

福島第一原子力発電所 第1号機
原子炉建屋カバーの解体について

2013年6月28日

東京電力株式会社



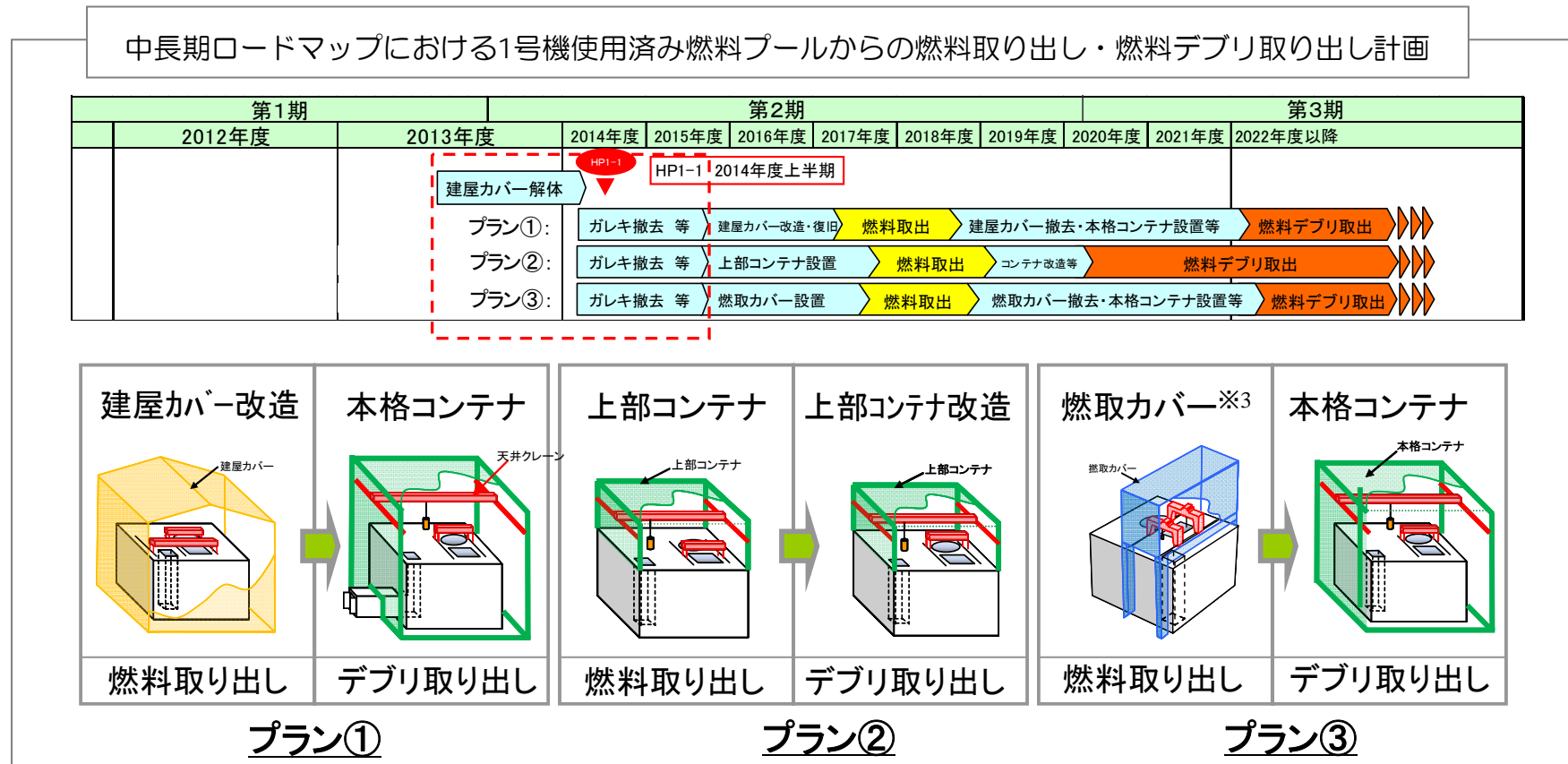
東京電力

概要

- 福島第一原子力発電所1号機は、放射性物質の飛散抑制を目的として原子炉建屋カバーを2011年10月に設置した。
- 原子炉建屋のオペレーティングフロア（以下、オペフロ）上には、現在もガレキが散乱している。
- 廃炉を加速**していくためには、プール燃料・燃料デブリ取り出しの早期化が必要。
- 燃料取り出しに向けオペフロ上に堆積したガレキ撤去を進めるためには、**原子炉建屋カバーの解体**が必要となる。
- 原子炉建屋カバーを解体しても1～3号機原子炉建屋からの放射性物質の放出による**敷地境界における被ばく評価(0.03mSv/y)への影響は少ない**と評価している。
(平成25年3月末現在)
- 上記を踏まえ、放出抑制対策を実施した上で、原子炉建屋カバーを解体し、オペフロ上のガレキ撤去を進める。

