

モニタリングステーションにおけるNaI検出器 の鉛遮へい取り外し試験について

(2) 指標線量率算出の課題等について

宮城県環境放射線監視センター

概要

1. 指標線量率の算出方法について
2. 鉛遮へい取り外しによる指標線量率への影響について
3. 指標線量率算出の課題等について

指標線量率：全線量率と推定バックグラウンド線量率の差

通常、降水時には天然放射性核種が降下し、全線量率は上昇するが、推定バックグラウンド線量率もほぼ同量上昇するため、指標線量率はほとんど変動しない。一方、人工放射性核種が降下等した場合には、全線量率のみ上昇し、推定バックグラウンド線量率は変動しないので、指標線量率は上昇する。このことから、指標線量率の変動を監視することで、発電所起因の放射性核種の影響の有無を監視できる。

1. 指標線量率の算出方法について

指標線量率の算出方法

手順1 エネルギー対チャンネル補正(ピークのずれを補正)
〔過去2日間の天然核種ピーク位置を用いる〕

手順2 入射スペクトルの成分分解(レスポンスマトリックス法)
〔波高分布を入射γ線の線束密度スペクトルに変換〕

手順3 全線束密度スペクトルから
全線量率を算出
〔RM線量率〕

手順4 **U系列、Th系列、K-40**
各寄与線量率の算出

バックグラウンド線量率の推定〔BG線量率〕
 $\beta_1 \cdot U$ 系列 + $\beta_2 \cdot Th$ 系列 + $\beta_3 \cdot K-40$ + β_4
〔過去27日間のスペクトルを重回帰分析〕

手順6 **指標線量率**

手順5 **全線量率**
〔RM線量率〕

寄与線量率の積み上げ
〔推定BG線量率〕

=

-

1. 指標線量率の算出方法について

手順1 エネルギー対チャンネル補正 (キャリブレーション)

生スペクトル \rightarrow 規格化スペクトル

チャンネル(ch) = A × エネルギー(keV) + B \rightarrow チャンネル(ch) = 1/12.5 × エネルギー(keV)

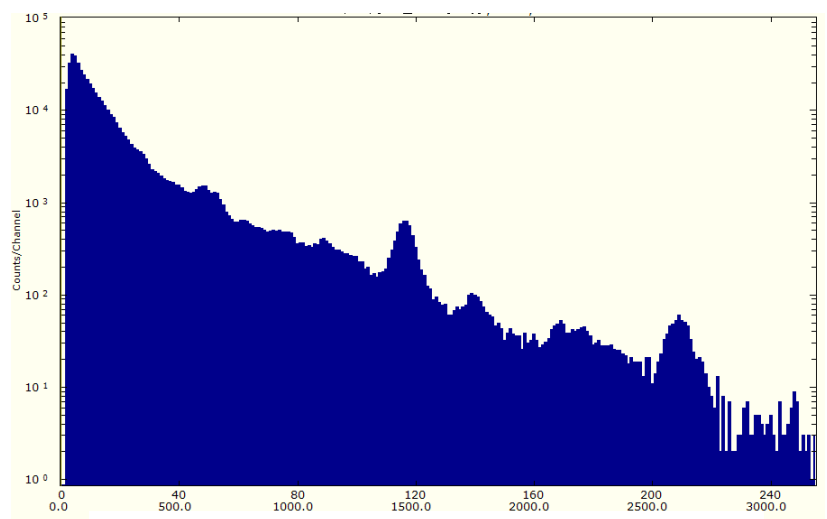
キャリブレーション係数A, Bは毎日午前0時過ぎに過去2日間の生スペクトルを積算(288個)し、消滅ガンマ線(511.0keV), Bi-214(609.3keV), K-40(1460.8keV), Bi-214(1764.5keV)及びTl-208(2614.5keV)のピークを検出して、1次の最小二乗法により算出し、当日、前日、前々日の3つの値を平均したものをを用いている。

ピーク検出とキャリブレーション係数算出の例

2016年10月10日 使用係数

局名	ピーク核種名 エネルギー(keV) 目標チャンネル(CH) 検索範囲(CH)	チャンネル					キャリブレーション係数 チャンネル = A × エネルギー + B n = 移動平均のサンプル数
		1 消滅ガンマ線	2 Bi-214	3 K-40	4 Bi-214	5 Tl-208	
女川	ピークチャンネル	40.28	47.59	112.91	136.21	201.25	A = 0.076579 B = 1.05015 n = 288
	ドリフト	-0.60	-1.15	-3.95	-4.95	-7.91	
小屋取	ピークチャンネル	40.39	46.97	112.88	136.2	201.42	A = 0.076778 B = 0.69953 n = 288
	ドリフト	-0.49	-1.77	-3.98	-4.96	-7.74	
寄磯	ピークチャンネル	40.35	47.19	112.95	136.33	201.35	A = 0.076721 B = 0.83980 n = 288
	ドリフト	-0.53	-1.55	-3.91	-4.83	-7.81	

規格化スペクトルの例 (女川局H28.10.10 0:30)



チャンネル/エネルギー (KeV)
(1チャンネル = 12.5keV)

手順2 入射スペクトルの成分分解

- ・規格化スペクトル(256ch)を3個積算(30分値)し、22区分されたエネルギービン(BIN)に計数を振り分ける。
- ・応答行列(RM) R_{ij} を用いて逐次近似法によりビン当たりの線束密度を計算する。

$$N_j^{(1)} = P_j$$

$$N_j^{(m)} = (N_j^{(m-1)} / C_j^{(m-1)}) P_j$$

m: 近似回数 (2~50)

j: ビン番号 (1~22)

