

V 燃料デブリの取り出し・廃炉

1. 燃料デブリの取り出し・廃炉に係わる作業ステップ

燃料デブリ等の取り出しを開始するまでに必要な作業は高線量下にある原子炉建屋内等で行なわれる。現在、炉心に注入した冷却水が圧力容器や格納容器から漏れいしている状態にあるが、漏れい箇所の状況や格納容器・圧力容器の内部の状況が確認できていない。このため、TIP案内管を活用し燃料デブリの位置に関する情報や取り出し装置開発に必要なインプットに資する情報入手作業を試みる検討をしているが、現時点において情報入手できていないため、燃料デブリ等を取り出すための具体的な方策を確定することは難しい状況にある。しかし、燃料デブリを冠水させた状態で取り出す方法が作業被ばく低減等の観点から最も確実な方法の1つであると考えていることから、まずは調査装置等を開発し、格納容器の水張りに向けた調査を行ない、止水に向けた具体的な方策を構築するものとする。また、燃料デブリの取り出し技術の開発に向けて、開発した装置を用いて格納容器内の状況調査を実施する。

なお、格納容器の水張りに向けた調査や格納容器内の状況調査にあたり、事前に遠隔操作型の除染装置等を用いて除染等を行ない作業場所の線量低減を図るものとする。

現時点で想定している燃料デブリ取り出しに係わる作業ステップは以下の通りである。本ステップについては、今後の現場調査の結果や技術開発の進捗状況等により適宜見直していく。また、廃止措置に向けて、燃料デブリの取り出し作業等によって得られる各種データの蓄積を図っていく。

- ①原子炉建屋内は高線量であるため、作業場所の線量低減が必要となる。遠隔操作型の除染装置等を用いて原子炉建屋内の線量低減を図るべく、2013年度上期から瓦礫撤去と除染・遮へい作業を実施する。
- ②線量低減後に、開発中の遠隔操作型の調査装置を用いて格納容器下部の漏れい箇所等の状況確認を実施する。線量低減に要する期間を事前に予見することは難しいが、2014年度から漏れい箇所等の状況確認ができるよう装置開発を進める。
- ③格納容器下部の漏れい箇所等の状況確認結果を踏まえ、格納容器下部の止水装置を開発し、止水・水張りを行なう。
- ④格納容器内本格調査用装置開発のためにはデータ収集が必要であるため、線量低減後に格納容器内の環境調査（アクセスルートの状況、線量、温度など）を目的に格納容器内事前調査を2013年から実施する。この事前調査で得られた情報を基に格納容器内部調査に必要な技術開発を行ない、実証終了後、本格的な内部調査を行なう。
- ⑤格納容器上部補修のための遠隔操作型の調査・補修装置を開発し、調査・補修・水張りを実施する。
- ⑥原子炉建屋コンテナ等を設置し、圧力容器の上蓋等を開放する。

- ⑦圧力容器内部の調査技術を開発し，調査を実施する。
- ⑧格納容器や圧力容器の内部調査結果等を踏まえ，燃料デブリ取り出し技術の開発，燃料デブリの臨界管理技術の開発，燃料デブリ収納缶の開発，計量管理方策の確立が完了していること等も確認した上で，燃料デブリの取り出しを開始する。

2. 添付資料

- 添付資料－1 燃料デブリ取り出しに向けたプロセス
- 添付資料－2 現段階での原子炉格納容器内部調査について
- 添付資料－3 現段階での2号機TIP案内管を活用した炉内調査・温度計設置について
- 添付資料－4 原子炉格納容器バウンダリ施工箇所開放時の影響評価に関する説明資料
- 添付資料－5 原子炉格納容器内部（ペDESTAL内）調査について

現段階での原子炉格納容器内部調査について

燃料デブリの取り出しにあたっては、原子炉格納容器の補修等が必要であり、そのため原子炉格納容器内部の調査を適宜検討・実施し、原子炉格納容器内部の状況の把握に努め、燃料デブリの取出しに向けた準備作業を実施していくこととする。

1. 原子炉格納容器内部調査実施内容

原子炉格納容器内部調査の実施内容について適宜検討したうえで実施することとなるが、原子炉格納容器内部へのアクセスについては、まずは原子炉格納容器貫通部（原子炉格納容器予備ペネ）からカメラ等を挿入し、内部の状況を確認する。

2. 常設監視計器の設置の検討・実施内容

原子炉格納容器内部調査に際し、原子炉格納容器予備ペネから常設監視計器を挿入する。常設監視計器としては、原子炉格納容器内の冷却状態の把握を行っている温度計が故障することに備え、新たな原子炉格納容器内温度計の設置を検討・実施する。

また、今後の原子炉格納容器の補修に向け、原子炉格納容器の漏えい孔の大きさや位置に関する情報が得られる可能性があることから、原子炉格納容器水位検出器の設置も併せて検討・実施する。

3. 原子炉格納容器貫通部の構造について

(1) 基本方針

(a) 原子炉格納容器の隔離機能

現状、福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉格納容器は、原子炉圧力容器の圧力バウンダリを格納し放射性物質の漏えいを制限する機能は失われている。原子炉格納容器の内部調査等にあたっては、現状の原子炉格納容器内圧力を考慮し、それに耐えうる構造とする。

(b) 孔あけ加工範囲

原子炉格納容器内部の詳細な状況は把握出来ておらず、既設ハッチの開閉は困難であるため、原子炉格納容器予備ペネ部に孔あけ加工を実施する。なお、孔あけ加工範囲については挿入する機器を考慮のうえ、最小限の孔あけとなるよう加工する。また、孔あけ箇所は、被ばく線量等の作業環境も考慮して選定する。

(2) 作業内容

(a) 原子炉格納容器貫通部孔あけ作業

原子炉格納容器貫通部のうち原子炉建屋1階の予備ペネの閉止板に、電動加工機

によるカッター（ホールソー・バイト）にて孔あけ加工を実施する。

孔あけ加工箇所については、チャンバー（1号機）又は新設スプール（2号機）ならびに隔離弁を取り付けるとともに、シール性を有する加工機を用いる。また、3号機は、孔あけ箇所に気密性を有するグローブボックスを取り付け、内部にて孔あけ加工作業を行い、孔あけ加工後に隔離弁を取り付けることで、加工中および加工後の原子炉格納容器バウンダリ機能を維持する。

（隔離弁は、加工後の孔あけ加工機取り外しの際に閉じる）（別添－1，2参照）

1号機 原子炉格納容器貫通部

項目	内容
孔あけ加工箇所数	1箇所
原子炉格納容器貫通部番号	X-100B（予備ペネ）
原子炉格納容器貫通部 設置場所	1号機原子炉建屋1階 北西部
工事による孔加工の大きさ	φ130mm
工事箇所の閉止板（予備ペネ）板厚	28mm

2号機 原子炉格納容器貫通部

項目	内容
孔あけ加工箇所数	1箇所
原子炉格納容器貫通部番号	X-53（予備ペネ）
原子炉格納容器貫通部 設置場所	2号機原子炉建屋1階 北西部
工事による孔加工の大きさ	φ50mm
工事箇所の閉止板（予備ペネ）板厚	30mm

3号機 原子炉格納容器貫通部

項目	内容
孔あけ加工箇所数	1箇所
原子炉格納容器貫通部番号	X-53（予備ペネ）
原子炉格納容器貫通部 設置場所	3号機原子炉建屋1階 北西部
工事による孔加工の大きさ	φ143.2mm（ペネ内径設計値）
工事箇所の閉止板（予備ペネ）板厚	14mm

なお、内部調査に用いる機器、設置する機器等については、シール性を有するものにて構成し、当該機器からの漏えいが無いようバウンダリ機能を確保する。（装置構造のバウンダリ構造概略については別添－3参照）

(b) 被ばく低減対策

孔あけ箇所は、作業性、アクセス性および雰囲気線量を考慮し、原子炉建屋1階の予備ペネを選定することにて、被ばく低減に努める。また、事前に模擬訓練を行い作業の習熟度の向上をはかるとともに、日々の作業における時間管理にて被ばく管理に努める。

