

1～3号機原子炉建屋からの追加的放出量の 評価方法

2013.11.21

東京電力株式会社



東京電力

目次

1. 放出量評価対象の放出経路について

1. 1号機

2. 2号機、3号機

■ <参考> 放出量評価の具体例（例：9月分）

■ 1号機の評価結果

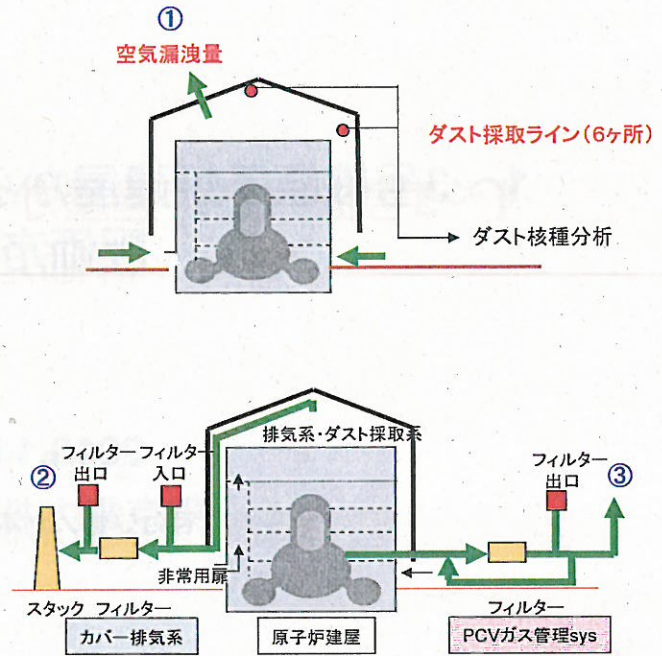
■ 2号機の評価結果

■ 3号機の評価結果

1.1 放出量評価対象の放出経路について（1号機）

評価経路

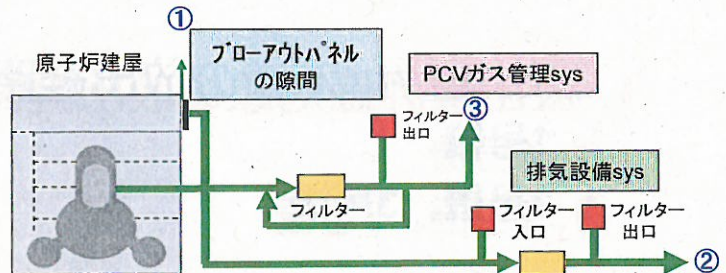
- ①原子炉建屋カバーからの漏れ
- ②原子炉建屋カバー排気
- ③格納容器(PCV)ガス管理システム出口



