資料 No. 5-1【報告】

# 令和５年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果（概要）

令和６年９月
東京電力ホールディングス株式会社

## はじめに

東京電力ホールディングス株式会社が令和５年度（令和５年４月～令和６年３月）に実施した柏崎刈羽原子力発電所周辺の環境放射線監視調査結果の概要は、次のとおりです。

※　本資料は、令和５年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果の概要を分かりやすく説明したものです。調査結果の詳細は、「令和５年度柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査結果報告書」をご覧ください。
本資料に記載している「＜報告書p00＞」は、報告書の関連ページを示します。

## 結果の見方

令和５年度の測定結果を対照期間の測定値の範囲と比較して、区分しています。

○対照期間

①直近：直近５カ年（平成30～令和４年度）

②事前：事前調査期間（調査開始～昭和59年12月）

○区分方法

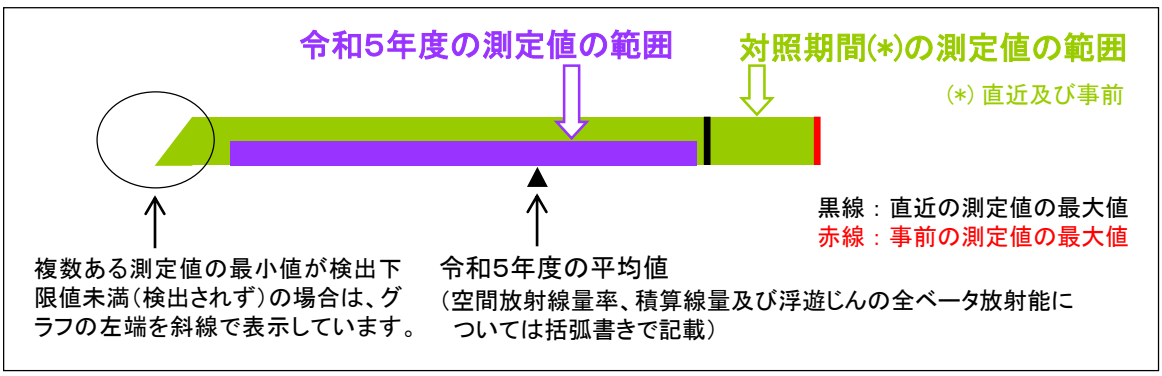
測定結果と対照期間の測定値の上限値との大小関係から、次の３つに区分しています。なお、測定値には必ずばらつき（計数誤差）が含まれることから、これを考慮して区分しています。（詳細はp13解説４を参照）

〔超える〕：測定結果の計数誤差を加味しても対照期間の測定値の上限値を超える場合

〔同程度〕：測定結果が対照期間の測定値の上限値を超えるが、計数誤差を加味すると対照期間の測定値の上限値と同程度となる場合

〔範囲内〕：測定結果が対照期間の測定値の上限値を超えない場合

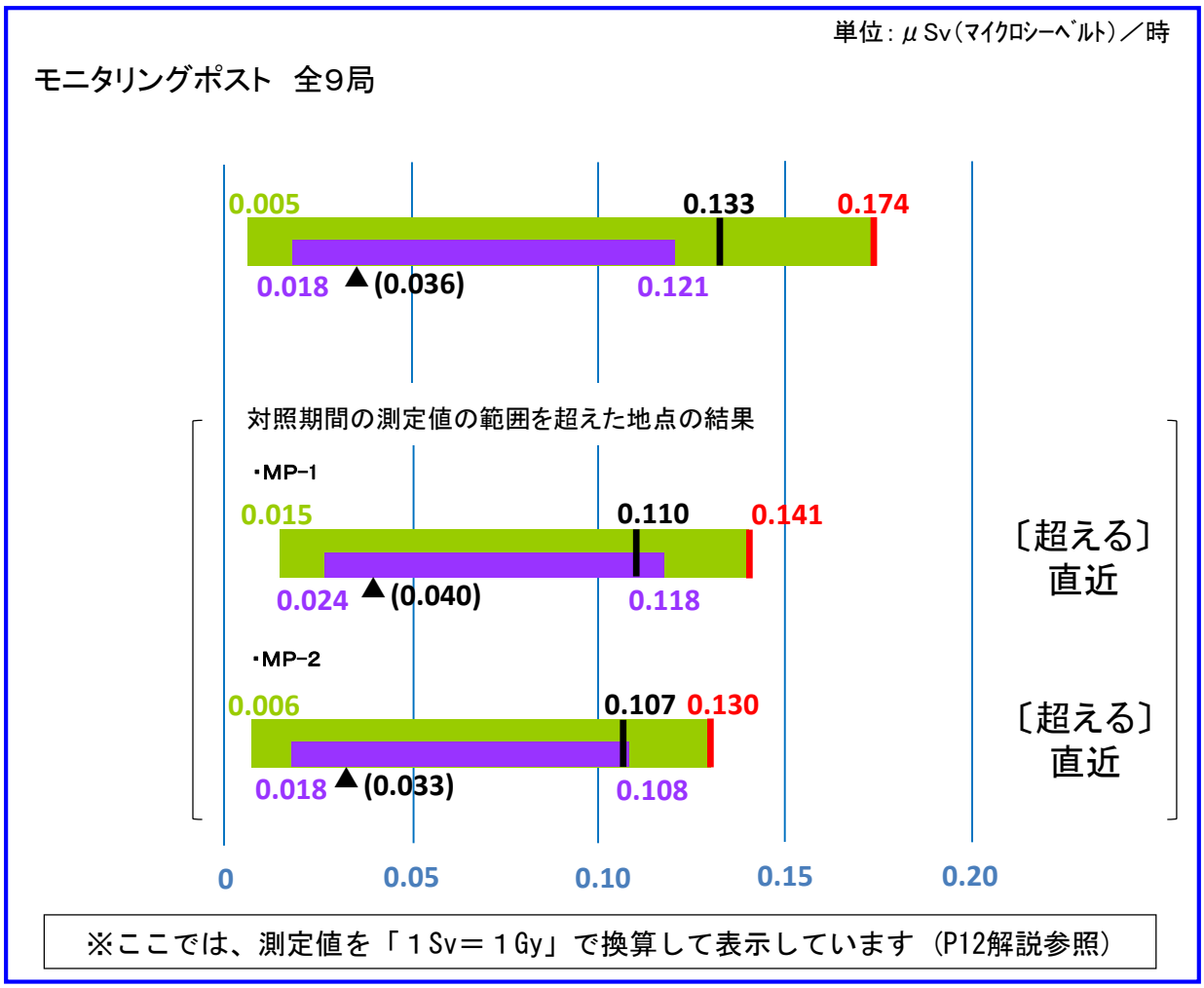
ただし、空間放射線の対照期間の測定値との比較にあたっては、計数誤差を考慮せず、〔超える〕又は〔範囲内〕に区分しています。



