

4. 放射性廃棄物処理

放射性廃棄物の廃棄施設の設計及び管理に関しては、「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」を遵守するとともに、「再処理施設安全審査指針」の考え方に基づくものとする。

4.1 放射性廃棄物の廃棄に関する基本的考え方

放射性廃棄物の廃棄については、放射性物質の放出に伴う一般公衆の線量当量が法令に定める線量当量限度を超えないことはもとより、合理的に達成できる限り低くなるよう、以下の観点から放出放射性物質の低減を行う。

- (1) 放出放射性物質の低減効果が大きく、かつ、信頼性のある技術を採用する。
- (2) 放射性廃棄物の化学的、物理的性状に応じ、各処理設備において最適な技術の組み合わせを行う。
- (3) 放射性廃棄物をできるだけ施設内にとどめ、適切な形で貯蔵・保管する。

具体的には、各放射性物質について以下のように低減化を行う。

再処理施設で発生する放射性廃棄物は、できる限り再処理施設内で貯蔵・管理し、環境に放出するもの以外の放射性物質については、その発生源に応じて減容、焼却、固化等の処理を行い、十分なしゃへい能力を有する廃棄物貯蔵設備に保管廃棄することにより、一般公衆の線量当量の低減化を図る。

気体廃棄物及び液体廃棄物として環境に放出する放射性物質については、現在の実用可能な処理技術を考慮し、放出放射性物質量の低減化を図る。

粒子状放射性物質は、気体側については発生量に応じて、各廃ガス処理設備において洗浄塔、デミスタ、高性能粒子フィルタ等を組み合わせて洗浄及びろ過により放出量の低減を図る。洗浄及びろ過されないわずかの核種については大気中へ放出するが、放出に際しては、十分な希釈効果による濃度の低減化を図る。液体側については、廃液の種類及び濃度に応じて

蒸発装置，ろ過装置，脱塩装置等を組み合わせて処理し，高レベル廃液あるいは低レベル濃縮廃液として貯蔵することにより，溶液中に残る放射性物質の量を低減化する。溶液中に残るわずかの放射性核種については，十分な拡散・希釈能力を持つ海洋放出口から放出することにより，一般公衆の線量当量の低減化を図る。

よう素は，気体状にしてよう素フィルタにて吸着除去することが放出の低減化に最も効果的であるため，溶液中から気相への追い出しを行い，最新の技術によるよう素フィルタにてほとんどのよう素を吸着除去し，環境への放出量を低減する。また，溶液中にわずかに残ったよう素に対しては，十分な拡散・希釈能力を持つ海洋放出口から放出することにより，一般公衆の線量当量の低減化を図る。

希ガス及び炭素-14は，農・畜産物及び生体には濃縮せず，また環境への蓄積がないことから，それらに起因する線量当量が十分に小さく，大気への放出に際しては，十分な希釈効果による濃度の低減化を図る。

トリチウムは，環境中では大部分がトリチウム水として存在するが挙動が水と同じであり，海産物，農・畜産物及び生体には濃縮せず，また蓄積がないことから，それに起因する線量当量が十分に小さく，十分な拡散・希釈能力を持つ海洋放出口から放出することにより，一般公衆の線量当量の低減化を図る。また，一部は気体として放出するが，放出に際しては，十分な希釈効果による濃度の低減化を図る。

4.2 気体廃棄物処理

4.2.1 気体廃棄物の発生源

再処理施設から発生する気体廃棄物のうち、その放射性物質量のほとんどは、放射性物質を直接閉じ込めている塔槽類から発生する廃ガスに含まれる。この廃ガスは、気体廃棄物の廃棄施設で処理する。一方、換気設備の排気に含まれる放射性物質量は、極めて少ない。

気体廃棄物処理系統図を第4.2-1図に示す。

気体廃棄物の主な放出経路は次のとおりである。

(1) 気体廃棄物の廃棄施設で処理する廃ガス

気体廃棄物の廃棄施設で処理する廃ガスの主な発生源としては、次のものがある。

せん断処理施設及び溶解施設からの廃ガス

ウラン脱硝設備からの廃ガス

ウラン・プルトニウム混合脱硝設備からの廃ガス

高レベル廃液ガラス固化設備からの廃ガス

低レベル固体廃棄物処理設備からの廃ガス

各施設の塔槽類からの廃ガス

せん断処理施設及び溶解施設からの廃ガスは、せん断処理・溶解廃ガス処理設備においてNO_x吸収塔でのNO_xの回収、ミストフィルタと高性能粒子フィルタでの粒子状放射性物質のろ過及びよう素フィルタでのよう素の除去後、監視しながら主排気筒から放出する。

ウラン脱硝設備からの廃ガス、ウラン・プルトニウム混合脱硝設備からの廃ガス及び低レベル固体廃棄物処理設備からの廃ガスは、塔槽類廃ガス処理設備において洗浄塔での洗浄及び高性能粒子フィルタでの粒子状放射性物質のろ過後、監視しながら主排気筒から放出する。

高レベル廃液ガラス固化設備からの廃ガスは、高レベル廃液ガラス固化設備において洗浄塔での洗浄，ミストフィルタ及び高性能粒子フィルタでの粒子状放射性物質のろ過及びよう素フィルタでのよう素の除去後，監視しながら主排気筒から放出する。

