

浜岡原子力発電所
周辺環境放射能調査

< 解説資料 >

令和 2 年 9 月

静岡県環境放射能測定技術会

目 次

はじめに	1
I 環境放射能調査の解説	2
1 調査の目的	2
2 実施機関	2
3 調査の流れ	3
4 日常生活の中の放射線	4
5 測定の目的と実施内容	5
6 測定の方法等	9
7 異常時の対応	10
8 周辺住民等の被ばく線量の評価	12
9 過去の大気圏内核爆発実験の影響	13
10 東電事故等の影響	15
II 測定の実際（各測定の詳細）	17
1 空間放射線量率の測定	18
2 積算線量の測定	31
3 大気中浮遊塵の全 α ・全 β 放射能の測定	33
4 γ 線放出核種の測定	37
5 ストロンチウム 90 の測定	44
6 トリチウムの測定	48
7 プルトニウム 238, 239+240 の測定	51
8 排水の全計数率の測定	53
別記 1 測定値の表示方法	56
別記 2 測定目標値	57
別記 3 品質保証	58
III 用語の解説	59

はじめに

静岡県においては、「浜岡原子力発電所の安全確保等に関する協定（以下「安全協定」という。）に基づき、静岡県環境放射能測定技術会（以下「技術会」という。）が「浜岡原子力発電所周辺環境放射能測定計画（以下「測定計画」という。）」を作成し、浜岡原子力発電所周辺 10km 圏内を中心とした環境放射能調査を実施している。

各測定機関が測定を行い、その結果を技術会が検討及び評価するが、この一連の作業を調査と呼んでいる。

この資料は、調査の内容をより深く理解してもらうための解説書である。

I 環境放射能調査の解説

1 調査の目的

技術会が行う環境放射能調査は、次に掲げる目的の下、浜岡原子力発電所を中心とした概ね半径 10km の範囲を対象に行っている。

なお、県及び中部電力では、別の事業として、10～30km 圏内の環境放射能測定も行っている。

(1) 周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価

浜岡原子力発電所の周辺住民等の健康と安全を守るため、平常時から、環境における浜岡原子力発電所起因の放射性物質又は放射線による周辺住民等の被ばく線量を推定し、評価する。

(2) 環境における放射性物質の蓄積状況の把握

浜岡原子力発電所からの影響の評価に資するため、平常時から、浜岡原子力発電所の運転により放出された放射性物質の環境における蓄積状況を把握する。

(3) 浜岡原子力発電所からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出及び周辺環境への影響評価

浜岡原子力発電所から敷地外への予期しない放射性物質又は放射線の放出を検出することにより、浜岡原子力発電所の異常の早期発見に資する。

また、浜岡原子力発電所から予期しない放射性物質又は放射線の放出があった場合に、その影響を的確かつ迅速に評価するため、平常時モニタリングの結果を把握しておく。

(4) 緊急事態が発生した場合への平常時からの備え

緊急事態が発生した場合に、緊急事態におけるモニタリングへの移行に迅速に対応できるよう、平常時から緊急事態を見据えた環境放射線モニタリングの実施体制を備えておく。(バックグラウンド測定)

(5) 補足参考測定

(1)から(4)までの目的を達成する上で参考となるもの、浜岡原子力発電所からの影響を判断する上で参考となるもの、環境中の経時変化を把握する上で有効なもの又は測定技術の維持が必要と考えられるものについては、平常時から測定を行い、その結果を把握しておく。