# 空間放射線

## 調査結果1（1） 空間放射線量率 ＜報告書p12＞

９局のモニタリングポストにNaI(Tl)シンチレーション検出器を設置し、空間放射線量率を連続測定した結果、２局で対照期間（直近）の測定値の範囲を超えました。これは、降水とともに大気中に含まれる天然放射性核種が地表に降下したため、一時的に高い値を示したものと考えられます。
なお、年間最高値（0.121μSv/時）は、降水時に出現しました。＜報告書p61＞

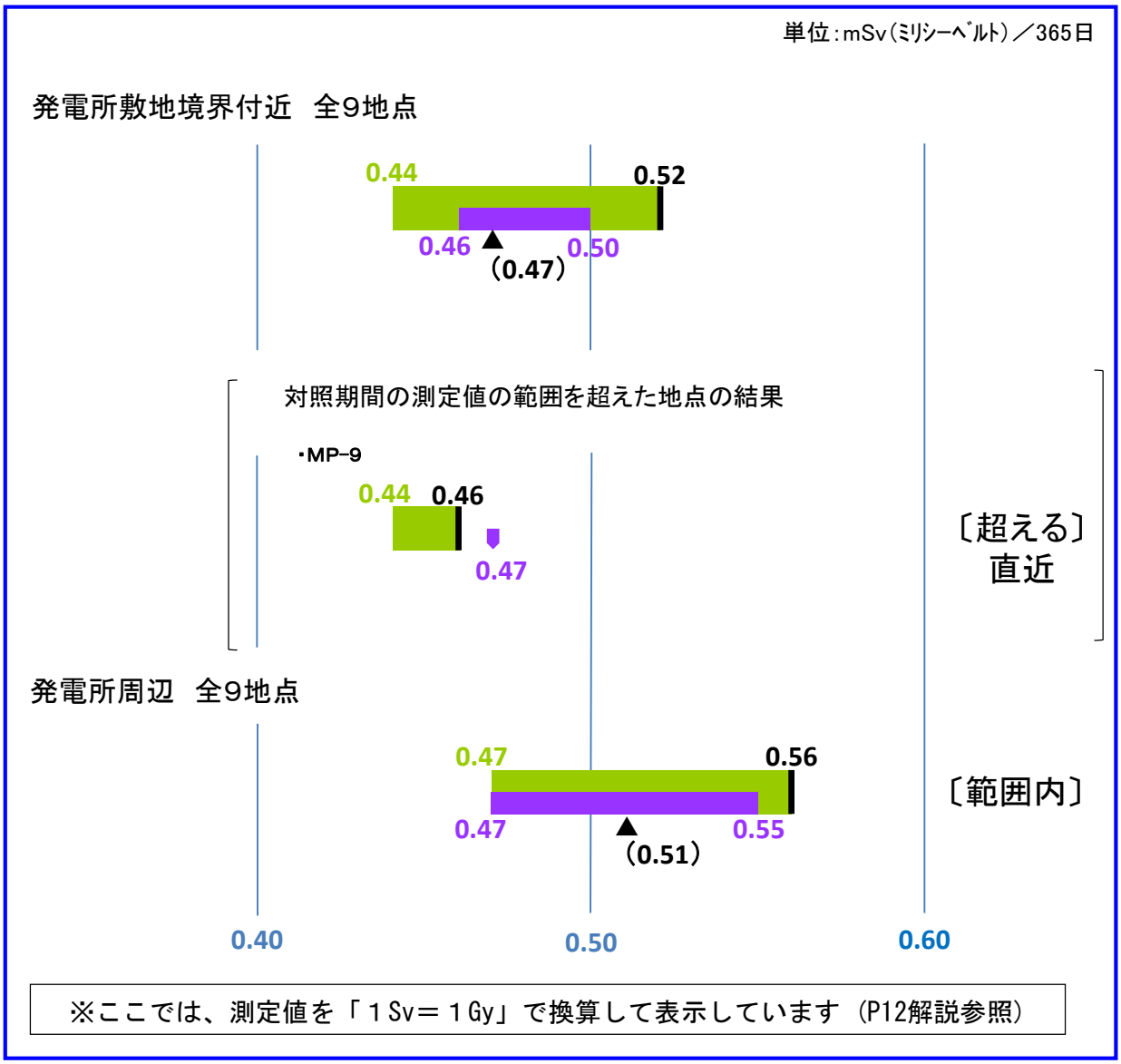



・測定値は、10分値です。
・平均値は、全局で測定した１時間値の平均値です。
・対照期間の測定値は、直近は10分値、事前は１時間値です。

## 調査結果1(2) 積算線量

<報告書p18>

発電所敷地境界のモニタリングポストに併設した９地点及び発電所周辺の９地点に蛍光ガラス線量計を設置し、３か月ごとの積算線量を測定しました。３か月ごとの積算線量を合計した年間の積算線量は、以下に示す地点で、対照期間の測定値の範囲を超えましたが、自然変動によるものと考えられます。 <報告書p66>




