

【調査研究】

連続測定における空間 γ 線線量率の上昇について

Increase of γ -ray Dose Rate in Continuous Monitoring

小川 登, 片岡敏夫 (監視情報室), 道広憲秀*

*放射能科

Noboru OGAWA, Toshio KATAOKA, Kenshu MICHIIHIRO

要 旨

岡山県人形峠では、2004年12月5日～6日にかけて降雨中に空間 γ 線線量率が上昇し、5日22時に全局で空間 γ 線線量率の数値が過去最高値を示した。近隣府県（島根県・鳥取県・京都府・福井県）でも同様に高い値が観測されており、 γ 線スペクトルからはRn-222の子孫核種である天然の放射性核種Bi-214及びPb-214のピークの出現が確認されたことから、今回の上昇は自然要因によるものであると考えられた。

今回、過去の事例も含めて空間 γ 線線量率上昇と気象要素との関係について解析を行った。METEX（（独）国立環境研究所地球環境研究センターが開発したシステム）を利用して流跡線解析を行うことにより、上昇する事例はいくつかのパターンに分類でき、それぞれのパターンで空間 γ 線線量率と気圧傾度との間には正の相関が認められた。

[キーワード：空間 γ 線線量率，降雨， γ 線スペクトル，流跡線解析，気圧傾度，気象]

1 はじめに

岡山県では1979年から核燃料サイクル開発機構人形峠環境技術センター（以下、サイクル機構と略す。）周辺の環境放射線等の連続測定を実施しており、観測局舎3局を設置している。（観測局舎の位置は図1に示す）

2004年12月5日14時～6日1時にかけて空間 γ 線線

量率が上昇し、22時に全局で空間 γ 線線量率の数値が過去最高値を示した。

サイクル機構が設置している3局でも同様に高い数値が観測されたが、排気ガスモニタの数値に変動はなく、放射性物質の放出に係る作業も実施していないとの報告があった。

また、近隣府県（島根県・鳥取県・京都府・福井

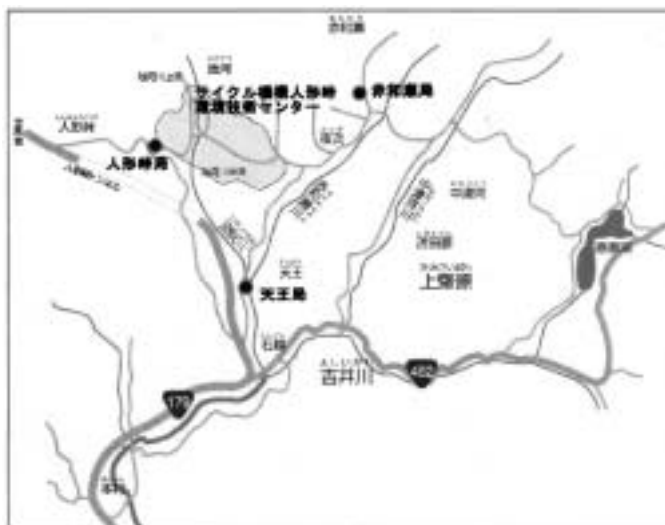


図1 観測局舎の配置図

県)への問い合わせを実施したところ、同様に高い値が観測されていることが確認できた。

MCA (マルチチャンネルアナライザ) で同時に測定した γ 線スペクトルからはRn-222の子孫核種である天然の放射性核種Bi-214及びPb-214のピークの出現が確認され、今回の上昇は自然要因¹⁾²⁾によるものであると考えられた。そこで、今回過去の事例も含めて空間 γ 線線量率が上昇した事例について気象要素との関係を調べた。

2 測定方法

空間 γ 線線量率の測定には富士電機(株)製の2"φ×2" NaI (TI) 検出器を使用し、3局のうち人形峠局と赤和瀬局にはMCAを付帯設置し γ 線スペクトルも併せて測定している。その他の項目としては大気浮遊塵中の全 α 放射能濃度、大気中のふっ素濃度を測定しており、気象項目としては、風向風速、降水量、降水時間、気温、湿度等を測定しているが、赤和瀬局では日射量、放射収支量、気圧、積雪深、雷も併せて測定している。