各施設の塔槽類からの廃ガスのうち，分離建屋及び高レベル廃液貯蔵建屋の塔槽類からの廃ガスは，各建屋の塔槽類廃ガス処理設備において高性能粒子フィルタでの粒子状放射性物質のろ過及びよう素フィルタでのよう素の除去後，監視しながら主排気筒から放出する。その他の建屋の塔槽類廃ガスは，高性能粒子フィルタでの粒子状放射性物質のろ過後，監視しながら主排気筒及び北換気筒から放出する。

(2) 換気設備の排気

換気設備の排気としては，次のようなものがある。

放射線業務従事者が入室する室からの排気

セルからの排気

これらの排気に含まれる放射性物質量は極めて少ないが，汚染の可能性のあるものは，高性能粒子フィルタ等で放射性物質を減少させ，気体の廃棄施設で処理された廃ガスとともに，監視しながら主排気筒，北換気筒及び低レベル廃棄物処理建屋換気筒から放出する。

また，汚染の可能性のないものは，直接放出する。

なお，大気へ放出する放射性物質は，そのほぼ全量を主排気筒から放出し，北換気筒及び低レベル廃棄物処理建屋換気筒からの放射性物質の放出量は，主排気筒からの放出量と比較すると，クリプトン-85で $1/10^5$ 以下，炭素-14で $1/10^{11}$ 以下，よう素-129で $1/10^5$ 以下及びその他の各核種については $1/10^3$ 以下であり，極めて少ない。

4.2.2 気体廃棄物の推定放出量

「4.2.1 気体廃棄物の発生源」に基づき、放出する放射性物質のほぼ全量が主排気筒から放出されるとして、下記の条件を基にORIGEN 2コード⁽¹⁾を使用して核種組成を推定する。

発生源別放射性物質放出量の概略を第4.2-2図に示す。

(1) 年間再処理量

$800 \text{ t} \cdot U_{Pr}$ (ここでいう $t \cdot U_{Pr}$ は、照射前金属ウラン重量換算であり、以下「 $t \cdot U_{Pr}$ 」という。)

(2) 1日当たり再処理する使用済燃料の平均燃焼度

$45,000 \text{ MWd} / t \cdot U_{Pr}$ 以下

(3) 使用済燃料最終取出し前の原子炉停止時からの期間(以下「冷却期間」という。)

4年

高性能粒子フィルタの粒子除染係数は、1段目は 10^3 、2段目以降は 10^2 として放射性物質の放出量を推定する。^{(2) (3) (4)}

よう素フィルタの除染係数は、せん断処理・溶解廃ガス処理設備のよう素フィルタについては 250 、^{(5) (6)}塔槽類廃ガス処理設備のよう素フィルタについては 50 として放射性物質の放出量を推定する。⁽⁷⁾

ルテニウムの除染係数は、ウラン脱硝建屋、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋、高レベル廃液ガラス固化建屋及び低レベル廃棄物処理建屋の塔槽類廃ガス処理設備の洗浄塔類において 500 、高レベル廃液ガラス固化建屋のルテニウム吸着塔において 100 として放射性物質の放出量を推定する。⁽⁸⁾

クリプトン-85及び炭素-14は、使用済燃料中に保有する全量をせん断処理・溶解廃ガス処理設備を経て主排気筒から放出するものとする。

なお、アルゴン-39も放出されるが、クリプトン-85と同じ希ガスであり、その量もクリプトン-85の $1 / (4.6 \times 10^6)$ 程度であるため、クリプトン-85に含めて評価する。

よう素-129は、使用済燃料中の全保有量のほとんどを溶解槽及びよう素追い出し槽からせん断処理・溶解廃ガス処理設備に気体として放出し、よう素フィルタにてほとんどのよう素を吸着除去する。また、溶液中にわずかに残存するよう素-129は、塔槽類廃ガス及び高レベル廃液ガラス固化廃ガス中へ放出され、塔槽類廃ガス処理設備及び高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備のよう素フィルタにてほとんどのよう素を吸着除去する。よう素フィルタに吸着除去されないわずかのよう素-129については、主排気筒から放出するものとする。

よう素-131は、高レベル廃液貯槽等で発生し、塔槽類廃ガス中へ放出されるが、塔槽類廃ガス処理設備のよう素フィルタにてほとんどのよう素を吸着除去する。よう素フィルタに吸着除去されないわずかのよう素-131については、主排気筒から放出するものとする。

トリチウムは、水の状態で廃液中に移行し、使用済燃料中に保有する全量を海洋に放出するが、一部は、気体として気体廃棄物の廃棄施設を経て主排気筒から放出するものとして評価する。

その他の核種は、発生量に応じて、各廃ガス処理設備において、洗浄塔、ミストフィルタ、高性能粒子フィルタ等を組み合わせて洗浄及びろ過する。洗浄及びろ過されないわずかの核種については、主排気筒から放出するものとする。

換気設備の排気は、含まれる放射性物質の量は極めて少ないが、汚染の可能性のあるものは、現在の実用可能な処理技術を考慮し、高性能粒子フィルタ等で放射性物質を除去する。わずかに除去されない放射性物質に