・平均値は、発電所敷地境界と発電所周辺のそれぞれの全地点で測定した値の平均値です。
・積算線量の事前調査期間（昭和57年４月～昭和59年12月）の測定値は、昭和59年度に連続した年間の測定値がないことから記載していません。

# 環境試料中の放射能

## 調査結果2（1） 浮遊じんの全ベータ放射能

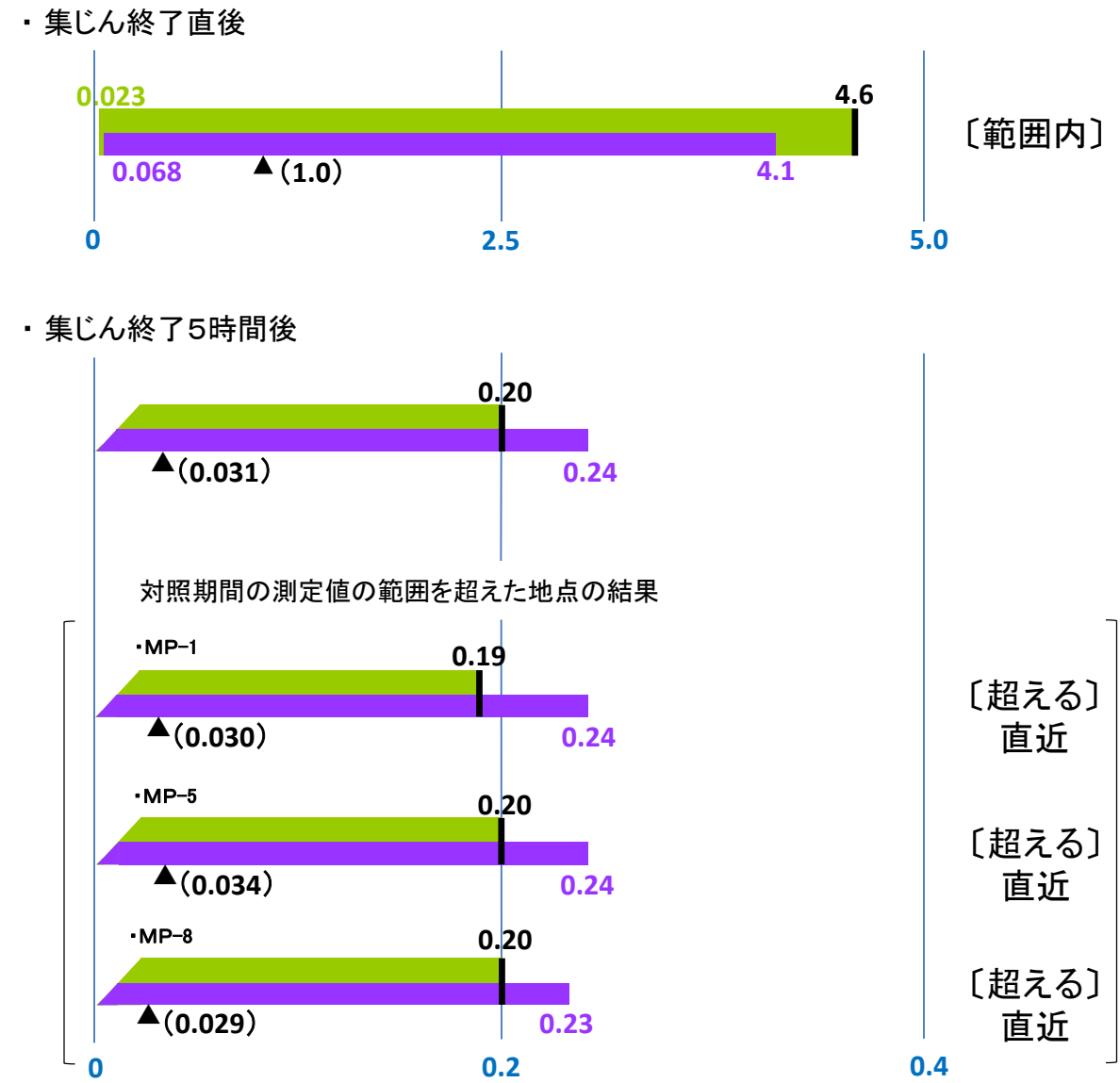
＜報告書p22＞

発電所敷地境界のＭＰ－１、ＭＰ－５及びＭＰ－８にZnS(Ag)+プラスチックシンチレーション検出器を設置し、連続測定を行った結果、集じん終了直後の測定値は、３局全てで対照期間の測定値の範囲内でした。

また、集じん終了５時間後の測定値は、３局全てで対照期間の測定値の範囲を超えましたが、自然変動によるものと考えられます。 ＜報告書p70＞

単位：Bq（ベクレル）／$m^3$

モニタリングポスト　全3局




・平均値は、全局で測定した値の平均値です。

・浮遊じんの事前調査期間（昭和57年４月～昭和59年12月）の測定値は、平成19年度に装置の更新を行っており、測定方法を24時間集じんから６時間集じんに変更しているため、過去の測定値との比較評価はできないことから記載していません。

## 調査結果2(2) 核種分析(機器分析)

<報告書p24>

採取した環境試料について、ゲルマニウム半導体検出装置を用いて測定を行った結果は、以下のとおりです。対象核種は下記のとおりです。

人工放射性核種：Mn-54（マンガン54）、Co-58（コバルト58）、Co-60（コバルト60）、I-131（ヨウ素131）、Cs-134（セシウム134）、Cs-137（セシウム137）、その他、有意に検出された核種

