

Atomic Sciences

よくわかる岡山の原子力2023



岡山県

はじめに

岡山県鏡野町には、『国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力機構）人形峠環境技術センター』という原子力の研究施設があります。

この資料では、岡山県や鏡野町、人形峠環境技術センターが実施している安全確保・環境保全のための対策などについて、わかりやすく解説しています。

第1章 放射線の知識（P3～P8）

- 1 放射線とは 3
- 2 放射線の単位 5
- 3 身の回りの放射線 6
- 4 放射線の身体への影響 7
- 5 外部被ばくと内部被ばくについて 8

第2章 原子力発電の知識（P9～P11）

- 1 原子力発電の仕組み 9
- 2 核燃料サイクル 11

第3章 人形峠環境技術センターについて（P12～P15）

- 1 事業内容 12
- 2 環境保全対策 13
- 3 法規制 14
- 4 安全対策・防災対策 15

第4章 岡山県の取り組み（P16～30）

- 1 人形峠環境技術センター周辺の環境監視 16
- 2 監視結果の評価、公表 19
- 3 測定結果（総論） 20
- 4 測定結果（各論） 22
- 5 捨石たい積場について 28
- 6 人形峠アトムサイエンス館 30

人形峠と岡山県



岡山県の北部に位置する鏡野町上齋原地区は鳥取県との県境にあり、この地区に、日本最初のウラン利用技術の開発の拠点として世界的に有名な人形峠があります。標高 700 m を超えるこの付近は、春にはヤマボウシが咲き誇り、夏は緑の中でのキャンプ、秋は紅葉狩り、冬は温泉にスキーと、四季折々の大自然が訪れる人を歓迎してくれます。

この人形峠では、昭和 30 年 11 月にウラン鉱床の露頭が発見されたことからウランの採鉱試験が始まり、その後ウランの製錬・転換、濃縮等の実用化技術の開発とウラン濃縮事業が行われてきました。



ウラン鉱石

人形峠という名前の由来

この人形峠に、昔、体長 3m もあるハチの大王が住んでいて、峠を通る人々を襲ったので、村人も困り果てていました。ところがある日、ひとりのお坊さんがその話を聞き、本物の人間と間違えるような大きな人形を峠に立てるように言いました。

村人たちがお坊さんに教わったとおりになると、3日後に巨大なハチが人形のそばで死んでいました。何度も人形を襲ってついに力尽きたのです。その後、村人たちは、人形を峠に埋めて守り神として祀りました。これが人形峠の名の由来です。



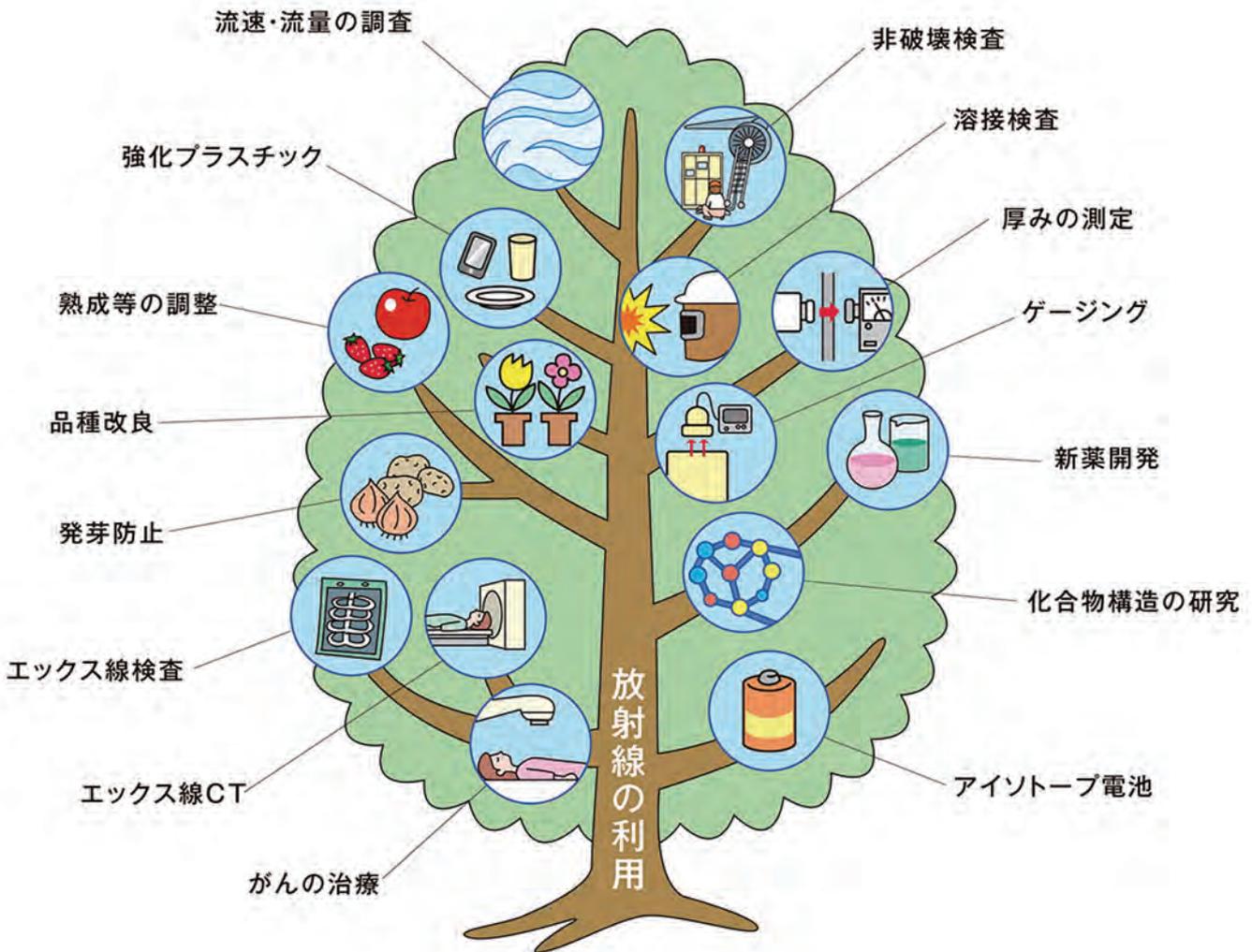
第1章 放射線の知識

1 放射線とは

放射性物質の原子核はエネルギー的に不安定な状態にあり、放射線を出して、別の原子核か同じ原子核のより安定な状態に変わります。このことを「壊変」といいます。このときに放出される放射線は、エネルギーを持った電磁波や粒子の流れであり、物質をつき抜ける性質があります。しかし、放射線は遮へいされたり、距離が離れるほど量が減っていきます。また、放射性物質は時間がたつにつれて壊変し、量が減っていきます。その量が半分になるまでの時間を「半減期」といいます。

自然界には、地球が誕生したときから存在する放射性物質から放出される放射線や、宇宙から降りそそぐ放射線があり、私たちは、これらの自然放射線に囲まれながら生活しています。

また、私たちは放射線や放射性物質を人工的に作り出し、利用しています。たとえば、レントゲン（X線）は病気の診断に、各種の放射性物質は、医療、農業、文化財の調査、金属や機器類の検査など産業の各方面で利用されています。



出典：(一財)日本原子力文化財団 HP

代表的な放射線

● アルファ (α) 線

…陽子2個と中性子2個からなる粒子で、物質を通り抜けにくく、紙1枚や数 cm の空気でさえぎることができます。

● ベータ (β) 線

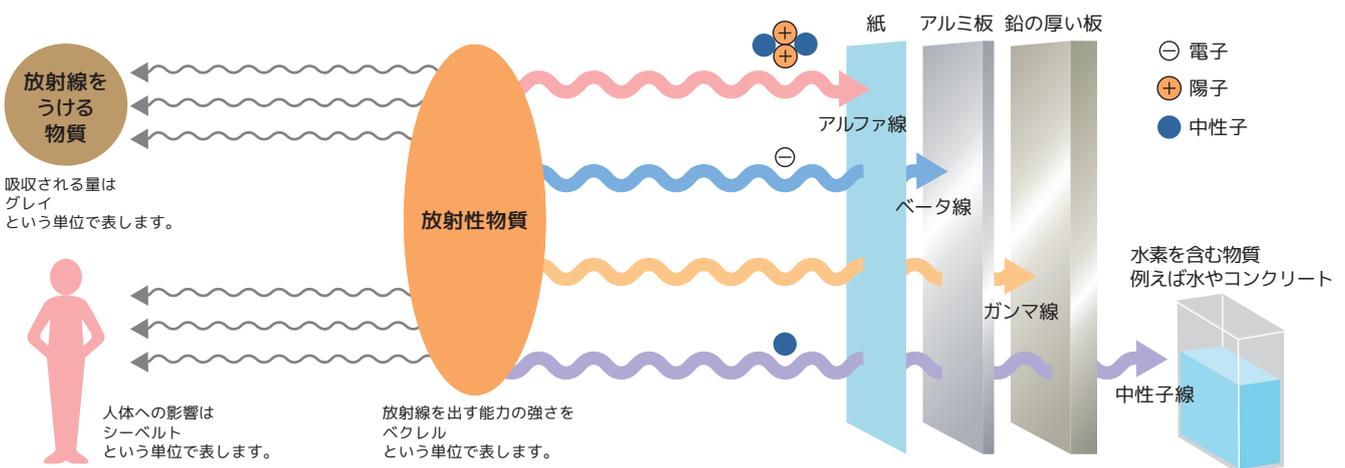
…原子核から飛び出した1個の電子で、薄い金属やプラスチックの板でさえぎることができます。

● ガンマ (γ) 線

…不安定な原子核の余分なエネルギーが電磁波として放出されるもので、物質を通り抜けやすく、鉛や厚い鉄の板などの重い金属などでないとさえぎることができません。

● 中性子線

…中性子のことで、水やコンクリートのように、水素をたくさん含む物質でさえぎることができます。



放射能とは

自然界には、様々な種類の放射性物質があり、それらは多かれ少なかれ、放射線を出しています。この放射線を出す能力を放射能といいます。時には、放射性物質のことを放射能ということもあります。

例えば、ウラン (U) やラジウム (Ra) は水や岩石の中に含まれていますし、ラドン (Rn) は大気中にも存在します。カリウム (K) は重要な栄養素で、食品にも多く含まれますが、その一部は放射能を持っています。