については、各廃ガス処理設備で処理された廃ガスとともに主排気筒、北換気筒及び低レベル廃棄物処理建屋換気筒から放出するものとする。

気体廃棄物の廃棄施設からの放射性物質の推定年間放出量を第4.2-1表に示す。

なお、再処理設備本体の運転開始に先立ち、使用済燃料の受入れ及び貯蔵に必要な施設を使用する場合には、冷却期間1年の使用済燃料を年間800 t・U_{PF}受け入れ貯蔵すると想定して、北換気筒からの放射性物質の放出量は、全施設操業時の主排気筒からの放出量と比較すると、クリプトン-85で $1/10^5$ 以下、炭素-14で $1/10^{11}$ 以下、ヨウ素-129で $1/10^5$ 以下及びその他の各核種については $1/10^5$ 以下であり、極めて少ない。

4.2.3 放出管理

気体廃棄物の放出に当たっては、主排気筒から放出する放射性物質を測定し、周辺監視区域外における空気中の放射性物質濃度が昭和63年科学技術庁告示第20号(第3条及び第9条)に定める周辺監視区域外における線量当量限度及び空気中濃度限度を超えないようにするとともに、気体廃棄物放出量の管理目標値を下表のように設定し、これを超えないように努める。

核種	放出管理目標値 (Bq/y)
Kr - 85	3.3×10^{17}
H - 3	2.0×10^{15}
C - 14	5.2×10^{13}
I - 129	1.3×10^{10}
I - 131	5.6×10^{10}
その他	1.2×10^{11}

(注) その他核種のうち、

アルファ線を放出する核種 3.7×10^8 (Bq/y)

アルファ線を放出しない核種 1.2×10^{11} (Bq/y)

なお、再処理設備本体の運転開始に先立ち、使用済燃料の受入れ及び貯蔵に必要な施設を使用する場合には、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設からの推定放出量に基づき、保安規定に放出管理目標値を定め、管理する。

4.3 液体廃棄物処理

4.3.1 液体廃棄物の発生源

液体廃棄物処理系統図を第4.3-1図に示す。

液体廃棄物の発生源としては、次のものがある。

- (1) 分離施設から発生する抽出廃液
- (2) 酸及び溶媒の回収施設の酸回収設備の蒸発缶から発生する濃縮液
- (3) 酸及び溶媒の回収施設の溶媒回収設備から発生する溶媒洗浄廃液
- (4) 気体廃棄物の廃棄施設の高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備から発生する洗浄廃液
- (5) 溶解施設から発生する不溶解残渣^ま廃液
- (6) 分離施設の洗浄により発生するアルカリ洗浄廃液
- (7) 各施設から発生する低レベル廃液
- (8) 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設等からの洗濯廃液等(以下「洗濯廃液」という。)
- (9) 各施設から発生する処理を必要としない廃液

(1), (2), (3)及び(4)の廃液は、液体廃棄物の廃棄施設の高レベル廃液処理設備で蒸発処理し、濃縮液は一時貯蔵後、固体廃棄物の廃棄施設の高レベル廃液ガラス固化設備へ移送する。凝縮液は、酸及び溶媒の回収施設の酸回収設備、又は液体廃棄物の廃棄施設の低レベル廃液処理設備へ移送する。

(5)の不溶解残渣廃液及び(6)のアルカリ洗浄廃液は、高レベル廃液処理設備で一時貯蔵後、高レベル廃液ガラス固化設備へ移送する。

(3)のうちウラン精製系溶媒再生工程からの廃液及び(7)の低レベル廃液は、低レベル廃液処理設備で性状に応じて蒸発、ろ過処理等を施す。濃縮液等は、固体廃棄物の廃棄施設の低レベル固体廃棄物処理設備、又は酸回収設備へ移送する。処理水は、液体廃棄物の廃棄施設の油分除去工程又は

海洋放出管理工程へ移送する。なお、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設廃液処理工程の処理水の一部は、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設で再利用する。

(8)の洗濯廃液は、ろ過装置でろ過し海洋放出管理工程へ移送する。

(9)の処理を必要としない廃液は、油分除去工程又は海洋放出管理工程へ移送する。

処理水は、海洋放出管理工程で放射性物質の量及び濃度を確認した後、海洋放出管を経て放出する。

4.3.2 液体廃棄物の推定放出量

液体廃棄物について、下記の条件を基にORIGEN 2コード⁽¹⁾を使用して核種組成を推定する。

発生源別放射性物質放出量の概略を第4.3-2図に示す。

(1) 年間再処理量

$$800 \text{ t} \cdot U_{Pr}$$

(2) 1日当たり再処理する使用済燃料の平均燃焼度

$$45,000 \text{ MWd} / \text{t} \cdot U_{Pr}$$

(3) 再処理を行う使用済燃料の冷却期間

4年

トリチウムは、水の状態で廃液中に移行し、使用済燃料中に保有する全量を海洋放出管を経て放出するものとする。

よう素-129は、溶解槽及びよう素追い出し槽にて使用済燃料中のほとんどを気体として追い出すことにより溶液中に残る量を低減化し、海洋放出管を経て放出するものとする。

よう素-131は、高レベル廃液貯槽で発生した全量を海洋放出管を経て放出するものとする。

その他の核種については、廃液の種類及び濃度に応じて、高レベル廃液処理設備の蒸発装置、低レベル廃液処理設備の蒸発装置、ろ過装置、脱塩装置などを適切に組み合わせて処理し、高レベル廃液あるいは低レベル濃縮廃液として貯蔵することにより、溶液中に残る放射性物質の量を低減化する。溶液中に残るわずかの放射性核種は、海洋放出管を経て放出するものとする。

