資料 No. 4-1【報告】

令和元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について

令和2年8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元年度（平成31年4月～令和2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。

結果の見方

令和元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：平成28年度以降（平成28～30年度）

②事故前：福島第一原子力発電所事故前の５カ年（平成17～21年度）

③事　前：事前調査期間（調査開始～昭和59年12月）

※昭和60年1月以降に調査を開始した項目は、①及び②を対照期間としています。また、福島第一原子力発電所事故の影響を除くため、平成22～27年度は対照期間から除外しています。なお、③は発電所運転開始前の期間であり、この期間の測定値は、過去の核実験等の影響が見られます。

○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。

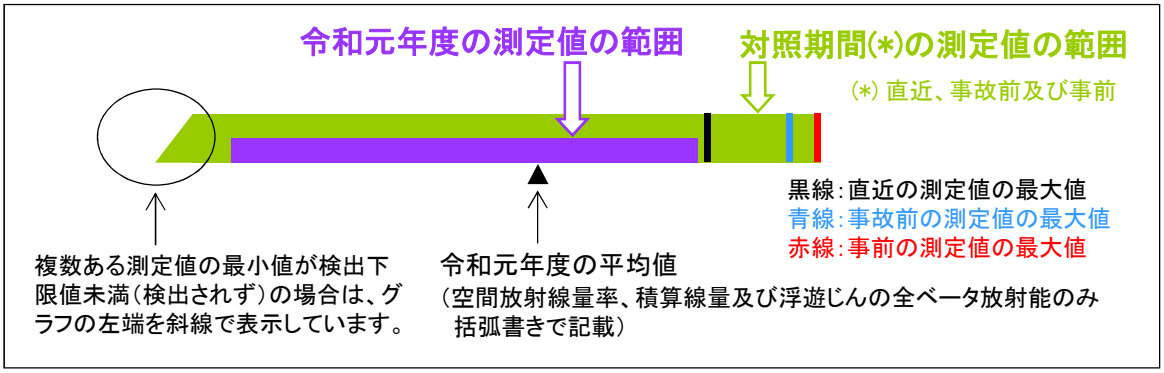
（詳細はp14解説４を参照）

〔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〕に区分しました。



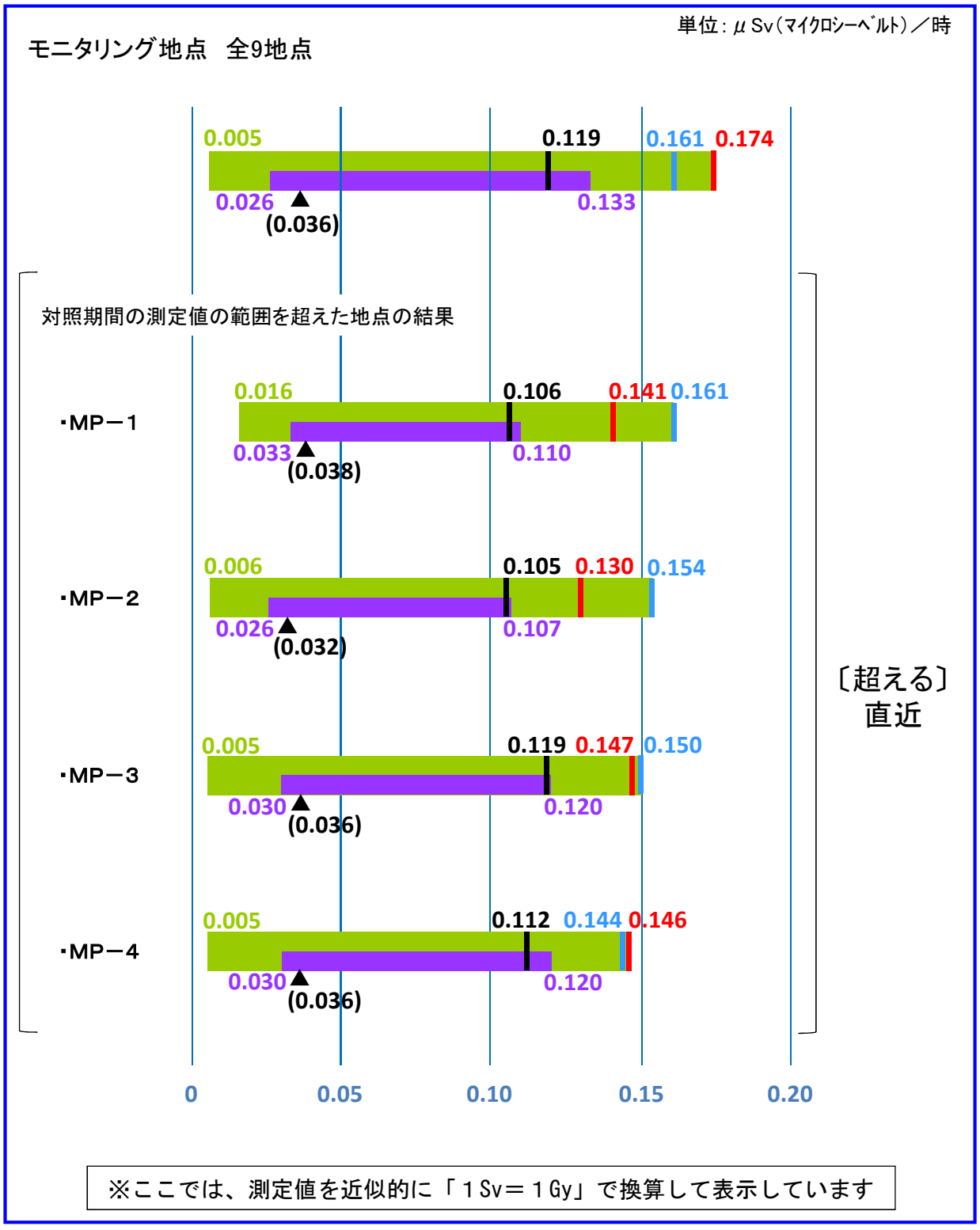
【単位の説明】

・Sv（シーベルト）
　人間が放射線を浴びたとき、どのくらい影響を受けるかを表す単位です。
　人間は普通に生活していても自然界から１年間で約2.1ミリシーベルト（日本平均）の放射線を受けています。なお、近似的にはSv＝Gyで換算することができます。
・Gy（グレイ）
　放射線が空気などの物質に吸収される量をエネルギーで表す単位です。
・Bq（ベクレル）
　物質が放射線を放出する能力をいい、１秒間に１個の原子核を崩壊するときは、１Bqの放射能といいます。
・ m（ミリ）＝1,000分の1、μ（マイクロ）＝100万分の1、n（ナノ）＝ 10億分の1

調査結果1（1） 空間放射線量率

9地点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、空間線量率を連続測定した結果、全地点において対照期間（直近）の測定値の範囲を超えましたが、対照期間（事故前、事前）の測定値の範囲内でした。