人形峠環境技術センターの事業によって、私たちの暮らしに影響があってははいけません。そのため岡山県では人形峠環境技術センター周辺の環境における空間 γ 線線量率やウラン、ラジウム等の濃度を測定し、監視しています。

2 放射線の単位

● ベクレル (Bq)

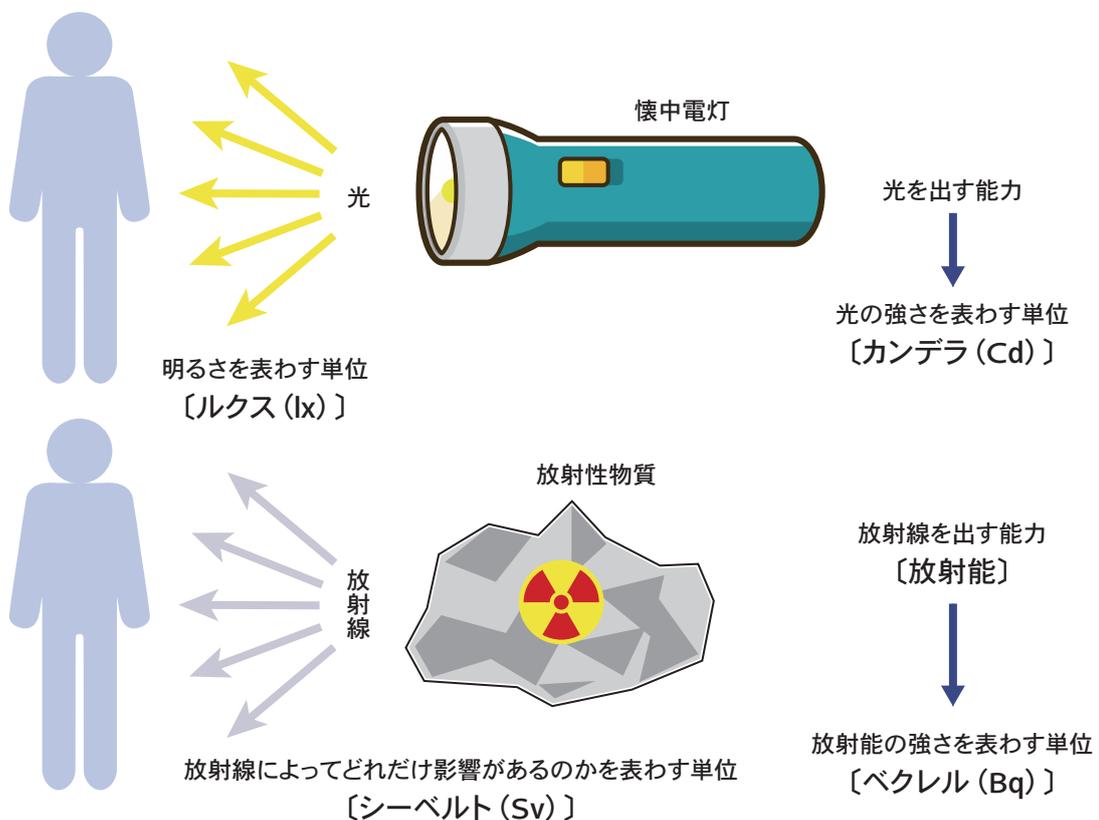
… 1秒間に原子核が壊変する回数の単位で、放射性物質が有する放射線を出す能力 (放射能) の強さを表します。

● グレイ (Gy)

… 放射線がある物質に当たったとき、その物質に吸収されるエネルギー量 (吸収線量) を表す単位です。

● シーベルト (Sv)

… 体の外から放射線を受けたり、食物などを通して体内に入った放射性物質によって体の中から放射線を受けたりするときの、人体への影響の度合いを示す単位です。



出典：(一財)日本原子力文化財団 HP

放射線の単位の前には、
よく「ミリ(m)」や「マイクロ(μ)」がつきますが、
ミリ(m)は1000分の1を表し、
マイクロ(μ)は100万分の1を表しています。
例：0.001Sv = 1mSv = 1,000 μ Sv



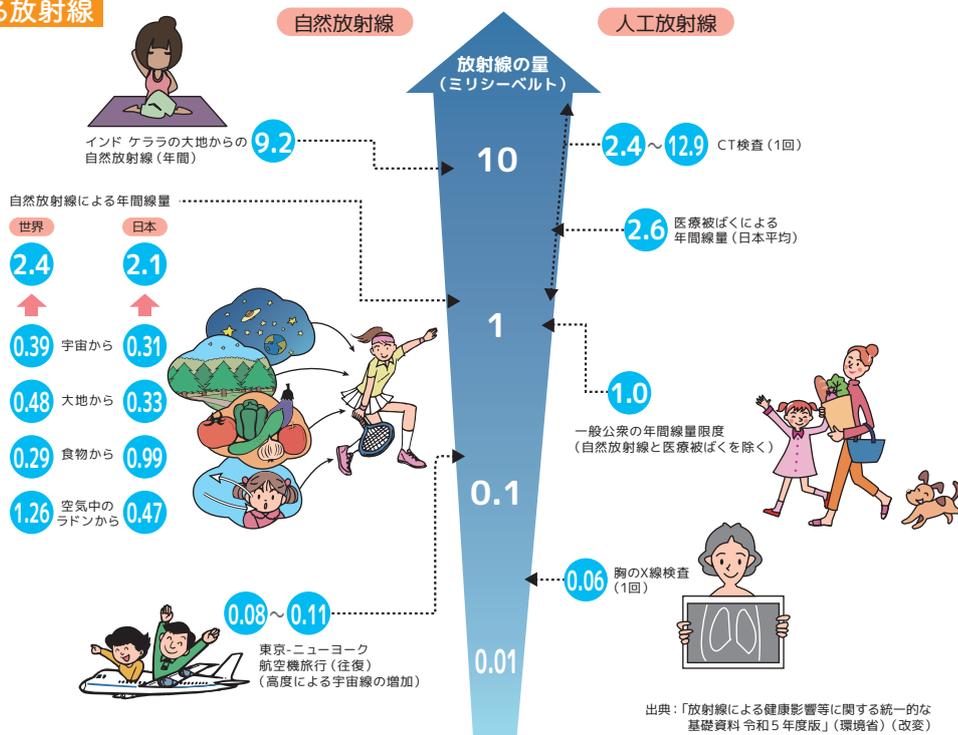
3 身の回りの放射線

自然放射線の量

私たちが1年間に受けている自然放射線は、宇宙から0.39ミリシーベルト、大地から0.48ミリシーベルト、食物を通して体内から0.29ミリシーベルト、合わせて約1.1ミリシーベルト（大気中ラドンによる影響を除く）とされています。この値は、全世界の平均的水準ですが、地域によって大きな差があります。ブラジルやインド、イランの一部地域には、年間10ミリシーベルトを超えるところもあります。

わが国においては、一般の人が自然界と医療用以外から受ける放射線量の上限値は年間1ミリシーベルトと定められています。

日常生活で受ける放射線



体内、食物中の放射性物質

●体内の放射性物質の量

(体重60 kilogramsの日本人の場合)

カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

●食物中のカリウム40の放射性物質の量 (日本)

(単位:ベクレル/キログラム)

干しこんぶ	2,000	干しいたけ	700	ポテトチップ	400	生わかめ	200	ほうれん草	200	魚	100
-------	-------	-------	-----	--------	-----	------	-----	-------	-----	---	-----

牛肉	100	牛乳	50	食パン	30	米	30	ビール	10
----	-----	----	----	-----	----	---	----	-----	----

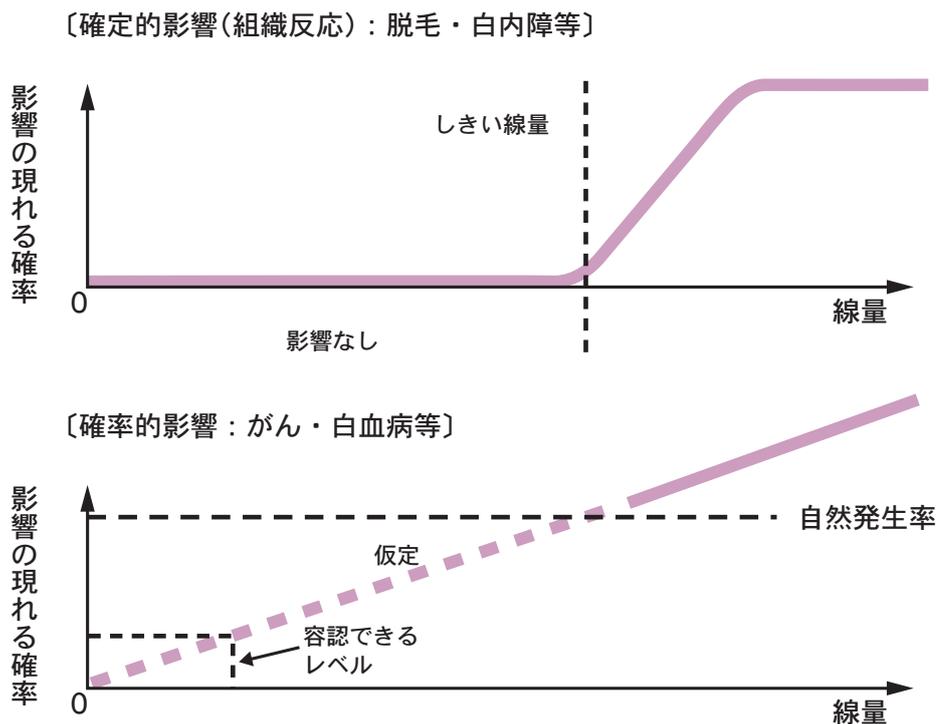
出典：(一財) 日本原子力文化財団 HP 改変

4 放射線の身体への影響

放射線の人体への影響は、影響が生じる仕組みによって「確定的影響」と「確率的影響」の2種類に分けられます。

- **確定的影響**：「一定量以上の放射線（しきい値）を受けると影響が現れる」現象のこと。
一定以上の線量を超える強い放射線を短時間に受けると現れる影響のことで多くの急性症状がこれに当てはまります。
症状によってしきい値は異なり、脱毛や白内障等の症状が現れます。
- **確率的影響**：「放射線を受ける量が多くなるほど影響が現れる確率が高まる」現象のこと。
確率的影響は、しきい値がないと仮定する影響のことでガンや白血病があるが、放射線の量が多くなったからといって、症状が重くなるわけではありません。

