

〔資料〕

電子式積算線量計 D-シャトルと空間放射線測定装置の性能比較

石川県保健環境センター 環境科学部 河野 隆史・鶴谷 亮太・吉本 高志
内田 賢吾

〔和文要旨〕

電子式積算線量計である D-シャトルを県内の環境放射線観測局に設置し、空間放射線測定装置 (NaI (TI) シンチレーション検出器 (以下「NaI」という。)) 及び電離箱式検出器 (以下「IC」という。)) と並行測定を行い、測定結果を比較した。年間を通して、D-シャトルは NaI と比べて 1.37 倍、IC と比べて 0.83 倍程度の値を示した。D-シャトルの変動の傾向は、NaI、IC に比べ、ばらつきが大きく、NaI、IC との間に相関はみられなかった。D-シャトルでは、降雨等の線量上昇事象を 1 時間積算線量で年 2 回程度捕捉でき、原子力施設の事故等により放射性物質が放出された場合には、より高い線量の上昇となることから、線量上昇事象を十分に捕捉できるものと考えられた。

キーワード：空間線量率、積算線量、電子式積算線量計、D-シャトル

1 はじめに

本県では、「志賀原子力発電所周辺の安全確保及び環境保全に関する協定書」に基づき、平成 2 年 7 月から志賀原子力発電所周辺の環境放射線モニタリングの一環として、3 か月毎の積算線量測定を行っている。

既報¹⁾で述べたように本県では、積算線量計として熱ルミネセンス線量計 (以下「TLD」という。) を用いており、測定装置及びアニーリング用熱処理炉の生産中止を受けて、TLD 以外の方法への移行を検討している。

「平常時モニタリングについて (原子力災害対策指針補足参考資料)²⁾」によると、積算線量の測定に使用する測定機器の例として、TLD や蛍光ガラス線量計 (以下「RPLD」という。)、電子式積算線量計が記載されており、電子式積算線量計については、TLD や RPLD と異なり、放射能測定法シリーズが作成されておらず使用実績が少ない。

しかしながら、アニーリング等の前処理が不要で、測定も事前準備がいらす簡便であり、測定結果を損なわずに何度も読み取ることが可能である。加えて、イニシャルコストが安価で、機種によっては総積算線量だけでな

く、1 時間積算線量 (正時から正時までの 1 時間の測定値) 及び 1 日積算線量のトレンドを確認することが可能である。

そこで、当センターでは、電子式積算線量計である D-シャトルが、TLD の代替として使用可能であるか検討するために、平成 29 年度から TLD との並行測定を行っている。既報では、D-シャトル及び TLD による四半期毎の積算線量の測定結果が、概ね一致することを報告した¹⁾。

本報では、D-シャトルが 1 時間及び 1 日積算線量のトレンドを確認できることに着目し、県内の環境放射線観測局設置の空間放射線測定装置 (NaI (TI) シンチレーション検出器 (以下「NaI」という。)) 及び電離箱式検出器 (以下「IC」という。)) で測定した線量率から算出した積算線量との比較を行った。また、トレンドから、降雨等による線量率上昇を捉えることが可能であるか検討を行った。

2 調査方法

2.1 使用機器

電子式積算線量計として、(株)千代田テクノ製 D-シャ

Comparison of Poparty of Electronic Dosimeter “D-shuttle” and Air Dose Rate Measuring Devices.
by KAWANO Takafumi, TSURUYA Ryota, YOSHIMOTO Takashi and UCHIDA Kengo (Environmental
Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Air Dose Rate, Integration Dose, Electronic Dosimeter, D-shuttle

トル（検出部には、Si-PIN ダイオードが用いられ、80keV～1.25MeVのエネルギー範囲において、エネルギー特性が±30%）を用いた³⁾。また、D-シャトルには測定のために応じて環境用と個人用の2種類が存在するが、本調査では環境放射線の測定が目的であるので、環境用を使用した⁴⁾。測定は、表示器を用いることにより、総積算日数、総積算線量及び前日1日分の積算線量の直読みが可能である。さらに、管理機を使用すれば、計測した全期間の1時間及び1日積算線量のデータをCSV形式で取得できる。（1時間及び1日積算線量の分解能はそれぞれ、0.01μSv、0.1μSvである。）

