

<概要>

原子炉設置に先立って行う安全審査の際、その立地条件の適否を判断するため、「原子炉立地審査指針」では、重大事故を超えるような、技術的見地からは起こるとは考えられない事故を「仮想事故」といい、その発生を仮想しても周辺の公衆に著しい放射線災害を与えないよう求めている。

BWR発電所の場合、仮想事故として重大事故と同種の原子炉冷却材喪失事故及び主蒸気管破断事故が選定されており、評価条件は重大事故の場合より大幅に厳しいものが仮定されている。ここではこれらの解析評価結果の概要を示す。

（注）東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日）に伴う福島第一原発事故を契機に原子力安全規制の体制が抜本的に改革され、新たな規制行政組織として原子力規制委員会が2012年9月19日に発足したため、本データに記載されている「原子炉立地審査指針」等について見直しや追加が行われる可能性がある。

<更新年月>

2010年01月

<本文>

原子炉の立地条件の適否は1964年に原子力委員会が決定した「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて」（平成元年一部改訂）（以下「原子炉立地審査指針」という）によって審査される。なお、科学的合理性に基づく最新の知見を取り入れる観点から、国内外の状況を踏まえて、本指針及び関連指針類の改定等について、現在検討が進められている。

この指針では重大事故を超えるような、技術的見地からは起こるとは考えられない事故、例えば重大事故を想定する際には効果を期待した安全防護施設のうちいくつかは作動しないと仮定し、それに相当する核分裂生成物の放散を仮想する事故（仮想事故）の発生を仮定しても、原子炉施設の敷地周辺の公衆に著しい放射線災害を与えないことを要求している。なお、仮想事故の選定に当たっては、炉心の核分裂生成物の多重防壁の全てが無条件に機能しないと仮定すると、隔離距離は事実上原子炉出力のみによって定まってしまうことになり、その他の重要な因子は無視されることになる。このような仮定は必須な仮定には当たらない。この目標を達成するためには少なくとも原子炉から「ある距離の範囲」は非居住区域に、その外側の地帯は低人口地帯であることを求めている。「ある距離の範囲」を判断するためのめやすとして、低人口地帯境界の最高被ばく地点における線量は、「甲状腺（成人）に対して3Sv、全身に対して0.25Sv」と定められている。また、原子炉施設の敷地が人口密集地帯からある距離だけ離れていることを求めており、判断のめやすとして「集団線量に関する外国の例（例えば2万人Sv）」を参考にすることが記述されている。

BWR発電所の場合、仮想事故として重大事故と同種の原子炉冷却材喪失事故及び主蒸気管破断事故を選定し評価している。

(1) 原子炉冷却材喪失事故

評価を行う際の主な想定は次のとおりである。

- ・原子炉格納容器内に放出される核分裂生成物の量は、炉心内蓄積量に対して、希ガス100%、よ

う素50%の割合とする。

- ・判断基準は、「原子炉立地審査指針」による。
- ・その他の条件は重大事故の場合とほぼ同様である。

原子炉冷却材喪失事故が発生したとしても燃料棒の破損が多数生じることはない判断されるが、ここではそれに相当する核分裂生成物が放出されるとする。

原子炉格納容器内の圧力は高温高圧の原子炉冷却材の流出により一時的に大気圧以上に上昇し、核分裂生成物を含む蒸気の原子炉格納容器外への漏えいの原因となる。原子炉格納容器内に放出された核分裂生成物は、わずかずつ30日間原子炉格納容器から原子炉建屋に漏れ出るものとする。漏れ出た核分裂生成物の大部分は非常用ガス処理系のフィルタで除去される。

〔事故結果の解析例〕

＜核分裂生成物の放出量＞

核分裂生成物の大気中への放出量の計算は次の仮定に基づいて行う。

核分裂生成物の種類	よう素	希ガス
炉内の蓄積量	約 4.6E18 Bq	約 4.2E19 Bq
原子炉格納容器内へ放出される割合	50%	100%
原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい率	0.5%/日	0.5%/日
フィルタのよう素除去効率	99%	-