放射線防護は、しきい値のある確定的影響はそれ以下で、確率的影響は容認できるレベル以下で線量を管理することが原則になります。



出典：(一財)日本原子力文化財団 HP

【放射線と他の要因の発がんリスクの比較】

国立がん研究センターの研究によると、生活習慣による発がんのリスクは放射線の被ばくによるリスクに換算すると下記のとおりとなります。

継続した喫煙：1,000～2,000 ミリシーベルト相当

運動不足：200～500 ミリシーベルト相当

野菜不足：100～200 ミリシーベルト相当

出典：国立がん研究センター資料

5 外部被ばくと内部被ばくについて

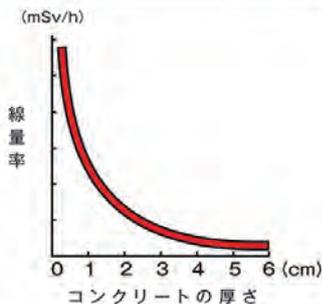
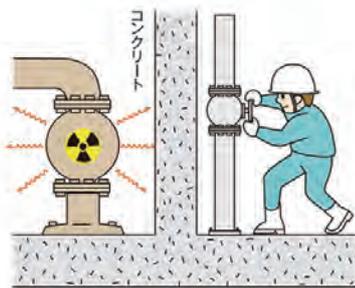
放射線を受けることを「被ばく」といい、被ばくする経路によって「外部被ばく」と「内部被ばく」に分かれています。

- **外部被ばく**：体の外にある放射性物質などから出ている放射線を受けること。
外部被ばくで主に問題になるのは、透過力が高く、体の深部まで到達するガンマ線やエックス線、中性子線です。
外部被ばくを避ける方法には、下記の3つの方法があります。
 - 遮へい：作業者との間に遮へい物を設けることで放射線の強さを弱める。
 - 距離：放射線源と作業者との距離を離すことで放射線の強さを弱める。
放射性物質と人との距離が2倍になると、放射線の強さは4分の1になります。
(時間あたりの放射線量は距離の2乗に反比例する。)
 - 時間：作業者が放射線にさらされる時間を短縮し、放射線の被ばくを少なくする。
- **内部被ばく**：呼吸や飲食によって体の中に取り込まれた放射性物質から放射線を受けること。
アルファ線は、飛ぶ距離が短いため、影響は放射性物質が存在する体の中に限定されますが、人体への影響が大きいため内部被ばくに注意する必要があります。
内部被ばくを避けるためには、放射性物質を体の中に取り込まないための工夫が重要になります。

放射線防護の基本

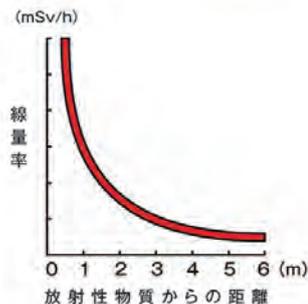
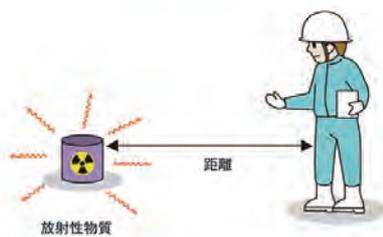
1. 遮へいによる防護

(線量率) = 遮へい体が厚い程低下



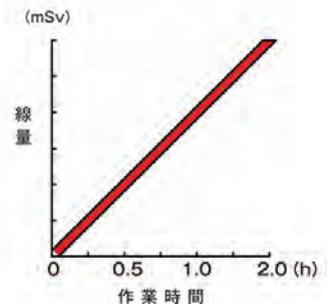
2. 距離による防護

(線量率) = 距離の二乗に反比例



3. 時間による防護

(線量) = (作業場所の線量率) × (作業時間)



出典：(一財) 日本原子力文化財団 HP

第2章 原子力発電の知識

1 原子力発電の仕組み

原子力発電は核分裂で得られる熱エネルギーで水を沸かし、蒸気力で蒸気タービンを回転させて電気を起こします。

核分裂はさまざまな原子核で起こりますが、特に核分裂が起こりやすい物質として「ウラン」があります。

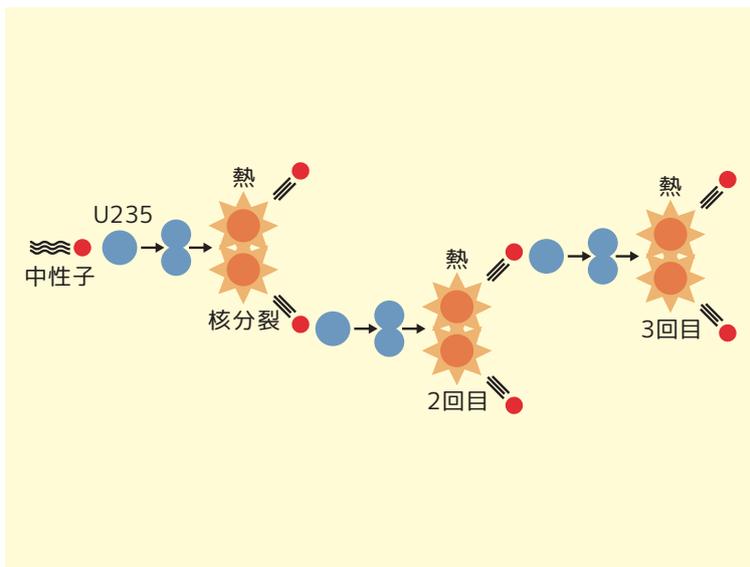
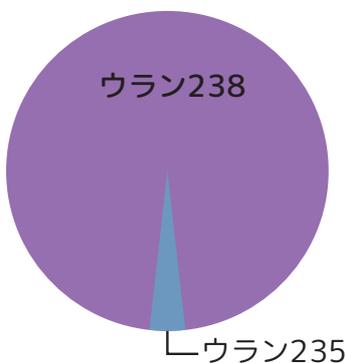
ウランは92個の陽子をもっていますが、自然界には、中性子を142個もつウランと143、146個もつウランが存在します。142個もつものは「ウラン234」、143個もつものは、「ウラン235」、146個もつものが「ウラン238」です。このように陽子の数は同じで、中性子の数の異なるものを同位元素（アイソトープ）といいます。

自然界には核分裂しにくいウラン238が多く存在しますが、原子力発電では核分裂しやすいウラン235の含有量を高めたウランを燃料として使います。

ウラン235の原子核に中性子を当てると、ウラン原子は2つの原子核に核分裂します（=核分裂）。この時に熱エネルギーと新たに2～3個の中性子が発生します。この中性子がさらに別のウラン235に当たると、核分裂が起きてさらに熱エネルギーと2～3個の中性子が発生します。

この連鎖する反応を「臨界」といい、この反応がゆっくりと連続的に行われるように工夫したのが、原子炉です。「ウラン燃料が炉内で核分裂を起こす」ことを「ウランが燃える」ということがありますが、実際にウランに火がついて燃え上がるのではなく、ウランが核分裂を繰り返し、発熱する状態を例えたものです。

原子炉燃料用の
ウランと核分裂

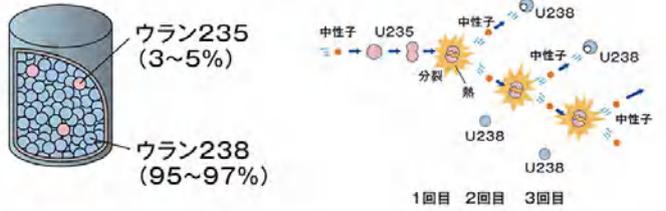


原子力発電と原子爆弾（ウラン型）の違い

原子力発電所では核分裂反応をゆっくりと進ませて、できるだけ長い期間にわたり熱を出すことに重点を置いて設計されています。そのため原子炉はウラン235が3～5%程度含まれている燃料を使い、制御しやすく、原子爆弾のように核爆発を起こさない設計になっています。

これに対し、原子爆弾は、核分裂しやすい、ウラン235の割合をほぼ100%まで濃縮して爆弾を製造し、一気に核分裂を発生させることによって、爆発するようにつくられています。

原子力発電と原子爆弾の違い

	ウラン235とウラン238の割合と核分裂連鎖反応	核分裂数の制御の方法
原子力発電の場合	<p>ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収される等の理由により核分裂が一定の規模で継続する</p>  <p>ウラン235 (3~5%) ウラン238 (95~97%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない</p>
原子爆弾の場合	<p>ウラン235の割合がほぼ100%と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々に起こり、一瞬のうちに爆発的なエネルギーが放出される</p>  <p>火薬</p> <p>ウラン235 (ほぼ100%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が設置されておらず、自己制御性がないため、急激に増加する核分裂を止めることはできない</p>