1.2 放出量評価対象の放出経路について（2、3号機）

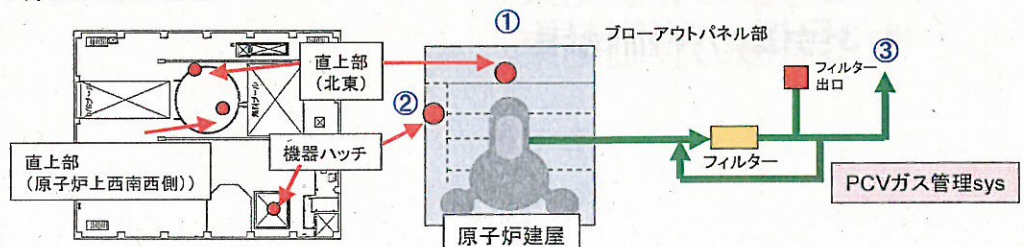
2号機の評価経路

- ①原子炉建屋からの漏れ(ブローアウトパネル隙間)
- ②原子炉排気設備出口
- ③格納容器(PCV)ガス管理システム出口



3号機の評価経路

- ①原子炉建屋(炉心上部)
- ②原子炉建屋(機器ハッチ)
- ③格納容器(PCV)ガス管理システム出口



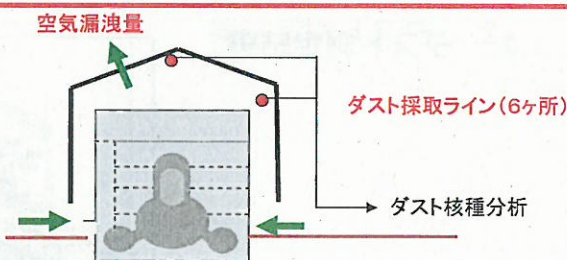
2. <参考>

放出量評価の具体例（例：9月）

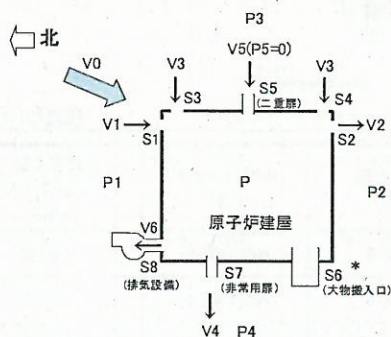
2.1.1 1号機の放出量評価

1. 評価方法

- (1) 空気漏洩量は外部風速、建屋内外圧差、隙間面積などから計算で求める。
 (2) 放射能濃度はダスト採取ライン(ダストモニター系)で採取したダスト試料を核種分析して求める。
 < 放出量評価値 = 空気漏洩量 × 放射能濃度 >



(計算例) 例：9月9日 北北東 3.2m/s



* 大物搬入口は閉鎖されており、次ページの開口面積(S6)を0としている。

- V0: 外気風速 (m/s)
- V1: カバー流入風速 (m/s)
- V2: カバー流入風速 (m/s)
- V3: カバー流入風速 (m/s)
- V4: カバー流入風速 (m/s)
- V5: カバー流入風速 (m/s)
- V6: 排気風速 (m/s)
- P1: 上流側圧力(北風) (Pa)
- P2: 下流側圧力(北風) (Pa)
- P3: 上流側圧力(東風) (Pa)
- P4: 下流側圧力(東風) (Pa)
- P5: R/B内圧力 (0Pa)
- P: カバー内圧力 (Pa)
- S1: カバー隙間面積 (m²)
- S2: カバー隙間面積 (m²)
- S3: カバー隙間面積 (m²)
- S4: カバー隙間面積 (m²)
- S5: R/B二重扉開口面積 (m²)
- S6: R/B大物搬入口開口面積 (m²)
- S7: R/B非常用扉開口面積 (m²)
- S8: 排気ダクト吸込面積 (m²)
- ρ: 空気密度 (kg/m³)
- C1: 風圧係数(北風上側)
- C2: 風圧係数(北風下側)
- C3: 風圧係数(東風上側)
- C4: 風圧係数(東風下側)
- α: 形状抵抗係数

2.1.2 1号機の放出量評価（例：9月分）

風速をVとすると、上流側、下流側の圧力は次のとおりとなる。

- 上流側(北風): $P1=C1 \times \rho \times V0^2 / (2g) \dots (1)$
- 下流側(北風): $P2=C2 \times \rho \times V0^2 / (2g) \dots (2)$
- 上流側(東風): $P3=C3 \times \rho \times V0^2 / (2g) \dots (3)$
- 下流側(東風): $P4=C4 \times \rho \times V0^2 / (2g) \dots (4)$

内圧をP、隙間部の抵抗係数をζとすると

- $P1-P=\zeta \times \rho \times V1^2 / (2g) \dots (5)$
- $P-P2=\zeta \times \rho \times V2^2 / (2g) \dots (6)$
- $P3-P=\zeta \times \rho \times V3^2 / (2g) \dots (7)$
- $P-P4=\zeta \times \rho \times V4^2 / (2g) \dots (8)$
- $P5-P=\zeta \times \rho \times V5^2 / (2g) \dots (9)$

空気流入量のマスバランス式は

$$(V1 \times S1 + V3 \times (S3 + S4) + V5 \times S5) \times 3600 = (V2 \times S2 + V4 \times (S6 + S7) + V6 \times S8) \times 3600$$

左辺と右辺の差を「Y」とすると

$$Y = (V1 \times S1 + V3 \times (S3 + S4) + V5 \times S5) \times 3600 - (V2 \times S2 + V4 \times (S6 + S7) + V6 \times S8) \times 3600$$

V1, V2, V3, V4, V5は(5), (6), (7), (8), (9)式により、Pの関数なので、「Y」がゼロになるようにPの値を調整する

V0 (m/s)	C1	C2	C3	C4	ζ	ρ (kg/m ³)	
3.17	0.80	-0.50	0.10	-0.50	1.00	1.20	
S1 (m ²)	S2 (m ²)	S3 (m ²)	S4 (m ²)	S5 (m ²)	S6* (m ²)	S7 (m ²)	S8 (m ²)
1.20	1.20	1.20	1.10	2.00	0.00	2.00	2.88