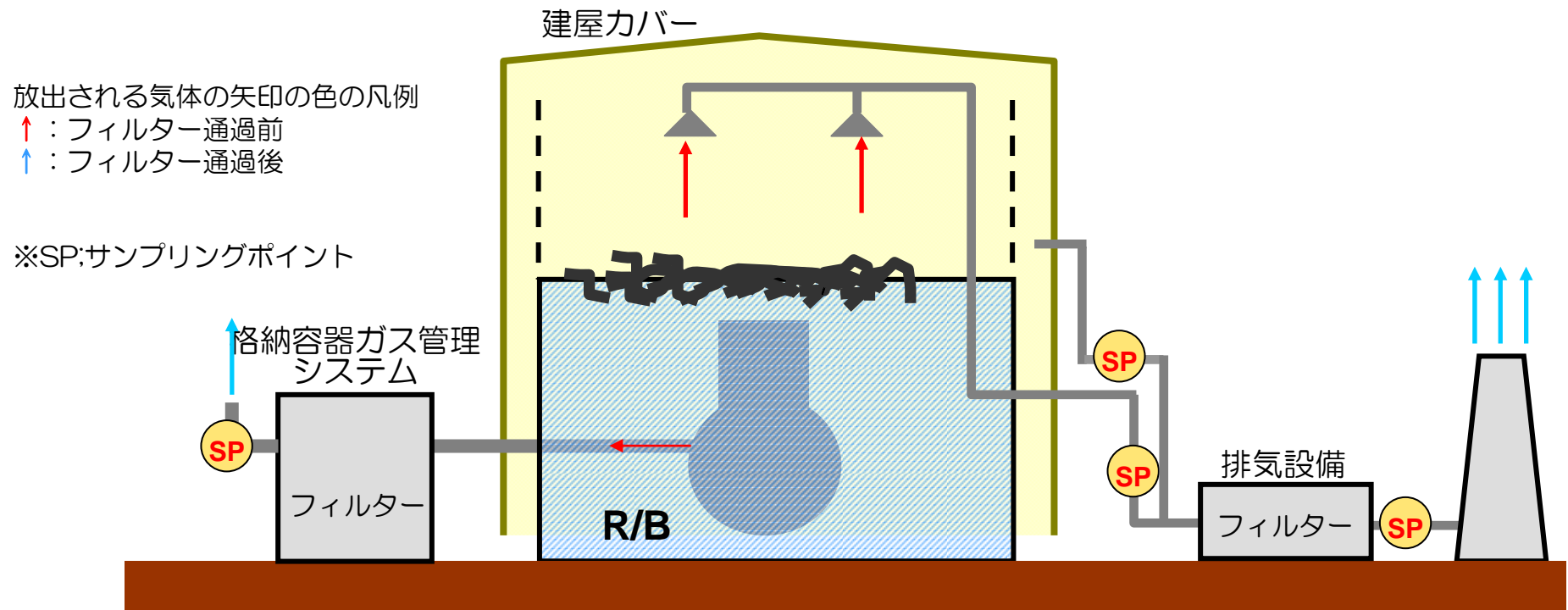
1. 1号機使用済み燃料プールからの燃料取り出し計画について

- 東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ（東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議：2013年6月27日）における、1号機使用済み燃料プール内の燃料取り出し開始は、2017年度を目標としている。
- 「建屋カバー解体」「ガレキ撤去 等」は、全プラン共通である。



2. 1号機原子炉建屋カバーの設置

- 放射性物質の飛散抑制を目的に原子炉建屋カバー(以下 建屋カバー)を2011年10月に設置。
- 建屋カバーには、建屋カバー内の空気を天井部から吸引し、建屋カバーの外部に設置したフィルターで放射性物質を捕集した後、大気に放出する排気設備が設置されている。
- 建屋カバー内の放射性物質濃度を監視するため、サンプリング設備を設置。
- 2011年12月に格納容器からの放射性物質の放出抑制を目的に「格納容器ガス管理システム」を設置。



概略構成図

3. 1号機原子炉建屋の現状①

- 建屋カバー内のオペフロ上には、現在も、ガレキが堆積している。

建屋カバー



撮影H23.10月

オペフロ状況



撮影H24.10月(オペフロ バルーン調査)

オペフロ前景 (北西面)



