

【資 料】

人形峠周辺の環境放射線等測定に係る補完調査－松葉－（第3報）

Complement Survey of Environmental Radiation Level around Ningyotoge
－ Pine Needles －(3rd Report)

森上嘉亮, 中野拓也, 小川 登, 信森達也, 徳田 亨

MORIKAMI Yoshiaki, NAKANO Takuya, OGAWA Noboru, NOBUMORI Tatsuya, TOKUDA Kyo

要 旨

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センター周辺の環境放射線等測定結果を評価する上での補完データの蓄積を目的として、令和3～5年度の3年間、岡山県内に生育する樹木の松葉を採取し、放射性核種及びふっ素濃度の調査を実施した。人形峠周辺における監視測定結果と県内8エリアの測定結果を比較すると、人形峠周辺の監視測定結果は県内8エリアの測定結果の範囲に概ね含まれており、同レベルであると認められた。一方、各エリアの測定結果を比較すると、ウラン238及びラジウム226濃度については全エリアの平均値と比較して、2倍程度高い値を示すエリアが一部で認められた。このうち1エリアについて各樹木個体間の結果を比較すると、ウラン238及びラジウム226濃度は、人形峠周辺における監視測定結果を大きく上回る濃度が検出されるなど特徴的な個体差が認められた。

〔キーワード：松葉、環境放射能、ウラン238、ラジウム226、ふっ素〕

〔Key words : Pine Needles, Environmental Radioactivity, U-238, Ra-226, Fluorine〕

1 はじめに

岡山県では、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構人形峠環境技術センター周辺において環境放射線等の監視測定（以下「監視測定」という。）を昭和54年度から継続して行っている。これまで、監視測定結果を評価する上での補完データの蓄積を目的として、環境放射線等のバックグラウンドレベルを把握しており^{1)～3)}、令和3～5年度は、監視測定対象である松葉に含まれる放射性核種及びふっ素（以下「F」という。）の濃度レベルの調査を行い、結果をとりまとめたので、その結果を報告する。

2 材料と方法

2.1 試料採取方法、調査時期及び検体数

試料採取に当たっては、県内全域を対象とするため、岡山県を図1に示すように9メッシュに区切り、このうち海域が大半を占める1エリア（C3エリア）を除く8エリアを調査対象とし、エリア内で試料採取が継続的に可能な地点を選定した。

松葉は、近接して生育する複数の樹木個体を対象とし、樹冠下部の枝ごと採取した。調査時期は4～6月とし、各エリアで試料を採取した。令和4～5年度の調査では、松葉と生育土壌中の放射性核種及びF濃度の関連性を確認するため、試料を採取した松の近傍の土壌（表層0～

5 cm）を採取した。なお、生育不良や樹木の伐採等の環境変化により、前年度と同様の採取ができなかった場合には、近傍の地点で採取した。

また、B2エリアについては、令和3年度調査で放射能濃度が特に高かったことから、同一エリア個体間の差を調査するため、令和3年度調査の個体（B2①）に加えて、令和4～5年度の調査では、半径約100 m以内に点在する4個体（B2②～B2⑤）を追加調査の対象とした。

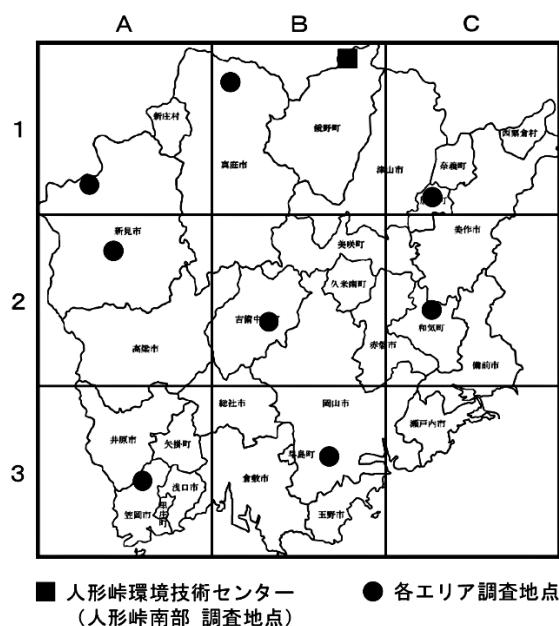


図1 県内メッシュ調査図

2.2 測定項目、測定方法等

測定項目、測定方法及び使用した測定機器を表1に示す。監視測定では、放射能測定法シリーズ⁴⁾に準拠して試料の採取及び前処理を行った後、ウラン238（以下「U-238」という。）及びラジウム226（以下「Ra-226」という。）濃度は同シリーズに、F濃度はFイオン電極法⁵⁾に準拠してそれぞれ測定を行った。

また、参考として、 γ 線放出核種であるセシウム134及びセシウム137（以下「Cs-134」及び「Cs-137」という。）、カリウム40（以下「K-40」という。）濃度も併せて調査した。これらは放射能測定法シリーズ⁴⁾に準拠し、プラスチック製容器（U-8容器）に充填し、Ge半導体検出器（CANBERRA製GC2518）を用いて測定した。放射性核種の濃度は、松葉の灰化率から生重量当たりの放射能濃度に換算（Bq/kg生）し、F濃度は、松葉の水分率から生重量当たりのF濃度に換算（mg/kg生）した。放射線計測測定結果は、測定値が計数誤差の3倍を超える場合を有意値とし、3倍以下の場合はND（不検出）と表記した。なお、移行係数は松葉中濃度を土壌中濃度で除することで算出（生/乾）した。

2.3 試料の前処理

松葉は枝から採取した2年葉を分析対象試料とし、それぞれの測定項目に応じて前処理及び試料調製を行った。U-238及びRa-226濃度測定に供する試料については、105℃の熱風循環式乾燥装置（富士科学器械製S7P）で十分に乾燥させ、脱臭装置付電気炉（東京技術研究所製TFF80-C）を用いて450℃で24時間かけて灰化させた。

F濃度の測定に供する試料については、105℃の定常恒温器（ヤマト科学製DK63）で十分に乾燥させ、ワイレー型粉砕器（吉田製作所製1029-A）で粉砕した。

土壌は2mmのふるいを通したものをU-238、Cs-134、

Cs-137及びK-40測定用試料とし、300 μ mのふるいを通したものをRa-226測定用試料に、150 μ mのふるいを通したものをF濃度測定用試料とした。