環境放射線観測局の空間放射線測定装置は、低線量率用の3"φ×3" NaI（測定エネルギー範囲：50keV～3MeV）と、高線量率用のIC（測定エネルギー範囲：50keV～）の2つの測定装置を用いている。

2・2 測定地点

本県が設置する環境放射線観測局のうち、多種類の機器が設置されている志賀局（石川県志賀町）において並行測定を行った。

2・3 測定期間

期間は、平成30年3月22日から平成31年3月14日とした。

2・4 測定結果の取り扱い

NaI及びICの測定単位はグレイ(Gy)、D-シャトルの測定単位はシーベルト(Sv)であるので、比較するためにD-シャトルの測定単位をGyに換算する必要がある。そこで、D-シャトルの測定値は、素子毎にセシウム-137線源(662keV)による標準照射から求めたSvからGyへの換算係数を用いてGyに換算し、さらに既報²⁾に示した式により、志賀局で測定している気温を用いて温度補正を行った。

3 結果と考察

3・1 測定機器毎の積算線量の比較

D-シャトルとNaI、ICの1日積算線量の平均値等を表1に、四半期毎の変動状況を図1-1から1-4に示す。

表1 機器毎の1日積算線量とD-シャトルとの比(平成30年度)

| | 1日積算線量(μGy) | | |
|---------------------|-------------|------|------|
| | D-シャトル | NaI | IC |
| 平均値 | 1.58 | 1.16 | 1.91 |
| 最高値 | 1.91 | 1.38 | 2.15 |
| 最低値 | 1.26 | 1.03 | 1.80 |
| 標準偏差 | 0.11 | 0.05 | 0.06 |
| 変動係数(%) | 7.19 | 4.49 | 2.90 |
| NaI, ICに対するD-シャトルの比 | — | 1.37 | 0.83 |

1日積算線量は、年間を通して、IC>D-シャトル>NaIの順となった。D-シャトルとNaI、ICの1日積算線量の比は、平均でD-シャトル/NaIが1.37、D-シャトル/ICが0.83となった。変動係数は、D-シャトルが7.19%、NaIが4.49%、ICが2.90%となり、D-シャトルの変動が大きかった。

