

特性 X 線測定による放射性セシウムの表層放射能 面密度 (Bq/cm²) 測定法と富岡町での現地テスト結果

MEASURING METHOD OF RADIOACTIVE CESIUM SURFACE DENSITY BY CHARACTERISTIC
X-RAY MEASUREMENT AND FIELD TEST RESULTS IN TOMIOKA

高橋正二 (高橋科学)、日下部治、片山均 (エヌ・エム・パイビジネスサポート株式会社)
Masaji Takahashi (Takahashi Kagaku), Osamu Kusakabe, Hitoshi Katayama (NMP
Business Support Co., Ltd.)

目的 高放射線下で放射能（面密度）を測定する
→除染の効果を精度よく評価できる
現地で手軽に放射能を定量する

<ガンマ線スペクトロスコピー（HpGe,NaI など）>

透過力が強く、空気や薄い土層の影響を受けにくい
強いピークが現れ、ピーク分離は容易
周囲からのガンマ線の遮蔽が大変 鉛 5～10cm が必要

<NaI サーベメータによる空間線量率>

放射能密度とよい相関を示す。
広い範囲の周辺放射能分布の影響を受ける。

<GM サーベメータによるベータ線の測定>

感知している場所を局在可能。
表面状態で大きく変動

<X線スペクトロスコピー>

適度な透過力があり、ベータ線ほど中間物の影響を受けない
鉄板 0.5mm で 1/10 （コリメーションが容易）

現地測定 2013年4月12日、23-25日の2回

| 2013/4/12 | | | NaI 1m | NaI 0m | GM差分 | 2" |
|-----------|---------|------|--------|--------|------|--------|
| # | 場所 | 表面状態 | uSv/h | uSv/h | kcpm | Bq/cm2 |
| A | 町役場近く道路 | 舗装面 | 3.40 | 4.20 | 9.30 | 49.9 |
| B | 町役場近く道路 | 土面 | 4.60 | 5.10 | 1.05 | 72.2 |
| C | 町役場近く道路 | 土面 | 5.70 | 10.00 | 1.40 | 190.5 |
| D | IC駐車場 | 舗装面 | 3.35 | 4.40 | 4.90 | 68.9 |
| E | IC駐車場 | 舗装面 | 4.30 | 5.70 | 4.53 | 94.3 |

| 2013/4/23-25 | | | NaI 1m | NaI 0m | GM差分 | 2" | Ba-X | |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| # | 場所 | 表面状態 | uSv/h | uSv/h | kcpm | Bq/cm2 | Bq/cm2 | err. |
| 1 | 富岡IC駐車場 | 舗装面 | 4.80 | 5.50 | 4.10 | 86.8 | 78.0 | ±19.0 |
| 2 | 富岡IC駐車場 | 舗装面 | 5.30 | 6.10 | 3.70 | 96.2 | 63.0 | ±12.0 |
| 3 | 富岡IC駐車場 | 草地 | 5.80 | 8.80 | 1.50 | 167.5 | 138.0 | ±18.0 |
| 4 | 本岡清水前交差点 | 舗装面 | 5.40 | 6.70 | 14.30 | 75.2 | 67.0 | ±23.0 |
| 5 | 本岡清水前交差点 | 舗装面 | 6.00 | 7.00 | 15.70 | 86.1 | 94.0 | ±31.0 |
| 6 | 本岡清水前交差点 | 舗装面 | 7.00 | 8.40 | 16.00 | 84.5 | 110.0 | ±32.0 |
| 7 | 本岡清水前交差点 | 土面 | 6.70 | 9.80 | 3.60 | 187.7 | 149.0 | ±12.0 |
| 8 | 総合スポーツセンタ駐車場 | 舗装面 | 0.74 | 0.44 | 0.10 | 1.0 | -2.0 | ± 2.2 |
| 9 | 総合スポーツセンタ駐車場 | 舗装面 | 0.78 | 0.46 | 0.05 | 0.7 | -0.9 | ± 2.6 |
| 10 | 富岡漁港護岸 | 舗装面 | 0.70 | 0.37 | 0.09 | 0.5 | 0.0 | ± 4.0 |
| 11 | 富岡漁港護岸 | 砂利 | 0.90 | 1.80 | 0.15 | 34.6 | 8.1 | ± 4.0 |
| 12 | 釜田駐車場 | 舗装面 | 0.95 | 1.50 | 0.38 | 4.4 | 8.8 | ± 4.0 |
| 13 | 釜田駐車場 | 土面 | 2.00 | 4.20 | 1.10 | 77.4 | 78.0 | ±17.0 |
| 14 | 大膳町消防団 | コンクリート | 2.40 | 2.20 | 3.20 | 20.1 | 19.0 | ± 7.0 |
| 15 | 大膳町消防団 | 草地 | 2.50 | 4.70 | 0.30 | 82.0 | 70.0 | ±19.0 |
| 16 | 小浜角地 | コンクリート | 2.30 | 1.60 | 1.00 | 4.7 | 10.0 | ± 4.0 |
| 17 | 小浜角地 | 砂利 | 2.30 | 3.00 | 0.30 | 56.0 | 23.0 | ±14.0 |