撮影H23.6月頃

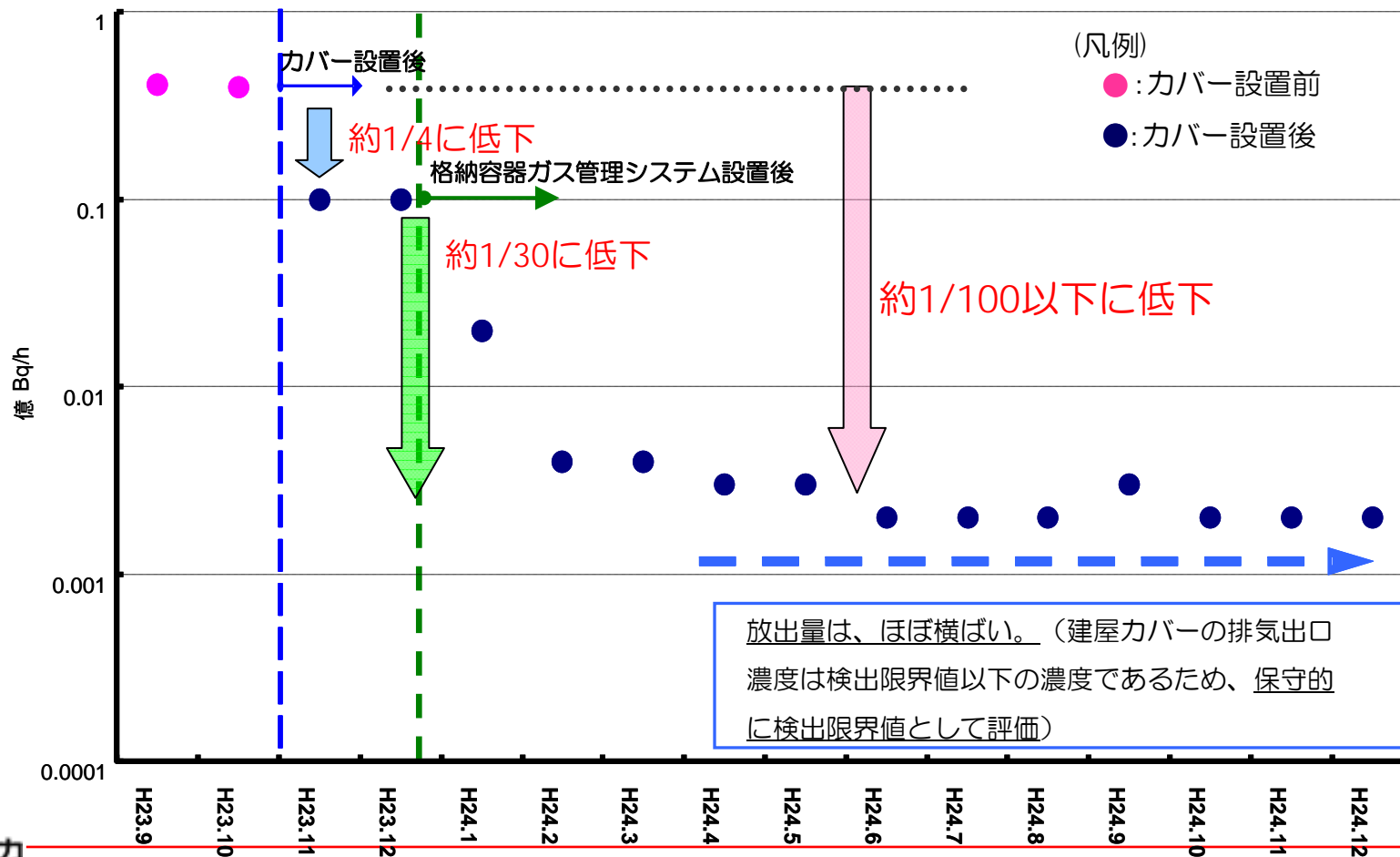


撮影H24.10月(オペフロ バルーン調査)

3. 1号機原子炉建屋の現状②(建屋カバー設置前後の放出量の比較)

■ 現状の放出量は、建屋カバー設置前の約1/100以下に低下している

- 建屋カバー設置により放出量が約1/4に低下
- 『原子炉の安定冷却の継続による放射性物質の発生量自体の減少』と『格納容器ガス管理システムの設置』により放出量が約1/30に低下。



4. 建屋カバー解体後の敷地境界線量の推定

- 『原子炉の安定冷却の継続』や『放出抑制効果の大きい格納容器ガス管理システムの稼働』により、現在の放出量は建屋カバー設置前に比べ大幅に減少している。
- 建屋カバー解体後の敷地境界線量は、解体前に比べ増加するものの、放出抑制への取り組み(P8以降参照)により、1～3号機からの放出による敷地境界線量(0.03mSv/y)への影響は少ない。

1号機の状態	1号機からの放出による敷地境界線量	1～3号機からの放出による敷地境界線量
建屋カバー設置前(H23年10月)	約0.1mSv/y	約0.2mSv/y
建屋カバー設置後(H24年度平均)	約0.0006mSv/y	約0.03mSv/y
建屋カバー解体後(推定)	約0.001mSv/y	約0.03mSv/y

建屋カバー解体後の1号機からの放出による敷地境界線量は、ガレキ撤去作業中の3号機と同様な放出量評価となるため、3号機の実績から1桁程度変動(0.0001～0.001～0.01mSv/y)する可能性がある。

5. 各地の線量率

- 建屋カバー解体後の1号機からの放出による福島第一原子力発電所から
5km離れた場所における被ばく量：約0.0001mSv/y（約0.00002 μ Sv/h）
10km離れた場所における被ばく量：約0.00005mSv/y（約0.000006 μ Sv/h）と評価。
- 上記より、建屋カバーを解体しても、各地の線量率に影響はないと考えている。

場所	線量率 (μ Sv/h)		場所	線量率 (μ Sv/h)	
	解体前※1	解体後※2		解体前※1	解体後※2
福島県庁（紅葉山公園）	0.622	同左	広野町役場	0.138	同左
郡山市役所	0.383		飯舘村役場	0.749	
いわき市役所	0.140		葛尾村役場	0.280	
大熊町役場（大野）	3.542		南相馬市役所	0.284	
双葉町役場（新山体育館）	4.410		田村市役所（船引保育所）	0.104	
富岡町役場（富岡）	2.600		川内村役場	0.101	
楢葉町役場	0.198		川俣町役場	0.205	
浪江町役場	0.138		会津若松市役所	0.100	