D-シャトルとNaI、ICの1日積算線量の相関を図

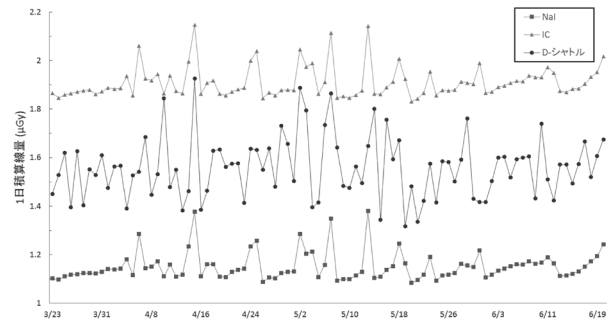


図1-1 第1四半期の積算線量の変動状況

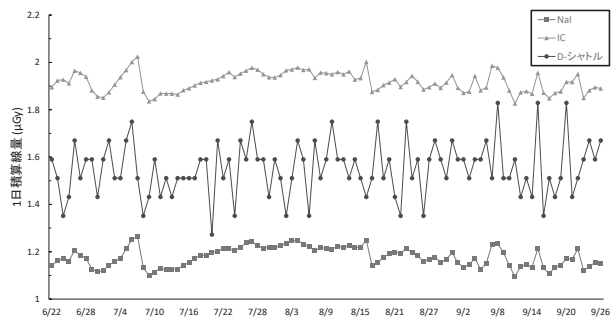


図1-2 第2四半期の積算線量の変動状況

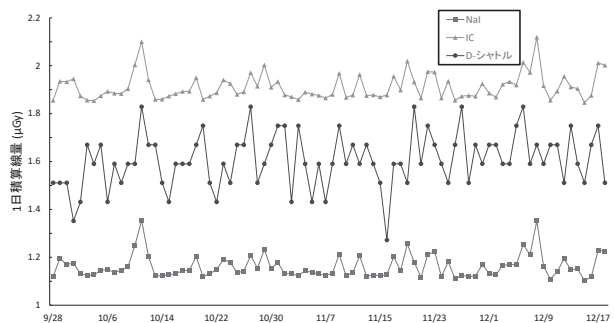


図1-3 第3四半期の積算線量の変動状況

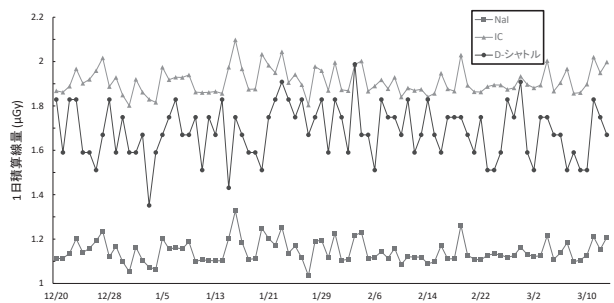


図1-4 第4四半期の積算線量の変動状況

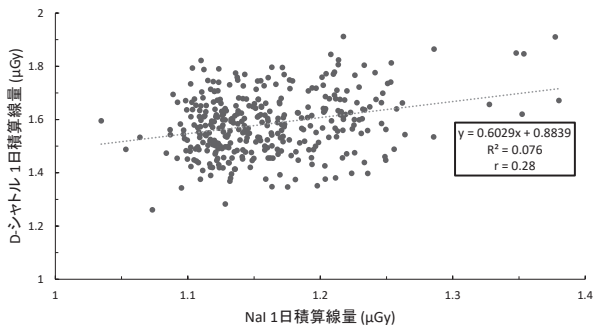


図 2-1 NaIとD-シャトルの1日積算線量の相関図

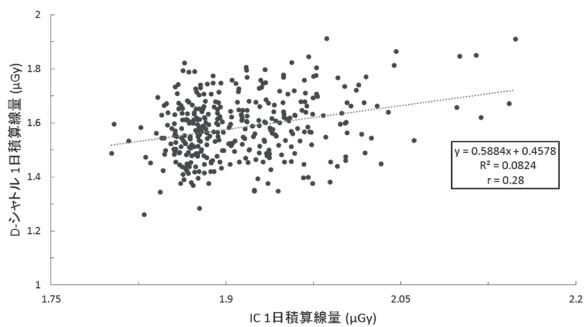


図 2-2 ICとD-シャトルの1日積算線量の相関図

表 2 機器毎の1時間積算線量とD-シャトルとの比較(平成30年度)

| | 1時間積算線量 (nGy) | | |
|-------------------------|---------------|-----|-----|
| | D-シャトル | NaI | IC |
| 平均値 | 66 | 48 | 80 |
| 最大 | 180 | 89 | 121 |
| 最小 | 0 | 41 | 72 |
| 標準偏差 | 23 | 3.8 | 4.0 |
| 変動係数 (%) | 35 | 7.9 | 5.0 |
| NaI, ICに対する D-シャトルの比 | — | 1.4 | 0.8 |

2-1, 2-2 に示す。相関係数はD-シャトルとNaI, D-シャトルとICでともに0.28であり、相関はみられなかった。

D-シャトルとNaI, ICの1時間積算線量の平均値等を表2に、変動状況の一部を図3に示す。1時間積算線量においても年間を通して、IC>D-シャトル>NaIの順となったが、NaI, ICの変動係数は7.9%, 5.0%と1日積算線量での変動係数と大きな違いがなかった。しかし、D-シャトルの1時間積算線量は降雨の有無によらず大きく変動しており、変動係数は35%と、1日積算線量のそれと比較して大きかった。