測定場所





#1,2,3 富岡 IC 駐車場
奥は常磐自動車道。工事車両がこの駐車場を使用

#4,5,6,7 清水前(夜ノ森)
右側道路の東側は帰還困難区域



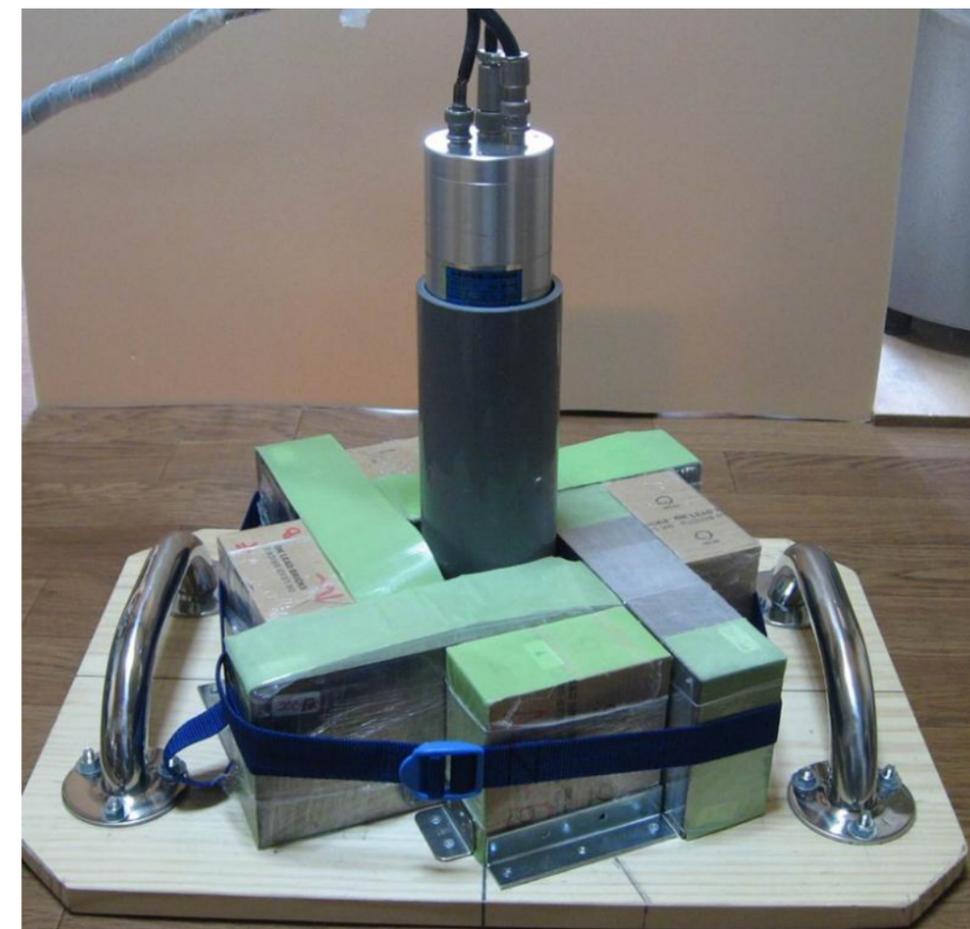
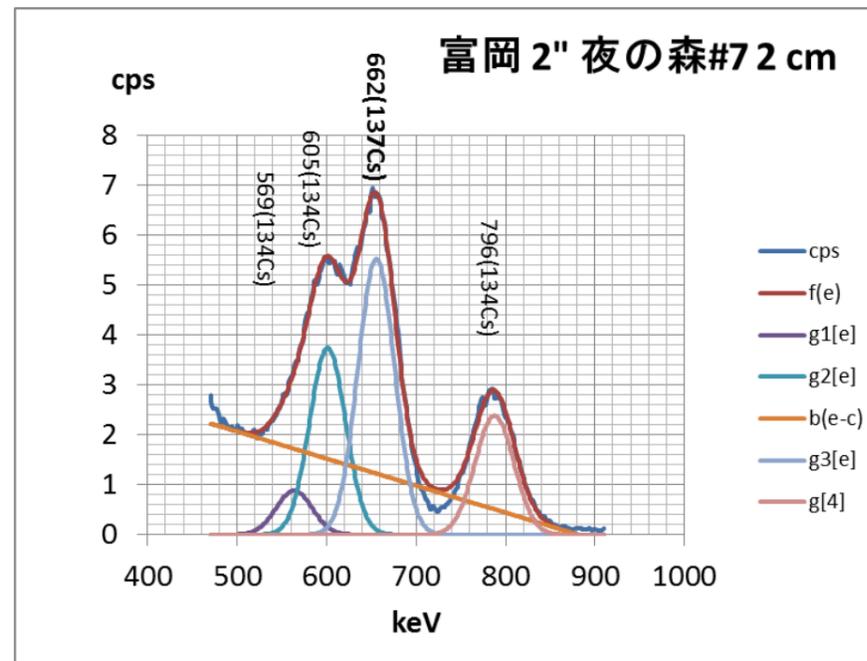
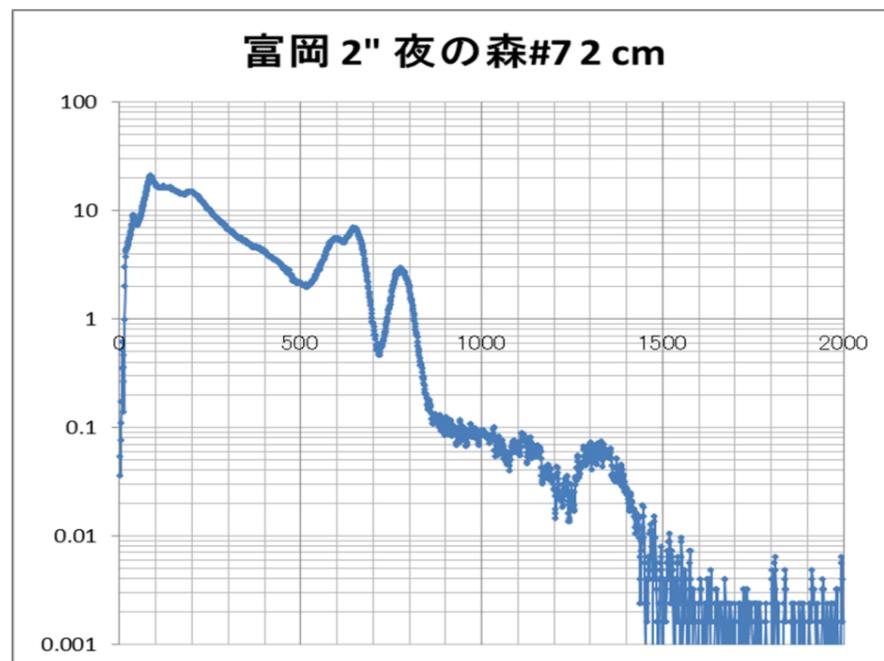
#8,9 スポーツセンター駐車場

#10,11 富岡漁港近く 津波被災地域。舗装が剥がされ、下地が露出。

NaI ガンマ線スペクトロスコピー

φ2"x2" NaI (応用光研)+HV (BIN 電源)+MCA (Kromek USB)+PC
 662keV ガンマ線 (cps) x 変換係数→137Cs 放射能面密度 (Bq/cm²)
 ピーク分離

