

# 第一回実施計画変更ヒアリングコメントについて

2. 3号機原子炉格納容器ガス管理設備の  
配管部材，機器ユニット固定方式変更に伴う実施計画の変更について

平成26年9月8日  
東京電力株式会社



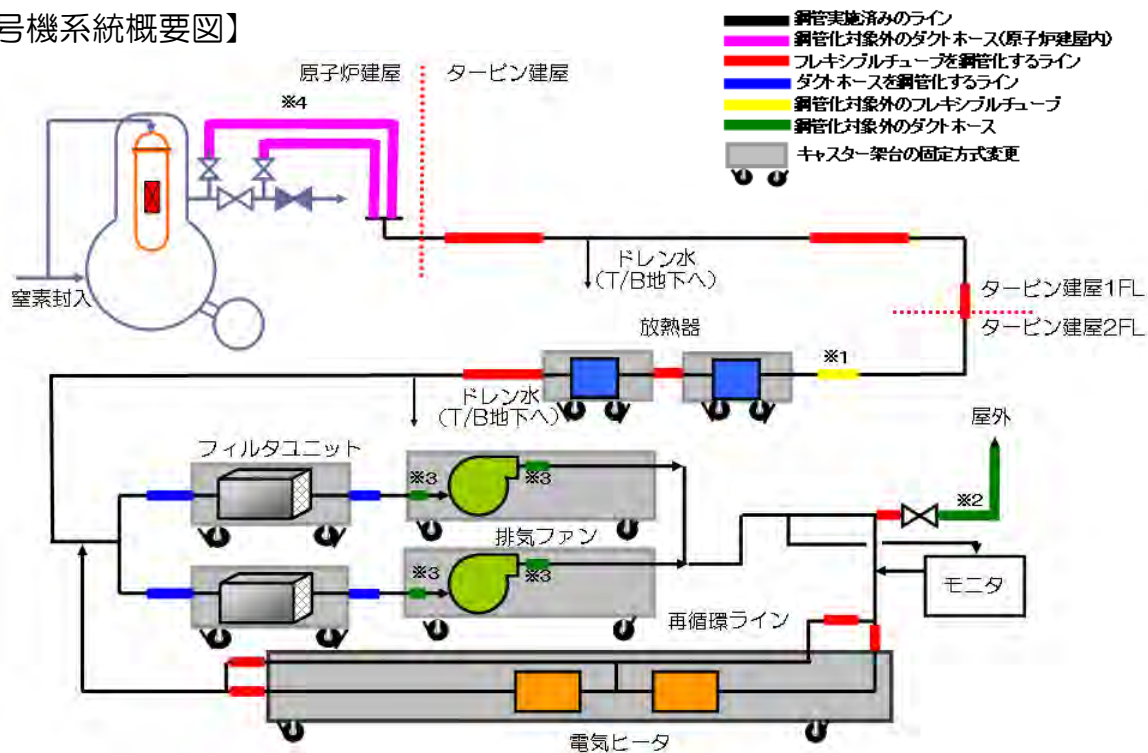
## 目次

- ① 鋼管化を実施しない箇所について
- ② 主要配管仕様表との照合について【2号機】 【3号機】
- ③ 溶接検査の確認事項について

## ①-1 鋼管化を実施しない箇所について【2号機】

コメント「フレキシブルチューブ及びダクトホースのうち、一部本申請対象外としたことについて、対象外とする理由を説明すること。」

【2号機系統概要図】



## ①-2 鋼管化を実施しない箇所について【2号機】

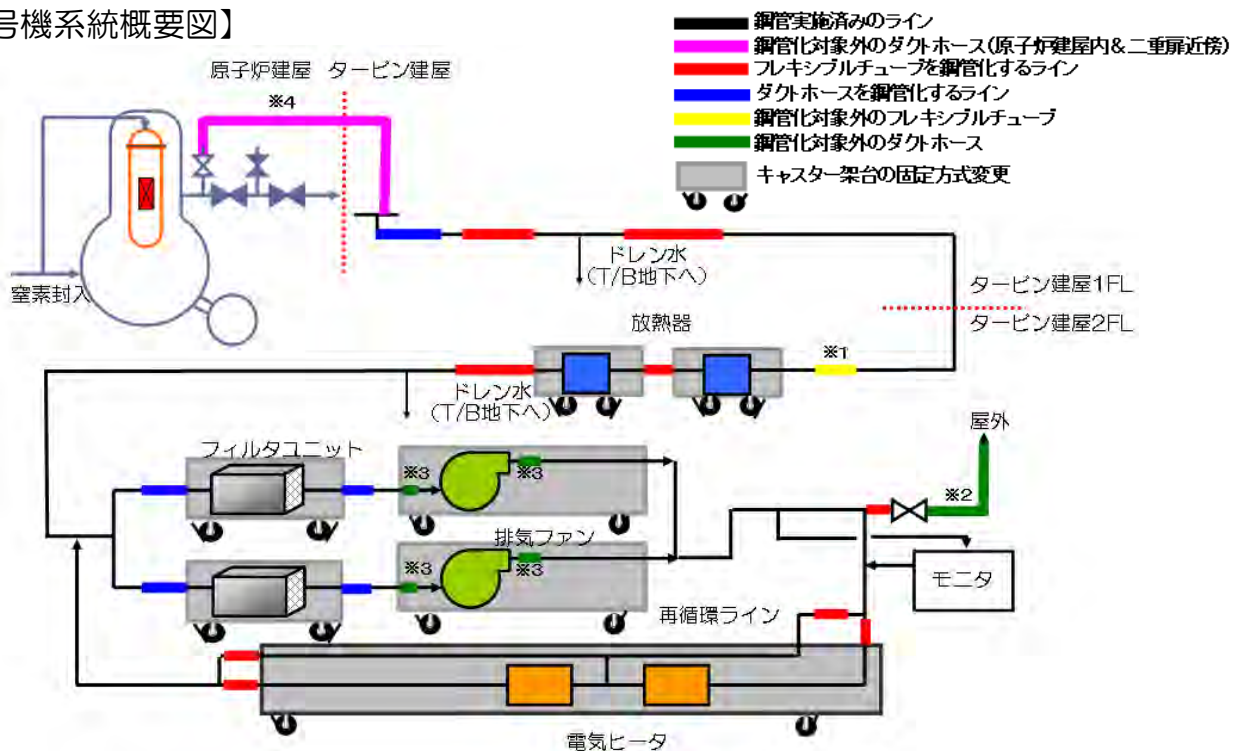
### 【本申請対象外とする理由（2号機系統概要図の※）】

- ※1：原子炉建屋二重扉から放熱器前までにあるダクトを鋼管化するにあたり、熱応力解析を実施した結果、全数鋼管化した場合、配管側と機器ユニットの周辺の伸びが拘束され、応力が過大となる。上述の理由により、温度変化による伸びを吸収する為のフレキが必要な為、対象外。