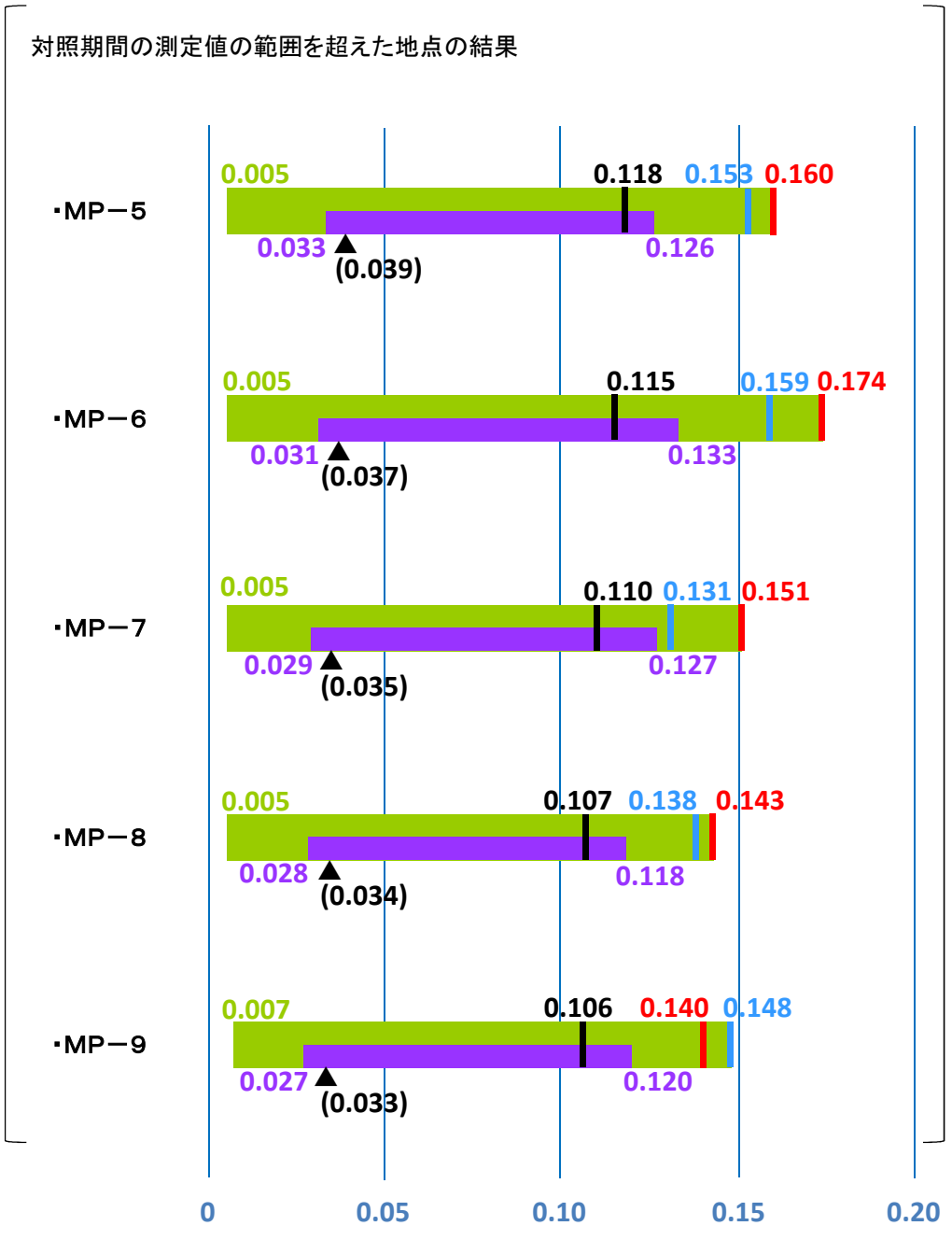
なお、年間最高値（0.133μSv/時）は、降雨時に出現しました。



・平均値は、全地点で測定した1時間値の平均値です。
・令和元年度の測定値は、10分値です（平均値は1時間値の平均値です）。
・対照期間の測定値は、直近及び事故前は10分値、事前は1時間値です。

