

<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」によると、技術的見地からみて最悪の場合には起こるかもしれないと考えられる重大な事故を「重大事故」といい、その発生を仮定しても、周辺の公衆に放射線障害を与えないよう求めている。

BWR発電所の場合、重大事故として原子炉冷却材喪失事故と主蒸気管破断事故が選定されている。前者では再循環配管の瞬時完全破断、後者では格納容器外での主蒸気管の瞬時完全破断が想定されている。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、原子炉施設の敷地周辺の事象、原子炉の特性、安全防護施設等を考慮し、技術的見地からみて最悪の場合には起こるかもしれないと考えられる「重大な事故」の発生を仮定しても、敷地周辺の公衆に放射線障害を与えないことを求めており、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」は非居住区域であることを要求している。同指針には「ある距離の範囲」を判断するためのめやすとして、敷地境界の最高被ばく地点における線量は、重大事故においては「甲状腺（小児）に対して1.5Sv、全身に対して0.25Sv」と定めている。

BWR発電所の場合、重大事故には敷地周辺公衆との離隔を評価する観点から、技術的にみて合理的に最大と考えられる核分裂生成物の放出を想定する事故として、原子炉冷却材喪失事故及び主蒸気管破断事故を評価している。

（1）原子炉冷却材喪失事故

原子炉冷却材系配管の中で最大の再循環配管が瞬時に破断することを想定して安全評価を行う。

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2%、よう素1%の割合とする。
- ・希ガス及びよう素については、原子炉格納容器からの漏えいを考慮するものとする。漏えい率は設計値に余裕を見込んだ値を使用する。

- ・非常用ガス処理系のフィルタのよう素除去効率は、設計値に余裕を見込んだ値を使用する。
- ・環境に放出された核分裂生成物の拡散は、「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）に従って評価する。
- ・判断基準は、「原子炉立地審査指針」による。

原子炉冷却材主配管のような大口徑、厚肉の配管の完全破断は、實際上起こらないと考えられる。また、冷却材喪失事故が発生したとしても非常用炉心冷却設備（ECCS）等の作動により燃料被覆管の健全性が大きく損なわれることはないと考えられる。しかしながら、ここでは全燃料被覆管に損傷が生じるものと仮定し、その結果、燃料ペレットと燃料被覆管の隙間にある核分裂生成物の全てが原子炉格納容器内に放出されるものとする。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する。原子炉格納容器内に放出された核分裂生成物はわずかつ原子炉格納容器から原子炉建屋へ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	1%	2%
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 1.7E12 Bq	約 4.7E14 Bq

＜線量の評価＞

線量は「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2参照）。

甲状腺（小児）線量 約 0.13 mSv
 全身被ばく線量 約 0.013 mSv

これらの被ばく線量は、めやす線量の甲状腺（小児）に対して1.5Sv、全身に対して0.25Svを十分に下回るものである。

（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。

・大気中に放出される核分裂生成物としては、運転中に原子炉冷却材中に含まれている核分裂生成物の他に、燃料棒中の核分裂生成物が原子炉圧力の低下に伴い設計上想定した欠陥を有する燃料から原子炉冷却材中に放出するものとする。

・主蒸気隔離弁閉鎖前に原子炉冷却材中へ放出された核分裂生成物のうち1%が破断口から放出されるものとする。

・主蒸気隔離弁が閉鎖した後、主蒸気隔離弁から原子炉圧力に応じた蒸気の漏えいがあり、1日間で大気圧まで減圧され、蒸気の漏えいは停止するものとする。漏えい率は120%/日とする。

・環境に放出された核分裂生成物の拡散は「気象指針」に従って評価する。

・判断基準は「原子炉立地審査」指針による。

主蒸気管が破断すると、主蒸気流量過大の信号で原子炉は自動停止し、主蒸気隔離弁も自動で閉じる。主蒸気隔離弁が閉じる前に放出された核分裂生成物を含んだ蒸気はタービン建屋から、さらに原子炉施設敷地周辺に放散するものとする。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日で大気圧に減圧するものとする。

〔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	原子炉圧力に比例	原子炉圧力に比例
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3参照）。

核分裂生成物の種類	よう素	希ガス
大気への放出量	約 2.8E11 Bq	約 7.4E12 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いれて計算する。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4参照）。

甲状腺（小児）線量 約 3.3 mSv

全身被ばく線量 約 0.011 mSv

これらの被ばく線量は、めやす線量の甲状腺（小児）に対して1.5Sv、全身に対して0.25Svを十分に下回るものである。

<関連タイトル>

原子炉機器（BWR）の原理と構造 (02-03-01-02)

