

# 2024年11月29日に柏崎刈羽地域を中心に観測された 空間放射線量率の上昇事象について

櫛谷 知史・柳沢 美貴・鈴木 貴博・棚橋 成一

## A Study on the Temporary Increase in Radiation Dose Rates around the Kashiwazaki-Kariwa Area on November 29, 2024.

Tomofumi Kushiya, Miki Yanagisawa, Takahiro Suzuki and Seiichi Tanahashi

Keywords: 空間放射線量率, 空気塊, 降雨雪, ラドン壊変核種

### 1 はじめに

新潟県では、東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所（以下「発電所」という。）周辺 10km 圏内に 11 局の固定観測局（以下「10km 圏局」という。）を設置し、空間放射線量率（以下「線量率」という。）を測定している。また、緊急事態が発生した場合に備え、発電所周辺 30km 圏内に 17 局の固定観測局（以下「30km 圏局」という。）及び 126 局の緊急時用モニタリングポスト（以下「緊急時局」という。）を設置し、これらを含む県内の測定値をウェブサイトで常時公開している（図 1）。

本県を含め、我が国の日本海側の地域においては、冬季間に大陸由来のラドン濃度の高い空気塊が北西の季節風によって流入し<sup>1)</sup>、降雨雪に伴いラドン壊変核種が降下することで線量率が上昇する事象が報告されている<sup>2,3)</sup>。本県で観測される線量率の年間最高値は冬季に出現する頻度が高く、10km 圏局の年間最高値は、例年 100~120 nGy/h（本報では線量率を全て 10 分値で示す。）程度である。

2024 年 11 月 29 日、10km 圏局の土合局において最大 154 nGy/h まで線量率が上昇した。解析の結果、これはラドン壊変核種による影響で、人工放射性核種による寄与は確認されなかったが、複数の 10km 圏局で当該観測局における直近 5 か年（2019~2023 年度）の最高値を超過した。さらに、発電所周辺 30km 圏内の全域で線量率の上昇が確認されたことから、その要因について考察したので報告する。

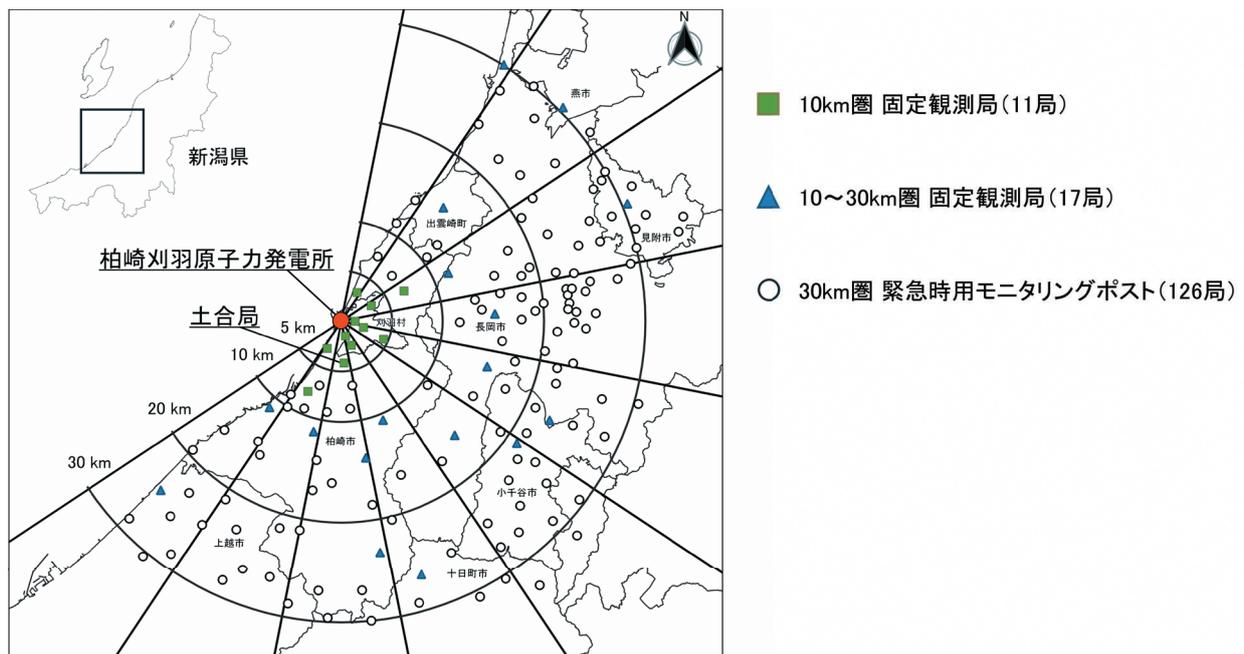


図 1 測定地点位置図

## 2 方 法

## 2.1 測定

10km 圏局、30km 圏局及び緊急時局における線量率等観測装置の概要を表 1 に示す。30km 圏局は電離箱検出器を用いて線量率を測定しているが、電離箱検出器の測定値は宇宙線及び自己放射能の寄与により NaI(Tl)シンチレーション検出器より高く観測され<sup>4,5)</sup>、直接的な比較ができないため本報では解析の対象外とした。

