

福島第一原子力発電所第 1 号機における原子炉建屋カバー及び附属設備の設置について

1. 原子炉建屋カバーを設置する位置づけ

福島第一原子力発電所第 1 号機は、原子炉建屋最上階（オペレーティングフロア）より上部が開放された状態であり、放射性物質を含む水蒸気の蒸散や瓦礫・粉塵が風雨による飛散が懸念されます。一方、放射性物質の閉じ込め機能および放射線の遮へい機能を有する構造物を設置するまでには、その要求性能を踏まえた建屋構造とし、かつ諸設備を設ける必要があることから、短期的に完工できるものではありません。このため応急措置的対策として、放射性物質の飛散を抑制する原子炉建屋カバーを設置いたします。

この原子炉建屋カバーの設置は、平成 23 年 4 月 17 日に示した「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」において「Ⅱ. 抑制（4）大気・土壌での放射性物質の抑制」の課題への対策として位置づけているものです。

2. 原子炉建屋カバーの設置効果

原子炉建屋カバー（附属設備を含む）を設置することにより以下の効果が期待できます。

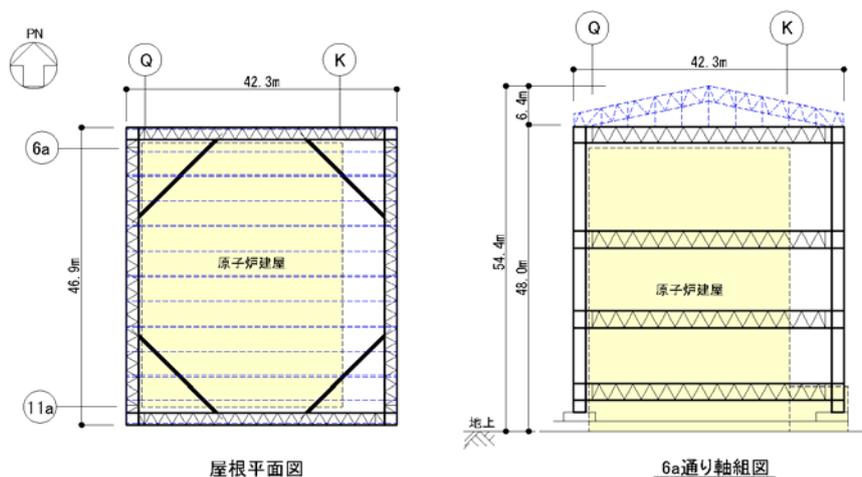
- （1）原子炉建屋から大気中へ放出される放射性物質が抑制されること。
- （2）原子炉建屋への雨水等の浸入が防止されること。
- （3）原子炉建屋からカバー内に放出される放射性物質濃度を把握できること。

3. 原子炉建屋カバーの設計方針

（1）建物概要

原子炉建屋カバーは放射性物質の飛散抑制のために極力気密性のよい素材を選定しますが、応急措置的対策であることから、可能な限り早く設置できる設計・施工工法とします。

平面寸法は約 47m（NS 方向）×約 42m（EW 方向）の長方形で、高さは地上から約 54m です。主体構造は鉄骨造、壁面および屋根面は防水性の膜材で覆う計画であり、屋根面および壁面上部には勾配を設けて、雨水の浸入を防止する構造とします。また、原子炉建屋カバー下部の膜材端部には、台風時の風の吹き込みや巻き上げを防ぐための重りを取り付けます。



(2) 構造概要

原子炉建屋カバーは原子炉建屋周囲への放射性物質の飛散を抑制する覆いですが、原子炉施設への影響を考慮し、建築基準法に準じて設計します。

a. 設計荷重について

常時、積雪時、暴風時、地震時における構造強度および構造安全性の評価における外力条件は下記のとおりです。

①積雪荷重；積雪深 30cm，単位荷重 20N/m²/cm

②風圧力；基準風速 25m/s

③地震荷重；水平震度 0.2

なお、風圧力の算定には応急措置としての供用期間を考慮し、10年再現期間で低減した風速を採用していますが、当該地点近傍において過去35年の間に観測された10分間の平均最大風速(17m/s)を上回る値となっています。