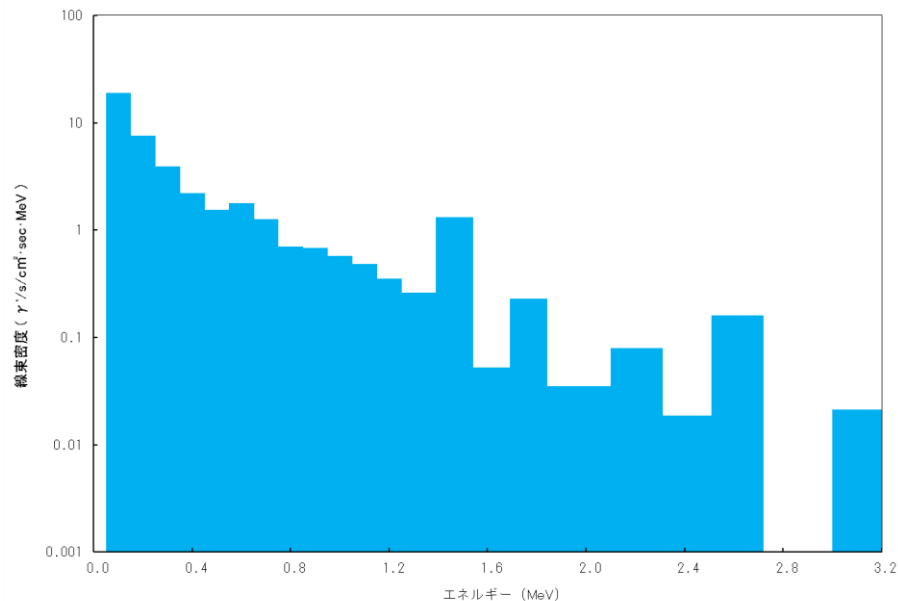
P_j : jビンの計数

N_j : jビンの線束密度

R_{ji} : 応答行列 R_{ij} の転置行列

$$C_j^{(m-1)} = \sum_{i=1}^{22} R_{ji} \cdot N_j^{(m-1)}$$

線束密度図の例(女川局H28.10.10 0:30)



※検出器下方を鉛遮へいしていたため、当県では独自の応答行列を用いている。

手順3 全線量率(RM線量率)の算出

- ・線束密度から次式により全線量率を求める。

$$\text{全線量率 (nGy/h)} = 8.7 \times \frac{2.2357}{W} \sum_{j=1}^{22} (E_j \cdot \Phi^{(j)} \cdot \mu_j)$$

W:空気のW値 33.73

E_j :j番目のビンの中心エネルギー (keV)

$\Phi^{(j)}$: E_j :j番目のビン当たりの線束密度 (/cm²/sec/ビン)

μ_j : E_j における空気の質量エネルギー吸収係数 (cm²/g)

8.7:R-Gy変換係数

ビン毎の線束密度及びRM線量率(単位:nGy/h)の例(女川局H28.10.10 0:30)

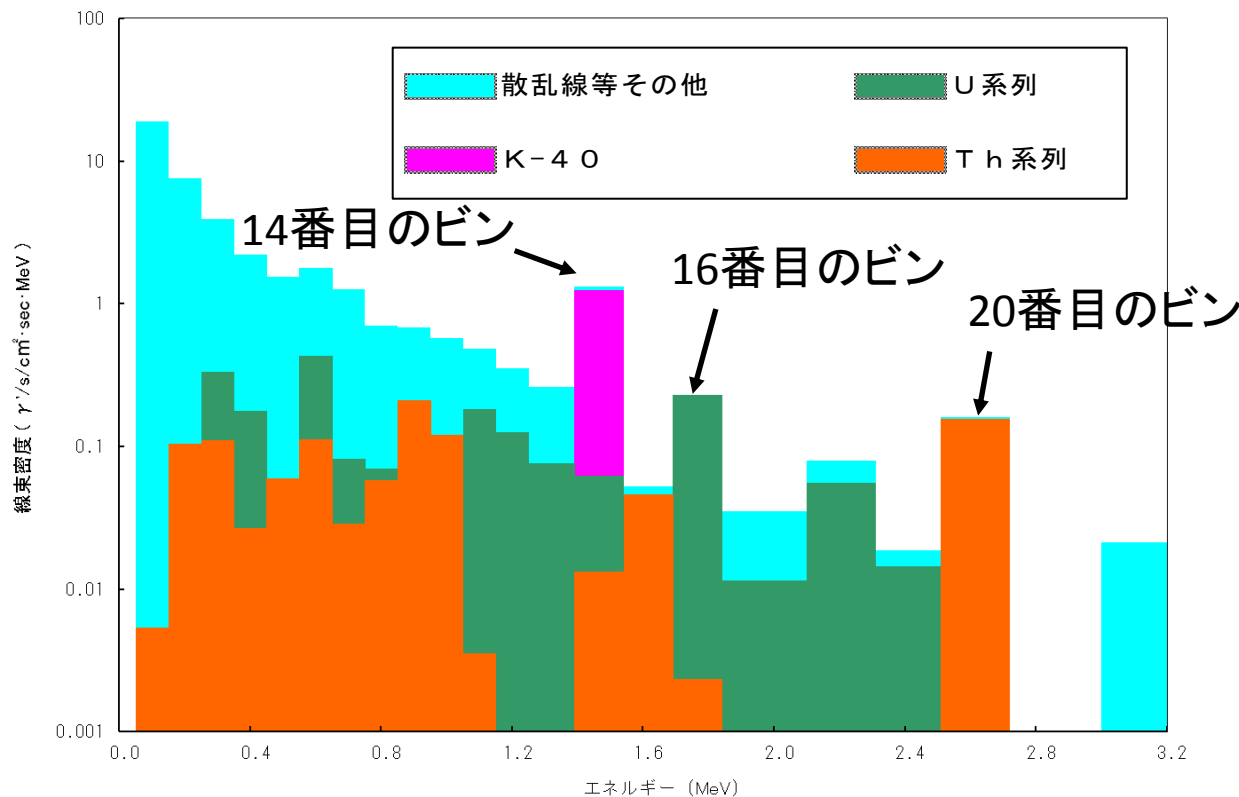
ビンNo.	線束密度	RM線量率	ビンNo.	線束密度	RM線量率
1	1.88E+00	2.54E+00	12	3.51E-02	6.59E-01
2	7.57E-01	2.34E+00	13	3.64E-02	7.34E-01
3	3.90E-01	1.94E+00	14	1.99E-01	4.33E+00
4	2.22E-01	1.51E+00	15	7.85E-03	1.85E-01
5	1.55E-01	1.33E+00	16	3.46E-02	8.67E-01
6	1.78E-01	1.82E+00	17	9.16E-03	2.49E-01
7	1.27E-01	1.50E+00	18	1.66E-02	4.91E-01
8	6.99E-02	9.31E-01	19	3.72E-03	1.17E-01
9	6.82E-02	1.01E+00	20	3.35E-02	1.12E+00
10	5.73E-02	9.25E-01	21	0.00E+00	0.00E+00
11	4.81E-02	8.39E-01	22	4.28E-03	1.61E-01