3 結果及び考察

3.1 松葉

松葉の放射性核種及びF濃度測定結果並びに人形峠周辺の監視測定結果（以下「人形峠監視結果」という。）を表2に示す。また、人形峠周辺の監視測定項目であるU-238、Ra-226及びF濃度の比較図について図2～4に示す。なお、B2エリアは令和3年度から調査している個体（B2①）の測定結果を代表値とした。

松葉のU-238濃度は0.016～0.126 Bq/kg生、Ra-226濃度は0.06～3.79 Bq/kg生、F濃度は0.5～1.0 mg/kg生、Cs-134濃度は全地点でND、Cs-137濃度はND～0.145 Bq/kg生、K-40濃度は47.8～82.7 Bq/kg生であった。

県内8エリアにおける調査結果の平均値（以下「全エリア平均値」という。）について人形峠監視結果の平均値を比較すると、Ra-226濃度は人形峠周辺でやや高い結果であったが、測定結果の範囲については、いずれの項目についても同レベルであった。なお、Cs-137及びK-40の濃度は、福島第一原発事故前である平成元年～平成22年における島根県の松葉の測定結果（Cs-137濃度：ND～0.53 Bq/kg生、K-40濃度：39～115 Bq/kg生）⁶⁾と同程度であった。

各エリアの測定結果を比較すると、F、Cs-134及びK-40濃度は各エリア間で特徴的な差は見られなかったが、U-238濃度とRa-226濃度はA3エリアとB2①エリアで、Cs-137はB1エリアで全エリア平均値の2倍を超える高い値が認められた。

表1 測定項目、測定方法、測定機器一覧

測定項目	測定方法	測定機器
U-238	TBP抽出分離法及び α 線スペクトロメトリ法	α 線波高分析装置 (CANBERRA製 α -Analyst)
Ra-226	EDTA-4Na分解・BaSO ₄ 再沈法 及び全 α 計数法	2 π ガスフロー自動測定装置 (日立アロカメディカル製LBC-4311B)
F	Fイオン電極法	Fイオンメーター (サーモフィッシャーサイエンティフィック製VERSA STAR)
Cs-134 Cs-137 K-40	Ge半導体検出器による γ 線 放出核種測定	Ge半導体検出器 (CANBERRA製GC2518)

表2 松葉の放射性核種及びF濃度の測定結果

地点	年度	採取日	灰化率(%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	F			Cs-134 (Bq/kg生)	Cs-137 (Bq/kg生)	K-40 (Bq/kg生)
						乾 (mg/kg乾)	生 (mg/kg生)	水分率(%)			
A1	R3	R3. 5. 10	1. 1	0. 016 ± 0. 002	0. 22 ± 0. 02	1. 5	0. 8	47. 9	ND	ND	73. 8 ± 0. 58
	R4	R4. 5. 18	1. 2	0. 025 ± 0. 002	0. 25 ± 0. 03	1. 1	0. 6	48. 4	ND	0. 019 ± 0. 005	74. 0 ± 0. 53
	R5	R5. 5. 31	1. 1	0. 032 ± 0. 003	0. 23 ± 0. 02	1. 6	0. 8	50. 4	ND	0. 026 ± 0. 006	71. 3 ± 0. 57
A2	R3	R3. 5. 10	1. 1	0. 026 ± 0. 003	0. 10 ± 0. 02	1. 5	0. 7	49. 9	ND	0. 023 ± 0. 007	74. 9 ± 0. 53
	R4	R4. 5. 18	1. 0	0. 016 ± 0. 002	0. 15 ± 0. 02	0. 9	0. 5	50. 7	ND	ND	62. 7 ± 0. 44
	R5	R5. 5. 31	1. 4	0. 018 ± 0. 002	0. 18 ± 0. 02	1. 3	0. 6	52. 8	ND	ND	71. 1 ± 0. 55
A3	R3	R3. 5. 12	1. 2	0. 071 ± 0. 005	0. 74 ± 0. 04	1. 6	0. 8	50. 1	ND	ND	69. 6 ± 0. 47
	R4	R4. 5. 23	1. 4	0. 081 ± 0. 005	0. 60 ± 0. 04	1. 9	0. 9	51. 6	ND	ND	79. 9 ± 0. 57
	R5	R5. 5. 29	1. 4	0. 117 ± 0. 008	3. 79 ± 0. 14	2. 0	0. 8	58. 7	ND	ND	47. 8 ± 0. 56
B1	R3	R3. 6. 1	1. 4	0. 024 ± 0. 003	0. 19 ± 0. 02	1. 7	0. 8	52. 4	ND	0. 145 ± 0. 008	51. 4 ± 0. 47
	R4	R4. 5. 16	1. 4	0. 019 ± 0. 002	0. 24 ± 0. 03	1. 3	0. 6	52. 7	ND	0. 126 ± 0. 008	52. 1 ± 0. 48
	R5	R5. 6. 6	1. 5	0. 026 ± 0. 003	0. 33 ± 0. 04	1. 8	0. 8	54. 8	ND	0. 120 ± 0. 009	52. 6 ± 0. 51
B2①	R3	R3. 4. 26	1. 3	0. 115 ± 0. 008	1. 90 ± 0. 08	1. 4	0. 7	50. 5	ND	0. 023 ± 0. 007	74. 8 ± 0. 68
	R4	R4. 5. 30	1. 6	0. 114 ± 0. 008	0. 41 ± 0. 04	1. 7	0. 8	52. 8	ND	ND	80. 6 ± 0. 62
	R5	R5. 5. 23	1. 5	0. 126 ± 0. 01	0. 53 ± 0. 04	1. 5	0. 8	50. 8	ND	ND	82. 7 ± 0. 62
B3	R3	R3. 4. 22	1. 3	0. 032 ± 0. 003	0. 19 ± 0. 02	1. 7	0. 9	45. 2	ND	ND	68. 5 ± 0. 69
	R4	R4. 5. 10	1. 2	0. 026 ± 0. 002	0. 20 ± 0. 02	1. 6	0. 8	47. 8	ND	ND	69. 0 ± 0. 48
	R5	R5. 5. 1	1. 1	0. 030 ± 0. 003	0. 06 ± 0. 01	1. 9	1. 0	47. 1	ND	0. 023 ± 0. 007	57. 2 ± 0. 44
C1	R3	R3. 6. 1	0. 9	0. 020 ± 0. 002	0. 23 ± 0. 02	1. 2	0. 5	56. 6	ND	0. 027 ± 0. 005	71. 7 ± 0. 49
	R4	R4. 5. 16	0. 9	0. 018 ± 0. 002	0. 18 ± 0. 02	1. 0	0. 5	54. 1	ND	0. 054 ± 0. 008	76. 9 ± 0. 51
	R5	R5. 5. 15	0. 9	0. 016 ± 0. 002	0. 26 ± 0. 02	1. 2	0. 6	52. 3	ND	0. 052 ± 0. 005	74. 6 ± 0. 46
C2	R3	R3. 4. 26	1. 0	0. 037 ± 0. 003	0. 45 ± 0. 03	1. 3	0. 7	46. 6	ND	0. 086 ± 0. 008	63. 3 ± 0. 52
	R4	R4. 5. 23	1. 0	0. 030 ± 0. 003	0. 36 ± 0. 03	1. 5	0. 8	50. 0	ND	0. 063 ± 0. 006	60. 1 ± 0. 44
	R5	R5. 5. 15	1. 0	0. 030 ± 0. 003	0. 32 ± 0. 03	1. 5	0. 8	48. 3	ND	0. 056 ± 0. 006	61. 5 ± 0. 47
測定範囲				0. 016 ~ 0. 126	0. 06 ~ 3. 79	0. 9 ~ 2. 0	0. 5 ~ 1. 0		ND	ND ~ 0. 145	47. 8 ~ 82. 7
平均値				0. 044	0. 50	1. 5	0. 7		ND	0. 060	67. 6
人形峠周辺	R3	R3. 6. 7	1. 0	0. 036 ± 0. 003	1. 14 ± 0. 06	0. 9	0. 5	48. 3	ND	0. 053 ± 0. 006	56. 9 ± 0. 43
	R4	R4. 6. 6	1. 0	0. 028 ± 0. 003	1. 11 ± 0. 06	0. 9	0. 4	54. 7	ND	0. 031 ± 0. 007	65. 3 ± 0. 54
	R5	R5. 6. 13	1. 0	0. 042 ± 0. 003	1. 17 ± 0. 06	1. 7	0. 8	52. 3	ND	0. 150 ± 0. 008	64. 7 ± 0. 45
測定範囲				0. 028 ~ 0. 042	1. 11 ~ 1. 17	0. 9 ~ 1. 7	0. 4 ~ 0. 8		ND	0. 031 ~ 0. 150	56. 9 ~ 65. 3
平均値				0. 034	1. 13	1. 2	0. 6		ND	0. 078	61. 0