天然放射性核種：Be-7（ベリリウム７）及びK-40（カリウム40）

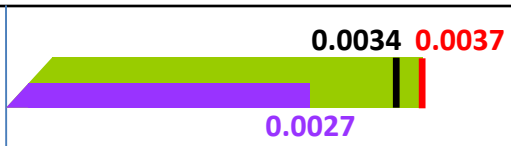
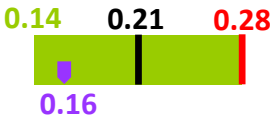
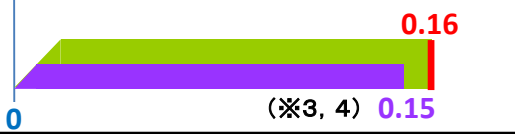
なお、ここでは有意に検出された人工放射性核種のみ記載しました。また令和５年度及び対照期間において、人工放射性核種が検出されなかった試料は、核種欄に「－」と記載しました。

| 試料（単位） | 核種 | 測定結果 | 〔区分〕 | 代表的な検出下限値 |
|---|---|---|---|---|
| 浮遊じん（月間）（Bq/m$^3$） | Cs-137（セシウム137） | 0.00011（※1）<br>令和5年度は検出されませんでした。 | 〔範囲内〕 | $2.8\times10^{-6}$ |
| 飲料水（Bq/L） | | 0.0013（※2）<br>令和5年度は検出されませんでした。 | 〔範囲内〕 | 0.0012 |
| 陸土（Bq/kg乾） | | 3.3 ～ 29<br>0.76～2.0 | 〔範囲内〕 | 0.59 |
| 米（精米）（Bq/kg生） | | 0.014 ～ 0.15<br>0.013 | 〔範囲内〕 | 0.010 |
| キャベツ（Bq/kg生） | | 0.089 ～ 0.12<br>0.019 | 〔範囲内〕 | 0.014 |
| 大根（根部）（Bq/kg生） | | 0.030 ～ 0.26<br>令和5年度は検出されませんでした。 | 〔範囲内〕 | 0.014 |
| 牛乳（原乳）（Bq/L） | | 0.019 ～ 0.25<br>0.018 | 〔範囲内〕 | 0.014 |
| 松葉（Bq/kg生） | | 0.18 ～ 6.7<br>0<br>0.033～0.091 | 〔範囲内〕 | 0.025 |

※１　浮遊じんのCs-137：対照期間（直近）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、黒線の記載はありません。

※２　飲料水のCs-137：対照期間（事前）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、赤線の記載はありません。

## 調査結果2（2） 核種分析（機器分析）（続き）

| 試料（単位） | 核種 | 測定結果 | 〔区分〕 | 代表的な検出下限値 |
|---|---|---|---|---|
| 海水（Bq/L） | Cs-137（セシウム137） |  | 〔範囲内〕 | 0.0016 |
| 海底土（Bq/kg乾） | — | 令和5年度は検出されませんでした。（※2） | 〔範囲内〕 | 0.65（Cs-137） |
| マダイ（Bq/kg生）（※1） | Cs-137（セシウム137） | | 〔範囲内〕 | 0.029 |
| ヒラメ（Bq/kg生）（※1） | |  | 〔範囲内〕 | 0.028 |
| サザエ（Bq/kg生）（※1） | | | 〔範囲内〕 | 0.049 |
| ワカメ（Bq/kg生） | | | 〔範囲内〕 | 0.050 |
| ホンダワラ類（Bq/kg生） | |  | 〔超える〕直近 | 0.086 |

※1　可食部（サザエは内蔵部を含む）を測定しました。
※2　海底土のCs-137：対照期間（直近及び事前）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、黒線及び赤線の記載はありません。
※3　サザエ、ワカメ及びホンダワラ類のCs-137：対照期間（直近）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、黒線の記載はありません。
※4　ホンダワラ類のCs-137：対照期間（直近）の測定値の範囲を超えましたが、今回検出されたCs-137は、当発電所による影響ではなく、過去に行われた核実験等に由来するものと考えられます。　<報告書p74>

## 調査結果2（3） 核種分析（放射化学分析）

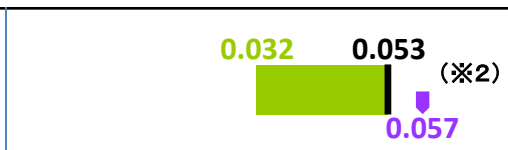
＜報告書p24＞

採取した環境試料について、放射化学分析を行った結果は、以下のとおりです。

| 試料（単位） | 核種 | 測定結果 | 〔区分〕 | 代表的な検出下限値 |
|---|---|---|---|---|
| 飲料水（Bq/L） | Sr-90（ストロンチウム90）（※2） | 0.0016 0.0018 0.0012 | 〔範囲内〕 | 0.00038 |
| 陸土（Bq/kg乾） | | 0.28 0.23 | 〔範囲内〕 | 0.21 |
| 米（精米）（Bq/kg生） | | 0.023 令和5年度は検出されませんでした。 | 〔範囲内〕 | 0.019 |
| キャベツ（Bq/kg生） | | 0.025 令和5年度は検出されませんでした。 | 〔範囲内〕 | 0.020 |
| 大根（根部）（Bq/kg生） | | 令和5年度は検出されませんでした。（※3） | 〔範囲内〕 | 0.019 |
| 牛乳（原乳）（Bq/L） | | 0.035 令和5年度は検出されませんでした。 | 〔範囲内〕 | 0.017 |
| 海水（Bq/L） | | 0.00093 0.0012 0.00095 | 〔範囲内〕 | 0.00066 |
| マダイ（Bq/kg生）（※1） | | 0.022 （※4） 0.032 | 〔超える〕直近 | 0.023 |
| サザエ（Bq/kg生）（※1） | | 0.018 0 令和5年度は検出されませんでした。 | 〔範囲内〕 | 0.015 |