単位:線束密度 (/cm²/sec/ビン) RM線量率(nGy/h)

手順4 各天然放射性核種による 寄与線量率の算出

- ・14番目、16番目、20番目のビンの線束密度とあらかじめ用意しているU系列、Th系列、K-40の各単位線量率当たりの線束密度表を用いて、各寄与線量率(直接線による線量率)を求める。

寄与核種毎に色分けされた線束密度図の例(女川局H28.10.10 0:30)



手順5 バックグラウンド線量率の推定

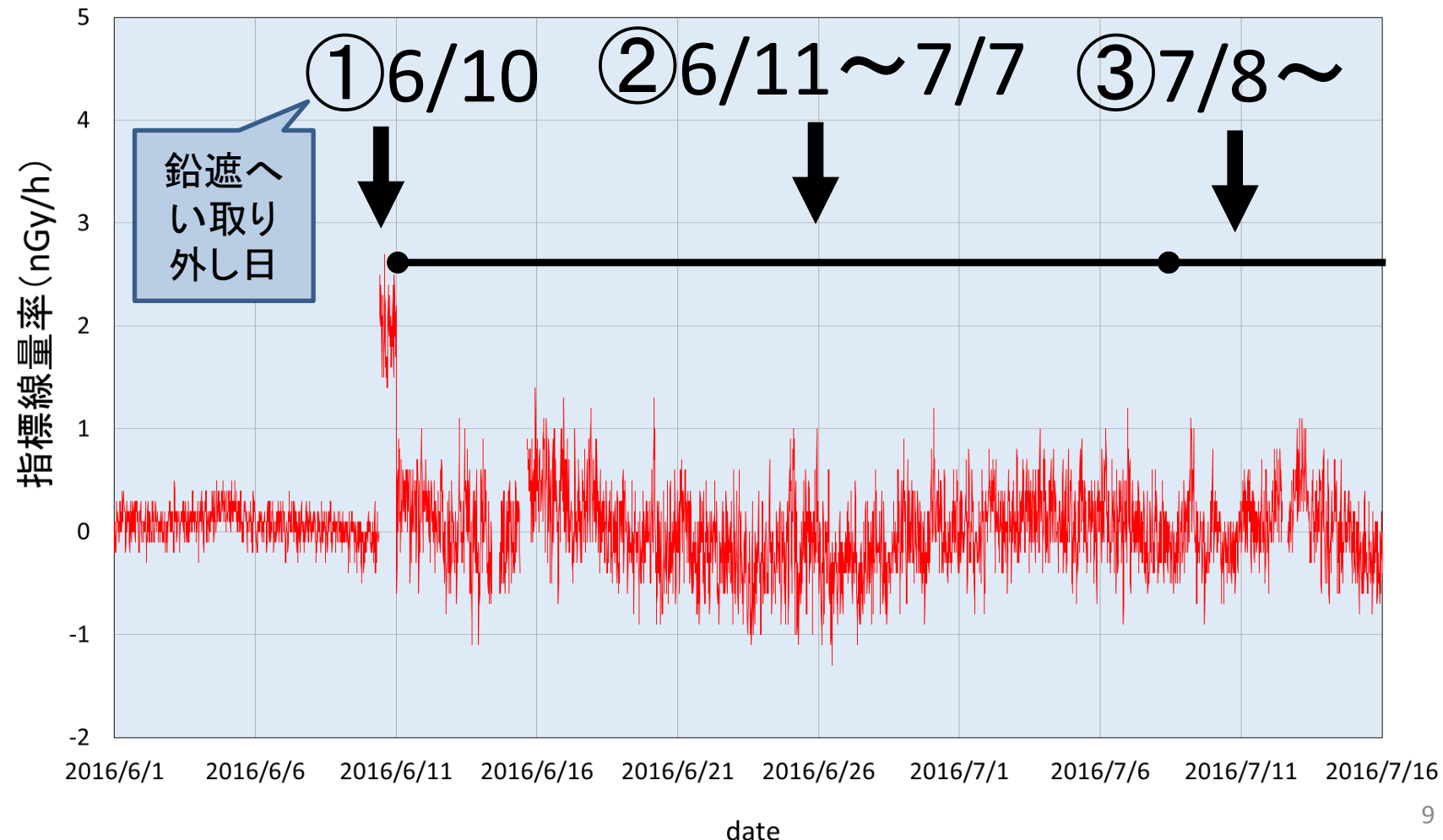
- ・過去27日間の全線量率、U系列寄与線量率、Th系列寄与線量率、K-40寄与線量率10分値データから1時間30分ごとにデータを抽出し、全線量率を目的変数とし、重回帰分析を行い偏回帰係数 $\beta_1 \sim \beta_4$ を算出する。
- ・次の式により求められる線量率を推定バックグラウンド(BG)線量率とする。