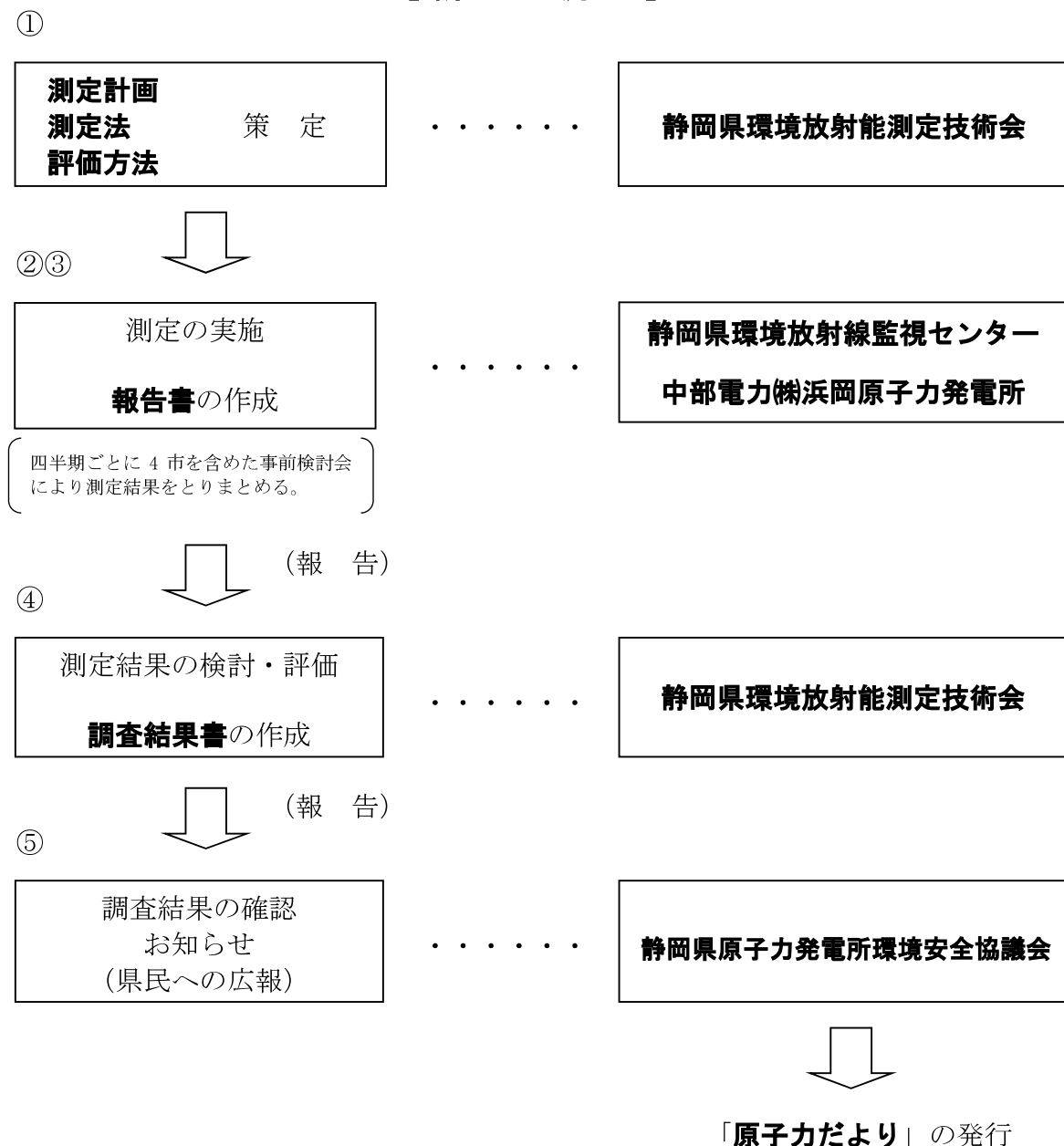
2 実施機関

- 【測定】** 静岡県環境放射線監視センター
中部電力株式会社浜岡原子力発電所
御前崎市、牧之原市、掛川市及び菊川市（試料採取等に協力）
- 【評価】** 静岡県環境放射能測定技術会

3 調査の流れ

- ① 技術会が**測定計画**、**測定法**及び**評価方法**を定める。
- ② 県（環境放射線監視センター）と中部電力（浜岡原子力発電所）が、測定計画に基づき、測定を実施する。（4市（御前崎市、牧之原市、掛川市及び菊川市）は試料採取等に協力）
- ③ 県及び中部電力は、四半期ごとに測定結果を取りまとめ、4市を加えた測定結果等事前検討会で**報告書**を作成する。
- ④ 県及び中部電力は、技術会において測定結果を報告する。
技術会は、測定結果に対し、検討及び評価を加えた**調査結果書**を作成する。
- ⑤ 技術会は、静岡県原子力発電所環境安全協議会に調査結果を報告し、確認を得る。
協議会は、広報誌「**原子力だより**」で調査結果を4市住民等にお知らせする。