本県ではこれらの測定値を環境放射線監視テレメータシステムにより 24 時間連続で収集、表示させ、線量率等の継続監視を行っている。

表 1 測定に使用した観測装置の種類

区分	観測装置	測定方式
10km 圏局及び 緊急時局	線量率測定器	2"φ×2" NaI(Tl)シンチレーション検出器 検出器高さ：1.5m (10km 圏局) 1.0m (緊急時局)
10km 圏局及び 一部の 30km 圏局	雨雪量計 感雨雪計	温水加温漏斗－転倒升方式 電極面短絡電流方式

## 2.2 解析

2024 年 11 月 29 日の測定値について時系列変化の解析を行った。解析項目は線量率の他、一部の地点で測定している降雨雪量及び感雨雪とした。気象状況については、固定観測局における測定値の解析とあわせて、日本気象協会ウェブサイト<sup>6)</sup>より天気図及び降水レーダー画像を入手し、11 月 29 日の大気の状態や降水域を確認した。

10km 圏局のうち最高値が観測された土合局（発電所から南方向へ 4.2 km 離れた地点）については、NaI(Tl)シンチレーション検出器によるガンマ線スペクトルの解析を行った。

また、11 月 29 日に県内上空に存在した空気塊の起源を確認するため、土合局の上空 1500m を起点とした後方流跡線解析を行った。解析には、国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センターが開発した METEX (Meteorological Data Explorer) を使用した<sup>7)</sup>。設定した計算条件を表 2 に示す。空気塊に含まれていたラドン（半減期 3.8 日）が線量率の上昇に影響した可能性が高いと考え、解析は 3 日間さかのぼって行った。

表 2 後方流跡線解析の計算条件

日時	2024-11-29 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00
タイムゾーン	+9 時間
緯度	37.39 (°N)
経度	138.6 (°E)
高度	1500m
トラジェクトリーの長さ	3 日
モデル	kinematic
モード	-1

### 3 結果及び考察

#### 3.1 線量率の時系列変化

10km 圏局における線量率の時系列変化を図2に示す。11局全ての線量率が3時頃から上昇し、12時頃には一度下降したがその後再び上昇し、16:20に土合局において11局中の最高値である154 nGy/hが観測された。土合局における線量率及び降雨雪の時系列変化を図3に、最高値が観測された時刻のガンマ線スペクトルを図4に示す。線量率の上昇が見られた時刻に降雨が確認され、ラドン壊変核種である短半減期の鉛214及びビスマス214のピークが認められたことから、線量率の上昇は降雨に伴い大気中のラドン壊変核種が地表面近くに降下したことによるものと推察された。