推定BG線量率

$$= \beta_1 \cdot \text{U系列寄与線量率} + \beta_2 \cdot \text{Th系列寄与線量率} + \beta_3 \cdot \text{K-40寄与線量率} + \beta_4$$

鉛遮へい取り外し直後の指標線量率等の変動について

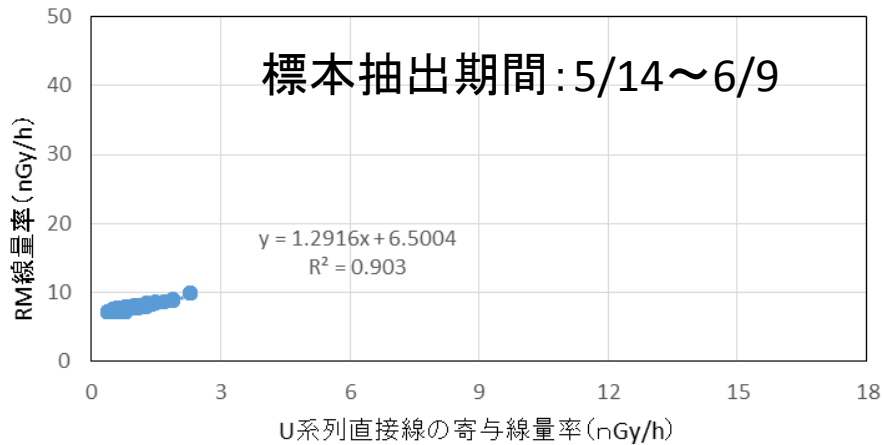
女川局の指標線量率のトレンド図



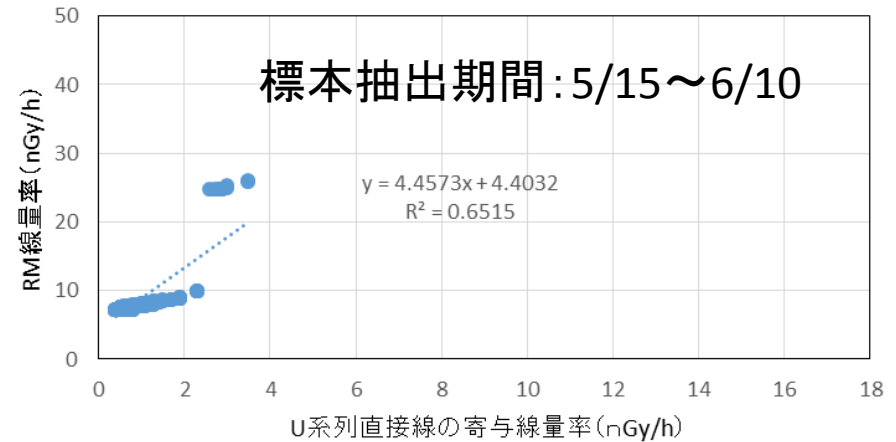
2. 鉛遮へい取り外しによる指標線量率への影響について

回帰係数の変化①

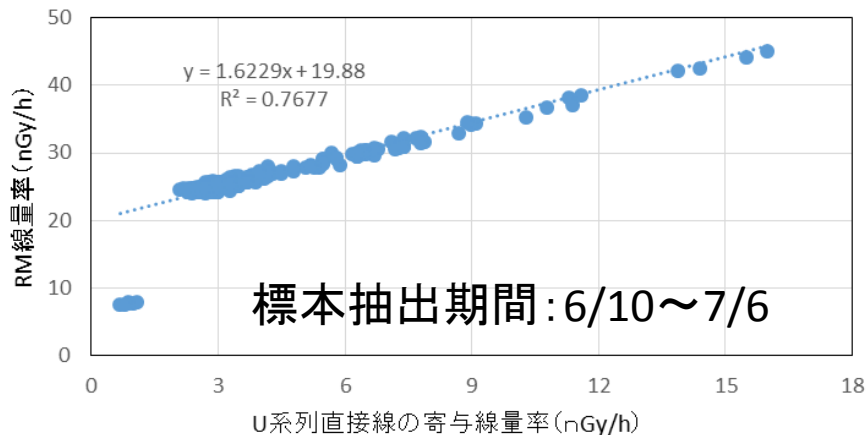
(a) U-RM相関(女川局6/10用)