- ・ 4本のガンマ線 569, 605, 662, 796keV ガウス分布
- ・ 直線 BG
- ・ Excel のソルバー(最小二乗法)



周囲4方向を鉛10cm厚で遮蔽
 10x20x5cm4枚、10x10x5cm4枚
 重量 約70kg
 測定時間 200秒程度

(P. 3 現地測定(4/23-25)の結果を参照)

- ・ IC 駐車場、清水前交差点では、舗装面は約 100Bq/cm²、隣接する土面は約 200Bq/cm²
- ・ スポーツセンタ駐車場 2013年2月除染済み。
 除染前、IC 駐車場と同程度の放射能密度だったとすると、除染により 1/100 に減少

| | | 富岡町災害対策本部公表 2013年 | | | |
|-----------|-----------|-------------------|--------|-------|--------|
| | | 1月11日 | | 3月17日 | |
| 町内の放射線量 | | 地上1m | 地上10cm | 地上1m | 地上10cm |
| (近くの間) | | | | | |
| (富岡IC駐車場) | 富岡インター駐車場 | 6.08 | 7.70 | 4.99 | 6.47 |
| (清水前) | 高津戸集会所 | 7.33 | 11.30 | 6.50 | 9.67 |
| (スポーツセンタ) | 富岡野球場 | 6.32 | 9.22 | 1.26 | 0.83 |