- ※2：原子炉格納容器内の気体ガスをフィルタによりろ過され、モニタリングされた後のガスを放出するだけのラインであるため。重要度の高いラインから優先的に実施するため対象外。なお、今後の鋼管化実施は要否含め検討中。
- ※3：排気ファンの振動を吸収するための防振継手のため対象外。
- ※4：原子炉建屋内は高線量で作業困難なため、本工事では対象外。

## ①-2 鋼管化を実施しない箇所について【3号機】

コメント「フレキシブルチューブ及びダクトホースのうち、一部本申請対象外としたことについて、対象外とする理由を説明すること。」

### 【3号機系統概要図】



## ①-2 鋼管化を実施しない箇所について【3号機】

### 【本申請対象外とする理由（3号機系統概要図の※）】

- ※1：原子炉建屋二重扉近傍から放熱器前までにあるダクトを鋼管化するにあたり、熱応力解析を実施した結果、全数鋼管化した場合、配管側と機器ユニットの周辺の伸びが拘束され、応力が過大となる。上述の理由により、温度変化による伸びを吸収する為のフレキが必要な為、対象外。
- ※2：原子炉格納容器内の気体ガスをフィルタによりろ過され、モニタリングされた後のガスを放出するだけのラインであるため。重要度の高いラインから優先的に実施するため対象外。なお、今後の鋼管化実施は要否含め検討中。
- ※3：排気ファンの振動を吸収するための防振継手のため対象外。
- ※4：原子炉建屋内から原子炉二重扉近傍は高線量で作業困難なため、本工事では対象外。