3 測定結果

3.1 空間 γ 線線量率の上昇

2004年12月5日22時の数値は、人形峠局：0.174、

赤和瀬局：0.150、天王局：0.154 μ Gy/h (通常の約3倍の数値)であった。また、このときのベースラインからの上昇分は、人形峠局：0.111、赤和瀬局：0.104、天王局：0.101 μ Gy/hであった。(ここでいうベースラインとは、 γ 線線量率が上昇する前後の降雨のない状態で数値が安定した状態をいう。)

図2に12月4日から5日にかけての3局の空間 γ 線線量率と降水量の推移を示す。

3.2 気象条件の違いと空間 γ 線線量率の上昇

降雨(雪)により空間 γ 線線量率が上昇するが、気象条件によって上昇の度合いは異なる。今回の数値上昇についても12月4日と5日では以下のような違いが見られた。

両日ともに降水量が観測されたが、12月4日は空間 γ 線線量率があまり上昇しなかったのに比べて、12月5日は大きく上昇した。NaI検出器で測定した γ 線スペクトルを比較した場合、Rn-222の子孫核種である天然の放射性核種Bi-214及びPb-214のカウント量にも違いが見られた(図3-1、図3-2)。なお、図3-3には降雨がなかった場合の γ 線スペクトルを対象として示した。