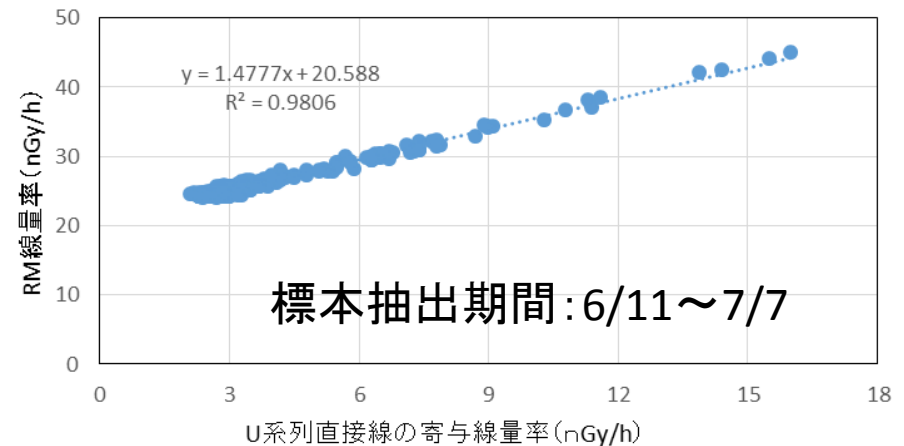
(b) U-RM相関(女川局6/11用)



(c) U-RM相関(女川局7/7用)

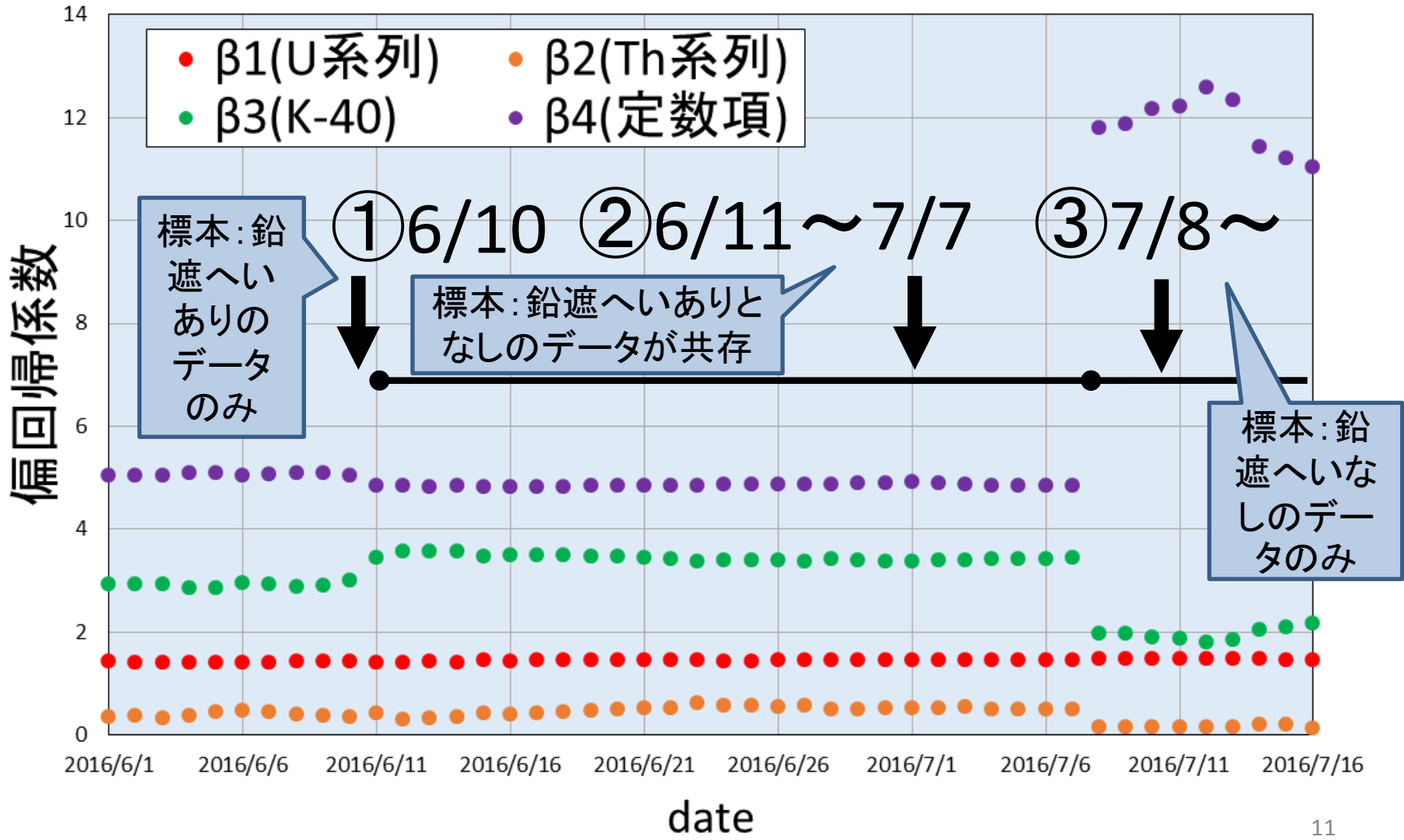


(d) U-RM相関(女川局7/8用)