2013年2月除染

<参考>

GM サーベイメータ

Aloka TGS-146

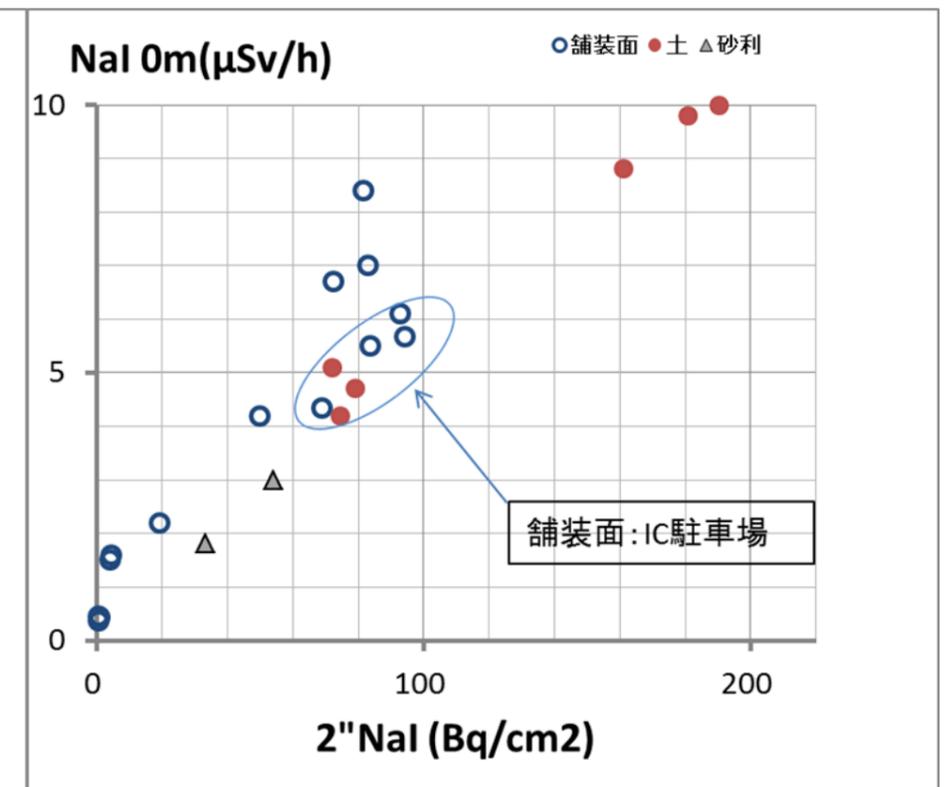
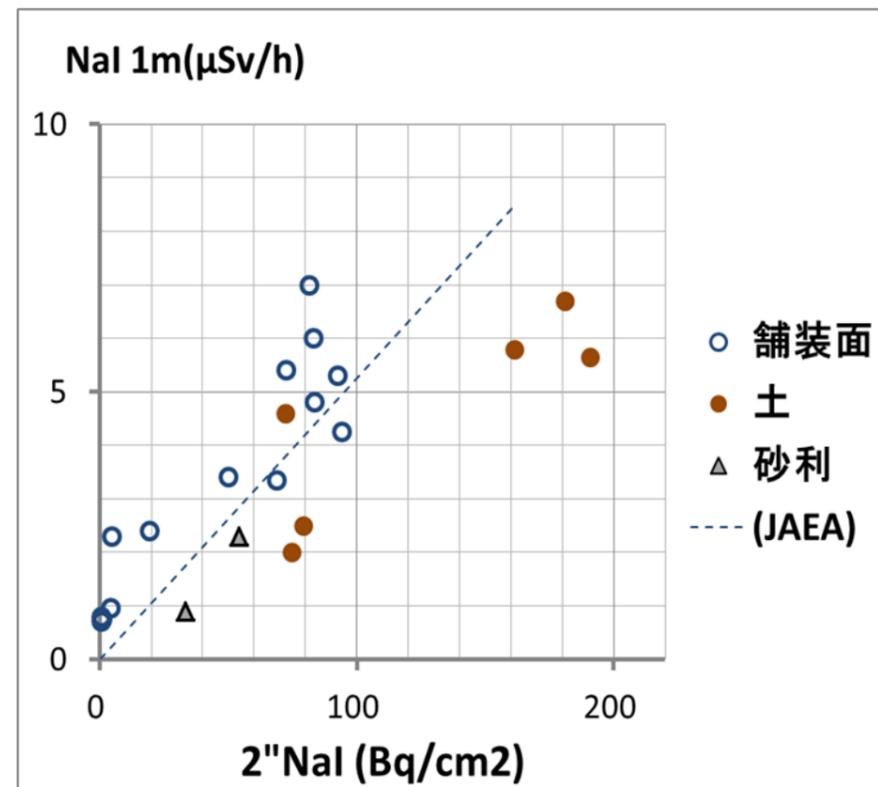
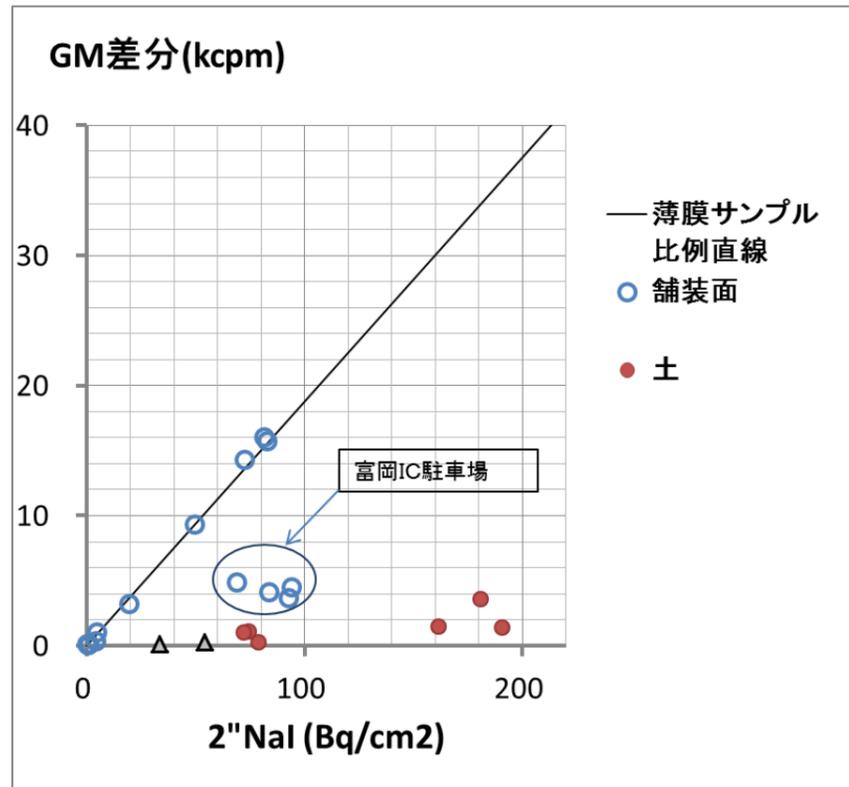
表面汚染計数率 (β 線量) (cpm)