出典：(一財) 日本原子力文化財団 HP

【ウラン235の濃度を上げる方法】

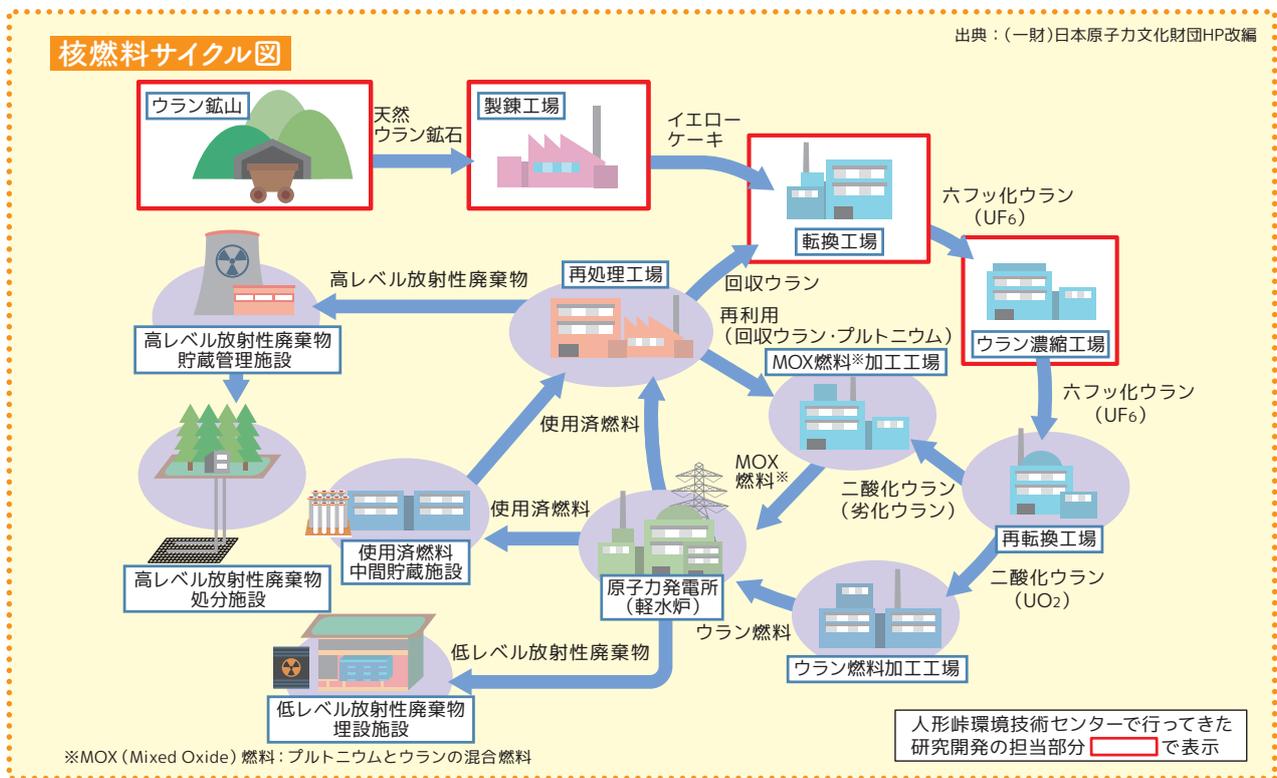
天然のウランにはウラン235が0.7%程度しか含まれておらず、原子炉で使える3～5%程度に濃度を上げることを濃縮といいます。人形峠環境技術センターで開発されたウラン235の濃度を上げる方法の一つに、遠心分離機を使用する遠心分離法があります。気体状態の六フッ化ウラン (UF₆) を、高速回転中の遠心分離機に入れると、遠心力により重いウラン238が外側に、軽いウラン235が内側に集まるため、ウラン235の濃度を上げることができます。

2 核燃料サイクル

原子力発電の燃料であるウランの特徴として、少量で大量のエネルギーを作り出せることの他に、一度使った燃料（使用済燃料）を再利用できるということがあげられます。使用済燃料には、燃え残ったウラン（天然ウランよりたくさんのウラン235が含まれている。）や原子炉の中で新たに出来たプルトニウムがあり、それを回収することで再び燃料として使用できます。

このような燃料の流れを図示すると下の図のように輪（サイクル）になることから、核燃料を何度も利用することを「核燃料サイクル」と呼んでいます。

人形峠環境技術センターでは、核燃料サイクルの工程のうち、ウラン鉱石の採掘、製錬、転換及び濃縮についての研究が行われてきました。（下図の赤枠）



- **製錬**：採掘されたウラン鉱石を精製し、純度を高めて粉末状のウラン精鉱（八酸化三ウラン（ U_3O_8 ）／イエローケーキとも呼ばれる。）を作る工程を「製錬」といいます。
- **転換**：天然ウラン精鉱（イエローケーキ）や再処理工場で回収された回収ウランから六フッ化ウラン（ UF_6 ）を作る工程を「転換」といいます。
- **濃縮**：転換により作られた六フッ化ウランを遠心分離法により、核分裂するウラン235の濃度を高めることを「濃縮」といいます。



濃縮六フッ化ウラン

再転換工場へ

第3章 人形峠環境技術センターについて

1 事業内容

1955（昭和30）年、日本で初めてウラン鉱床の露頭が人形峠で発見されたことを契機に、原子燃料公社人形峠出張所（現：人形峠環境技術センター）が開設され、核燃料サイクルの上流側といわれるウランの採掘、製錬、転換、濃縮等の核燃料サイクルに関する総合的な研究、開発が行われました。

人形峠環境技術センターでは、核燃料物質を製造する初期工程である「ウラン鉱石を六フッ化ウランに転換する試験」、六フッ化ウランを原料としたウラン濃縮技術開発のための「ウラン濃縮パイロットプラントの運転」、ウラン濃縮の実用化のための「ウラン濃縮原型プラントの運転」などが行われ、その後、2001（平成13）年3月に、施設の運転は全て終了しました。ここで得られた試験、研究、運転成果は、青森県六ヶ所村の民間会社が運営しているウラン濃縮工場等に活かされています。

現在は、ウランを取り扱ってきた核燃料施設（原子力施設）内の設備等の解体を進めながら、更なる安全かつ効率的な解体技術の開発等を行っています。また、ウランの探鉱、採掘、製錬に関する鉱山活動を終えた鉱山施設についても安全な維持管理を継続しながら、鉱山施設の閉山措置のために必要な研究開発に取り組んでいます。

大規模な核燃料施設の解体が行われているのは、国内で初めてであり、一連の作業を通じて得られた技術や経験を体系化するための廃止措置エンジニアリングシステムを開発し、今後の核燃料施設の廃止措置に反映することを目指しています。



人形峠環境技術センターの沿革

- 1955年11月（昭和30年） ウラン鉱床の露頭発見
- 1957年 8月（昭和32年）「原子燃料公社人形峠出張所」開設
- 1959年 5月（昭和34年） 採鉱試験開始
- 1964年 7月（昭和39年） 製錬試験開始
- 1967年10月（昭和42年）「動力炉・核燃料開発事業団」発足
- 1976年11月（昭和51年） 転換開発試験開始
- 1979年 9月（昭和54年） ウラン濃縮パイロットプラント運転開始
- 1982年12月（昭和57年） 回収ウラン転換試験開始
- 1988年 4月（昭和63年） ウラン濃縮原型プラント操業開始
- 1992年 8月（平成 4年） 脱硝工程高度化確認試験開始
- 1994年 8月（平成 6年） 回収ウラン転換実用化試験開始
- 1996年 9月（平成 8年） 回収ウラン再濃縮開始
- 1998年10月（平成10年） 核燃料サイクル開発機構発足
- 1999年 7月（平成11年） 製錬転換施設の操業終了
- 2001年 3月（平成13年） ウラン濃縮原型プラントの操業終了
- 2005年10月（平成17年）「独立行政法人日本原子力研究開発機構」発足
- 2015年 4月（平成27年）「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構」に名称変更
- 2016年12月（平成28年） ウランと環境研究プラットフォーム構想公表
- 2021年 4月（令和 3年） 加工施設（ウラン濃縮原型プラント等）の廃止措置開始

2 環境保全対策

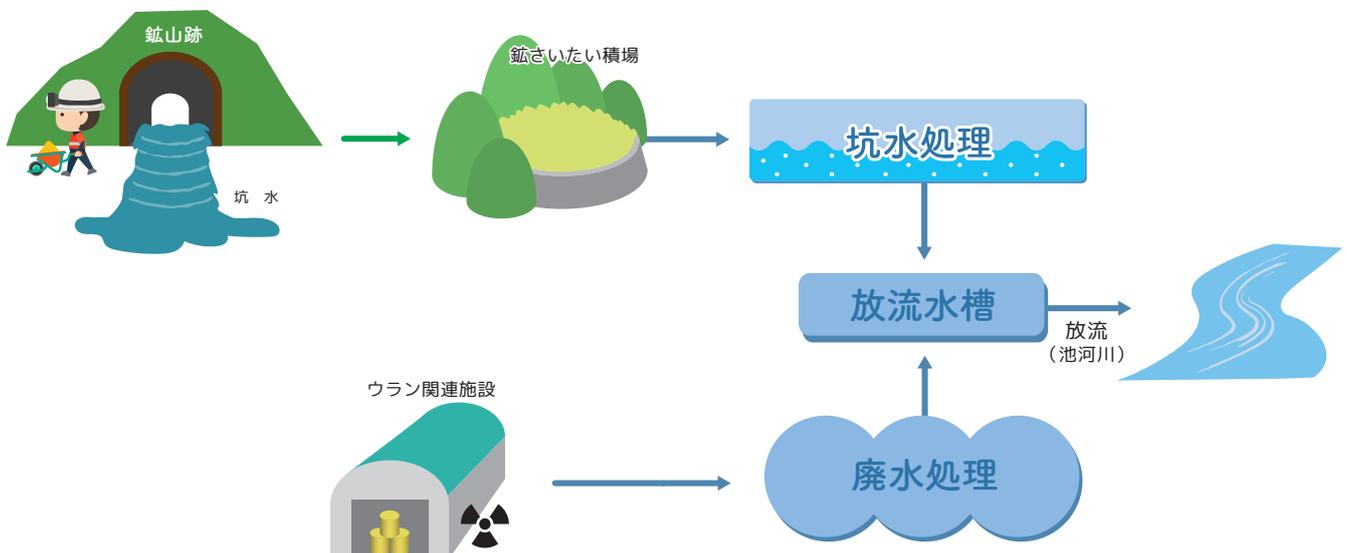
人形峠環境技術センターでは、保安規定や作業基準等に基づいて十分な安全・環境保全対策がとられています。製錬転換施設や濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラントなどの各工程において放射線や放射性物質等を厳重に管理し、人形峠環境技術センターの周辺環境に問題が生じないように排気や排水及び空間放射線等の監視、放射性廃棄物の管理も行われています。さらに、周辺環境の環境監視についても厳重に行い、監視結果は、定期的に国、岡山県及び鏡野町に報告されています。

排気・排水等の処理

- **排気処理**：各施設の排気は、化学吸着や高性能フィルターによって放射性物質を排出基準値以下まで取り除いた後に施設外へ排出されます。各施設の排気筒では放射能とふっ素の連続測定・監視を行い、排出基準値以下であることを確認しています。放射性物質を扱う区域（管理区域）では、建物内の気圧を大気圧より低く保ち、万一配管等から放射性物質やふっ素がもれ出しても、建物の外に直接出ない構造になっています。



- **排水・坑水処理**：鉱さいたい積場に集水した坑水は、化学的な坑水処理を施したのち放流水槽へ送られます。ウラン関連施設の排水は、化学的な廃水処理等を施したのち、放射能やふっ素などの濃度を測定し、環境保全協定で定めた基準値以下であることを確認してから放流水槽へ送られます。放流水槽に集水した排水は、そこでも放射能やふっ素などの濃度を測定し、排出基準値以下であることを確認した後に、河川に放流されます。