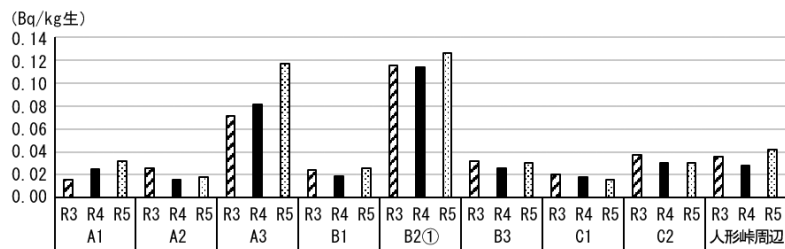


図2 松葉のU-238濃度比較図

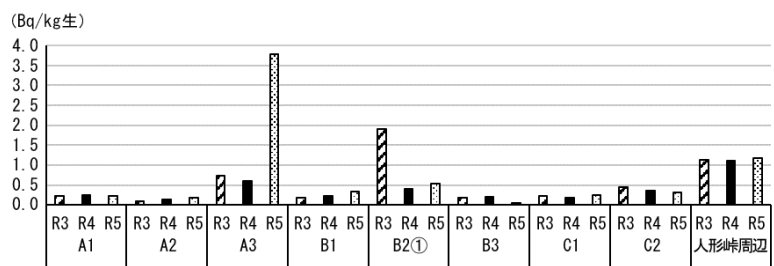


図3 松葉のRa-226濃度比較図

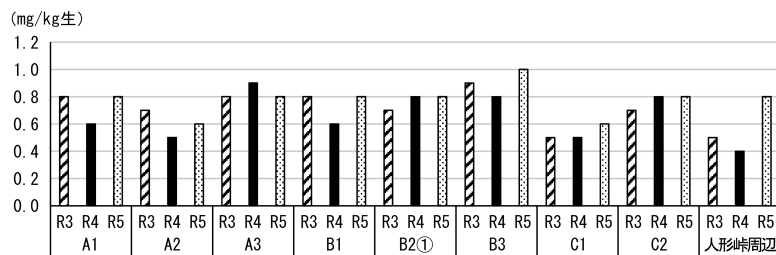


図4 松葉のF濃度比較図

R3調査で放射能濃度が特に高かったB2エリアの5個体の測定結果と人形峠監視結果を表3に示す。

人形峠監視結果とB2エリアにおける調査結果の平均値（以下「B2エリア平均」という。）を比較すると、F、Cs-134及びK-40濃度は特徴的な差は見られなかったが、U-238及びRa-226濃度は人形峠周辺よりもB2エリアが

高く、Cs-137濃度は低い傾向が見られた。

B2エリアの各樹木個体間の結果を比較すると、F、Cs-134、Cs-137及びK-40の濃度は大きな差は見られなかったが、U-238濃度で最大5倍程度、Ra-226濃度で最大10倍程度の個体差が見られた。

