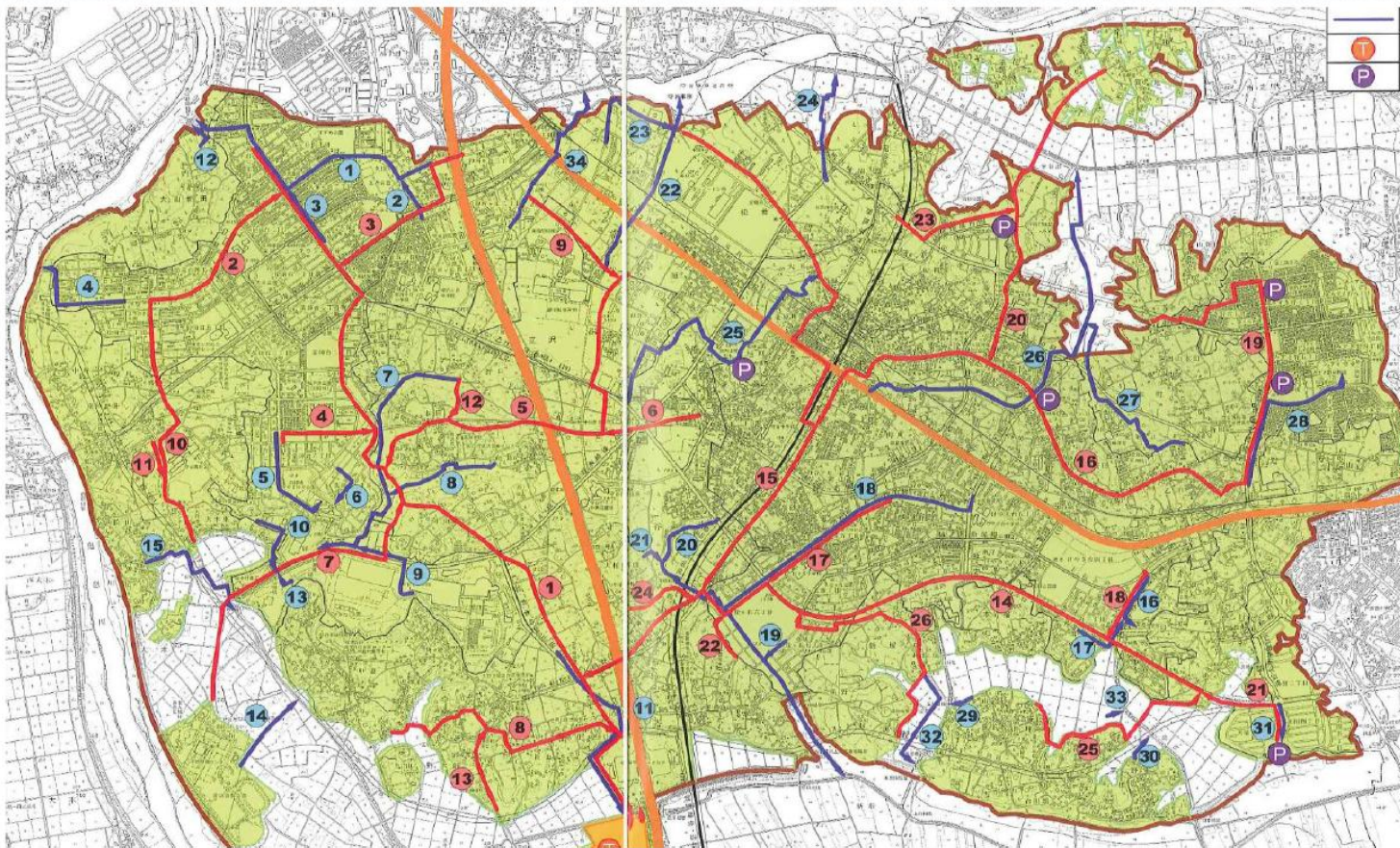
| 項目 | 説明 |
|----------|---|
| 場所 | 茨城県南西部(利根川北岸) |
| 面積 | 35.63km ² (茨城県で一番小さい市、皇居25個分) |
| 地形 | 鬼怒川、利根川、小貝川に三方を囲まれており、台地と低地で形成。市街地の大半は台地 |
| 交通 | 取手から常総線 秋葉原からつくばエクスプレス(2005年開業) 常磐自動車道 |
| 人口 推移 | 平成元年 33,323人 平成23年 62,719人 |
| 治水 | 雨水と下水を分離処理。 近年の急速な都市化に伴い、市街地には側溝に加え、地下に雨水幹線を整備。市街地に降った雨水はそれらを通じて低地の小川、水路もしくは遊水池に排水。 (住宅に降った雨は原則敷地内処理で、各家庭では雨水浸透ますを設置) |