12月4日から5日にかけては、例年になく遅い時期に発生した台風27号が台湾に接近し、その近くで発生した低気圧が日本列島を通過するとともに急速に発達

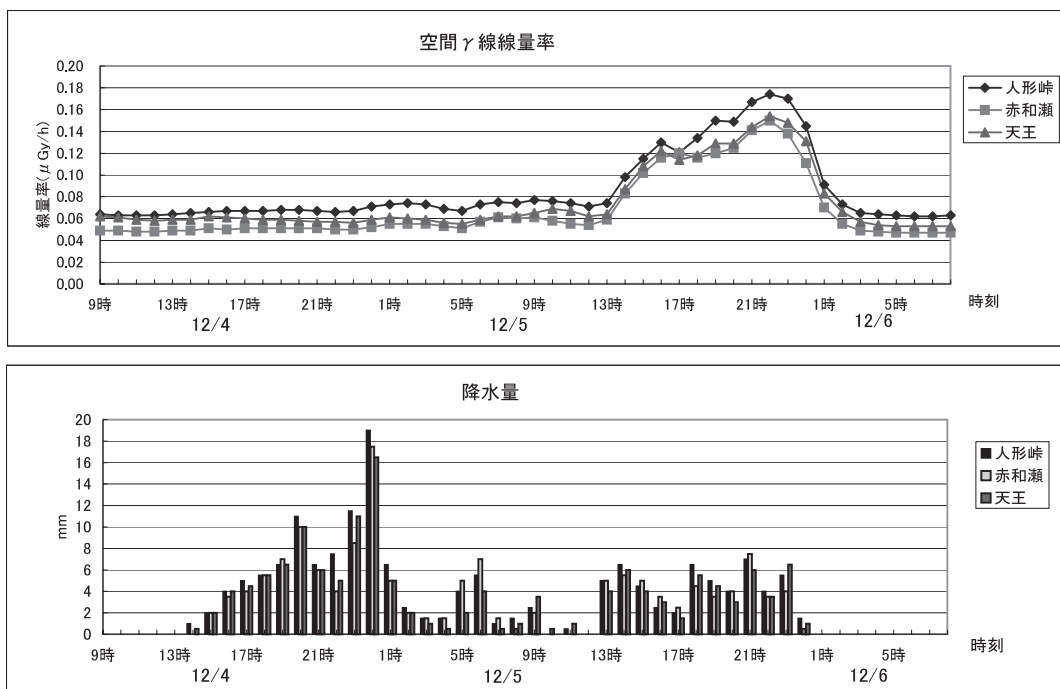


図2 空間 γ 線線量率上昇時の γ 線線量率と降水量との比較グラフ

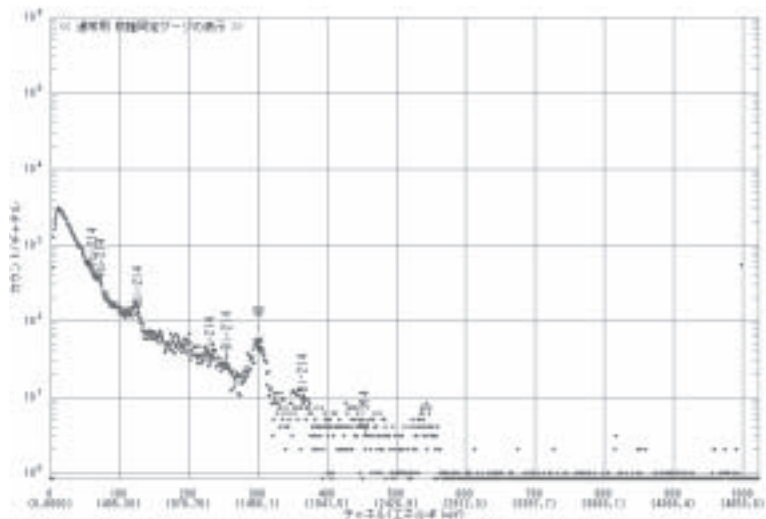


図 3-1 NaI で測定した γ 線スペクトル (人形峠局) 2004年12月4日 23:30

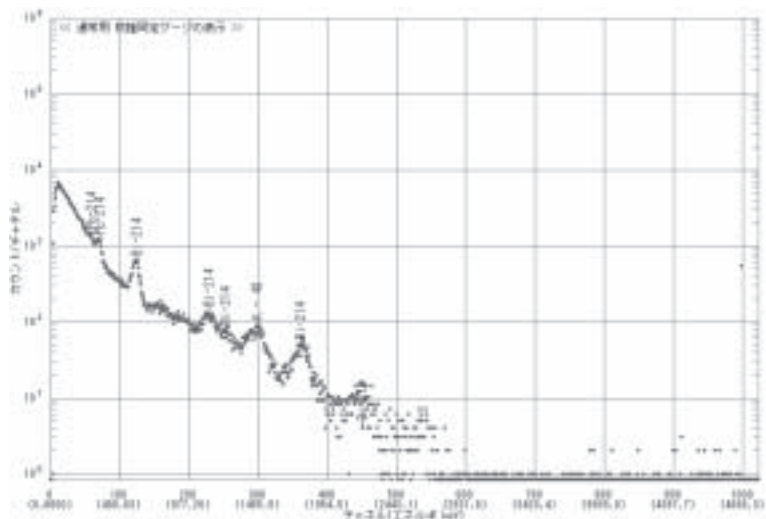


図 3-2 NaI で測定した γ 線スペクトル (人形峠局) 2004年12月5日 22:00

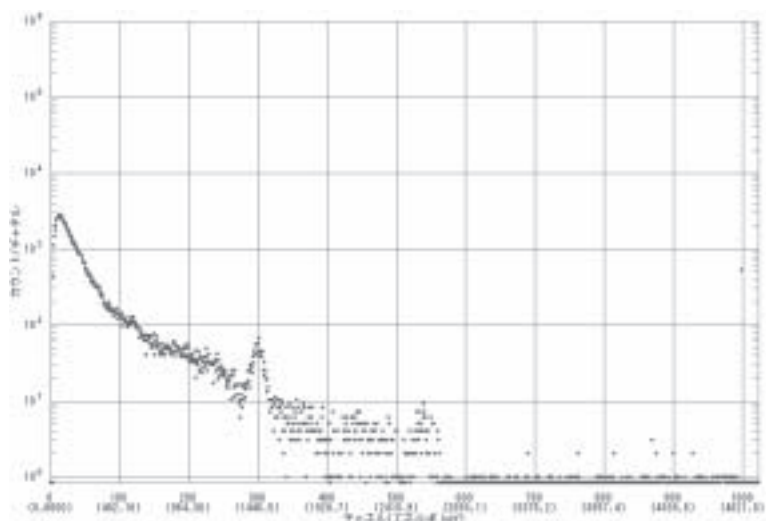


図 3-3 NaI で測定した γ 線スペクトル (人形峠局) 2004年12月3日 22:00 (降雨なし)