なお、孔あけ工事においては、原子炉格納容器内圧力より高い圧力にて窒素を封入し、残留水素があった場合の爆発防止をはかるとともに原子炉格納容器内雰囲気の流れによる過剰被ばくとならないよう配慮する。

その他、仮設遮へいを活用し被ばく低減対策を実施する。(窒素封入位置については別添-2参照)

(3) 構造強度及び耐震性

(a) 構造強度

福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉格納容器は、原子炉圧力容器の圧力バウンダリを格納し放射性物質の漏えいを制限する機能は失われており、設置する常設監視計器のシール部は、現状の原子炉格納容器内圧力を考慮し、必要な構造強度を有するものと評価する。

1号機 常設監視計器取り付けシール部許容圧力

部位	許容圧力
常設監視計器取り付けシール部	300kPa g
(参考) 原子炉格納容器圧力	(参考) 113.9kPa abs (H25.3月最大値)

2号機 常設監視計器取り付けシール部許容圧力

部位	許容圧力
常設監視計器取り付けシール部	340kPa g
既設スプール取り付け部	20kPa g
(参考) 原子炉格納容器圧力	(参考) 8.78kPa g (H25.3月最大値)

3号機 常設監視計器取り付けシール部許容圧力

部位	許容圧力
常設監視計器取り付けシール部	340kPa g
(参考) 原子炉格納容器圧力	(参考) 0.22kPa g (H27.2月最大値)

なお、常設監視計器は、メーカー調達標準により手配、製造され、許容圧力に耐えることは、製造時における耐圧・外観試験により確認している。また、常設監視

計器設置作業時にも、原子炉格納容器内圧力に対して、既設原子炉格納容器貫通部との取付け部等に漏えいのないことを確認する。

(b) 耐震性

孔あけ工事ならびに原子炉格納容器内常設監視計器設置に伴い、既設原子炉格納容器貫通部に隔離弁、シール部ならびに常設監視計器が接続される。常設監視計器は、既設架台と新設架台にて荷重を受け、格納容器貫通部に荷重が集中しないようにする。

また、新設架台または新設サポートは既設架台または床・壁に固定し、転倒防止措置をはかる。(別添－４参照)

なお、常設監視計器損傷の際には、常設監視計器を引き抜くか切断の上、設置した隔離弁を閉じる措置を取ることとする。この措置を取るまでの間に損傷箇所(原子炉格納容器側)より放出されるセシウム量及び敷地境界での実効線量については、周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えるものではないことを評価している。(添付資料－４参照)

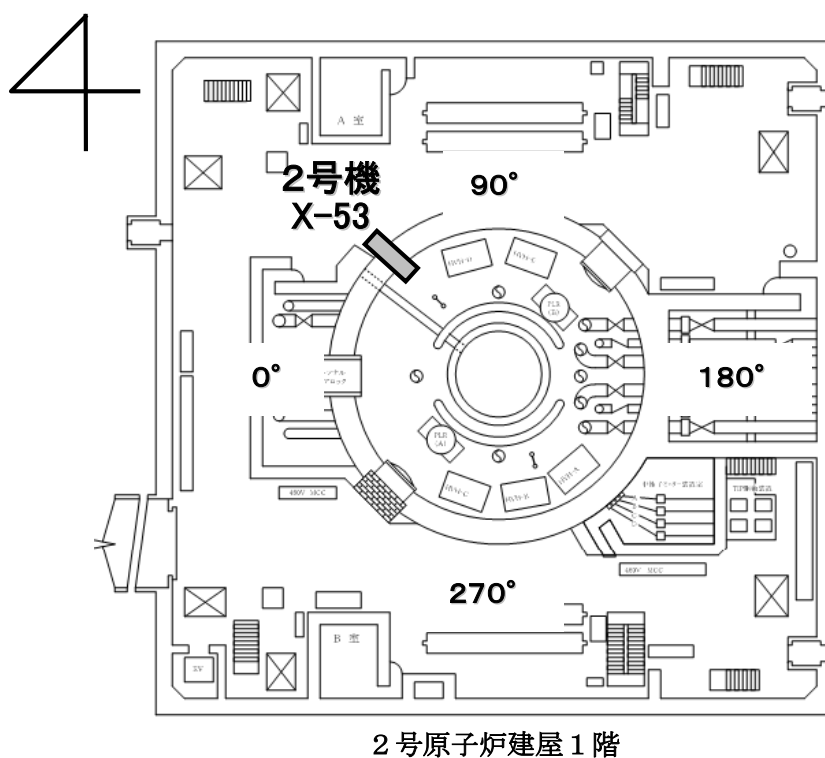
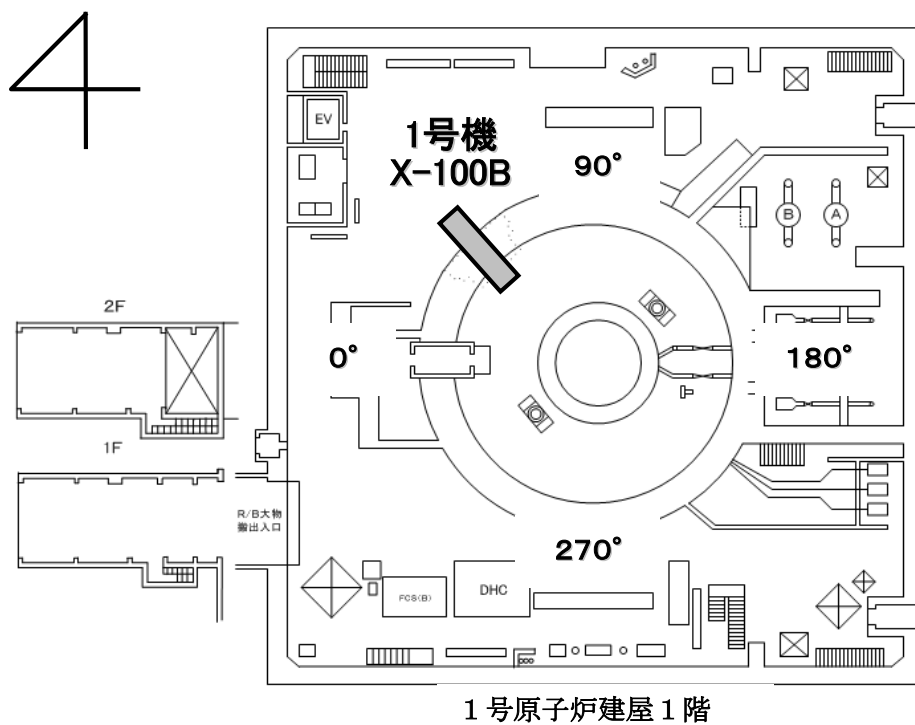
4. その他

(1) 常設監視計器の基本仕様

常設監視計器(原子炉格納容器内温度計)の基本仕様は、「Ⅱ 特定原子力施設の設計、設備」の内、「2 特定原子力施設の構造及び設備、工事の計画」の内、「2. 9 原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内監視計測器」に記載する。