【調査の流れ】



4 日常生活の中の放射線

(1) 空間放射線

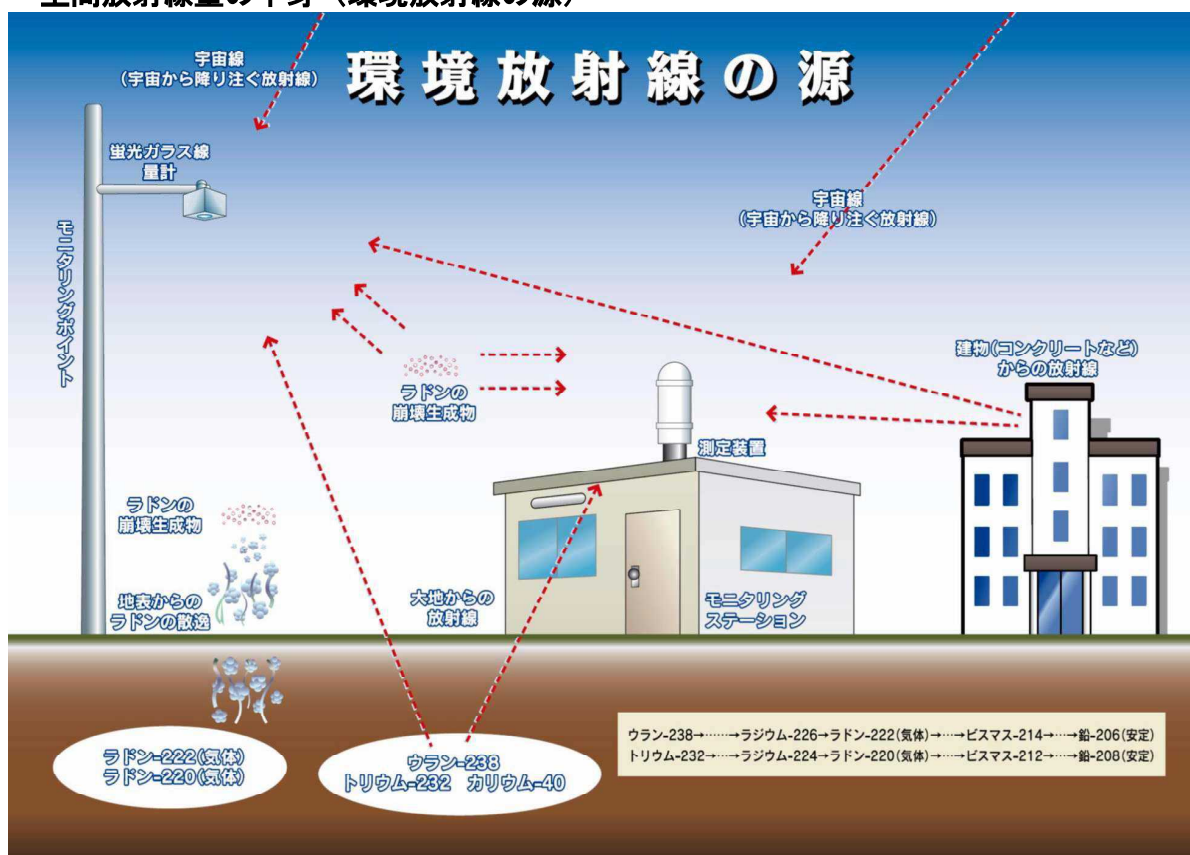
空間放射線は、下図に示したように、①**宇宙線**（宇宙から飛来する高エネルギーの放射線やそれと反応してできる放射線）、②**大地**中の自然放射性核種からの放射線、③**大気**中を浮遊している自然放射性核種（ラドンの崩壊生成物）からの放射線、④測定地点付近にある**建物**の中の自然放射性核種からの放射線、⑤**事故等**による人工放射性核種の影響などから来るものである。

なお、本県が行う線量率の測定は、NaI シンチレーション検出器で行っているが、当該測定器では宇宙線を測定していないため、測定値の中身は②～⑤からなる。その中でも、②が大部分を占めており、**測定値に地域差が見られるのは、土壤中の自然放射性核種濃度が違うため**である。

土壤中の自然放射性核種は、ウラン（U）系列、トリウム（Th）系列、カリウム40（K-40）の3つの成分からなる。（24、36 ページ参照）

自然放射性核種濃度は一般に基盤地質に依存するといわれており、人体に対する外部被ばくは、主としてこれらの核種に起因するγ線によって生じることになる。

空間放射線量の中身（環境放射線の源）



(2) 環境試料

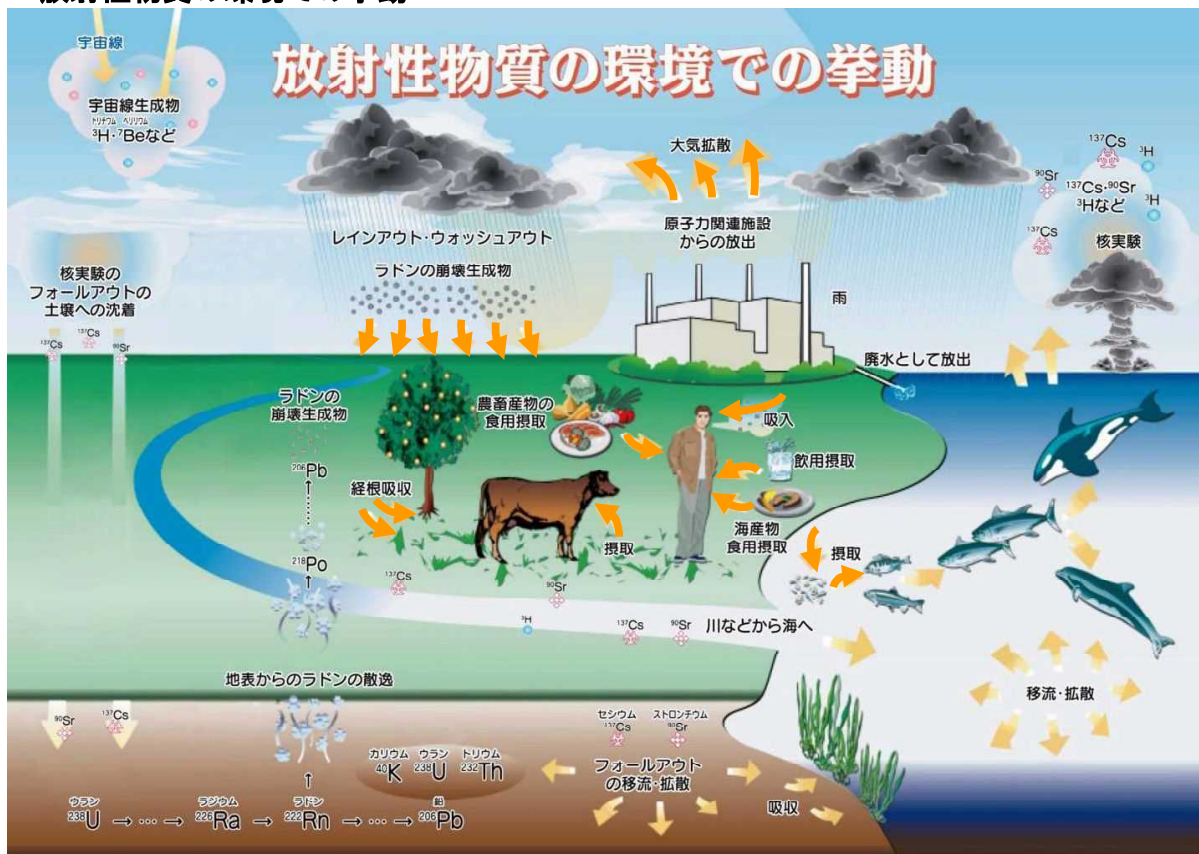
下図に示したように、放射性物質の環境中での挙動は、あたかも大気汚染物質が風や雨などによって環境中を移動し、その後、食物連鎖に乗って植物、動物、人間へ到達する様子に似ている。