P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	P4 (Pa)	P5 (Pa)	P (Pa)
0.493038	-0.30815	0.06163	-0.30815	0	-0.28702

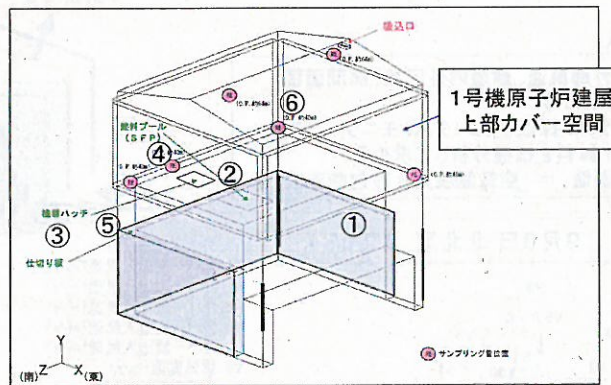
V1 (m/s)	V2 (m/s)	V3 (m/s)	V4 (m/s)	V5 (m/s)	V6 (m/s)	Y (m ³ /h)
3.57	0.59	2.39	0.59	2.17	4.24	0.00
IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT(排気)	OK

※IN : 流入
OUT: 流出

給気風量 50,768 m³/h
排気ファン風量 44,000 m³/h
漏洩量 6,768 m³/h

2.1.3 1号機の放出量評価（例：9月分）

2. ダスト測定結果



(Bq/cm³)

採取日	核種	北東コーナー (①)	北西コーナー (②)	南西コーナー (③)	南側上部 (④)	機器ハッチ上 (⑤)	北側上部 (フィルター入口) (⑥)
前回	Cs-134	1.6E-6	ND(1.1E-6)	1.2E-6	6.1E-6	ND(1.0E-6)	7.2E-6
	Cs-137	3.5E-6	1.9E-6	3.4E-6	1.4E-5	ND(1.4E-6)	1.7E-5
9/3	Cs-134	5.3E-6	5.2E-6	ND(1.1E-6)	8.1E-6	2.2E-6	7.6E-6
	Cs-137	1.2E-5	1.2E-5	1.8E-6	2.0E-5	5.0E-6	1.7E-5
9/24	Cs-134	2.2E-6	2.4E-6	1.4E-6	2.2E-6	1.2E-6	ND(1.1E-6)
	Cs-137	4.6E-6	4.3E-6	2.5E-6	3.5E-6	2.9E-6	1.7E-6

2.1.4 1号機の放出量評価（例：9月分）

3. 放出量評価

（計算例） 例：1週間（9月3日～9月9日）の空気漏洩量

1号機カバリーからの空気漏洩量 日単位 (発電所 露場気象データ)