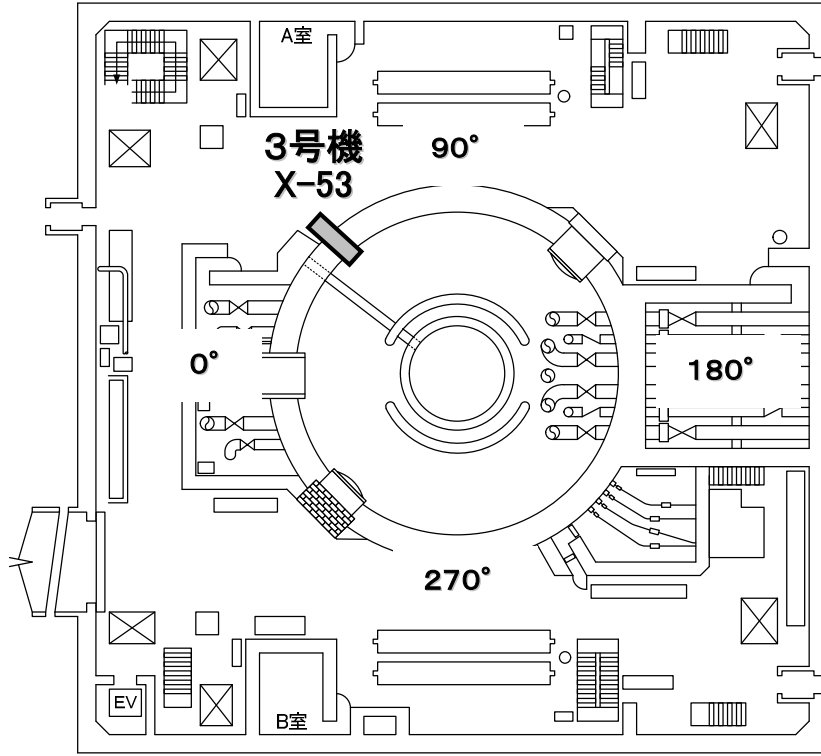
5. 添付資料

- 別添－１ 原子炉格納容器貫通部 位置図(平面図)
- 別添－２ 原子炉格納容器貫通部 加工機 構造概略図
- 別添－３ 原子炉格納容器 常設監視計器 構造概略図
- 別添－４ 常設監視計器 支持構造図



原子炉格納容器貫通部 位置図 (平面図)

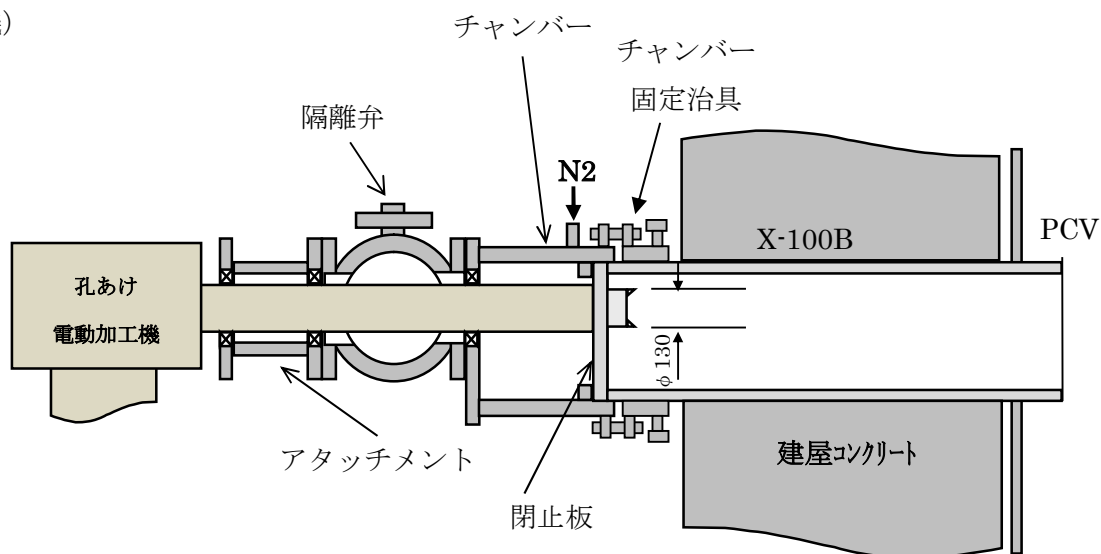
4



3号原子炉建屋1階

原子炉格納容器貫通部 位置図 (平面図)

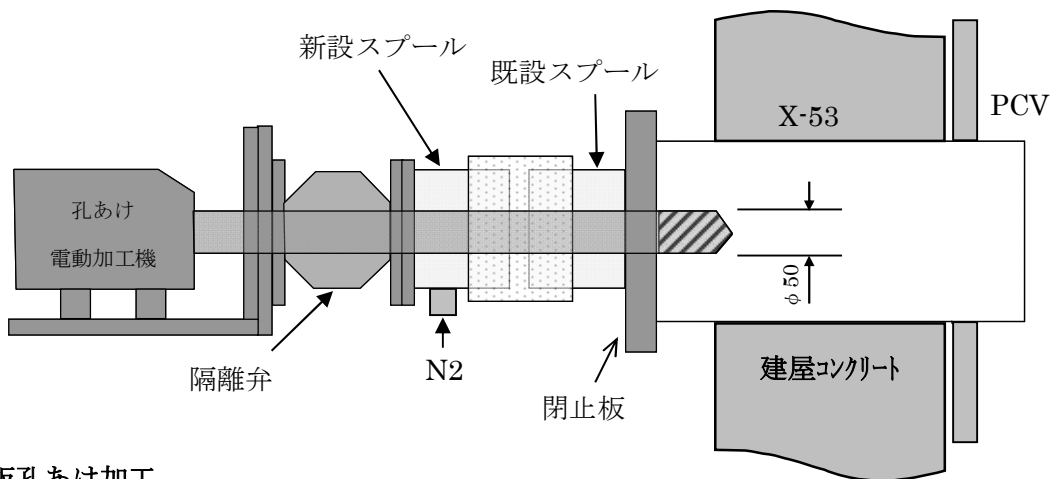
(1号機)



閉止板孔あけ加工

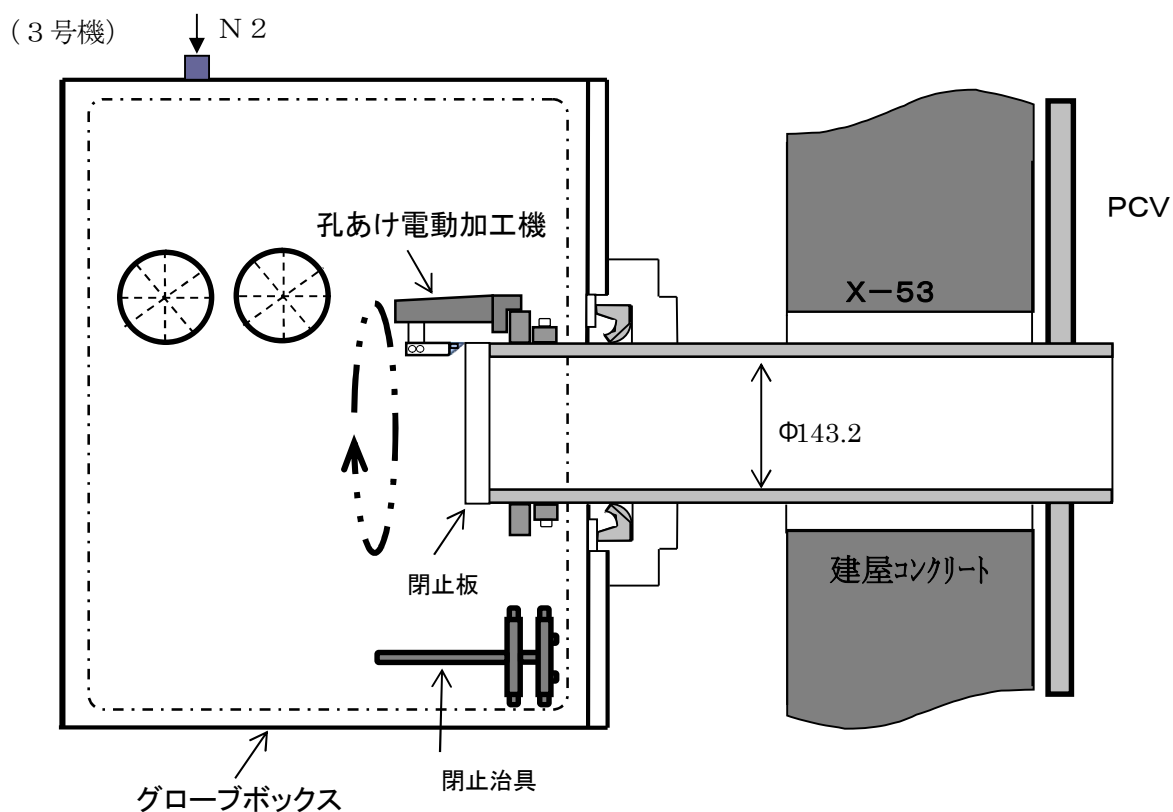
1. X-100B にチャンバー，隔離弁，アタッチメントを取付。
 2. 隔離弁を開き，孔あけ電動加工機のカッターを挿入。
 3. カッターにて閉止板を孔加工(φ130mm)。
 4. カッターを引き抜き，隔離弁を閉じる。
- * 孔あけ時には窒素を封入。