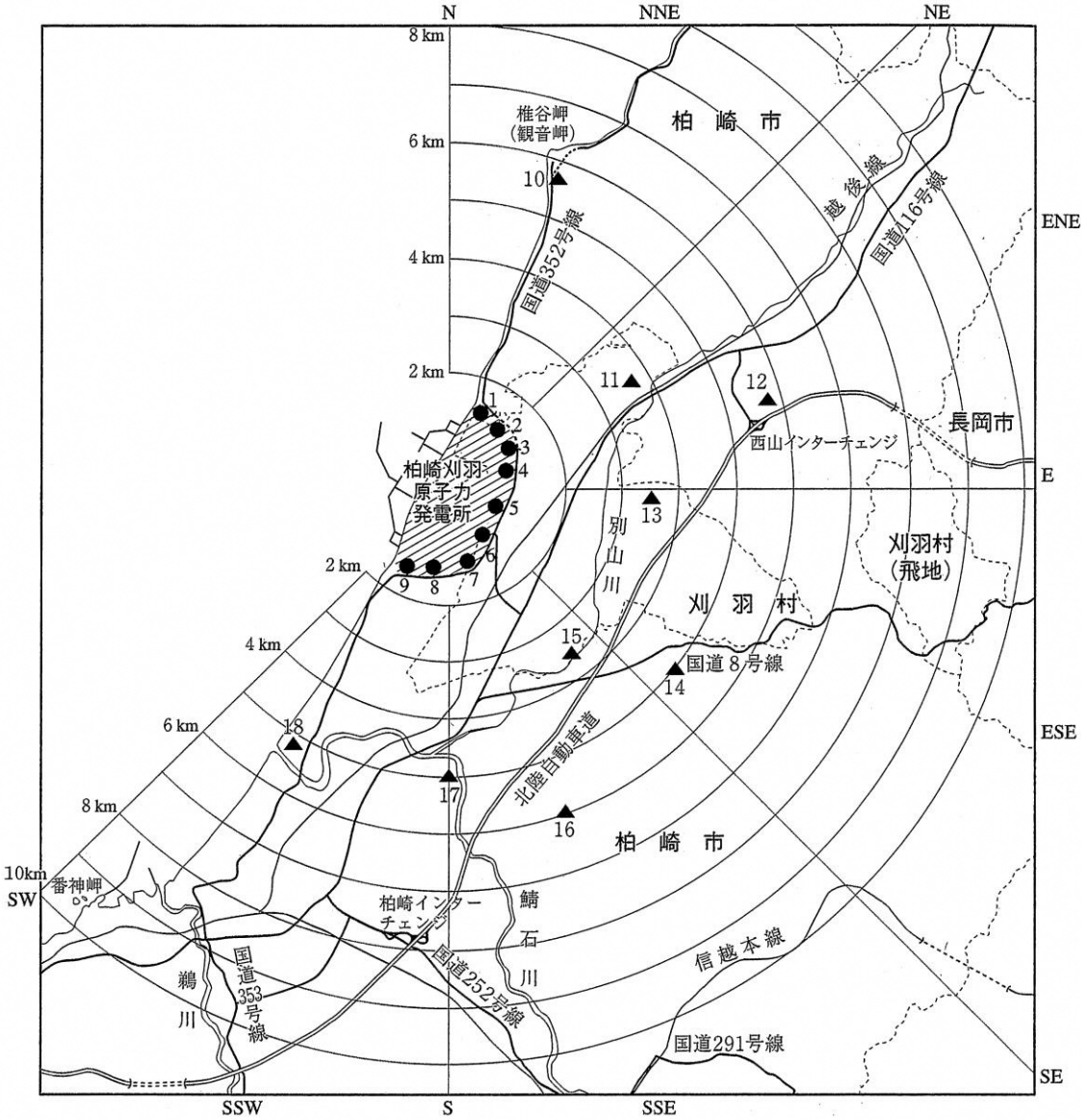
※1　可食部（サザエは内蔵部を含む）を測定しました。
※2　Sr-90：平成21年度より測定を開始しており、対照期間（事前）の最大値を示す赤線の記載はありません。また、飲料水、キャベツ及びマダイは令和元年度より測定を開始しています。
※3　大根のSr-90：対照期間（直近）の最大値が検出下限値未満のため、黒線の記載はありません。
※4　マダイのSr-90：対照期間（直近）の測定値の範囲を超えましたが、今回検出されたSr-90は、当発電所による影響ではなく、過去に行われた核実験等に由来するものと考えられます。　＜報告書p76＞

## 調査結果2（4） 核種分析（放射化学分析）（続き）

| 試料（単位） | 核種 | 測定結果 | 〔区分〕 | 代表的な検出下限値 |
|---|---|---|---|---|
| ホンダワラ類（Bq/kg生） | Sr-90（ストロンチウム90）（※1） |  | 〔同程度〕直近 | 0.028 |
| 飲料水（Bq/L） | H-3（トリチウム） | | 〔範囲内〕 | 0.38 |
| 海水（Bq/L） | | | 〔範囲内〕 | 0.37 |

※1　Sr-90：平成21年度より測定を開始しており、対照期間（事前）の最大値を示す赤線の記載はありません。
※2　計数誤差を併記したホンダワラ類のSr-90濃度：0.057±0.009 Bq/kg生（対照期間（直近）の最大値：0.053 Bq/kg生）