※1 2013年5月1日0時00分現在 原子力規制委員会HPより ※2 推定

6. 放出抑制への取り組み①

【継続的な放出抑制対策】

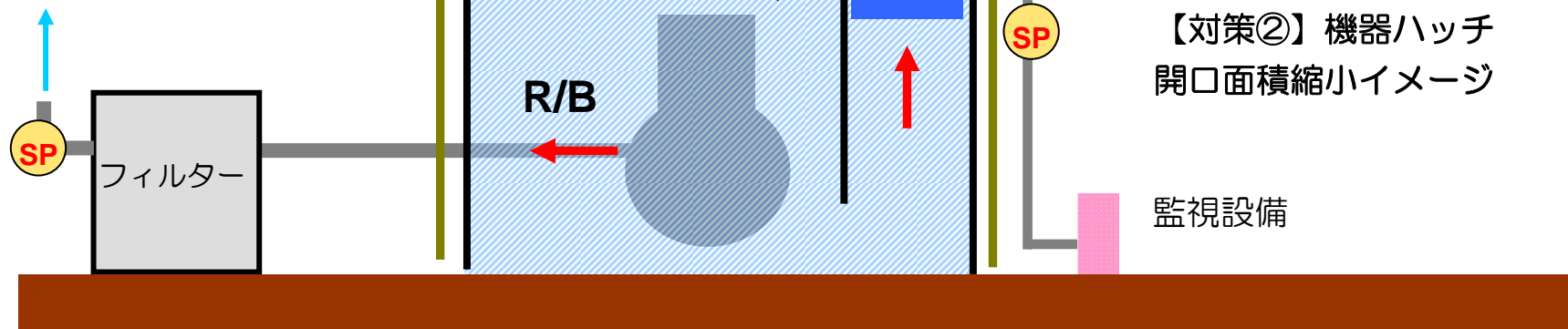
継続して格納容器ガス管理システムにより放出抑制を行う。【対策①】

【原子炉建屋からの放出抑制対策(新たな取り組み)】

原子炉建屋内の開口面積を縮小し放射性物質の放出を抑制する。【対策②】

放出される気体の矢印の色の凡例
↑：フィルター通過前
↑：フィルター通過後

【対策①】 格納容器ガス管理システムによる放出抑制



【対策②】 機器ハッチ開口面積縮小イメージ

監視設備

概略構成図

6. 放出抑制への取り組み②

【放射性物質濃度の監視】

建屋カバーのサンプリング設備を一部移設[※]し、**継続して放射性物質濃度を連続監視**(移設期間を除く)する。【対策③】

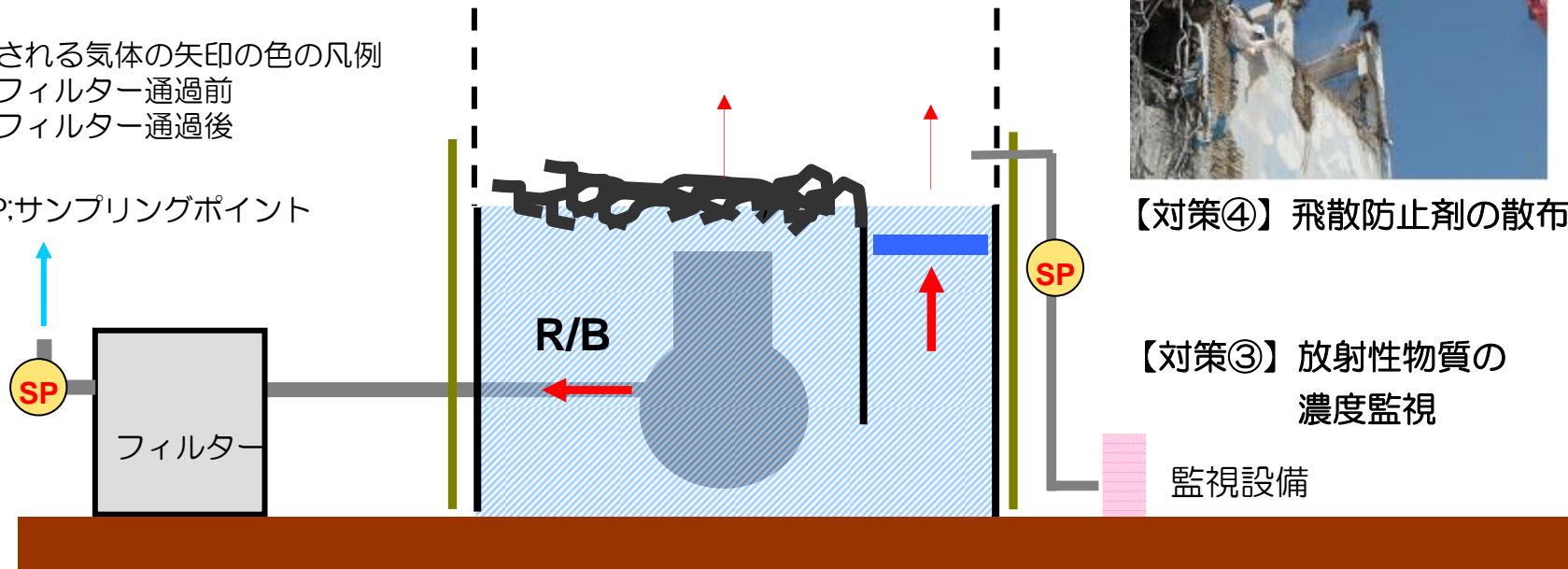
【ガレキ撤去期間中の放出抑制対策】

ガレキ撤去作業時は、先行号機と同様に**飛散防止剤の散布**により飛散・拡散を抑制する【対策④】

放出される気体の矢印の色の凡例

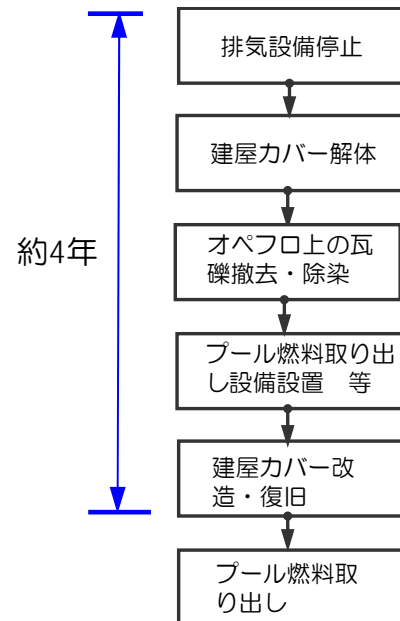
- ↑ : フィルター通過前
- ↑ : フィルター通過後

※SP;サンプリングポイント

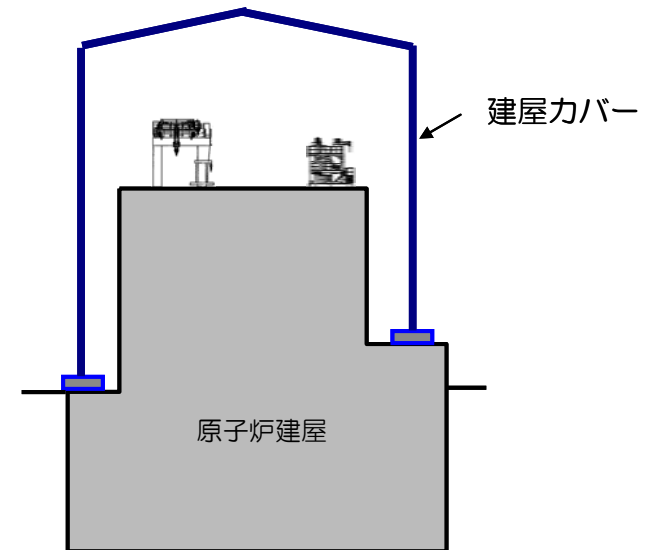


7. まとめ

- 建屋カバーを解体し、オペフロ上のガレキ撤去を進める。
 - 格納容器ガス管理システムにより継続して放出抑制を行う。
 - サンプルング設備を一部移設し、継続して放射性物質濃度の連続監視(移設期間を除く)を行う。
 - 原子炉建屋内の開口部を縮小することで、放射性物質の放出を抑制する。
 - なお、ガレキ撤去作業中は、飛散防止剤を散布し、飛散・拡散を抑制する。
- 建屋カバーの解体に先立ち、排気設備を2013年度中頃に停止予定。(排気設備停止は実施計画認可後)