(2号機)



閉止板孔あけ加工

1. X-53 に新設スプールならびに隔離弁を取り付ける。
 2. 隔離弁を開き，孔あけ電動加工機のカッターを挿入。
 3. カッターにて閉止板を孔加工(φ50mm)。
 4. カッターを引き抜き，隔離弁を閉じる。
- * 孔あけ時には窒素を封入。

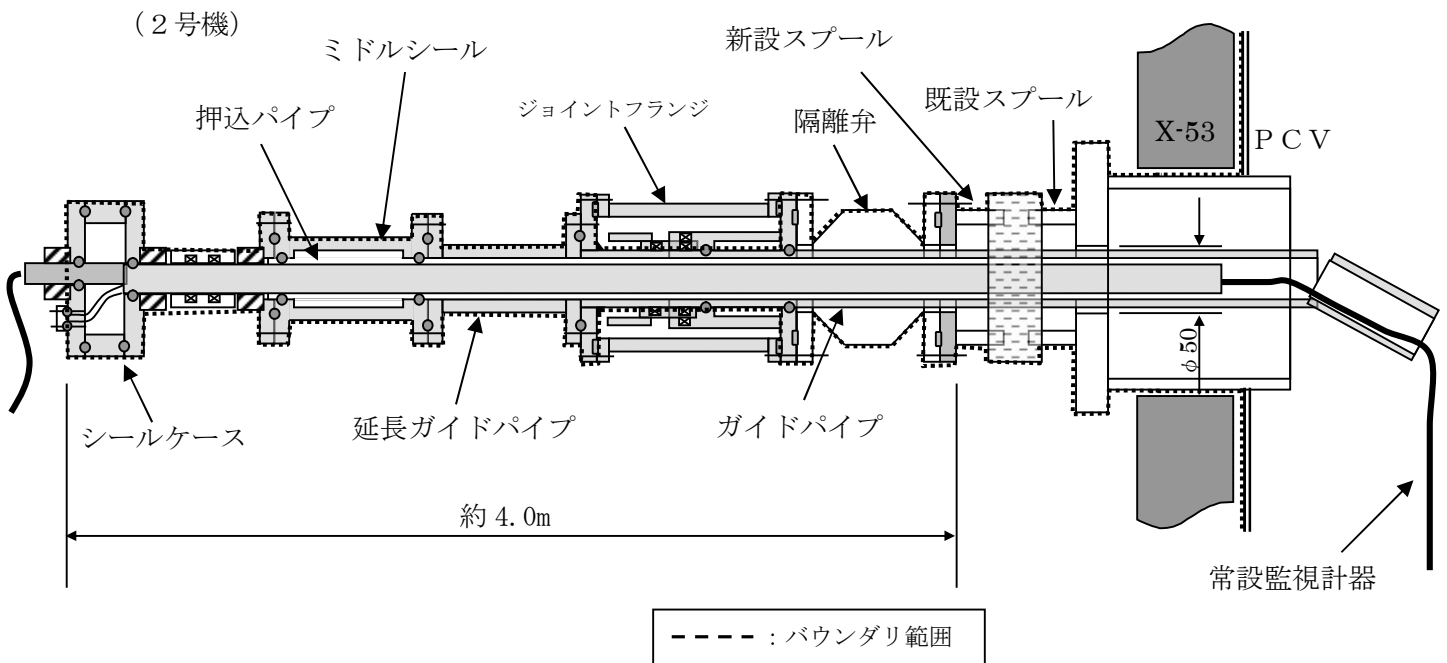
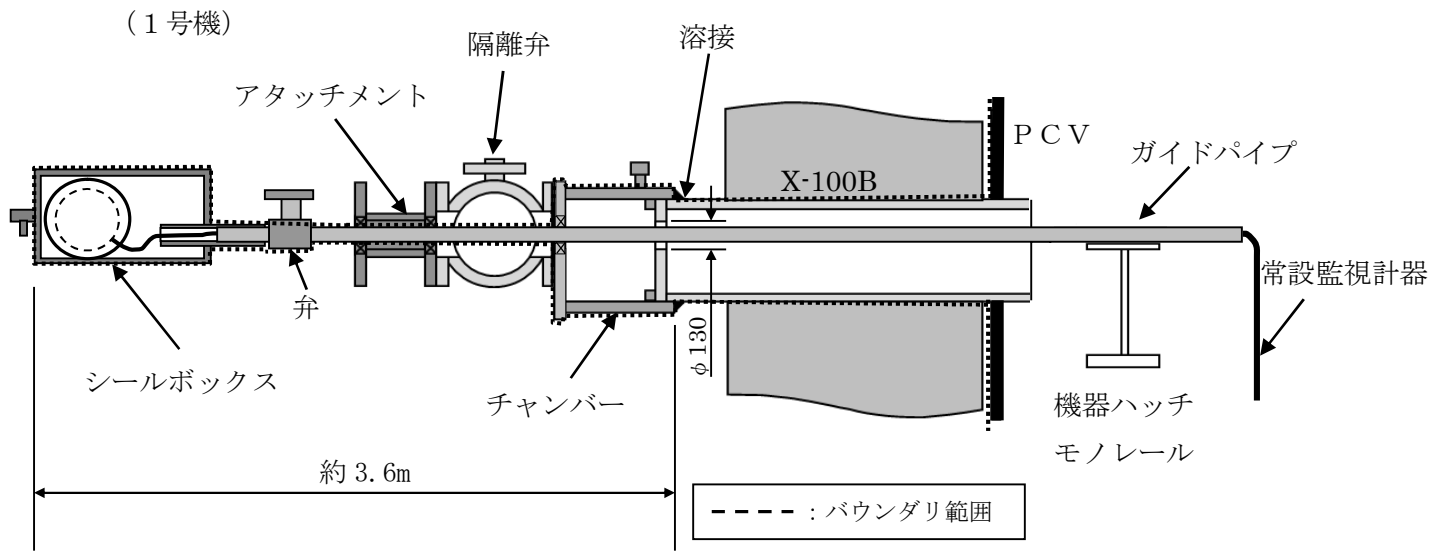


閉止板孔あけ加工

1. X-53 にグローブボックス（密閉容器）を取り付ける。
2. 加工機をペネ胴部に取り付け、閉止板周端部を遠隔操作にて切削する。
3. ペネ胴部より閉止板を切り落とし確認後、加工機を取り外す。
4. 閉止治具をペネ内部に取り付けて仮封止をする。
5. 隔離弁を取り付け、閉止治具を取り外し、隔離弁を閉じる。
6. グローブボックスを X-53 から取り外す。