3 法規制

県の規制

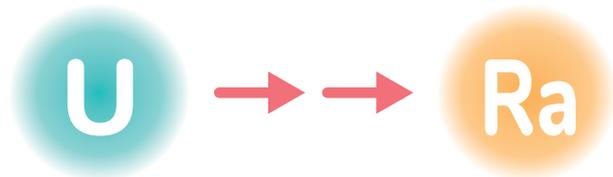
● 「動力炉・核燃料開発事業団人形峠事業所周辺環境保全等に関する協定」(環境保全協定)

…人形峠環境技術センター周辺の住民の健康を保護し、生活環境を保全するため、ウラン濃縮パイロットプラントの運転開始前の1979(昭和54)年に、岡山県、鏡野町(旧上齋原村)、日本原子力研究開発機構(旧動力炉・核燃料開発事業団)の3者間で結ばれました。

岡山県と鏡野町は、この環境保全協定に基づいて、安全確保、環境保全を人形峠環境技術センターに求めており、特に、排気、排水などに含まれる放射性物質などについては、法令による規制値よりもさらに厳しい管理目標値を定めています。岡山県では環境保全のために厳重な監視測定を行うとともに、鏡野町と合同で定期的な立入調査を行っています。

対象	項目	管理目標値	法令による規制値	
排気	全アルファ線 Bq/cm ³	7.4(3.7)×10 ⁻⁹	—	
	ウラン Bq/cm ³	1.8×10 ⁻⁹	—	
	ラジウム Bq/cm ³	3.7×10 ⁻⁹	—	
	ふっ素 mg/m ³	3.3×10 ⁻⁴	—	
排水	全アルファ線又は全ベータ線 Bq/cm ³	22(3.7)×10 ⁻³	—	
	ウラン Bq/cm ³	2.2×10 ⁻³	—	
	ラジウム Bq/cm ³	1.8×10 ⁻³	—	
	ふっ素 mg/L	8~10	—	
敷地境界	空間線量	ガンマ線線量率 μGy/h	0.087	0.143
	大気浮遊じん	ウラン Bq/cm ³	1.4×10 ⁻⁹	2×10 ⁻⁸
		ラジウム Bq/cm ³	7.4×10 ⁻¹⁰	4×10 ⁻⁸
	大気	ふっ素 mg/m ³	3.3×10 ⁻⁴	—
河川水	ウラン Bq/cm ³	1.1×10 ⁻³	2×10 ⁻²	
	ラジウム Bq/cm ³	3.7×10 ⁻⁵	2×10 ⁻³	
	ふっ素 mg/L	0.5	—	
河底土	ウラン Bq/g	1.8	—	
	ラジウム Bq/g	1.8	—	
畑土 水田土	ウラン Bq/g	1.8	—	
	ラジウム Bq/g	0.74	—	

※()は、ウラン濃縮工場に係る数値
「法令による規制値について」
空間線量及びウラン、ラジウムは「核燃料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」



ウランは放射線を出しながらラジウム等に変化することから、ラジウムの測定を行っています。



国の規制

下記の法律により、人形峠環境技術センターにおける放射線や放射性物質の使用について厳しく規制されています。

- 原子力基本法
- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法
- 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(原子炉等規制法)
- 放射性同位元素等の規制に関する法律(放射性同位元素等規制法)
- 原子力災害対策特別措置法
- 鉱山保安法

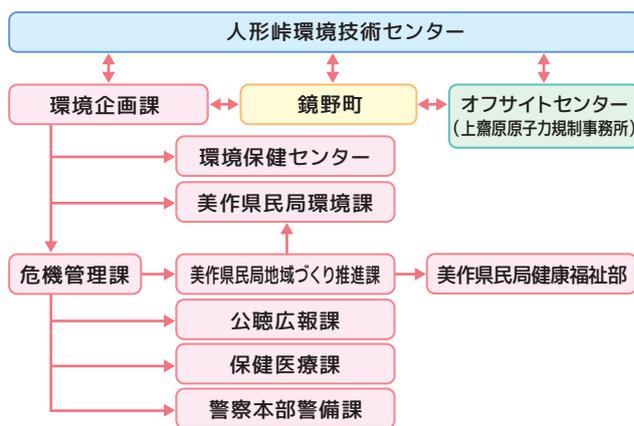
4 安全対策・防災対策

安全対策

人形峠環境技術センターでは、火災、地震、停電、故障などいろいろな状況を想定した二重、三重の安全対策を行っています。

また、環境保全協定に基づいて事故時の通報連絡体制にも万全を期しています。図のような通報連絡網を設けて、万一の事故に対処できるよう備えています。

停電対策として、岡山県側と鳥取県側の両側から受電しており、さらには、両方向の電気が止まっても自家用発電機が設置されているため、安全確保に必要な装置の運転を続けられるようになっています。



防災対策

岡山県では、2000（平成12）年度に、鏡野町にオフサイトセンターを設置し、モニタリング設備の強化や放射線被ばくを防止するための資機材等の整備などを行いました。

オフサイトセンターは、原子力災害対策特別措置法で規定されている「緊急事態応急対策等拠点施設」（原子力災害が発生した場合に、国や地方自治体の現地災害対策本部などが情報を共有しながら連携のとれた応急措置等を講じていくための拠点）であり、全国の原子力関係施設の近くに設置されています。

岡山県のオフサイトセンター内には、国の原子力運転検査官及び原子力防災専門官が常駐する上齋原原子力規制事務所を開設し、人形峠環境技術センターへの安全規制及び防災対策の強化を行っています。また、人形峠環境技術センターにおける事故を想定した原子力防災訓練を鳥取県と合同で実施しています。



上齋原オフサイトセンター



岡山県原子力防災訓練〔2024（令和6）年10月30日〕

第4章 岡山県の取り組み

1 人形峠環境技術センター周辺の環境監視

岡山県では、環境保全協定の締結以来、人形峠環境技術センター周辺の環境監視を続けています。環境監視は、異常の早期発見、住民の放射線被ばく線量の推定、放射性物質の環境への蓄積傾向の把握等の調査を目的として行われています。

環境監視は、「連続測定」「サンプリング測定」の2通りの方法で行っています。

連続観測局及びサンプリング地点〔2023（令和5）年度〕

凡 例

- | | | | |
|---|--|---|---|
|  連続観測局 |  河川水 |  水田土 |  精米 |
|  樹葉 |  飲料水 |  畑土 |  野菜 |
|  淡水魚 |  大気浮遊じん |  河底土 |  未耕土 |



連続測定

連続測定は、空間ガンマ線線量率や大気中のふっ素濃度などの測定を、人形峠環境技術センター周辺の3か所の観測局（人形峠、赤和瀬、天王）で連続測定を行っています。それらの測定値をテレメータ装置によって、環境保健センターの監視サーバへ自動的に送り、24時間連続監視しています。異常が認められた場合は、速やかに必要な措置を講じることとしています。テレメータシステムは、非常用発電機による停電対応の他、衛星回線による回線二重化、さらには、監視サーバの副拠点化を行い、地震等の災害に備えています。

なお、連続測定している測定値は、岡山県のホームページにおいてリアルタイムで公表しています。
(<http://www.okayama.ecweb.jp/>)



■連続観測局による連続測定〔2023（令和5）年度〕

↑岡山県のHPはこちらから

測定対象	測定項目	連続観測局		
		人形峠	赤和瀬	天王
空間線量	空間ガンマ線線量率	○	○	○
大気浮遊じん	全アルファ放射能	○	○	○
大気	ふっ素	○	○	○
気象	風向・風速	○	○	○
	降水量・降水時間（感雨）	○	○	○
	気温・温度・湿度	○	○	○
	放射収支量		○	
	日射量		○	
	気圧		○	
	積雪深		○	
	雷		○	

観測局（3箇所）



測定データ

環境保健センターを
経由して表示

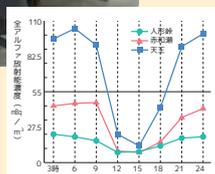
ホームページ



テレメータシステム



各連続観測局から送信されてきたデータは、環境保健センターの中央局監視サーバで受信、処理、記録され、毎日データ確認を行っています。



サンプリング測定

サンプリング測定は、呼吸等により、体内に取り込まれる大気浮遊じんや飲料水、米、野菜、魚のほか、河川水、土、樹葉などを、人形峠環境技術センター周辺と人形峠付近を源流部とする吉井川流域で定期的に採取し、環境保健センターで分析しています。

■サンプリング測定〔2023（令和5）年度〕
（数字は測定地点数）

測定対象	測定項目		
	ウラン	ラジウム	ラドン
大気浮遊じん	5	5	
河川水・放流水等	15	15	15
飲料水	1	1	1
河底土	5	5	
水田土	2	2	
畑土	2	2	
未耕土	3	3	
精米	2	2	
野菜	1	1	
樹葉	3	3	
淡水魚	1	1	