BWRの原子炉保護設備 (02-03-07-01)

運転時の異常な過渡変化（BWRの場合） (02-03-13-01)

事故（BWRの場合） (02-03-13-02)

仮想事故（BWRの場合） (02-03-13-04)

<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
(重大事故)**

核分裂生成物	放出量(Bq)
よう素 (I-131等価量)	約 1.7×10^{12}
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 4.7×10^{14} (約 1.8×10^{15})

[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) p10-4-29

表2 冷却材喪失事故時の線量(重大事故)

	項 目	線 量(mSv)
3号炉	小児の甲状腺に対する線量	約 1.5×10^{-1}
	全身に対する線量	
	γ線	約 1.4×10^{-2}
	(β線)	(約 3.0×10^{-2})
4号炉	小児の甲状腺に対する線量	約 1.3×10^{-1}
	全身に対する線量	
	γ線	約 1.3×10^{-2}
	(β線)	(約 2.6×10^{-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) p10-4-29

表3 主蒸気管破断事故時の核分裂生成物放出量(重大事故)

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 2.3×10^{10}	約 2.8×10^{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 4.5×10^{12} (約 2.9×10^{12})	約 7.4×10^{12} (約 4.7×10^{12})
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 2.4×10^{11} (約 1.0×10^{11})	約 1.1×10^{13} (約 3.2×10^{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 4.7×10^{12} (約 3.0×10^{12})	約 1.8×10^{13} (約 7.9×10^{12})

*: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) p10-4-31

表4 主蒸気管破断事故時の線量(重大事故)

	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	小児の甲状腺に対する線量	約 3.2	約 8.1×10^{-2}	約 3.3
	全身に対する線量			
	γ 線	約 1.0×10^{-2}	約 9.4×10^{-4}	約 1.1×10^{-2}
	(β 線)	(約 1.0×10^{-2})	(約 1.6×10^{-3})	(約 1.2×10^{-2})
4号炉	小児の甲状腺に対する線量	約 3.2	約 8.1×10^{-2}	約 3.3
	全身に対する線量			
	γ 線	約 1.0×10^{-2}	約 8.9×10^{-4}	約 1.1×10^{-2}
	(β 線)	(約 1.0×10^{-2})	(約 1.6×10^{-3})	(約 1.2×10^{-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) p10-4-31