 - 建屋カバー解体は、排気設備停止の3～5ヶ月後に着手予定(排気設備は停止後に撤去し、建屋カバー解体用の大型重機が走行するための敷地造成を実施した上で建屋カバー解体に着手予定)
- プール燃料取り出し設備を設置した上で、建屋カバーを約4年後に復旧する見込み。



プール燃料取り出しフロー



復旧後の建屋カバー*のイメージ

*建屋カバー改造の詳細計画については検討中

委員からのご質疑に対する回答①

1号機の燃料取り出し準備のために、これまで使用してきたカバーを外し、ガレキ処理作業に入るとの報道がなされているが、大気中への放射性物質の放出について、どのような配慮がなされるのか。

Q1;原子炉および燃料プール等からの放射性物資の放出量は時間と共に減少していくと考えられるが、その観点から適切な時期か。

A1; 使用済み燃料・燃料デブリは、特定原子力施設全体のリスク低減のために、できる限り速やかな取り出し完了が必要である。

現状の1号機からの放出量は、『原子炉の安定冷却の継続』や『放出抑制効果の大きい格納容器ガス管理システムの稼働』により、建屋カバー設置前に比べ大幅に減少している。また、建屋カバー解体後の敷地境界線量は、解体前に比べ増加するものの、放出抑制への取り組み※により、1～3号機からの放出による敷地境界線量(0.03mSv/y)への影響は少ないと考えている。

※ ①格納容器ガス管理システムによる継続した放出抑制対策②原子炉建屋内の開口面積縮小による放出抑制対策
③継続した放射性物質濃度の連続監視 ④ガレキ撤去作業中の飛散防止剤の散布

委員からのご質疑に対する回答②

Q2: 4号機の燃料取り出し3号機のガレキ処理等が現在も並行して行われているが、作業手順として適切なのか。

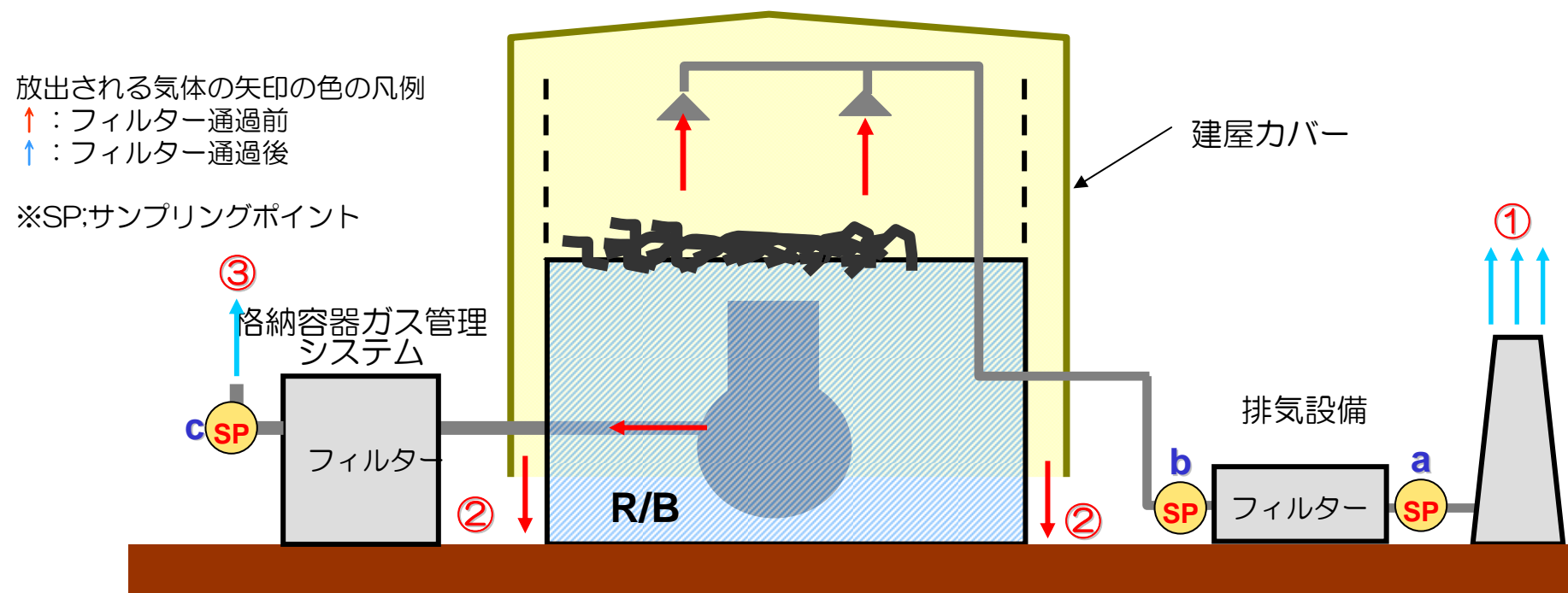
A2: 3,4号機の作業と並行して1号機の建屋カバーを解体した場合でも敷地境界における被ばく評価(0.03mSv/y)への影響は少ないと評価している。