なお、よう素及び希ガスが大気中に放出されるまでの過程を図1、図2に示す。計算した核分裂生成物の大気中への放出量は次のとおりである（表1参照）。

核分裂生成物の種類	よう素	希ガス
大気への放出量	約 8.7E13 Bq	約 2.3E16 Bq

＜線量の評価＞

線量は、発電用原子炉施設の安全解析に関する「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（以下「気象指針」という）に基づいて計算する。発電所敷地境界の外における最大の被ばく線量は原子炉格納容器内に浮遊する核分裂生成物からの放射線による被ばくを含めて次のとおりである（表2、表3参照）。

甲状腺（成人）被ばく線量 約 3.2 mSv

外部γ線による全身被ばく線量 約 0.7 mSv

全身被ばく線量の積算値（将来の推定人口に対して） 約 0.15万人Sv

これらの被ばく線量は、めやす線量の甲状腺（成人）に対して3Sv、全身に対して0.25Sv、全身被ばく線量の積算値は2万人Svを十分下回るものである。

(2) 主蒸気管破断事故

評価を行う際の主な想定は次のとおりである。

・燃料棒からの追加放出された核分裂生成物は、主蒸気隔離弁閉鎖直後にすべて原子炉冷却材中に放出されるものとする。

・主蒸気隔離弁閉鎖後の漏えいは120%/日の漏えい率で無期限間継続するものとする。

主蒸気管が破断すると、原子炉は自動停止し主蒸気隔離弁が直ちに閉鎖され、破断口からの原子炉冷却材の流出は停止する。原子炉圧力は逃がし安全弁、原子炉隔離時冷却系及び残留熱除去系によって1日で大気圧まで減圧するが、主蒸気隔離弁からの漏えいは続くものとする。その他の想定は重大事故と同様である。

〔事故結果の解析例〕

＜核分裂生成物の放出量＞

核分裂生成物の大気中への放出量の計算は次の仮定に基づいて行う。

核分裂生成物の種類	よう素	希ガス
原子炉冷却材中に存在する量	約 1.1E12 Bq	-
燃料から追加放出される量	約 1.1E14 Bq	約 2.0E15 Bq
弁閉鎖までに破断口から放出される割合	1%	1%
弁閉鎖後冷却材中へ放出される割合	100%	100%
弁から建屋内への漏えい率	120%/日	120%/日

なお、よう素及び希ガスが大気中に放出されるまでの過程を図3、図4に示す。計算した核分裂生成物の大気中への放出量は次のとおりである（表4参照）。

核分裂生成物の種類	よう素	希ガス
大気への放出量	約 6.5E11 Bq	約 2.2E13 Bq

<線量の評価>

隔離弁閉止前に環境に放出される核分裂生成物の拡散移行については、飽和蒸気雲の形成及び移行を考慮し、これに適切なパラメータを入れて計算する。また、隔離弁閉止後については、「気象指針」に基づいて計算する。発電所敷地境界の外における最大の被ばく線量は次のとおりである（表5参照）。

甲状腺（成人）被ばく線量	約 2.3 mSv
外部γ線による全身被ばく線量	約 0.014 mSv
全身被ばく線量の積算値（将来の推定人口に対して）	約 0.0004万人Sv

これらの被ばく線量は、めやす線量の甲状腺（成人）に対して3Sv、全身に対して0.25Sv、全身被ばく線量の積算値は2万人Svを十分下回るものである。

<関連タイトル>

原子炉機器（BWR）の原理と構造 (02-03-01-02)
 原子力発電プラント（BWR）の制御 (02-03-06-01)
 BWRの原子炉保護設備 (02-03-07-01)
 事故（BWRの場合） (02-03-13-02)
 重大事故（BWRの場合） (02-03-13-03)

<参考文献>

- (1) 火力原子力発電技術協会（編）：やさしい原子力発電、（平成2年6月）
- (2) 原子力安全研究協会（編）：軽水炉発電所のあらまし、（平成20年9月）
- (3) 東京電力：柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、（平成4年10月）
- (4) 内閣府原子力安全委員会事務局（監修）：改訂12版原子力安全委員会指針集、大成出版（2008年3月）
- (5) 原子力安全委員会：発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針（平成2年8月30日決定、平成13年3月29日一部改定）、付録I、付録II
- (6) 原子力安全委員会事務局：立地指針等検討小委員会における検討について（平成21年4月27日）（立小委第1-1-3号）

