指標線量率によるモニタリングポスト近傍に持ち込まれた人工放射線源の検知

黒崎　裕人・霜鳥　達雄・藤巻　廣司・山﨑 興樹

キーワード：指標線量率，人工放射線源，RI 水分密度計，モニタリングポスト，
環境放射線モニタリング

1 はじめに

空間放射線量率の測定における指標線量率[1)~3)]は，式(1)及び(2)を使って線量率実測値からレスポンススマトリックス法（以下「RM 法」という.）で求めた天然寄与分を差し引くことで，人工放射線寄与分を求める方法である．指標線量率の時系列変化をモニターすることは，原子力発電所周辺の環境放射線モニタリングにおける人工放射線源の検出に有効な手段と考えられている[1),2)].

指標線量率[3)] ＝ 線量率実測値 － 推定天然（BG）線量率　　……(1)

推定天然（BG）線量率 ＝ β_1U＋β_2Th＋β_3K＋β_4　……(2)

U，Th，K　：γ線スペクトルから RM 法により得られた U・Th 系列核種，及び ^{40}K からの寄与線量率

β_1～β_4　：重回帰分析によって得られた偏回帰係数

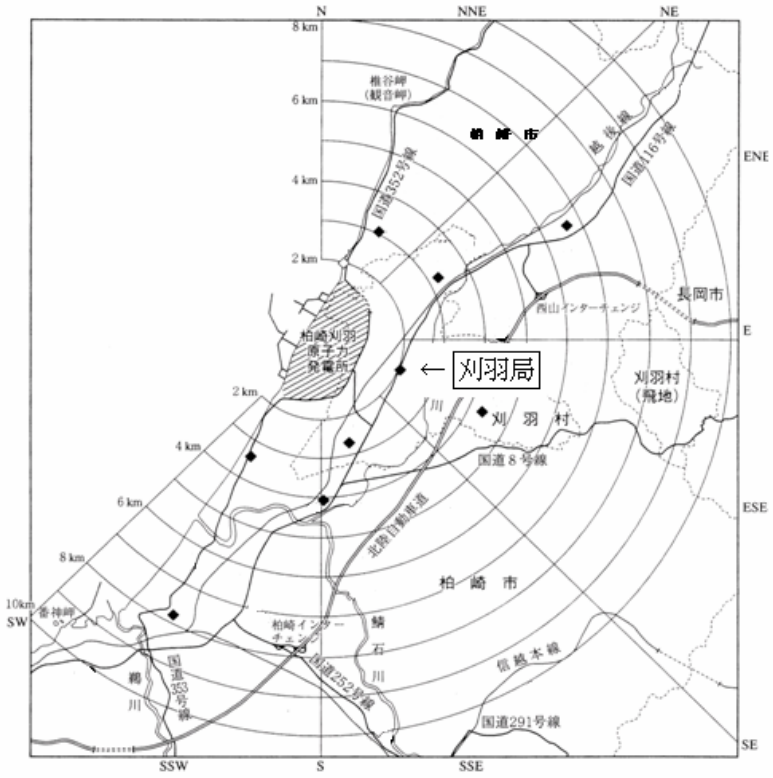

Fig. 1　モニタリングポストと刈羽局

◆：モニタリングポスト（9局）

注：現在は2局増えて11局となっている

新潟県では，東京電力（株）柏崎刈羽原子力発電所（以下「発電所」という.）周辺の環境放射線モニタリングを，営業運転に先立つ昭和 58 年 10 月に開始し，現在まで継続実施している．平成 18 年 4 月からは，9 局設置しているモニタリングポストに指標線量率を導入[3),4)]し，監視業務に活用してきた.（その後，発電所南局及び北局の 2 局が増設され，現在は 11 局となっている.）

この中で，平成 20 年 7 月 30 日の 17 時頃から，刈羽局において空間放射線量率が 3～4 nGy/h 上昇し，同時に指標線量率の値が上昇する事案が発生した．この状況から，何らかの人工放射線源の影響が疑われたことから，原因究明のため刈羽局周辺をサーベイメータで調査した．その結果，隣接する建設工事用のプレハブ資材庫内に，Co-60 が装填された水分密度計が保管されていたことを確認した.

また，刈羽局に設置してある低線量

率測定器のマルチチャンネルアナライザ（以下「MCA」という.）を使って，ガンマ線スペクトル解析を行い，この水分密度計由来の Co-60 のスペクトルを確認できたのであわせて報告する.