	9月3日			9月4日			9月5日			9月6日			9月7日			9月8日			9月9日		
	風速 (m/s)	時間 (hr)	漏洩量 (m ³ /h)	風速 (m/s)	時間 (hr)	漏洩量 (m ³ /h)	風速 (m/s)	時間 (hr)	漏洩量 (m ³ /h)	風速 (m/s)	時間 (hr)	漏洩量 (m ³ /h)	風速 (m/s)	時間 (hr)	漏洩量 (m ³ /h)	風速 (m/s)	時間 (hr)	漏洩量 (m ³ /h)	風速 (m/s)	時間 (hr)	漏洩量 (m ³ /h)
西風	0.0	0.0	0	1.1	0.2	0	0.0	0.0	0	0.9	1.0	0	1.2	2.5	0	1.4	0.8	0	1.5	3.0	0
西北西風	1.8	0.2	0	0.0	0.0	0	1.4	0.8	0	1.1	1.8	0	1.4	8.8	0	1.7	5.0	0	2.1	5.0	0
北西風	2.1	5.2	0	0.8	0.2	0	1.5	1.8	0	1.3	2.8	0	1.0	1.3	0	1.6	6.5	0	2.3	2.5	0
北北西風	1.2	2.3	0	0.0	0.0	0	1.8	4.3	0	1.8	5.2	0	0.8	0.8	0	2.3	2.7	0	2.4	0.3	0
北風	0.9	0.3	0	0.0	0.0	0	2.1	3.5	0	1.9	3.2	0	1.1	1.0	0	2.7	6.7	0	2.4	0.2	0
北北東風	1.2	0.2	0	0.0	0.0	0	1.9	2.5	0	2.0	2.8	0	1.1	1.2	0	3.1	1.5	5471	3.2	1.8	6768
北東風	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	1.9	2.3	0	1.8	1.3	0	1.4	1.2	0	0.0	0.0	0	3.2	2.2	9676
東北東風	1.4	0.3	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	1.7	0.7	0	1.3	3.2	0	0.0	0.0	0	2.8	1.3	4691
東風	1.3	0.8	0	0.0	0.0	0	1.1	0.3	0	1.8	1.3	0	1.3	2.7	0	0.0	0.0	0	2.4	0.8	0
東南東風	1.8	1.0	0	0.0	0.0	0	2.6	0.2	2,305	1.4	1.0	0	1.6	0.8	0	0.0	0.0	0	2.1	1.0	0
南東風	2.1	0.5	0	1.1	0.3	0	1.9	1.3	0	1.5	1.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	1.9	2.0	0
南南東風	3.7	7.2	12,189	3.1	7.7	6,284	1.9	3.0	0	1.2	0.7	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	1.4	0.5	0
南風	2.9	5.7	0	3.8	13.3	0	2.5	1.8	0	1.0	0.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	1.6	0.5	0
南南西風	0.0	0.0	0	4.7	1.2	21,717	2.7	1.0	0	1.4	0.2	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	1.6	0.3	0
南西風	0.0	0.0	0	1.0	0.5	0	0.8	0.3	0	1.5	0.2	0	0.0	0.0	0	0.6	0.2	0	1.5	0.3	0
西南西風	0.0	0.0	0	1.1	0.3	0	0.0	0.0	0	0.9	0.3	0	1.0	0.2	0	1.3	0.2	0	1.5	2.2	0
漏洩日量 (m ³)	87,354			73,512			384			0			0			8,206			39,628		

漏洩量小計 (m³) 209,083

2.1.4 1号機の放出量評価（例：9月分）

【1号機排気設備稼働時】空気漏洩量の集計結果および放出量評価値(8月6日～9月24日)

1号機カバリーからの空気漏洩量 集約表 (発電所 露場気象データ)

大物搬入口「閉鎖」排気設備起動

	8月6日 ~ 8月12日	8月13日 ~ 8月19日	8月20日 ~ 8月26日	8月27日 ~ 9月2日	9月3日 ~ 9月9日	9月10日 ~ 9月16日
週間漏洩量 (m ³)	3,762	162,019	53,083	52,369	209,083	485,578

①漏洩量合計 (m³) 965,895

②放射能濃度 (Bq/cm³) 2.8E-05

③評価対象期間 42 (日) → 1002 (時) 注) 8/13,14に気象観測設備点検を実施。欠測時間380分を減算。

放出量評価値 ①(m³) × 1E6(cm³/m³) × ②(Bq/cm³) ÷ ③(時) × 1E-8(億) = 0.00027 億Bq/時

【1号機排気設備停止時】空気漏洩量の集計結果および放出量評価値(9月17日～9月24日)

1号機カバリーからの空気漏洩量 集約表 (発電所 露場気象データ)