## ②-1 主要配管仕様表との照合について【2号機】

コメント「鋼管化実施範囲においては、変更前後の配管の仕様について、詳細に説明すること。」

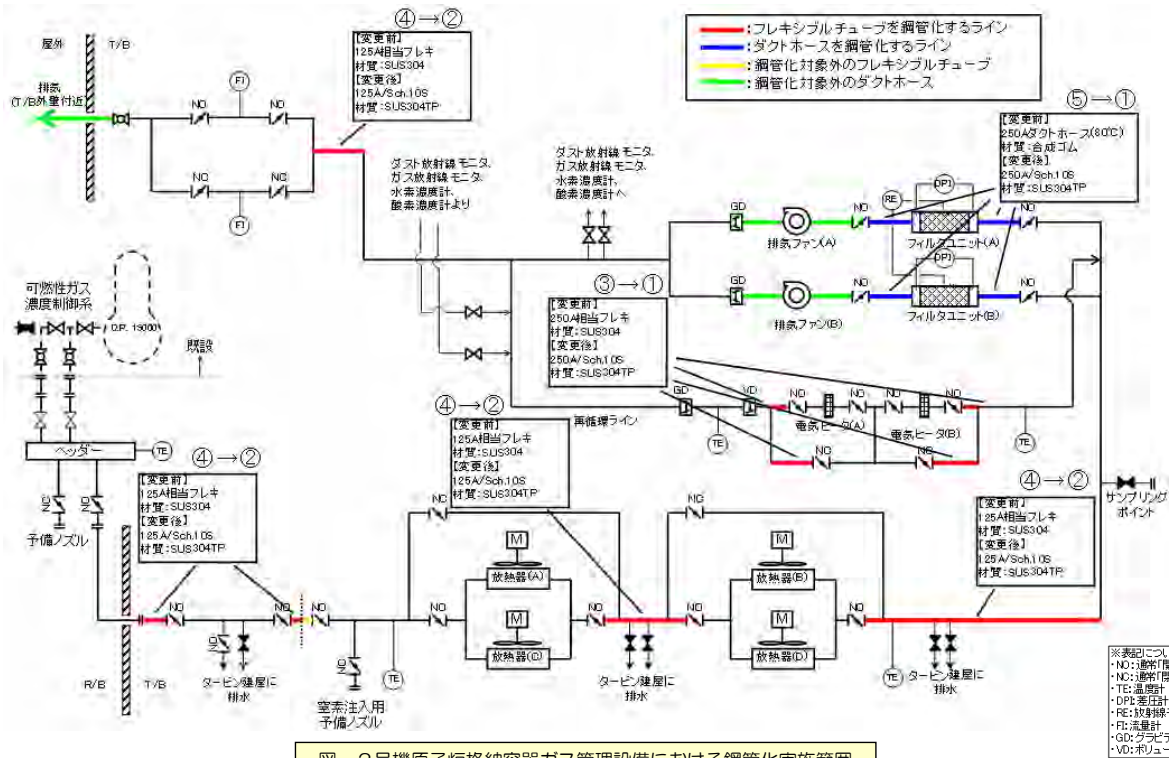


図 2号機原子炉格納容器ガス管理設備における鋼管化実施範囲

## ②-1 主要配管仕様表との照合について【2号機】

表2.8-2 2号機 主要配管仕様抜粋（変更後）

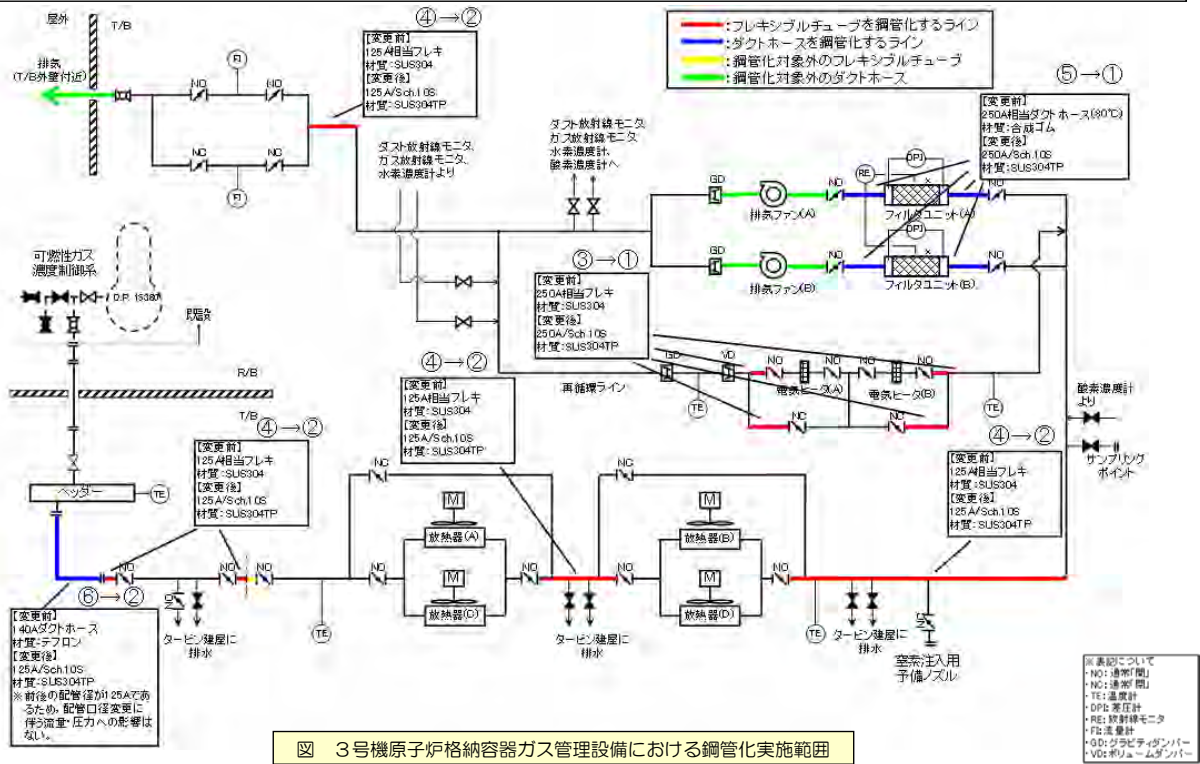
名称	仕様	
【2号機 原子炉格納容器ガス管理設備】 (鋼管)	呼び径/厚さ	250A/Sch.20S 250A/Sch.10S① 200A/Sch.20S 125A/Sch.20S 125A/Sch.10S② 50A/Sch.20S
	材質	SUS304TP
	最高使用圧力	1.0 MPa
	最高使用温度	180 °C

表2.8-2 2号機 主要配管仕様抜粋（変更前）

名称	仕様	
(フレキシブルチューブ)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	250A 相当③ SUS304 1.0 MPa 80 °C*
(フレキシブルチューブ)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A 相当④ SUS304 1.0 MPa 95 °C
(ダクトホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	250A 相当⑤ 合成ゴム 5.2 kPa 80 °C*

## ②-2 主要配管仕様表との照合について【3号機】

コメント「鋼管化実施範囲においては、変更前後の配管の仕様について、詳細に説明すること。」



## ②-2 主要配管仕様表との照合について【3号機】

表2.8-3 3号機 主要配管仕様抜粋（変更後）

名称	仕様	
【3号機 原子炉格納容器ガス管理設備】 (鋼管)	呼び径/厚さ	250A/Sch.20S 250A/Sch.10S① 200A/Sch.20S 125A/Sch.20S 125A/Sch.10S② 50A/Sch.20S
	材質	SUS304TP
	最高使用圧力	1.0 MPa
	最高使用温度	180 °C

