

本資料は 〇/年 7月 3/日付けで登録区分、
変更する。

[技術情報室]

ANS 設計指針

放射性物質取扱施設および機器

(デコミッショニング部抜粋翻訳)

1991年1月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついでに複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター 技術開発部・技術管理室

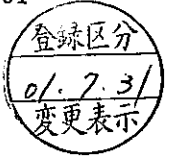
本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49

核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)



A N S 設計指針
放射性物質取扱施設および機器
(デコミッショニング部抜粋翻訳)

米国原子力学会
遠隔システム技術部

実施責任者 宮尾英彦*

担当者 池田諭志*

訳者まえがき

本資料は、米国原子力学会遠隔技術部会発行の“DESIGN GUIDES FOR RADIOACTIVE MATERIAL HANDLING FACILITIES & EQUIPMENT”の内、デコミッショニングに関連する部分を抜粋し、英文和訳したものである。

本資料は、放射性物質取扱施設の除染とデコミッショニングをしやすくするための一般的な勧告である。また、デコミッショニング、廃棄物管理および輸送に関する現行の連邦規制を本指針中に示してある。

本資料は、今後我が国においてデコミッショニングおよび廃棄物管理方策を策定するうえでの貴重な資料であると考え、ここに翻訳を試みた次第である。

*大洗工学センター 管理部 環境技術課

目 次

5.11	デコミッショニング	1
指針 No.12	放射性物質取扱施設の除染と デコミッショニング	1
	はじめに	1
1.0	範 囲	1
2.0	適用性	1
3.0	設計基準	2
3.1	一般設計原則	2
3.2	施設構造物	3
3.2.1	除染機器への接近	3
3.2.2	モジュラー生態遮蔽の設計	3
3.2.3	セルまたは室の表面仕上げ	3
3.2.4	施設の除染上の特徴	3
3.2.5	放射線モニタリング	4
3.2.6	目視点検	4
3.3	プロセスシステムの設計	4
3.3.1	機器の据付位置	4
3.3.2	材料の選定	5
3.3.3	材料の表面仕上げ	6
3.3.4	配 管	6
4.0	運転、保守、除染およびデコミッショニングを 考慮に入れた設計上の特徴	8
4.1	放射性物質を取扱うホットセルや室の 設計上の特徴	8
4.2	ホットセル用機器の設計上の特徴	8
4.3	ホットセル配管設計上の特徴	9
4.4	ホットセル用弁の設計上の特徴	10
4.5	ホットセル用ポンプの設計上の特徴	10

4.6	ホットセル用計測器の設計上の特徴	1 0
4.7	ホットセル用電気関係設計上の特徴	1 1
4.8	特定ホットセル用機器の設計上の特徴	1 1
4.8.1	プロセス槽類	1 1
4.8.2	遠心分離機	1 1
4.8.3	フィルター	1 1
4.8.4	純水装置	1 2
4.8.5	蒸発器	1 2
4.8.6	か焼炉／ガラス固化装置	1 2
5.0	除染方法	1 3
5.1	機械的方法	1 3
5.2	高圧水	1 3
5.3	超高压水	1 4
5.4	研磨清浄	1 4
5.5	振動仕上げ	1 4
5.6	超音波装置	1 5
5.7	フロン清浄	1 5
5.8	電解研磨	1 5
5.9	蒸気／温水洗浄と2相混合物	1 6
5.10	除染あわ、ゲルおよびペースト	1 6
5.11	はく離ができる除染被膜	1 6
5.12	ドライアイスブラッシング	1 7
5.13	電気化学的に活性化した溶液	1 7
6.0	運転上の考察	1 8
6.1	運 転	1 8
6.2	廃棄物の処分	1 8
7.0	性能の保証と検証	2 0
8.0	参考情報	2 3
8.1	デコミッショニング情報	2 3

補 足 資 料 (表)

表12.1	核融合環境下で重要な放射化生成物を 発生する元素	6
表12.2	各種表面に対する化学除染剤	24
表12.3	原子力施設に適用できる現行連邦政府 規則	25
表12.4	核物質輸送連邦法規	26
表12.5	核物質の輸送に関係のある原子力 規制委員会 (N R C) 規制指針	27
表12.6	核廃棄物関連米国規格協会 (A N S I) (A N S I) N14 標準と指針	28
表12.7	参照商業核施設のデコミッショニング 技術と安全関係費用	29

設計指針

放射性物質取扱施設および機器

米国原子力学会

遠隔システム技術部

5.11 デコミッショニング

指針12は、機器および材料の計画、選定、配置ならびにシステムの除染と解体をしやすくするための表面保護作業を支援するための一般的な勧告である（除染とデコミッショニングがしやすい特徴は、一般に施設の運転と保守もしやすくする）。

指針 No.12

放射性物質遠隔取扱施設の除染と デコミッショニング

C. E. ジェンキンス
SAIC
1835 ターミナルドライブ
リッチランド、WA 99352

T. S. ラガーディア
ニュークリア エナジー サービス
シェルトロック ロード
ダバリ、CT 06810

H. R. ガードナー
ケアドックス コーポレーション
2952 ジョージソントンウェイ
リッチランド、WA 99352

はじめに

この設計指針の目的は、放射性物質取扱施設の除染ひいてはデコミッショニングをほどこしやすくすることである。

1.0 範囲

この指針は、機器および材料の計画、選定、配置ならびにシステムの除染と解体をしやすくするための表面保護作業を支援するための一般的な勧告である（除染とデコミッショニングがしやすい特徴は、一般に施設の運転と保守もしやすくする。）。デコミッショニング、廃棄物管理および輸送に関する現行の連邦規制を本指針中に示す。

2.0 適用性

この文書は、放射性物質遠隔取扱施設の設計の一助とするために作成したものである。この範囲に属する施設例としては、核燃料再処理工場、核燃料取扱検査施設、核融合実験施設、燃料遠隔加工施設および関連ホットセルなどがある。

この指針は、おおざっぱな情報を与えるにすぎず、特定プロジェクトに必要な事項、たとえば、コスト、寿命または放射性物質取扱施設を適正に設計し機器を適正に選定するために必要なその他事項で補完しなければならない。

3.0 設計基準

除染とデコミッションングの目的は2つある。すなわち、(a)作業員と公衆の被曝を最小限度に抑えて合理的に達成可能な限り低く（ALARA）するため、施設のあらゆる場所での放射線レベルを限定または減少させ、(b)実行可能な限り無制限に再使用できるレベルまで除染して、価値のある物質を回収するとともに機器、建家および土地を再利用できるようにする。

