

No.27

デコミ ニュース

第27号

目次

1. 固体状物質を規制対象から解除するクリアランス基準の
ドイツ、米国における動向 … 1
2. 新たな技術による除染、解体撤去のコスト削減 … 4
3. 配管用アスベスト断熱材の現位置自動除去システムの開発
— “Pipe-Taz”システム — … 8
4. 米国 DOE 施設の再使用に向けた除染技術の開発 … 12
5. モルピリエ極低レベル放射性廃棄物処分施設(仏)の概要 … 15

(財)原子力研究バックエンド推進センター

RAINDIEC

1. 固体状物質を規制対象から解除するクリアランス基準の ドイツ、米国における動向

はじめに

原子力発電所のデコミッショニングを開始するに当たり、放射性廃棄物の規制対象からの解除(クリアランス)は極めて重要な意味を持っている。現行法では、放射能に汚染された廃棄物はすべて安全な状態で保管・埋設処分することを義務づけている。デコミッショニング後、解体物のほとんどは極めて少量の放射能を有するのみで、もはや放射性廃棄物として特別な管理を必要としない一般の廃棄物として取り扱うことが可能となるよう様々な検討が進められている。

本報告では、比較的最近の動向として、ドイツにおける放射性廃棄物の規制対象からの解除基準の変遷及び米国における関連動向につき、昨年米国で開催された国際会議(WM'03)での発表内容¹⁾²⁾等を紹介する。

1. ドイツにおけるクリアランスレベル基準の検討状況

カールスルーエ原子力研究センターでは、すでに同センターの開発した炉の内、ニーダライヒバッハ原子炉が完全に解体され、いくつかのデコミッショニングプロジェクトが進行中である。各プロジェクト毎に、全廃棄物量の約70%が原子力の規制対象から解除される。

規制解除の基準は原子力法に含まれ、制度化されている。ドイツでは、放射線防護令(RPO: Radiation Protection Ordinance)の改正に、1996年のEURATOMの基本的安全基準を参考にクリアランスレベルに関する基準値を織り込む作業が進められ、2001年7月20日には放射線防護令の改正が行われた。

クリアランスレベルは、無条件のものと同条件付きのもの、また、廃棄物の種類と条件に応じて放射性核種毎に定められている。その条件には、無制限規制の物質(Bq/g)、土壌汚染(Bq/g)、建屋再利用(Bq/cm²)、及び条件付規制の物質(Bq/g)、解体する建屋(Bq/cm²)、リサイクルするスクラップ(Bq/g)などで、代表的な放射性核種について、その値を表1に示す。これらの値は、十分に低い放射能レベルとして国際的に採用されている、年間約10 μSvの個人線量を基本として導かれている。原子炉施設の代表核種となるCo-60では、表面密度1Bq/cm²、無制限濃度0.1Bq/gに対し、条件付きで処分するときには4Bq/cm²、また、リサイクルする場合は0.6Bq/gとなっている。

無制限規制解除されるスクラップについては、スクラップ業者が引き取り、一般のスクラップと一緒に混合し、再生されている。ニーダライヒバッハ原子炉からのコンクリート廃材が森林の遊歩道として使用され、地主に感謝された例もあるらしい。

