

<概要>

再処理施設は核燃料施設の一つで、使用済燃料からウラン、プルトニウム等の核燃料物質を核分裂生成物と分離して回収する工程を中心にその関連工程を含んでいる。核分裂の可能性のある物質や放射線を出す物質を大量に取り扱うことになるので、第一の安全上の配慮は一般公衆及び従事者からこれらの物質を隔離し閉じ込めておくことであり、第二はこれらの物質を環境に放出する場合には安全なレベルにまで低減することである。第三は事故の発生を抑えて第一、第二の要件を維持し、万一、事故が発生してもその影響を緩和する方策を設けておくことである。地震等の外力に対しても施設の健全性の確保を維持できるように設計する。

<更新年月>

2004年03月

<本文>

1. 再処理施設の安全上の配慮

再処理施設は使用済燃料からウラン、プルトニウム等の核燃料物質を核分裂生成物と分離して回収する施設なので、核燃料物質や核分裂生成物等の放射性物質に物理的变化や化学的变化を与える工程を含んでいる。原子炉のようにその施設の中で核燃料を核分裂させることはしないが、核分裂の可能性のある物質や放射線を出す物質を裸の形（燃料被覆等の密封手段を外し、気体、液体、粉体に対する工学的手段を施さなければ分散してしまう恐れのある形態）で取り扱うことが多い。

最も代表的な軽水炉の酸化燃料の再処理を例に採ると、始めは固体の燃料集合体を機械的に剪断し硝酸に溶かして液体にしてから、有機物の溶媒（可燃性）と混ぜ、ウラン、プルトニウム、核分裂生成物をそれぞれ抽出分離し、これらを最終的には安定な固体の製品や廃棄物にする。

従って、第一の安全上の配慮は一般公衆及び従事者から取り扱う核燃料物質や放射性物質を隔離し閉じ込めておくことであり、第二はもしこれらの物質を環境に放出する場合は安全なレベルにまで低減することである。第三は臨界状態、火災爆発、機器や配管の漏洩等の異常や事故の発生を抑えて第一、第二の要件を維持し、万一、事故が発生してもその影響を緩和する方策を設けておくことである。地震、異常気象等の自然力に対しても施設の健全性の確保を維持できるように設計する。

再処理施設では（1）その機能喪失により、一般公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼす恐れのある構築物、系統及び機器、（2）事故時に一般公衆及び従事者に及ぼす恐れのある過度の放射線被ばくを緩和するために設けられた構築物、系統及び機器を「安全上重要な施設」と再処理施設安全審査指針で定義して、設計上特別な配慮を払うように求められている。表1に「安全上重要な施設」を示す。

2. 再処理施設の閉じ込め機構

再処理施設では放射性物質を裸の形で取り扱うので、次のような対策がなされる。

（a）放射性物質（気体、液体、粉体）を収納する系統及び機器は漏洩し難い構造とし、又使用する化学薬品等に対して耐腐食性を持たせる。

その上でプルトニウムを含む溶液、粉末及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器は、原則としてセル等に収納する。セル等は漏洩があった場合に、その漏洩を検知し、拡大を防止するとともに、漏洩した放射性物質を安全に移送できる設計とする。

(b) プルトニウムを含む溶液・粉末、高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統・機器、ウランを非密封で大量に取り扱う系統・機器・セル等（コンクリートセル、グローブボックス等）、並びにこれらを収納する構築物には、漏洩し難い、また逆流し難い構造を持ち、系統及び機器、セル等、構築物を常時負圧に維持し、それらの気圧を原則として構築物、セル等、系統及び機器の順に低くすることができるような換気系統を設ける。

換気系統には放射性物質を除去するため、洗浄塔、フィルター等を設ける。

図 1 に再処理施設の閉じ込め機構の概念を示す。

3. 再処理施設の放射線遮へい

再処理施設で取り扱う物質からは放射線が放射されているので、それによる従事者及び一般公衆の被ばくが十分低くなるように適切な遮へいを設ける。

従事者が立ち入る場所は適当に区分し、立ち入り時間等を考慮して遮へい設計の基準となる線量率を定める。

遮へい設計に当たっては、十分な安全裕度を見込む。

4. 再処理施設の放射能環境放出管理

通常の運転時でも、再処理施設は放射性気体廃棄物、液体廃棄物の一部を環境中に放出する。工程設計の中で放出ができるだけ少なくなるようなプロセスの採用を指向するが、更に放出放射エネルギーを合理的に達成できる限り低く（As Low As Reasonably Achievable:ALARA）するため、次のような設計と管理を行う。

(a) 気体廃棄物： 施設からの排気は、個別に処理された上で必要に応じて洗浄、濾過等の処理を行う。放出は十分な拡散効果を期待できる高さの排気筒から行う。排気系統には排気の性状を測定し、管理できるような設備を設ける。

(b) 液体廃棄物： 海洋等に放出される排水中の放射性物質の量及び濃度を抑えるためプロセス廃液は必要に応じて濾過、蒸発、イオン交換、凝集沈澱等の処理を行うよう設計する。排水はその性状を測定し管理ができるようにモニタリング貯槽に送り、十分な拡散効果を有する放出口から放出する。