使用する機器と支持構造物は、運転中および運転完了後のシステムを除染しやすいように設計すべきである。汚染を防止し除染しやすくするため、あらゆるダクト類、ユーティリティ配管および電線管をできるだけ囲うべきである。自立スキッド上に取付ける配管、構成部材および計装の設計はモジュール化することが大いに望ましい。スキッドは、遠隔組立てのため、集中サービス系と電源接続部を内蔵しているべきである。スキッドで支持されていない接続配管はできるだけ少なくすべきである。このような特色を持たせると、装置の据付けと撤去作業中に従業員が機器室に入室する必要性が減少するとともに、工場の運転とこれに伴って起こる機器の不具合い時の機器の保守と修理が容易になる。

3.1 一般設計原則

原子力遠隔施設を設計するに当たって勘案すべき原則が3つある。それは、(a)機器と施設の保守および／または解体（改造ないしデコミッションング）のため接近しやすいこと、(b)除染用装置を入れたり出したりするためのアクセスポートがあることおよび(c)安全性である。設計者は、汚染の可能性を避けたり制限するだけでなく、材料、機器および施設の除染がしやすいように設計すべきである。

ホットセル用機器は、サービスと取替えの必要性に見合う接近性を備えていなければならない。配管、機器およびセル内構造物は、汚染物を集めたり捕捉したりしないように設計すべきである。

換気システムと排水システムは施設内に設けるとともに、故障構成機材の除染と取替えが容易にできるように設計すべきである。

作業員と公衆の被曝線量はALARAの原則に従わなければならないが、これは行政的管理とシステムの設計の両者を通じて達成できる。従業員、遠隔システムおよび／またはサンプルのモニター結果が原則から逸脱した場合には、矯正措置を取らなければならない。

3.2 施設構造物

3.2.1 汚染機器への接近

遠隔操作クレーンまたはパワーマニプレータで直接かまたは取外しのできるパネルか厚板を使って、汚染機器に接近できるように施設を設計すべきである。このようにしておけば、デコミッショニング作業中に、保守、取替えまたは廃棄処分のため、機器を簡単に撤去できる。

3.2.2 モジュール生態遮蔽の設計

解体しやすくするため、生態遮蔽はできればモジュールブロック式とし、ボルト止めにするか、はめ合わせるべきである。代替案としては、遮蔽が汚染するおそれがある場合には、縦方向にブラッシング孔をあらかじめまたは建設作業中に設けておき、汚染壁材と非汚染壁材を分離しやすくすべきである。

3.2.3 セルまたは室の表面仕上げ

一般に、施設の設計には、除染と最終処分が楽になるような特色を持たせるべきである。コンクリートの表面は、耐薬品性で耐放射線性の表面材料で保護しなければならない。下地塗料、塗料および金属面の場合には研磨で粗い面をなくすべきである。さらに、表面汚染を除去し、壁や床などを汚染前の状態に戻すのに便利な手段を提供するため、はく離可能な塗料を使ってもよい。ホットセル内壁汚染コンクリートを簡単に除去するため、建設作業中に縦方向にブラッシング孔を設けることもできる。ホットセル内壁から汚染コンクリートを迅速かつ安価に除去するため、成型爆薬と（飛行粗石を入れるため）ブラッシングマットを使ってもよい。なお、こぼれた液体、漏出した液体および機器の排液を集めるため、床には傾斜を付けるべきである。

3.2.4 施設の除染上の特徴

できれば、施設には蒸気/水供給系を持たせるとともに、スプレーヘッダーと高圧水ランスの遠隔付属品用ホース接続部を備えつけるべきである。壁と天井に取付けるスプレーヘッダーは、そこから噴出する水がくまなくセル内に飛び散り、プロセス機器にも最大限度にかかるように位置決めしなければならない。水を使えないような特殊な施設では、除

染用有機溶媒を使わなければならないが、この場合には、不活性雰囲気中で除染することが好ましい。一部の施設では、真空システムは補助手段であるか、あるいは好ましい除染手段であるかもしれない。

排溶媒は、施設の他の場所から隔離でき、しかも溶媒再循環システムに連結している傾斜付きセル床排水系に集めるべきである。処理工程を選んで放射性廃棄物の最終固化ができるよう、液体廃棄物処理施設ではサンプリングシステムとクロスコネクションを利用できなければならない。

3.2.5 放射線モニタリング

施設の運転時およびデコミッションの実施に備えて、放射線モニタリング用の区域をあらかじめ指定しておくべきである。これらの区域には、セルの放射線状態を代表するような場所を選ばなければならない。また、放射線に関する調査をするために遠隔マニプレータを使用する可能性を勘案すべきである。

オンラインまたはオフラインプロセスモニターおよびサンプリングステーション用モニターは、プロセスライン枝管への逆洗のための配管接続をすべきである。

3.2.6 目視点検

遮蔽窓、ペリスコープ、鏡または遠隔閉回路テレビカメラを使って目視点検ができるようにプロセスシステムを設計し配置すべきである。カメラにはズームレンズを装着するとともに、遠隔操作式左右旋回装置と傾動装置を備えていなければならない。セル照明は目視モニタリングに適していなければならない。動きやすくするため、カメラおよび／または、照明を天井クレーンのブリッジ部上またはパワーマニプレータ上に取付ければよい。

3.3 プロセスシステムの設計

3.3.1 機器の据付位置

機器の据付位置は、接近上、運転上ならびに保守上の必要性の関数であるべきである。機器類は、保守頻度の高い部品とサービスシステムの組立てに対し最も接近しやすいように、最も見やすい位置に配列すべきである。また、機器システムはできれば、プロセスの段階、

プロセスの活動状況および構成機器の故障確率別に分離すべきである。多数セル方式を採用すれば、このように分離することによって、保守を簡素化できるうえ、従業員がこのシステムの放射線が「比較的低い」場所で運転し修理できるようにさえる。

3.3.2 材料の選定

放射性物質を取扱う配管と機器は、定期的に除染することが必要であり、プロセスで使用する溶液に対してはもちろんのこと、除染液に対しても抵抗性の高い材料で製作されなければならない。炭素鋼の利用は要注意で、内張りをしない限り、できれば最小限度に止めるべきである。