地震荷重および積雪荷重の設定は建築基準法施行令に準じています。なお、地震荷重の設定に用いる水平震度0.2は原子力発電所耐震設計技術指針に定めるCクラスの地震力に相当します。

b. 架構の強度検討

荷重の組み合わせによる応力解析には3次元フレームモデルを使用します。柱、梁、火打材の剛性は、はり要素として集約し、屋根部分および膜材については非構造部材として重量のみ考慮し、剛性は考慮していません。応力解析は、長期の常時荷重、短期の風圧力および地震力について実施し、柱及び梁部材の断面検討の結果、許容値以下の応力度となることを確認しています。

c. 基礎の検討

原子炉建屋カバーの基礎は地盤面または既設建屋(コントロール建屋、廃棄物処理建屋)の屋根スラブ上面に置かれているため、水平荷重が作用した場合のすべりに対する検討を実施し、柱脚部に作用するせん断力に対し、すべり抵抗は十分に余裕があることを確認しています。

また、南面の柱脚部は既設建屋の屋根スラブ上面に架台組した基礎で支持されることから、既設建屋のパンチングシア(押し抜きせん断力)に対する検討を実施し、柱の支持力が十分に確保されていることを確認しています。

d. 膜材の検討

屋根面および壁面に使用する膜材の材質は、塩化ビニル樹脂コーティングポリエステル繊維織物とします。膜材の強度検討は、風圧力に対して行います。風圧力により膜材に生じる応力度は、許容応力度以下であり、基準風速に対して十分な余裕があることを確認しています。

(3) 附属設備

原子炉建屋から放出される放射性物質の大気放出を抑制するため、原子炉建屋カバーとともに排気設備(フィルタ付)を設置します。原子炉建屋カバー天井部から内部気体を吸引し、排気ダクトを経由して原子炉建屋カバーの外部に設置したフィルタユニットへ導きます。フィルタユニットは、プレフィルタ、加熱コイル、高性能粒子フィルタ、よう素用チャコールフィル

タ、排風機等で構成し、各フィルタで放射性物質を捕集した後の気体を吹き上げ用排気ダクトから大気放出します。排気風量約 10,000m³/h のフィルタユニットを 6 系列（うち 2 系列は予備）設置し、合計約 40,000m³/h の排気風量で運転します。

使用済燃料貯蔵プールへの注水は原子炉建屋の内部配管を経由して行われていますが、使用済燃料貯蔵プールの上部からも注水可能なよう原子炉建屋カバーの天井部に注水ノズル（方向調整機能付）を取り付け、配管・ホースで原子炉建屋カバー外部の給水系統に接続します。

また、原子炉建屋カバー内の温度を測定するための温度計や使用済燃料貯蔵プールへの注水状況などを確認するためのカメラを設置します。原子炉建屋カバー内の放射性物質や吹き上げ用ダクトから大気へ放出される放射性物質の濃度を測定するための装置と原子炉建屋カバー内の水素濃度を測定するための装置を設置します。

設 備 名	構 成 ・ 配 置 等
吸込口	配置：カバー内の北側天井部に設置
フィルタユニット	配置：原子炉建屋西側の屋外に 6 系列（うち予備 2 系列）設置 構成：プレフィルタ，よう素用チャコールフィルタ（効率 90%），高性能粒子フィルタ（効率 97%），加熱コイル，排風機，フィルタ線量計（高性能粒子フィルタに設置），フィルタ差圧計（プレフィルタ，よう素用チャコールフィルタ，高性能粒子フィルタに設置）
排気管 （吹上用排気ダクト）	配置：フィルタユニットの下流側に設置 （直径：約 1m，高さ：約 4m）
カメラ	配置：オペレーティングフロア上部外周に 6 台（うち予備 3 台） 対象：プールへの注水状況及びカバー内状況
温度計	配置：天井部に 2 個（うち予備 1 個）， オペレーティングフロア高さに 2 個（うち予備 1 個）
放射性物質濃度測定器	測定対象：オペレーティングフロアコーナー部近傍（3 箇所）， 機器ハッチ開口部近傍，使用済燃料プール上方， カバー内上部空間及び大気放出前の放射性物質の濃度
水素濃度計	測定対象：カバー内上部空間の水素濃度 配置：フィルタユニットの下流側に 2 台（うち予備 1 台）