表3 松葉の放射性核種及びF濃度の測定結果（B2エリア）

地点	年度	採取日	灰化率(%)	U-238 (Bq/kg生)	Ra-226 (Bq/kg生)	F			Cs-134 (Bq/kg生)	Cs-137 (Bq/kg生)	K-40 (Bq/kg生)
						乾 (mg/kg乾)	生 (mg/kg生)	水分率 (%)			
B2①	R4	R4.5.30	1.6	0.114 ± 0.008	0.41 ± 0.04	1.7	0.8	52.8	ND	ND	80.6 ± 0.6
	R5	R5.5.23	1.5	0.126 ± 0.010	0.53 ± 0.04	1.5	0.8	50.8	ND	ND	82.7 ± 0.6
B2②	R4	R4.5.30	1.4	0.183 ± 0.012	4.60 ± 0.16	1.3	0.6	54.5	ND	0.033 ± 0.009	75.9 ± 0.6
	R5	R5.5.23	1.4	0.158 ± 0.011	3.70 ± 0.14	1.3	0.6	51.6	ND	0.048 ± 0.010	75.1 ± 0.6
B2③	R4	R4.5.30	1.0	0.036 ± 0.003	0.68 ± 0.04	1.6	0.8	52.0	ND	0.027 ± 0.008	70.5 ± 0.5
	R5	R5.5.23	1.1	0.040 ± 0.003	0.83 ± 0.05	1.4	0.7	48.1	ND	ND	70.1 ± 0.6
B2④	R4	R4.5.30	1.4	0.197 ± 0.013	3.83 ± 0.14	1.9	0.9	51.5	ND	ND	78.1 ± 0.6
	R5	R5.5.23	1.2	0.138 ± 0.009	3.73 ± 0.14	1.4	0.7	47.5	ND	ND	69.9 ± 0.6
B2⑤	R4	R4.5.30	1.2	0.138 ± 0.010	2.44 ± 0.10	1.4	0.7	51.9	ND	0.019 ± 0.006	49.6 ± 0.4
	R5	R5.5.23	1.2	0.132 ± 0.010	2.42 ± 0.10	1.5	0.8	49.9	ND	ND	49.1 ± 0.5
測定範囲				0.036 ~ 0.197	0.41 ~ 4.60	1.3 ~ 1.9	0.6 ~ 0.9		ND	0.019 ~ 0.048	49.1 ~ 82.7
平均値				0.126	2.32	1.5	0.7		ND	0.029	70.2
人形峠周辺	R4	R4.6.6	1.0	0.028 ± 0.003	1.11 ± 0.06	0.9	0.4	54.7	ND	0.031 ± 0.007	65.3 ± 0.5
	R5	R5.6.13	1.0	0.042 ± 0.003	1.17 ± 0.06	1.7	0.8	52.3	ND	0.150 ± 0.008	64.7 ± 0.5
測定範囲				0.028 ~ 0.042	1.11 ~ 1.17	0.9 ~ 1.9	0.4 ~ 0.9		ND	0.031 ~ 0.150	64.7 ~ 65.3
平均値				0.035	1.14	1.5	0.7		ND	0.091	65.0

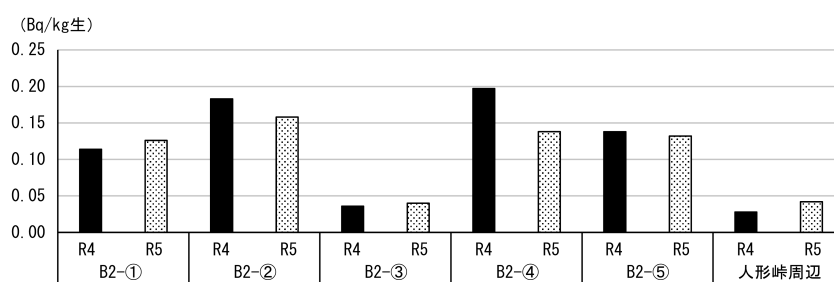


図5 松葉のU-238濃度比較図（B2エリア）

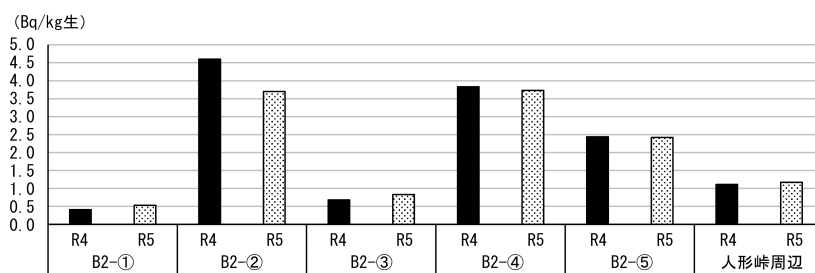


図6 松葉のRa-226濃度比較図（B2エリア）

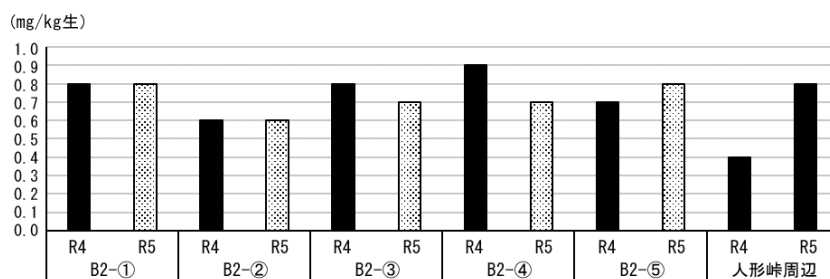


図7 松葉のF濃度比較図（B2エリア）

3.2 土壌

土壌の調査結果と人形峠監視結果を表4に示す。

放射性核種の濃度は、土壌の乾燥重量当たりの放射能濃度に換算（Bq/g乾）し、F濃度は、土壌の乾燥重量当たりのF濃度に換算（mg/kg乾）した。

土壌のU-238濃度は0.010～0.042 Bq/g乾、Ra-226濃度は0.02～0.10 Bq/g乾、F濃度は60～540 mg/kg乾、Cs-134濃度は全地点でND、Cs-137濃度はND～28.8 Bq/kg乾、K-40濃度は119～957 Bq/kg乾であった。

全エリアと人形峠監視結果の平均値を比較すると、F、Cs-134、Cs-137及びK-40の濃度は特徴的な差は見られなかったが、U-238及びRa-226濃度は人形峠周辺で全エリア平均値より2倍程度高い傾向が見られた。これは、人形峠周辺はウラン鉱床が存在する地域であり、U-238