調査結果1（1） 空間放射線量率（続き）

単位：μSv（マイクロシーベルト）／時

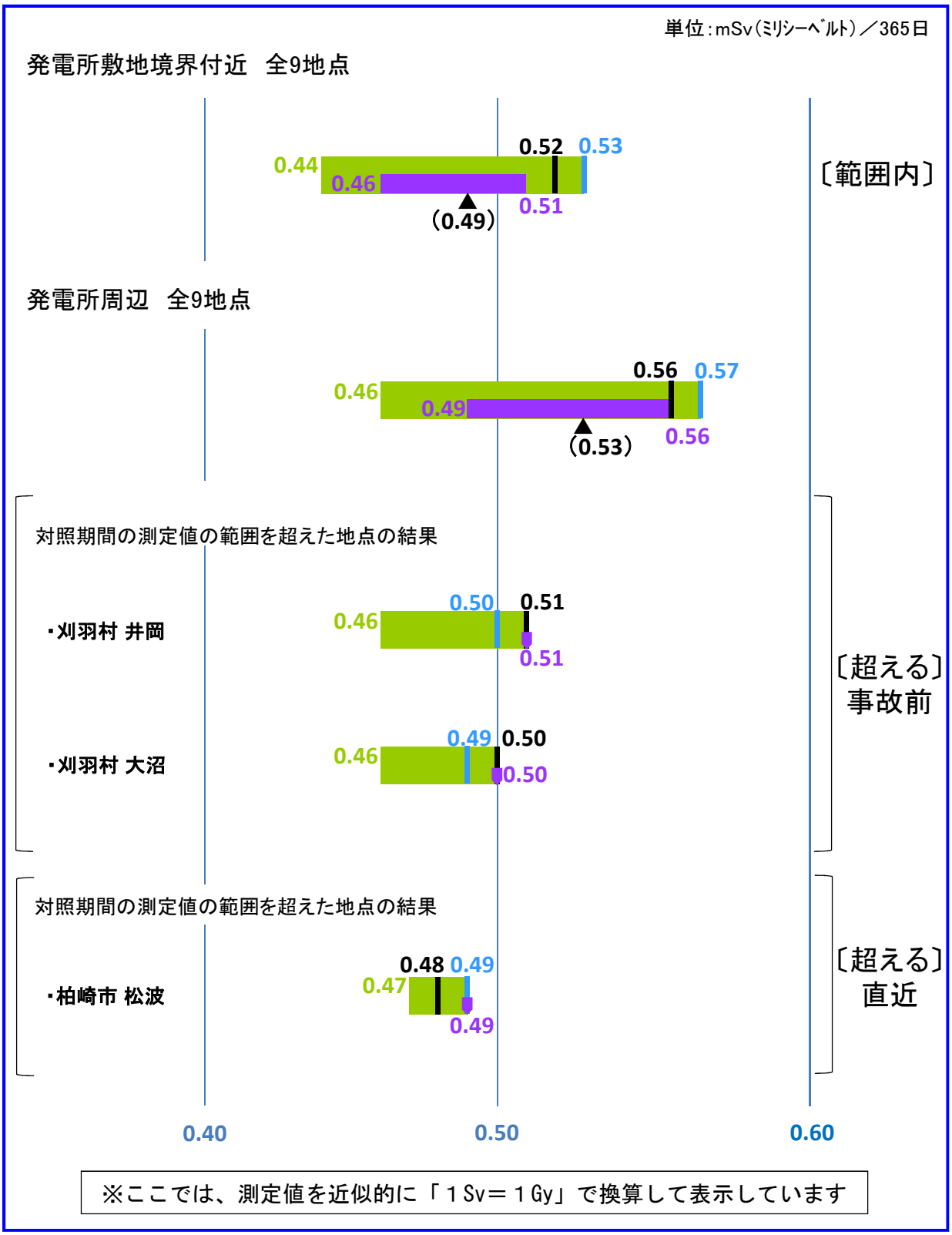


※ここでは、測定値を近似的に「１Sv＝１Gy」で換算して表示しています

・平均値は、全地点で測定した1時間値の平均値です。
・令和元年度の測定値は、10分値です（平均値は1時間値の平均値です）。
・対照期間の測定値は、直近及び事故前は10分値、事前は1時間値です。

調査結果1（2） 積算線量

発電所敷地境界のモニタリングポストに併設した9か所及び発電所周辺の9か所に設置した蛍光ガラス線量計により、3か月ごとの積算線量を測定した結果、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、自然変動及び平成29年度の蛍光ガラス線量計更新の影響によるものと推定されます。