Q3:カバー撤去に伴い大気中に放出される放射性物質の量および周辺環境への影響について、精度よく見積もる必要がある。

A3: P13～P18参照

参考1 現状の放出プロセスと評価方法

- 放出箇所（①～③）毎に放出量を評価し合算
- 各サンプリングポイント（SP）の濃度（a～c）を使用
- 評価箇所と使用する濃度等は以下の通り
 - ① 建屋カバー排気設備のフィルター出口からの排気；出口濃度[a] × 流量（40000m³/h程度）
 - ② 建屋カバーの隙間からの漏洩；カバー内濃度[b] × 漏洩量
 - ③ 格納容器ガス管理システム出口からの排気；出口濃度[c] × 流量（28m³/h程度）



概略構成図

参考2. 1号機建屋カバー解体後の放出管理について

■ 基本方針

- 原子炉格納容器ガス管理システムにより環境中への放出量を抑制するとともに可能な適切な箇所において放出監視を行う。

■ 放出源について

● 原子炉建屋格納容器

- ◆ 格納容器内の放射性物質を含む気体については、窒素封入量と同程度の量の気体を抽出して格納容器ガス管理システムのフィルタで放出される放射性物質を低減。
- ◆ 格納容器の破損に伴い、原子炉直上部から漏洩する可能性。

● 原子炉建屋

- ◆ 格納容器内の気体について、建屋内へ漏洩したものは原子炉格納容器ガス管理システムで処理されずに、機器ハッチの隙間から放出。
- ◆ 建屋内の空気の流れ及び建屋地下部の滞留水の水位低下により、建屋内の壁面等に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し、機器ハッチより放出される可能性。

- 原子炉建屋上部（直上部・機器ハッチ上部）で空気中の放射性物質を定期的にダストサンプで採取し、放射性物質濃度を測定。（3号機も同様な管理）

- 上記の考え方をもとに、1号機建屋カバー解体後の放出量評価を行った。

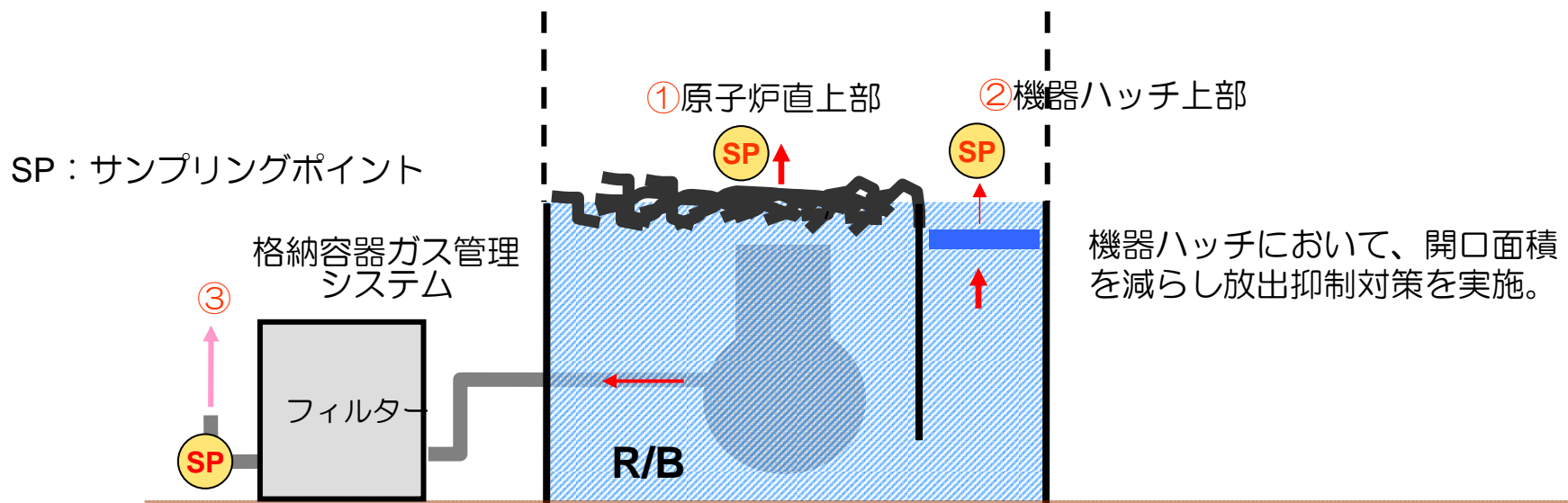
参考2.1 1号機建屋カバー解体後の放出評価箇所

- | | |
|----------------|------------------------|
| ① 原子炉直上部 | 原子炉直上部のダスト濃度×蒸気発生量 |
| ② 機器ハッチ上部 | 機器ハッチ上部のダスト濃度×機器ハッチ風量※ |
| ③ 格納容器ガス管理システム | 排気設備出口濃度 ×排気流量 |