（４）その他

a. 津波への配慮

津波については、原子炉建屋カバー工事完了までに設置予定の防潮堤により対処します。

b. 火災への配慮

原子炉建屋カバー内には、火災の原因となる火気は無いため、火災が発生する可能性は小さいものの、仮に火災が生じた場合においても原子炉建屋カバーが延焼し、原子炉建屋へ波及的影響を与えないよう、JIS A 1322-1966「建築用薄物材料の難燃性試験方法」に基づく「防災 2

級」以上の性能を有する塩化ビニル樹脂コーティングポリエステル繊維織物を壁パネル・屋根パネルに張って使用します。なお、万一オペレーティングフロアで火災が発生した場合には、カバー屋根又はシャッターを開放して内部に放水します。

c. 放射性物質の飛散抑制

仮に原子炉建屋カバーの膜が一部破損・崩壊することがあっても放射性物質の飛散範囲が拡大することのないよう、原子炉建屋の外壁および原子炉建屋最上階（オペレーティングフロア）には事前に飛散防止剤を散布します。

d. 水素の影響

原子炉及び使用済燃料プール内の燃料による水の放射線分解により水素が発生しますが、排気風量 40,000m³/h に比べて発生量が十分に少ないこと、カバー内気体と混合されること、排気設備の吸引口を天井部に設けていることからカバー内の水素濃度が上昇する可能性は極めて低いと思われます。万一、水素濃度が可燃限界濃度に達した場合には、カバー屋根又はシャッターを開放し、カバー外へ放出します。

4. 原子炉建屋カバーの設置によるリスク

(1) 設置によるリスク

原子炉建屋カバーを設置することにより下記のリスクが想定されます。

- a. 設計荷重以上の外力（地震力または風圧力）により、原子炉建屋カバーが損傷し、原子炉建屋へ波及的影響を及ぼすこと
- b. 原子炉建屋カバー内の熱や水蒸気により、原子炉建屋内の環境（温度、湿度）が悪化すること
- c. 事故の収束に向けた他工程との干渉により、相互の工程遅延が生じること
- d. 事故の収束に向けた後工程の計画に影響を及ぼすこと

これらリスクへの対応策をそれぞれ十分に考慮した上で、原子炉建屋カバーの設置計画を行います。

a. 原子炉建屋カバーの損傷による原子炉建屋への波及的影響について

原子炉建屋カバーは応急措置的対策としての供用期間を考慮した上で、設計条件を決定し、建築基準法に準じた構造検討を実施していますが、設計荷重以上の外力が作用した場合の崩壊メカニズムについても検討を行い、原子炉建屋に波及的影響を及ぼさないことを確認します。

漸増載荷解析の結果から、風荷重、地震荷重いずれにおいても、架構が崩壊形を形成する前に柱脚がすべり、架構の崩壊には至りません。また、すべり量が増加した場合に備え、原子炉建屋カバーに変形抑制のためのストッパーを設置し、原子炉建屋のコンクリート壁部分で原子炉建屋カバーを支持できる構造とします。このストッパーにより原子炉建屋カバーの滑動及び架構の倒壊を防ぎ、放射性物質の飛散抑制効果に大きな影響を及ぼしません。この場合、原子炉建屋は原子炉建屋カバーの荷重を負担することとなりますが、原子炉建屋重量に比べて原子炉建屋カバー重量は十分に小さく（原子炉建屋カバー総重量／原子炉建屋質量（基礎重量をのぞく）＝約 4%）、振動性状を示す固有周期に与える影響も約 2%となります。一方、基準地震動 Ss-1 及び Ss-2 に対する原子炉建屋の耐震壁のせん断ひずみは最大で 0.12×10^{-3} であり、