2　方　　法

2.1　調査地点

調査した刈羽局の位置を Fig. 1 に示す．刈羽局は，発電所の東南東 2.1 km に位置し，発電所に比較的近い局である.

2.1　装置及び機器

空間放射線量率の測定には，2 種類の検出器を用いた.

低線量率測定器は，アロカ（株）製（2”φ×2” NaI（Tl）シンチレーション検出器：ADP-122UK1 エネルギー補償方式，温度補償方式，検出器加温装置（35℃一定）付き，地上高 1.5 m）.

高線量率測定器は、同じくアロカ（株）製（14 ℓ 4 気圧球形アルゴン加圧型電離箱検出器：RIC-328, 検出器加温装置（35℃一定）付き，地上高 1.5 m).

MCA は，アロカ（株）製（エネルギー範囲 50～5,000 keV，チャンネル数 1,000 ch）を用いた.

MCA 解析プログラムは，キャンベラジャパン（株）製 Dose center を使用した.

指標線量率は，既存の方法[5)]で算出した.

NaI（Tl）シンチレーションサーベイメータ（以下「NaI サーベイメータ」という.）は，アロカ（株）製 TCS-172 型で，現地でのサーベイに用いた.

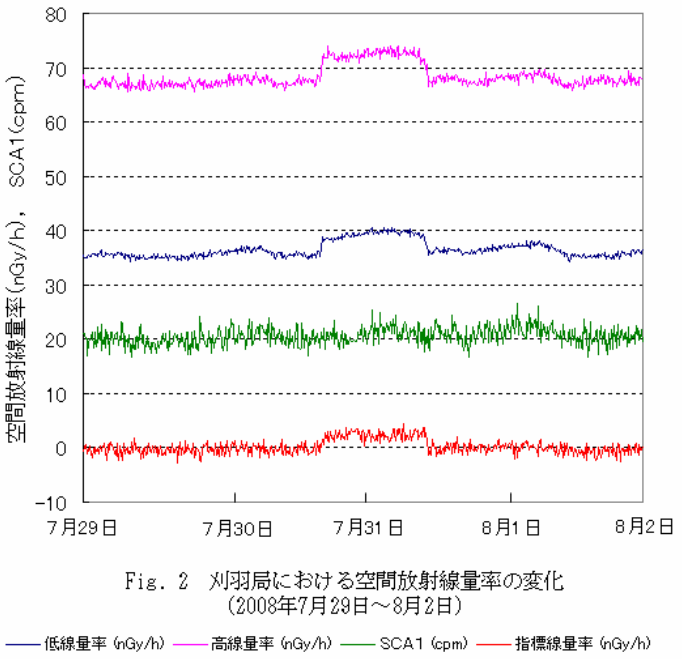

Fig. 2　刈羽局における空間放射線量率の変化
（2008年7月29日～8月2日）

Table 1　　刈羽局における空間放射線量率の変化

	低線量率（nGy/h）			高線量率（nGy/h）		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
RI水分密度計　搬入前 7月29日23:00～ 7月30日16:50（18時間）	35	37	36	66	69	68
RI水分密度計　搬入中 7月30日17:00～ 7月31日10:50（18時間）	37	41	39	70	74	72
増加量　　(nGy/h)			+3			+4

3　結果と考察

3.1　指標線量率による人工放射線源の検知

平成 20 年 7 月 29 日から 8 月 2 日までの刈羽局における空間放射線量率の変化を Fig. 2 と Table 1 に示した.

7 月 30 日 17:00 から低線量率および高線量率の値が，それぞれ 3 nGy/h 及び 4 nGy/h 上昇し，同時に指標線量率モニタの値が上昇した．一方で自然放射線の影響（1,650～2,000 keV）を表すシングルチャンネルアナライザ 1（以下「SCA1」という.）の値は特段の上昇は見られず，降雨もなかった.