表2.8-3 3号機 主要配管仕様抜粋（変更前）

名称	仕様	
(フレキシブルチューブ)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	250A 相当③ SUS304 1.0 MPa 60 °C*
(フレキシブルチューブ)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A 相当④ SUS304 1.0 MPa 95 °C
(ダクトホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	250A 相当⑤ 合成ゴム 5.2 kPa 80 °C*
(ダクトホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	140A 相当⑥ テフロン 5.2 kPa(100°Cにおいて) 100 °C

### ③溶接検査の確認事項について（1 / 2）

#### コメント

「溶接検査の確認事項の追記について、社内で確認すること。」

- 社内で確認した結果、添付資料－4の表－2として溶接検査項目表を追加（補正）する。記載案は以下の通り。（赤字：追加箇所）

表－2 確認事項（原子炉格納容器ガス管理設備主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	対象設備	確認内容	判定
溶接検査	材料検査	①2号機PCVガス管理設備 配管 ②3号機PCVガス管理設備 配管	材料が、溶接規格に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合することを確認する。	材料が、溶接規格に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合するものであること。
	開先検査	①2号機PCVガス管理設備 配管 ②3号機PCVガス管理設備 配管	開先形状等が溶接規格に適合するものであることを確認する。	開先形状が溶接規格に適合するものであること。

### ③溶接検査の確認事項について（2 / 2）

表－2 確認事項（原子炉格納容器ガス管理設備主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	対象設備	確認内容	判定
溶接検査	溶接作業検査	①2号機PCVガス管理設備 配管 ②3号機PCVガス管理設備 配管	あらかじめ確認された溶接施工法又は実績のある溶接施工法又は管理されたプロセスを有する溶接施工法であることを確認する。あらかじめ確認された溶接士により溶接が行われていることを確認する。	あらかじめ確認された溶接施工法および溶接士により溶接施工をしていること。
	非破壊試験	①2号機PCVガス管理設備 配管 ②3号機PCVガス管理設備 配管	溶接部（最終層）について非破壊試験（浸透探傷試験）を行い、その試験方法及び結果が溶接規格に適合するものであることを確認する。	溶接部（最終層）について非破壊試験（浸透探傷試験）を行い、その試験方法及び結果が溶接規格に適合するものであること。
	耐圧・外観検査	①2号機PCVガス管理設備 配管 ②3号機PCVガス管理設備 配管	規定圧力で保持した後、規定圧力に耐えかつ漏えいが無いことを確認する。 また、目視により溶接部の仕上がり状況を確認し、溶接規格に適合していることを確認する。	規定圧力で保持した後、規定圧力に耐えかつ漏えいが無いことを確認する。 また、溶接部に外観上、傷・へこみ・変形等の異常がなく、溶接規格に適合するものであること。

# 原子炉格納容器ガス管理設備のガス放射線モニタに関する説明資料

平成26年9月8日

東京電力株式会社

本資料は、規制庁担当官殿のご要望に基づき、福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉格納容器ガス管理設備に設置されたガス放射線モニタ（希ガスモニタ）の概要および平成23年11月に同2号機の設備にて検出した短半減期希ガス（Xe-135）に関する事項についてご説明するものです。