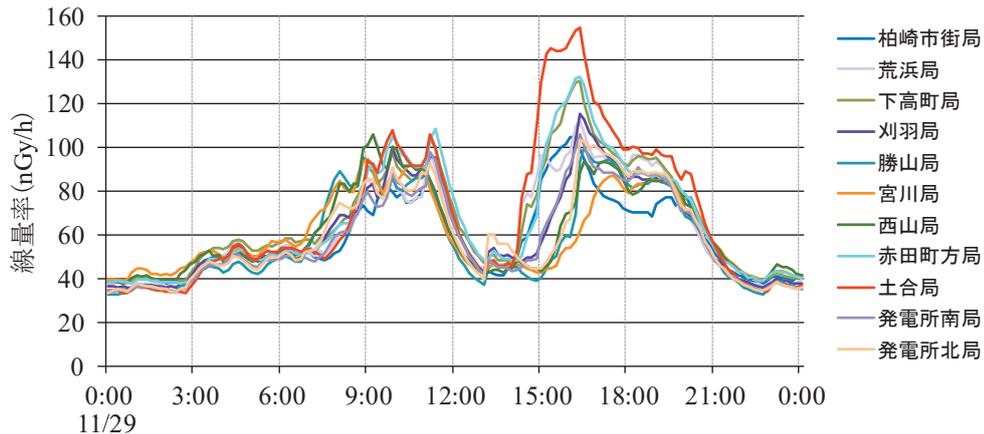


図2 10km 圏局の線量率の時系列変化

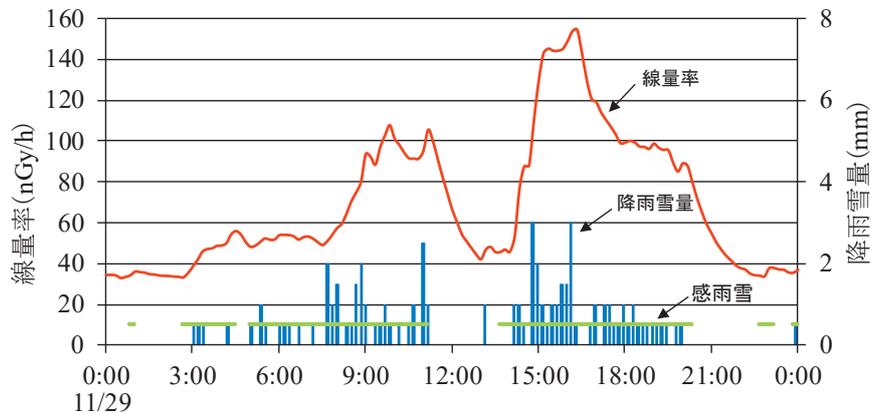


図3 土合局の線量率及び降雨雪の時系列変化

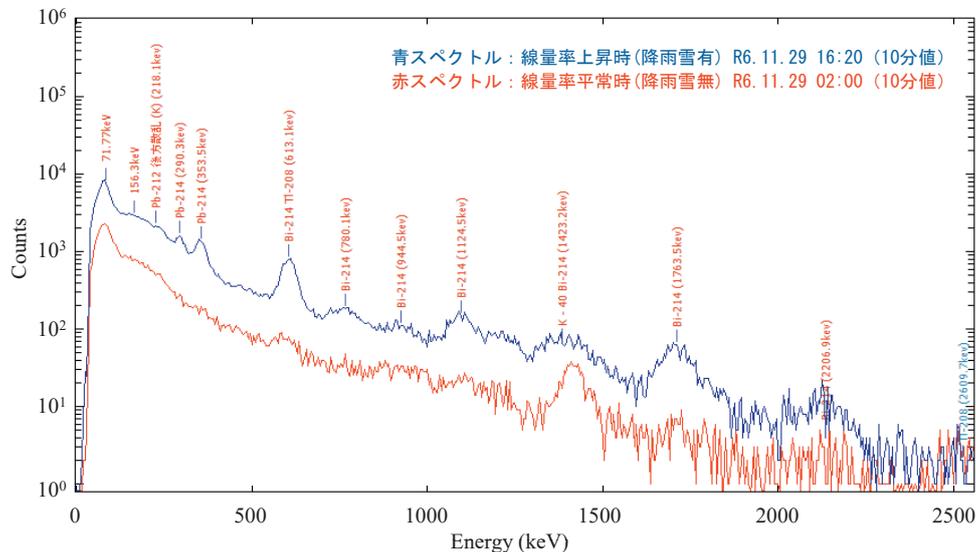


図4 土合局のガンマ線スペクトル

次に、発電所周辺 30km 圏内に設置している緊急時局を図 5 に示すとおり、A～C の 3 つのエリアに区分した。エリアごとの線量率の時系列変化を図 6-a～c に示す。多くの地点で 10km 圏局と同様に線量率の上昇が見られたが、その変動の挙動にはエリアごとに差があることが確認された。