遠隔処理セル用の基本的な建設用金属は304Lステンレス鋼である。この鋼は費用効果性が良く、耐食性と耐応力腐食割れ性が高く、疲労特性が良く、強度も高い。ハロゲンとハロゲン酸に対する耐食性が高いことが必要な構成部材と機器に対しては、316ステンレス鋼と316Lステンレス鋼のような材料を使用できる。極端な条件の場合には、ニッケル基金（すなわち、ハステロイ^a、インコネル^b またはインコロイ^b）のような特殊材料が必要なこともある。

耐放射線性も耐食性と同様に重要なはずであり、高放射線場で非金属材料を使うことにした場合は、常に耐放射線性を勘案することが大切である。ある種の材料（たとえば、テフロン^c）はこのような条件下では劣化するので、ポンプや弁のシールとして使用してはならない。モーターと弁類は、予想される最高放射線場で使用すると考えて設計するかまたは容易に取替えられるように設計すべきである。

原子炉の環境では、建設材料は高エネルギー中性子による壊食に耐えなければならず、中性子を吸収して放射化され、高放射線場を産み出すような元素を含んでいてはならない。核融合の環境では、使用予定の元素の放射線特性を十分考慮したうえでのみある種の元素（表12.1参照）を使用すべきである。フルーエンス（高中性子環境下での挙動）および材料の性質などのその他の点についても十分評価することが必要である。

a : タルボット社摩耗技術部の登録商標。

b : ハンチントンアロイ社の登録商標。

c : E. I. デュポン ド ネモワール社の登録商標。

表12.1 核融合環境下で重要な放射化生成物を発生する元素

元 素	保守・処分時に重要な放射性核種
窒 素	^{14}C
マグネシウム	^{22}Na
マンガン	^{54}Mn
コバルト	^{60}Co ^{63}Ni ^{59}Ni
銅	^{60}Co ^{63}Ni
ジルコニウム	^{93}Zr
ニオブ	^{94}Nb ^{93}Zr
モリブデン	^{93}Mo ^{94}Nb

種々の表面の除染に使用する標準除染液は表12.2に示すとおりである。表中の除染液の中には、母材を溶解するおそれのあるものもある。

3.3.3 材料の表面仕上げ

すべての「浸水面」には、き裂、すきまおよび汚染物質を集めやすいようなその他凹凸があってはならない。研磨面は非常に除染しやすい。電解研磨をすれば、部品の幾何学的形状には関係なく平滑な研磨面ができる。電解研磨は迅速で、普通は5～30minで十分であり、安価でもあるうえ、複雑な構造、ねじ部および内面の研磨に極めて有効である。システムの使用開始前にプロセス機器等の表面を研磨しておけば、システムの除染性を改善するとともに、保守・デコミッシング時に、除染に必要な人・時と従業員の被曝を減少させる。

3.3.4 配 管

プロセスの配管はできるだけまっすぐに走るように工夫すべきであり、「死脚 (dead legs)」や「クラッド トラップ」があってはならない。「廃棄物ライン」を走る配管（すなわち、放射性物質濃縮物と固化剤が通過する配管）の曲げ部は、半径を大きくする標準工法である。廃棄物ラインにはできるだけ突き合わせ溶接を適用して内面を高度に仕上げ（研磨）るとともに、溶液濃度を維持するため、必要に応じて加熱できるようにする。また、プロセスライン構成機器間水洗浄システムに接続するために「T字管」を設けるか、またはこの種の接続をするために当該システムの「底部排水管」を使って、完全に

水洗浄できるようにすべきである。

さらに、腐食層の除去だけでは除去できないスラッジに対しては、もぐらノズル付高圧水ホース、研磨材付洗浄棒および回転機械ブラシまたはホーンが配管内に入るように準備しておくべきである。このような配管内に入り込めるような準備を放射性物質を取扱う配管系に組込んでおかないと、除染が必要になった時に、配管を切断し、再溶接する必要性が起こることもある。

プロセス配管は起点に向かって傾斜しているか起点から傾斜していなければならない。セル外に起点のあるサービス用配管には工程システムに向って傾斜をつけ、自由に流れてゆくようにしなければならない。セル内配管は、次工程の槽類に向けて傾斜をつけなければならない。逆流を防止するため、締切弁と逆止弁を使うべきである。サービス用配管が閉回路の場合は（たとえば、蒸発器加熱装置への蒸気の供給）、プロセスとサービス用配管間に洩れがあるかないかを点検するため、サービスシステムの戻り管路をモニターすべきであり、隔離能力も持たせておくべきである。

できれば、遠隔取付けができるように配管を加工しておくべきである。クイックコネクター、フランジおよび遠隔ボルト継手（たとえば、ハンフォード型遠隔ジャンパーのようなパイプジャンパー）は、配管系に絶対必要な部品である。遠隔継手を使っておいて、システムの解体を最少限度に抑えて配管と構成部材を撤去できるようにすべきである。

4.0 運転、保守、除染およびデコミッショニングを 考慮に入れた設計上の特徴

放射性物質を取扱う構造物と構成機器の運転、保守、除染およびデコミッショニングを容易に行うために推奨したい設計上の特徴について、本節で略述する。機器のセル内配置を入念に設計し、建築材料を適正に選べば、除染、運転、保守およびデコミッショニングを大いに容易にすることができる。¹⁻²¹

4.1 放射性物質を取扱うホットセルや室の 設計上の特徴

下記のような設計上の特徴を室に持たせることを推奨する。

1. 汚染を制限し除染を容易にするためのコンクリートのような多孔質面上の（研磨済みステンレス鋼）内張り、下地塗料およびはく離しやすい塗料の利用。
2. 排水を完全に行うための傾斜面。
3. セルまたはルーム排水処理システム。
4. 遠隔放射線モニタリングおよび目視点検のしやすさ。
5. セル全体で噴霧で覆えるスプレーヘッダーと高圧水および／または蒸気系統の接続用ホース継手。
6. 目視による運転および点検のための照明。
7. 汚染機器に接近するための取外し可能なパネル。
8. 遮蔽解体用のモジュール型生体遮蔽の設計または組込み。
9. 将来のセル貫通のための作りつけ通路（作りつけステンレス鋼製管または取外しができる栓）。

4.2 ホットセル用機器の設計上の特徴

機器の設計には次のような特徴を持たせることを推奨する。

1. 関連配管と計装を遠隔据付けする必要が生じた時に取付けるスキッド。
2. 目視点検と保守のための接近が最大限度にできるように配置したスキッド上に組立てた機器類。