地図はWikipediaから、データは市が公開している資料から引用

守谷市内の下水および雨水幹線(青線に注目！)

守谷市内下水(赤色)・雨水幹線(青色)

市役所作成のパンフレットから転載



都市部に降った雨水は地下雨水幹線を通じて周辺部の河川・遊水池・水路に放出される。

【北守谷雨水幹線】

青色1, 2, 3, 12: 新守谷→鬼怒川ルート、5, 6: 北守谷野球場ルート

【南守谷雨水幹線】

青色26: 守谷郵便局ルート、27: 愛宕中学校ルートの合流先、16, 17: 南守谷野球場ルート、18-21: 松ヶ丘ルート

住宅地からの雨水の集積

1. 里山湿地帯 調査場所

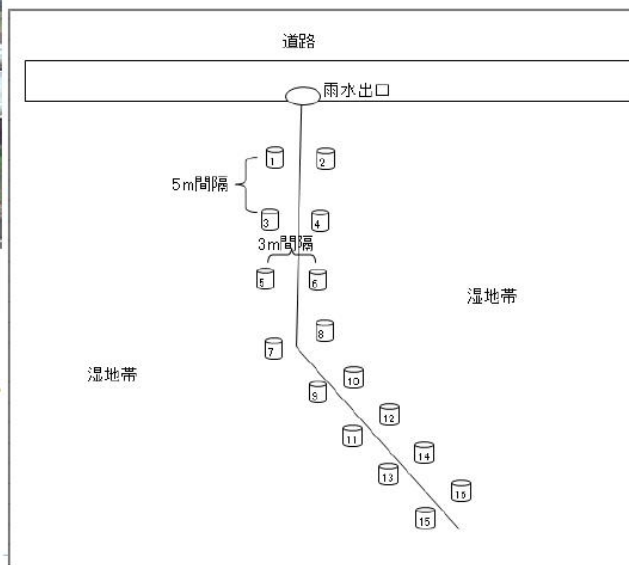


③ 湿地帯の奥を流れる小川沿いの放射線量率を測定



排水口付近

- ① 排水口の真上で放射線量率を測定
- ② 排水口先の湿地帯内で、水路の溝に沿って等間隔に杭を打ち、一帯の放射線量率を測定

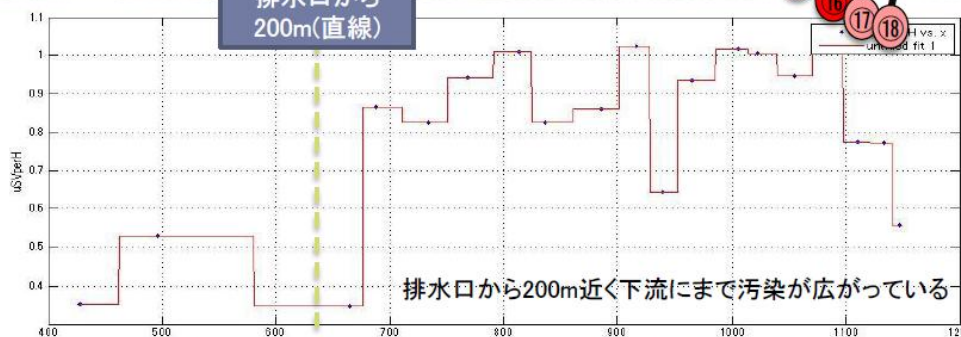
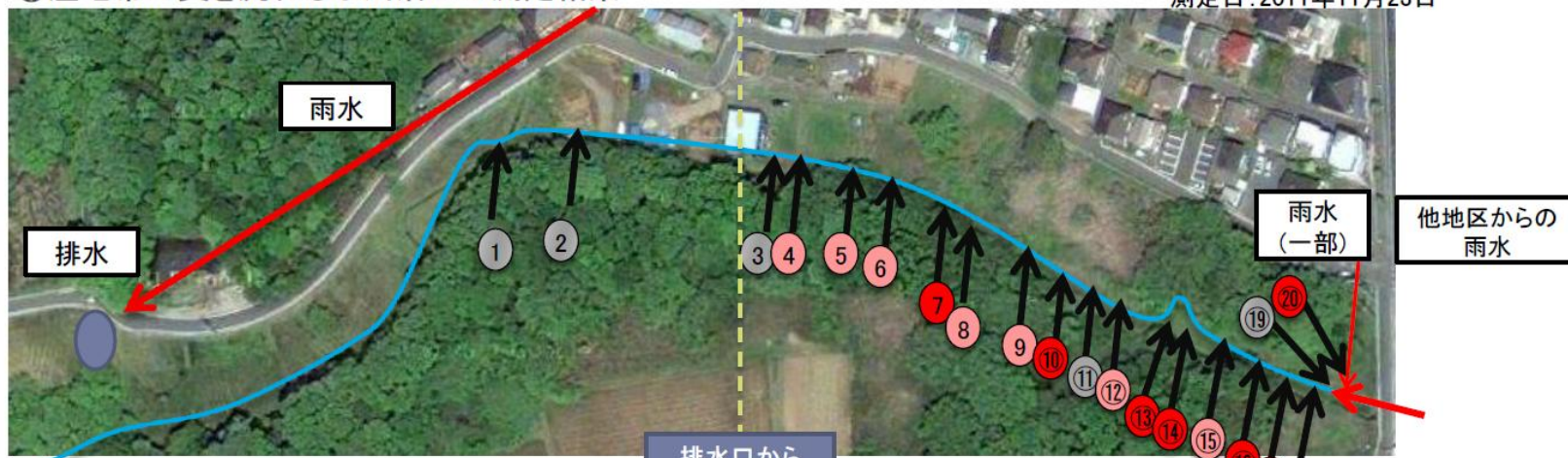