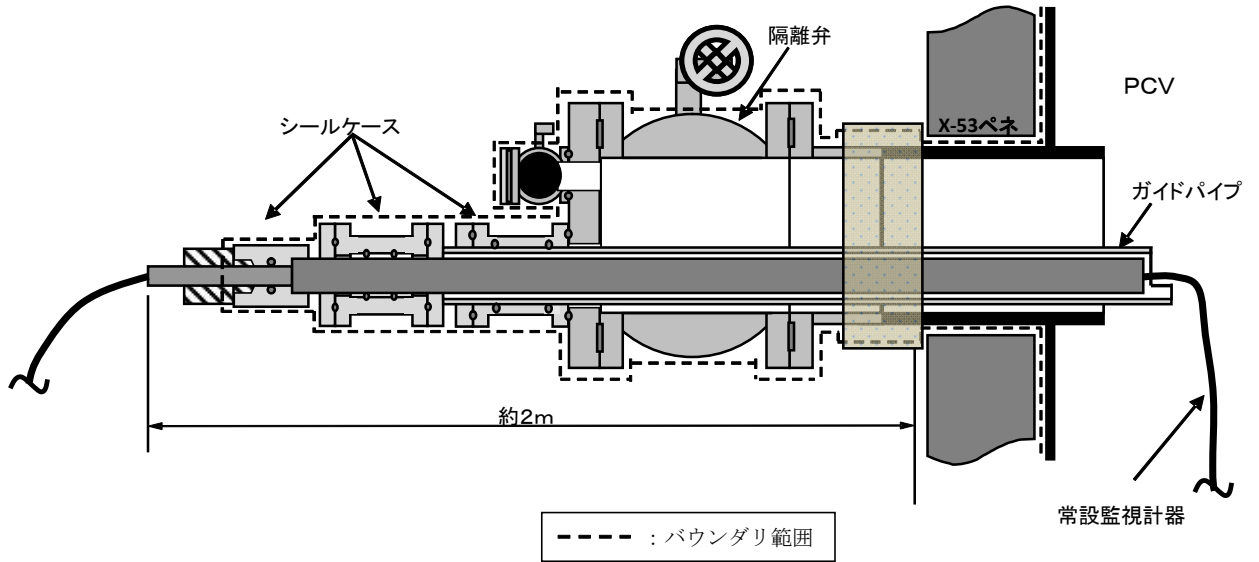
* 孔あけ時には窒素を封入。

原子炉格納容器貫通部 加工機 構造概略図



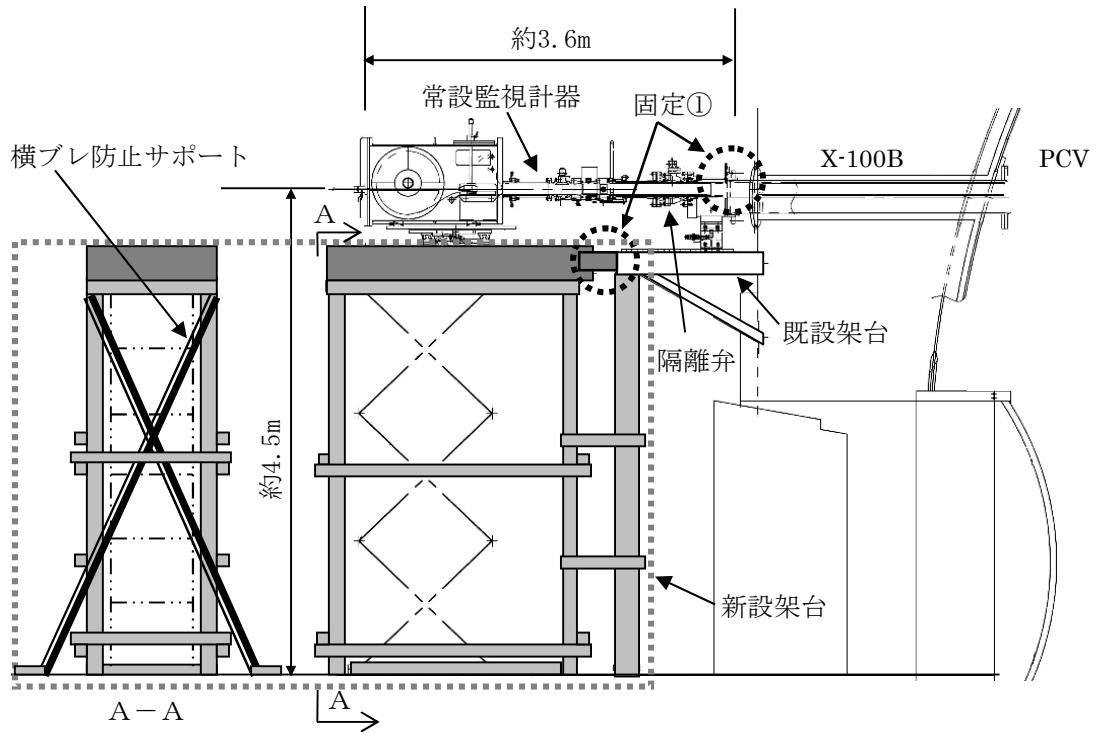
原子炉格納容器 常設監視計器 構造概略図

(3号機)