3. 遠隔接続ができるように設計した集中サービス系と電源の接続部。
4. スラッジの累積を防止するための円錐形タンク底と、完全に排水できる底部の出口。
5. タンクの除染用内部スプレーヘッダーおよび可搬式ウォーターランス(water lance)を持ち込めるフランジ状入口ポート。
6. 廃棄物の沈積の防止と除染溶液を加熱するためのタンク加熱装置。
7. 高レベル(放射線レベル、液面レベル等)警報および入口弁が閉じると作動する信号。
8. 遠隔読取りができる液面レベルと液温の表示。
9. 液体廃棄物を均一にするための再循環または攪拌手段。
10. 簡単に逆洗できるサンプル採取口。
11. セル排水システムにつながるオーバフローおよび排水ライン。
12. 機器の据付けと撤去のための付属品および装置装着点(rigging points)。
13. プロセスおよび除染液に適する材料の選定。
14. セル排気ガス処理システムにつながるタンク通気。

4.3 ホットセル配管設計上の特徴

次のような配管設計上の特徴を持たせるよう推奨する。

1. 遠隔据付けおよび解体のための端接続。
2. まっすぐに流れ、傾斜があり、曲がり部直径が大きくしかもトラップまたは死脚(dead legs)がないこと。
3. 内面は平滑で、き裂、すき間およびその他クラッドが集まりやすい場所がないこと。
4. プロセスで使用する溶液および除染液に対する耐食性の高い材料。
5. 可搬式除染システムの接続のために設計したT字管および分岐継手。
6. 除染備品(洗浄棒、ブラシ、ホーン、高圧水)の持込みと持出しのための出入ポート。

4.4 ホットセル用弁の設計上の特徴

下記の弁設計上の特徴を持たせるよう推奨する。

1. 配管と同等な品質の材料。
2. 弁本体、弁座およびシール回りにクラッドトラップがないこと。
3. 十分な管接続口のあるボール弁とプラグ弁。
4. 逆洗ができる逆止弁に関するオーバーライド特性。
5. 配管から取外さずに保守作業を行うための開き式(swing-away)ボール弁。
6. クラッド溜りを防止するためのサンプルおよび廃棄物ライン上のラム形弁。
7. 停電もしくは空気の供給が止まった時には閉じるモーター駆動式のタンク入口および出口弁（フェールセーフ機能）。
8. アクチュエーター電源が停止しても、「故障した時のままの状態」にあるため、処理を継続できる処理用弁。
9. 遠隔取替えの用意。

4.5 ホットセル用ポンプの設計上の特徴

下記のポンプ設計上の特徴を持たせるよう推奨する。

1. 遠隔据付けまたは撤去ができる設計。
2. 遠隔電源接続。
3. ポンプが流体と接触する面は研磨すること。
4. 容易に遠隔位置決めをするため、必要な部分にガイドピンがある引上げ用つまみ (lifting lugs) および／または連結点。
5. 耐放射線性のポンプシールとモーター。
6. 密封式または不活性ガス中で運転するブラシレスモーター。

4.6 ホットセル用計測器の設計上の特徴

次のような計測器設計上の特徴を持たせるよう推奨する。

1. 遠隔読取りと遠隔補正。
2. 適用可能な場所での水洗装置への接続部。

3. 停止時にプロセス流から隔離する遠隔据付用コネクタ。
4. 耐放射線性および耐薬品性。

4.7 ホットセル用電気関係設計上の特徴

下記の電気関係設計上の特徴を持たせるよう推奨する。

1. 遠隔マニピレータで取替えのできるセル内ケーブル。
2. セル内スプレー装置に対しては遮蔽されているケーブルおよび接続部。
3. 遠隔迅速脱着ができる電気コネクタ。
4. 耐放射線性および耐薬品性絶縁材料ならびにケーブル材料。

4.8 特定ホットセル用機器の設計上の特徴

特定プロセス機器については推奨事項を追加する。

4.8.1 プロセス槽類

1. 連結点、適切なガイドピンおよび位置決めならびに接続装置を持ち、遠隔据付けおよび保守ができるように設計すること。
2. 除染液を満たしたり排出したりする装置および除染用装置を持込むための入口。
3. 計画したサービスを行うための長寿命材料。

4.8.2 遠心分離機

1. とい(sludge)による受け槽への排水。
2. 重力による排水ができるよう位置決めすること。
3. 受け槽を水洗するための接続および給水タンクへ戻すための配管。
4. 遠隔サービスおよび/または遠隔取替え用入口。

4.8.3 フィルター

1. フィルターエレメントの遠隔サービスおよび/または遠隔取替え用入口。
2. フィルターエレメントの処分の準備。

3. プロセス指示計 — たとえばフィルターの差圧 — の遠隔読取り。

4. 8. 4 純水装置

1. 連続処理ができる豊富なイオン交換システム。
2. 再生できる樹脂床。
3. 核分裂生成物および／またはアクチニドを最大限度除去するための樹脂の選択。
4. 樹脂の遠隔取替えと処分のための手段。
5. プロセス指示計の遠隔読取り。

4. 8. 5 蒸発器

1. 除染中の溶液の濃縮に使用するための高合金鋼。
2. プロセスに余裕を持たせるための蒸発器の相互接続。
3. 全蒸発器ためのプロセスシステムへのアクセス。
4. 蒸発器濃縮液が入っている全ラインの加熱。

4. 8. 6 か焼炉／ガラス固化装置

1. 選択的に供用中の保守を行うためのモジュール化。
2. 電源および用役接続部の集中化。
3. 保守頻度の高い構成部材に対する物理的肉眼的接近。
4. 故障確率の高い構成部材については、遠隔撤去および遠隔据付けができるよう設計すること。
5. 遠隔除染性。

5.0 除染方法

原子力工業に固有なニーズに合わせて、多種多様な除染方法が開発されている。本節で述べる除染方法と機器は専門的な性格のものであり、放射性物質で汚染している表面を浄化したり、または機器、機器システムおよび配管から汚染異物と腐食生成物を除去する能力を備えている。^{22, 23} 真空法、ふき取り操作、掃き出し操作等の日常の清掃技法についてはここでは触れないことにする。