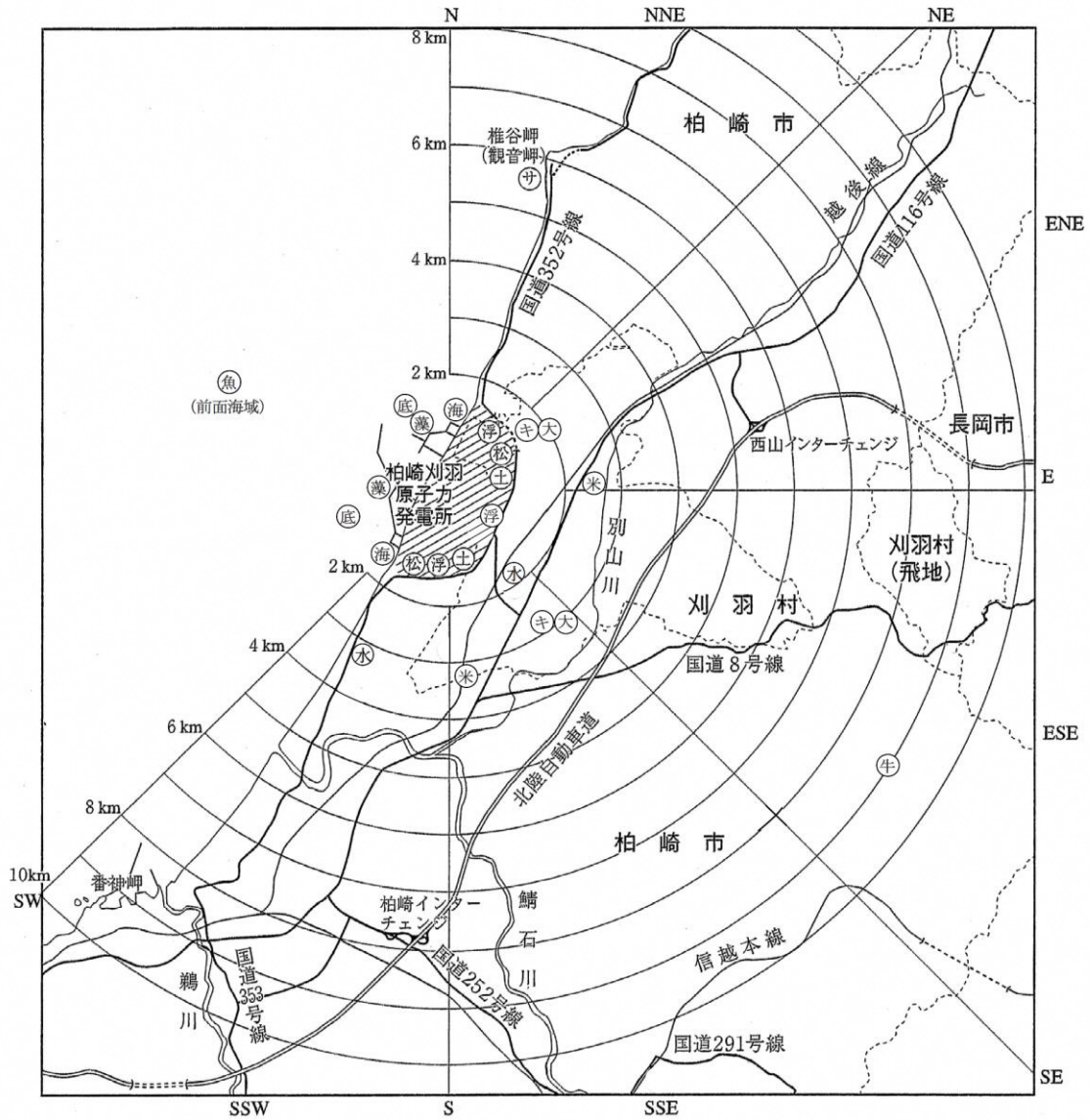
## 調査地点（空間放射線量率測定地点）




| No | 調査地点 | 方位 | 距離(km) | No | 調査地点 | 方位 | 距離(km) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ●ＭＰ－１ | ＮＮＥ | 1.5 | 10 | ▲柏崎市椎谷 | ＮＮＥ | 5.3 |
| 2 | ●ＭＰ－２ | ＮＥ | 1.5 | 11 | ▲刈羽村滝谷 | ＮＥ | 3.4 |
| 3 | ●ＭＰ－３ | ＥＮＥ | 1.3 | 12 | ▲柏崎市西山町坂田 | ＥＮＥ | 5.6 |
| 4 | ●ＭＰ－４ | Ｅ | 1.1 | 13 | ▲刈羽村井岡 | Ｅ | 3.5 |
| 5 | ●ＭＰ－５ | ＥＳＥ | 0.9 | 14 | ▲柏崎市曽地 | ＳＥ | 5.0 |
| 6 | ●ＭＰ－６ | ＳＥ | 1.2 | 15 | ▲刈羽村上高町 | ＳＥ | 3.8 |
| 7 | ●ＭＰ－７ | ＳＳＥ | 1.4 | 16 | ▲柏崎市与三 | ＳＳＥ | 6.0 |
| 8 | ●ＭＰ－８ | Ｓ | 1.5 | 17 | ▲柏崎市上原 | Ｓ | 4.9 |
| 9 | ●ＭＰ－９ | ＳＳＷ | 1.6 | 18 | ▲柏崎市松波 | ＳＳＷ | 5.6 |

●モニタリングポスト及び蛍光ガラス線量計ポスト　　▲蛍光ガラス線量計ポスト

## 調査地点（環境試料採取地点）




| 記号 | 環境試料名 | 採取地点 | 記号 | 環境試料名 | 採取地点 |
|---|---|---|---|---|---|
| ㊦ | 浮遊じん | ＭＰ－１、ＭＰ－５、<br>ＭＰ－８ | ㊩ | 松葉 | 発電所北側<br>発電所南側 |
| ㊧ | 飲料水 | 刈羽村刈羽<br>柏崎市荒浜 | ㊪ | 海水 | 放水口（南）付近<br>放水口（北）付近 |
| ㊨ | 陸土 | ＭＰ－２付近<br>ＭＰ－８付近 | ㊫ | 海底土 | 放水口（南）付近<br>放水口（北）付近 |
| ㊩ | 精米 | 刈羽村勝山<br>刈羽村高町 | ㊬ | 魚類 | 発電所前面海域 |
| ㊪ | キャベツ | 刈羽村勝山<br>刈羽村高町 | ㊭ | サザエ | 柏崎市椎谷岬<br>（観音岬） |
| ㊫ | 大根 | 刈羽村勝山<br>刈羽村高町 | ㊮ | ワカメ、<br>ホンダワラ類 | 放水口（南）付近<br>放水口（北）付近 |
| ㊯ | 牛乳 | 柏崎市東長鳥 | | | |