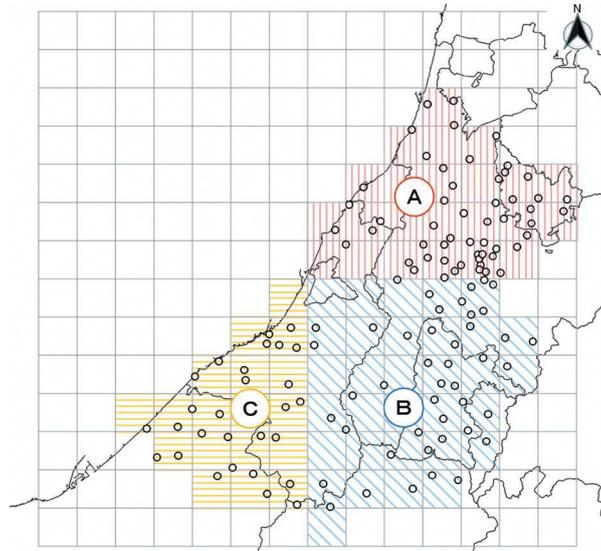


図 5 緊急時局のエリア区分図

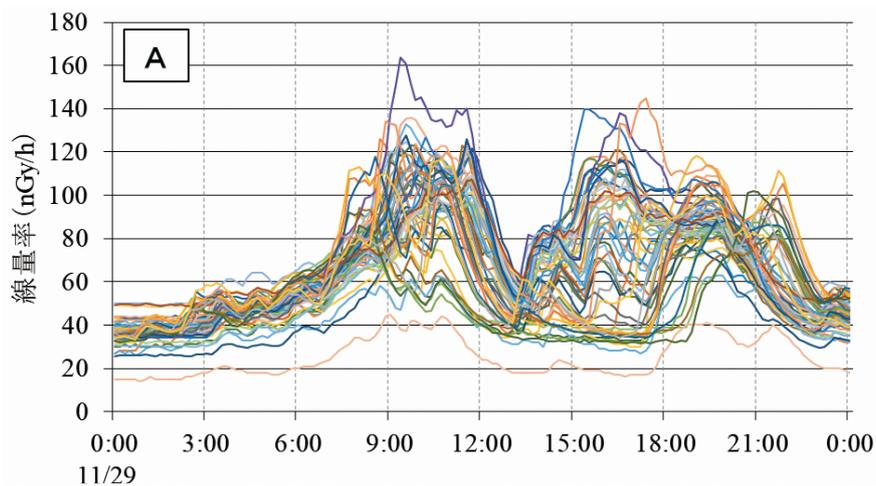


図 6-a エリア A 内の緊急時局における線量率の時系列変化

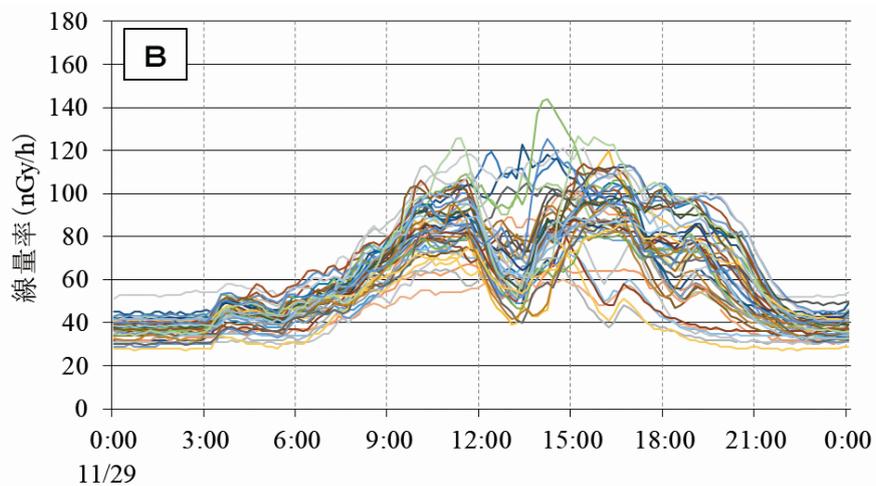


図 6-b エリア B 内の緊急時局における線量率の時系列変化

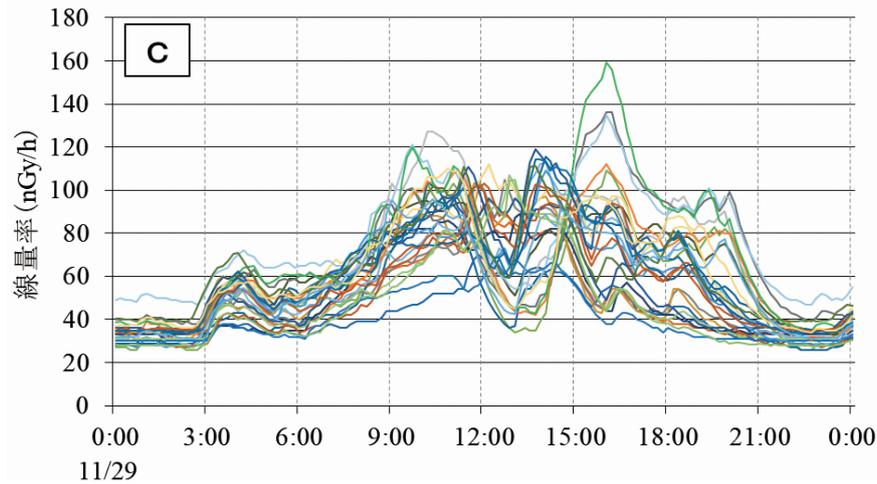


図6-c エリアC内の緊急時局における線量率の時系列変化

線量率に変動が見られた11月29日の6時から21時までの時間帯を測定地点全体の線量率の変動傾向から、6時から9時（第1フェーズ）、9時から12時（第2フェーズ）、12時から15時（第3フェーズ）、15時から18時（第4フェーズ）、18時から21時（第5フェーズ）の5つの時間帯に分け、フェーズごとに線量率の値を確認した。各フェーズの線量率分布を図7に示す。なお、線量率は各フェーズにおける10分値の最高値であり、100 nGy/h 超えは線量率に応じてプロットのサイズを大きくし、100～150 nGy/h は赤色、150 nGy/h 超えは紫色とした。