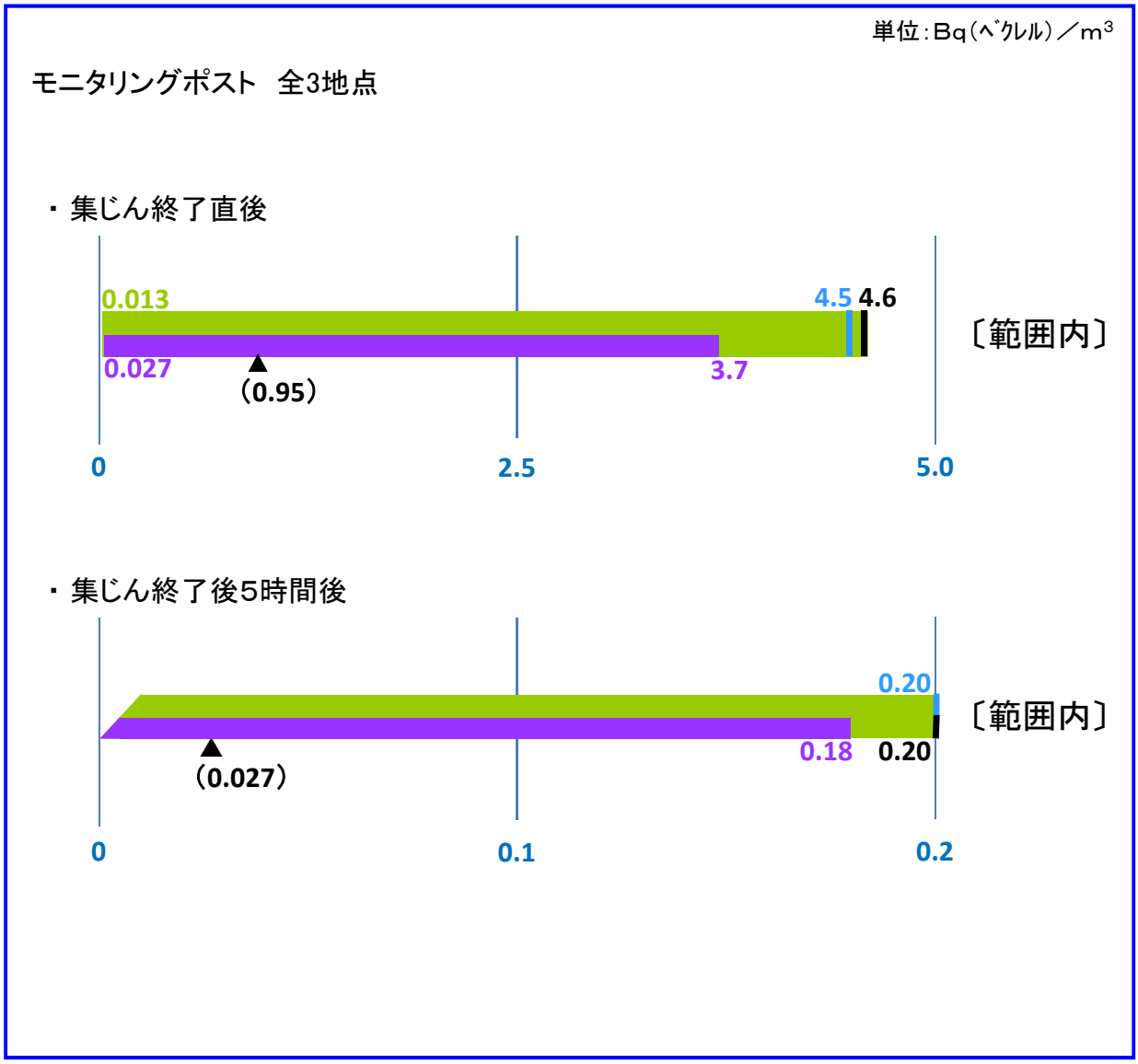
・平均値は、発電所敷地境界付近及び発電所周辺の全地点で測定した値の平均値です。

調査結果2（1） 浮遊じんの全ベータ放射能

発電所敷地境界のＭＰ－１、ＭＰ－５及びＭＰ－８地点において大気中のじん埃をろ紙に６時間集じんし、集じん終了直後及び５時間後にZnS(Ag)+プラスチックシンチレーション検出器で測定した結果、対照期間の測定値の範囲内でした。

単位：Bq（ベクレル）／m^3

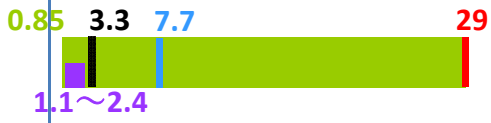
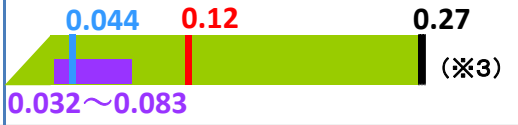
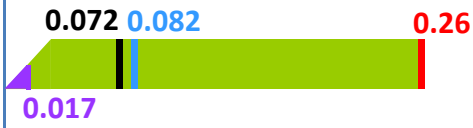
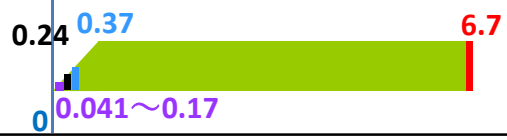
モニタリングポスト　全3地点



・平均値は、３地点で測定した値の平均値です。
・平成19年度第4四半期に装置の更新を行い、24時間集じんから６時間集じんに変更しました。

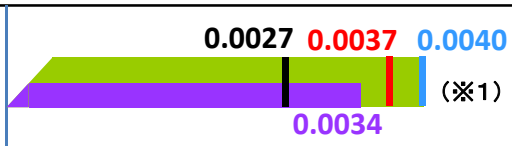
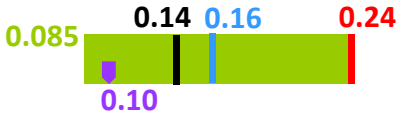
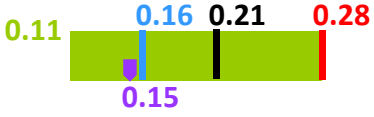
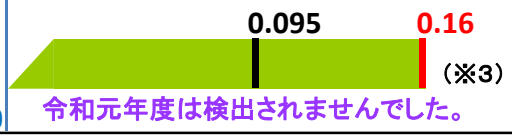
調査結果3（1） 核種分析（機器分析）

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。また令和元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）		〔範囲内〕	2.8×10^{-6}
飲料水（Bq/L）			〔超える〕事前	0.0012
陸土（0～5cm）（Bq/kg乾）			〔範囲内〕	0.59
米（精米）（Bq/kg生）			〔範囲内〕	0.010
キャベツ（葉茎）（Bq/kg生）			〔超える〕事故前	0.015
大根（根部）（Bq/kg生）			〔範囲内〕	0.015