**表1 冷却材喪失事故時の核分裂生成物放出量
(仮想事故)**

核分裂生成物	放出量(Bq)
よう素 (I-131等価量)	約 8.7×10^{13}
希ガス (γ 線実効エネルギー0.5MeV換算値) (β 線実効エネルギー0.5MeV換算値)	約 2.3×10^{16} (約 8.9×10^{16})

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、
(平成4年10月) p10-4-32

表2 冷却材喪失事故時の線量(仮想事故)

	項目	線量(mSv)
3号炉	成人の甲状腺に対する線量	約 3.6
	全身に対する線量	
	γ線	約 7.0×10^{-1}
	(β線)	(約 1.5)
4号炉	成人の甲状腺に対する線量	約 3.2
	全身に対する線量	
	γ線	約 6.5×10^{-1}
	(β線)	(約 1.3)

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、
(平成4年10月) p10-4-32

**表3 冷却材喪失事故時(4号炉)の全身線量の積算値
(仮想事故)(2035年の人口)**

距離 (km)	主な市町村	人口 (万人)	平均線量 (Sv)	積算線量 (万人・Sv)
～ 10	—	—	—	—
10～ 20	小国町	0.8	3.6×10^{-4}	2.8×10^{-4}
20～ 30	—	—	—	—
30～ 40	川西町、十日町市	5.2	1.8×10^{-4}	9.4×10^{-4}
40～ 50	塩沢町、六日町	5.9	1.5×10^{-4}	8.6×10^{-4}
50～ 60	湯沢町	0.8	1.2×10^{-4}	9.4×10^{-5}
60～ 70	利根郡	6.6	1.0×10^{-4}	6.9×10^{-4}
70～ 80	—	—	—	—
80～ 90	—	—	—	—
90～100	沼田市	5.6	7.0×10^{-5}	3.9×10^{-4}
100～150	前橋市、高崎市、桐生市、足利市	246	5.0×10^{-5}	1.2×10^{-2}
150～200	熊谷市、小山市、上尾市、川越市大宮市、 浦和市	843	3.7×10^{-5}	3.1×10^{-2}
200～300	越谷市、小平市、川口市、立川市、 八王子市、草加市、三鷹市、府中市、 東京都区内、武蔵野市、調布市、柏市、 相模原市、松戸市、町田市、市川市、 大和市、船橋市、習志野市、川崎市、 横浜市、平塚市、茅ヶ崎市、藤沢市、 千葉市、鎌倉市、逗子市、横須賀市	3,354	3.0×10^{-5}	1.0×10^{-1}
300～	—	—	—	—
計	—	4,468	—	1.5×10^{-1}

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、
(平成4年10月) p10-4-36

表4 主蒸気管破断事故時の核分裂生成物放出量(仮想事故)

核分裂生成物	放出量(Bq)		
	主蒸気隔離弁 閉鎖前	主蒸気隔離弁 閉鎖後	合計
よう素 (I-131等価量)	約 2.5×10^{11}	約 4.0×10^{11}	約 6.5×10^{11}
希ガス (γ 線実効エネルギー0.5MeV換算値) (β 線実効エネルギー0.5MeV換算値)	約 3.0×10^{12} (約 1.9×10^{12})	約 1.9×10^{12} (約 1.2×10^{13})	約 2.2×10^{12} (約 1.4×10^{13})
ハロゲン* (γ 線実効エネルギー0.5MeV換算値) (β 線実効エネルギー0.5MeV換算値)	約 1.1×10^{13} (約 3.1×10^{12})	約 1.1×10^{12} (約 7.0×10^{11})	約 1.2×10^{13} (約 3.8×10^{12})
希ガス+ハロゲン (γ 線実効エネルギー0.5MeV換算値) (β 線実効エネルギー0.5MeV換算値)	約 1.3×10^{13} (約 5.0×10^{12})	約 2.0×10^{13} (約 1.3×10^{13})	約 3.3×10^{13} (約 1.8×10^{13})

*:よう素も含み、全身に対する線量の観点から取扱っている。

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、(平成4年10月) p10-4-37

表5 主蒸気管破断事故時の線量(仮想事故)