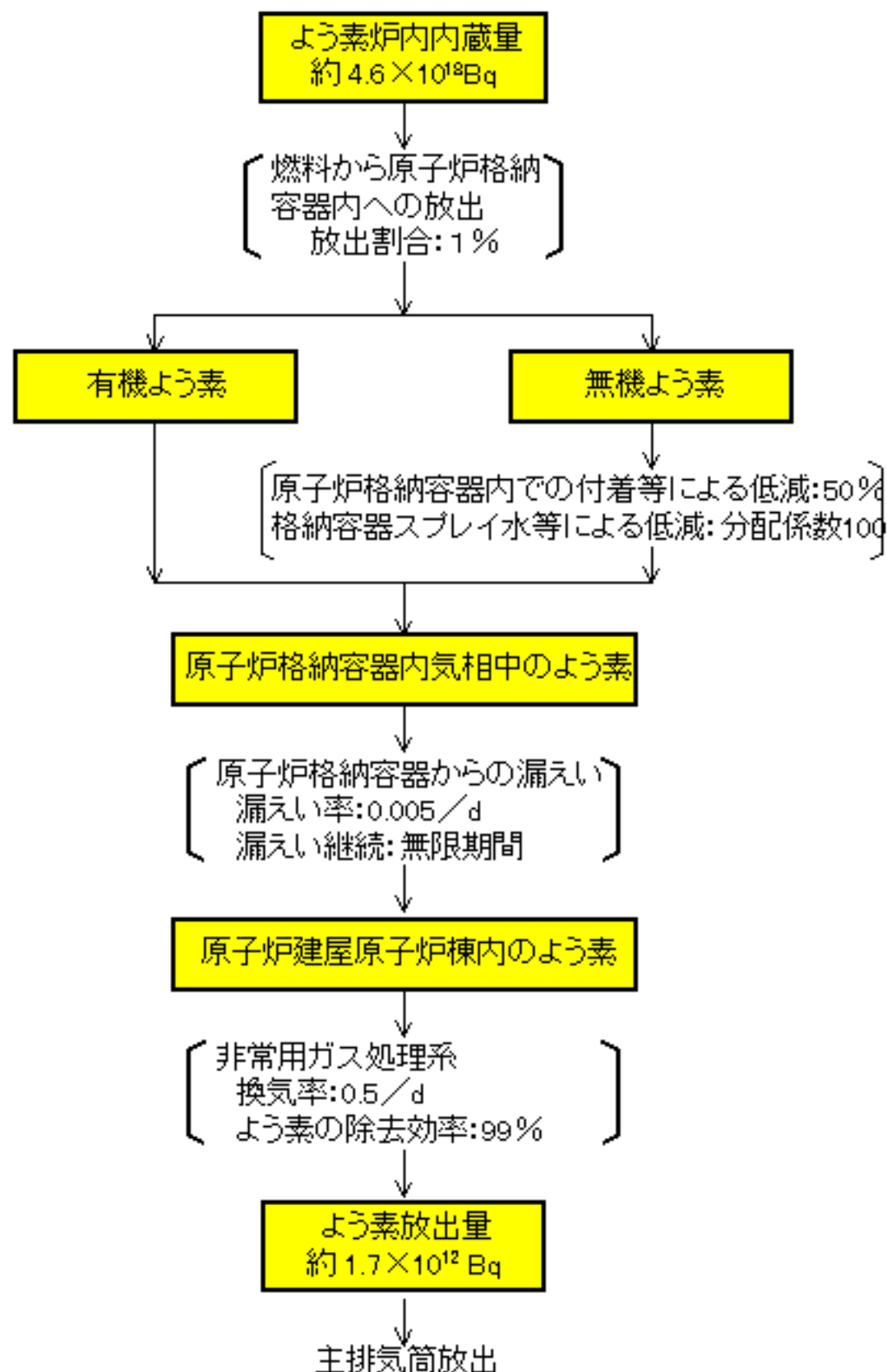


図1 冷却材喪失事故(重大事故)時のよう素の大気放出過程(^{131}I 等価量)