及びその子孫核種であるRa-226が土壌中に比較的多く含まれるためであると考えられる。

各エリアの測定結果を比較すると、U-238及びRa-226濃度はA3エリア、F濃度はA3及びB3エリア、Cs-137濃度はC1エリアが比較的高く、全エリア平均値の2倍を超えていた。なお、K-40濃度はC1及びC2エリアで低かった。これは、C1及びC2エリアで採取した樹木近傍の腐葉土によるものと考えられる。

令和3年度の調査で放射能濃度が特に高かったB2エリアの5個体の測定結果と人形峠監視結果を表5に示す。

人形峠監視結果とB2エリアの平均を比較すると、いずれの項目も特徴的な差は見られなかった。

表4 土壌の放射性核種及びF濃度の測定結果

地点	年度	採取日	U-238 (Bq/g乾)	Ra-226 (Bq/g乾)	F (mg/kg乾)	Cs-134 (Bq/kg乾)	Cs-137 (Bq/kg乾)	K-40 (Bq/kg乾)
A1	R3	R3. 5. 10	0.011 ± 0.001	0.03 ± 0.003	70	ND	3.40 ± 0.25	888 ± 11
	R4	R4. 5. 18	0.011 ± 0.001	0.03 ± 0.002	86	ND	3.23 ± 0.26	831 ± 11
	R5	R5. 5. 31	0.011 ± 0.001	0.03 ± 0.003	60	ND	0.61 ± 0.17	957 ± 12
A2	R3	R3. 5. 10	0.015 ± 0.001	0.03 ± 0.003	130	ND	ND	728 ± 11
	R4	R4. 5. 18	0.015 ± 0.001	0.03 ± 0.002	120	ND	0.83 ± 0.25	803 ± 12
	R5	R5. 5. 31	0.014 ± 0.001	0.03 ± 0.003	120	ND	ND	794 ± 11
A3	R3	R3. 5. 12	0.028 ± 0.002	0.08 ± 0.004	130	ND	ND	905 ± 10
	R4	R4. 5. 23	0.042 ± 0.003	0.10 ± 0.005	540	ND	ND	956 ± 11
	R5	R5. 5. 29	0.016 ± 0.001	0.04 ± 0.003	180	ND	ND	772 ± 10
B1	R3	R3. 6. 1	0.022 ± 0.002	0.05 ± 0.003	190	ND	2.92 ± 0.27	688 ± 11
	R4	R4. 5. 16	0.019 ± 0.001	0.04 ± 0.003	210	ND	2.26 ± 0.27	669 ± 11
	R5	R5. 6. 6	0.018 ± 0.001	0.04 ± 0.003	190	ND	3.08 ± 0.29	656 ± 12
B2①	R3	R3. 4. 26	0.028 ± 0.002	0.05 ± 0.003	190	ND	0.88 ± 0.21	849 ± 12
	R4	R4. 5. 30	0.019 ± 0.001	0.04 ± 0.003	160	ND	ND	841 ± 10
	R5	R5. 5. 23	0.025 ± 0.002	0.04 ± 0.003	150	ND	ND	850 ± 11
B3	R3	R3. 4. 22	0.026 ± 0.002	0.06 ± 0.004	500	ND	ND	909 ± 10
	R4	R4. 5. 10	0.027 ± 0.002	0.06 ± 0.004	480	ND	ND	747 ± 9
	R5	R5. 5. 1	0.011 ± 0.001	0.03 ± 0.003	520	ND	0.68 ± 0.17	698 ± 10
C1	R3	R3. 6. 1	0.011 ± 0.001	0.02 ± 0.002	110	ND	28.8 ± 0.69	291 ± 9
	R4	R4. 5. 16	0.010 ± 0.001	0.02 ± 0.002	120	ND	28.8 ± 0.68	299 ± 9
	R5	R5. 5. 15	0.014 ± 0.001	0.02 ± 0.002	150	ND	13.9 ± 0.46	431 ± 10
C2	R3	R3. 4. 26	0.010 ± 0.001	0.03 ± 0.002	150	ND	2.86 ± 0.25	167 ± 6
	R4	R4. 5. 23	0.011 ± 0.001	0.02 ± 0.002	170	ND	2.95 ± 0.26	119 ± 5
	R5	R5. 5. 15	0.011 ± 0.001	0.02 ± 0.002	130	ND	2.06 ± 0.22	158 ± 6
測定範囲			0.010 ～ 0.042	0.02 ～ 0.10	60 ～ 540	ND	ND ～ 28.8	119 ～ 957
平均値			0.018	0.04	202	ND	6.49	667
人形峠周辺	R3	R3. 6. 7	0.053 ± 0.004	0.096 ± 0.005	120	ND	ND	1071 ± 13
	R4	R4. 6. 7	0.041 ± 0.003	0.083 ± 0.004	170	ND	ND	948 ± 11
	R5	R5. 6. 13	0.039 ± 0.003	0.081 ± 0.004	150	ND	ND	959 ± 11
測定範囲			0.039 ～ 0.053	0.081 ～ 0.096	120 ～ 170	ND	ND	948 ～ 1071
平均値			0.044	0.09	147	ND	ND	993