環境保健センター分析室

試料は環境保健センターの分析室で精密に分析されます。



ラジウム分析の前処理作業



ウラン分析の前処理作業

試料採取の様子



樹葉（スギ）の採取



河川水の採取



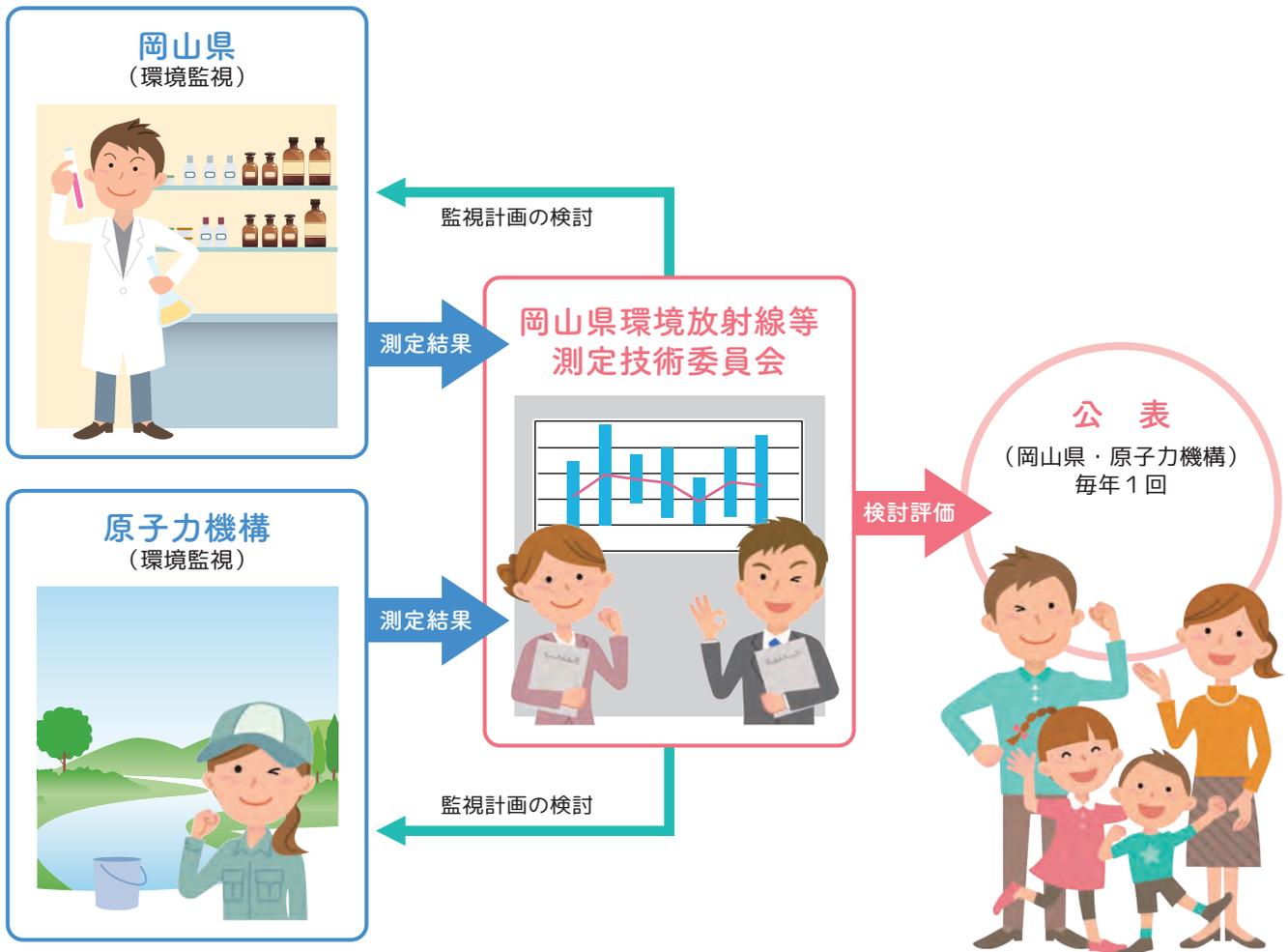
2 監視結果の評価、公表

1979（昭和54）年に岡山県及び人形峠環境技術センターが行う環境監視測定等について、測定計画の検討や測定結果の評価などを行う組織として、「岡山県環境放射線等測定技術委員会」が設置されました。学識経験者などで構成されたこの委員会は、毎年数回開催され、次の事項を検討評価しています。

- ①人形峠環境技術センター周辺の環境監視計画に関すること
- ②測定方法の検討及び調整に関すること
- ③測定データの技術的評価、解析に関すること
- ④環境放射線等に関する情報の収集及び情報交換に関すること
- ⑤その他の環境監視測定に関する技術的事項

また、監視測定結果については、この委員会の検討・評価を経て、毎年1回公表しています。

岡山県環境放射線等測定技術委員会



3

測定結果（総論）

人形峠環境技術センター周辺の環境監視を開始してから2023（令和5）年度まで、放射線等に異常は認められていません。2023（令和5）年度の測定結果の概要をとりまとめた表は次のとおりです。



1 人形峠環境技術センターに係る監視測定

(1) 連続測定（人形峠観測局・赤和瀬観測局・天王観測局）

項目	管理目標値	測定結果	備考
空間ガンマ線線量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	0.087	平均値 0.055 最大値 0.122	平常の変動範囲0.015~0.135 法令値0.143
大気中ふっ素濃度 (10^{-4}mg/m^3)	3.3	平均値 不検出 最大値 不検出	

(2) サンプル測定（鏡野町内及び吉井川流域）

項目	管理目標値	測定結果	備考
ウラン (U-238)	大気浮遊塵 (10^{-9}Bq/cm^3)	平均値 不検出 最大値 不検出	法令値20
	河川水 (10^{-3}Bq/cm^3)	平均値 0.003未満 最大値 0.005	法令値20
	河底土 (Bq/g乾)	平均値 0.014 最大値 0.021	
	畑土、水田土 (Bq/g乾)	平均値 0.038 最大値 0.059	
ラジウム (Ra-226)	大気浮遊塵 (10^{-10}Bq/cm^3)	平均値 不検出 最大値 不検出	法令値400
	河川水 (10^{-5}Bq/cm^3)	平均値 0.7未満 最大値 0.7未満	法令値200
	河底土 (Bq/g乾)	平均値 0.052 最大値 0.083	
	畑土、水田土 (Bq/g乾)	平均値 0.056 最大値 0.086	



2 中津河捨石堆積場周辺に係る監視測定（鏡野町内）

項目		管理目標値	測定結果		備考
空間ガンマ線線量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		0.087	平均値 0.080 最大値 0.095	平常の変動範囲0.042~0.094 法令値0.143	
ウラン (U-238)	河川水 (10^{-3}Bq/cm^3)	1.1	平均値 不検出 最大値 不検出	法令値20	
	河底土 (Bq/g 乾)	1.8	平均値 0.014 最大値 0.015		
ラジウム (Ra-226)	河川水 (10^{-5}Bq/cm^3)	3.7	平均値 不検出 最大値 不検出	法令値200	
	河底土 (Bq/g 乾)	1.8	平均値 0.035 最大値 0.035		

測定結果の詳細なデータを確認したい方は、岡山県のホームページに測定結果報告書を掲載しているのご確認ください。
(<https://www.pref.okayama.jp/page/detail-4607.html>)



これらの測定結果は、
岡山県環境放射線等測定技術委員会において
詳細に検討され、
「異常はない」との評価を受けています。



岡山県環境放射線等測定技術委員会

4 測定結果（各論）

連続測定

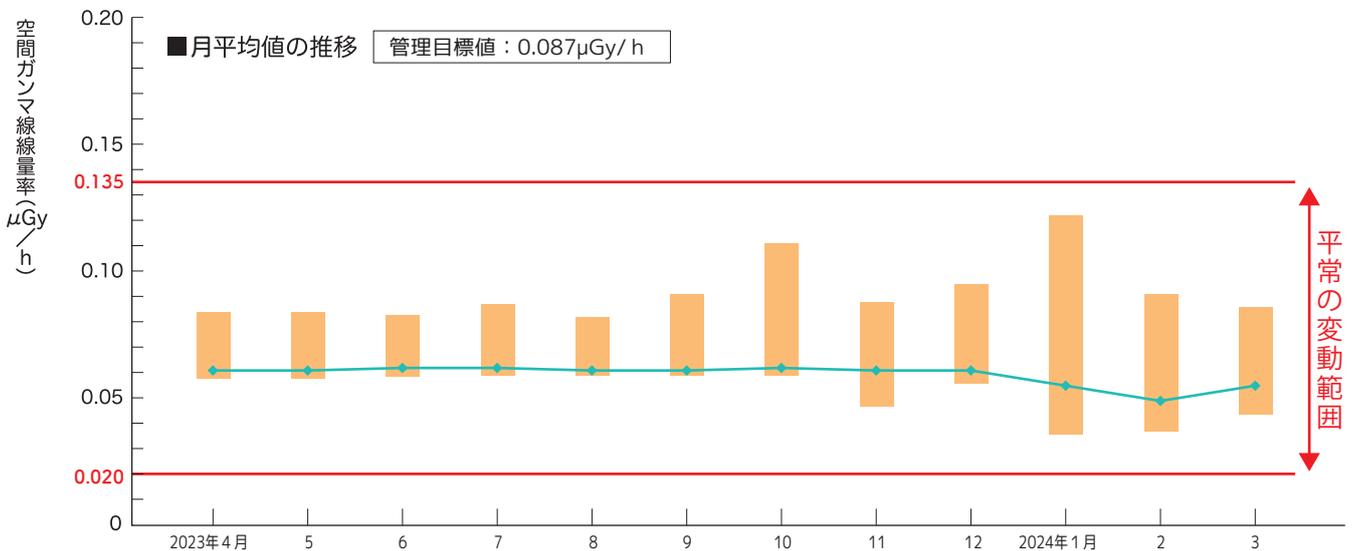
● 空間ガンマ線線量率

空間ガンマ線線量率は、自動測定機による連続測定を人形峠、赤和瀬、天王の3つの連続観測局で測定しており、下の図は2023（令和5）年度の人形峠局における1か月毎の最高値及び最低値（1日平均値）を示したものです。

このように2023（令和5）年度の空間ガンマ線線量率測定値は平常の変動範囲※（直近10年間の測定結果の範囲）内に収まっており、異常は認められませんでした。他の2観測局についても同様に平常の変動範囲を下回っていました。

※空間ガンマ線の計測値は自然放射線を含んだ値ですが、管理目標値は事業活動に起因する放射線（能）等に適用され、自然放射線（能）等を含まない値として設定されているため、平常の変動範囲（事業場からの影響が認められなかった直近10年間の測定結果の範囲）を参考にして評価しています。