局所的な汚染が連続したホットスポットの形成

1. 里山湿地帯 測定結果

③湿地帯の奥を流れる小川沿いの測定結果

測定日: 2011年11月23日



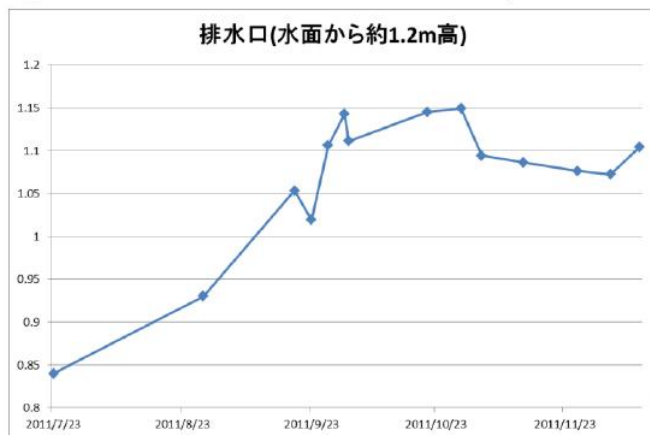
単位: μ SV/h

| 番号 | 線量率 | 場所 | 番号 | 線量率 | 場所 | 番号 | 線量率 | 場所 | 番号 | 線量率 | 場所 |
|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----------|----|-------|---------|
| 1 | 0.353 | 川岸 | 6 | 0.942 | 川岸 | 11 | 0.643 | 中洲(玉砂利) | 16 | 1.056 | 川岸 |
| 2 | 0.527 | 川岸 | 7 | 1.009 | 川岸 | 12 | 0.935 | 川岸 | 17 | 0.773 | 川岸 |
| 3 | 0.349 | 川岸 | 8 | 0.826 | 川岸 | 13 | 1.018 | 川岸付近(台地) | 18 | 0.772 | 川岸(玉砂利) |
| 4 | 0.864 | 川岸 | 9 | 0.861 | 川岸 | 14 | 1.005 | 川岸付近(台地) | 19 | 0.555 | 雨水幹線排水口 |
| 5 | 0.826 | 川岸 | 10 | 1.024 | 川岸 | 15 | 0.947 | 川岸 | 20 | 1.072 | 雨水側溝上 |

連続ホットスポットの時系列変化

1. 里山湿地帯 測定結果

① 排出口上での測定結果(単位: μ SV/h)