液体廃棄物の廃棄施設からの放射性物質の推定年間放出量を第4.3-1表に示す。

なお、使用済燃料の受入れ及び貯蔵に必要な施設の先行使用時においては、冷却期間1年の使用済燃料を年間800 t・U_{Pf}受け入れ貯蔵すると想定して、海洋放出口からの放射性物質の放出量は、全施設操業時の海洋放出口からの放出量と比較すると、トリチウムで1/10⁵以下、よう素-129で1/10³以下及びその他の各核種については1/10以下である。

4.3.3 放出管理

液体廃棄物の放出に際しては、廃液中の放射性物質濃度を測定して放出量を算出し、放射性物質の海洋放出に起因する線量当量が昭和63年科学技術庁告示第20号(第9条)に定める線量当量限度を超えないようにするとともに、放射性液体廃棄物放出量の管理目標値を下表のように設定し、これを超えないように努める。

核 種	放出管理目標値 (Bq/y)
H - 3	1.8×10^{16}
I - 129	2.6×10^{10}
I - 131	1.8×10^{11}
そ の 他	7.1×10^{11}

(注) その他核種のうち、

アルファ線を放出する核種 9.8×10^9 (Bq/y)

アルファ線を放出しない核種 7.0×10^{11} (Bq/y)

なお、再処理設備本体の運転開始に先立ち、使用済燃料の受入れ及び貯蔵に必要な施設を使用する場合には、使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設からの推定放出量に基づき、保安規定に放出管理目標値を定め、管理する。

4.4 固体廃棄物処理

4.4.1 固体廃棄物の種類とその発生量

固体廃棄物の処理系統図を第4.4-1図に示す。

固体廃棄物には、高レベル廃液、燃料被覆管せん断片及び燃料集合体端末片、低レベル濃縮廃液及び廃溶媒並びに紙、布、フィルタ、ポンプ等の雑固体廃棄物等がある。

液体廃棄物発生量及び設計運転条件から推定した固体廃棄物の推定発生量を第4.4-1表に示す。

固体廃棄物は、以下のように取り扱う。

- (1) 高レベル廃液は、高レベル廃液ガラス固化設備でガラス原料とともに溶融してガラス固化体容器に注入し、ガラス固化体とする。
- (2) 燃料被覆管せん断片及び燃料集合体端末片は、ドラム缶に詰める。
- (3) 低レベル濃縮廃液は、乾燥した後、ドラム缶等に詰める。
- (4) 廃溶媒は、熱分解と同時に中和した後、ドラム缶等に詰める。
- (5) 廃樹脂及び廃スラッジは、貯槽に保管廃棄する。
- (6) 雑固体廃棄物のうち、焼却可能なものは焼却した後、ドラム缶等に詰める。焼却しないものは、直接ドラム缶等に詰める。
- (7) チャンネルボックス及びバーナブルポイズンは、切断しドラム缶等に詰める。

4.4.2 保管管理

ガラス固化体は，ガラス固化体貯蔵設備に保管廃棄する。

これ以外の固体廃棄物を詰めたドラム缶等は，低レベル固体廃棄物貯蔵設備に保管廃棄する。

固体廃棄物を貯蔵する建屋の主要部は，管理区域として管理する。

4.5 参考文献一覧

- (1) A.G.Croff, "A User's Manual for the ORIGEN2 Computer Code", ORNL/TM-7175 (1980)
- (2) 尾崎, 金川, 「高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験(I) DOPエアロゾル捕集性能」, Vol.27, 7, 日本原子力学会誌, 626 (1985)
- (3) 山田, 宮本, 小泉, 「HEPAフィルタの捕集効率と除染係数」, 保健物理, 21, 237~244(1986)
- (4) M.Gonzales, J.C.Elder, M.I.Tillery and H.J.Ettinger , "Performance of Multiple HEPA Filters against Plutonium Aerosols", Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-6546 (1976)
- (5) J.Furrer, R.Kaempffer, A.Linek, A.Merz, "Results of Cleaning Dissolver Off-Gas in the PASSAT Prototype Dissolver Off-Gas Filter System", 16th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, 566-584
- (6) S.Hattori, Y.Kobayashi, Y.Ozawa, M.Kunika, "Removal of Iodine from Off-Gas of Nuclear Fuel Reprocessing Plants with Silver Impregnated Adsorbents", 18th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, 1343-1360
- (7) W.J.Maeck and D.T.Pence, "Application of Metal Zeolites to Radioiodine Air Cleaning Problems ", 11th DOE Nuclear Air Cleaning Conference, 607-620

- (8) J.D.Christian, D.T.Pence, "Critical Assessment of Methods for Treating Airbone Effluents from High-Level Waste Solidification Processes", Pacific Northwest Laboratory Report PNL-2486 (1977)

第4.2-1表 大気への放射性物質の推定年間放出量

核 種	放射性物質の推定年間放出量(Bq/y)
Kr - 85	約 3.3×10^{17}
H - 3	約 2.0×10^{15}
C - 14	約 5.2×10^{13}
I - 129	約 1.3×10^{10}
I - 131	約 5.6×10^{10}
そ の 他	約 1.2×10^{11}

(注) その他核種のうち、

アルファ線を放出する核種 約 3.7×10^8 (Bq/y)

アルファ線を放出しない核種 約 1.2×10^{11} (Bq/y)