表1 ドイツの放射性防護令に示された規制解除レベルの抜粋

第1欄	第2欄	第3欄	第4欄	第5欄	第6欄	第7欄	第8欄	第9欄
核種	表面密度 (Bq/cm ²)	規制解除レベル						
		無条件規制解除				以下の条件付規制解除		
		固体、液体物質 (第4欄を除く) (Bq/g)	建造物の断片、掘削土壌、年間1000t以上 (Bq/g)	土壌表面 (Bq/g)	再利用する建屋 (Bq/cm ²)	処分する固体、液体物質(第4欄を除く) (Bq/g)	解体する建屋 (Bq/cm ²)	リサイクルする金属スクラップ (Bq/g)
³ H	1E2	1E+ 3	6E+ 1	3	1E+ 3	1E+ 3	4E+ 3	1E 3+
¹⁴ C	1E	8E+1	1E+1	4E-2	1E+3	2E+3	6E+3	8E+1
⁵⁴ Mn	1	4E-1	3E-1	9E-2	1	1E+1	1E+1	2
⁶⁰ Co	1	1E-1	9E-2	3E-2	4E-1	4	3	6E-1
⁶⁵ Zn	1	5E-1	4E-1	1E-2	2	1E+1	2E+1	5E-1
⁹⁰ Sr	1	2	2	2E-3	3E+1	2	3E+1	9
⁹¹ Nb	1	2E-1	1E-1	5E-2	5E-1	6	4	4E-1
⁹⁵ Nb	1	2	3E-1	1E-1	1	1E+1	6E+1	1E+1
⁹⁵ Zr	1	5E-1	9E-1	1E-1	1	5	2E+1	6E-1
¹⁰⁶ Ru+	1E+1	1	1	3E-1	6	4E+1	5E+1	1
¹²⁵ Sb+	1E+1	8E-1	5E-1	8E-2	2	2E+1	2E+1	3E+1
¹³⁴ Cs	1	2E-1	1E-1	5E-2	6E-1	6	5	2E+1
¹³⁷ Cs+	1	5E-1	4E-1	6E-2	2	1E+1	1E+1	6E-1
¹⁴⁴ Ce+	1E+2	9	5	4E-1	3E+1	1E+2	2E+2	1E+1
¹⁵⁴ Eu	1	2E-1	2E-1	6E-2	7E-1	7	6	5E-1
²⁴¹ Pu	1E+1	2	2	4	1E+1	2E+2	9E+1	1E+1
²³⁹ Pu	1E-1	4E-2	8E-2	4E-2	1E-1	1	2	2E-1
²⁴⁰ Pu	1E-1	4E-2	8E-2	4E-2	1E-1	1	2	2E-1
²⁴¹ Am	1E-1	5E-2	5E-2	6E-2	1E-1	1	3	3E-1
²⁴⁴ Cm	1E-1	8E-2	8E-2	8E-2	1E-1	1E+1	5	5E-1

2. 米国の動向

NRC (原子力規制委員会)は数十年間、液体と気体の放出に対して明確な線量基準の標準を有しているが、原子炉からの解体廃棄物に対する首尾一貫した無制限解放基準の欠如は、数十年にも及ぶ問題となっている。原子力発電所からの固体の放出基準がないことによる、デコミッションング時のコスト負担は莫大なものになっている。NAS (全米科学アカデミー)の見積もりをベースに試算した場合、米国内のすべての原子力発電所からのコンクリートと金属(放射性廃棄物でない廃棄物)の処分費は、45億ドルから117億ドル程度の費用がかかり、もしクリアランスレベル以下のものを一般産業廃棄物処分場に送ることができれば、その費用は3億ドルから10億ドルに低減されとの試算もある。デコミッションング時の解体廃棄物の処分に対する規制の適用が不明確なことにより、場合によってはデコミプロジェクト全体のコストの10~20%にも及ぶ影響がある。

米国内の原子炉全体で、この規制の欠如に起因するコストは100億ドルにも成り得ると見積られている。このことからNRCのクリアランス基準制定の重要性が指摘されている。

1974年に制定された規制指針(R. G1. 86)では、無制限放出できるレベルの目安に表面汚染密度を与えており、この値は線量基準(dose based)ではないという課題を有していた。

その後、サイト解放基準のための建屋及び土壌を対象にした最終サーベイ結果とデータの評価指針である米国多省庁間マニュアルMARSSIM (NUREG-1575)が、1997年12月に制定されている。クリアランスレベルについては、NRCが1998年にNUREG-1640 (原子力施設からの設備及び物質のクリアランスに関する放射線学的評価)を公表した。これに対し、NAS (全米科学アカデミー)はNUREG-1640に対するコメントを2002年3月に取りまとめ、見直すことを勧告をしている。これらを受け、NRCは2002年の10月に、規制の枠組み作りの作業継続を決めた。

また、原子力保健物理学会が検討し、1999年に解体廃棄物への標準 (ANSI N13.12) が発表され、その適用性を中心に検討が進められている。

3. まとめ

規制の統一化の観点からIAEA、EUのEC委員会等からクリアランスレベル指針又は技術文書が検討され、多く公表されている。EC委員会での指針作成はほぼ終わり、関係国での規制整備に基づき実施段階にある。特にドイツでは、原子炉施設、核燃料使用施設等の放射性廃棄物全体に係るクリアランスの規制が整備され、廃棄物のリサイクル等が進んでいる。米国では、現在、クリアランスに関する検討が進められており、IAEAでは、安全指針 (DS161) を検討中である。これらの動向は、我が国での検討内容への影響が大きいことも予想されるだけに注目しておく必要がある。