	項目	線量(mSv)		
		主蒸気隔離弁 閉鎖前	主蒸気隔離弁 閉鎖後	合計
3号炉	成人の甲状腺に対する線量	約 1.6	約 6.9×10^{-1}	約 2.3
	全身に対する線量			
	γ線	約 1.0×10^{-2}	約 4.0×10^{-3}	約 1.4×10^{-2}
	(β線)	(約 1.0×10^{-2})	(約 7.3×10^{-3})	(約 1.7×10^{-2})
4号炉	成人の甲状腺に対する線量	約 1.6	約 6.9×10^{-1}	約 2.3
	全身に対する線量			
	γ線	約 1.0×10^{-2}	約 3.8×10^{-3}	約 1.4×10^{-2}
	(β線)	(約 1.0×10^{-2})	(約 7.3×10^{-3})	(約 1.7×10^{-2})

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、(平成4年10月) p10-4-38

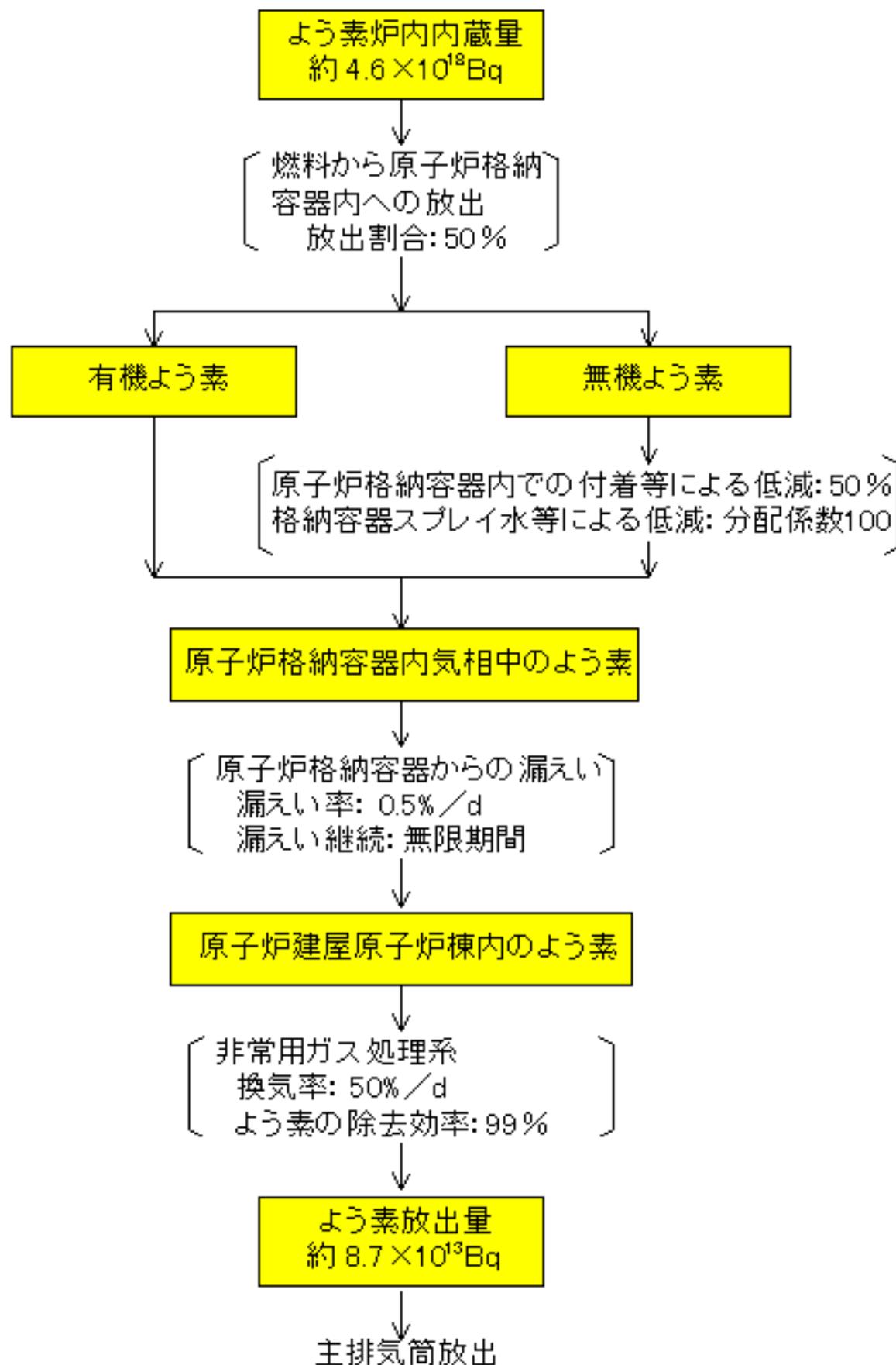
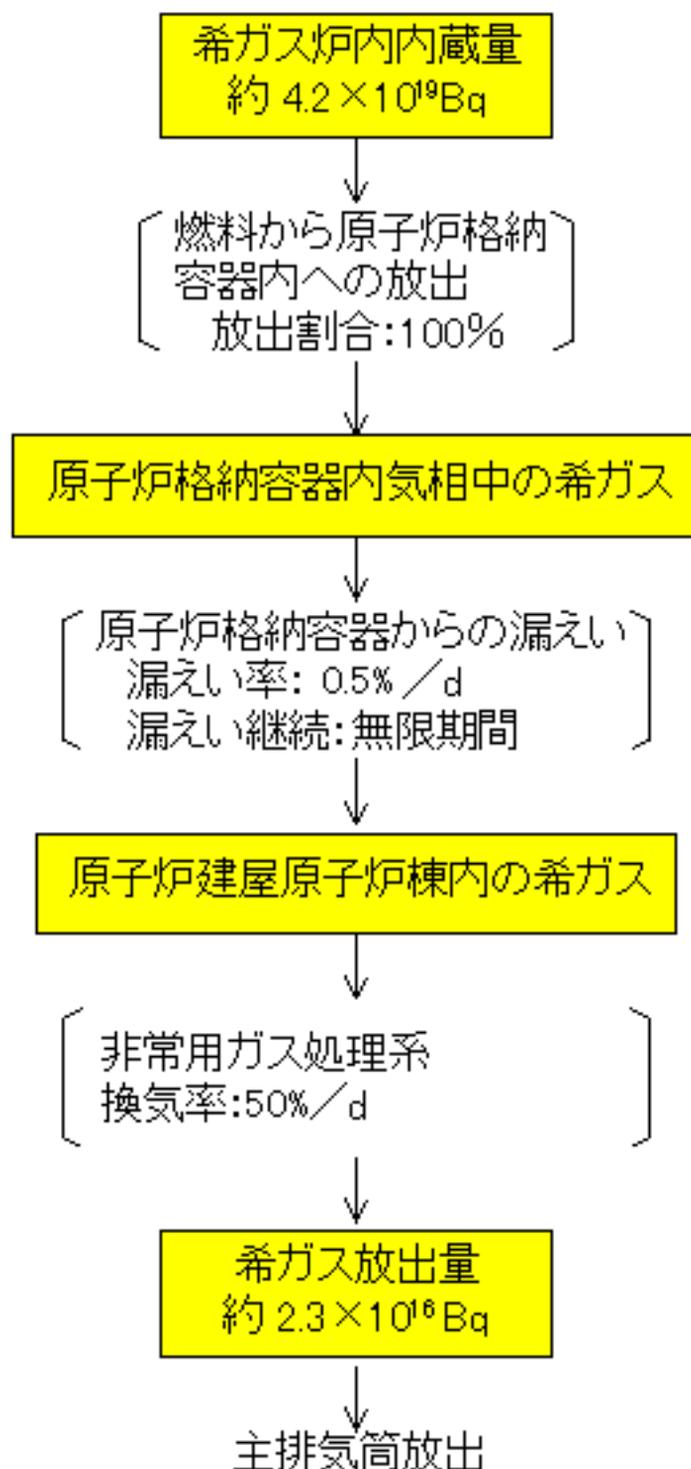