## 解説（単位の説明）

| 項　目 | 単　位 | 説　　明 |
|---|---|---|
| 放射線の単位 | グレイ<br>（Gy）<br><br>シーベルト<br>（Sv） | グレイ（Gy）は、空気などの物質に吸収された放射線のエネルギー量（吸収線量）を表す単位です。<br>シーベルト（Sv）は、人体に対する放射線の影響量を表す単位です。<br>自然界に存在する天然放射性核種により、人は1年間で約2.1ミリシーベルト（日本平均）の放射線を受けます。<br>胃のエックス線写真を撮ると、1回で約0.6ミリシーベルト受けたことになります。<br>（ミリ（m）は1,000分の1を意味します）<br>本資料では、空間放射線線量率及び積算線量の測定値を、「1Sv＝1Gy」で換算して表示しています。 |
| | マイクロ<br>シーベルト毎時<br>（μSv/時） | 線量率の単位です。<br>1時間当たりの人体に対する放射線の影響量を表します。<br>マイクロ（μ）は100万分の1を意味します。 |
| | ミリシーベルト<br>毎365日<br>（mSv/365日） | 積算線量の単位です。<br>365日（1年間）の人体に対する放射線の影響量を表します。<br>ミリ（m）は1,000分の1を意味します。 |
| 放射能の単位 | ベクレル<br>（Bq） | 放射能を表す単位です。<br>1ベクレルの定義は、1秒間に1個の原子核が放射性壊変することです。<br>人体には天然放射性核種がわずかに含まれていますが、仮に体重が60kgとすると、その放射能は約7,000ベクレルになります。そのほとんどが、炭素14とカリウム40という天然放射性核種です。 |
| | ﾍﾞｸﾚﾙ毎立方ﾒｰﾄﾙ<br>（Bq/$m^3$） | 1立方メートル（1,000リットル）の空気中に含まれる放射能を表します。 |
| | ﾍﾞｸﾚﾙ毎ﾘｯﾄﾙ<br>（Bq/L） | 1リットルの水道水や海水、牛乳などに含まれる放射能を表します。 |
| | ﾍﾞｸﾚﾙ毎ｷﾛｸﾞﾗﾑ生<br>（Bq/kg生） | 1キログラムのなま物（農産物、海産物など）に含まれる放射能を表します。 |
| | ﾍﾞｸﾚﾙ毎ｷﾛｸﾞﾗﾑ乾<br>（Bq/kg乾） | 1キログラムの乾燥させた物（土壌、海底土など）に含まれる放射能を表します。 |

## 解説（用語の説明）

### １　環境試料

環境試料は、陸上試料については、浮遊じん、陸水（飲料水）、土壌（陸土）、農産物（米、キャベツ、大根）、畜産物（牛乳）及び指標生物（松葉）で、海洋試料については、海水、海底土、海産物（マダイ、ヒラメ、サザエ、ワカメ）及び指標生物（ホンダワラ類）です。
これらを採取し、調査を行っています。

### ２　機器分析

放射性核種が放出するガンマ線は特有のエネルギーを持つため、ガンマ線のエネルギーとその量を測定することで、放射性核種の種類と量を知ることができます。

ゲルマニウム半導体検出装置を用いて環境試料中の天然放射性核種（ベリリウム７、カリウム40等）及び人工放射性核種（コバルト60、セシウム137等核実験や原子炉内の生成物）を測定しています。

### ３　空間放射線量率

ある場所で、単位時間当たりに受ける放射線の量です。

空気中及び大地等には天然放射性核種が存在しており、通常、これらの空間放射線量率を測定しています。大地からの放射線の量は、地形や地質の影響を受けるため、地点によって測定値が異なります。

なお、降水時には、空気中の天然放射性核種が雨や雪とともに地表に降下するため、測定値が一時的に上昇します。また、落雷又は雷雲の接近に伴い発生する制動放射線（高速の電子が空気中で、その方向を変えたり、減速するときに発生する放射線）により、一時的に上昇する可能性があります。

一方、積雪時には、大地からの放射線が積雪により遮へいされるため、測定値が低下します。そのため、年間の最低値は、主に積雪時に見られ、その年の積雪量に伴い変動します。

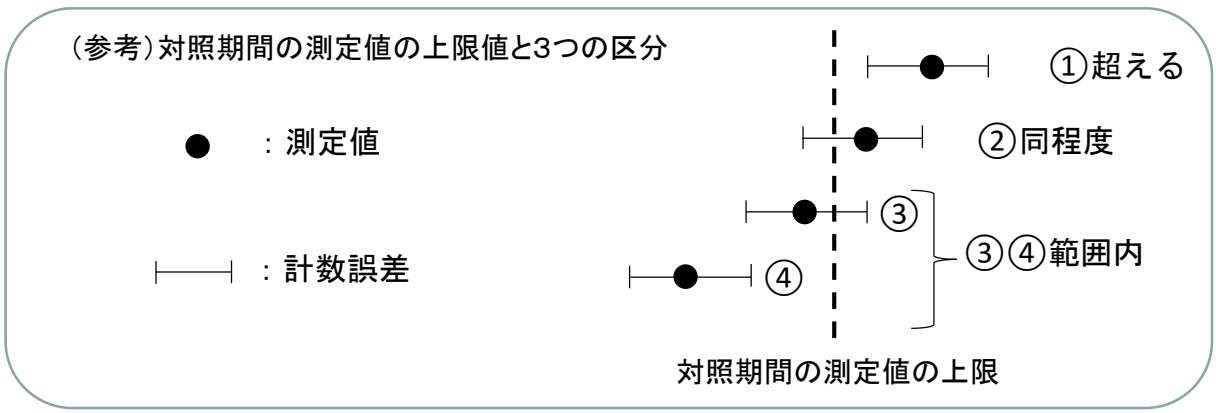
### ４　計数誤差

放射性核種が放射線を放出して他の核種に変化する現象を放射性壊変といいます。この現象は、確率的現象の一つで、放射性核種がいつ壊変するか予測できません。

そのため、同じ試料を同じ時間だけ測定しても、毎回同じ数の放射線が検出されるわけではなく、必ずばらつきがあります。このばらつきを、計数誤差または統計誤差といいます。この誤差は１回の測定で統計学的に推定することができ、検出された放射線の数(計数値という)の平方根及び測定時間から求められ、これを一般に計数誤差σ（シグマ）といいます。計数値をN、測定時間をtとすると、$N/t \pm \sqrt{N}/t$と表示され、$\sqrt{N}/t = \sigma$となります。