(技術開発部 池田 諭志)

参考文献

- 1) A. Graf, L. Valencia, "Changing Release Criteria from Past to Present," WM'03, Tucson; AZ, U. S. A., Feb. 23-27, 2003, (2003).
- 2) Jas S. Devgun, "Clearance of bulk Materials from D&D - Life after the NAS Report," WM'03, Tucson; AZ, U. S. A., Feb. 23-27, 2003, (2003).

2. 新たな技術による除染、解体撤去のコスト削減

米国エネルギー省 (DOE) は原子力施設の除染と解体撤去 (D&D) に対して、安全でよりコスト効果のある新たな技術を求め続けている。DOEの科学原子力局 (OST) の原子力施設の機能停止と解体撤去に関する重点領域 (DDFA) では、D&D計画に新しい技術導入を支援するため、大規模実証発展プロジェクト (LSDDP) に資金援助を行っている。アイダホ国立工学環境研究所 (INEEL) のLSDDPでは、進行中のD&D作業に新たな技術を導入する特定課題を決めるために必要なリストを作っている。

1998年から、INEELのD&D計画に対するLSDDPでは26件の技術を実証し、実施してきた。DOEの他のサイトでこれらの技術の使用を推進するために、LSDDPチームは、データ情報、ビデオ、技術要約報告書、INEELの新聞記事、ポスターを発行し、この計画を紹介するインターネットホームページを管理してきた。その結果、ハンフォード等、7カ所のサイトでこれらの技術が採用された。このプロジェクトにおけるコスト削減の概要が発表されたので¹⁾、紹介する。

1. 概要

DOEは約7,000以上の汚染した建物の除染のほか、約700の汚染した建物を解体する原子力施設を所有しており、これらに対してコスト効果がある安全な技術を開発、実証、実施する責任を持っている。

INEELは1998年にINEELのD&Dの実施を支援するLSDDP計画を請け負った。さらに、2001年にはINEELがDOEの他の研究施設で計画を支援する第2期LSDDPを請けた。DOEの原子力施設を除染及び解体するために十分な基本技術は既にあるが、これらの基本技術は、多くの場合労働力集中型で、時間がかかり、高価で、作業者に過度な放射線被ばくを生じることになる。さらに、多くの基本技術は建物及びこれらの収納機器の容積以上に2次廃棄物を発生することにもなる。

DDFAでは、2次廃棄物の発生量が少なく、低コストで、作業量が少なく、放射性物質及び危険物による作業員への被ばくが少なく、より安全性の高い技術の開発、実証、実施に取り組んでいる。DDFAの目的は、最終使用者に納得してもらうために、ある規模で、一定の試験期間、DOEの施設において技術を実証することにある。この技術の使用を決めるために、実証した技術の十分な情報を用意することが重要である。

各サイトでの作業員は、進行中のD&D作業に新たな技術導入に関係する特定課題を決めるために必要なリストを作成した。LSDDPによって、これらの必要性な技術分野を、特性調査、除染、解体作業、材料処理、作業員の安全性の5つに分類した。これらの改良技術に求められる利点は、作業員及び環境への健康と安全のリスク低減、作業性の向上、運転コストの削減、スケジュールの短縮である。

2. 試験した技術

1998年以降、INEELのLSDDPにより26件の技術が実証され、DOEの7カ所のサイトで実施された。26件の内訳は、特性調査に係る技術が14件、解体作業4件、除染4件、材料処理2件、作業員の安全性に関するものが2件である。

これらの技術は世界の6ヶ国から導入された。すなわち、米国18件、ドイツ2件、ロシア2件、日本2件、カナダと英国がそれぞれ1件である。

D&D作業のほとんどは、最近の6年間に開始したので、試験した26件のうち、14件の技術がD&D作業の最初に行われる特性調査に関するものであった。

14件の特性調査の分野では、7件の技術が放射線の汚染レベルを測定するために使われた。これらの技術の多くは、人の被ばくを抑えるために、ロボットで実施されたものである。一例として、ロシアが開発したγ線測定装置を図1に示す。この装置はD&D活動のために作業者が汚染された建物に入る前に放射線のホットスポットを遠隔で検出するために、INEELで使われた。そのほかは、PCBの検出や地中の特性調査、鉛塗料の検出または試料採取の支援のための技術である。