食品中の放射性核種は、動植物体を構成する必須元素として含まれている炭素、水素、カリウムなどの放射性同位体 (^{14}C 、 ^3H 、 ^{40}K) が主なものである。

このほか、生育地域の土壌から農作物などによって吸収されたウラン、トリウム、ラジウム、ポロニウム、鉛などの自然放射性核種とセシウム 137 やストロンチウム 90 などの人工放射性核種があり、これらは必須元素ではないため、**土壌中の放射性核種濃度の地域差や動植物の代謝特性の違いによる種への取り込みの違い、人工放射性核種にあっては降下・沈着した量の違い**などがある。

また、大気や飲料水も同様に、自然放射性核種と人工放射性核種を含有しており、これら環境試料の吸入や摂取が人体への内部被ばくの要因となる。

放射性物質の環境での挙動



(3) 日常生活の中で受ける放射線量

私たちの生活環境中には様々な放射線源が存在し、被ばくによる影響は実効線量 (mSv : ミリシーベルト) という単位で計ることになる。

下表のとおり、国民が1年間に受ける被ばく線量は、自然放射線によるものが2.10mSv、人工放射線によるものが3.88mSvと推定されており、人工放射線については医療被ばくによるものが大部分を占めている。

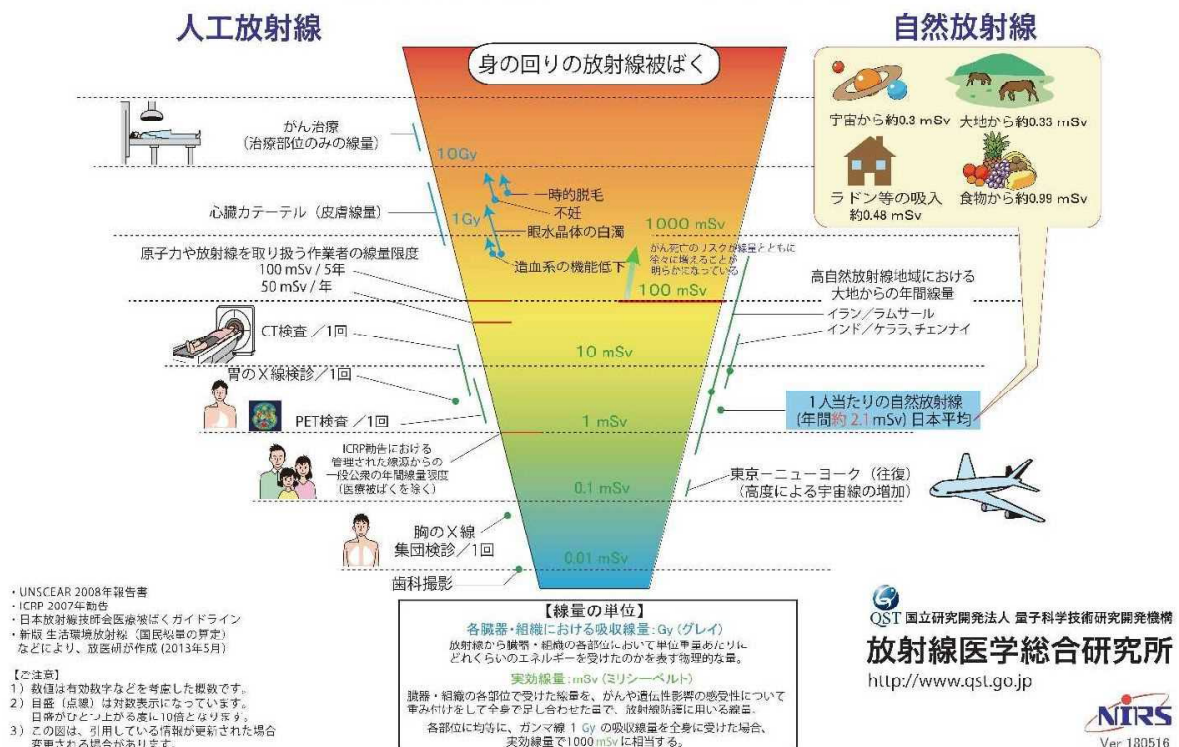
各線源からの国民1人当たりの年間実効線量 (mSv/年)