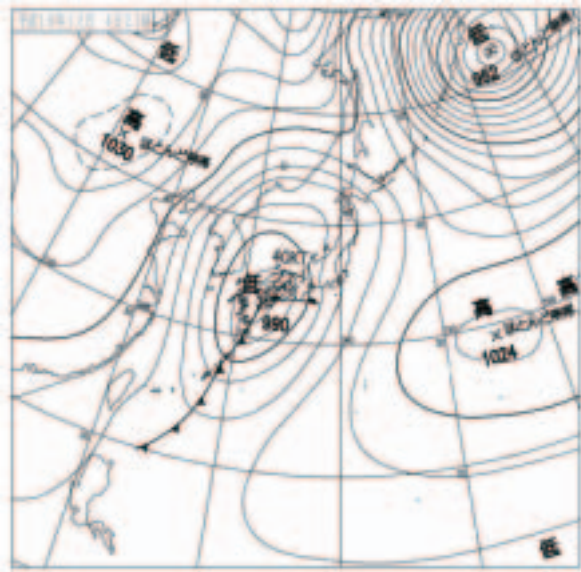


図4-1 地上天気図 (2004年12月4日21時)

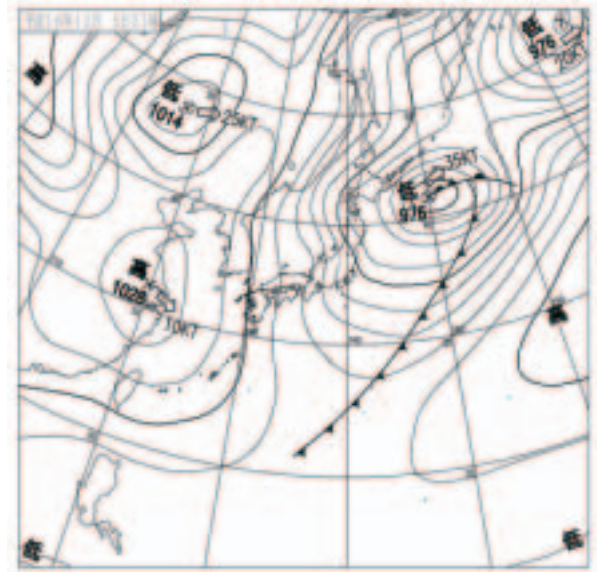


図4-2 地上天気図 (2004年12月5日21時)

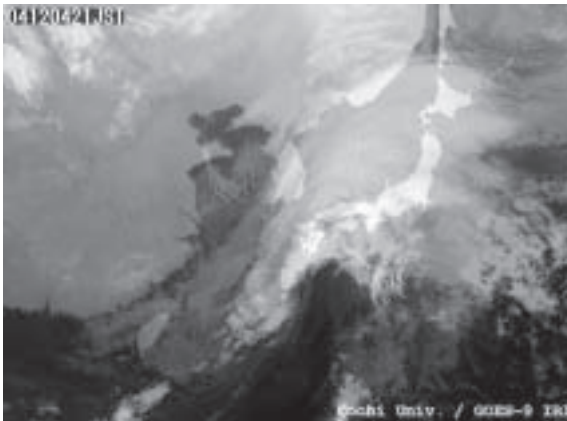


図4-3 気象衛星画像 (2004年12月4日21時)

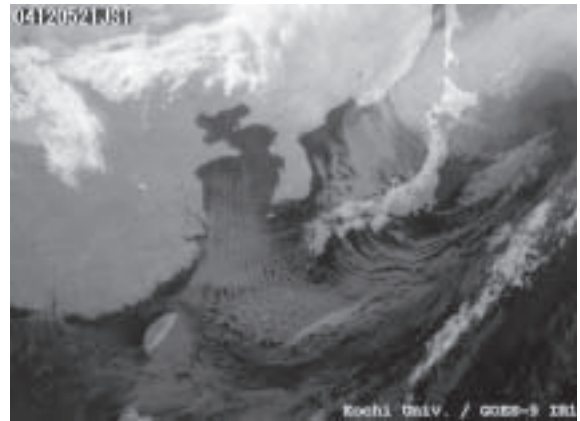


図4-4 気象衛星画像 (2004年12月5日21時)

し、その後、強い冬型の気圧配置となった。

12月4日は上記の低気圧が発達しながら東北東に進み、それに伴った降水量が観測された。(岡山県南部でも降雨あり)(図4-1, 図4-3)

12月5日は西高東低の気圧配置により日本海で発生し発達した雲が南下するのに伴い降水量が観測された。(岡山県南部では降雨なし)(図4-2, 図4-4)

4 考察

大陸性気団を起源とする雨の短寿命 Rn 子孫核種濃度は海洋性気団のそれよりも高いことが島根県の吉岡³⁾により報告されている。この報告を参考にすると12月5日は大陸性気団を起源とする降雨, 12月4日は海洋性気団を起源とする降雨と考えられ, 5日の方が空間 γ 線線量率が上昇したと推測された。