※建屋カバーの隙間からの漏洩量評価と同様の評価方法

建屋カバー解体後の放出量 = ① + ② + ③

(①,②,③の各放出箇所の諸データについては次頁参照)



参考2.2 各放出箇所 の諸データについて

- ①原子炉直上部・②機器ハッチ上部の評価については、以下の数値を使用。

	①原子炉直上部	②機器ハッチ上部
ダスト濃度(Bq/cm ³)	9.9×10 ⁻⁴ ※1	1.2×10 ⁻⁵ ※2
流量(m ³ /h)	約500 ※4	約5200 ※3

※1 現状カバーが掛かっているため原子炉直上部のダスト採取が不可能。そのため、保守的に建屋カバー設置直前のH23年10月の測定データを使用。

※2 H24年度の建屋カバー内のダスト濃度の平均値。

※3 機器ハッチの流量は、建屋内外差圧から流量を評価。

1.外部風による運動エネルギーにより建物風上側と風下側に圧力差が発生。

2.圧力差により建屋開口部から空気の流入が発生

この圧力差による建屋開口部からの流出入量をベルヌーイの定理を用いて算出。

⇒現状の建屋カバーからの漏洩量評価方法と同じ評価手法

必要な開口部面積・外部風速の前提は以下の通り。

- 開口部：機器ハッチの開口部面積を90%縮小し、二重扉を80%閉じた場合を仮定。

- 風速：設置許可添付6の福島第一の1年間の露場の平均風速（3.1m/s）

上記の風速を入力条件として16方位毎に機器ハッチからの流量を評価し、最大の流量を採用。また、放出抑制対策により機器ハッチの流量が約27000m³/h→約5200 m³/h（約80%減）に低減。

※4 H25.4.1現在の蒸気発生量から流量を評価。

- ③格納容器ガス管理システムについては、H24年度平均の放出量を使用。

（約0.000002億Bq/h）

参考2.3 建屋カバー解体前後の放出量の評価

■ 建屋カバー解体後の放出量の評価※

	放出量	敷地境界線量
建屋カバー解体前 (H24年度平均)	約0.002億Bq/h	約0.0006mSv/y
建屋カバー解体後 (機器ハッチ閉塞後)	約0.006億Bq/h	約0.001mSv/y

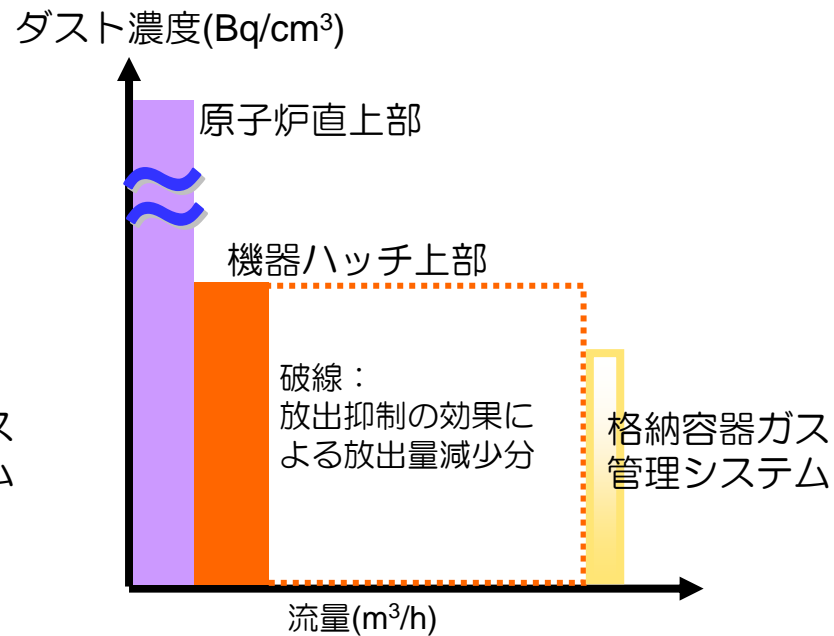
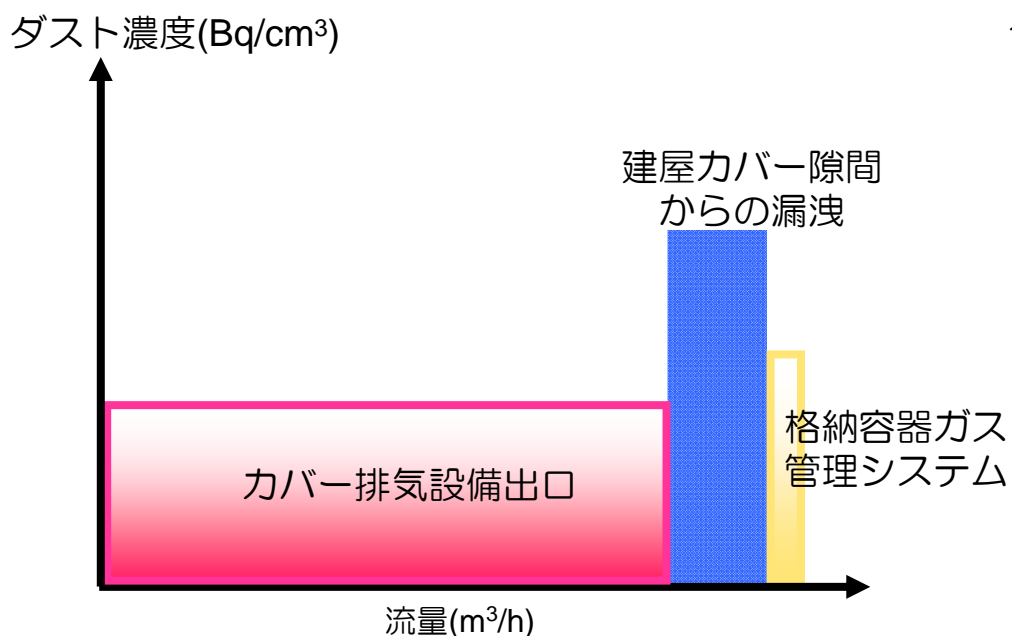
※ 建屋カバー解体後は、3号の実績から1桁程度変動する可能性はある。