自然放射線		2.10
(内訳) 外部被ばく	宇宙線 (0.3)、大地 (0.33)	0.63
内部被ばく (吸入)	ラドン、トロン、喫煙等	0.48
内部被ばく (経口)	鉛 210、 ²¹⁰ Po、 ²¹⁰ Pb、カリウム 40 等	0.99
人工放射線		3.88
(内訳) 核実験フォールアウト		0.005
職業被ばく		0.0015
医療被ばく		3.87
諸線源による被ばく	(航空機乗客の線量が主体)	0.004
その他	(地球規模の ¹³⁷ Csが主体)	0.0001
合計		5.98

新版 生活環境放射線 (国民線量の算定) 平成 23 年 12 月 ((公財) 原子力安全研究協会) から引用

(参考) 浜岡原子力発電所周辺地域における自然放射線による外部被ばく線量 (大地) は、令和元年度の測定結果から、約 0.29mSv と推定される。(建物による線量の低減は考慮していない。)

放射線被ばくの早見図



5 測定の実施内容

測定は、1に掲げた目的に応じ、測定計画において実施内容を定め、実施している。

(1) 「周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価」のための測定

原子力発電所周辺の住民等の被ばく線量は、外部被ばくの実効線量と内部被ばくの預託実効線量の合算によって計算される。

外部被ばくは、人体の外側から受けた放射線による影響をいい、その実効線量はモニタリングステーション等で測定した空間放射線量率の値から算出する。

内部被ばくは、人体の内側で受けた放射線による影響をいい、その預託実効線量は農畜産物や海産生物などの放射能から算出される。これら環境試料の選定にあたっては、生産量などから地域を代表するものか、継続的に採取が可能か、線量評価を行う上で適切なものかなどの点を考慮している。

【測定計画】

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
空間放射線量率 (1時間平均値)	モニタリングステーション (14地点/連続) (NaIシンチレーション検出器等による測定)	γ線
環境試料中の放射能	大気中浮遊塵、キャベツ、白菜、茶葉、玄米、しらす、あじ、たこ、わかめ、上水など (約40地点 測定数約200/年)	β線、γ線

(2) 「環境における放射性物質の蓄積状況の把握」のための測定

放射性物質の蓄積状況を把握するための採取試料としては、土壌及び海底土が重要である。

採取地点は、発電所からの位置関係を考慮し、定点で採取が可能か、経年的な追跡が可能か、また土壌については土地の利用状況も考慮し、選定している。

【測定計画】

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
環境試料中の放射能	土壌 (4地点/四半期) 海底土 (10地点/四半期)	γ線

(3) 「浜岡原子力発電所からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出及び周辺環境への影響評価」のための測定

発電所から放出される放射性物質の影響を迅速に捉えるためには、連続かつ短時間の測定が必要である。

モニタリングステーションでは、空間放射線量率の測定に加え、大気中の浮遊塵を連続的に採取可能で検出性の高いダストモニタを設置している。モニタリングステーションで取得したデータは、テレメータシステムにより環境放射線監視センターに集約される。

また、海域への放出に対しては、中部電力が設置する放水口モニタのデータをテレメータシステムで取得し、監視している。

【測定計画】

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
空間放射線量率 (10分間平均値)	モニタリングステーション (14地点/連続) (NaIシンチレーション検出器等による測定)	γ線
環境試料中の放射能	モニタリングステーション (5地点/連続) (ダストモニタによる大気中浮遊塵の測定)	α線、β線
排水の全計数率	放水口モニタ (4地点/連続)	γ線

(4) 「緊急事態が発生した場合への平常時からの備え」のための測定 (バックグラウンド測定)

緊急時モニタリングの結果を適切に評価するためには、平常時における環境試料中の放射能の水準 (バックグラウンド) を把握しておくことが重要である。

このため、緊急時モニタリング計画で定めた採取地点についてモニタリングを実施し、緊急事態に備えておくこととしている。

測定は、試料の種類に応じ、γ線放出核種、トリチウム、ストロンチウム90、プルトニウムの分析を定期的に行っている。(プルトニウム以外はおおよそ5年に1回の頻度、プルトニウムは1回のみ。)

【測定計画】

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
環境試料中の放射能	上水、土壌、海水、農畜産物等	α線、β線、 γ線

(5) 補足参考測定

(1)から(4)までの目的には該当しないが、これらの目的を達成する上で参考となるもの、浜岡原子力発電所からの影響を判断する上で参考となるもの、環境中の経時変化を把握する上で有効なもの又は測定技術の維持が必要と考えられるものについては、平常時から測定を行い、その結果を把握しておくこととしている。

【測定計画】

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
積算線量	モニタリングポイント (12地点/四半期)	γ線
環境試料中の放射能	降下物、指標生物 (松葉)、海水及び大気中水分 (18地点 測定数176/年)	β線、γ線