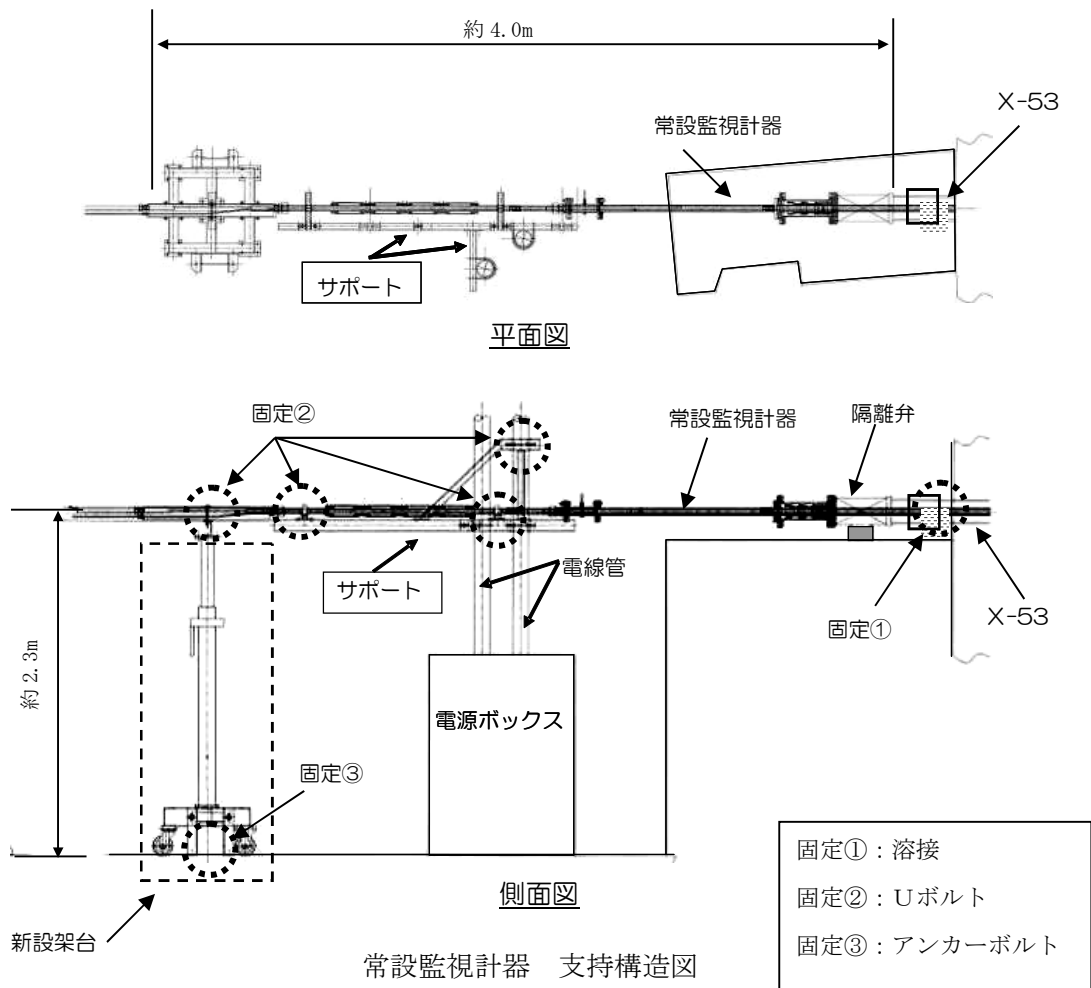


原子炉格納容器 常設監視計器 構造概略図

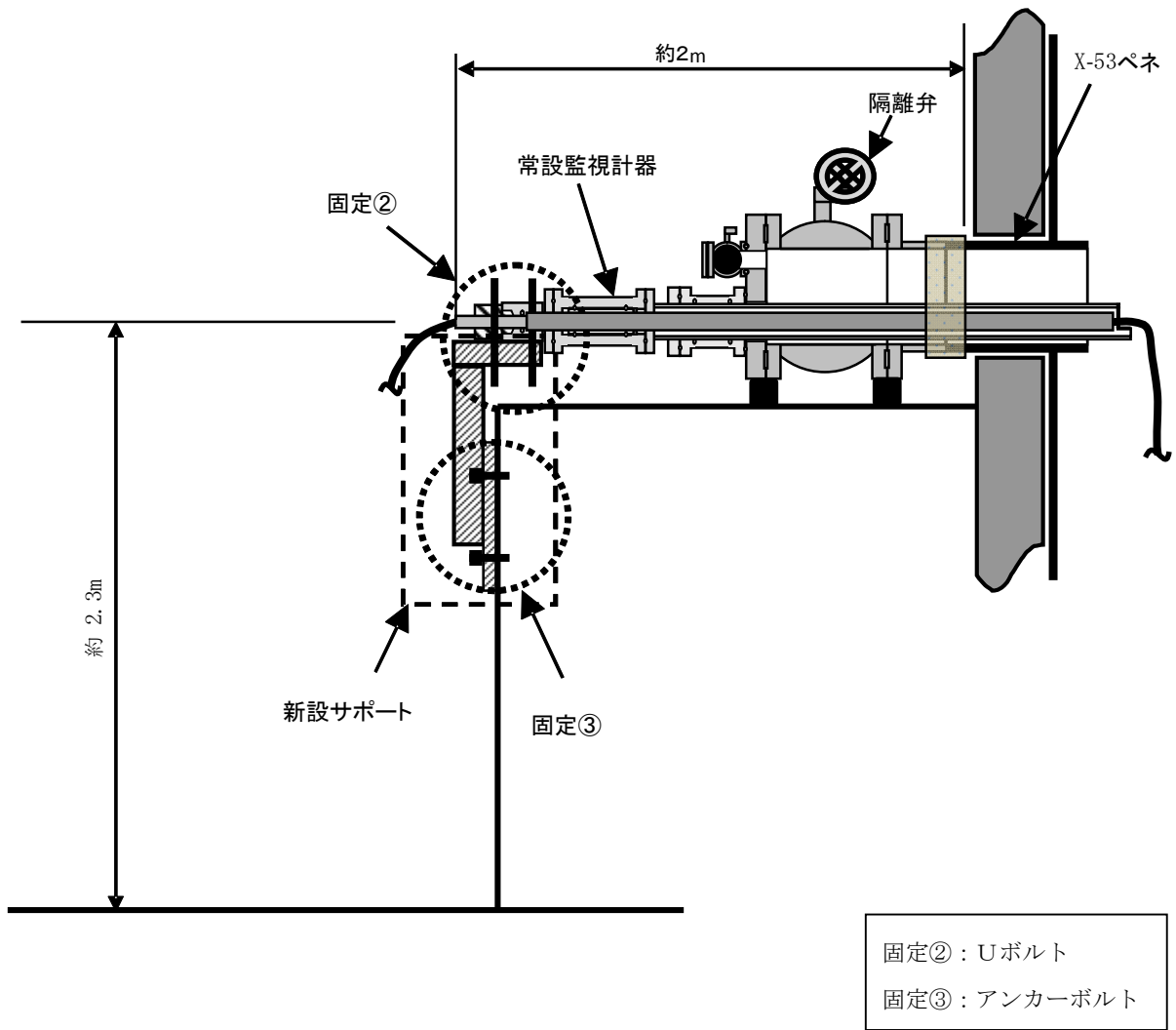
(1号機)



(2号機)



(3号機)



常設監視計器 支持構造図

原子炉格納容器内部（ペDESTAL内）調査について

燃料デブリの取り出し機器の設計のためには、燃料デブリの位置特定を行い全体像の把握が必要となることから、事前に原子炉格納容器内部（ペDESTAL内）の調査を実施し燃料デブリの取り出しに向けた準備作業を実施していくこととする。

1. 原子炉格納容器内部（ペDESTAL内）調査の概要

福島第一原子力発電所2号機における原子炉格納容器ペDESTAL内の調査項目としては、ペDESTAL内へ通じる原子炉格納容器貫通部 X-6 ペネトレーション（以下 X-6 ペネ）より調査装置を挿入し、画像取得、線量測定、温度測定を行うことを基本とする。それ以外の項目については、詳細を検討した上で決定する。

2号機 X-6 ペネの概要

項目	内容
原子炉格納容器貫通部番号	X-6（CRD機構搬出入口）
場所	2号機原子炉建屋1階 北西部
外径	φ609.6mm
閉止板厚	55mm
工事による孔加工の大きさ	φ115mm

2. X-6 ペネの構造変更及びペDESTAL内調査

(1) 基本方針

(a) 原子炉格納容器の隔離機能

現状、福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉格納容器は、原子炉圧力容器の圧力バウンダリを格納し放射性物質の漏えいを制限する機能は失われている。原子炉格納容器の内部調査等にあたっては、現状の原子炉格納容器内圧力を考慮し、それに耐えうる構造とする。

(2) X-6 ペネの構造変更

原子炉格納容器ペDESTAL内部の調査を行うためには、ペDESTAL開口部へアクセス可能な X-6 ペネに孔をあけ、調査装置を挿入する必要があるが、X-6 ペネ手前の生体遮へい壁（ブロック壁）が設置されていることから、まずブロック壁を取り外した後、X-6 ペネの閉止板に孔あけする。この際、原子炉格納容器との隔離の維持並びに作業上の安全対策と外部へのガス等の放出防止を目的として、隔離機構ユニットを設け、窒素ガスを封入し、孔あけを実施する。調査完了後は、孔あけ箇所閉止プラグを取り付ける。孔あけ加工範囲については挿入する機器を考慮のうえ、

最小限の孔あけとなるよう加工する。

(3) 作業内容

(a) X-6 ペネ孔あけ作業

X-6 ペネ閉止板に、孔あけ加工機によるホールソーにて孔あけ加工を実施する。

孔あけ箇所については、隔離機構ユニットを取り付けるとともに孔あけ前に窒素ガスを封入し漏えいがないことを確認した上で、シール性を有する孔あけ加工機を用いて孔あけする。隔離弁は、加工後の孔あけ加工機取り外しの際に閉じる。(別添-1, 2 参照)

(b) ペDESTAL内調査

隔離機構ユニットに調査用延長パイプを取り付け、前記パイプ内にガイドパイプ(隔離弁付き)を挿入、隔離弁の接続フランジにチャンバー(自走調査装置内包)を接続した後、原子炉格納容器内部調査を実施する。

自走調査装置は、X-6 ペネ内よりCRDレールを経由しながら最終的にプラットフォーム上へアクセスし、ペDESTAL内の画像取得、線量測定、温度測定を行う。

なお、内部調査に用いる機器については、シール性を有するものにて構成し、当該機器からの漏えいが無いようバウンダリ機能を確保する。(別添-3, 4 参照)

調査完了後は孔をあけたX-6 ペネを閉止プラグにて閉止し、原子炉格納容器バウンダリ機能を維持する。

(4) 被ばく低減対策

事前に模擬訓練を行い作業の習熟度の向上を図るとともに、日々の作業における時間管理にて被ばく管理に努める。

なお、孔あけ工事においては、原子炉格納容器内圧力より高い圧力にて窒素を封入し、残留水素があった場合の爆発防止を図るとともに原子炉格納容器内雰囲気の流れによる過剰被ばくとならないよう配慮する。(窒素封入位置については別添-2 参照)

その他、仮設遮へいを活用し被ばく低減対策を実施する。

(5) 構造強度

福島第一原子力発電所2号機におけるX-6 ペネの構造変更に伴い新たな原子炉格納容器バウンダリとなる箇所を別添-5に示す。このうち、設置する閉止プラグのシール部は、現状の原子炉格納容器内圧力を考慮した設計を行い、必要な構造強度を有するものとする。