ここで空間 γ 線線量率が上昇した事例の解析を以下のとおり行った。

4.1 天気図から見た気圧配置との関係

2005年1月までの事例について, 空間 γ 線線量率のベースラインからの上昇分が高い順に上位20位までを調べた結果, 夏期に上昇した1事例を除き, ほぼ冬季(11月と3月を含む)に西高東低の冬型の気圧配置となり大陸性気団を起源とする降雨(雪)があったと考えられる場合に上昇していることがわかった。そこで西高東低の冬型の気圧配置に限定した上位20事例について以下の解析を行った。

4.2 500hPaの平均風速との関係

500hPaは高度約5400mで対流圏のほぼ中間に位置し, 500hPaの天気図は大気の中層を代表する天気図である。この天気図を解析した結果, 空間 γ 線線量率

表1 空間γ線線量率上昇分と500hPaの平均風速、気圧傾度等の関係

年 月 日			時	米 子		6 地点 平均風速 (kt)	γ 線線量率上昇分 3局平均 (μGy/h)	気圧傾度 (hPa/km)	パターン 分 類
				風向	風速(kt)				
2004	12	5	22	西	65	63	0.105	0.186	A
2005	1	5	2	西北西	65	51	0.084	0.144	A-B
2002	12	17	6	北西	80	61	0.078	0.154	A
1989	1	27	21	西北西	70	67	0.075	0.205	C
1981	2	4	2	西	85	50	0.065	0.150	C
1993	1	28	9	北西	75	65	0.062	0.150	C
2005	1	21	5	北西	70	58	0.061	0.155	B
1996	12	1	20	北西	60	41	0.056	0.132	C
1981	3	15	17	西北西	75	68	0.056	0.222	B
2005	1	30	2	西南西	85	68	0.054	0.142	C
1994	2	10	1	北西	30	48	0.053	0.192	B
1993	2	7	14	西	65	63	0.051	0.179	D
1989	11	1	14	北北西	35	37	0.050	0.110	E
1983	11	13	24	西北西	45	46	0.049	0.098	C
1984	12	2	16	北西	90	49	0.048	0.139	C
1990	12	11	22	北西	60	56	0.048	0.163	B
2003	12	18	6	西	70	65	0.047	0.133	A
1993	2	14	2	西北西	60	58	0.045	0.162	A
1987	1	24	17	西北西	55	53	0.045	0.119	B
1997	1	21	16	北西	80	53	0.044	0.218	B-C