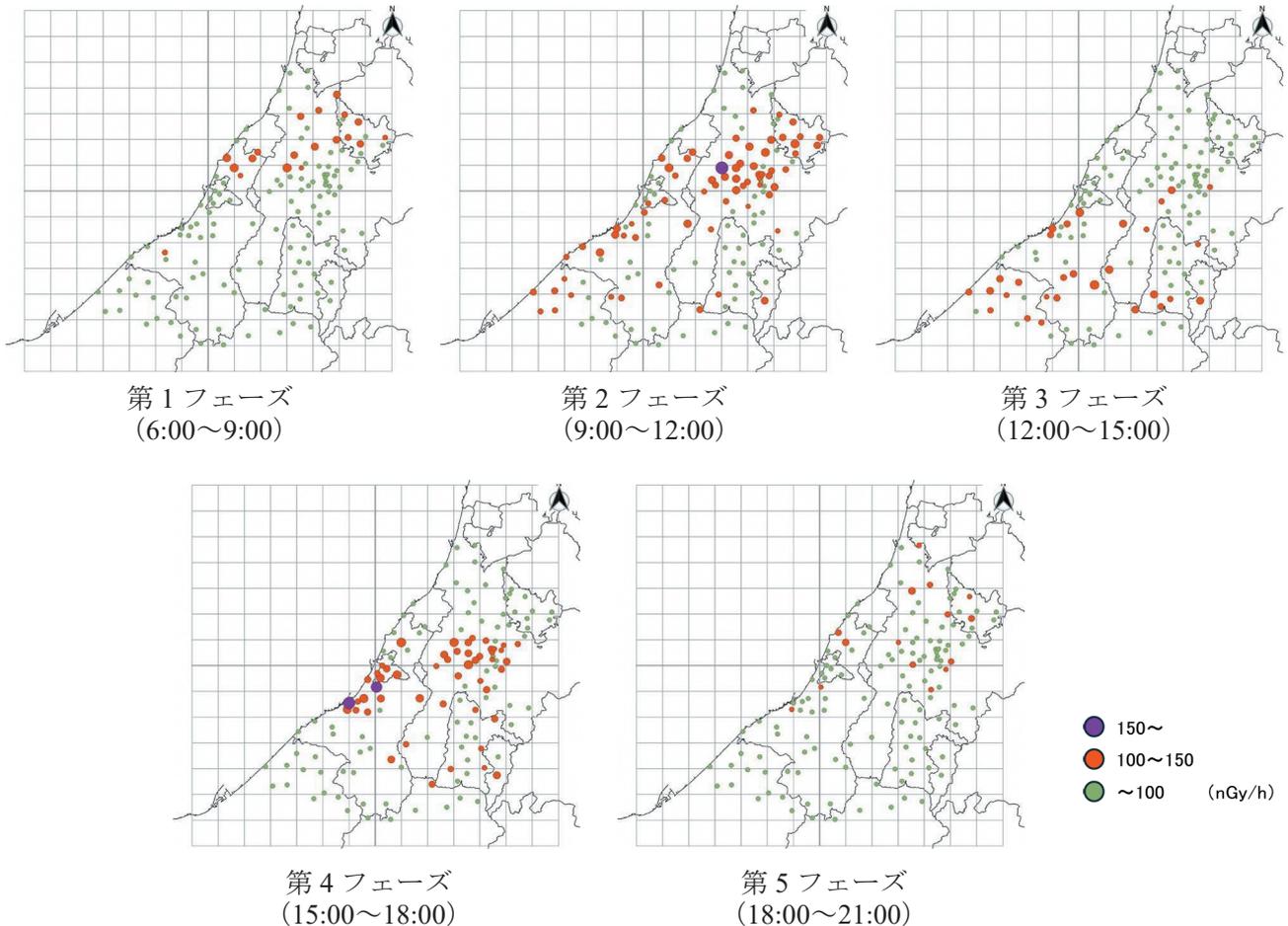


図7 各フェーズの線量率分布

フェーズごとに線量率の高い地域が変化し、第1フェーズではエリアA(図5のエリア区分を示す。以下同じ。)で局所的に上昇していた程度であったが、第2フェーズでは全エリアに上昇範囲が拡大し、エリアAでは150 nGy/hを超過する地点も見られた。エリアAの線量率は第3フェーズに進むと下降したが、エリアB及びCでは依然として高い線量率を示す地点が確認された。第4フェーズでは全エリアにわたって線量率が上昇し、特にエリアB及びCの沿岸部で顕著な上昇を示した。その後第5フェーズになると全エリアで線量率が下降し始めたことが確認された。

### 3.2 気象状況

全エリアで線量率上昇が確認された第2フェーズの開始時刻である9時の天気図を図8に示す。日本付近は西高東低の冬型の気圧配置であり、県内上空は強い西風が吹いていたことが推定される。なお、沿岸部の固定観測局に設置している風向風速計では、11月29日の6時から9時にかけて最大15 m/sの強い西風が観測されている。