評価基準値 (4.0×10^{-3}) に対して十分余裕があります。

なお、架構がすべりを生じるまでの滑動抵抗力は、設計風荷重に対し約 1.8 倍、設計地震荷重に対し 3.0 倍の余裕度があり、地震および暴風に対し十分な安全性を有しています。

以上より、原子炉建屋カバーに設計荷重以上（地震時、暴風時）の外力が作用した場合に、原子炉建屋が原子炉建屋カバーの荷重を負担することになりますが、波及的影響は極めて小さいと考えられます。

b. 原子炉建屋内の環境への影響について

原子炉建屋カバーを設置することにより原子炉建屋内温度が上昇することが想定されます。一方で、原子炉建屋カバーに附属する排気設備では、原子炉建屋カバーのすき間から外気を取り込み、原子炉建屋の外側を外壁に沿って上昇することを想定しています。このため、原子炉建屋内においては、季節により作業エリア毎に必要なに応じてスポットクーラー等を設置することにより対応します。

使用済燃料プール水の蒸発により原子炉建屋カバー内が加湿されますが、同時に $40,000\text{m}^3/\text{h}$ の外気で換気されます。プール水の蒸発量に比べ換気風量が大きいため、原子炉建屋内の湿度が著しく上昇することはありません。

c. 事故の収束に向けた他工程への干渉について

原子炉建屋カバーの設置工事が原子炉および使用済燃料プールの安定的冷却のための他工程へ干渉が生じることがないように、工程調整・ヤード調整を行い、計画を進めます。現在、使用済燃料貯蔵プールへの注水は原子炉建屋の内部配管を經由して行われているため、原子炉建屋カバーと注水作業が干渉することはありません。しかし、代替注水手段であるコンクリートポンプ車による注水作業の代わりとして、原子炉建屋カバーに注水ノズルと注水管・ホースを設置するとともに、注水ノズルによる注水状況やオペレーティングフロア上の状況を確認できるよう原子炉建屋カバー内にカメラを設置します。

d. 事故の収束に向けた後工程への影響について

使用済燃料の取り出し、放射線の遮へい機能を有するコンテナ設置等の後工程に対しては、原子炉建屋カバーの一部あるいは全面解体することを前提に、柱・梁に鉄骨材、壁・屋根に膜材を使用し、解体撤去が可能な構造を採用します。なお、原子炉建屋カバーの一部あるいは全面解体を実施する場合は、周辺環境への影響を考慮した上で実施します。

5. 施工計画

原子炉建屋カバーは、部材を大型ユニット化し、部材接合部をはめ込み方式とすることで、組立工数を削減しています。この施工方法の採用により、工期短縮および作業員の被ばく低減を図ることが可能となります。また、施工計画策定にあたっては、作業員の安全確保対策、被ばく低減対策に十分に留意します。

6. 工程計画

- ・準備工事；物揚場整備，クローラクレーン走行用道路整備 等を実施。
- ・本体工事；原子炉建屋カバーの設置，排気設備の設置 等を実施。

		平成23年度																	
		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月	
		上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬
準備工事																			
本体工事														※1					