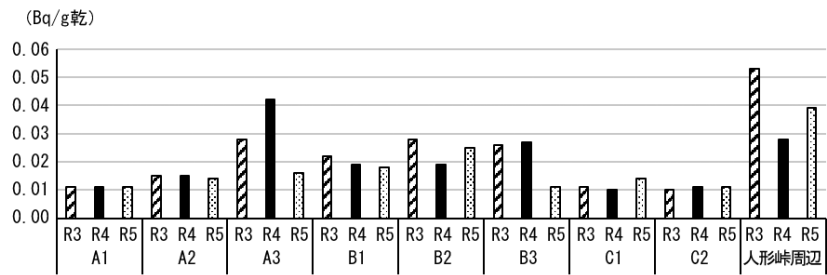


図8 土壌のU-238濃度比較図

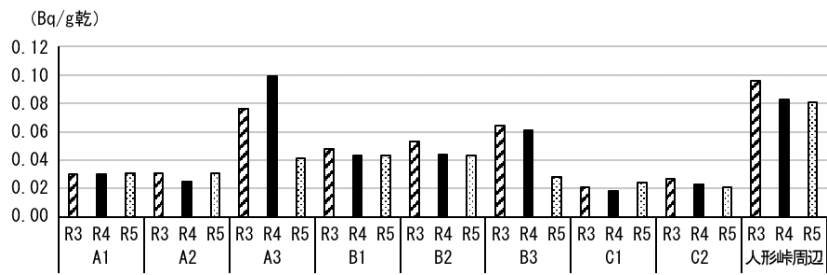


図9 土壌のRa-226濃度比較図

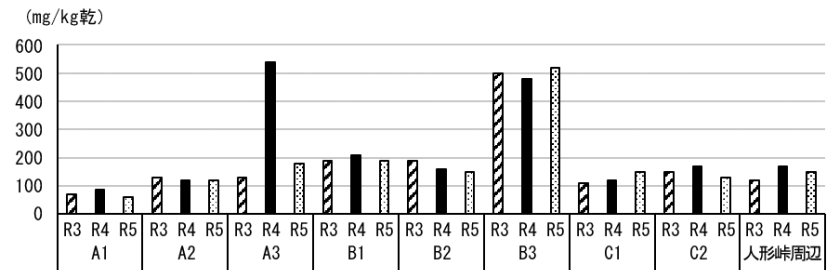


図10 土壌のF濃度比較図

表5 土壌の放射性核種及びF濃度の測定結果 (B2エリア)

地点	年度	採取日	U-238 (Bq/g乾)	Ra-226 (Bq/g乾)	F	Cs-134 (Bq/kg乾)	Cs-137 (Bq/kg乾)	K-40 (Bq/kg乾)
					(mg/kg乾)			
B2①	R4	R4. 5. 30	0.019 ± 0.001	0.04 ± 0.003	160	ND	ND	841 ± 10
	R5	R5. 5. 23	0.025 ± 0.002	0.04 ± 0.003	150	ND	ND	850 ± 11
B2②	R4	R4. 5. 30	0.028 ± 0.002	0.06 ± 0.004	140	ND	0.86 ± 0.22	914 ± 12
	R5	R5. 5. 23	0.026 ± 0.002	0.06 ± 0.004	140	ND	0.73 ± 0.21	934 ± 12
B2③	R4	R4. 5. 30	0.029 ± 0.002	0.05 ± 0.003	190	ND	0.85 ± 0.19	417 ± 9
	R5	R5. 5. 23	0.026 ± 0.002	0.06 ± 0.004	180	ND	0.66 ± 0.15	812 ± 10
B2④	R4	R4. 5. 30	0.022 ± 0.001	0.05 ± 0.003	140	ND	1.48 ± 0.25	908 ± 13
	R5	R5. 5. 23	0.023 ± 0.002	0.05 ± 0.003	140	ND	1.11 ± 0.34	943 ± 13
B2⑤	R4	R4. 5. 30	0.042 ± 0.002	0.11 ± 0.005	190	ND	ND	1013 ± 12
	R5	R5. 5. 23	0.043 ± 0.003	0.09 ± 0.005	200	ND	ND	1066 ± 13
測定範囲			0.019 ~ 0.043	0.04 ~ 0.11	140 ~ 200	ND	ND ~ 1.48	417 ~ 1066
平均値			0.028	0.06	163	ND	0.95	870
人形峠周辺	R4	R4. 6. 7	0.041 ± 0.003	0.083 ± 0.004	170	ND	ND	948 ± 11
	R5	R5. 6. 13	0.039 ± 0.003	0.081 ± 0.004	150	ND	ND	959 ± 11
測定範囲			0.039 ~ 0.041	0.081 ~ 0.083	150 ~ 170	ND	ND	948 ~ 959
平均値			0.040	0.08	160	ND	ND	953

B2エリアの各個体間の結果を比較すると、F、Cs-134、Cs-137及びK-40の濃度は大きな差は見られなかったが、U-238及びRa-226の濃度で最大2倍程度の個体差が見られた。

3.3 移行係数

次に、生育土壌と松葉に含まれる放射性核種及びF濃度の関係性を調べるため、土壌から松葉への各項目の移行係数（松葉中の濃度/土壌中の濃度）を算出した結果を表6に示す。

U-238は各エリアで $9.6\text{E-}04\sim 7.3\text{E-}03$ 、人形峠周辺で $6.8\text{E-}04\sim 1.1\text{E-}03$ 、Ra-226は各エリアで $2.1\text{E-}03\sim 9.2\text{E-}02$ 、人形峠周辺で $1.2\text{E-}02\sim 1.4\text{E-}02$ であり、いずれの核種においても極端な変動は認められなかった。佐々木らの報告⁷⁾によると、一般的な農作物における移行係数はU-238で $4.9\text{E-}06\sim 3.6\text{E-}04$ 、Ra-226で $<7.8\text{E-}04\sim 4.0\text{E-}03$ であり、松葉中におけるU-238及びRa-226の移行係数は一般的な農作物と比べてやや高い傾向であった。

また、参考に算定した土壌から松葉へのF、Cs-137及びK-40の移行係数は、Fは各エリアで $1.7\text{E-}03\sim 1.3\text{E-}02$ 、人形峠周辺で $2.4\text{E-}03\sim 5.3\text{E-}03$ 、Cs-137は各エリアで

$9.4\text{E-}04\sim 5.6\text{E-}02$ （人形峠周辺ではNDのため算出不可）、K-40は各エリアで $6.2\text{E-}02\sim 5.0\text{E-}01$ 、人形峠周辺で $5.3\text{E-}02\sim 6.9\text{E-}02$ であり、いずれの項目についても各エリアと人形峠周辺では同程度であった。

令和3年度の調査で放射能濃度が特に高かったB2エリアの5個体における土壌から松葉への移行係数を算出した結果を表7に示す。

U-238は $1.2\text{E-}03\sim 9.0\text{E-}03$ 、Ra-226は $9.3\text{E-}03\sim 8.1\text{E-}02$ 、Fは $3.7\text{E-}03\sim 6.4\text{E-}03$ 、Cs-137は $3.2\text{E-}02\sim 6.5\text{E-}02$ 、K-40は $4.6\text{E-}02\sim 1.7\text{E-}01$ であり、他のエリアや人形峠周辺と同程度であった。また、エリアの違いによるバラツキと樹木個体差によるバラツキは同程度であった。