[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.10-4-39

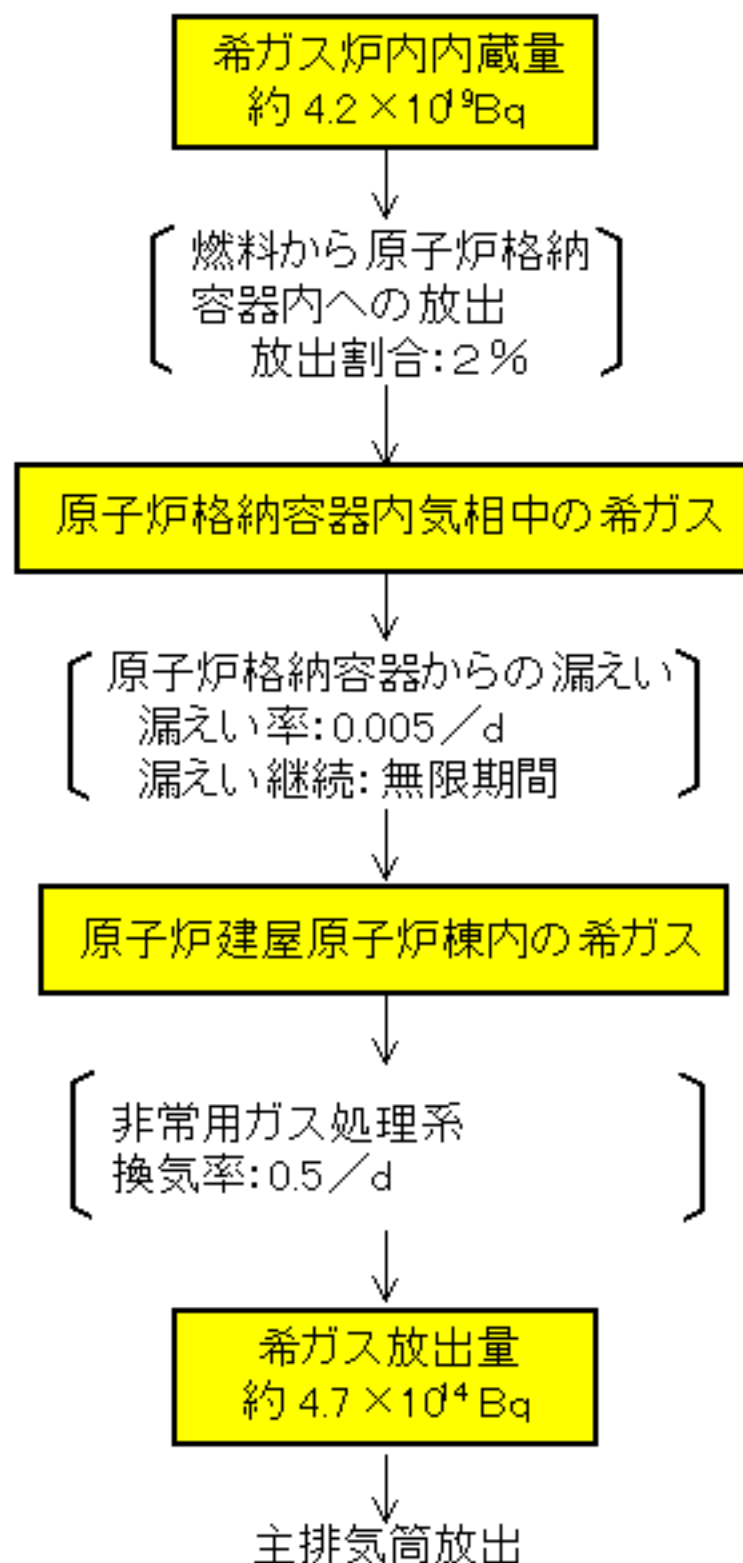
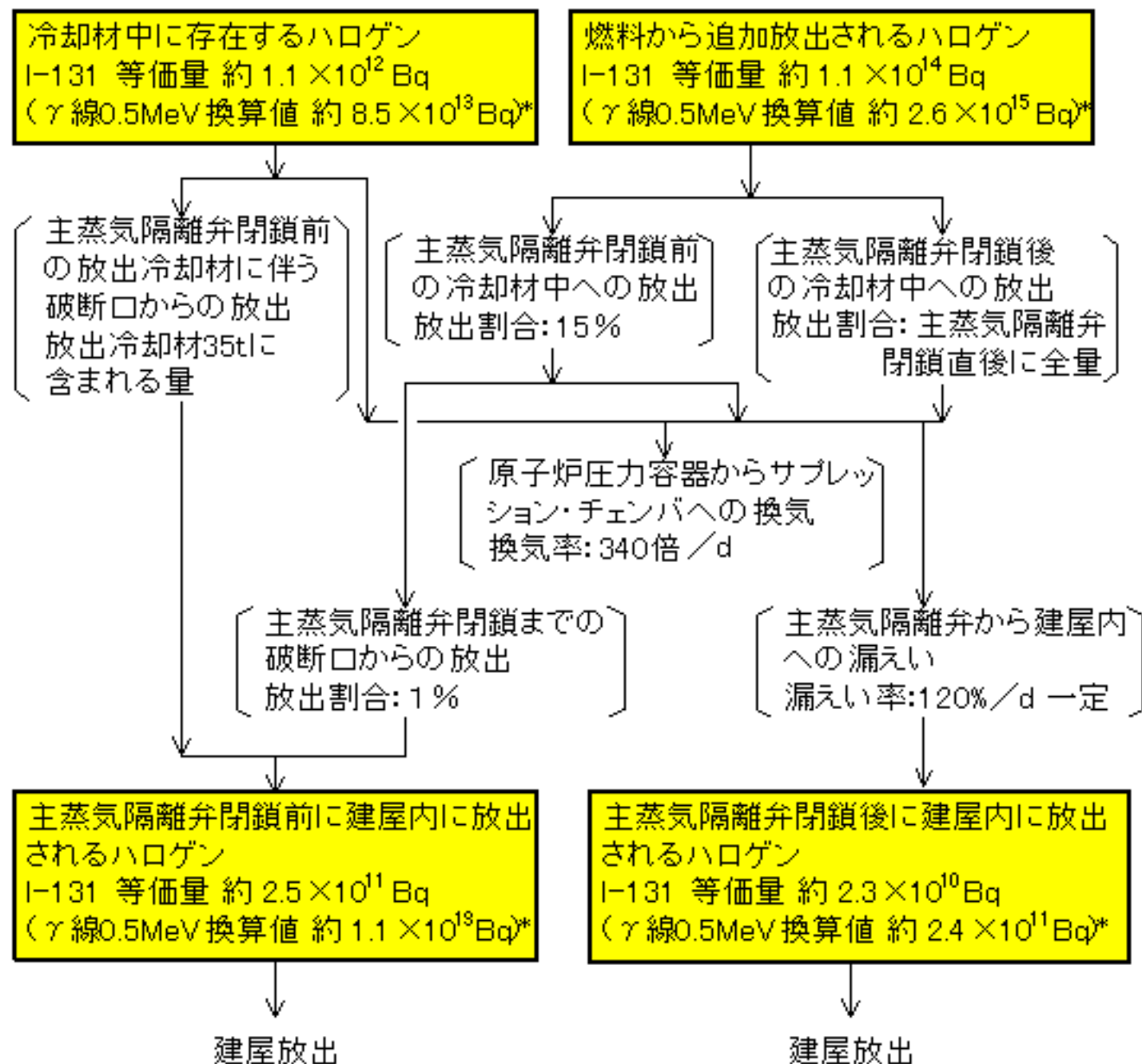