【ご要望(1)】キセノン135の測定機器について以下の点を説明すること。

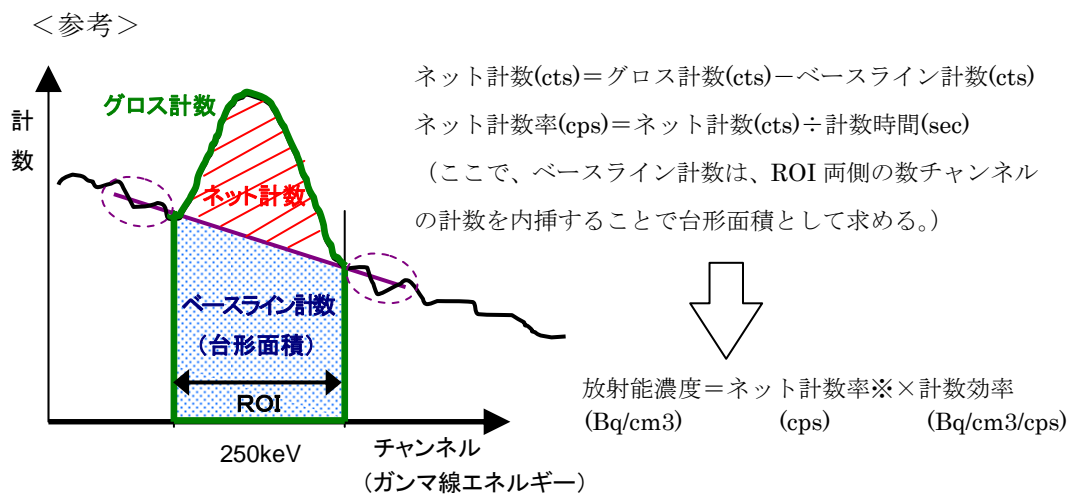
- ①測定機器仕様 ②測定原理 ③どの程度まで測定可能か

## ①測定機器仕様

原子炉格納容器ガス管理設備によって原子炉格納容器から抽気した排気ガスを、放射線検出器（ガンマ線）で測定しております。

具体的には、1号機ではGe半導体検出器、2・3号機ではNaI（Tl）シンチレーション検出器／光電子増倍管にて、排気ガス中のガンマ線を連続的に計測し、MCA（マルチチャンネルアナライザ）により分析されます。MCAにて、得られたガンマ線スペクトルからXe135が固有に放出するガンマ線のエネルギー領域（250 keV）の計数率を求め、放射能濃度に換算しています。

Xe-135の放射能濃度は、現場に設置された液晶モニタに表示される他、免震重要棟にデータ伝送され、遠隔で監視が可能となっております。



<参考>

実施計画記載のガス放射線モニタの主要仕様は表1の通り。

表1 実施計画記載のガス放射線モニタの主要仕様

1号機	ガス放射線モニタ 検出器の種類 計測範囲 チャンネル数	半導体検出器 $0\sim 1.4\times 10^4\text{ s}^{-1}$ 2
2号機	ガス放射線モニタ 検出器の種類 計測範囲 チャンネル数	シンチレーション検出器 $1\sim 10^5\text{ s}^{-1}$ 2
3号機	ガス放射線モニタ 検出器の種類 計測範囲 チャンネル数	シンチレーション検出器 $1\sim 10^5\text{ s}^{-1}$ 2



## ②測定原理

### <Ge半導体検出器の測定原理>

Ge半導体検出器は、電離物質として高純度のGe（ゲルマニウム）を用いており、これに高圧の直流電圧を印加して放射線を検出するものです。電圧を印加した高純度Ge半導体（P型）に $\gamma$ 線が入射すると電子と正孔が生じ、これが反対符号の電極に収集されることでパルス電流が流れます。その出力パルスの波高値と計数率を測定することによってガンマ線のエネルギー分布とその強度（スペクトル）を知ることができます。

なお、測定時には、ノイズを低減するため、Ge半導体を液体窒素等によって冷却する必要がありますが、1号機では、電気冷却装置による冷却方式を採用しております。



図1 Ge半導体検出器の測定原理（イメージ）

### <NaI(Tl)シンチレーション検出器の測定原理>

NaI(Tl)シンチレーション検出器は、シンチレータとしてNaI(Tl)（ナトリウム活性化ヨウ化ナトリウム）と光電子増倍管の組み合わせで構成されております。

NaI(Tl)シンチレータはガンマ線が入射すると、3つの相互作用（光電効果、コンプトン効果、電子対生成）によりシンチレータ内に自由電子が発生し、この電子がシンチレータの束縛電子を励起することによって短い減衰時間をもった蛍光を発生します。発生した蛍光は光電面で電子に変換され、光電子増倍管によって増幅された後、パルス電流として出力されます。