4 まとめ

令和3年度～令和5年度に行った調査では、U-238、Ra-226、F、Cs-134、Cs-137及びK-40濃度について岡山県内におけるバックグラウンドレベルを把握することができた。各エリアの調査結果と人形峠監視結果の平均値を比較すると、人形峠周辺において、松葉ではRa-226濃度が、土壌ではU-238及びRa-226の濃度が、それぞれ

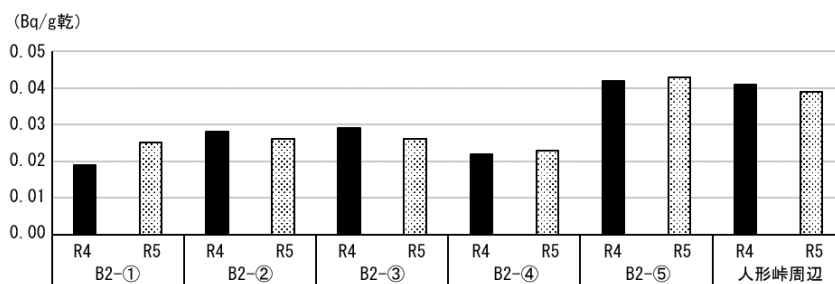


図11 土壌のU-238濃度比較図（B-2エリア）

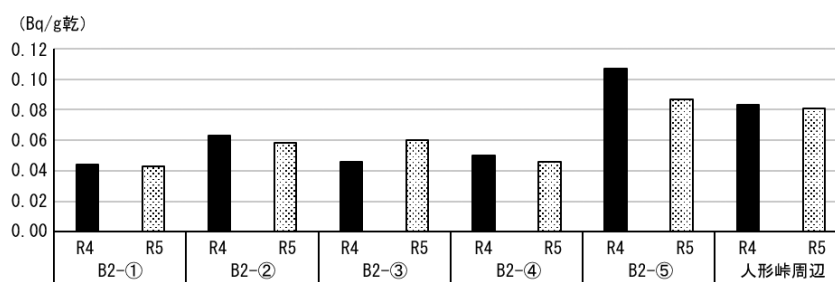


図12 土壌のRa-226濃度比較図（B-2エリア）

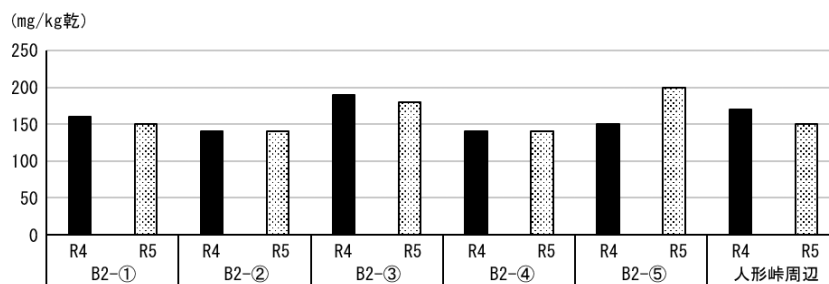


図13 土壌のF濃度比較図（B-2エリア）

各エリアより高かった。一方、各エリア間の測定結果を比較すると、松葉ではU-238及びRa-226濃度がA3エリア及びB2①エリアで、Cs-137濃度がB1エリアで特に高かった。また、土壌ではU-238及びRa-226濃度がA3エリアで、F濃度がA3及びB3エリアで、Cs-137濃度がC1エリアで特に高かった。U-238及びRa-226濃度について、採取年度による変動傾向は比較的少なかったが、

R5年度に伐採に伴い採取対象樹木を変更したA3エリアの松葉中Ra-226濃度が従前と大きく異なった。このことは、たとえ近傍であっても樹木個体によって松葉中の濃度が大きく異なることを示唆していた。

一方、B2エリアで行った各樹木個体間の結果を比較すると、U-238及びRa-226の松葉中濃度については、近傍の距離であっても数倍の濃度差が認められ、さらには

表6 移行係数（松葉濃度／土壌濃度）

地点	年度	採取日	移行係数（松葉濃度／土壌濃度）				
			U-238	Ra-226	F	Cs-137	K-40
A1	R3	R3.5.10	1.5 E-03	7.3 E-03	1.1 E-02	－	8.3 E-02
	R4	R4.5.18	2.3 E-03	8.3 E-03	6.5 E-03	5.9 E-03	8.9 E-02
	R5	R5.5.31	2.9 E-03	7.4 E-03	1.3 E-02	4.3 E-02	7.5 E-02
A2	R3	R3.5.10	1.7 E-03	3.2 E-03	5.6 E-03	－	1.0 E-01
	R4	R4.5.18	1.1 E-03	6.0 E-03	3.8 E-03	－	7.8 E-02
	R5	R5.5.31	1.3 E-03	5.8 E-03	5.0 E-03	－	9.0 E-02
A3	R3	R3.5.12	2.5 E-03	9.7 E-03	6.2 E-03	－	7.7 E-02
	R4	R4.5.23	1.9 E-03	6.1 E-03	1.7 E-03	－	8.4 E-02
	R5	R5.5.29	7.3 E-03	9.2 E-02	4.4 E-03	－	6.2 E-02
B1	R3	R3.6.1	1.1 E-03	4.0 E-03	4.3 E-03	5.0 E-02	7.5 E-02
	R4	R4.5.16	1.0 E-03	5.6 E-03	2.9 E-03	5.6 E-02	7.8 E-02
	R5	R5.6.6	1.4 E-03	7.7 E-03	4.2 E-03	3.9 E-02	8.0 E-02
B2①	R3	R3.4.26	4.1 E-03	3.6 E-02	3.5 E-03	2.6 E-02	8.8 E-02
	R4	R4.5.30	6.0 E-03	9.3 E-03	4.9 E-03	－	9.6 E-02
	R5	R5.5.23	5.0 E-03	1.2 E-02	5.3 E-03	－	9.7 E-02
B3	R3	R3.4.22	1.2 E-03	3.0 E-03	1.8 E-03	－	7.5 E-02
	R4	R4.5.10	9.6 E-04	3.3 E-03	1.7 E-03	－	9.2 E-02
	R5	R5.5.1	2.7 E-03	2.1 E-03	1.9 E-03	3.4 E-02	8.2 E-02
C1	R3	R3.6.1	1.8 E-03	1.1 E-02	4.6 E-03	9.4 E-04	2.5 E-01
	R4	R4.5.16	1.8 E-03	1.0 E-02	3.8 E-03	1.9 E-03	2.6 E-01
	R5	R5.5.15	1.1 E-03	1.1 E-02	4.0 E-03	3.7 E-03	1.7 E-01
C2	R3	R3.4.26	3.7 E-03	1.7 E-02	4.7 E-03	3.0 E-02	3.8 E-01
	R4	R4.5.23	2.7 E-03	1.6 E-02	4.5 E-03	2.1 E-02	5.0 E-01
	R5	R5.5.15	2.7 E-03	1.5 E-02	6.2 E-03	2.7 E-02	3.9 E-01
測定範囲			9.6 E-04 ～ 7.3 E-03	2.1 E-03 ～ 9.2 E-02	1.7 E-03 ～ 1.3 E-02	9.4 E-04 ～ 5.6 E-02	6.2 E-02 ～ 5.0 E-01
平均値			2.5 E-03	1.3 E-02	4.8 E-03	2.6 E-02	1.4 E-01
人形峠周辺	R3	R3.6.7	6.8 E-04	1.2 E-02	4.2 E-03	－	5.3 E-02
	R4	R4.6.7	6.8 E-04	1.3 E-02	2.4 E-03	－	6.9 E-02
	R5	R5.6.13	1.1 E-03	1.4 E-02	5.3 E-03	－	6.7 E-02
測定範囲			6.8 E-04 ～ 1.1 E-03	1.2 E-02 ～ 1.4 E-02	2.4 E-03 ～ 5.3 E-03		5.3 E-02 ～ 6.9 E-02
平均値			8.1 E-04	1.3 E-02	4.0 E-03		6.3 E-02