2号機 閉止プラグ取り付けシール部許容圧力

部位	許容圧力
閉止プラグ取り付けシール部	20kPa g
(参考) 原子炉格納容器圧力	(参考) 6.97kPa g(H27.2月最大値)

なお、閉止プラグが許容圧力に耐えることは、製造時における耐圧・外観試験により確認する。また、閉止プラグ設置時にも、X-6 ペネとの取付け部からの漏えいのないことを確認する。

(6) 損傷時の対応

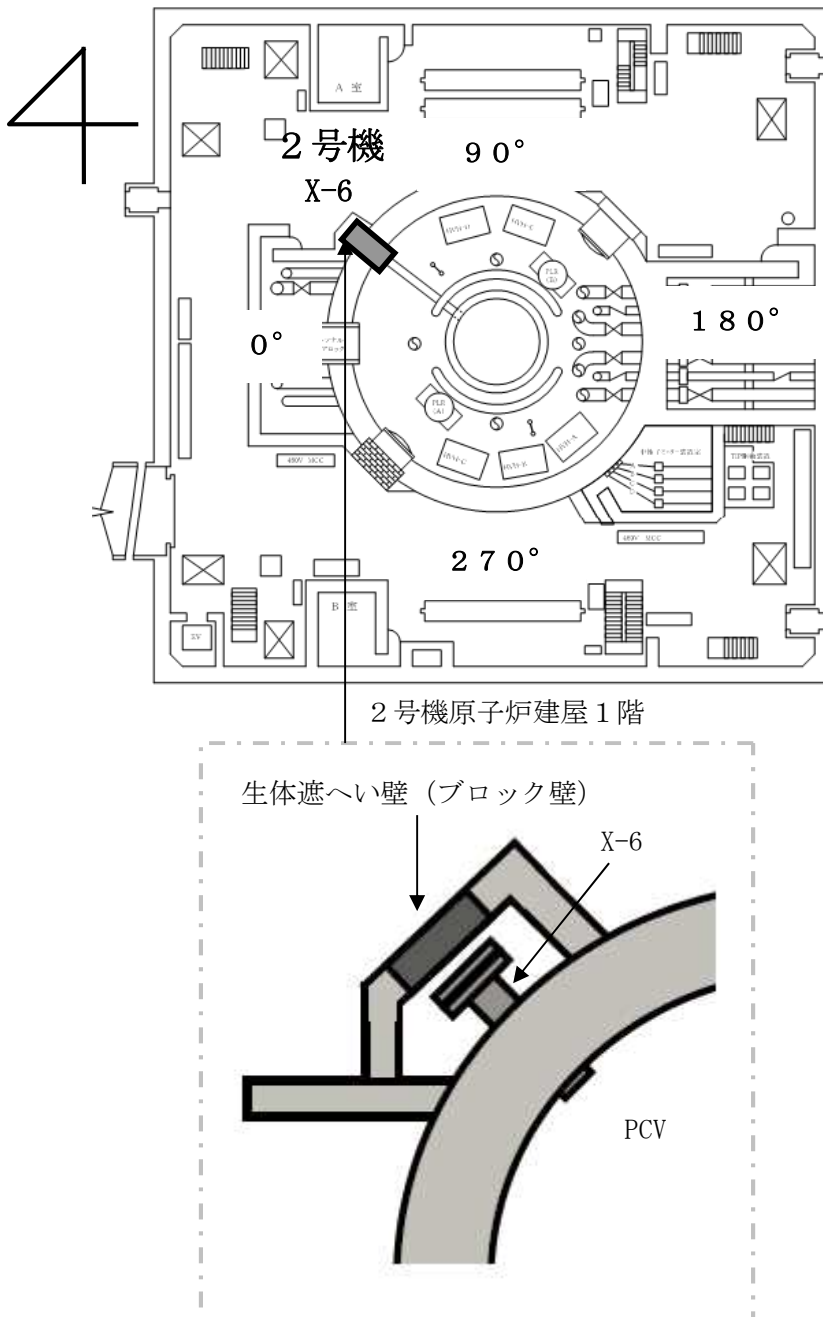
調査装置回収不能の場合、ケーブルを切断し、装置を原子炉格納容器内に押し込んだ後、閉止プラグで閉止する。

調査完了後、閉止プラグの健全性に影響を与える恐れがある地震等の事象が発生した場合には、損傷有無を確認し、損傷が生じた場合には、予備の閉止プラグにて速やかに閉止する。

この措置を取るまでの間に損傷箇所（原子炉格納容器側）より放出されるセシウム量及び敷地境界での実効線量については、周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えるものではないことを評価している。（添付資料－4 参照）

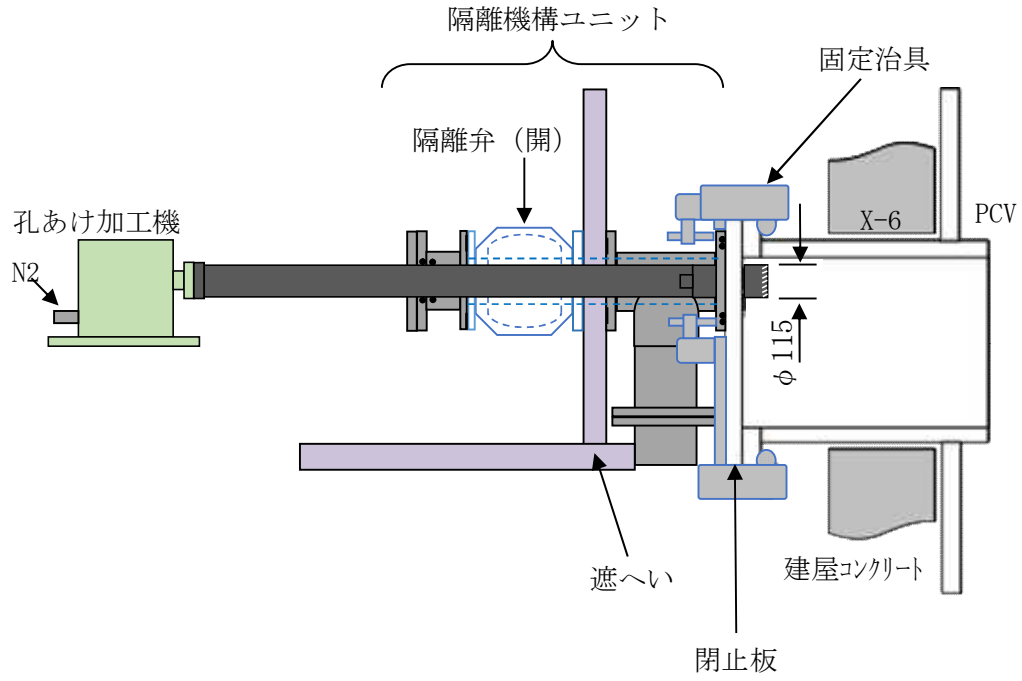
3. 添付資料

- 別添－1 X-6 ペネ 位置図（平面図）
- 別添－2 X-6 ペネ 孔あけ加工機 構造概略図
- 別添－3 原子炉格納容器 内部調査装置 バウンダリ構造概略図
- 別添－4 原子炉格納容器 内部調査 概略図
- 別添－5 閉止プラグ設置後 原子炉格納容器バウンダリ範囲概略図