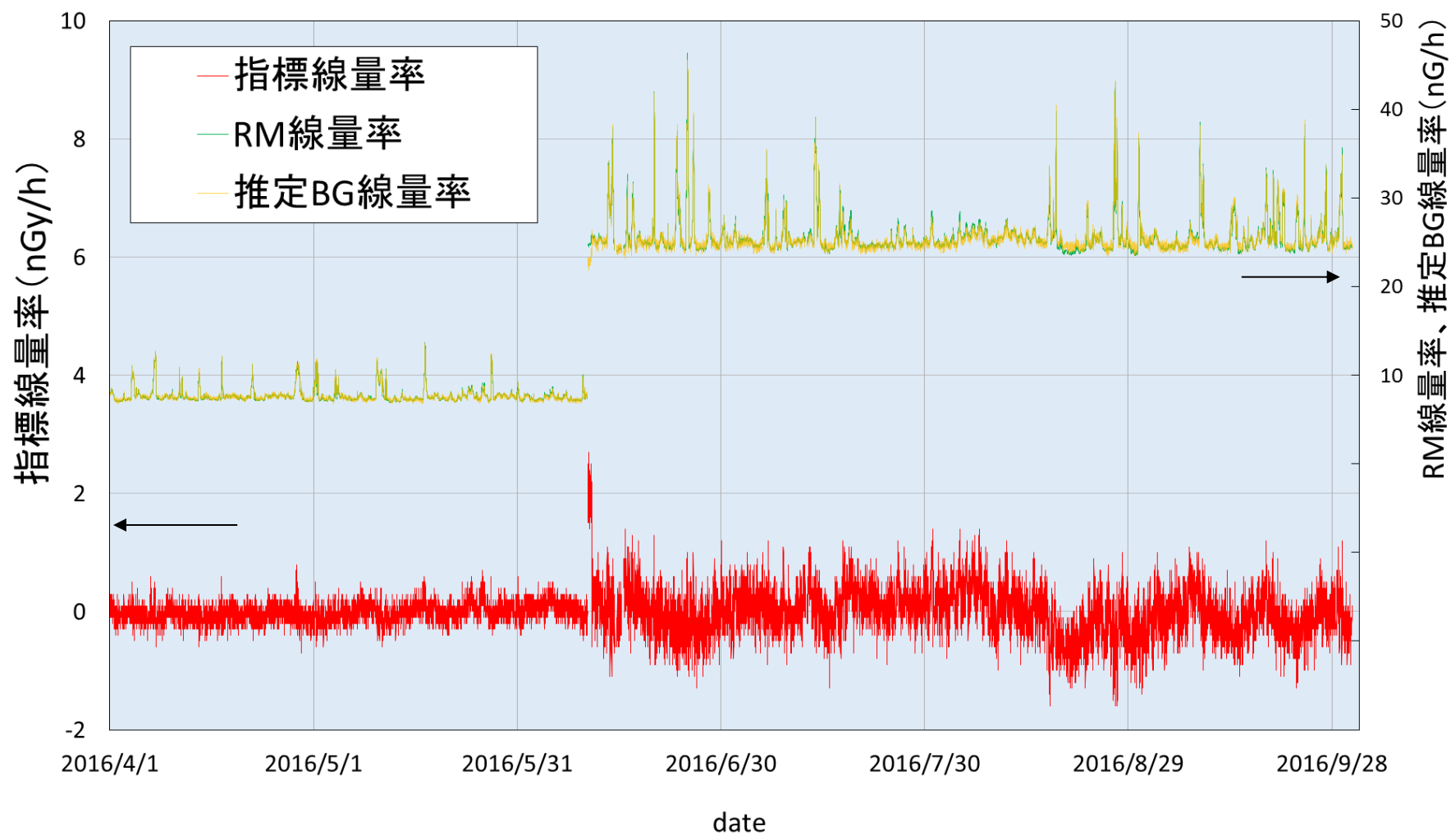


回帰係数の変化②

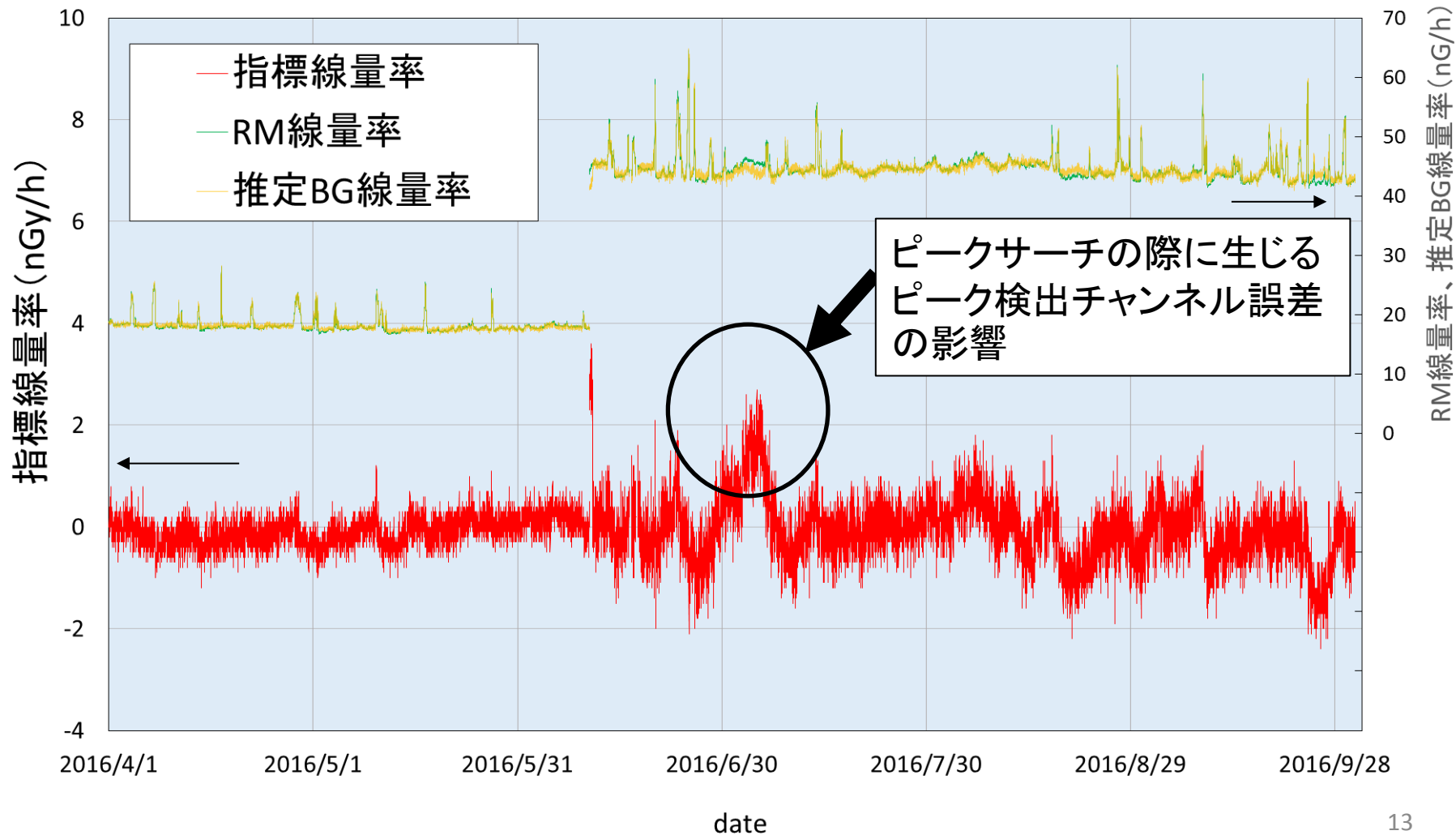