人形峠局の月毎の最低値及び最高値〔2023（令和5）年度〕



最高値	■	測定局	平常の変動範囲【μGy/h】 (平成25年度から令和4年度)	
平均値	◆		最高値	0.135
最低値	□		最低値	0.020
人形峠				

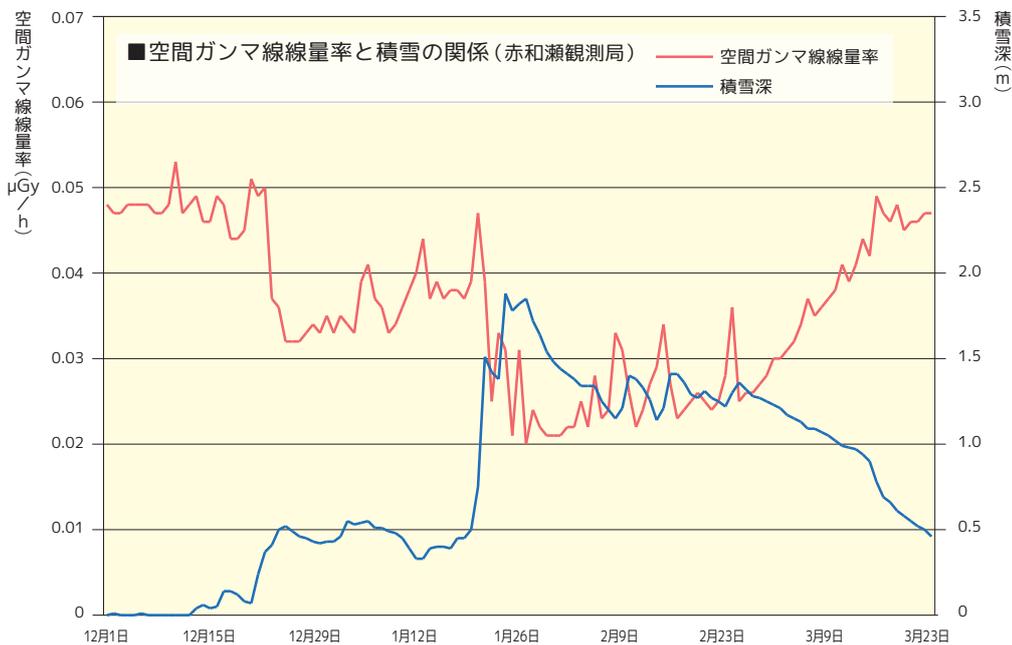
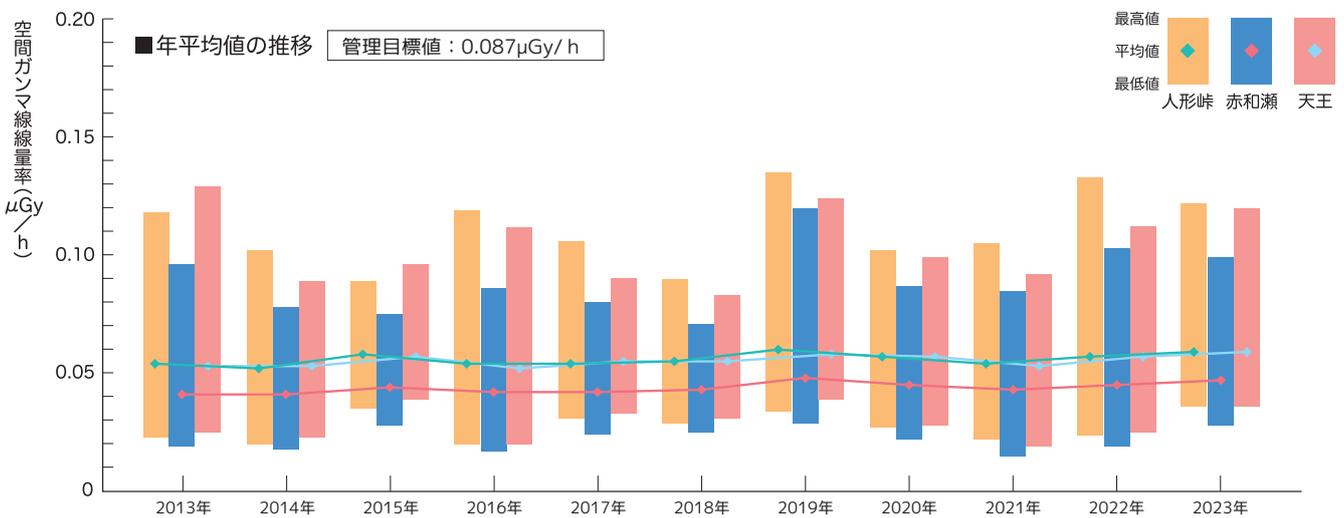
気象状況や地形によるガンマ線の変化

下の図は各観測局の1年毎の平均値（最高値及び最低値は1時間値。）の推移と赤和瀬観測局における空間ガンマ線線量率（日平均値）と積雪深の関係を示したものです。

人形峠観測局の測定値が赤和瀬観測局より少し高いのは、人形峠観測局が花崗岩の切通し付近にあり、周囲の大地から自然放射線の影響を受けやすいことが原因と考えられます。日本全体を見ても、西日本を中心とした花崗岩地帯では空間ガンマ線線量率は高くなっています。

また、空間ガンマ線線量率は、気象の影響を受けやすく、雨や雪の影響はかなり大きく現れます。特に積雪が多くなると測定値が低くなる傾向にあります。

空間ガンマ線線量率（連続測定）



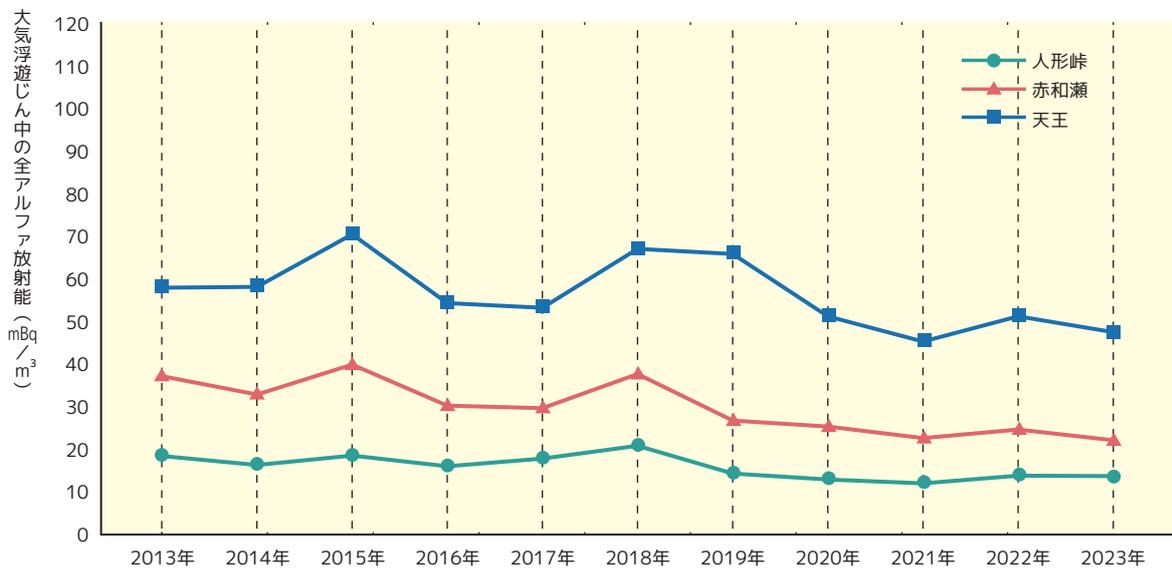
大気浮遊じん中の全α放射能（連続測定）

人形峠、赤和瀬、天王の3つの連続観測局で大気中に浮遊する「ちり」（粉じん）を集め、それから出るアルファ線を測定して、それら全体の放射能を「全アルファ放射能」として求めます。

下の図は、3つの連続観測局の年平均値の推移を示したのですが、これを見ると地点により、濃度レベルに違いがあることがわかります。これは、全アルファ放射能が、気象や地形などの影響を強く受けているためと考えられます。天王、赤和瀬観測局では人形峠観測局に比べてやや高めの値となっていますが、両地区は谷間または盆地にあり、夜間の大気の状態が比較的安定しているためと考えられます。

このように、全アルファ放射能は、連続観測局間で差はあるものの、これまでの測定結果については、平常の変動の範囲内にあり、異常は認められませんでした。

■ 年平均値の推移



下の図は、赤和瀬観測局における全アルファ放射能の四季別日内変動を示したものです。これにより、昼間に比べて夜間に全アルファ放射能が上昇することがわかります。この原因として夜間における逆転層（地表の放射冷却により、地表が上空より低温になり、空気が対流しにくくなる現象）の発生が考えられます。逆転層が発生すると、大気が安定し、粉じん中に含まれる自然由来のアルファ線源が地上付近の大気中に滞留しやすくなるため全アルファ放射能が上昇すると考えられます。

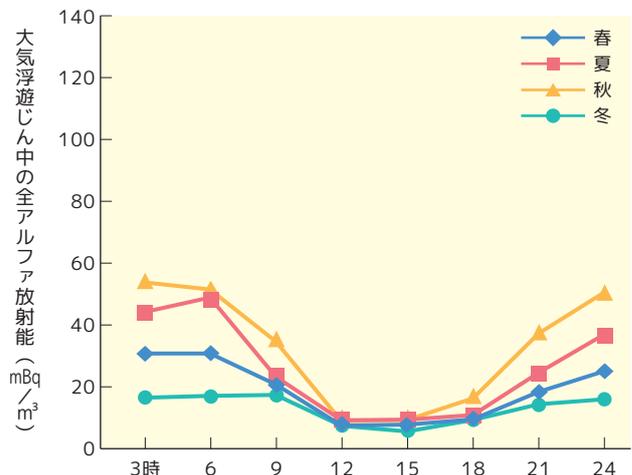
測定方法

地上約2mの吸気口から、大気浮遊じんを3時間集め、7時間放置した後、アルファ線測定装置で測定します。



アルファ線測定装置

■ 赤和瀬観測局（2023（令和5）年度）



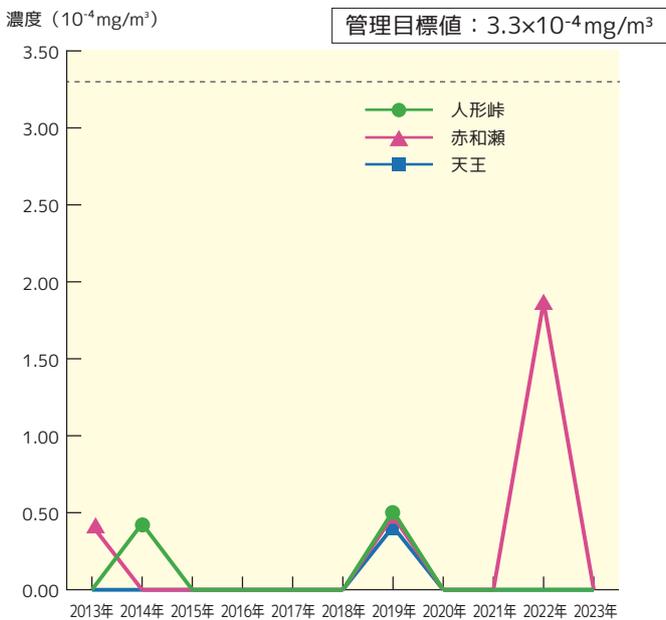
ふっ素

大気中のふっ素については、3地点の連続観測局で測定しています。下の図は、測定装置の検出下限値以上の測定値の年平均値の推移と出現頻度を示したものです。測定値は、管理目標値未満で異常は認められませんでした。