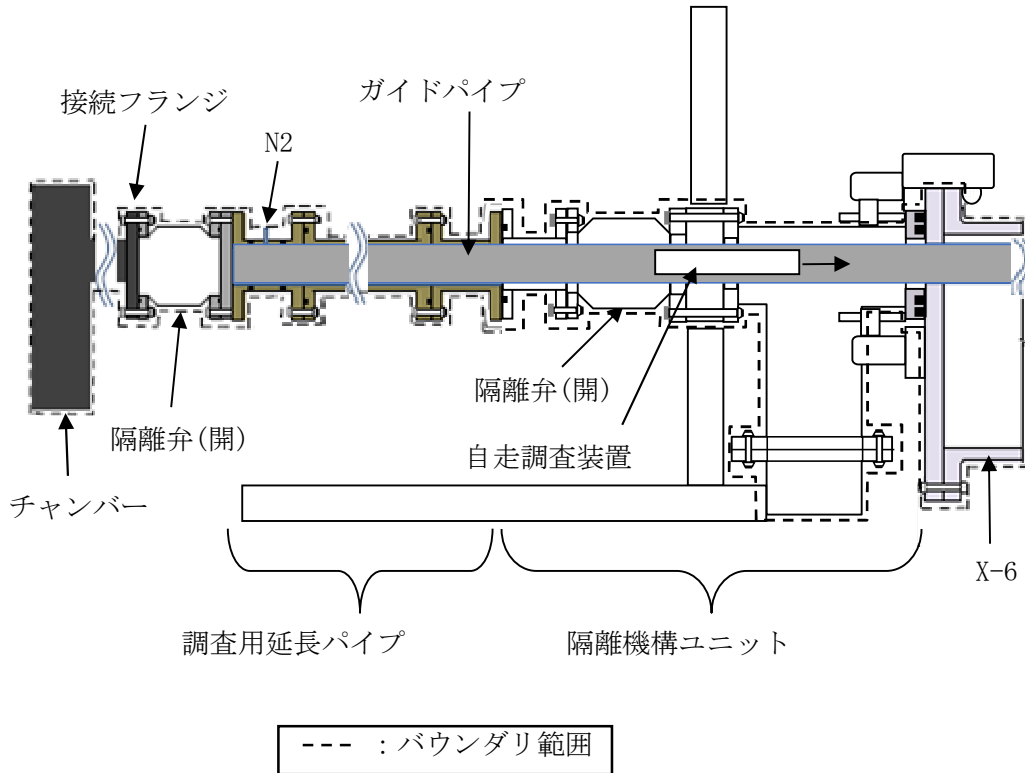
X-6 ペネ 位置図 (平面図)

(2号機)



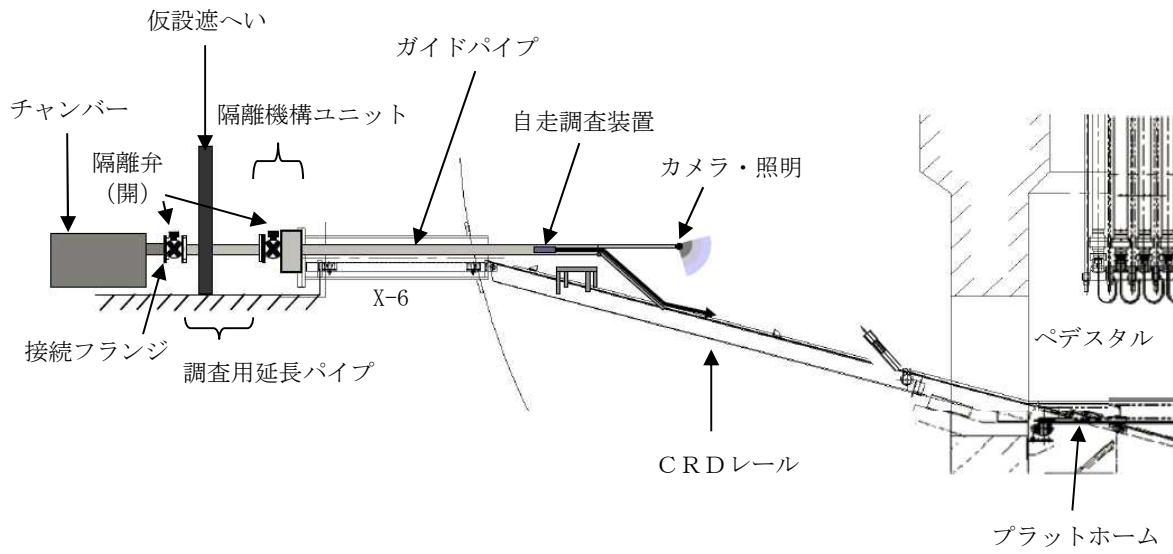
X-6 ペネ 孔あけ加工機 構造概略図

(2号機)



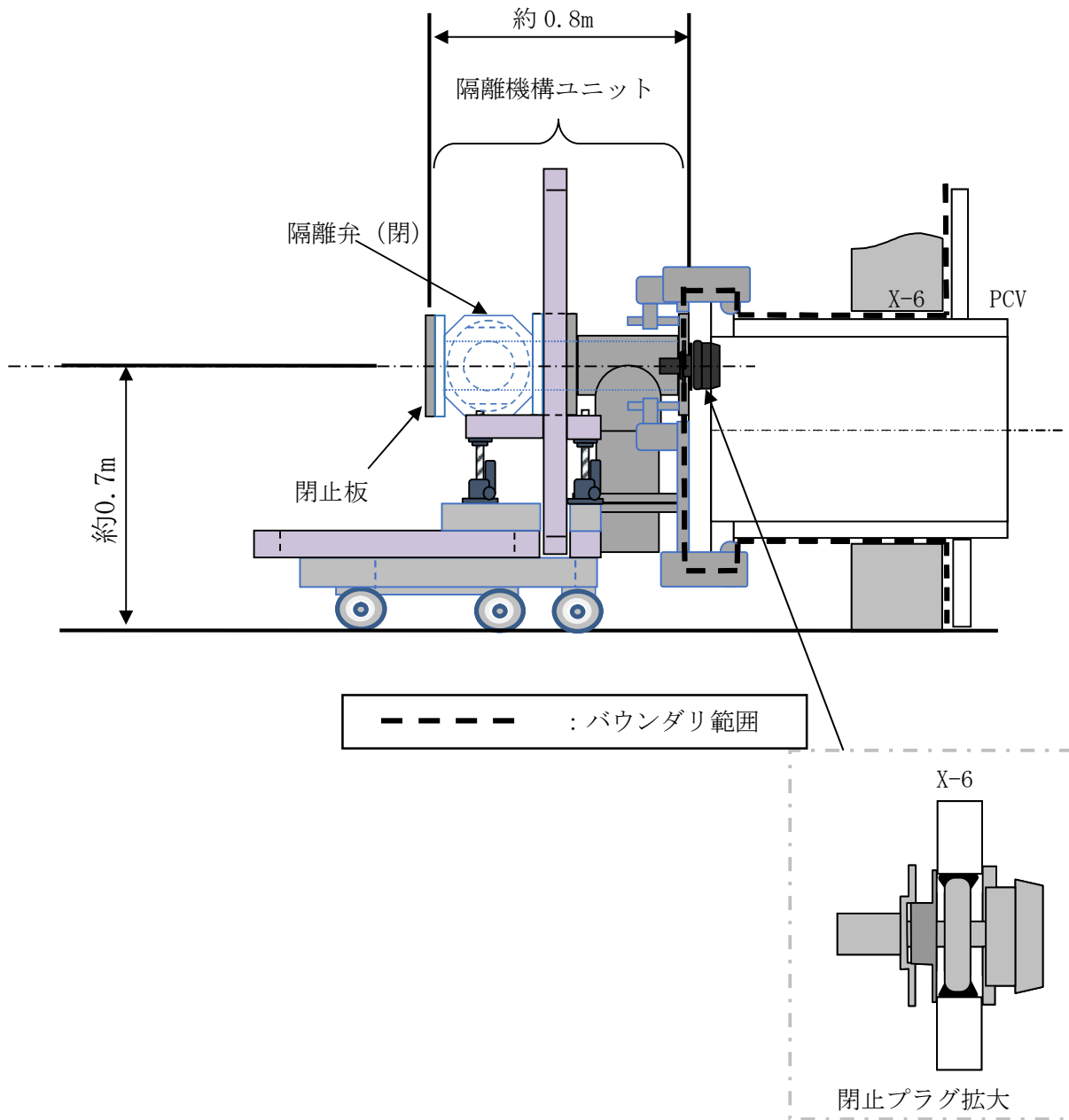
原子炉格納容器 内部調査装置 バウンダリ構造概略図

(2号機)



原子炉格納容器 内部調査 概略図

(2号機)



閉止プラグ設置後 原子炉格納容器バウンダリ範囲概略図