第4.3-1 表 海洋への放射性物質の推定年間放出量

核 種	放射性物質の推定年間放出量(Bq/y)
H - 3	約 1.8×10^{16}
I - 129	約 2.6×10^{10}
I - 131	約 1.8×10^{11}
そ の 他	約 7.1×10^{11}

(注) その他核種のうち、

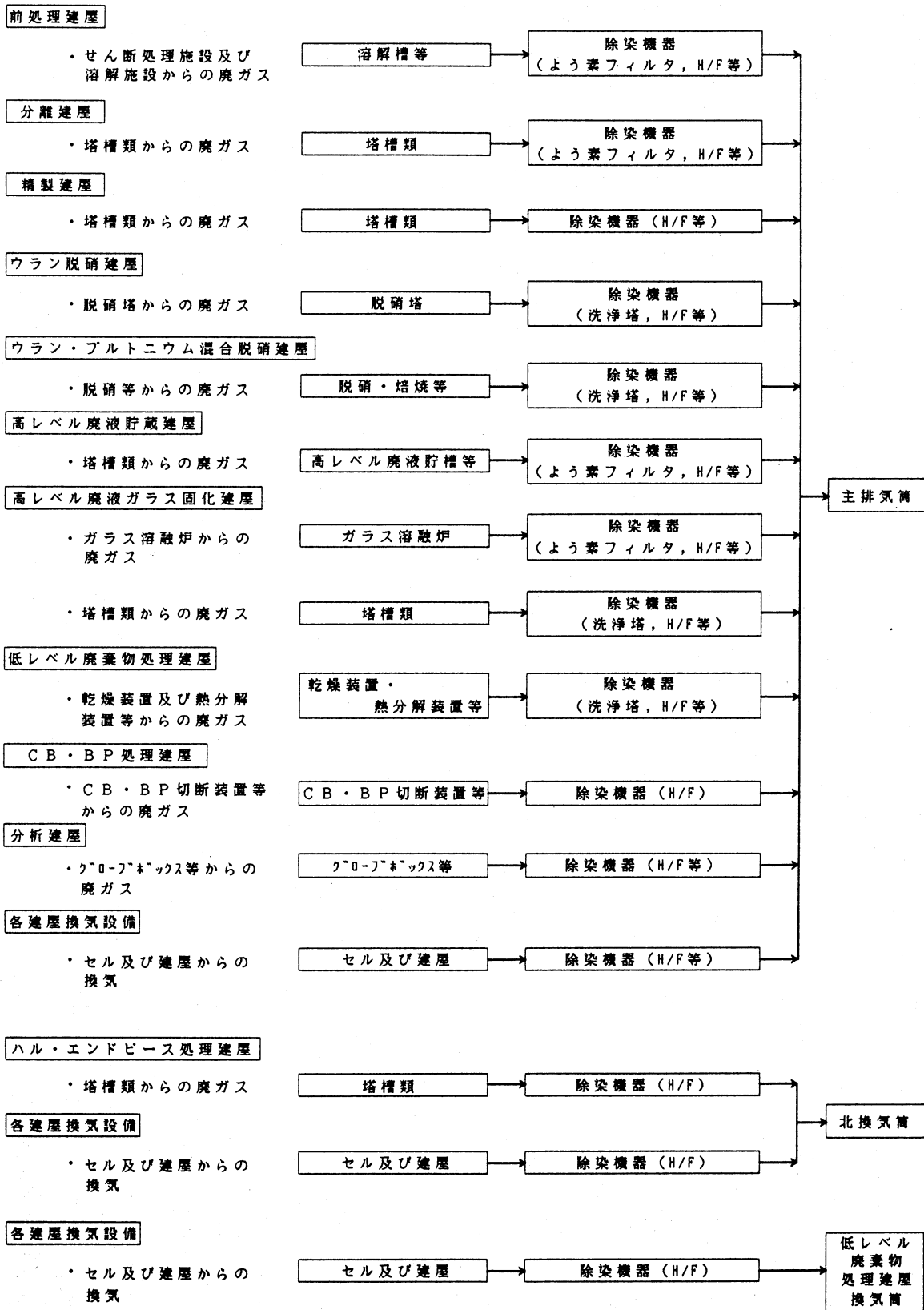
アルファ線を放出する核種 約 9.8×10^9 (Bq/y)

アルファ線を放出しない核種 約 7.0×10^{11} (Bq/y)

表4.4-1 表 固体廃棄物の推定年間発生量

種 類	推定年間発生量
高レベル廃液 (注)	約560m ³
低レベル濃縮廃液	約2,200m ³
廃 溶 媒	約160m ³
廃樹脂及び廃スラッジ	約10m ³
燃料被覆管せん断片及び 燃料集合体端末片	約300 t
チャンネルボックス及び バーナブルポイズン	約100 t
雑固体廃棄物	約1,000 t