一定の用途に対して最も有益な技法を選択する上での一助とするため、また、除染プロジェクト用の特別な計画と手順を開発するための出発点として情報が与えられている。最終的に選択する前に、当該技法を使用することにまつわる影響と制約とともに、その除染技法の有効性を入念に評価しなければならない。放射線安全性、廃棄物の発生、解体の必要性、接近性、対象物のサイズ、資本コスト、運転コスト、腐食性および産業安全などの観点から見ると、ややもすると有効な除染技法も実行不可能になってしまう。技術の説明、工業への応用、原子力への応用、長所および短所については、参考文献22と23に記載されている。伝統的または常識的な化学除染の方法については、3.3（表12.2）で検討している。また、核分裂型原子炉システムと試験ループに関する化学除染については参考文献24と25に要約されている。

5.1 機械的方法

機械的方法には、回転ワイヤブラシ、ホーン、スクレーパー、カッターおよび研磨材付洗浄棒など多種多様な清掃用具がある。これらの技法は、除染で有効に利用される可能性が高く、電力研究所がスポンサーの契約を通して、それらの有効性と適用範囲とを目下検討中である。

5.2 高圧水

種々の型のノズルから 1,000~20,000psi で吹きつける高圧ジェット水は、管、弁、タンク、内部構造の複雑なタンク、ポンプおよび機器の外表面からこすれば除去できる汚染を除去するのに有効である。汚染した水/異物を閉じ込めるため、グリーンハウスまたはテントを利用する。

5.3 超高压水

給水圧が20,000psi を超える (20,000~60,000psi)点を除くと、この方法は高压水による洗浄と同じである。この技法は、塗料および腐食層等の密着性の高い表面被膜の汚染を除去することができる。

5.4 研磨清浄

研磨清浄には、空気—研磨材ブラッシング (サンドブラッシング)、真空ブラッシング、水—研磨材ブラッシング、空気—スラリーブラッシング、ポンプによる研磨清浄および表面研削などがある。特定の除染用途に上述の諸方法をそれぞれ有効に利用できる。

空気—研磨材ブラッシングは、金属の内外面とコンクリートの清浄化に使えるが、除去物質量を綿密に制御できないうえ、大量の廃棄物が発生する。この方法を現場で外面の清浄化に利用する場合には、テントまたは「グリーンハウス」を使って、ちりを閉じ込め、汚染の拡大を制限しなければならない。

真空ブラッシングは、汚染の拡大を最少限度に抑えながら大面積の外面を除染するのに有効である。

水—研磨材ブラッシングと空気—スラリーブラッシングは、空気—研磨材ブラッシングより除去物質を制御しやすい。これらの方法はすべて、密着性の高い物質と腐食層を除去する。ポンプによる研磨材スラリー清浄は、弁や管継手を含む複雑な配管システムをその場所で除染するのに有望な方法のようである。

表面研削とホーニングは、局部汚染物質の除去によい方法であるが、管の内面を長さ方向に除染する場合にも利用できる。

5.5 振動仕上げ

汚染品を小型金属ないしセラミック片が詰まっている振動浴槽に浸して汚染をこすり取る。振動浴槽から汚染異物を除去するには洗浄溶液を使用する。

システムから取外した小部品の除染には振動仕上げを行うが、処理の可能な最大寸法は振動仕上げ装置の大きさで制限を受ける。大型スクラップは小片に切断してから処理すればよい。振動仕上げは、金属、硬質プラスチック、軟質プラスチックおよびゴム片を同時に

除染するうえでも有効なことが証明されている。また、寸法と形状が異なる構成部材も同時に除染できる。振動仕上装置に汚染物をいったん入れれば、洗浄作業には本質的に人力を要しない。振動仕上装置は市場で入手できる。試験によると、100以上の除染係数が得られ、発生する廃棄物量もわずかなことがわかっている。

5.6 超音波装置

超音波装置は、表面をすり落とすため、薬品や溶媒の作用を利用するだけでなく、キャビテーションの局部圧力と温度を利用する。

超音波洗浄は、洗浄タンク内に入れられる品物に対しては非常に有効な除染方法であることが実証されている。付着力が弱くこすり落せる汚染物質は、一般的に言って成功裡に除去でき、その際の除染係数は100にも達する。しかし、厚くてガム状の析出物はこの方法では除去できそうもない。超音波洗浄で発生する放射性廃棄物量は比較的少なく、遠隔制御もできるし、放射性物質による汚染が拡大することもない。

5.7 フレオン洗浄

高圧フレオン-113洗浄は、原子力発電所にあるほとんどあらゆる型式の機器から、ふき取り可能な放射性汚染を有効に、迅速にしかも安く除去できる方法である。この方法は、防護衣、呼吸マスク、工具（木製ハンドルがついているものさえ含む）、露出面、電線および電動機など多種多様な品物を有効に洗浄するために用いられている。放射性廃棄物の減容効果としては1/100にも達する値が得られているし、人件費も比較的低い。ただし、フレオン蒸気を閉じ込めないと、大気汚染が問題になる可能性がある。

5.8 電解研磨

電解研磨法は、リン酸と直流電流を使って金属表面から汚染した外側の層を除去する。セル壁内張りやグローブボックスのような平らな面を含む多くの汚染している金属製構成機器に、浸漬技法およびその場所での電気化学的除染技法を適用できる。

バックグラウンドレベルまで除染することも簡単にできる。電気化学的除染を行った結

果、表面は平滑になるので、次の段階の除染が楽になるばかりでなく、再使用中に再汚染する割合も低くなる。

5.9 蒸気／温水洗浄と2相混合物

蒸気洗浄は、壁、天井および種々の産業機器の表面洗浄に使う開発度の進んだ方法である。流体は高速度で衝突し、き裂とすき間から汚染物を除去する。管内面からスケールおよび固定放射性汚染を含む腐食生成物を清浄化するには、酸を加えた湿り蒸気を使っている。母材はほとんど侵されない。

蒸気洗浄は、比較的 low コストであり、簡単でもあり、適度の従業員の訓練と安全上の注意が必要だけである。湿り蒸気エジェクター洗浄（洗剤を使う）の結果発生する廃棄物量は少ない。インジェクター洗浄の場合は、発生量のはるかに多い。蒸気洗浄は、汚染を広範囲に拡大するおそれがある。このため、蒸気洗浄は、機器および小部屋の表面、グローブボックスあるいは汚染の拡大を制御できるテントを設けた区域に限って実施されることがある。

5.10 除染あわ、ゲルおよびペースト

除染あわ、ゲルおよびペーストは、選ばれた表面の除染に成功裡に使用されている。このうち、あわ技術だけが成功裡に大規模に実証されている。抑制リン酸あわは、潜在的用途が多くしかも廃棄物容積の少ない価値ある除染技法のようである。