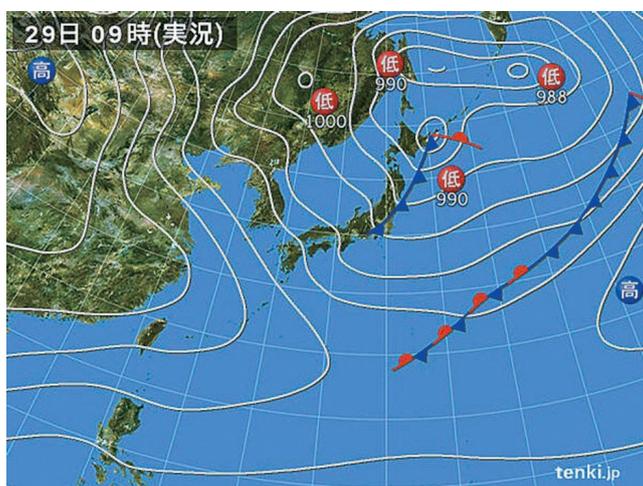


図8 11月29日9時の天気図

次に、固定観測局の一部の地点に設置している気象観測装置で測定された降雨雪量を図9に示す。降雨雪量は各フェーズの1時間値の最高値とした。また、1時間ごとの降水レーダー画像を図10に示す。第1フェーズでは、全エリアで降雨が確認され、特に降雨量の多かったエリアAでは10 mm/h以上のやや強い降雨が観測された。その後、第2フェーズから第3フェーズにかけてエリアAの降雨量は徐々に減少し、一時的に降雨がおさまった地点も確認された。エリアB及びCの降雨は継続したまま第4フェーズに進むと、エリアAも含めた全エリアで再び降水量が増加した。エリアCの沿岸部では第3フェーズから継続して10 mm/h以上の降雨が観測された地点もあった。第5フェーズに入ると全エリアで降雨量の減少が確認された。降水レーダー画像からも、発電所周辺30km圏内の地域に雨雲がかかり続け、降水強度が一時的に強まった地域があることが確認された。

### 3.3 後方流跡線解析結果

西風により県内に流入したと推察される空気塊について、各フェーズ開始時刻の後方流跡線解析結果を図11に、対地高度分布を図12に示す。土合局上空に到達した空気塊はいずれのフェーズにおいても大陸から朝鮮半島を通過していたことから、大陸由来のラドンが多く含まれていた可能性が高いと考えられる。ただし、第5フェーズ開始時刻の空気塊は、高高度で大陸を通過しており、他のフェーズと比較してラドンの含有量が少なかった可能性がある。