(注) 高レベル廃液は、高レベル濃縮廃液、不溶解残渣廃液、アルカリ濃縮廃液、アルカリ洗浄廃液である。

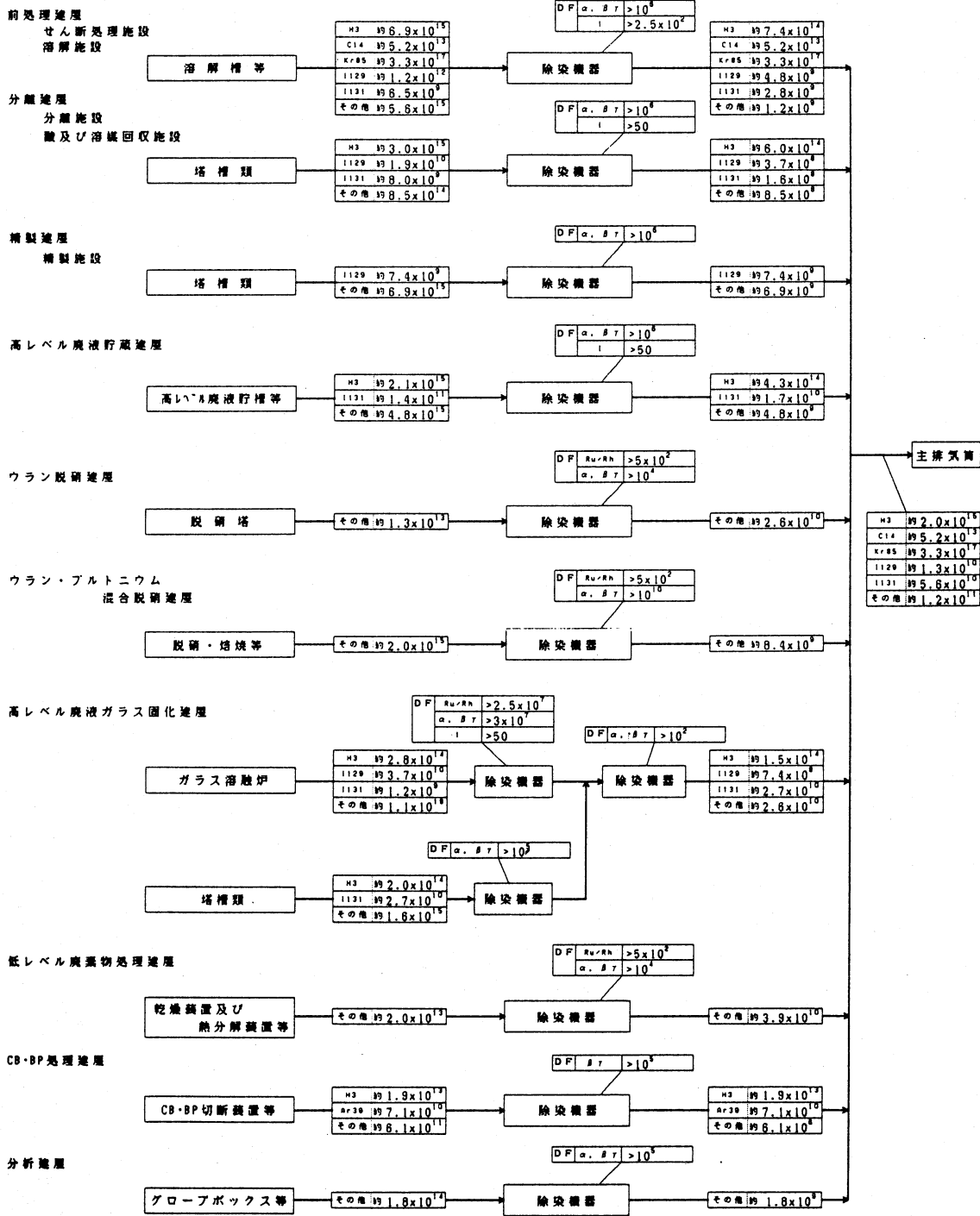


(注) H/F : 高性能粒子フィルタ

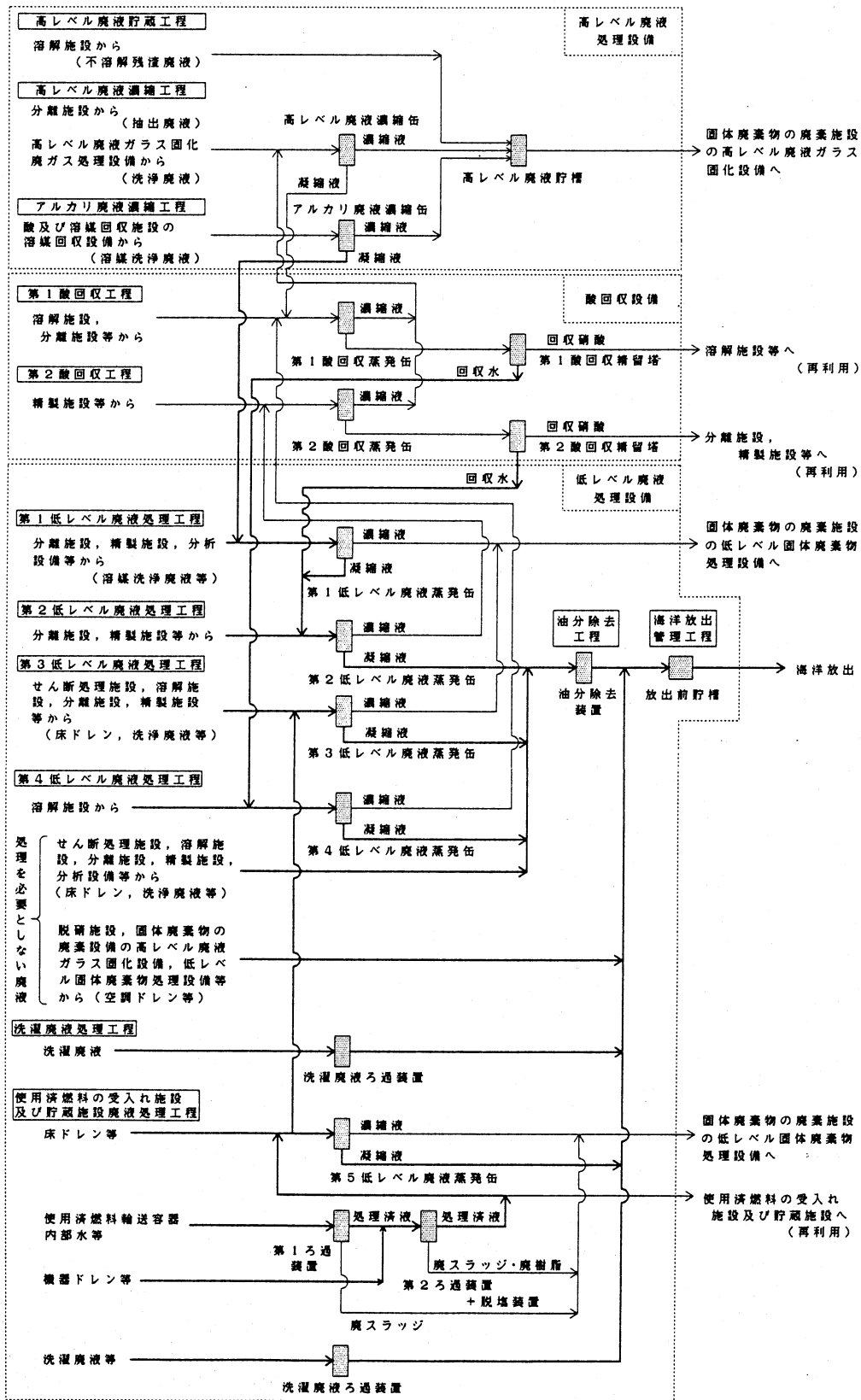
CB・BP : チャンネルボックス・バーナブルポイズン

第4.2-1図 気体廃棄物処理系統図

(注)「その他」：H3, I129, I131, C14, Kr85及びAr39以外の核種合計
 DF：除染係数(入口放射性物質質量/出口放射性物質質量)
 CB・BP：チャンネルボックス・バーナブルポイズン
 放射性物質質量の単位：Bq/y