牛乳（原乳）（Bq/L）			〔範囲内〕	0.014
松葉（2年葉）（Bq/kg生）			〔範囲内〕	0.026

※1　浮遊じんのCs-137：対照期間（直近及び事故前）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、黒線及び青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の影響によるものと推定されます。なお、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。
※3　キャベツのCs-137：対照期間（事故前）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の影響によるものと推定されます。

調査結果3（1） 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（表層水）（Bq/L）	Cs-137（セシウム137）		〔超える〕直近	0.0016
海底土（表層土）（Bq/kg乾）	—	令和元年度は検出されませんでした。	〔範囲内〕	0.81
マダイ（可食部）（Bq/kg生）	Cs-137（セシウム137）		〔範囲内〕	0.032
ヒラメ（可食部）（Bq/kg生）			〔範囲内〕	0.032
サザエ（可食部）（Bq/kg生）			〔範囲内〕	0.052
ワカメ（葉茎）（Bq/kg生）			〔範囲内〕	0.055
ホンダワラ類（葉茎）（Bq/kg生）			〔範囲内〕	0.090

※1　海水の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の影響によるものと推定されます。
※2　サザエ及びワカメのCs-137：対照期間（直近及び事故前）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、黒線及び青線の記載はありません。
※3　ホンダワラ類のCs-137：対照期間（事故前）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、青線の記載はありません。