※1 天候不順や周辺の放射線量が一定レベル以下に下がらず作業効率が大幅に低下した場合など

7. 運転管理および保守管理

(1) 運転管理

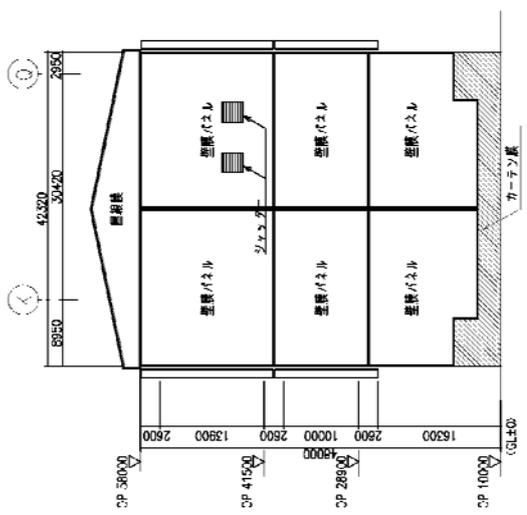
フィルタユニット内の排風機の起動/停止操作は、フィルタユニットの傍に設置した現場制御盤で行うものとし、故障等により排風機が停止した場合には、予備機が自動起動します。現場制御盤には排風機の運転状態（起動停止状態）、警報（排風機異常，電気ヒータ（加熱コイル）異常，電源異常等），カバー内温度，水素濃度，放射性物質濃度が表示され，免震重要棟（または旧事務本館）には，警報，カメラによるカバー内状況，カバー内温度，水素濃度，放射性物質の濃度が表示されるシステム構成とする計画です。

また，放射性物質は，原子炉圧力容器から原子炉格納容器，原子炉建屋内，オペレーティングフロアの開口部（機器ハッチ等）を経てカバー内に放出されるものと，使用済燃料プールの中水からプール上空に移行するものが想定されます。このため，オペレーティングフロア面のコーナー部近傍に3箇所（南東コーナー部近傍の1箇所は将来設置する計画）と機器ハッチ開口部近傍に1箇所及び使用済燃料プール上方部に1箇所から各々吸引できるよう放射性物質濃度測定用のサンプリング配管を設置します。また，カバー内上部空間及び大気放出前（フィルタ通過後）の放射性物質濃度測定用の配管を排気ダクトに設置します。各々のサンプリング配管を放射性物質濃度測定器に接続し，原子炉建屋から放出される放射性物質濃度を測定し，周辺環境への影響を評価します。

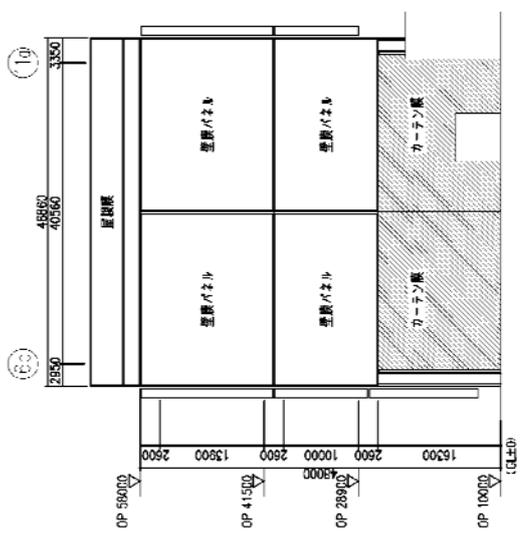
(2) 保守管理

排気設備におけるパッキン等の消耗品については必要に応じ適宜交換します。フィルタについては差圧又は線量を確認しながら，必要な時期に交換し，放射線検出器についても適宜点検・校正を実施します。

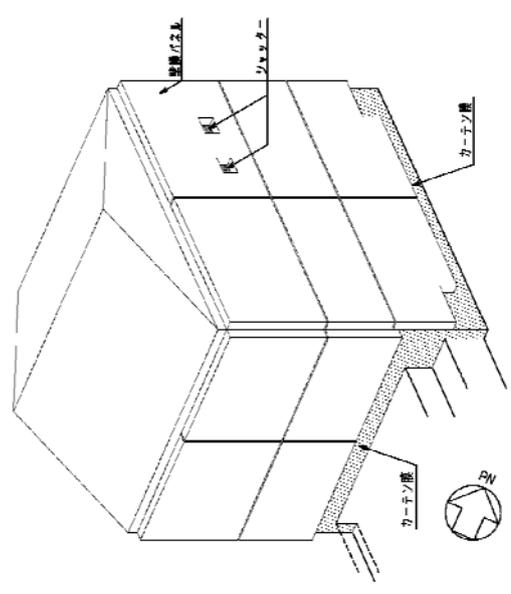
以上



北側立面図



西側立面図



アイソメ図

福島第一原子力発電所1号機原子炉建屋カバー 立面図・アイソメ図