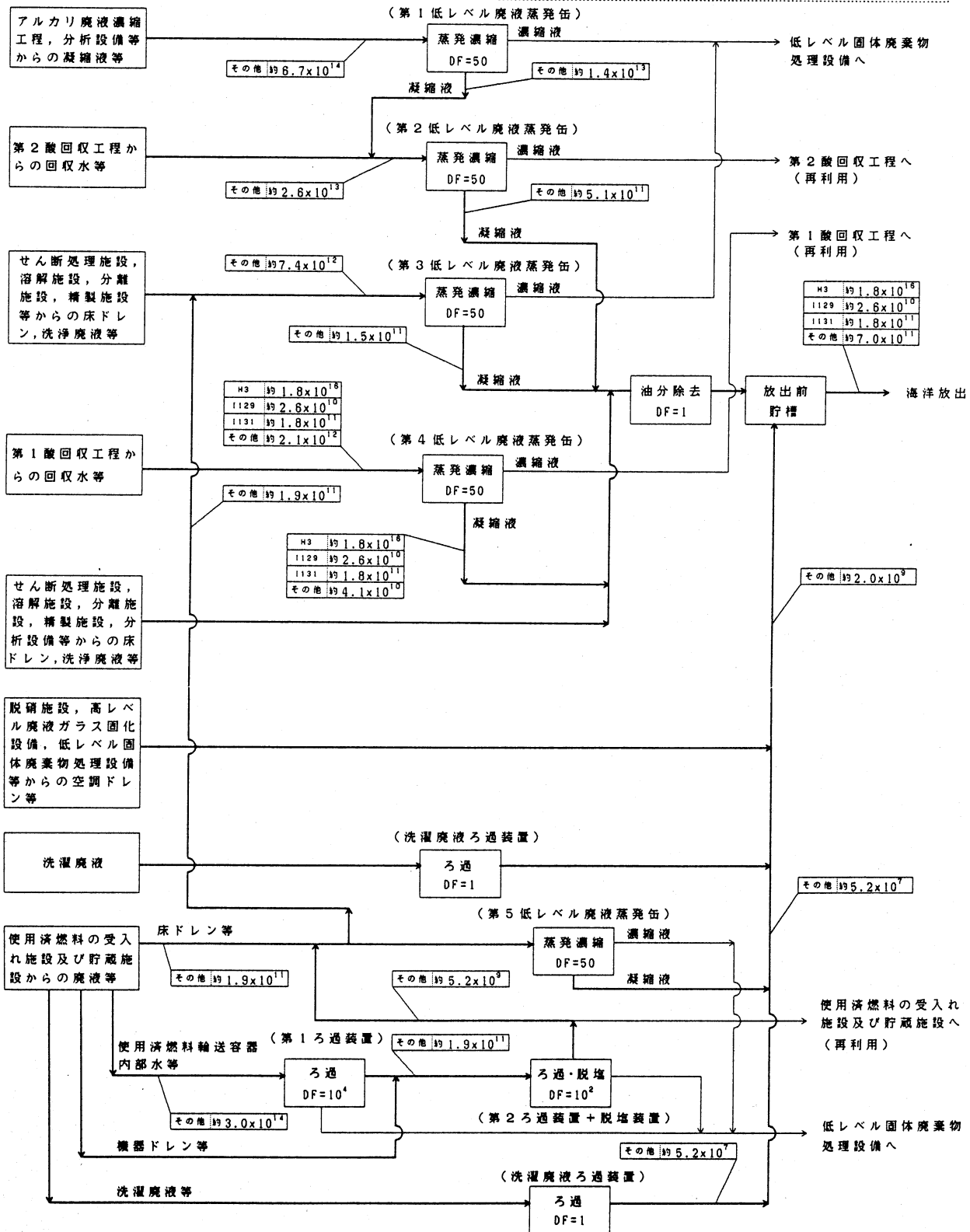


第4.2-2図 気体廃棄物の発生源別放射性物質放出量

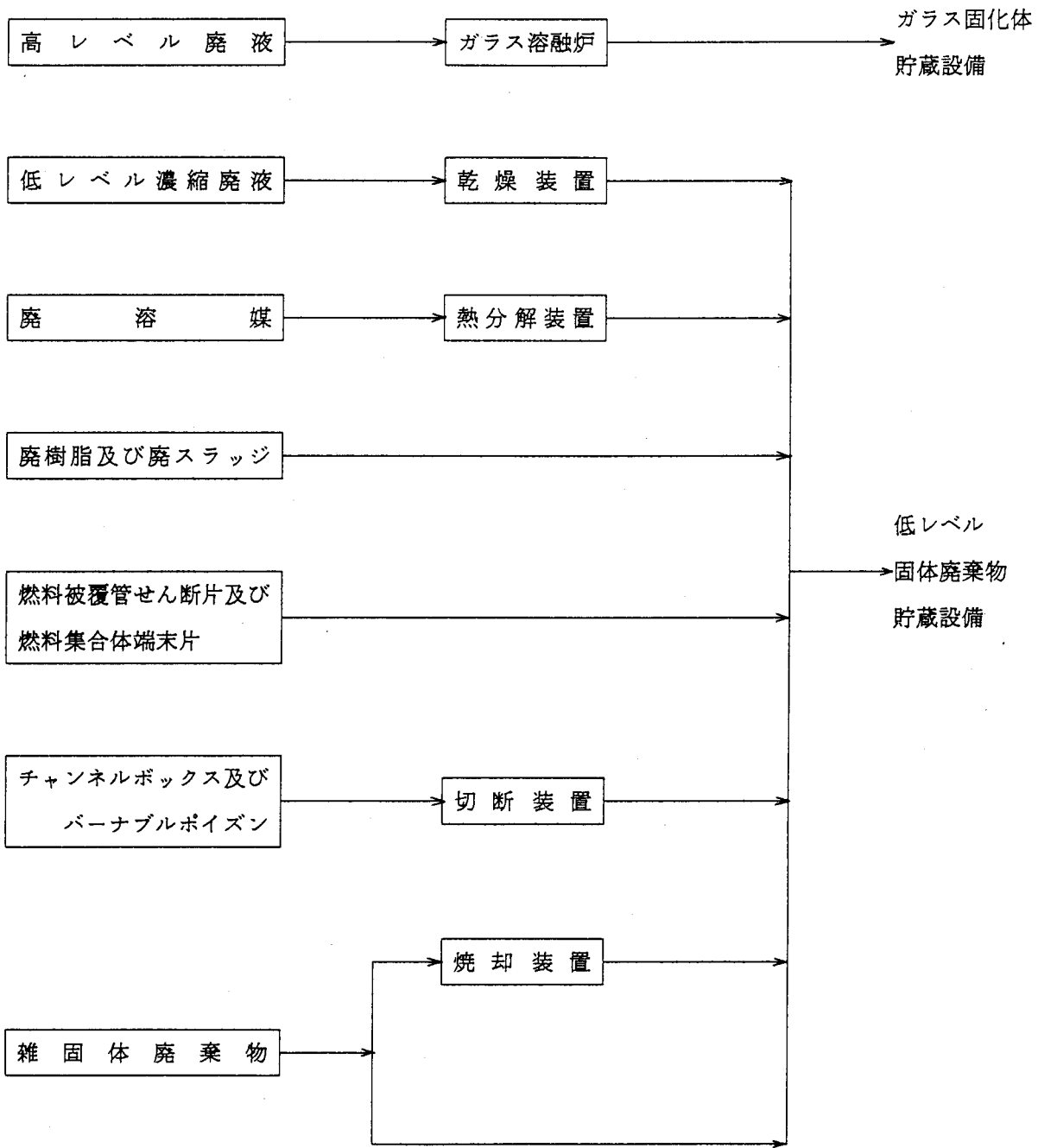


第4.3-1 図 液体廃棄物処理系統図

(注)「その他」: H3, I129, I131以外の核種合計
 DF: H3, I129, I131以外の核種についての
 除染係数(入口放射性物質重量/出口放射性物質重量)
 放射性物質重量の単位: Bq/y



第4.3-2図 液体廃棄物の発生源別放射性物質放出量



第4.4-1図 固体廃棄物処理系統図