図2 冷却材喪失事故(重大事故)時の希ガスの大気放出過程(γ 線0.5MeV換算値)

[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.10-4-40



*: 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(重大事故)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) p10-4-41

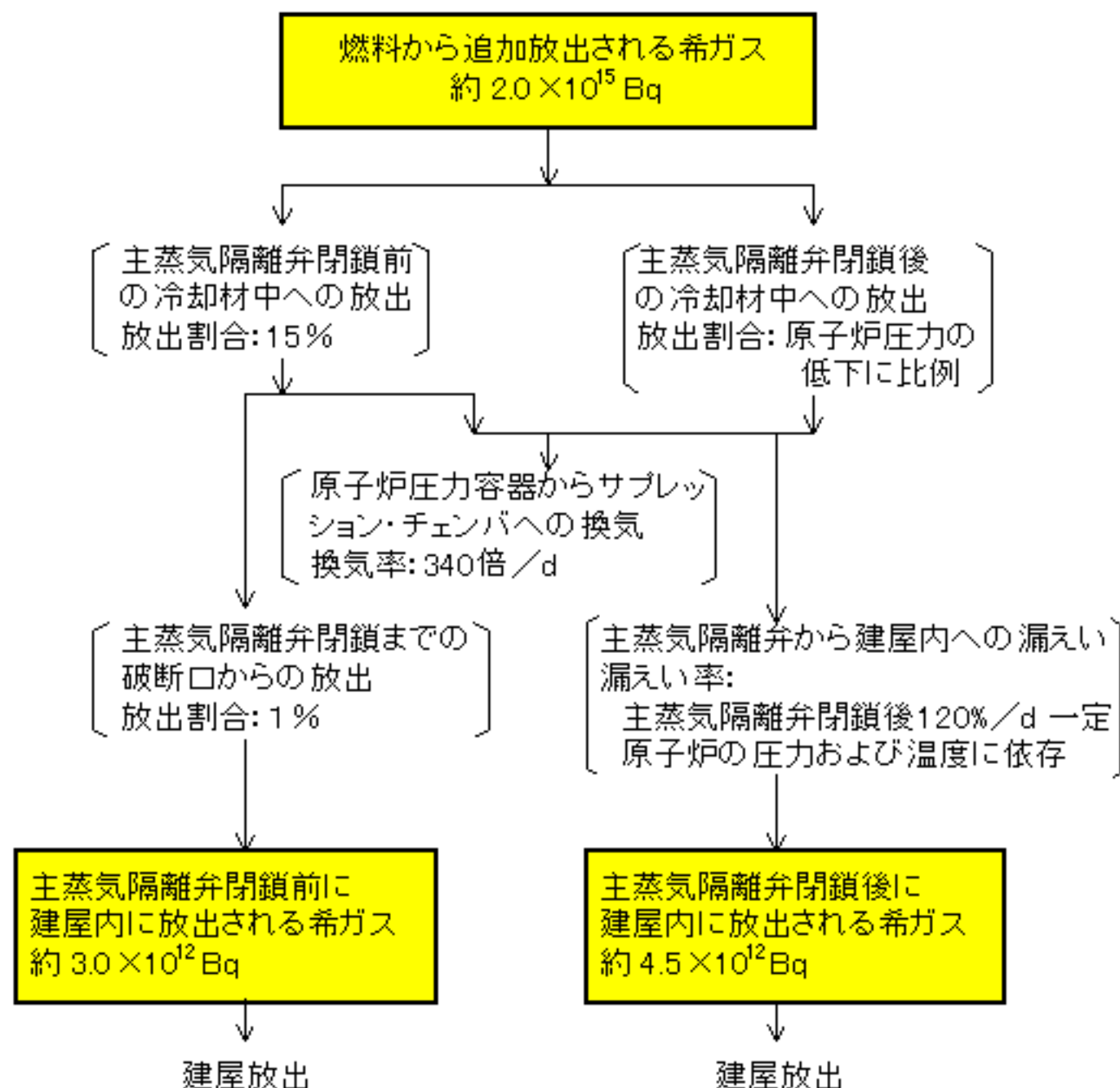


図4 主蒸気管破断事故(重大事故)時の希ガスの大気放出過程(γ線0.5MeV換算値)

[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) p10-4-42