その出力パルスの波高値と計数率を測定することによってガンマ線のエネルギー分布とその強度（スペクトル）を知ることができます。

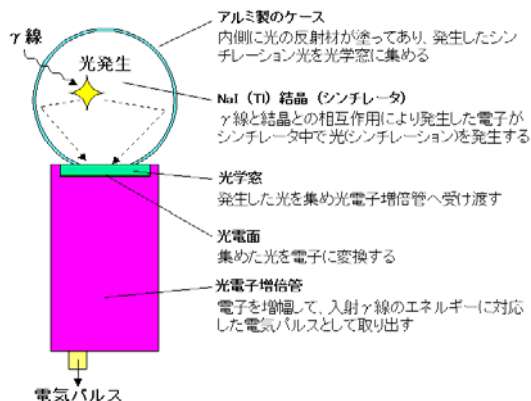


図2 NaI(Tl)シンチレーション検出器の測定原理（イメージ）

③どの程度まで測定可能か

1～3号機の高放射線モニタのXe-135の検出限界値は表2の通りです。1号機と2・3号機で差はあるものの、判断基準（Xe-135濃度1 Bq/cm<sup>3</sup>）に基づいて未臨界状態の監視を行うための要求性能を満足しています。

表2 1～3号機の高放射線モニタのXe-135の検出限界値

号機	検出限界値 (Xe135) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	(参考)
		平成26年9月5日11:00時点 (A系) [Bq/cm <sup>3</sup> ]
1号機	10 <sup>-4</sup> オーダー	1.5×10 <sup>-3</sup> (検出限界値 4.9×10 <sup>-4</sup> )
2号機	10 <sup>-1</sup> オーダー	ND (検出限界値 2.2×10 <sup>-1</sup> )
3号機	10 <sup>-1</sup> オーダー	ND (検出限界値 3.0×10 <sup>-1</sup> )

<参考>

1号機と2・3号機で検出限界値が異なる理由は、主に以下の設計上の違いによります。

- 測定部分の容積が異なること（1号機の方が2・3号機よりも大きい）
- バックグラウンド線量の影響があり、NaIシンチレータの方がGe半導体よりも影響を大きく受け易いこと

なお、2・3号機の設備仕様は同等で、検出限界値も同じオーダーですが、設置場所の環境線量の違いで、値が若干異なっています。

【ご要望(2)】「福島第一原子力発電所2号機の格納容器からのXe135の検出について」(平成23年11月4日提出,平成24年4月2日訂正)について,この時の希ガスの測定方法を説明すること。

当該事象におけるガス採取方法,及びその放射能濃度の測定方法については,当該報告書の参考1に記載の通り,PCVガス管理設備のサンプライン(2号機タービン建屋2階)よりガスバイアル瓶,集塵フィルタ(ろ紙),チャコールフィルタを用いて採取したサンプルを,5/6号機のホットラボ(サービス建屋1階)に設置された $\gamma$ 線核種分析装置(Ge半導体検出器)にて分析したものです。

#### <参考>

平成23年11月に検出されたXe135は,当時運転を開始した2号機PCVガス管理設備でPCVから抽出したガスを通気・採取したチャコールフィルタから検出されたものです。

チャコールフィルタは本来希ガスを採取するためのものではなく,主にヨウ素の採取を目的としており,キセノンの捕捉率(通気したガスのうちどの程度チャコールに補足されるか)が不明であったため,当初,放射能濃度(Bq/cm<sup>3</sup>)が算出できず,まずは原子炉の臨界の可能性も含めた対応をとったものです。

その後,継続的にサンプライン分析を実施し,その傾向を確認するとともに,同じくチャコールカートリッジから検出されたKr85とバイアル瓶で測定されたKr85の放射能の比から,Xe135放射能濃度に換算するための換算係数を求め,検出されたXe135が自発核分裂由来であることを確認いたしました。



図4 ガスバイアル瓶  
(14.1ml)



図5 チャコールフィルタ  
(イメージ)

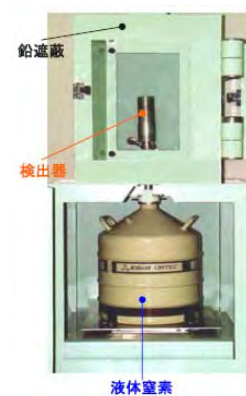


図6 ホットラボで用いている  
 $\gamma$ 線分析装置外観  
(Ge半導体検出器)