7/23に0.84だったが、その後上昇して9月以降1を超える状態が続いている

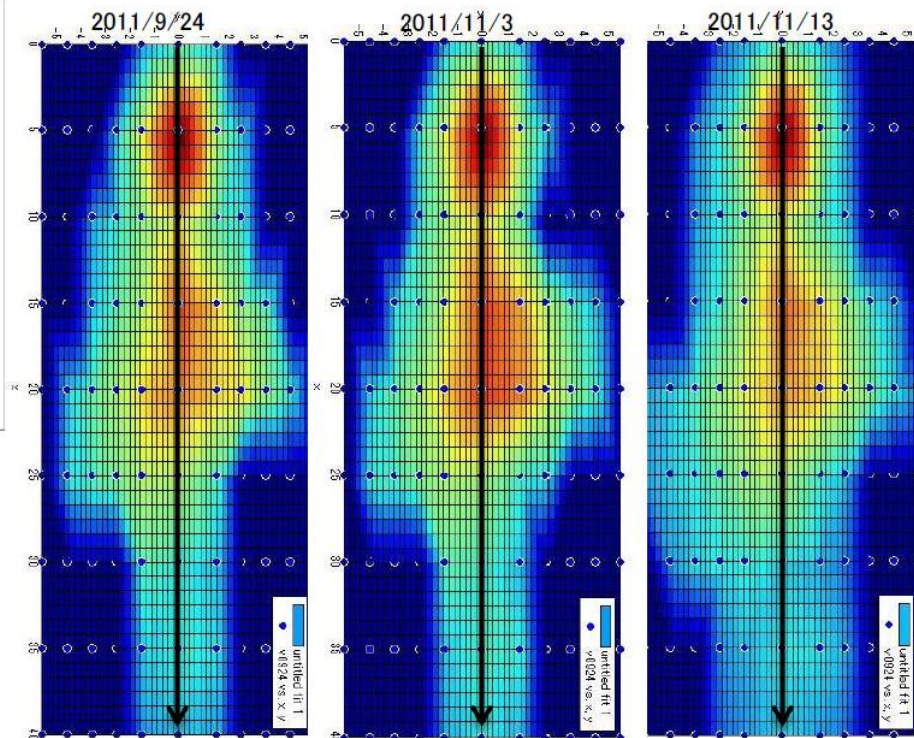


雨水排水口



測定場所

② 湿地内の測定結果(地上1mの高さで測定)



水色(約 1μ)→黄色→赤色(2-3 μ)になるにつれ、高い放射線量率を示している
図の中央上部y0が排水口、中央の矢印が水路で下が下流。軸の単位はm

極大値の位置は3回の測定を通して動いていない。
最大値はx5y0地点、2.3(9/24) 2.8(11/3) 2.9(11/13)

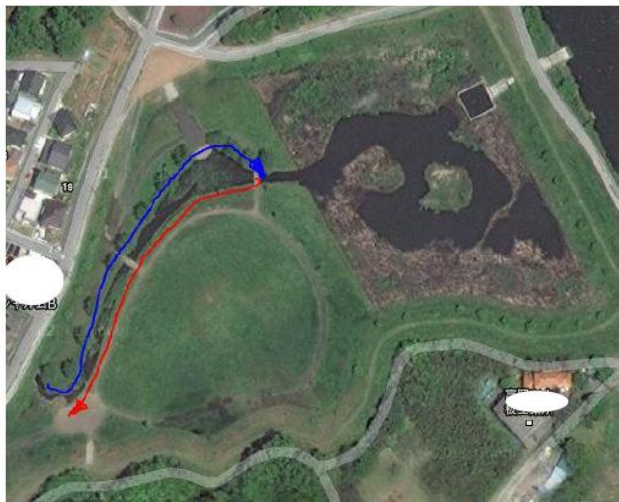
濃い青は測定していない場所。11月13日は測定ポイントを広げたため水色のエリアが広がっているように見える。

少なくとも150 m^2 を超える面積で 1μ SV/hを超える放射線量率となっている。

遊水池としての公園の汚染(1)

3. 城址公園 測定結果

① 水路沿い(青→赤の順に歩いて測定)



測定日:2011年10月12日

測定場所:公園内水路沿い(両岸)

測定方法:手持ち地上約1m、徒歩でゆっくり移動しながら10秒毎の数値をすべて記録(モニター音を常時オンにして、線量率が大幅に上下する場所はその場で値が安定するまで待ち、待っている間の数値は記録から除外)

測定に使用したRadilは10秒間隔で過去6回分平均した値を表示する仕様であるため、歩きながらの測定はその地点での正確な値を示さないが、一帯の傾向をつかむためには有効と判断して実施