これらのことから，何らかの人工放射線源の影響が推測された．しかし，発電所は平成 19 年 7 月に起きた中越沖地震の影響で全 7 機が停止中であり，排気筒モニタの値には異常は見られなかった．また，他のモニタリングポスト 8 局では，類似の上昇が見られなかったこと，さらに，空間放射線量率の上昇が 3～4 nGy/h でほぼ一定となっていたこと等から，刈羽局周辺に何らかの人工放射線源が持

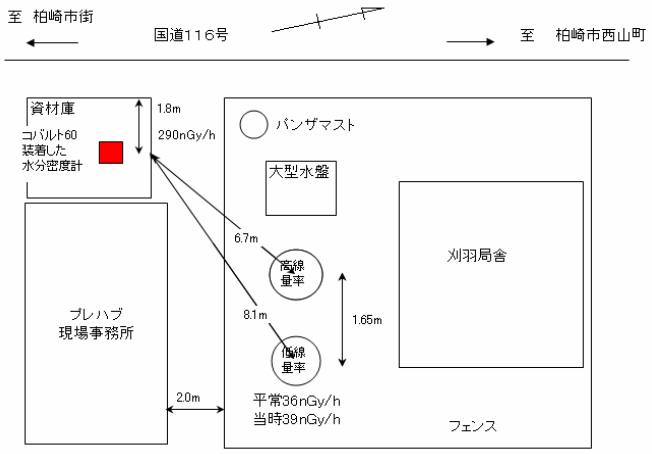

Fig. 3　刈羽局と隣接する資材庫の概略図

Fig. 4　刈羽局に隣接する資材庫に保管されていたRI水分密度計（Co-60とCf-252の密封線源を装着）

ち込まれた可能性が高いと推定された.

3.2　サーベイメータによる放射線源の調査

NaI サーベイメータで刈羽局周辺を調査した結果を Fig. 3 に示した．刈羽局の南側（図中左側）は，通常は空き地であるが，中越沖地震の災害復旧工事のため，当日（30 日）に工事用のプレハブ資材庫が臨時的に設置されていた．資材庫外壁と刈羽局外周のフェンスとは，2 mの距離で隣接していた.

調査の結果，プレハブ資材庫の外壁で，290 nGy/h と周辺バックグラウンドの 8 倍の値を示したことから，資材庫内に放射線源があることが推定された．工事作業員の許可を得て資材庫内をサーベイしたところ，建設工事用に使用する C 社製透過型 RI 水分密度計（メーカー値で Co-60：2.59 MBq 及び Cf-252：1.1 MBq の密封線源を装填）が保管されていることを確認した．（Fig. 4）

この機器は，盛り土などの造成地の強度を測定するために工事現場で一般的に使用される機器であり，放射線源を装着した検知棒を地中に差し込み，Co-60 から出るガンマ線の強度を測定することで土壌密度を計測し，Cf-252 から出る中性子線の強度を測定することで土壌中水分率を計測する機器である．この機器は密封線源で放射能は 3.7 MBq 以下であり，適正に取り扱うことで使用が認められているものであった.

工事作業員に「刈羽局で発電所周辺の環境放射線モニタリングを実施している」旨を伝え，作業終了後すみやかに水分密度計を他の場所へ移動するよう依頼したところ,快諾を得て翌 7 月 31 日の 11:00 に工事作業員が県外にある本社へ持ち帰った.

この結果，空間放射線量率及び指標線量率の値は，従前のレベルに戻った（Fig. 2）.

3.3　MCA によるコバルト 60 の確認

刈羽局で検知された空間放射線量率の上昇が，Co-60 から放出されたガンマ線の影響かどうかを確認するため，MCA を使ってガンマ線スペクトル解析を行った.

結果を Fig. 5 に示した．空間放射線量率の上昇分が 3～4 nGy/h と少なかったため，10 分間値や検知された 18 時間分の積算値（7 月 30 日 17:00～31 日 10:50 まで）の MCA 積算スペクトル（図中の赤線）からは，近接する自然放射性物質の Bi-214 と K-40 のスペクトルピークに重なり、明確な Co-60 のスペクトルは検知できなかった．このため，この MCA 積算値から水分密度計が持ち込まれる前の 18 時間分（7 月 29 日 23:00～30 日 16:50 まで）の MCA 積算スペクトル（図中の青線）を差し引き，水分密度計が持ち込まれた間の上昇分を求め，スペクトル解析を行った．差し引きされた時間帯のスペクトル（図中の緑線）からは，Co-60 に特有な 1173.2 keV と 1332.5 keV の位置に 2 本のピークが認めら