(c) 異常時対応

放射性物質が存在する再処理施設内の各工程毎に、運転時の異常な過渡変化並びに機器等の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から設計基準事象を選定し、評価する。

5. 再処理の事故防止機構

再処理施設の事故の発生を防止するためには、可能性のある事故とは何かを検討し、それに合った適切な対策を講じることが大切である。基本的には設計に十分な裕度を与えること、拡大防止機能は必要に応じて多重化すること、拡大、伝播の抑制、影響の緩和に充分配慮することである。

施設の安全性を確保する機能の維持のためには、適切な実験・保守の励行が大切であり、安全機能を保持したまま点検できる設計、保守がし易い設計を行う。

(a) 再処理施設の臨界防止機構

再処理施設は原子炉と違い臨界反応を発生・維持するシステムは持たないが、核分裂性の核種を多量に扱うので潜在的に核分裂反応発生可能性がある。したがって、そのような条件が生じないように十分に配慮する。主な対策は、核燃料物質を収納する機器の形状寸法、核燃料物質の質量、溶液中の濃度、同位体組成、中性子吸収材の形状寸法、濃度等に適切な制限値を設けて対象になる機器、系統を設計し、運転に当たっても制限値を余裕を持って守れるような対策を講じる。

系統および機器の単一故障または誤動作、運転員の単一誤操作を想定しても、臨界にならないように設計する。

(b) 再処理施設の火災爆発防止機構

再処理施設では溶媒のように可燃性の物質を扱う系統がある。火災、爆発の発生の防止のため、着火源の排除、異常温度上昇の防止、可燃性物質の漏洩、混入防止等の対策を講じた設計とする。

また、火災の拡大を防止するために、検知、警報及び消火設備を設ける。また、火災による影響を軽減する対策が講じられる設計とする。特に安全上重要な施設は、可能な限り不燃性、難燃性材料を使用する設計とする。

(c) 再処理施設の漏洩防止機構

再処理施設では核物質や放射性物質を気体、液体、粉体等として取り扱うので、一般には容器、配管などに収納された状態にしておく。従って容器、配管の健全性が維持されねばならな

い。地震、衝突等の外力、[熱応力](#)、疲労、磨耗等の機械的な力に対して抵抗性を持たせるように、また腐食性の物質を扱うことも多いので、弁等では腐食に対する抵抗性を持たせるように、材料選択、設計、製作に配慮する。二重に重ねることもある。

事故時のような特別な条件下でも、適切な漏洩防止対策が機能するよう設計上考慮する。すなわち、万一の漏洩に備えて、漏洩の検知、漏洩の拡大防止、二次的影響の評価と緩和等の対策を施設の設計に織り込んでおく。

6. 再処理施設の耐震設計

再処理施設は想定されるいかなる地震力に対しても、これが大きな事故の誘因とならないように十分な耐震性を持たせる。重要な建物、構築物は安定な地盤に支持させる。施設はその重要度（内蔵放射能、機能喪失時の影響の大小等）に応じてクラス分けして耐震設計の基準を定める。

7. 再処理施設のユーティリティ供給確保

ユーティリティとは、プラントの必要とする水、空気、電気、試薬、燃料等であり、それぞれ所定の仕様（量、質等）を満たすように調製されて使用箇所に供給される。

プラントの円滑な運転のためにはユーティリティの安定供給が必要であり、そのように設計されるが、安全の面から次の点に特に配慮がなされる。

核燃料物質、放射性物質は崩壊熱を常に放出しているので、除熱に使われる冷却水の供給は中断してはならない。水源、貯蔵、給水系統については予備系統を設置する等十分な余裕を持った設計とする。

電気は換気・排気、冷却水等の中断できない設備の動力用のみならず殆どすべての安全系統の制御に使用されているため、必要箇所への供給の中断が無いように対策を講じる。例えば、商用電源の二回線受電方式、停電に備えての非常用発電装置、重要な計装系に対する[無停電電源装置](#)等の設置が行われる。

8. 再処理施設のその他の安全設計

再処理施設には、従事者の[作業環境](#)を監視、管理するために線量率、放射性物質濃度等の測定、監視、警報設備を設け、これらの情報の集中管理を行う。又適当な個人被ばく管理の方策を講ずる。

環境における線量率、放射性物質濃度等を監視するために適切な環境放射線モニタリングができる設計とする。

<関連タイトル>

[再処理技術の現状 \(04-07-01-06\)](#)

[再処理の安全と規制 \(04-07-01-08\)](#)

[再処理施設の工程設計 \(04-07-03-02\)](#)