5.11 はく離ができる除染被膜

はく離ができる除染被膜は表面汚染を防止する有効な方法の1つである。さらに、汚染物質の種類、表面の種類と場所に応じて、表面を除染する添加剤を被膜に入れることもできる。液体廃棄物は発生せず、2次廃棄物の発生量も極めて少ない。2次廃棄物は柔軟な被膜内に含まれており、この被膜は簡単に除去して処分できる。スプレーとはく離は迅速に行える。従業員の放射線被曝とコストも低い。

5.12 ドライアイスブラスチング

ドライアイス（ジェット）ブラスチングは、ふき取りができる汚染を除去できそうである。ドライアイスは蒸発するので、発生する廃棄物は、除染中の品物から除去された汚染物質だけである。ドライアイスブラスチングは、金属表面はもちろん、コンクリートを清浄化するためにも用いられる。この方法は金属表面をすり減らさない。さらに開発を進めて始めてこの技法は推奨できるようになる。

5.13 電気化学的に活性化した溶液

この方法では、電気化学的に活性化したセリウムⅡ（再生品）を用いて硝酸の除染作用を促進させる。電気化学的に活性化した溶液の利用は、特定の除去困難な汚染物質に対する除染効果を増加するかまたは2次廃棄物量を最少化するため、従来の高濃度薬品法に対する1つの代替法である。活性化溶液法は、電気接触がないことまたは構成部材の形状がこの技法に向いているその場所での電解研磨の1つの代替法として使えるかもしれない。

6.0 運転上の考察

6.1 運 転

除染およびデコミッショニング作業をしている従業員の放射線防護は、初期の施設計画で検討すべきである。多くの除染およびデコミッショニングでは相当量の空中浮遊汚染物質が発生するので、施設の設計では、封じ込めと呼吸の防護は重要な検討事項である。洗浄剤の毒性および洗浄剤が洗浄中の面に触れた時に発生する可能性がある有毒フュームについても検討すべきである。さらに、爆発性ないし可燃性ガス混合物の存在もしくは発生の可能性についても評価すべきである。また、許可を受けた作業計画書に従って、重要な放射線衛生、産業衛生または危険に対する安全性にかなう手続きを行うべきである。

原子力施設のデコミッショニング時に従わなければならないはずの連邦規制を表12.3（参照文献17より）に示す。これらの規制はしばしば変わり、定期的に新規制が追加される。現行の規制であることを確認するため、最新版の連邦規制基準（CFR）を参照すること。

6.2 廃棄物の処分

放射性物質の梱包、輸送を支配する規制は、連邦レベル、州レベルおよび地方自治体レベルでそれぞれ存在する。この規制類の大多数は、梱包に必要な事項に関しては、一般に、連邦レベルで有効な米国原子力規制委員会（NRC）および米国運輸省（DOT）の規則に矛盾しない。NRCの規制は、DOTの規制よりも危険性の高い積荷に重点を置いている。一般に、州および地方自治体の規制は、連邦規則を強化しており、両者の管轄内にある輸送業者の作業に関してさらに規則を適用している。

連邦政府〔典型的には米国エネルギー省（DOE）〕施設間の軍事廃棄物の輸送のための梱包には、自らが課した必要条件を通じて連邦規制を適用する。梱包は、現在、DOEが課す必要条件とDOE、NRCおよびDOT間の協定で規制されている。歴史的に見ると、DOEの梱包要件は、NRCおよびDOTの梱包要件と同じである。現存する輸送規制には次のようなものがある。

1. 49CFR170～199 : 危険物の輸送に適用するDOTの規制。
2. 10CFR71 : 放射性物質の梱包と出荷に適用するNRCの規制。

3. 14CFR103 : 放射性物質の空輸のための連邦航空局 (F A A) の規制。
4. 46CFR146、149 : 放射性物質の水上輸送に適用する米国沿岸警備隊の規制。
5. 10CFR73 : 輸送中の特殊核物質の防護のためのN R Cの規制。

表12.4に詳細に示してあるのは、核物質の輸送と処分に適用するN R C、環境保護庁 (E P A) およびD O Tの規制である。陸地処分に適用する現行のN R Cの規制(10CFR61)は核分裂型原子炉で得た経験に基づいている。したがって、核融合装置で産まれる可能性がある崩壊生成物の一部は、この規制中に入っていないが、将来は規制中に入れられることになる。

核物質の輸送のためのN R Cの規制指針および米国規格協会 (A N S I) の規格と指針をそれぞれ表12.5および表12.6に示す。これらの規制は変わることが多く、新規制が定期的に追加されるので、規制が現在有効なものであることを保証するため、C F Rの最新版を確認すること。

核燃料サイクルにまつわる積荷に対しては、D O TとN R Cの規制が最も大切である。^{26, 27}

7.0 性能の保証と検証

施設の運転またはデコミッショニングのような作業を完成するために、機器、システムおよび従業員として必要な性能を保証するためには、プロジェクトに必要な事項を確立し、活動を管理し指導するため、性能と検証計画が必要である。一般に、成功を収めうるプログラムを展開するには、下記の責任を持つ組織を作ることが必要である。

1. 施設管理：性能上必要な事項がかなえられているかどうかを監督し、最終的に決定する。
2. プロジェクト管理：プロジェクトまたは作業を実施する。
3. 品質保証管理：プロジェクトまたは作業が計画どおり実施されたことを検証する。

プログラムまたはプロジェクト計画の中で、これらの組織の責任と境界を明確に同定し、限定されるべきである。

一般に、性能・検証計画は、下記の目的を達成するように設計する。

1. 使用する機器と施設の信頼性と品質（運転性）ならびに建設および／または運転活動の最終結果を保証すること。
2. 適正な健康上、安全上、環境保護上および核物質保証措置上の必要事項が建設ならびに運転プロジェクト活動に適用されていることを保証すること（最終結果および健康、安全ならびに環境に関する誤りと誤動作が招く可能性のある結末を評価する）。
3. 一定のプロジェクトに適用した建設、運転および研究管理に関し、慣行を補い文書化すること。
4. プロジェクト用機器、運転、組立ておよび建設上の変更事項を管理し文書化する管理システムを設けること。
5. 顧客が必要とする事項を満足させること（プロジェクトを中断する影響を評価する）。