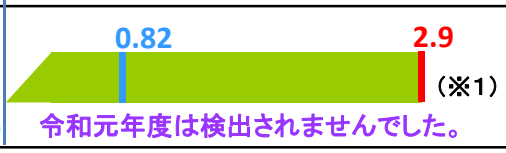
調査結果3（2） 核種分析（放射化学分析）

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）（※1）	0.0018（※2）	―	0.00047
陸土（0～5cm）（Bq/kg乾）		0.20 0.21 令和元年度は検出されませんでした。	〔範囲内〕	0.20
米（精米）（Bq/kg生）		令和元年度は検出されませんでした。	〔範囲内〕	0.022
キャベツ（葉茎）（Bq/kg生）		令和元年度は検出されませんでした。（※2）	―	0.021
大根（根部）（Bq/kg生）		0.018 0.028 令和元年度は検出されませんでした。	〔範囲内〕	0.023
牛乳（原乳）（Bq/L）		0.021（※3） 令和元年度は検出されませんでした。	〔範囲内〕	0.015
海水（表層水）（Bq/L）		0.00092 0.0011 0.0021 0.0012	〔同程度〕直近	0.00064
マダイ（可食部）（Bq/kg生）		令和元年度は検出されませんでした。（※2）	―	0.015
サザエ（可食部）（Bq/kg生）		0.018 0.023 令和元年度は検出されませんでした。	〔範囲内〕	0.016
ホンダワラ類（葉茎）（Bq/kg生）		0 0.035 0.033 0.053 0.058	〔範囲内〕	0.021

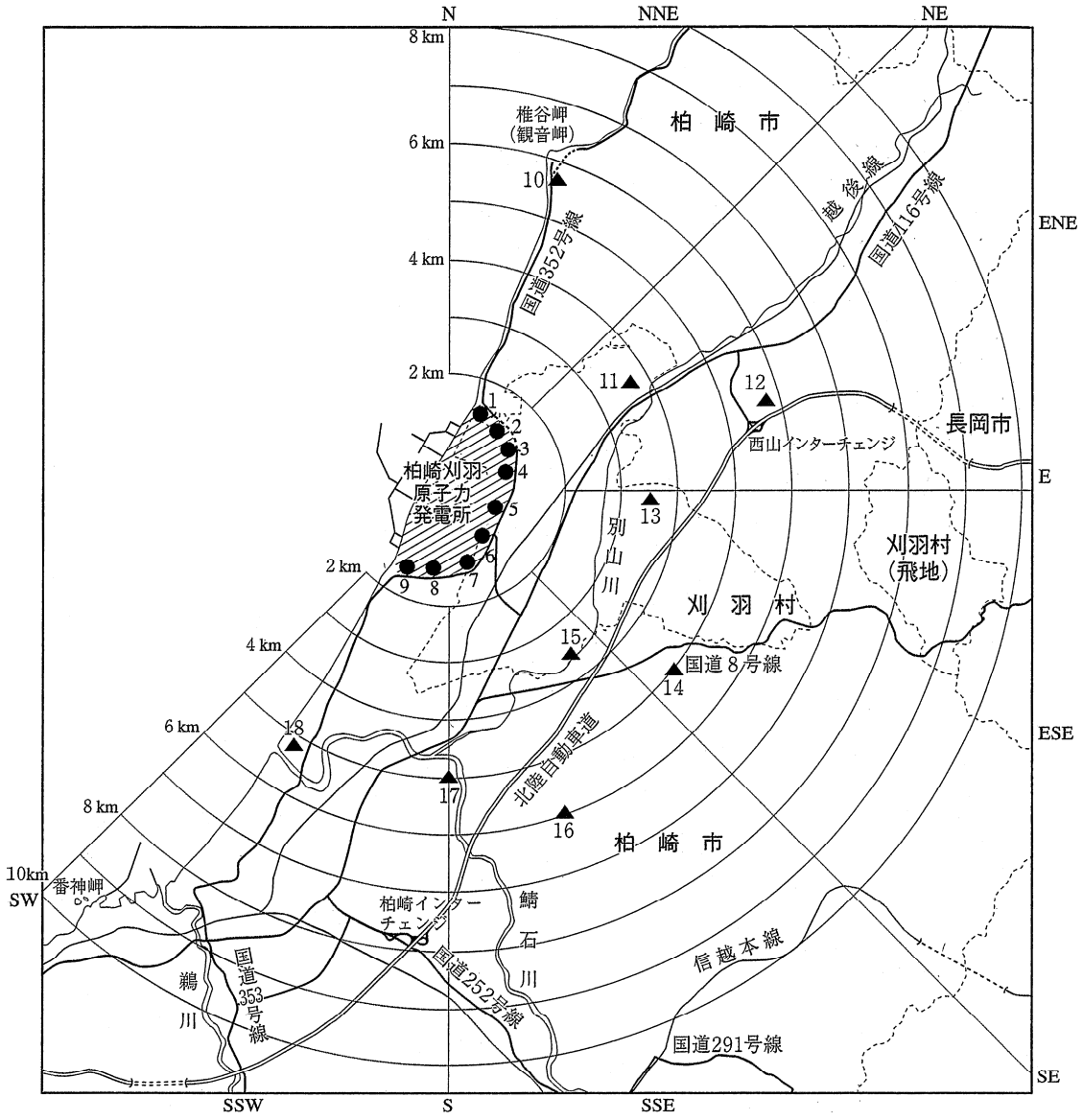
※1　Sr-90：平成21年度より測定を開始しており、対照期間（事前）の最大値を示す赤線の記載はありません。
※2　飲料水、キャベツ、マダイのSr-90：令和元年度から測定を開始しました。
※3　牛乳のSr-90：対照期間（事故前）の測定値の最大値が検出下限値未満のため、青線の記載はありません。