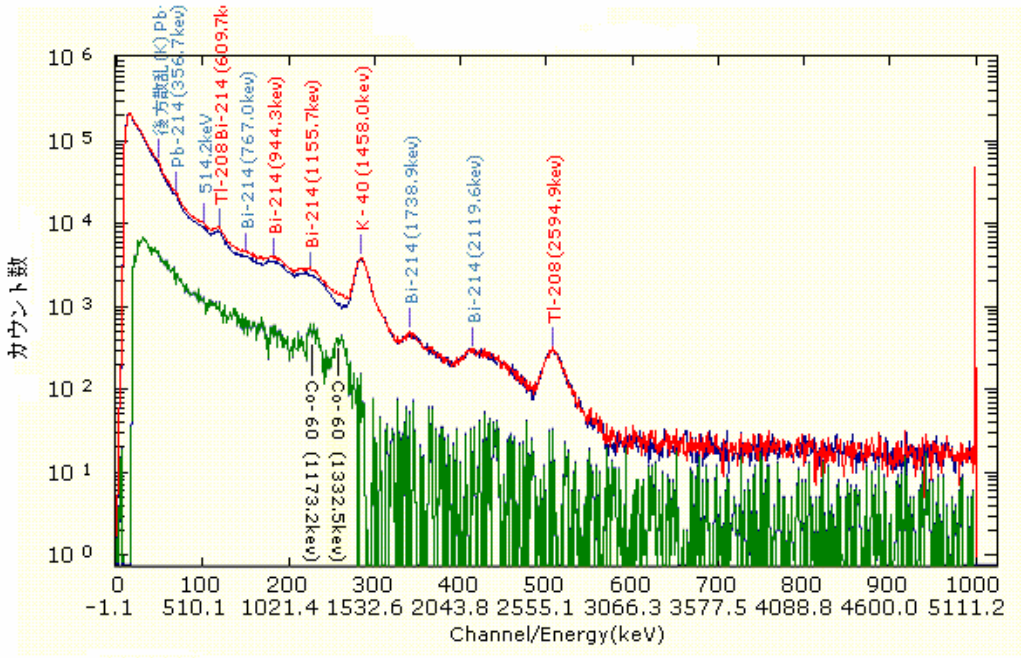

Fig. 5　刈羽局の低線量率測定器でのガンマ線スペクトル

青色（水分密度計なし）：7月29日23:00～30日16:50までの18時間積算スペクトル
赤色（水分密度計あり）：7月30日17:00～31日10:50までの18時間積算スペクトル
緑色（水分密度計あり）：赤色と青色の差分スペクトル

れ，この空間放射線量率の上昇分に Co-60 が寄与していることを確認できた．

なお，差分スペクトルは，これより短時間の積算スペクトルでは Co-60 の明確なピークは認められなかった．また，事案発生の前後 18 時間の積算スペクトルの差し引き計算が行えたのは，気温の変動が著しい盛夏であったが，低線量率測定器の検出器の温度管理を行っていたことで気温変化の影響が小さく，また，幸運にもこの期間に降雨が全くなく，線量率のベースラインが比較的安定していたことによるものと考えられた．

4　ま　と　め

RM 法を応用して求めた指標線量率の時系列変化をモニターすることで，平成 20 年 7 月 30 日～31 日にかけて刈羽局近傍に持ち込まれた人工放射線源により，空間放射線量率が 3～4 nGy/h 上昇した事案を検知できた．サーベイ調査の結果，この線源は建設工事用に一般的に使用されている Co-60 を装填した水分密度計であることが判明し，使用者の理解を得て使用後すみやかに現場から持ち帰ってもらった．また，MCA ガンマ線スペクトル解析を行い，水分密度計が持ち込まれた時間帯とそれ以前の時間帯のそれぞれ 18 時間分の積算スペクトルを差し引くことで，Co-60 に特有な 2 本のスペクトルを確認できた．

以上のことから，空間放射線量率の測定における指標線量率は，人工放射線源の迅速な検知に有効な手段であることを実証できた．

文　　献

1)　今野達矢，木立　博，石川陽一，加賀谷秀樹：宮城県原子力センター年報，19，46-52 (2001).
2)　木立　博，今野達矢，石川陽一，佐々木俊行：宮城県原子力センター年報，20，18-32 (2002).
3)　新潟県放射線監視センター：新潟県放射線監視センター年報, 6, 16 (2008).
4)　坂上央存，藤巻廣司，丸田文之：新潟県放射線監視センター年報，4，28-37 (2006).
5)　新潟県放射線監視センター：新潟県放射線監視センター年報, 7, 14-15 (2009).