大物搬入口「閉鎖」排気設備停止

	9月17日 ~ 9月23日	9月24日 ~ 9月24日
週間漏洩量 (m ³)	3,183,131	335,859

①漏洩量合計 (m³) 3,518,990

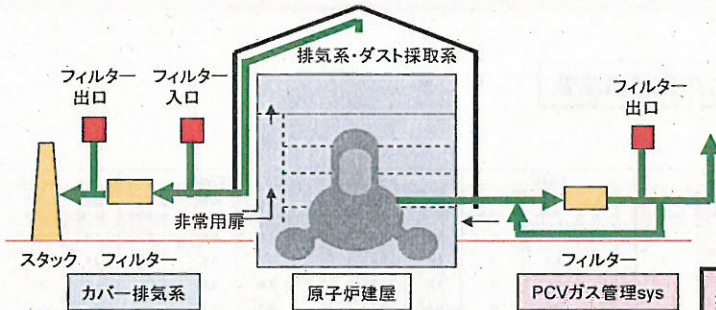
②放射能濃度 (Bq/cm³) 6.8E-05

③評価対象期間 8 (日) → 190 (時) 注) 8/24に気象観測設備点検を実施。欠測時間150分を減算。

放出量評価値 ①(m³) × 1E6(cm³/m³) × ②(Bq/cm³) ÷ ③(時) × 1E-8(億) = 0.0013 億Bq/時

1号機排気設備停止日時: 9月17日 9時55分
 9月の起動日数: 16.4日、停止時: 13.6日
 放出量評価値は起動・停止期間の割合で換算。
 (2.7E-4億Bq/時 × 16.4日 + 1.3E-3億Bq/時 × 13.6日) / 30日
 = 7.4E-4億Bq/時

2.1.5 1号機の放出量評価



4. 換気系設備出口ダスト等測定結果

採取日	核種	排気系フィルター (Bq/cm ³)		流量 (m ³ /h)
		入口	出口	
前回	Cs-134	7.2E-6	ND(1.1E-6)	45,000
	Cs-137	1.7E-5	ND(1.5E-6)	
9/3	Cs-134	7.6E-6	ND(1.1E-6)	44,000
	Cs-137	1.7E-5	ND(1.5E-6)	

※排気設備停止日時: 9/17 9:55
9月の起動日数: 16.4日

採取日	核種	PCVガス管理sys 出口 (Bq/cm ³)	流量 (m ³ /h)
前回	Cs-134	ND(2.2E-6)	22
	Cs-137	ND(3.0E-6)	
9/3	Cs-134	ND(2.1E-6)	22
	Cs-137	ND(3.0E-6)	

採取日	核種	PCVガス管理sys 出口 (Bq/cm ³)	流量 (m ³ /h)
前回	Kr-85	4.7E0	22
9/3	Kr-85	3.9E0	22

5. 放出量・被ばく線量評価

- カバー排気系出口 = $(1.1E-6 + 1.5E-6) \times 44000E6 \times 16.4 / 30 \times 1E-8 = 0.00063$ 億Bq/時以下
- PCVガス出口(Cs) = $(2.1E-6 + 3.0E-6) \times 22E6 \times 1E-8 = 1.1E-6$ 億Bq/時以下
- PCVガス出口(Kr) = $(3.9E0) \times 22E6 \times 1E-8 = 0.86$ 億Bq/時
- PCVガス出口(Kr被ばく線量) = $0.86E8 \times 24 \times 365 \times 2.5E-19 \times 0.0022 / 0.5 \times 1E3 = 8.3E-7$ mSv/年

3.2 2号機の放出量評価

1. ダスト等測定結果 排気設備sys出口ダスト測定結果

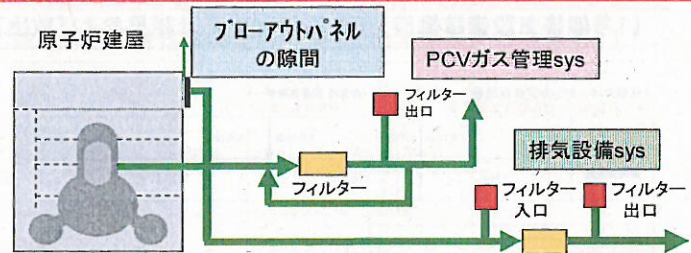
採取日	核種	(Bq/cm ³)	流量(m ³ /h)
前回	Cs-134	ND(4.4E-7)	10,000
	Cs-137	ND(6.1E-7)	
9/12	Cs-134	ND(4.4E-7)	10,000
	Cs-137	ND(6.4E-7)	

排気設備sys入口ダスト測定結果

採取日	核種	(Bq/cm ³)	採取日	核種	(Bq/cm ³)
9/12	Cs-134	3.6E-7	前回	Cs-134	3.9E-6
	Cs-137	8.9E-7		Cs-137	7.6E-6

2. ブローアウトパネルの隙間の漏洩量評価

測定日	R/B1FL開口部の流入量(m ³ /h)	評価 (排気設備の流量10,000m ³ /h)
9/12 (前回)	11,877 (12,475)	BOPの隙間からの漏洩は 1,877m ³ /hであった。



採取日	核種	(Bq/cm ³)	流量(m ³ /h)
前回	Cs-134	ND(2.4E-6)	16
	Cs-137	ND(3.2E-6)	
9/12	Cs-134	ND(2.1E-6)	17
	Cs-137	ND(2.9E-6)	