6 測定の方法等

測定は、次表に掲げる測定器を用い、原子力規制庁等が作成した「放射能測定法シリーズ」により行っている。

実施項目	測定器	放射能測定法シリーズ
空間放射線量		
線量率	NaI シンチレーション検出器等	連続モニタによる環境 γ 線測定法
積算線量	蛍光ガラス線量計	蛍光ガラス線量計を用いた環境 γ 線測定法
環境試料中の放射能		
大気中浮遊塵の 全 α 放射能・全 β 放射能	ダストモニタ	全ベータ放射能測定法等
γ 線放出核種	ゲルマニウム半導体検出器	ゲルマニウム半導体検出器による γ 線スペクトロメトリー
ストロンチウム 90	低バックグラウンド全 β 放射能測定器	放射性ストロンチウム分析法
トリチウム	液体シンチレーションカウンタ	トリチウム分析法
プルトニウム 238, プルトニウム 239+240	シリコン半導体検出器	プルトニウム分析法
排水の全計数率	放水口モニタ (NaI シンチレーション検出器)	

各測定法については、17 ページ以降で詳述している。

7 異常時の対応

(1) 測定値の変動と平常の変動幅

測定値は、主に以下の原因により変動が起こりうる。

- ア 試料の採取及び処理方法、測定器の性能、測定方法等の測定条件の変化
- イ 降雨、降雪、雷、積雪等の気象要因並びに地理及び地形上の要因等の自然条件の変化
- ウ 核爆発実験等の影響
- エ 医療及び産業用の放射性同位元素等の影響
- オ 原子力施設の運転状況等の変化

一方、原子力発電所の通常運転時又は運転停止時であって、測定条件等が適切に管理されている場合においては、ウ及びエの原因による測定値の変動を除き、測定値の変動がある一定の中に収まると考えられる。この幅を「**平常の変動幅**」という。

平常の変動幅は、次の方法により設定し、年度ごとに見直している。

【平常の変動幅の設定方法】

測定項目	平常の変動幅の設定方法
① 空間放射線量率	過去5年間の最小値～最大値
② 積算線量	
③ 大気中浮遊塵の全 α ・全 β 放射能	
④ 放水口モニタ	
⑤ 環境試料中の放射能（③を除く。）	東電事故前5年間の最小値～最大値