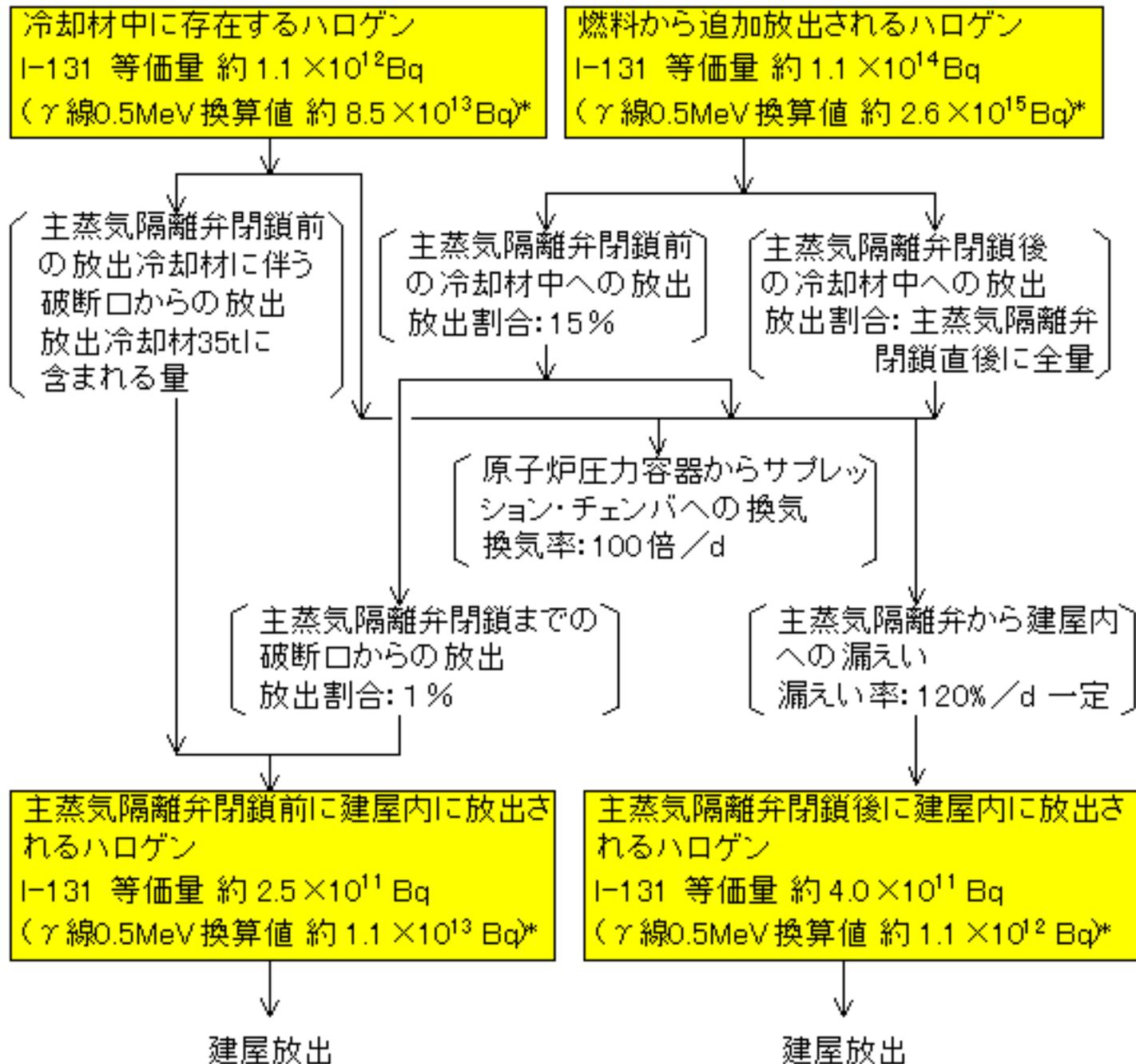
図1 冷却材喪失事故(仮想事故)時のよう素の大気放出過程 (^{131}I 等価量)