5mm スペーサ計測

5mm アクリル板を挟んで計測
差分をベータ線の指標とする



- ・ 舗装面では、富岡 I C 駐車場を除くと、薄厚サンプルの計数率と比例している。
- ・ 土面、砂利面では放射能から期待される計数率の 1/10 以下であった。
- ・ 舗装面でも大きく低くなる場合がある。
- ・ 表面状態により、計数率が放射能密度を反映しない場合がある



NaI サーベイメータ

Aloka TCS-161

空間線量率 (1m, 地表) (μ Sv/h)

- ・ 1m 高さでの測定値は、同じ放射能密度でも大きな違いがある(周辺からの放射線の寄与)
- ・ 地表での測定値は、比例性が改善される。しかし、舗装面どうしても差が見られる
- ・ 放射能密度が下がってもゼロにならない。
- ・ 適切な遮蔽とその遮蔽に合わせた評価方法が必要。

X線スペクトロスコピー

φ1"x2mmNaI (応用光研) +HV (USB) +MCA (USB) +PC

Ba 特性 X 線 (cps) x 変換係数 → 137Cs 放射能面密度 (Bq/cm²)

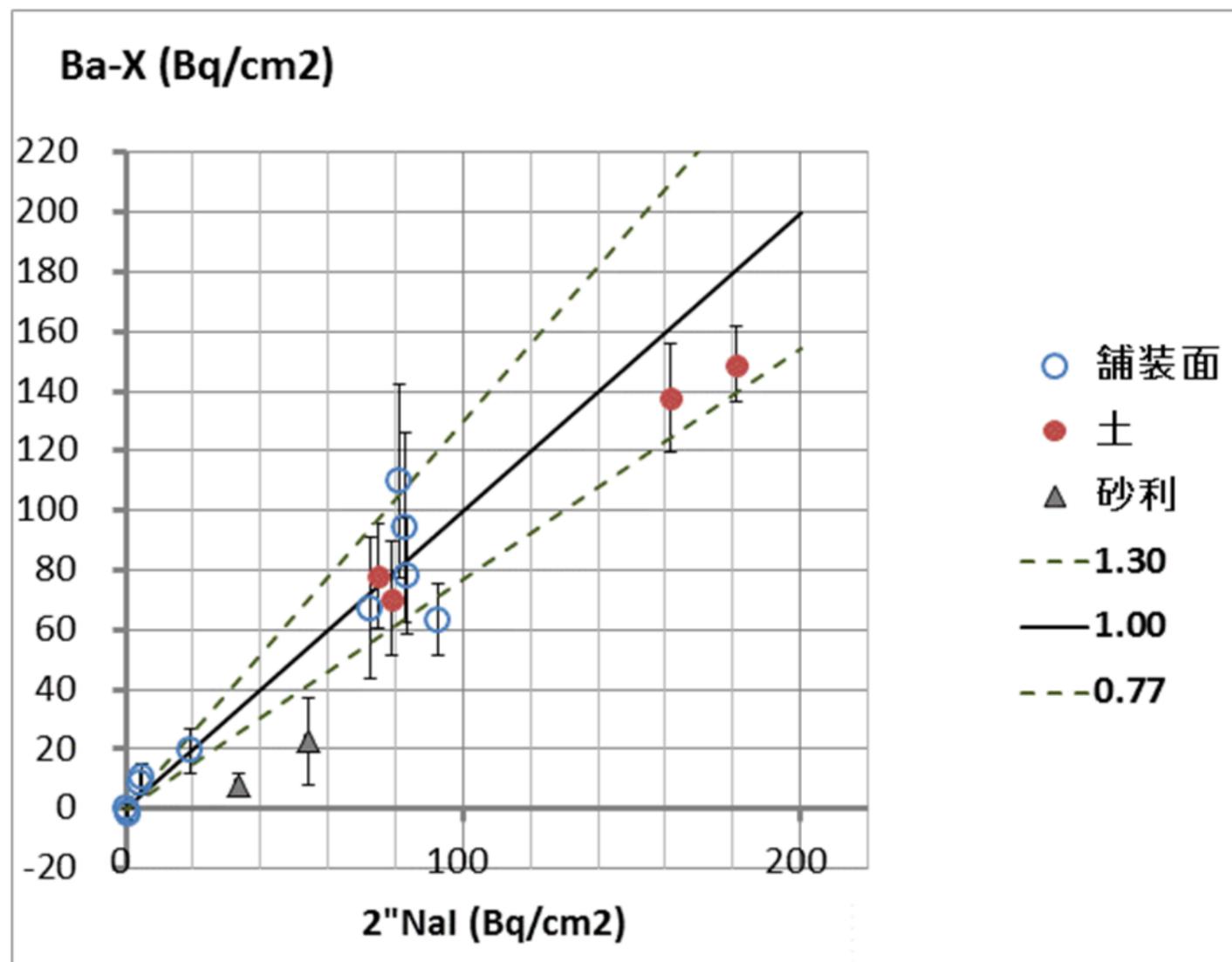
| | keV | 137Cs | 134Cs |
|---------------|------|-------|-------|
| Ba K α | 32.1 | 5.6% | 0.67% |
| K β | 36.5 | 1.2% | 0.15% |