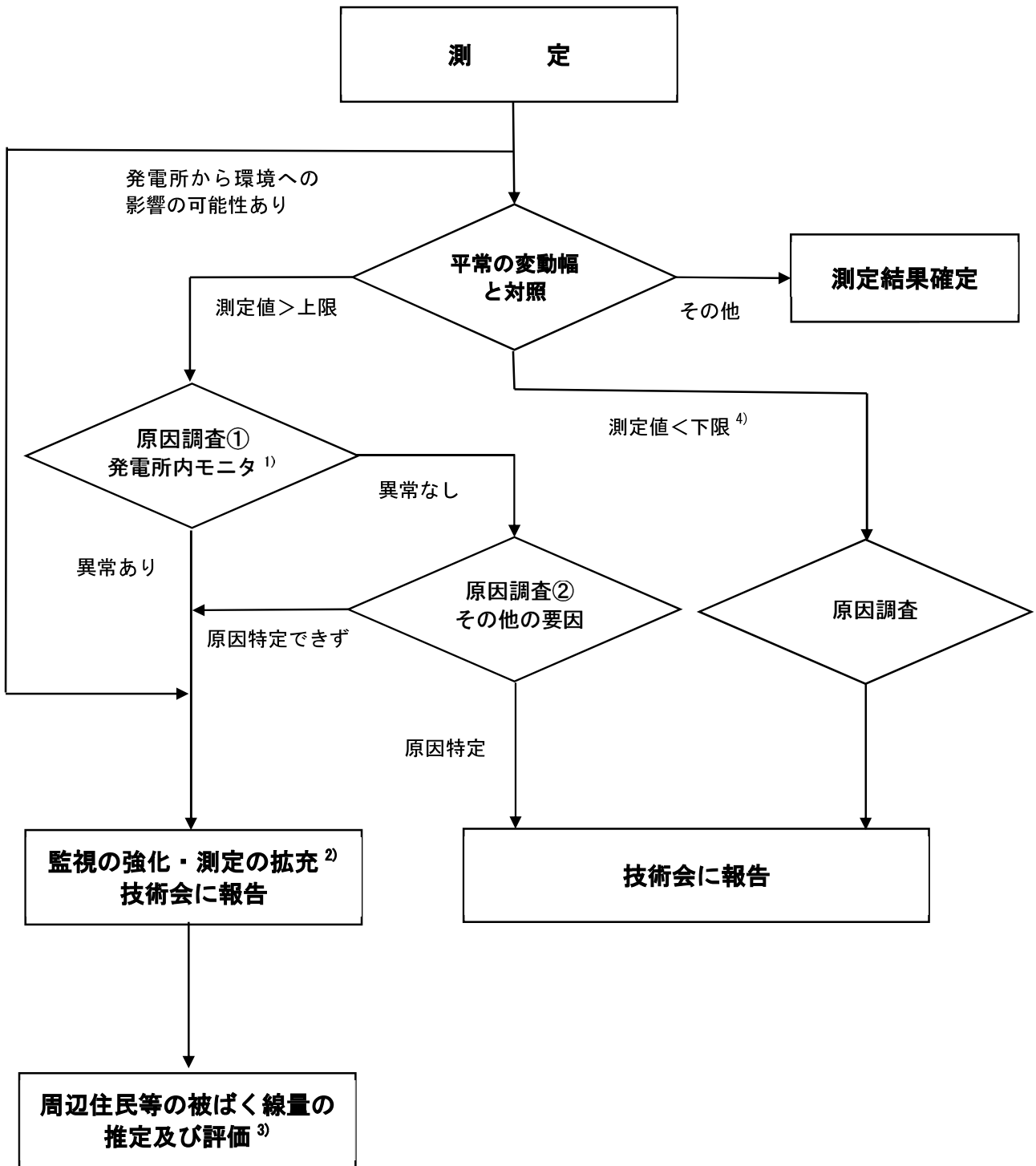
(2) 異常時の対応方法

測定実施機関は、測定値が平常の変動幅内に収まっているかどうかを確認し、平常の変動幅を上回った場合は、原因調査を行う。（5の(4)及び(5)の測定については、浜岡原子力発電所以外の要因について調査を行う。）

原因調査の結果、浜岡原子力発電所からの影響と判断した場合（影響があった可能性を否定できないと評価した場合を含む。）には、監視の強化や測定の拡充を行うとともに、住民等の被ばく線量の推定及び評価を行うこととなる。

以下に**異常時の対応の流れ**を示す。

【異常時の対応の流れ（5の(1)～(3)の測定）】



注 1) 発電所内の格納容器雰囲気モニタ、燃料交換エリア換気モニタ、モニタリングポスト等をいう。
 注 2) モニタリングステーションのデータ確認を頻繁に行うことやダストモニタのろ紙送り間隔を短縮することに加え、可搬型モニタリングポスト等を設置することにより、空間放射線量率等の分布及び経時的变化を把握する。また、発電所の状況に応じ、適当な環境試料を選定し、採取及び測定数を増やすことを行う。
 注 3) 技術会が定める「浜岡原子力発電所周辺環境放射能測定に係る測定法及び評価方法」に従って行う。
 注 4) 空間放射線量率及び排水の全計数率並びにこれら以外の測定で妥当性に疑いがある場合に限る。

8 周辺住民等の被ばく線量の評価

浜岡原子力発電所からの影響を認めた場合に、発電所周辺住民等の被ばく線量を推定し評価することになる。

被ばく線量は、外部被ばくと内部被ばくに区分し、それぞれ空間放射線量率と環境試料中の放射能の測定結果から推定することになる。

1990年、国際放射線防護委員会（ICRP）は、**管理された線源からの公衆の被ばく線量限度（医療被ばくを除く。）を年1mSvと勧告した。**

このため、平常時モニタリングにおいては、測定結果から周辺住民等の被ばく線量を推定した場合、**年1mSvよりも十分に低いことを確認する。**

なお、国において、発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値を年0.050mSvとしていることから、「**1mSvよりも十分に低い**」ことを示す**比較対照値を0.050mSv**とする。

食品衛生法上の放射性物質（放射性セシウム）の基準は、**一般食品で100Bq/kg、飲料水で10Bq/kg**などと設定されている。これは、基準値の食品等を1年間摂取し続けたとしても、**年間の被ばく線量が1mSvを超えないものとして設定されている。**

100～200mSv以上の線量に対しては、がんになるリスクが上昇するという科学的証拠が存在するが、100mSv以下ではがん発症のリスクがどの程度かは不明であるとされる。

国際放射線防護委員会では、低線量・低線量率の場合、がんの死亡確率は100mSvあたり約0.5%高くなるとして防護を考え、これを念頭に、緊急時被ばくの参考レベルを20～100mSv/年、事故後の復旧段階の参考レベル1～20mSv/年としている。

平常時の線量限度（年1mSv）については、これを超えると危険だとか、ここまでは安全と誤解されることがあるが、前述のとおり、100mSv以下のリスクは不明であり、**安全と危険の境界線ではない。**現実的に可能な範囲でできる限り低く被ばくを抑えることが原則である。

（参 考）

○ 内部被ばくによる預託実効線量が年0.05mSvとなる大気及び食品中の放射能

単位：大気（Bq/m³）、食品（Bq/kg 生）

種 類	大 気	葉 菜	魚 類	無脊椎動物	藻 類
セシウム 137	0.16	105	53	530	260
ストロンチウム 90		49	24	240	120
トリチウム	24				
1日あたり摂取量	22.2m ³	100g	200g	20g	40g