測定結果:測定点数64点中24点において、地上1mで $1 \mu\text{SV/h}$ を超過

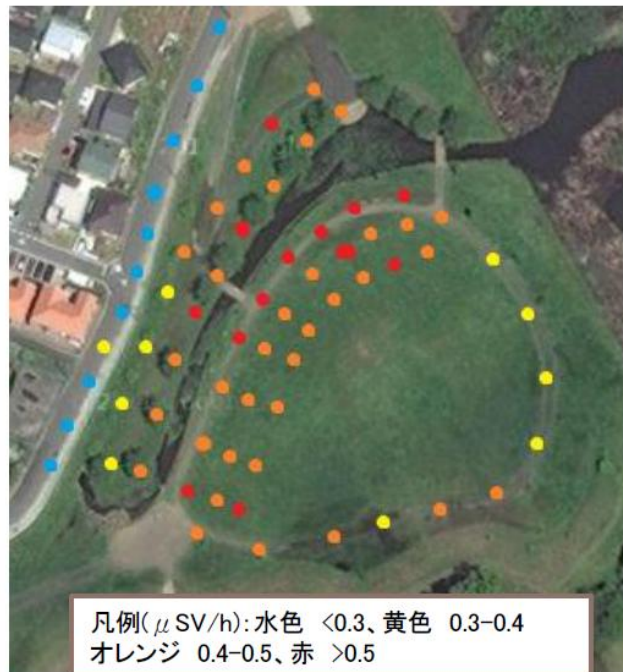
10月30日、11月27日に青色スタート地点付近の川岸で土壌を採取(11

月27日採取時は地表 $4.5 \mu\text{SV/h}$)

放射能の量は $134+137\text{CS}$ 合計で

10月30日 $22,000\text{Bq/kg}$ 、11月27日 $26,300\text{Bq/kg}$ であった。

② 公園広場



凡例($\mu\text{SV/h}$):水色 <0.3、黄色 0.3-0.4
オレンジ 0.4-0.5、赤 >0.5

測定日:2011年11月27日、12月4日

測定場所:公園広場広域および公園脇道路

測定機器:アロカシンチレーションカウンター(小豆川先生持参)

測定方法:水路から5, 10, 15(15は右岸のみ)m離れた場所と水路から離れた側の遊歩道上で一定歩数ごとに測定。また、公園敷地外の道路上でも測定

測定結果:水路から離れた場所を含め、公園敷地内では敷地の外と比較して高い線量となっており、水路により運ばれた放射性物質が水路外にも漏出している可能性が極めて高い

遊水池としての公園の汚染(2)

9-11. 遊水池を併設した野球場(北守谷、南守谷、みずき野) 調査場所



面積比較のため、同一縮尺の航空写真を掲載している。

すべての野球場で排水口付近の放射線量率は $1 \mu\text{SV/h}$ を超えている。

北守谷野球場は水路と野球場の間に緩衝地帯や遊水池がなく、水路の水がいっぱいになるとすぐに野球場内に浸水する仕組みになっている。また、排水口が3か所にあるため、水路も野球場を囲むように三方に設置されている。