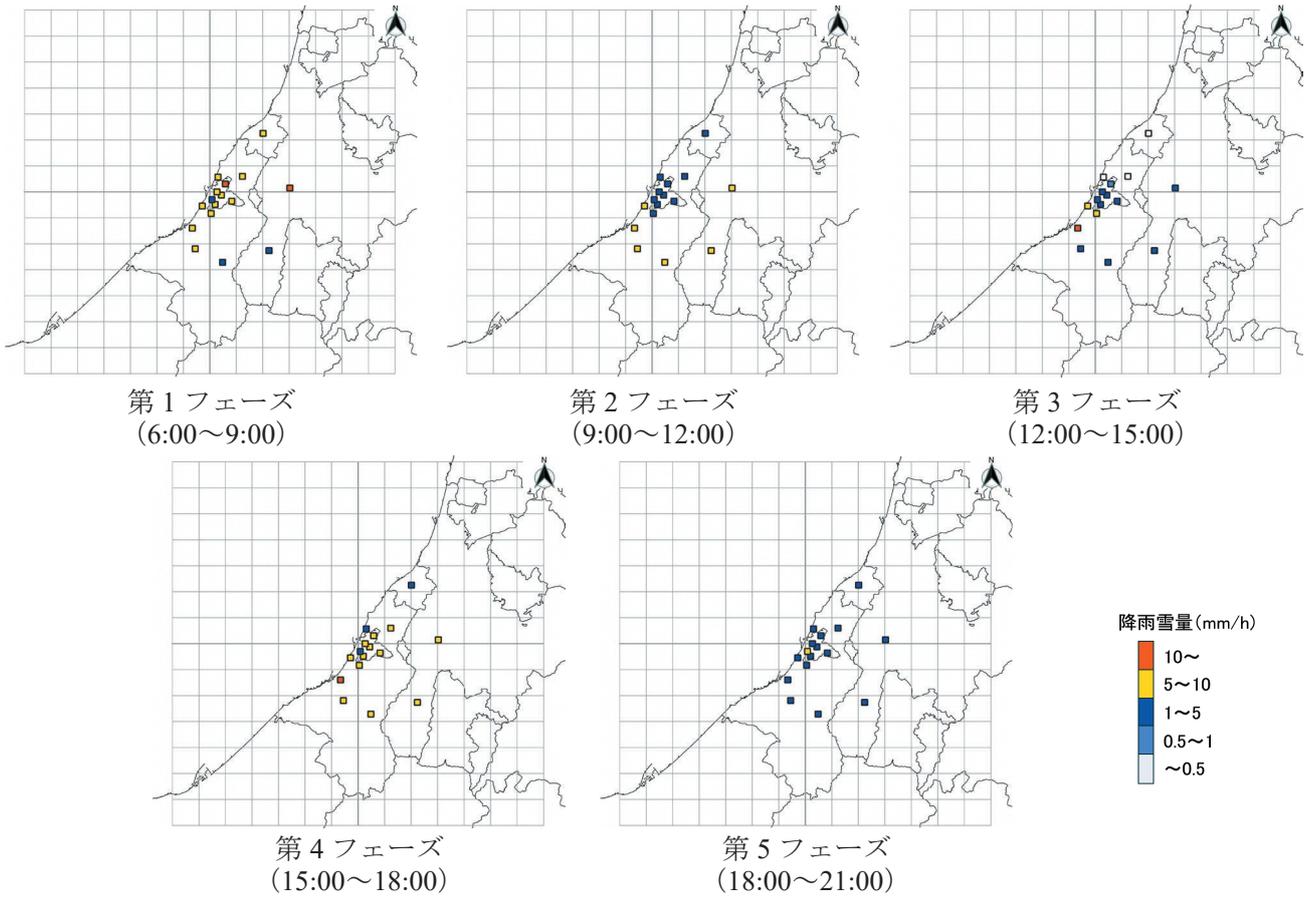


図9 各フェーズの降雨雪量

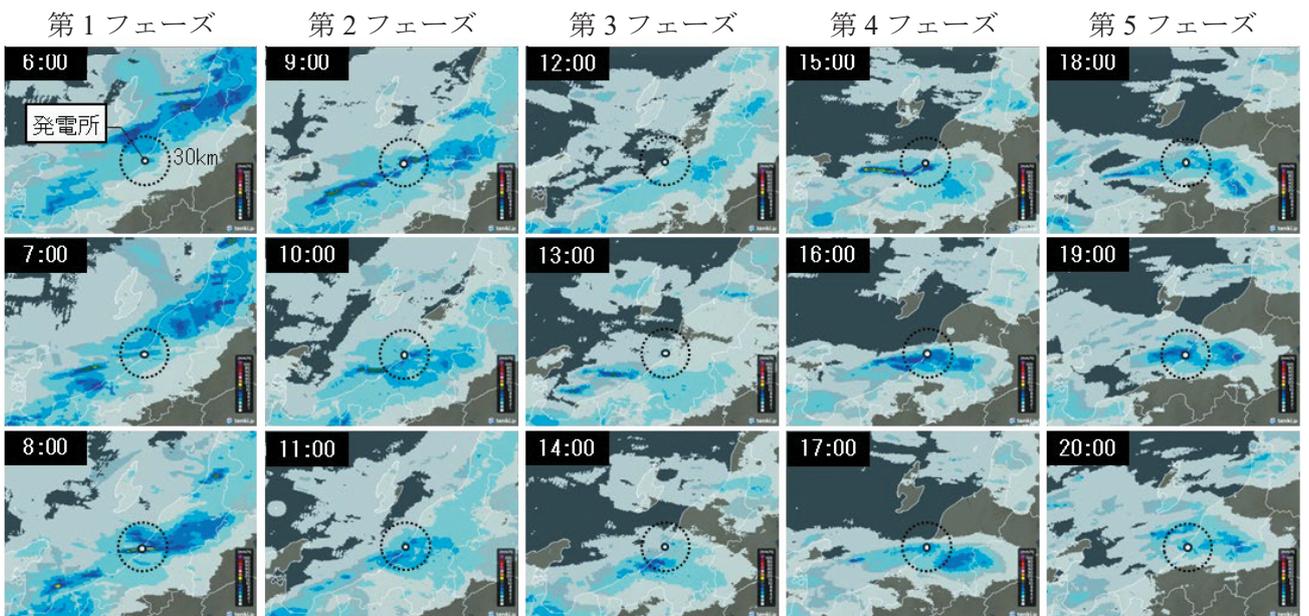


図10 新潟県周辺における1時間ごとの降水レーダー画像

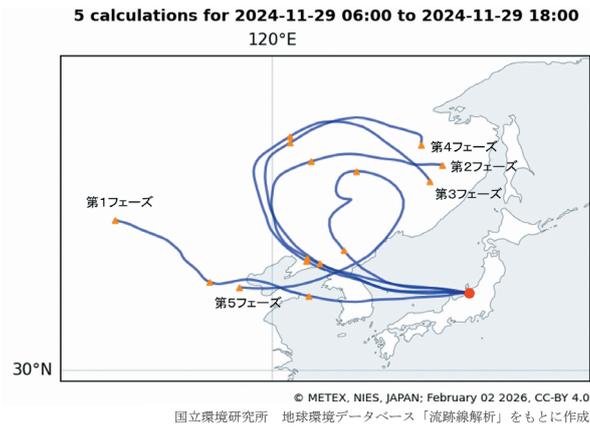


図 11 後方流跡線解析

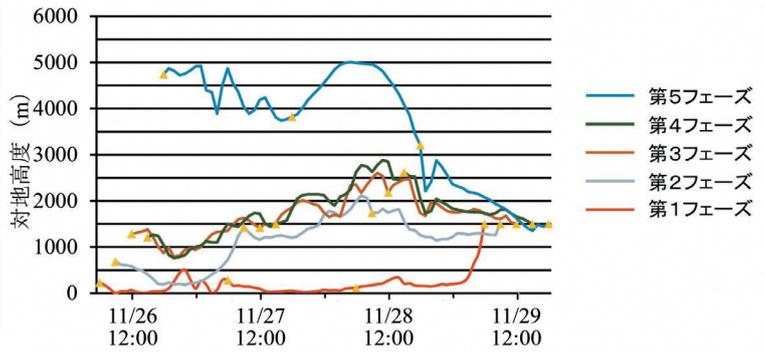


図 12 対地高度分布

### 3.4 考察

前述した線量率と降雨量の経時変化を総括し、表 3 に示す。

表 3 線量率と降雨量の経時変化総括

フェーズ	線量率	降雨量
1	エリア A で上昇	多 エリア A で 10 mm/h 以上
2	全エリアで上昇 エリア A で 150 nGy/h 超過	中
3	エリア A は下降	エリア A 少 エリア B, C 中
4	全エリアで上昇 エリア B, C で 150 nGy/h 超過	多 エリア C で 10 mm/h 以上
5	全エリアで下降	中

第 1 フェーズとした 6 時～9 時においては、西風により大陸由来のラドン濃度が高い空気塊が県内に流入し、降雨によってラドン壊変核種が地表面付近に降下したと考えられる。これにより、第 2 フェーズである 9 時～12 時に全エリアで線量率の上昇が見られた。エリア A においては第 2 フェーズへ移行して間もなく 150 nGy/h を超える線量率が観測されたが、第 1 フェーズで他のエリアよりも多い 10 mm/h 以上の降雨があったことがエリア A の線量率上昇に影響したことが推察された。その後、第 3 フェーズの 12 時～15 時にはエリア A の降雨が弱まったことから当該エリアの線量率は下降したが<sup>8)</sup>、エリア B 及び C については、降雨が継続したことから線量率が高い状態が続いたと考えられる。続いて、第 4 フェーズである 15 時～18 時には再び降雨量が増加し、全エリアにわたって線量率が上昇した。150 nGy/h を超える線量率はエリア B 及び C の沿岸部で観測されたが、当該地域に位置する観測局では 10 mm/h 以上の降雨が観測されており、降水強度に応じて線量率が上昇したことが推察された。