女川局の偏回帰係数のトレンド図



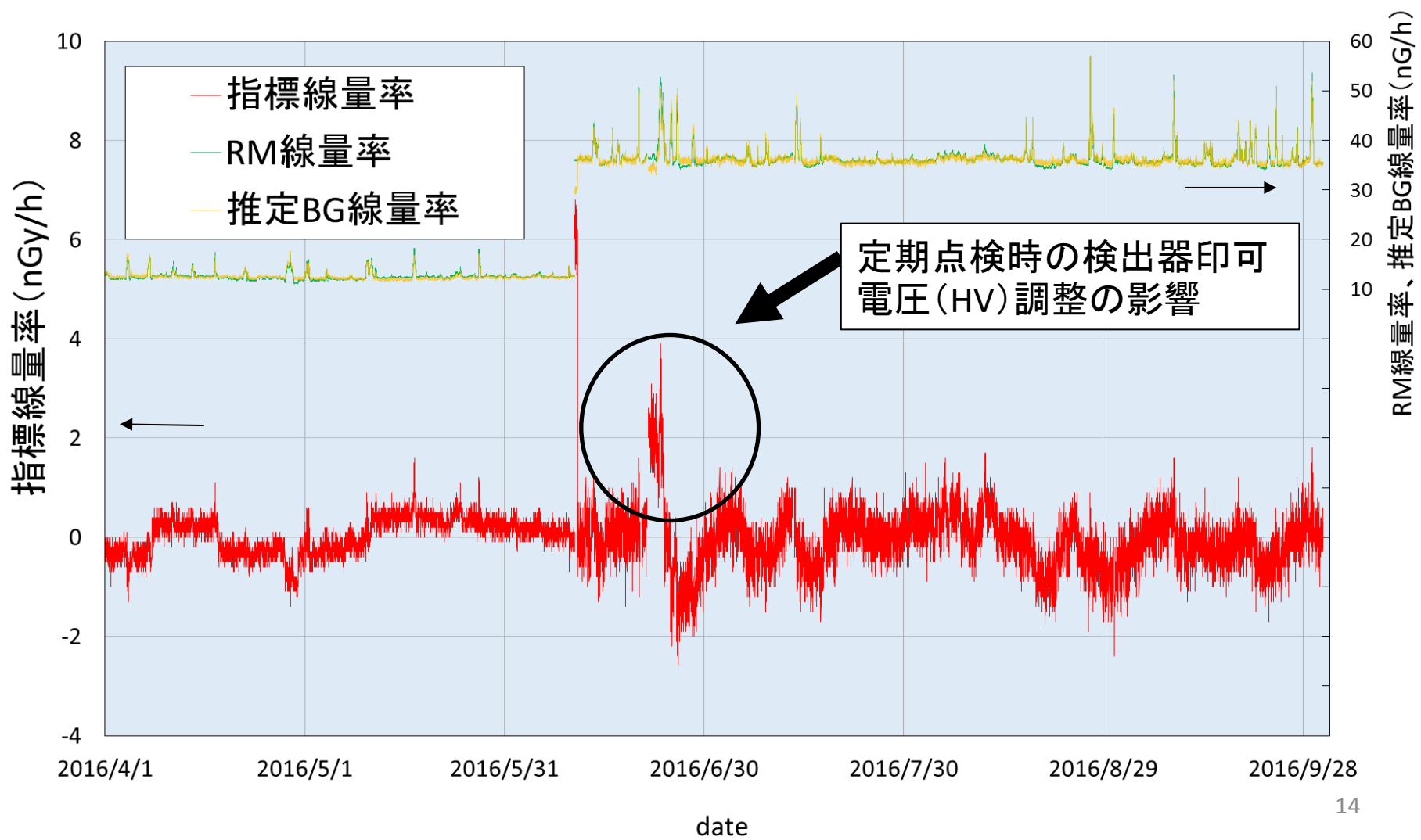
鉛遮へい取り外し前後の指標線量率等の推移(女川局)