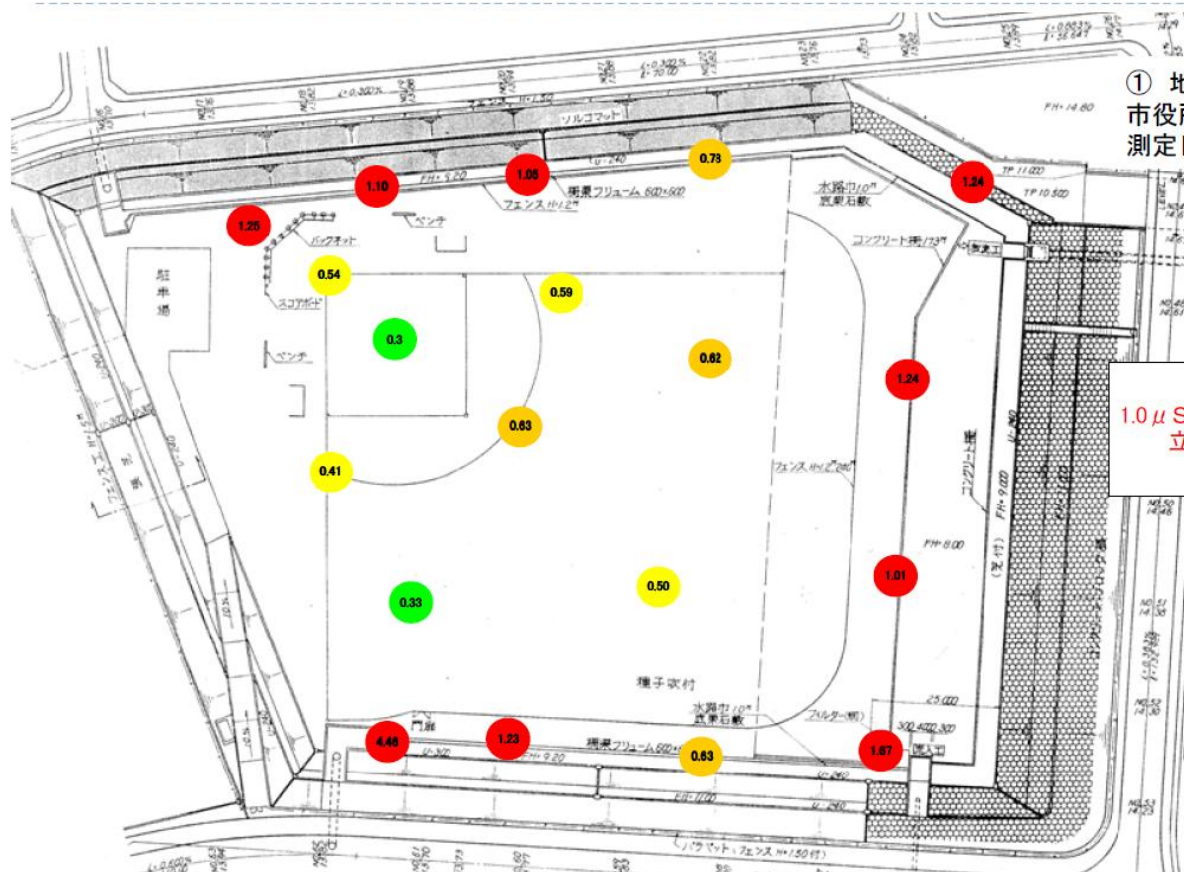
➡ 雨水の流れ

(右) 雨の日のみずき野野球場。中央に流れる水路から左側野球場への浸水が見られるほか、降水量が増えたときは、手前の水路からも冠水する可能性がある



遊水池としての公園の汚染(3)

11. みずき野野球場 測定結果



① 地表測定
市役所のWebサイトから転載
測定日:2011年11月9日(公開日)

② グラウンドの土壤測定

測定日:2011年11月27日

測定方法:フェアグラウンド内5点(四隅と中央)で地表約1cmの土壌を採取、混ぜ合わせた土壌の放射能の量を測定(地表約0.6 μ SV/h)

放射能の量は134+137CS合計で 23,200Bq/kgであった。



面としての汚染に対する除染の効果(予察的考察)

追加資料：除染後の再汚染の可能性を示すデータ

小学校通学路(現在は他ルートに変更したため、使用されていない)におけるスポット汚染の実績

(すべて地表での測定)

- ・8月13日 放射線量率を測定
- ・10月9日 除染作業実施 前後に放射線量率を測定
- ・11月24日 放射線量率を再度測定

単位： $\mu\text{SV/h}$ 一部は記録する都合上、小数点2ケタ以下を四捨五入

通学路および測定箇所



| 場所と特徴 | 8/13 | 10/9 (除染前) | 10/9 (除染後) | 11/23 |
|-------------|-------|---------------|---------------|--------------|
| 1(平坦) | 1.023 | 1.5 | 0.5 | |
| 2(平坦) | | 0.7 | 0.35 | |
| 3(くぼみ) | | 2.0 | 0.36 | 0.459 |
| 4(傾斜途中) | 1.680 | 2.1 | 0.26 | 0.223 |
| 5(平坦) | | 0.7 | 0.24 | 0.243 |
| 6(くぼみ) | 2.693 | 4.6 | 0.3 | 0.744 (※) |
| 7(わずかな傾斜途中) | | 1.2 | 0.24 | |
| 8(平坦) | | 1.5 | 0.6 | 0.252 |
| 9(傾斜途中) | | 4 | 0.5 | 1.437 |
| 10(傾斜下端) | | 1.4 | 0.6 | 0.804 |
| 11(傾斜下端) | | 1.0 | 0.5 | 0.731 |

(※)12/11に再測定、測定場所を約10cmずらしたところ、1.109を検出

元々放射性物質が集まりやすいためホットスポット化した場所は、除染しても周囲の放射性物質が再度集まりやすい。
(平坦な場所や傾斜途中の場所は一度清掃すると土砂の再蓄積は起きにくく、その場合は線量率は再上昇しない)
局地的に線量が高い場所の除染を優先することは、効率面、コスト面で最良の手法ではない可能性がある。

「点」として汚染から「面」としての汚染へ

- ▶ 都市域の効率的な排水システムが「面」の汚染を生む
 - 親水公園など雨水に親しむことができる環境が結果的に問題に
 - 「除染」はどう対応する？
- ▶ 核種の移動そのものは都市域/農村域どちらにしても発生する
 - 農村域での核種の移動速度はゆっくり
 - 福島原発周辺のフォールアウト量は異常に高い
 - こちらの濃縮はどうなるのか、都市域の知見を適用することができないか
鋭意検討中
- ▶ 現在の警戒区域内の放射能をみてみましょう(限定公開)

警戒区域内のモニタリングの様子(1)(文部科学省提供)

空間線量率の推移

37.2(6月) → 37.0(7月) → 35.0(8月) → 32.4(9月)...
→ 31.0(12月)