なお、10 km 圏局のうち最高値が観測された土合局はエリア B の沿岸部に位置する。18 時以降の第 5 フェーズでは、地表面付近のラドン壊変核種がほぼ壊変し、全エリアで線量率が下降したと推定される。

## 4 ま と め

2024 年 11 月 29 日、発電所周辺 30km 圏内の全域で線量率の上昇が見られ、10km 圏局の複数の地点で直近 5 か年の最高値を超過したため、その要因を考察した。

線量率上昇時には降雨が確認され、測定地点に設置された NaI(Tl)シンチレーション検出器のスペクトルではラドン壊変核種である鉛 214 及びビスマス 214 のピークが認められたことから、線量率の上昇は降雨に伴い大気中のラドン壊変核種が地表面近くに降下したことによるものと推察された。また、気象状況や後方流跡線解析の結果から、当日は大陸由来のラドン濃度が高い空気塊が県内に流入し、壊変核種が長時間供給され続けたことが線量率の上昇に強く影響したと考えられた。

## 文 献

- 1) 土田智宏, 他: 新潟県放射線監視センター年報, 8, 38-47(2010).
- 2) 木立博, 石川陽一, 佐々木俊行: 宮城県原子力センター年報, 20, 10-17(2002).
- 3) 永井英志, 山澤弘実, 森泉純, 平尾茂一: 保健物理, 53, 219-229(2018).
- 4) 長岡和則, 本田幸一郎, 宮野敬治: RADIOISOTOPES, 45, 665-674(1996).
- 5) 原子力規制庁監視情報課: 連続モニタによる環境 $\gamma$ 線測定法, 17, (2017).
- 6) 日本気象協会: 過去の天気  
<https://tenki.jp/past/> (閲覧日 2026 年 1 月 8 日).
- 7) 国立研究開発法人国立環境研究所: 地球環境データベース  
<https://db.cger.nies.go.jp/ged/ja/index.html>
- 8) 片瀬 彬: 大気中ラドン族と環境放射能, 日本原子力学会, 187-195(1985).