<参考文献>

（１）科学技術庁原子力安全局原子力安全調査室（監修）：原子力安全委員会安全審査指針集改定８版，大成出版（１９９４年１０月）

（２）火力原子力発電技術協会（編）：やさしい原子力発電、火力原子力発電技術協会（平成２年６月）

（３）火力原子力発電技術協会（編）：原子燃料サイクルと廃棄物処理、火力原子力発電技術協会（昭和６１年）

表1 再処理施設の「安全上重要な施設」

- (1) プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器
- (2) 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器
- (3) 上記(1) 及び(2) の系統及び機器の換気系統及びオフガス処理系統
- (4) 上記(1) 及び(2) の系統及び機器並びに剪断工程を収納するセル等
- (5) 上記(4) の換気系統
- (6) 上記(4) のセル等を収納する構築物及びその換気系統
- (7) ウランを非密封で大量に取り扱う系統及び機器の換気系統
- (8) 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源
- (9) 核、熱及び化学的制限値を維持するための系統及び機器
- (10) 使用済燃料を貯蔵するための施設
- (11) 高レベル放射性固体廃棄物を保管廃棄するための施設
- (12) 安全保護系
- (13) 排気筒
- (14) 制御室及びその換気空調系統
- (15) その他上記各系統等の安全機能を維持するために必要な計測制御系統、冷却水系統等

(上記施設のうち、その機能喪失により、一般公衆及び従事者に過度の放射線被曝を及ぼすおそれのないことが明らかな場合は、これを安全上重要な施設から除外することができる。)

減圧度：W.>G.>A.>R.>塔槽類
mmH₂O(G) 0 -5 -10 -20 -30

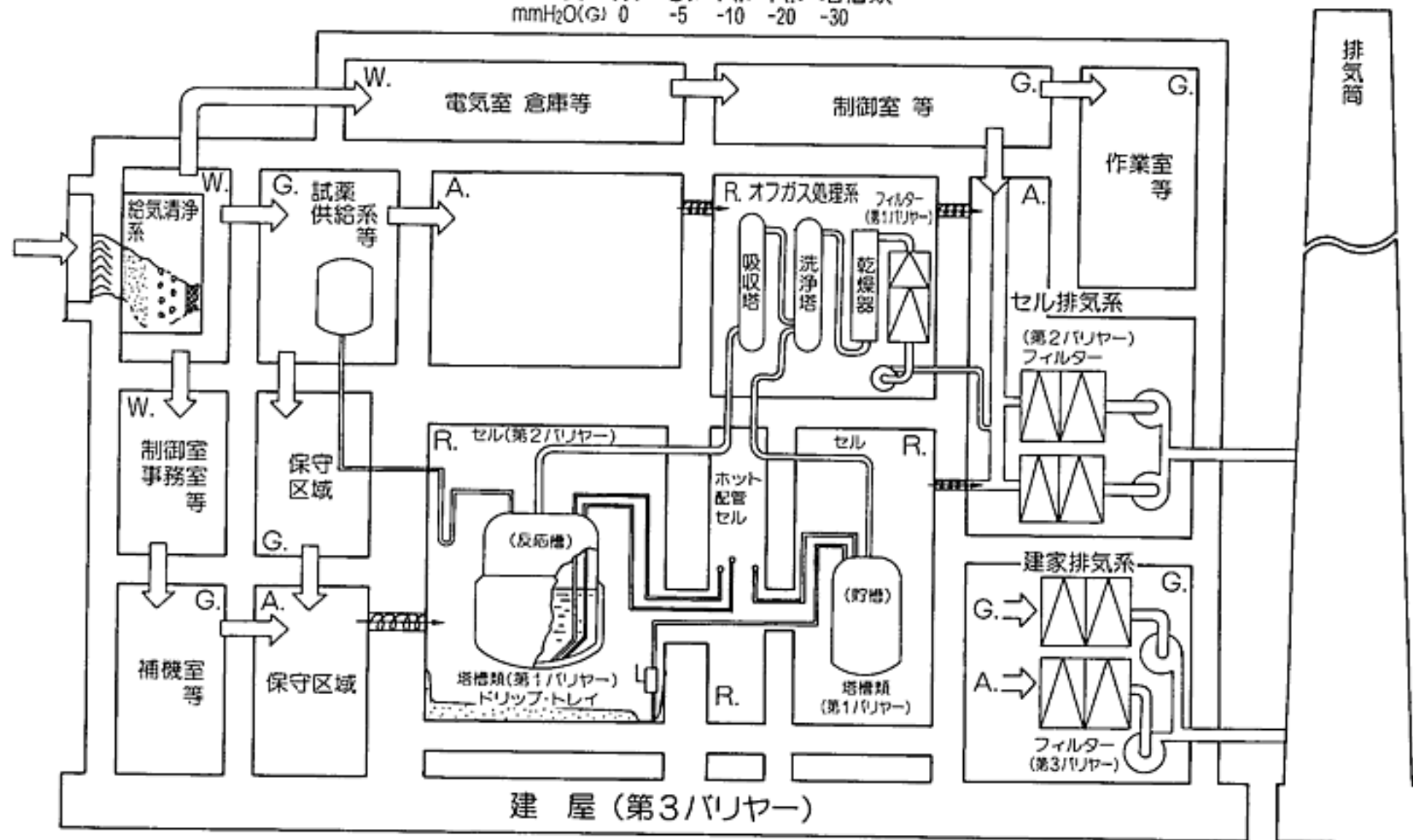


図1 再処理施設の閉じ込め機構の概念

(各バリアーはそれぞれ多重化されている)

(資料) 動力炉・核燃料開発事業団