鉛遮へい取り外し前後の指標線量率等の推移(小屋取局)



鉛遮へい取り外し前後の指標線量率等の推移(寄磯局)



鉛遮へい取り外しに伴う精度向上のための の課題等について

①エネルギー対チャンネル補正でピークサーチの際に生じる誤差が指標線量率の算出に与える影響が大きい。

小屋取局における指標線量率の日平均等(2016/6/25～2016/7/10)

日付	指標線量率 日平均	Bi-214(609keV) ピークチャンネル	キャリブレーション係数(移動平均前)		キャリブレーション係数(移動平均後)	
			A	B	A	B
2016/6/25	-0.6	47.65	0.077	0.893	0.077	0.602
2016/6/26	-0.9	47.62	0.077	1.009	0.077	0.921
2016/6/27	-0.7	47.57	0.077	1.035	0.077	0.979
2016/6/28	-0.4	47.01	0.077	0.151	0.077	0.732
2016/6/29	0.3	47.09	0.077	0.217	0.077	0.468
2016/6/30	0.7	47.13	0.077	0.248	0.077	0.205
2016/7/1	0.6	47.01	0.077	0.601	0.077	0.355
2016/7/2	0.5	46.99	0.077	0.483	0.077	0.444
2016/7/3	1.3	45.82	0.078	-1.125	0.077	-0.013
2016/7/4	1.5	46.85	0.077	-0.113	0.077	-0.252
2016/7/5	1.7	47.01	0.077	0.099	0.078	-0.380
2016/7/6	0.9	46.96	0.077	0.049	0.077	0.012
2016/7/7	0.1	47.15	0.077	0.752	0.077	0.300
2016/7/8	-0.3	47.1	0.077	0.723	0.077	0.508
2016/7/9	-0.5	46.97	0.077	0.637	0.077	0.704
2016/7/10	-0.6	47.12	0.077	0.715	0.077	0.691

鉛遮へい取り外しに伴う精度向上のための の課題等について

- ② 応答行列 (RM) を鉛遮へいなし用のものに変更する必要がある。
- ③ スペクトルの30分積算 (3個の10分値を加算) を取りやめ、10分値スペクトルから指標線量率を算出し、環境中の放射線量変動への応答をよくする必要がある。
- ④ 設定値 2.0 nGy/h の妥当性の検討が必要である。
- ⑤ テレメータシステムのオンライン演算プログラムの変更が必要である。

3. 指標線量率算出の課題等について

指標線量率算出方式の改良の検討①

A エネルギー対チャンネル補正係数算出・偏回帰計数算出(1日1回0:00過ぎ)

項目	現方式	プログラム開発業者	新方式
DB格納データ	256chのままDB格納とデータ処理	富士電機	①1024chのまま別テーブルに格納 ②256に圧縮し、既存テーブルに格納
↓			
生スペクトル積算	288個積算(10分値2日分)	富士電機	6個積算
↓			
ピークサーチ	平滑化二次微分法	キャンベラ	現方式から変更なし
↓			
エネルギー対チャンネル補正係数算出	一次関数	富士電機	二次関数(キャンベラ社標準法)
偏回帰係数算出	過去27日間のデータから9個飛びで432個抽出	キャンベラ	現方式から変更なし

プログラム改造が必要な部分

3. 指標線量率算出の課題等について

指標線量率算出方式の改良の検討②

B 指標線量率算出(毎10分)

項目	現方式	プログラム開発業者	新方式
データ送信(測定局) ↓	256chに圧縮	アロカ	1024ch
データ受信(センター) ↓	256chのままDB格納	富士電機	①1024chのまま別テーブルに格納 ②256に圧縮し、既存テーブルに格納
生スペクトル積算 ↓	3個移動積算	富士電機	積算なし
規格化スペクトル計算 ↓		富士電機	エネルギー対チャンネル補正係数算出 方法変更に伴い、手直し必要
入射スペクトルの成分分解・全線量率(RM線量率)計算 ↓	2π 遮へい用RM使用	キャンベラ	2π 遮へいなし用RMに変更
U系列,Th系列,K-40各寄与線量率算出 ↓		キャンベラ	現方式から変更なし
BG線量率・指標線量率算出	偏回帰係数使用	キャンベラ	現方式から変更なし

プログラム改造が必要な部分