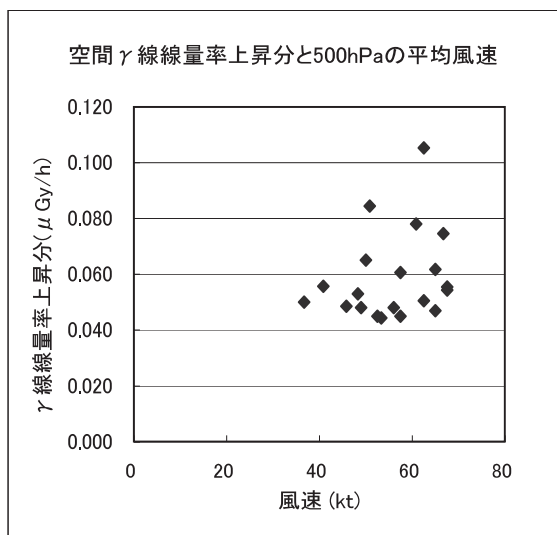


図5 空間γ線線量率と500hPa 平均風速の関係

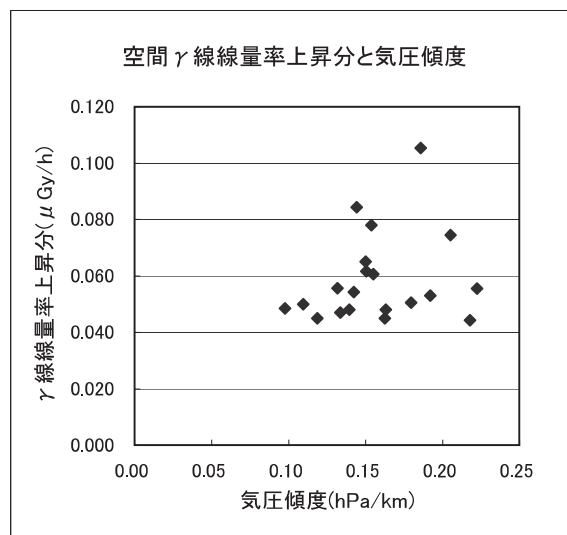


図6 空間γ線線量率と気圧傾度の関係

が上昇した場合、ほとんどの事例で日本列島付近がトラフ（偏西風帯が赤道側にへこんだ状態）となっていることが確認できた。そこで、米子を中心とした東西

方向のほぼ同じ高度にある6地点の風速を平均して平均風速を算出し、大気のみ移送量と空間γ線線量率上昇分との関係を調べた。（表1，図5）

2004年12月5日22時—2004年12月1日22時 1994年2月10日1時—1994年2月6日1時 1993年1月28日9時—1993年1月24日9時

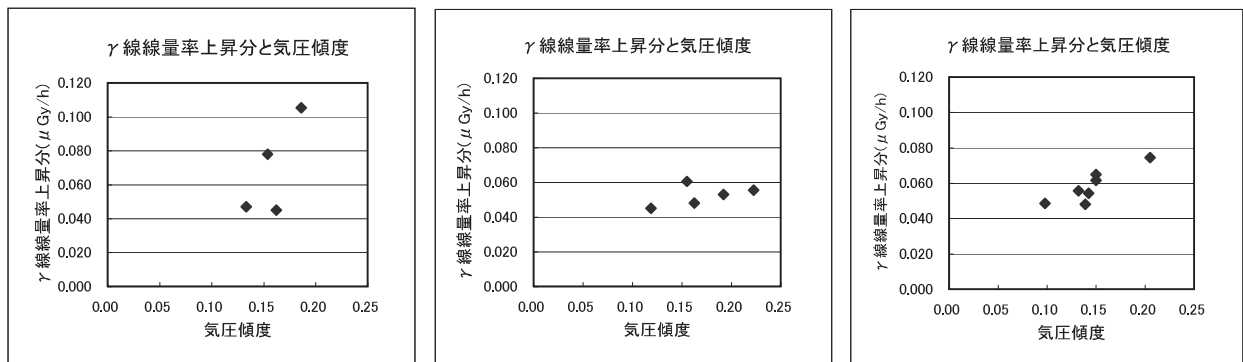


パターンA

パターンB

パターンC

図7 流跡線の解析事例



パターンA (r=0.76)

パターンB (r=0.48)

パターンC (r=0.88)

図8 パターン分類後の相関図

明らかな相関は認められなかったが、平均風速が強いときに空間γ線線量率が上昇する可能性があることがわかった。

4. 3 気圧傾度との関係

日本列島をはさんだ低気圧中心と高気圧中心との気圧の差を中心間の距離で割って気圧傾度を求め、空間γ線線量率上昇分との関係を調べた。(表1, 図6)

相関図からは、気圧傾度が大きくなるに従って空間γ線線量率が上昇する場合とそれほど上昇しない場合があることが示唆されたため、事例をいくつかのパターンに分類することを試みた。

4. 4 METEX を利用した流跡線解析によるパターン分類

METEX は (独) 国立環境研究所地球環境研究センターが開発したシステムであり、アメリカ環境予測センター (NCEP) のデータを用い、流跡線や風向風速ベクトル図の作成がホームページから可能となっている。

2004年12月5日21時 (500hPa)

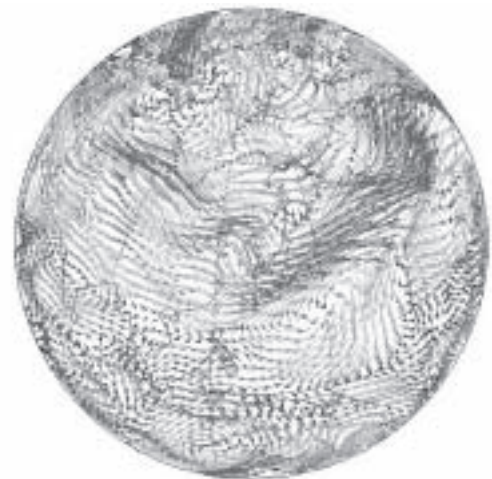


図9 500hPa における風向風速ベクトル図の例

この機能を利用して流跡線を作成した結果、主として3つのパターンに分類できたので、そのパターンごとに相関図を作成した。流跡線については氷晶が落下を始める高度を3000mと想定して96時間前まで遡っ