調査結果3（2） 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
飲料水 （Bq/L）	H-3 （トリチウム）		〔範囲内〕	0.38
海水（表層水） （Bq/L）			〔範囲内〕	0.38

※1　海水のH-3：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。
なお、対照期間における測定値の範囲について、平成20年度第4四半期の測定値（3.5Bq/L）は、放射性液体廃棄物の計画放出の影響を受けていると考えられることから除外しています。

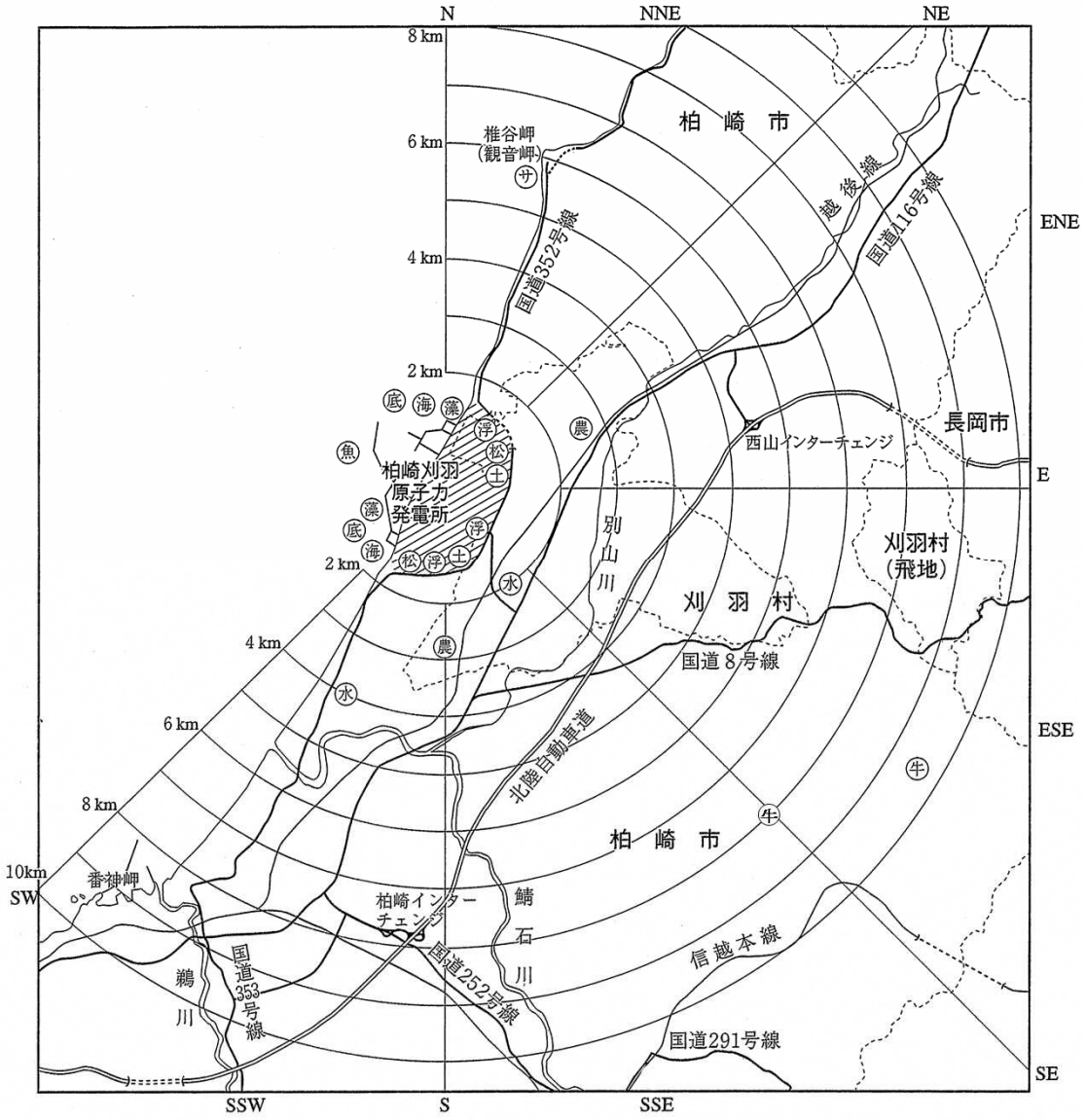
調査地点（空間放射線量率測定地点）



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	▲刈羽村大沼	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、 MP－8	㊓	海水	放水口（南）付近 放水口（北）付近
㊌	飲料水	刈羽村刈羽 柏崎市荒浜	㊕	海底土	放水口（南）付近 放水口（北）付近
㊐	陸土	MP－2付近 MP－8付近	㊖	魚類	発電所前面海域
㊗	農産物	刈羽村勝山 刈羽村高町	㊙	サザエ	柏崎市椎谷岬 （観音岬）
㊘	牛乳	柏崎市東長鳥 柏崎市西長鳥	㊔	ワカメ、 ホンダワラ類	放水口（南）付近 放水口（北）付近
㊍	松葉	発電所北側 発電所南側			

解説（単位の説明）

項　目	単　位	説　　明
放射線の単位	グレイ （Gy） シーベルト （Sv）	グレイは、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）を表します。 グレイを人体に対する放射線の影響量として表したのがシーベルト（Sv）という単位です。 自然界に存在する放射性物質のために、人は1年間で約2.1ミリシーベルト（日本平均）の放射線を浴びます。 胃のエックス線写真を撮ると、1回で約0.6ミリシーベルト浴びたことになります。 （ミリ（m）は1,000分の1を意味します） ガンマ線では、近似的にグレイ＝シーベルトとして扱うこともあります。
	マイクロ シーベルト毎時 （μSv/時）	線量率の単位です。 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。 マイクロ（μ）は100万分の1を意味します。
	ミリシーベルト 毎365日 （mSv/365日）	積算線量の単位です。 365日（1年間）の人体に対する放射線の影響量を表します。 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 （Bq）	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。 放射能を表す単位です。 人体には自然放射性物質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 （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 （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 （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 （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。