（注）1日当たりの摂取量を1年間摂取し続けた場合の放射能。洗浄等による除去は考慮していない。

○ カリウム 40（自然放射性核種）による被ばく線量

（例）1日にキャベツ（葉菜）100gを1年間食べ続けた場合の内部被ばくによる預託実効線量（カリウム 40について推定）

約70Bq/kg（K-40 令和元年度測定値） ⇒ 被ばく線量 約0.016mSv

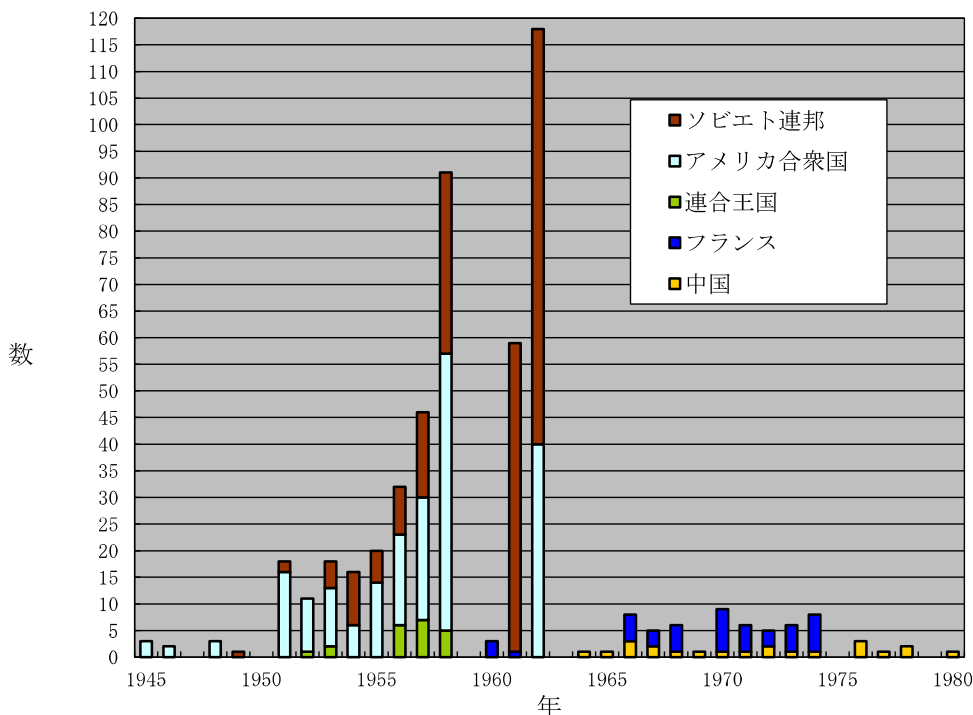
9 過去の大気圏内核爆発実験の影響

(1) 大気圏内核爆発実験

ア 実施数

下図に示すとおり、1945年（昭和20年）から1980年（昭和55年）まで、旧ソ連、米国、イギリス、フランス及び中国により500回以上の大気圏内核爆発実験が行われた。

大気圏内核爆発実験の実施数



イ 生成される放射性核種

- ① 核爆発に使われた核物質（ウラン 235 又はプルトニウム 239）、核爆発の型（核分裂のみか核融合を伴うか）によって生成される放射性核種の割合は異なるが、実際にはその差はあまり問題にならない。
- ② 核爆発実験直後の放射性降下物中の核種は、短半減期の核種の占める割合が大きく、爆発後の経過時間によって、その割合が大きく変わる。
核爆発後数日から1週間位までの間に、大気中浮遊塵や降水に検出される主な核種は次のようなものである。

Sr-90, Sr-91, Zr-95, Nb-95, Zr-97, Mo-99, I-131, Te-132, I-132, I-133, Cs-137, Ba-140, La-140, Ce-143, Np-239

- ③ 中国大陸で行われた大気圏内核爆発実験を例にとると、日本に現れる影響は、通常、爆発後、2～3日に第1の山があり、その後1週間から10日後に第2の山がある。第1の山は、大気圏に注入された核分裂生成物が直接到着したものであり、第2の山は日本上空を通過後、地球を一周した後に到着したものである。地域差はあるが、一般的に到着時間は西日本が早く、順次東に移動していく。これは、日本上空を流れる偏西風によるものである。

(注) 平常時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）（原子力規制庁）から引用

ウ 我が国の監視体制

① 経緯

1961年（昭和36年）に再開された米ソの核爆発実験の我が国への影響に対処するため、同年10月に閣議決定により内閣に放射能対策本部が設置された。これ以降、同本部を中心に放射能調査が行われてきたが、2003年（平成15年）11月、緊急事態に対する政府の初動体制に係る閣議決定により、同本部は廃止され、これを受けて同本部が担っていた機能のうち、危機管理・初動体制以外の機能を引き継ぐため、放射能対策連絡会議が設置された。

② 環境放射能水準調査

現在も、環境放射能水準調査として、原子力規制庁が47都道府県や（公財）日本分析センターなどの関係研究機関に業務委託し、核爆発実験や核施設の事故などによる我が国への影響調査を実施している。

調査は、平常時と緊急時に行い、本県の場合、昭和36年から現在まで、県内各地で調査を行っている。

エ 国連科学委員会報告

環境放射能水準調査の結果は、「原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）」に報告され、他の放射線に関する情報と合わせて、報告書にとりまとめられる。

2008年の報告書によれば、大気圏内核実験により地球環境に放出された人工放射性核種は、トリチウムは186,000PBq、ストロンチウム90は622PBq、セシウム137は948PBq、プルトニウム239は6.52PBq、プルトニウム240は4.35PBqなどと推定されている。（P：ペタは 10^{15} ）

また、報告書では、「大気圏内核実験に起因する一人当たりの実効線量の世界平均の推定値は、1963年に最も高く（0.11mSv）、そしてその後2000年代には0.005mSv未満に減少した。外部被ばくは通常、年間線量に最も大きく寄与する。最初は短寿命放射性核種に起因し、その後 ^{137}Cs に起因する。」としている。