先端に SUS 0.5mm 厚 φ28mm のコリメータ
200-300 秒測定。

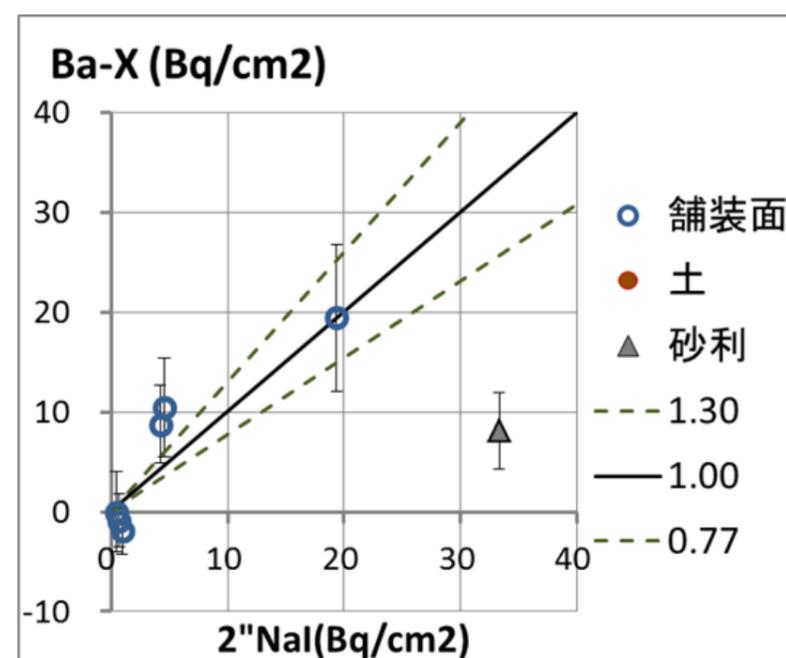
鉛遮蔽は必要なくプローブ重量 600g (携帯可能)



放射能面密度測定値比較



- ・ 舗装面、土面で、
ほぼ係数 1.3 の範囲に収まる
- ・ y 切片ゼロを実現
- ・ 砂利面では 1/2 以下 (地中への浸透)