高純度ゲルマニウム半導体検出器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。

本資料では、１時間あたりの放射線の量を近似的に、マイクロシーベルト毎時に換算して表しています。

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、これらを空間放射線量率として測定しています。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。

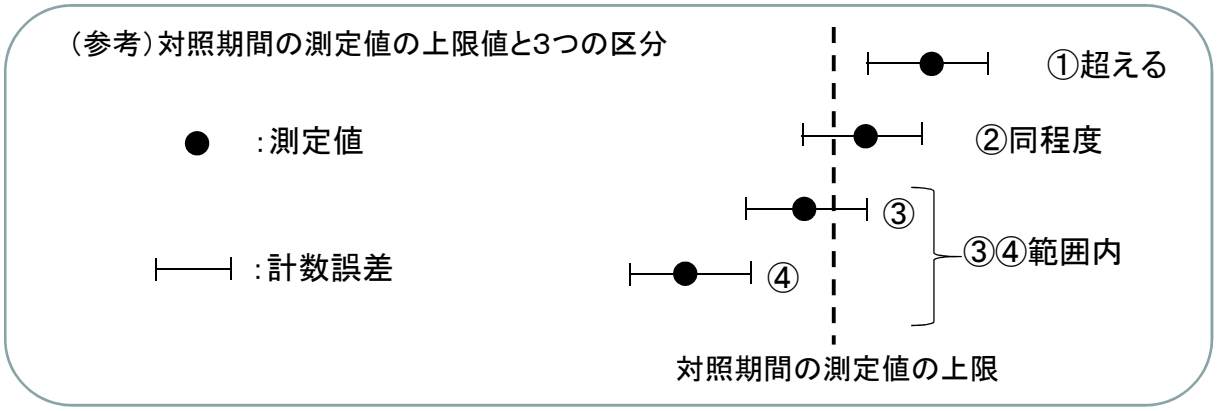
４　計数誤差

放射性物質が放射線を放出して他の物質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、放射性物質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、試料の計数率からバックグラウンドの計数率を除いた正味計数率の計数誤差（解説４）の3倍に相当する放射性核種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28.7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2.06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30.2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、過去の核実験やチェルノブイリ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秒という短い半減期から100億年という長い半減期まであります。

解説（用語の説明）（続き）

12　浮遊じん

空気を吸引してろ紙に浮遊じん（ちり）を集じんし、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崩壊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（p13「解説（単位の説明）」を参照）。

16　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（p13「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。

17　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。ラドン222は半減期3.8日、ラドン220（別名トロン）は半減期55秒。

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。

【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
http://www.tepco.co.jp/kk-np/monitoring/mp-j.html