浪江町柵平

(20km圏外で最大空間線量率が観測され、年間100mSvを越える地点)

警戒区域内のモニタリングの様子(2)(文部科学省提供)

空間線量率
1.3(4月上旬)



浪江町請戸地区

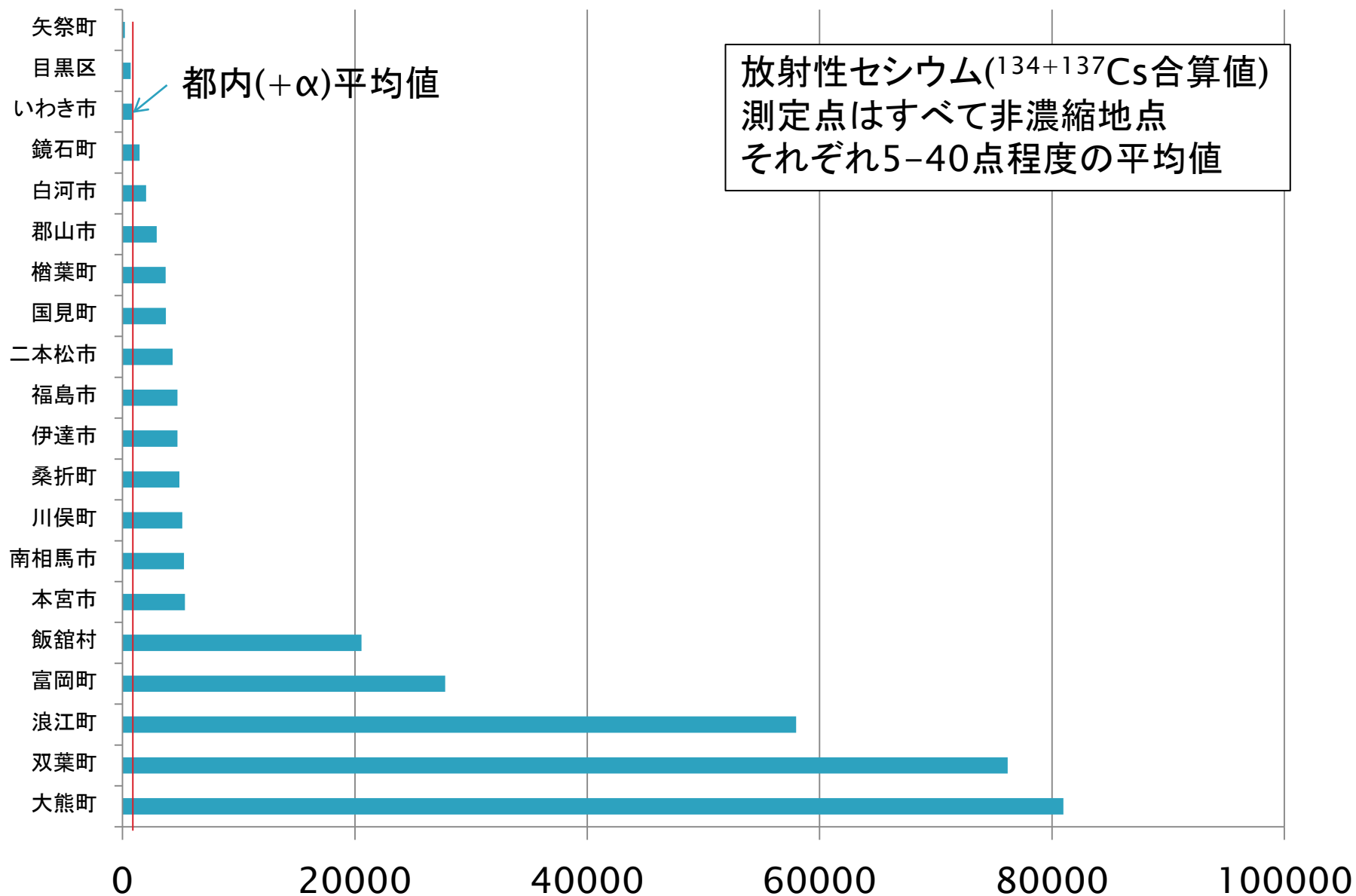
警戒区域内のモニタリングの様子(3)(文部科学省提供)



空間線量率
1.5(4月上旬)