て作成した。高度を3000mと想定したのは観測局舎が標高約700mにあること、付近の中国山地の山が標高約1000m程度であること、降雨をもたらした雲が対流性の雲であること等を考慮したことによる。なお流跡線解析については福島県原子力センターや宮城県原子力センターで同様な解析を行った事例がある⁴⁾⁵⁾。

パターン分類の結果は表1のパターン分類の欄のとおりであり、実際の解析事例を図7に示した。また、パターン分類した後の相関図は図8のとおりであり、事例数は少ないがいずれも正の相関が認められた。

パターンAは中央アジアから長距離移動するパターンでカスピ海あたりからバイカル湖を經由して岡山県に到達する。最も空間 γ 線線量率が上昇するパターンであった。

パターンBはシベリアから長距離移動するパターンでシベリアからバイカル湖付近を經由して岡山県に到達する。最も空間 γ 線線量率が上昇しないパターンであり、気圧傾度の大小には一番影響されなかった。

パターンCはバイカル湖以東から短距離移動するパターンでバイカル湖よりも東の比較的近い場所から岡山県に到達する。パターンAの次に空間 γ 線線量率が上昇するパターンであった。

また、その他のパターンは以下のとおりであった。

A-B：ロシア西部からシベリアを經由して長距離移動する。

B-C：シベリアからバイカル湖付近を經由するが沿海州付近で複雑な動きを経る。

D：中央アジアから中国中部を経て長距離移動する。

E：日本に非常に近い場所（朝鮮半島付近）から複雑な動きを経る。

4. 5 風向風速ベクトル図による解析

風向風速ベクトル図は6時間ごとに作成可能なため、500hPaにおいて直近の時刻で作成し、中層大気における風の流れを解析した。

パターンAでは、中央アジアからの風の流れが途中でとぎれることなく比較的強い状態のまま日本まで達している事例が多いことがわかった。（パターンAの代表例を図9に示す）

パターンBでは、シベリア付近からの風の流れが途中までは比較的弱く、中国東北部付近から強まって日本まで達している事例が多いことがわかった。

パターンCでは、ABC3つのパターンのうちで風が一番弱く、遼東半島や朝鮮半島など日本に近づいてから風が強まっている事例が多いことがわかった。また、いずれも海洋性の風の混入はないことがわかった。

特に2004年12月5日は、パターンAであり、風向風速ベクトル図からは図9に示した状態が数時間にわたって継続したことが確認でき、また降雨も数時間続いたことから、そのことが比較的長い期間空間 γ 線線量率が上昇する要因となったと考えられた。

5. まとめ

空間 γ 線線量率が上昇した事例をMETEXを利用した流跡線解析を行うことにより、上昇する事例は主に3つのパターンに分類でき、それぞれのパターンで空間 γ 線線量率と気圧傾度との間には正の相関が認められた。

2004年12月5日の事例は最も上昇しやすいパターンであり、流跡線作成の条件として想定した高度3000mの空気塊は、この日カスピ海南方からバイカル湖を経て日本に到達していることがわかった。この経路を通過している間に大陸起源のRn-222を多く含んだ空気塊ができたと考えられた。また、500hPaにおける風向風速ベクトル図からは、風の流れが途中でとぎれることなく比較的強い状態のまま日本まで達していることがわかり、その状態が数時間にわたって継続したことが比較的長い期間空間 γ 線線量率が上昇する要因となったと考えられた。

謝 辞

今回の報告をまとめるにあたり貴重なご助言をいただいた岡山大学理学部の塚本修教授に深謝いたします。

文 献

- 1) H. Hayakawa, J. Nucl. Sci. Technol. 22 (4), 292-300 (1985)
- 2) K. Fujitaka et al., Radiat. Prot. Dosim. 45 (1/4), 333-336 (1992)
- 3) 吉岡勝廣, 大気中のラドン族と環境放射能Ⅲ 1995年10月 日本原子力学会発行 97-99

4) 福島原子力センター，福島県原子力センター平成14年度業務年報，61-67（2003）

5) 木立博，石川陽一，佐々木俊行，宮城県原子力センター年報，第20巻，10-17（2002）