放射能は放射線の測定から求められることから、定量された放射能の値にも、放射線測定での計数値の誤差に由来する誤差が含まれます。

東京電力ホールディングス株式会社では、測定値の計数誤差を考慮したうえで、下記の（参考）のとおり、対照期間の測定値の上限値との大小関係を３つに区分しています。



**５ 検出下限値**

環境試料中の放射性核種の分析で、その試料中の放射性核種を検出できる最低濃度を検出下限値といいます。

検出下限値は、同じ放射性核種、種類の試料であっても、分析に用いる試料の量やバックグラウンド計数（試料のない状態、あるいは目的の放射性核種を含まない試料を測定したときの計数）などの測定条件の影響を受けるため、分析対象ごとに異なる値となります。

本調査では、放射線計測時の正味の計数値がその計数誤差（計数に係る不確かさ）の３倍に等しくなる時の放射能濃度を検出下限値としています。なお、本書では、当年度に測定した各試料の検出下限値の平均値を、代表的な検出下限値として記載しています。

**６ 降水時等の空間放射線量率**

空気中には天然放射性核種のラドンの壊変生成物（鉛214、ビスマス214等）が存在しており、これらが降水時には雨や雪とともに地表に降下します。このため、地表近くではこれらの核種のガンマ線による空間放射線量率が一時的に高くなります。

一方、積雪時には大地からの放射線が積雪により遮へいされるため、空間放射線量率は減少します。

**７ ストロンチウム90**

核分裂で生成される半減期28.8年の放射性核種。過去の核実験等に由来するものが、現在もなお環境中に存在しています。

**８ 積算線量**

ある場所で、一定期間内に受けた放射線の総量です。

本調査では、蛍光ガラス線量計を用いて１年間の線量を測定しています。

蛍光ガラス線量計は、放射線量の連続的変化の把握はできませんが、取り扱いが容易なこと等から、多地点の積算線量を把握するために使用しています。

**９ セシウム134、137**

セシウム134はセシウム133と中性子が反応して生成される放射性核種で半減期2.07年、セシウム137は核分裂により生成される放射性核種で半減期30.1年。平成23年３月11日に発生した福島第一原子力発電所事故により環境中に放出されたものが柏崎刈羽原子力発電所周辺において採取した環境試料からも検出されました。なお、セシウム137は半減期が長いため、過去の核実験やチョルノービリ原子力発電所事故等に由来するものが現在もなお環境中に存在しています。

**10 トリチウム**

水素の放射性同位体で、質量数は３、半減期12.3年の放射性核種。原子炉の運転・核燃料の再処理に伴い発生するほか、自然界でも宇宙線と大気との核反応等により大気上層で作られます。また、過去の核実験に由来するものも僅かながら存在しています。

**11 半減期**

放射性物質は、時間の経過とともに減少します。ある放射性物質に注目したとき、その放射能がはじめの半分になる時間を半減期といいます。

半減期は核種によって決まっていて、温度、圧力等の外界の影響は受けません。核種によって、100万分の1秒以下という短い半減期から100億年を超えるような長い半減期まであります。

## 12　浮遊じん

空気を吸引してろ紙に浮遊じん（ちり）を吸着させ、そこに含まれる放射能を測定しています。通常は集じん時間を６時間とし、集じん終了直後と５時間後の全ベータ放射能を測定しています。

## 13　浮遊じんの集じん終了直後・5時間後の測定

集じん終了直後には、天然放射性核種のラドン壊変生成物の放射能が測定されるため、人工放射性核種の放射能との区別ができません。天然放射性核種は半減期が短く、５時間経過するとほとんどなくなるため、集じん終了直後からの放射能の減衰の様子を見ることにより、人工放射性核種の影響の有無を推測することができます。

## 14　放射化学分析

環境試料に含まれる放射性核種を、化学的な方法により分離・精製等の処理を行った後、測定する方法です。ストロンチウム90、トリチウム等の放射性核種の測定に用いられます。

## 15　放射性核種

原子核の陽子と中性子の数で原子の種類を分類した場合の原子の種類を核種といい、放射能を持つ核種を放射性核種といいます。

## 16　放射線

放射線とは目に見えない光のようなもので、五感で感じることのできないエネルギーの流れです。放射線にはいくつかの種類があり、ガンマ線、エックス線などの電磁波と、アルファ線、ベータ線などの粒子線に分類されます。

放射線の単位はグレイ（Gy）またはシーベルト（Sv）で表されます（P12「解説（単位の説明）」を参照）。

## 17　放射能

放射線を出す物質を放射性物質といい、その性質や能力のことを放射能といいます。

放射能の単位はベクレル（Bq）で表されます（P12「解説（単位の説明）」を参照）。

「この物質は放射能を持っている」「放射能が強い」などというふうに使われます。

例）線香花火に例えると

中心の赤い玉が放射性物質で、そこから飛び出る火花が放射線、火花を出す能力が放射能となります。火花の数がだんだん少なくなるように、放射能も時間とともに弱まります。

## 18　ラドン

ラジウムの壊変生成物で天然に存在する放射性希ガスです。ラドン222は半減期3.8日、ラドン220（別名トロン）は半減期56秒です。

大地を構成する岩石、土砂及びこれらを原料とする建材はラジウムを含んでおり、ラジウムの壊変で生成されるラドンが絶えず大地や建材から発生しています。

※　ここに記載の核種の半減期は(公社)日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳(第12版)」から引用しています。

**【参　考】**

東京電力ホールディングス株式会社の柏崎刈羽原子力発電所周辺環境放射線監視調査状況に関しては、柏崎刈羽原子力発電所のホームページ(柏崎刈羽原子力発電所/リアルタイムデータ)をご覧下さい。

柏崎刈羽原子力発電所のホームページ
https://www.tepco.co.jp/kk-np/monitoring/mp-j.html