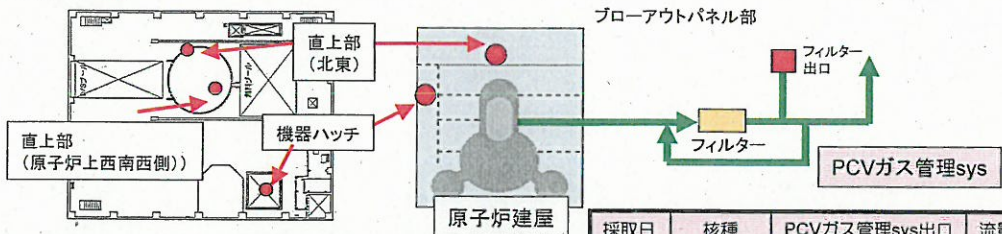
採取日	核種	(Bq/cm ³)	流量(m ³ /h)
前回	Kr-85	ND(5.9E1)	16
9/12	Kr-85	ND(6.0E1)	17

3. 放出量評価

- 排気設備出口 = $(4.4E-7 + 6.4E-7) \times 1E6 \times 1E4 \times 1E-8 = 1.1E-4$ 億Bq/時以下
- BOP隙間等 = $(3.6E-7 + 8.9E-7) \times 1E6 \times 1,877 \times 1E-8 = 2.3E-5$ 億Bq/時
- PCVガス出口(Cs) = $(2.1E-6 + 2.9E-6) \times 17E6 \times 1E-8 = 8.5E-7$ 億Bq/時以下
- PCVガス出口(Kr) = $6.0E1 \times 17E6 \times 1E-8 = 10$ 億Bq/時以下
- PCVガス出口(Kr被ばく線量) = $10E8 \times 24 \times 365 \times 2.4E-19 \times 0.0022 / 0.5 \times 1E3 = 9.3E-6$ mSv/年以下

3.3 3号機の放出量評価

1. ダスト等測定結果



採取日	核種	北東 (Bq/cm ³)		西南西 (Bq/cm ³)		機器ハッチ (Bq/cm ³)
		横向	下向	横向	下向	上部
前回	Cs-134	2.3E-5	9.9E-6	1.2E-3	3.2E-5	ND(1.5E-5)
	Cs-137	5.4E-5	2.0E-5	2.6E-3	1.0E-4	ND(2.0E-5)
1回目 9/25	Cs-134	ND(1.4E-5)	ND(1.3E-5)	ND(1.4E-5)	3.4E-5	1.1E-5
	Cs-137	ND(2.0E-5)	ND(1.9E-5)	ND(2.0E-5)	6.4E-5	2.3E-5
2回目 9/25	Cs-134	ND(1.4E-5)	ND(1.4E-5)	2.2E-5	2.1E-5	ND(1.4E-5)
	Cs-137	2.6E-5	ND(2.0E-5)	5.2E-5	4.2E-5	1.5E-5

採取日	核種	PCVガス管理sys出口 (Bq/cm ³)	流量(m ³ /h)
前回	Cs-134	ND(2.2E-6)	20
	Cs-137	ND(2.9E-6)	
9/25	Cs-134	ND(2.2E-6)	20
	Cs-137	3.5E-6	

採取日	核種	PCVガス管理sys出口 (Bq/cm ³)	流量(m ³ /h)
前回	Kr-85	6.8E1	20
9/25	Kr-85	ND(6.6E1)	20

2. 放出量評価

- 放出量 (原子炉直上部) = $(3.4E-5 + 6.4E-5) \times 0.15E6 \times 3600 \times 1E-8 = 0.00053$ 億Bq/時
- 放出量 (機器ハッチ) = $(1.4E-5 + 1.5E-5) \times (0.08 \times 5.6 \times 5.6)E6 \times 3600 \times 1E-8 = 0.0020$ 億Bq/時
- PCVガス出口(Cs) = $(2.2E-6 + 3.5E-6) \times 20E6 \times 1E-8 = 1.1E-6$ 億Bq/時
- PCVガス出口(Kr) = $(6.6E1) \times 20E6 \times 1E-8 = 13$ 億Bq/時以下
- PCVガス出口(Kr被ばく線量) = $13E8 \times 24 \times 365 \times 3.0E-19 \times 0.0022/0.5 \times 1E3 = 1.5E-5$ mSv/年以下