<参考>「福島第一原子力発電所2号機の格納容器からのXe135の検出について」（平成23年11月4日提出，平成24年4月2日訂正）より抜粋（1/2）

参考1

### 2号機格納容器ガス管理システム及び試料採取の概要

#### 1. 排気ガス採取・分析方法について

2号機は10月28日より原子炉格納容器ガス管理システムの運転を開始している。当設備は図1に示すように、排気ファン、放熱器、電気ヒータ、フィルタユニット、モニタリング装置等で構成され、可燃性ガス濃度制御系（FCS）配管から原子炉格納容器内のガスを抽気し、フィルタユニットにより放射性物質を除去した後に、一部のガスを大気へ放出している。

当設備を利用した排気ガスのサンプリング・核種分析として、フィルタユニット入口側または出口側の分岐配管にガス採取装置を接続しガスバイアル瓶にガスを吸引採取し分析する方法と、フィルタユニット出口側に設置されたモニタリング装置内の集塵フィルタにガスを通し集塵採取したダストを分析する方法が可能である。

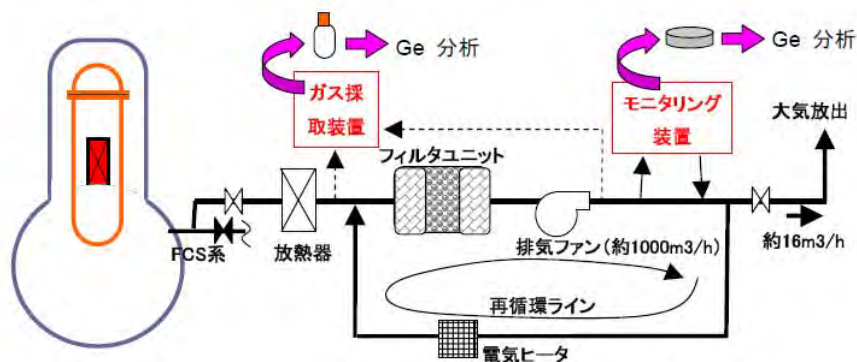


図1 2号機原子炉格納容器ガス管理システム概要図

ガス採取装置は吸引ポンプで格納容器ガス管理設備の分岐配管から排気ガスを循環させたのち、予め真空吸引したガスバイアル瓶にガスを採取する。

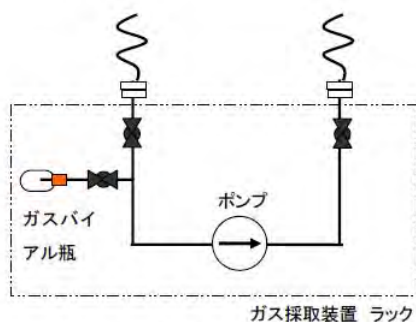


図2 ガス採取装置概要図

<参考>「福島第一原子力発電所2号機の格納容器からのXe135の検出について」（平成23年11月4日提出，平成24年4月2日訂正）より抜粋（2/2）

モニタリング装置ではフィルタユニット出口側から排気ガスを吸引し、ダスト放射線モニタと水素濃度計によりそれぞれダスト濃度、水素濃度を測定している。また、モニタリング装置内にはダストホルダ、ヨウ素ホルダが設置されており、ダストホルダでは金網の上に装着された粒子フィルタにより吸引ガス中の粒子状ダストを、ヨウ素ホルダではチャコールカートリッジによりヨウ素ガスを捕集、採取する。

採取したガス、ダストホルダ（集塵フィルタ）試料はそれぞれ福島第一5/6号機ホットラボ内 Ge 半導体検出器を用いてガンマ線分析を行った。なお、検出限界値は測定対象核種のガンマ線ピークによる計数値がバックグラウンドによる計数値から判別できるかで決まり、試料の条件や測定時間でその都度異なるが、今回の測定実績での検出限界は、ガスバイアル瓶試料の Cs-134 で  $10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^3$  程度、集塵フィルタ試料の Cs-134 で  $10^{-6}\text{Bq}/\text{cm}^3$  程度である。集塵フィルタの場合、放射性物質を集塵させたフィルタの放射能を測定するため、通気させたガスの積算流量中の放射能濃度として求めることができ、検出限界値はガスバイアル瓶より小さくなる。

以上