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、(平成4年10月) p.10-4-43



**図2 冷却材喪失事故(仮想事故)時の希ガスの
大気放出過程(γ 線0.5MeV換算値)**

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、
(平成4年10月) p10-4-44



* : 希ガスとともに全身に対する線量評価に用いる。

図3 主蒸気管破断事故(仮想事故)時のハロゲンの大気放出過程

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、(平成4年10月) p.10-4-45

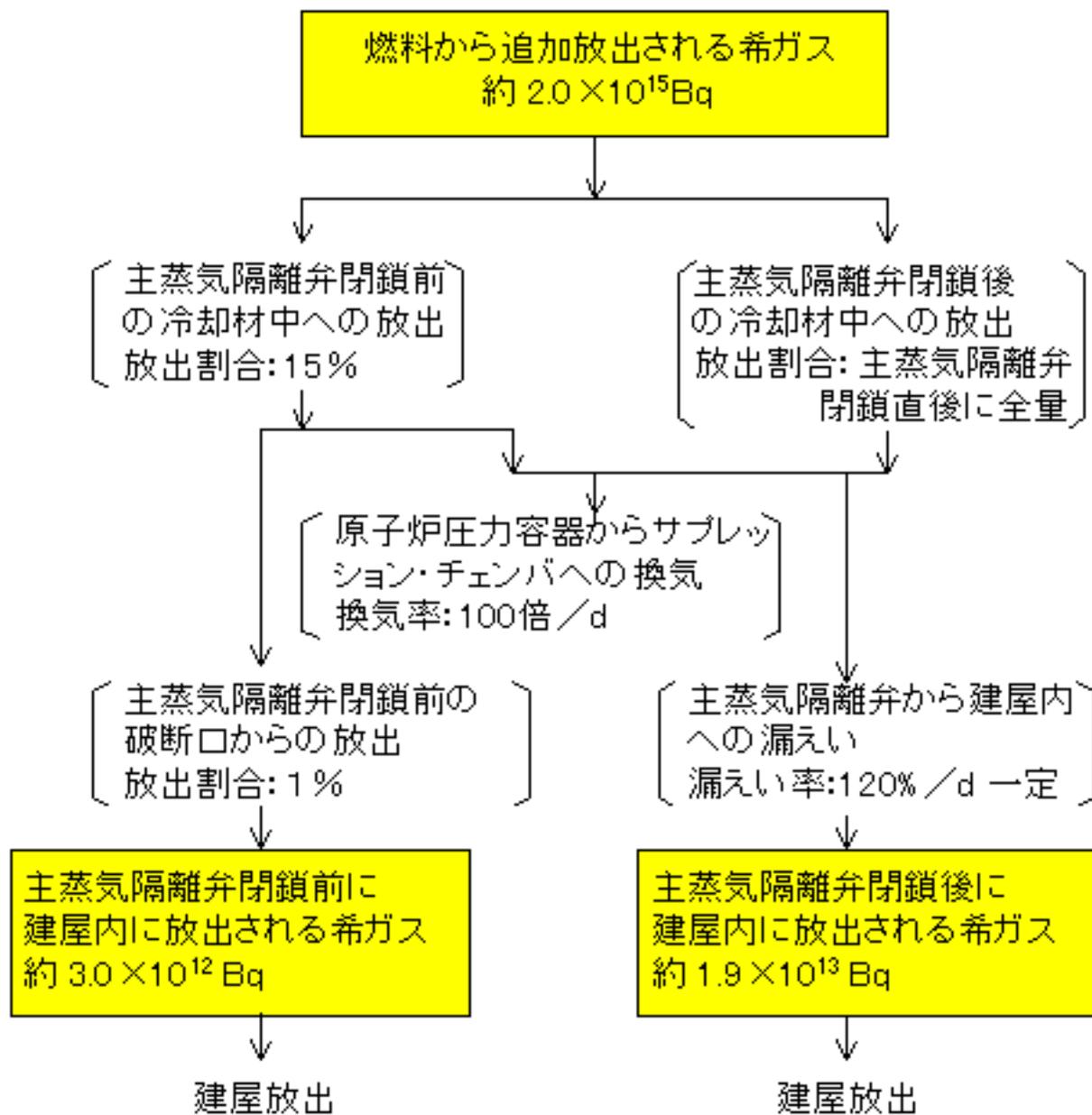


図4 主蒸気管破断事故(仮想事故)時の希ガスの大気放出過程(γ線0.5MeV換算値)

[出典] 東京電力: 柏崎刈羽原子力発電所原子炉設置変更許可申請書、(平成4年10月) p.10-4-46