D-シャトルとNaI, ICの1時間積算線量の相関を図4-1, 4-2に示す。相関係数はD-シャトルとNaI, D-シャトルとICでともに0.12であり、相関はみられなかった。

以上より、D-シャトルはNaI, ICに比べて、1時間

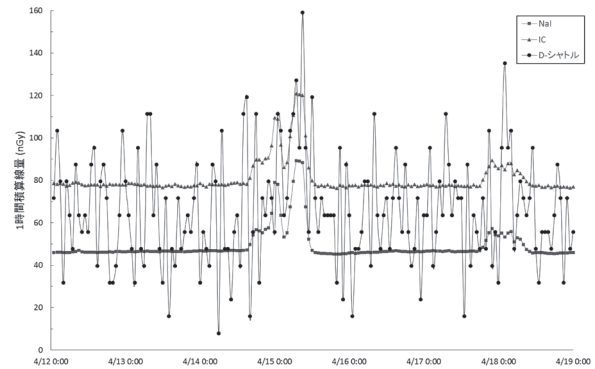


図 3 降雨時を含めた1時間積算線量の変動状況

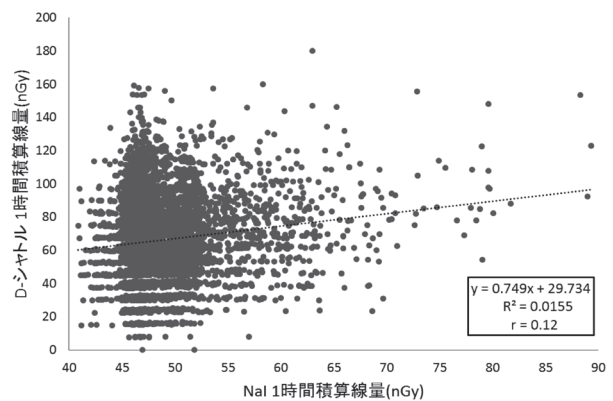


図 4-1 NaIとD-シャトルの1時間積算線量の相関図

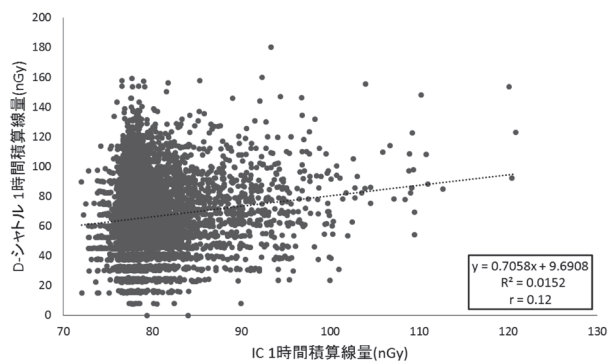


図 4-2 ICとD-シャトルの1時間積算線量の相関図

及び1日積算線量ともばらつきが大きく、NaI, ICに対して相関はみられなかった。

3・2 D-シャトルによる線量上昇事象の捕捉

「平常時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料)²⁾」では、空間線量率の「平常の変動幅」として、過去数年間の測定値の平均値±(3×標準偏差σ)を設定するとされ、この変動幅の上限値を超過した場合(以下「線量上昇事象」という。)に、要因調査を行うこととされている。このことから、D-シャトルによる線量上昇事象の捕捉について、検討を行った。

(1) 1日積算線量による検出

D-シャトルの1日積算線量の平均値は1.58μGyで、標準偏差σは0.11μGyであった。このことから、1日

積算線量の平常の変動幅は $1.58 \pm 0.33 \mu\text{Gy}$ となり、1 日積算線量が $1.91 \mu\text{Gy}$ を超えた事象がD-シャトルにおける線量上昇事象となる。