性能および検証計画の一般的特徴は下記のとおりである。

1. 組織
 - a. 品質保証（QA）組織
 - b. QA責任
2. QAプログラム
 - a. 適用性

- b. QA計画／必要事項／手順
 - c. 従業員の資格と訓練
 - d. QAの見直し
3. 設計の管理と方法の見直し
- a. 設計計画
 - b. プロジェクトの概論と方法
 - c. 設計およびエンジニアリングの管理
 - d. データの検証
 - e. インターフェースの管理
 - f. 設計の見直しと検証
 - g. 改訂
4. 調達
- a. 調達／下請文書の作成と承認
 - b. 源泉検査活動
 - c. 供給業者／下請業者の選択
 - d. 最終調達文書
5. 文書／図面管理
- a. 選定文書／図面の管理
 - b. 改訂
6. 品物の同定と管理
- a. 同定と管理
 - b. そ及性
7. 特殊工程の管理
- a. 工程管理
 - b. 工程選定
8. 検査および試験の性能
- a. 受入検査
 - b. その他検査（受入検査以外の検査）
 - c. 試験
 - d. 記録、札付けおよび不良品

9. 測定および試験装置の管理 (M&TE)
 - a. 基本的責任
 - b. 性能点検
 - c. M&TEの較正
 - d. 較正の不一致
 - e. 新装置
 - f. 記録
10. 取扱い、保管および出荷
 - a. 一般指針
 - b. 特殊指図書
11. 検査、試験および運転条件の状況
 - a. 状況表示権限
 - b. 状況表示要件
12. 不良品および矯正処置
 - a. 不良品の発生
 - b. 不良品の管理
 - c. 矯正処置
13. QA記録
 - a. 一般指針
 - b. QA記録に必要な事項
14. 監査：QA監査の基本の一部としてプロジェクトまたは活動を選んだときに適用する。

8.0 参考情報

8.1 デコミッションング情報

NRCは、1970年中ごろ、デコミッションングに係る新標準を作成するためのデータベースを開発するため、一連の研究を始めた。研究の第1段階では、種々の参照原子力施設デコミッションングにまつわる技術、安全およびコストを取上げ、第2段階では、デコミッションング文献目録、現行規制の見直しなどを取上げた。

第1段階の一連の研究を開始して以来、各種の参照原子力施設に関する技術、安全およびコストについて15件のNRC報告書が発行されている。仮想的にデコミッションングを講じた参照原子力施設は表12.7に示すとおりであるが、これにはNRC報告書番号、発行年月日および参照番号を付けてある。第2段階の一連の研究では5件の報告書が発行している。第1件目の報告書は、原子力施設のデコミッションングに関する注釈つき文献目録であり、¹⁶第2の報告書は、現行のデコミッションングがらみの規制の見直しと解析である。¹⁷第3の報告書は、軽水炉の廃炉措置の促進に関するものであり、¹⁸第4の報告書は、デコミッションング調査基準に合致しているかどうか監視することに関する情報の基礎を築くことについて述べている。¹⁹さらに、第5の報告書は、原子力施設のデコミッションングに伴う最終調査の技術とコストを明らかにしている。²⁰

これらの参考報告書は、核分裂関連工業に対するデコミッションングの数方式のための除染およびデコミッションングの過去、現在さらには将来像を示している。参照原子力施設にデコミッションングを講じるため、仮りに現段階で実証済みの除染技術とデコミッションング技術を用いている。米国材料・試験協会（ASTM）標準指針 E10.03.06は、デコミッションング計画に対する指針を明らかにしている。

表12.2 各種表面に対する化学除染剤

表 面	除 染 剤
全表面	蒸気、または水と洗浄剤 有機溶媒
ステンレス鋼	20% HNO ₃ - 3% HF、重量基準 ^a 20% 苛性ソーダ - 2% 酒石酸 錯化剤 (EDTA、シュウ酸塩、炭酸塩、クエン酸塩) 過マンガン酸アルカリ - クエン酸アンモン
炭素鋼	市販の除錆剤 抑制 H ₃ PO ₄ 、1モル 錯化剤 (EDTA、シュウ酸塩、炭酸塩、クエン酸塩)
アルミニウム	希苛性ソーダ ^a クエン酸と洗浄剤の混合液 錯化剤 (EDTA、シュウ酸塩、炭酸塩、クエン酸塩)
銅、真鍮	希HNO ₃ ^a 銅・真鍮用家庭および工業洗剤 錯化剤 (EDTA、シュウ酸塩、炭酸塩、クエン酸塩)
鉛	希HNO ₃ ^a 濃HCl
ガラス器具	クロム塩 濃HNO ₃
床タイル	クエン酸アンモン 3リン酸ナトリウム 粗粒物質または軽石入り家庭用洗剤
塗装面	市販の塗料除去剤 ^a 3リン酸ナトリウム 粗粒物質または軽石入り家庭用洗剤 ^a 錯化剤 (EDTA、シュウ酸塩、炭酸塩、クエン酸塩)

^a 母材を侵す溶液

表12.3 原子力施設に適用できる現行連邦政府法規¹⁷

政府機関	法令	パート番号	表 題
NRC	10 CFR	19	労働者に対する注意、指示および報告；検査
NRC	10 CFR	20	放射線防護基準
NRC	10 CFR	30	副産物の国内許認可に対する一般適用規則
NRC	10 CFR	40	原料物質の国内許認可
NRC	10 CFR	50	製造および使用施設の国内許認可
NRC	10 CFR	51	環境保護に対する許認可、規制政策および手順
NRC	10 CFR	60	高レベル放射性廃棄物の地層処分場における処分
NRC	10 CFR	61	放射性廃棄物の浅地埋設処分用許認可要件
NRC	10 CFR	70	特殊核物質の国内許認可
NRC	10 CFR	71	放射性物質輸送用梱包と放射性物質のある 条件下での輸送
NRC	10 CFR	73	工場の核物質防護
NRC	10 CFR	140	財政保護要件と補償契約
NRC	10 CFR	150	274 節に基づく契約国における免除および 継続規制当局
NRC	10 CFR	170	改訂1954年原子力法に基づく施設および物質免許 取得費ならびにその他規制サービス費
NRC	規制指針	186	原子炉運転免許の停止
EPA	40 CFR	190	原子力発電作業用環境放射線防護基準
EPA	40 CFR	191	使用済燃料、高レベル放射性廃棄物および超ウラン 放射性廃棄物の管理と処分用環境基準
DOT	49 CFR	170-199	危険物法規