■ 放出箇所毎の内訳と放出抑制対策（機器ハッチ閉塞）効果

放出箇所	建屋カバー解体後 (機器ハッチ閉塞前)	建屋カバー解体後 (機器ハッチ閉塞後)
原子炉直上部	約0.005億Bq/h	約0.005億Bq/h
機器ハッチ	約0.003億Bq/h	約0.0006億Bq/h
格納容器ガス管理システム	約0.000002億Bq/h	約0.000002億Bq/h
合計	約0.008億Bq/h	約0.006億Bq/h

参考2.4 放出量評価のイメージ

- 放出量 (Bq/h) = ダスト濃度 × 流量 (下図の実線に囲まれた面積に相当)
- 各放出評価箇所の合計面積が1号機全体の放出量。
 - 放出評価箇所
 - ◆ 建屋カバー設置後
 - ー 建屋カバー排気設備出口・建屋カバー隙間からの漏洩・格納容器ガス管理システム
 - ◆ 建屋カバー解体後
 - ー 原子炉直上部・機器ハッチ上部・格納容器ガス管理システム



参考3 建屋カバーの排気設備停止に伴う滞留水素の評価

【滞留水素の評価】

- 建屋カバーの排気設備停止からカバー解体までの間は、換気機能がなくなり建屋カバー内に水素が滞留する可能性が考えられる。
- 保守的に、原子炉格納容器内で発生した水素の全量が建屋カバー内に放出されたものとして評価した結果、カバー内の水素濃度が可燃限界濃度に達するまでの期間は約2年と評価。
- 建屋カバー解体着手は、建屋カバーの排気設備停止の約3～5ヶ月後と想定しており、この期間中に水素濃度が可燃限界に達することはないと評価。
- このため、この期間中の水素濃度測定は必要ないと考えている。
- なお、建屋カバー開始以降、排気設備に設置されている水素濃度計にて水素は検出されていない。

参考4. ガレキ撤去工法の比較

【ガレキ撤去工法の比較】

ケース1；建屋カバー内でガレキ撤去の実施。

ケース2；建屋カバーの外側にコンテナを設置し、その中で建屋カバー解体とガレキ撤去の実施

ケース3；建屋カバーを解体した後、ガレキ撤去の実施。

	ケース1 (カバー内ガレキ撤去)	ケース2 (コンテナ内ガレキ撤去)	ケース3 (カバー解体後、ガレキ撤去)
建屋 イメージ 概念			
ガレキ撤 去手順 概要	<p>以下の操作を遠隔操作により実施</p> <ol style="list-style-type: none"> ①建屋カバー北側に構台設置 ②北側のシャッター開口より小型重機を搬入 ③無人小型重機によりガレキ撤去/搬出 	<ol style="list-style-type: none"> ①コンテナを設置 ②建屋カバーを撤去(コンテナ内の天井クレーンを使用) ③オペフロガレキ、既存燃料取扱設備を撤去(コンテナ内の天井クレーンを使用) 	<ol style="list-style-type: none"> ①建屋カバーを解体 ②大型クレーンと小型重機を併用して、オペフロガレキを撤去

参考4. ガレキ撤去工法の評価

【ガレキ撤去工法の評価】

- ケース1：燃料プールへのガレキ落下リスクの回避が困難・遠隔操作による安全な施工が困難
- ケース2：プール燃料取り出し時期が大幅(5年以上)に遅延
→大規模なコンテナ構築に工期を要するとともに、技術面・施工面に課題がある。
- ケース3：飛散抑制効果は他ケースに比べ劣るが、最も早く燃料取り出しが可能となる。

		ケース1 (カバー内瓦礫撤去)	ケース2 (コンテナ内瓦礫撤去)	ケース3 (カバー解体後瓦礫撤去)
評価	現状の放射性物質の放出量との比較	○ →変化なし	○ →変化なし	△ →建屋カバー解体に伴い大気への追加放出となるが、敷地境界線量への影響は少ない。
	瓦礫撤去作業中の放射性物質の飛散抑制効果	○ →あり	○ →あり	△ →カバー解体に伴い放射性物質を含むガレキ等が風雨により飛散する状態となる。ただし、先行号機においてガレキ撤去作業中の放出量に有意な変化は確認されていない。 →建屋カバーのサンプリング設備を移設し、継続して放出量の連続監視を実施
	技術的な成立性	× →ガレキ撤去着手前にプール養生が行えず、プールへの瓦礫落下リスクの回避が困難 →ガレキが散乱している状況下で遠隔操作により安全な施工が困難	△ →成立する可能性はあるものの、建屋カバーを包含するコンテナ建屋は高さ90m程度となり、耐震性の確保や高線量下での大規模コンテナ構築など、技術面・施工面の課題がある。	○ →成立する
	プール燃料取り出し時期	— →技術的に成立しない	× →第3期（プール燃料取り出しが大幅に後ろ倒し(5年以上)）	○ →2017年度
	総合評価	— →技術的に成立しない	△	○