これまでの環境放射線観測局での観測結果から、NaI による線量上昇事象の事例の原因は、線量率、雨量、ガンマ線スペクトル等の結果より、全て降雨によるものと確認している。また、降雨による空間線量率の上昇は長時間継続しないことから、1 時間あたりの上昇量を用いて検討を行った。

D-シャトルの1 日積算線量が $1.91 \mu\text{Gy}$ を観測するためには、1 日積算線量が平均値で推移していたとすると、1 日の上昇が $0.33 \mu\text{Gy}$ 、NaI に換算して $0.24 \mu\text{Gy}$ の上昇が必要である。降雨による線量率上昇量は、NaI で $0.01 \sim 0.05 \mu\text{Gy/h}$ ²⁾程度であることから、NaI において $0.05 \mu\text{Gy/h}$ の線量率上昇であっても5 時間程度の断続的な上昇が必要である。しかしながら、これまで環境放射線観測局において $0.05 \mu\text{Gy/h}$ の上昇が1 日の間に5 時間以上観測された事例はない。

このことから、D-シャトルの1 日積算線量では、通常の降雨による線量上昇事象を捕捉できないと考えられる。

(2) 1 時間積算線量による検討

D-シャトルの1 時間積算線量の平均値は $0.066 \mu\text{Gy}$ で、標準偏差 σ が $0.023 \mu\text{Gy}$ であることから、1 時間積算線量が $0.135 \mu\text{Gy}$ を超えた事象が線量上昇事象となる。

D-シャトルの1 時間積算線量 $0.135 \mu\text{Gy}$ をNaI の1 時間積算線量に換算すると $0.099 \mu\text{Gy}$ となる。志賀局における平成2 年度から令和元年度までの観測結果において、NaI の1 時間積算線量で $0.099 \mu\text{Gy}$ を超過した回数は61 回(全体の0.02%、年平均約2 回)であり、D-シャトルでは降雨による線量上昇事象を年2 回程度捕捉することがあると考えられる。

なお、福島県内での立ち入り禁止区域近傍(空間線量率が $1 \sim 3 \mu\text{Sv/h}$)では、D-シャトルの1 時間積算線

量で約 $2 \mu\text{Sv}$ ($1.6 \mu\text{Gy}$ 程度)の明らかな線量上昇が観測されている⁵⁾ことから、原子力施設の事故等により放射性物質が放出された場合には、平常の変動幅を大きく超え、線量上昇事象を捕捉できると考えられた。

4 まとめ

D-シャトルが、1 時間及び1 日積算線量のトレンドを確認できることに着目し、環境放射線観測局の空間放射線測定装置で測定した線量率から算出した積算線量と比較した。

各測定装置の1 時間及び1 日積算線量は、年間を通してIC>D-シャトル>NaIであった。また、D-シャトルとNaI及びICとの間に相関はみられなかった。

D-シャトルでは、降雨等による線量上昇事象を1 時間積算線量で年2 回程度捕捉できることが分かった。また、原子力施設の事故等により放射性物質が放出された場合には、より高い線量の上昇となることから、線量上昇事象を十分に捕捉できるものと考えられた。

文 献

- 1) 鶴谷亮太, 河野隆史, 宮竹智代, 内川慎互, 吉本高志, 川畑俊之: 電子式線量計D-シャトルの特性調査, 石川県保健環境センター研究報告書, **56**, 38-42 (2019)
- 2) 原子力規制庁監視情報課: 平常時モニタリングについて(原子力災害対策指針補足参考資料), 平成30年4月4日改訂
- 3) 鈴木良一, 大口裕之: 個人向け放射線線量計“D-シャトル”の開発, RADIOISOTOPES, **67**, 447-452 (2018)
- 4) 桃山賢太郎: D-シャトルの概要とその応用について, RADIOISOTOPES, **67**, 453-460 (2018)
- 5) 宮崎真, 早野龍五: 福島の個人線量測定のいま-D-シャトルとBABYSCANをめぐる-, Isotope News, **726**, 28-32 (2014)