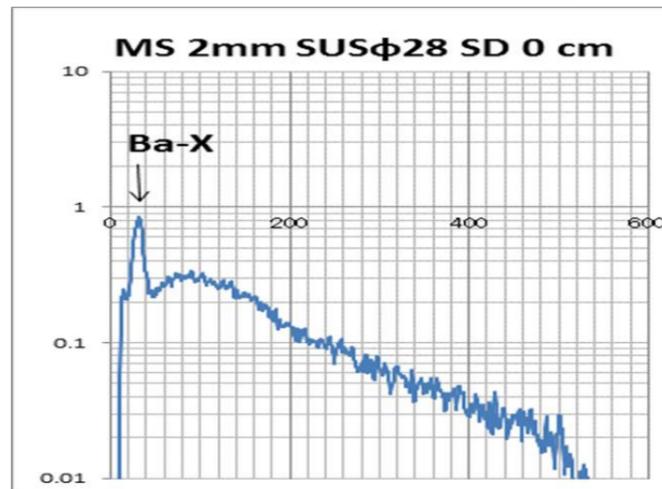


応用技術

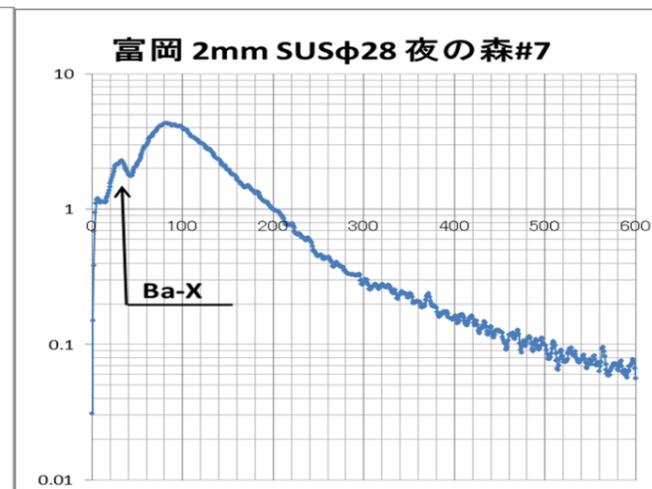
現地、現場で放射能定量
遮蔽は鉄/SUS 1mm で十分
(例えば小なべ)



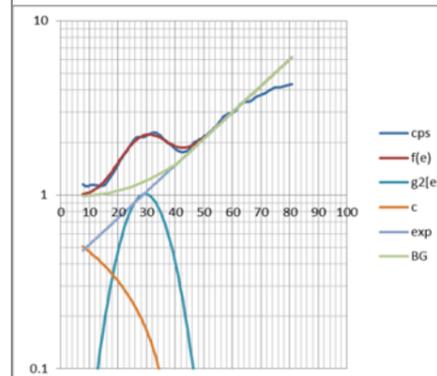
課題1. ピーク分離



周辺 BG が低いときのスペクトル

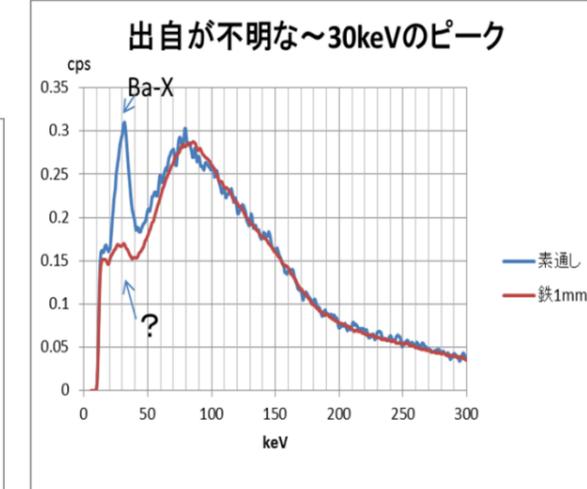


富岡町で測定したときのスペクトル



ピーク分離

課題2. 不明ピーク



鉄板遮蔽効果

- 入射面に鉄板 1mm (Ba-X 線を十分遮断) を入れても 30keV 付近のピークが消えない
- 全計数率に比例
→NaI の I-KX か??
(未確定)
- 各測定点で、鉄板 1mm を挟んで計測し引き算した

汎用化を目指した改善案

NaI の厚みを 2mm→0.5mm。Ba-X の計数効率 は数 10%減、70keV 以上は 1/4
ガンマ線ピーク、不明ピークとも大幅な縮小が期待される

連絡先

高橋正二 (たかはしまさじ) (高橋科学) yff39151@nifty.com

片山均 エヌ・エム・パイビジネスサポート株式会社 (NBS) 開発部長 0438-63-7322



帰郷が早く実現することを願う