浪江町権現堂地区

広域的な放射性セシウムの評価 (文部科学省提供)+自分のデータ



高濃度汚染地帯での核種の移動

- ▶ 排水溝から流れ出た汚泥、吹きだまりなどの場所では非常に高い放射能が確認されつつある
- ▶ 都市域での濃縮/移動過程を速やかに明らかにする事が喫緊の課題
- ▶ 今後除染技術のブレークスルーがない限り、高濃度汚染地帯での生活は非常に困難であることがデータから明らかになっている。

今後の課題-再飛散の影響評価

● 地面に付着したセシウムはどの程度空気中に舞っている？

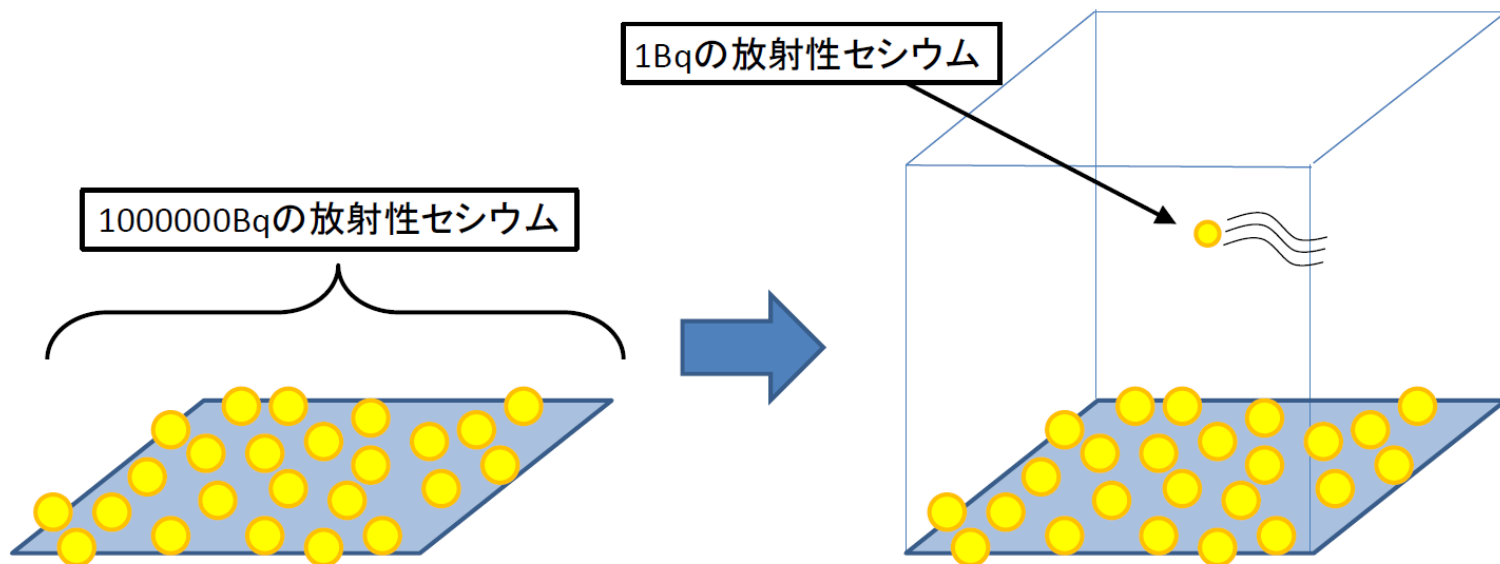
- ・Cs-137(セシウム)の場合、再浮遊係数は1/1000000とされている。
(※米国放射線防護測定審議会『NCRP』により定められた係数)



- ・つまり、具体的にどういう事かと言うと……

1m²に1000000Bqの放射性セシウムがあるとすると……

その上部の1m³中に浮かび上がるセシウムは、1Bqだけ。(要は、ほとんど浮かび上がらない)



この理論ではうまく付かない事象が多く、再飛散の影響を鋭意研究中です

今後も積極的に情報公開を行います



今回の講義で「化学」担当分は終了です。

君たちが海外に出れば間違いなく福島の話
が出るでしょう。

今回の事故を放射線の知識をもってきちんと説
明できることが君たちに必要な能力です。

最新の情報をできるだけ早く公開していきますので、是非関心を持ち続けて下さい。

課題#2

- ▶ 東京都杉並区の小学校にあった養生シートから90kBq/kg程度の放射性セシウムが検出された。
- ▶ 区によると、8000Bq/kgの国の基準を下回るように他のゴミと混ぜて焼却する予定であるという。
- ▶ このような事案は今後都内に限らず多くの地点で発生する案件であると推定される
- ▶ 皆さんはこのような事態にどのように対処するか、これまでの放射化学の知見を駆使して対処法を議論せよ。
- ▶ 締切は12/22(木)、16号館102号室鳥居先生の居室まで！