表12.4 核物質輸送連邦法規

所轄官庁	法令	パート番号	表 題
NRC	10 CFR	20	放射線防護基準
NRC	10 CFR	70	特殊核物質の国内許認可
NRC	10 CFR	71	放射性物質輸送用梱包と放射性物質のある 条件下での輸送
NRC	10 CFR	73	工場および輸送中の特殊核物質の核物質防護
EPA	40 CFR	190	原子力発電作業用環境放射線防護基準
DOT	49 CFR	171	一般情報、法規および定義
DOT	49 CFR	172	危険物表および危険物連絡規則
DOT	49 CFR	173	荷送人・・・出荷と梱包用一般要件
DOT	49 CFR	174	鉄道輸送
DOT	49 CFR	175	航空機輸送
DOT	49 CFR	176	船舶輸送
DOT	49 CFR	177	公共高速道路を使う輸送
DOT	49 CFR	178	輸送容器仕様書
DOT	49 CFR	179	タンク貨車仕様書

表12.5 核物質の輸送に関係のある原子力規制委員会（NRC）規制指針

番 号	表 題	改 訂	発布年月
7.1	放射性物質の梱包と輸送のための行政指針	—	74/06
7.2	放射線汚染生物の梱包と輸送	—	74/06
7.3	放射性物質の取出し受入れ手順	—	75/05
7.4	放射性物質出荷用パッケージの洩れ試験	—	75/06
7.5	放射性物質に関するある種のNRC要件を免除 してもらうための行政指針	— 0/R 1	75/06 77/05 78/03
7.6	出荷用キャスク格納容器の構造解析用設計規準	—	77/02
7.7	放射性物質出荷用梱包要件に合致していることの 検認用行政指針	—	77/08
7.8	出荷用キャスクの構造解析のための負荷の組合せ	—	77/05
7.9	大量の核分裂性放射性物質用B型梱包の許可を受ける ための標準フォーマットとパート71の内容	— 1	79/03 80/01
1.38	水冷却型原子炉構成要素の梱包、出荷、受取り、保管 および取扱い用品質保証要件	2	77/05
5.15	特殊核物質の防護と管理用安全保障シール	—	74/01
5.17	トラック識別マーク付け	—	74/01
5.20	警備人と見張り人の訓練、装備および資格の賦与	—	74/01
5.31	特殊核物質の道路輸送用武装警備人帯同特殊設計車輛	1	75/04
5.32	輸送車輛との連絡	1	75/04
5.52	(原子力発電所を除く施設に対する)免許申請の核物質 防護用標準フォーマットと内容(意見聴取用)、 規制指針5.52改訂1版(意見聴取用)の第4章 「安全保障組織」と第18章「安全保障関係者」の 改訂版(60日間の意見公募用)を1978年7月に 発行した。	1	76/06
5.56	輸送用保障措置偶発事のフォーマットと内容(意見 聴取用)	—	78/03
5.57	特殊核物質受払い管理(意見聴取用)	—	76/06
10.1	NRC規制に従う人に対する報告要件の編集	3	77/05

表12.6 核廃棄物関連米国規格協会 (ANSI)

(ANSI) N14 標準と指針

番号	表 題	状況 (1983年現在)
N14.2	1 tトラック分を超える核物質および放射性物質の輸送に対する制限事項	審査中
N14.4	放射性物質用輸送容器の加工、使用および保守時の品質保証	適用範囲を審査中
N14.5	放射性物質出荷用パッケージの洩れ試験	5年かけて審査の予定
N14.6	核物質用 10,000 lb (4,500 kg) 以上の輸送容器用特殊巻揚げ装置	5年かけて審査の予定
N14.8	照射済み原子炉燃料要素用遮蔽輸送カスクの加工、試験および検査	5年かけて審査の予定
N14.9.2	最終処分場へ輸送のための原子炉放射性廃棄物の梱包	案を作成中
N14.10.1	放射性物質の梱包と輸送のための行政指針	適用範囲を審査中
N14.10.3	放射性廃棄物用梱包要件に合致していることの検認用行政指針	5年かけて審査の予定
N14.19	照射済み燃料輸送カスクの付帯的特徴	案を標準審査委に提出済み
N14.20	輸送車輛の汚染管理	案を作成中
N14.23	トラック輸送で1 tを超える放射性物質パッケージの耐衝撃および耐振動性の設計基礎	案を意見聴取のため発行済み
N14.24	放射性物質の海上輸送	案を改訂中
N14.25	核分裂性および放射性物質鉄道輸送上の制限事項	案を作成中
N14.26	放射性物質用梱包の検査と予防保守	適用範囲作成中
N14.27	トラック輸送できる量の放射性物質にまつわる高速道路輸送事故に対する運送業者ならびに荷送人の責任と緊急時応答手順	案を意見聴取のため発行済み
N679	放射性物質の梱包用作業マニュアル作成指針	5年かけて審査の予定
N14指針 特別報告書	核物質輸送の債務面に対する行政指針	1974年9月に発行済み

表12.7 参照商業核施設のデコミッショニング技術と安全関係費用

参 照 施 設	参考文献番号	N R C 報告書番号	発行年月
燃料再処理計画	1	NUREG 0278	1977年10月
加圧水型原子炉 (PWR)	2	NUREG/CR-0130	1978年 6 月
PWR 付 録	4	NUREG/CR-0130 付録	1979年 8 月
混合酸化物燃料加工工場	3	NUREG/CR-0129	1979年 2 月
低レベル廃棄物埋設場	5	NUREG/CR-0570	1980年 6 月
付 録	9	NUREG/CR-0570 付録	1981年 5 月
沸騰水型原子力発電所	6	NUREG/CR-0672	1980年 6 月
ウラン燃料加工工場	7	NUREG/CR-1266	1980年10月
非燃料サイクル核施設	8	NUREG/CR-1754	1981年 2 月
6 フッ化ウラン転換工場	1 0	NUREG/CR-1757	1981年10月
複数原子力発電炉をもつ発電所	1 1	NUREG/CR-1755	1982年 1 月
研究・試験原子炉	1 2	NUREG/CR-1756	1982年 3 月
仮想事故後の軽水炉	1 3	NUREG/CR-2601	1982年11月
独立の使用済燃料	1 4	NUREG/CR-2210	1984年 1 月
仮想事故後の非燃料サイクル および燃料サイクル施設	1 5	NUREG/CR-3293	1985年 5 月