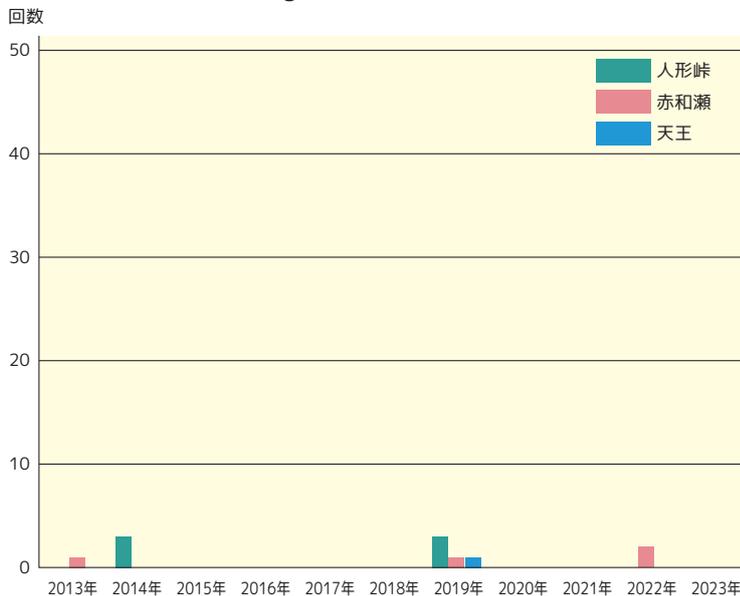
ふっ素は、私たちの日常生活にも非常に関係の深い物質で、アイロンやフライパンに採用されているテフロン加工などにも使われています。人形峠環境技術センターでは、廃止措置等のため、六フッ化ウランを取り扱っていますが、六フッ化ウランは漏えいした場合、大気中の水分と反応して、人体に有害なフッ化水素が発生することから、岡山県では連続測定によりフッ化水素を測定し、監視しています。

大気中のふっ素（連続測定）

■大気中のふっ素濃度（検出下限値以上の測定値の平均値）



■検出下限値 (0.4×10⁻⁴mg/m³) 以上の出現頻度



測定方法

地上約2mの吸気口から0.8μmのメッシュのフィルターを通して大気を8時間続けて吸引し、ふっ素イオン濃度をイオン電極法により測定し、8時間毎の値を記録します。



ふっ素自動測定器

サンプリング測定〈ウラン・ラジウム〉

● 大気浮遊じん中のウラン、ラジウム

…大気浮遊じん中のウラン、ラジウムの測定は、人形峠、夜次、天王、中津河及び本村の5地点で年2回サンプリング測定しています。

測定値は全て検出下限値未満であり、異常は認められませんでした。



採取と測定方法

大気浮遊じんはハイボリューム・エア・サンプラーで捕集し、ウランはアルファ線スペクトロメータで、ラジウムは低バックグラウンドアルファ線自動測定装置で測定しています。



ハイボリューム・エア・サンプラー

● 河川水中のウラン、ラジウム

…河川水中に含まれるウラン、ラジウムは13の地点でサンプリング測定しています。

測定値のほとんどが検出下限値未満であり、異常は認められませんでした。

採取と測定方法

河川水は表層水を採取し、ウランは誘導結合プラズマ質量分析装置で、ラジウムはアルファ線自動測定装置で測定しています。

● 飲料水中のウラン、ラジウム

…民家の給水栓から採取した飲料水に含まれるウラン、ラジウムは、本村でサンプリング測定を行っています。
測定値は全て検出下限値未満であり、異常は認められませんでした。

● 生物質中のウラン、ラジウム

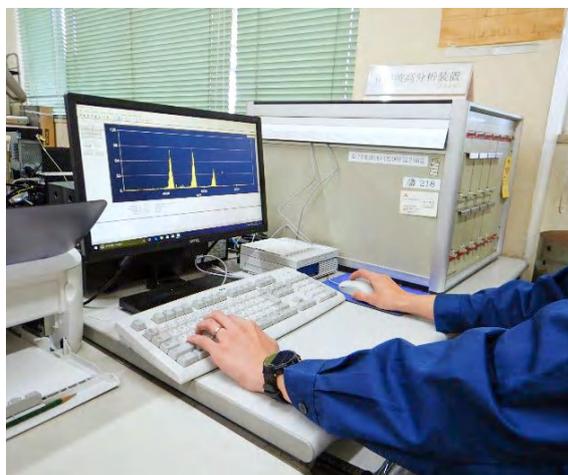
…生物質に含まれる放射能については、精米、淡水魚、樹葉及び野菜を対象としてウラン、ラジウムの測定をしています。
管理目標値は定めていませんが、測定値はいずれも十分低い値で異常は認められませんでした。

● 土の中のウラン、ラジウム

…土の中に含まれるウラン、ラジウムについては、河底土、水田土、畑土及び未耕土を対象としてサンプリング測定しています。
測定値は管理目標値と比べて十分低い値であるなど異常は認められませんでした。(未耕土については、管理目標値は定めていない。)



水中のウランを測定する
誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS)



ウランを測定するアルファ線スペクトロメータ



ラジウムを測定する低バックグラウンドアルファ線自動測定装置

5 捨石たい積場について

捨石たい積場は、1955（昭和30）年にウラン鉱床の露頭が発見されてから昭和60年代の初めごろまでの間、原子燃料公社（現在の原子力機構）によりウラン鉱の探鉱、試掘、採掘の過程において不要とされた捨石を集積するために設けられたもので、岡山県内には人形峠環境技術センター内の4か所を含めて7か所のたい積場があります。これらの捨石たい積場のうち、中津河大切坑捨石たい積場において、 $5.2\mu\text{Gy/h}$ 程度の放射線が検出され、しかも、人が自由に立ち入りできる状態であることが1988（昭和63）年8月に報道され、問題となりました。

＊捨石：ウラン鉱床に到達するまでの坑道掘削土。覆土等を行うことで安全が確認されています。

安全対策

人形峠環境技術センターは、境界柵設置、かん止堤補強、捨石の除去、覆土等の対策を1989（平成元）年12月までに完了しました。また、それまでの環境保全協定では捨石たい積場は対象外だったため、環境保全協定の対象施設とする確認書を1989（平成元）年3月に締結しました。さらに、従来から実施している人形峠環境技術センターを対象とする監視測定に追加して、平成元年度から捨石たい積場に着目した監視測定についても、中津河大切坑捨石たい積場周辺を主体として実施しています。



中津河大切坑捨石堆積場

■捨石堆積場に係るサンプリング測定

測定対象	測定項目			
	ガンマ線線量率	ウラン	ラジウム	ラドン
空間線量	2			
河川水		3	3	3
生活用水		1*	1*	1*
河底土		2	2	
精米		1	1	
大気				2**

数値は測定地点数

（備考）一部の調査地点については、周辺監視測定と重複している。
 ※ 2023（令和5）年度は、対象民家の井戸ポンプ故障により採水できず、欠測となりました。

※※台風被害により大気のラドンの測定が一部欠測となりました。

測定結果

捨石たい積場周辺の放射線等に異常は認められていません。

空間ガンマ線線量率、河川水及び河底土、精米等に含まれるウラン、ラジウム濃度等はいずれも人形峠環境技術センター周辺の監視結果と比較して差はなく、異常は認められませんでした。

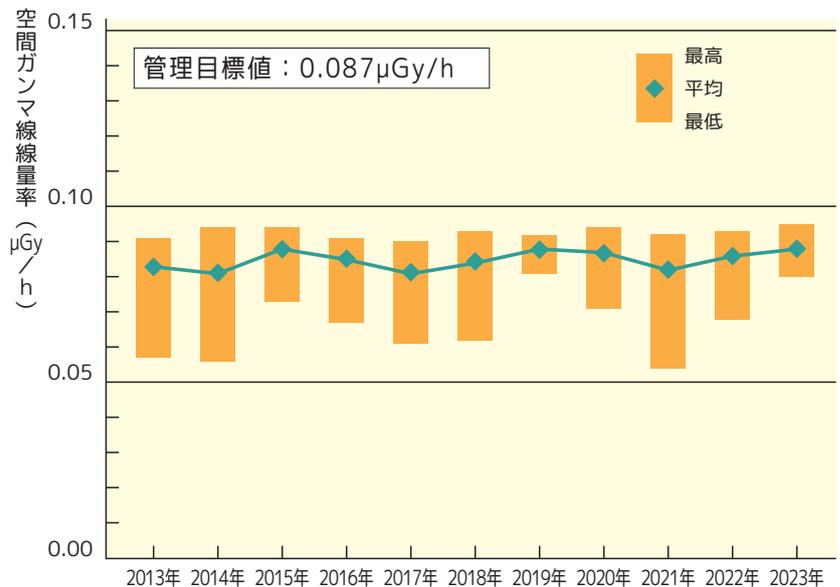
● 空間ガンマ線線量率

…空間ガンマ線線量率は、中津河大切坑捨石たい積場口及び中津河地区民家の2か所でサンプリング測定しており、測定値に異常は認められませんでした。



過去10年間の測定結果（たい積場口）

※空間ガンマ線の計測値は自然放射線を含んだ値ですが、管理目標値は自然放射線（能）等を含まない値として設定されているため、平常の変動範囲（事業場からの影響が認められなかった直近10年間の測定結果の範囲）を参考にして評価しています。



※ 平常の変動範囲は、0.042～0.094μGy/hです。

● 河川水中のウラン、ラジウム

…河川水中に含まれるウラン、ラジウムのサンプリング測定は、3地点で実施しています。測定値は全て検出下限値未満であり、異常は認められませんでした。

● その他の項目

…管理目標値の設けられている河底土中のウラン、ラジウムの測定結果は、いずれも管理目標値を下回り、管理目標値の設けられていない精米等に含まれるウラン、ラジウム等の測定結果は、人形峠環境技術センター周辺の監視結果と比較して大きな差は認められず、異常は認められませんでした。



©岡山県「ももっち・うらっち」

● このパンフレットについてのお問い合わせは下記にお願いいたします ●

岡山県環境文化部環境企画課

〒700-8570 岡山市北区内山下2丁目4-6 TEL.086-226-7299 (ダイヤルイン)

令和7年1月発行 企画・発行 岡山県