表7 移行係数（松葉濃度／土壌濃度）（B2エリア）

地点	年度	採取日	移行係数（松葉濃度／土壌濃度）				
			U-238	Ra-226	F	Cs-137	K-40
B2①	R4	R4.5.30	6.0 E-03	9.3 E-03	5.0 E-03	－	9.6 E-02
	R5	R5.5.23	5.0 E-03	1.2 E-02	5.3 E-03	－	9.7 E-02
B2②	R4	R4.5.30	6.5 E-03	7.3 E-02	4.3 E-03	3.8 E-02	8.3 E-02
	R5	R5.5.23	6.1 E-03	6.4 E-02	4.3 E-03	6.5 E-02	8.0 E-02
B2③	R4	R4.5.30	1.2 E-03	1.5 E-02	4.2 E-03	3.2 E-02	1.7 E-01
	R5	R5.5.23	1.5 E-03	1.4 E-02	3.9 E-03	－	8.6 E-02
B2④	R4	R4.5.30	9.0 E-03	7.7 E-02	6.4 E-03	－	8.6 E-02
	R5	R5.5.23	6.0 E-03	8.1 E-02	5.0 E-03	－	7.4 E-02
B2⑤	R4	R4.5.30	3.3 E-03	2.3 E-02	3.7 E-03	－	4.9 E-02
	R5	R5.5.23	3.1 E-03	2.8 E-02	4.0 E-03	－	4.6 E-02
測定範囲			1.2 E-03 ～ 9.0 E-03	9.3 E-03 ～ 8.1 E-02	3.7 E-03 ～ 6.4 E-03	3.2 E-02 ～ 6.5 E-02	4.6 E-02 ～ 1.7 E-01
平均値			4.8 E-03	4.0 E-02	4.6 E-03	4.5 E-02	8.7 E-02
人形峠周辺	R4	R4.6.7	6.8 E-04	1.3 E-02	2.4 E-03	－	6.9 E-02
	R5	R5.6.13	1.1 E-03	1.4 E-02	5.3 E-03	－	6.7 E-02
測定範囲			6.8 E-04 ～ 1.1 E-03	1.3 E-02 ～ 1.4 E-02	2.4 E-03 ～ 5.3 E-03		6.7 E-02 ～ 6.9 E-02
平均値			8.8 E-04	1.4 E-02	3.8 E-03		6.8 E-02

人形峠監視結果を上回る濃度が検出されるなど大きな個体差が見られた。これは、上述のA3エリアにおける採取対象個体変更に伴う濃度の違いと同様の傾向であった。すなわち、サンプリング対象個体はたとえ近傍であっても生物質中の濃度が大きく異なることがあるため、モニタリングを実施する際には、このことを十分に踏まえて計画することが非常に重要であると考えられた。

今回の調査において、松葉の移行係数の範囲について把握することができた。各エリアと同一エリア内（B2エリア調査）における移行係数の範囲は概ね同等であり、エリア間での気候などの生育状況の違いにかかわらず一定の範囲にあることが認められ、このデータは監視測定における松葉中放射能濃度の評価の一助となる。

文 献

- 1) 畑 陽介, 清水光郎, 木下浩行, 片岡敏夫, 小川 登:
岡山県内における環境放射能バックグラウンド調査
(第4報), 岡山県環境保健センター年報, 40, 39-
46, 2016
- 2) 蜂谷博郎, 木下浩行, 加藤大貴, 清水光郎, 小川 登:
岡山県内における環境放射能バックグラウンド調査
－ヨモギ－ (第3報), 岡山県環境保健センター年報,
42, 27-34, 2018
- 3) 中野拓也, 蜂谷博郎, 加藤大貴, 小川 登, 信森達
也, 三宅和彰, 森上嘉亮: 人形峠周辺の環境放射線
等測定に係る補完調査－野菜・精米－ (第3報),
岡山県環境保健センター年報, 45, 13-18, 2021
- 4) 原子力規制委員会: 放射能測定法シリーズ
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/library/series/>
(2024.7.9 アクセス)
- 5) 柳沢三郎: 植物体中のフッ化物の測定法の検討, 環
境保健レポート, 8, 33-37, 1972
- 6) 原子力規制委員会: 日本の環境放射能と放射線,
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/> (2024.7.9 ア
クセス)
- 7) 佐々木朋三, 田代純利, 藤永英司, 石井友章, 軍司
康義: 土壌から農作物へのウラン, トリウム, ラジ
ウム及び鉛の移行係数と線量評価, 保健物理,
37(3), 208-221, 2002