解体作業の改善のために使われた4件の技術には、新たな足場作りシステム²⁾、エアキャスタ(図2)、電子業務日誌、汚染エリアで使う前に電気コードまたは空気ホースをスリーブで接続する工具、ステンレス鋼を切るために使う帯鋸、遠隔解体用ロボット(BROKK)を遠隔解体で使うための工具である。

建物の除染に関する4件の技術のうち、2件は広い面積を機械的にはつる装置であり、はつり作業期間中に壁または天井に張り付くことができるはつりロボットが使われた。また、INEELの建物の除染に関する技術では、人が入室する前に汚染物質を固定するエアロゾル噴霧システム、D&Dの進行中に建物から鉛やPCBで汚染された塗料を除去するためにの液体塗料除去剤が使われた。

低レベル放射性廃棄物の処理に関しては、フレキシブルコンテナ³⁾が、INEEL、ハンフォード、フェルナルドのサイトで使われた。これは大きな容量のバッグであり、大きな廃棄体のガレキ形状に沿って梱包できるものである。ほかに試験された処理技術では、ドイツ製の銅線リサイクル技術⁴⁾として、再利用できる非汚染の銅芯と汚染された被覆の部分に分離する銅線リサイクル機が使われた。

また、INEELのLSDDPでは動力空気呼吸器が試験された。この呼吸器は負圧呼吸器より防護性が増し、優れたものであった。このほか、LSDDPでは、怪我に係る熱のストレスを防ぐための温度検出システムを使用した。これらの技術は解体作業に関連する健康への悪影響のリスクを減少させた。

3. 実現したコスト削減と期待される今後の削減

(1) 実現したコスト削減

DDFAの一部として、基本技術に比較した新しい技術のコスト、効率、作業効率、安全性の観点から比較するため、データを収集した。これらのデータを使って、DDFAの実施期間中にコストベネフィット解析が行われた。最初の1年間に新たな技術を使用することにより、合せて1.96M\$ (2億3千万円)のコスト削減が出来た。表1にLSDDPにより試験された全ての技術件数及び開発/実施サイトのリストを示す。

INEELで試験した技術の1つに、AeroGo Inc.で製作されたエアキャスタがある。このシステムによって、70,000 lbs (約32トン)の焼却炉を建物の外に搬出した(図2)。また、従来の焼却炉の搬出方法は、屋根を外し、クレーンを持ち込み、持ち上げて搬出し、屋根を再度取付ける方法であったが、このエアキャスタの使用によりINEELで135,000\$ (約1,600万円)を削減できた。

INEELで試験した他の技術として、コンクリートまたは金属表面から手動の道具を使って塗料を切り取ることによって塗料サンプルを集めるために使われたボッシュ製回転ハンマードリル⁵⁾である(図3)。エアキャスタは単一プロジェクトで大きなコスト削減があったが、このドリル部品は約800\$であり、初年度に2,000\$の削減ができた。削減額は小さいが、作業者が仕事を容易に出来る利点も大きい。

表1 新しい技術が使われた件数とサイト

試験した技術分野	技術が実証または実施されたサイト							
	INEEL	マウンド	ハンフ オード	ロスア ラモス	オーク リッジ	ウエスト バレー	アッシュ ビュラ	フェル ナルド
特性調査	14	3	1		1			
解体作業	4		2	1		1		1
除染	4						1	
材料処理	2		1					1
作業者安全性	2		2					

(2) 期待される今後のコスト削減

INEELのために2002年4月に出た、“2012年イニシアティブの支援における施設の機能停止、除染、解体撤去”によれば⁶⁾、INEELでは2012年までに廃止措置活動のために198M\$（約238億円）の予算が使われる。この情報を使って、LSDDPにより試験された新たな技術使用によるコスト削減を評価した。その結果、INEELでのD&D作業では、51M\$（約61億円）以上の削減になる。

この51M\$は、直接作業と装置の費用、2次廃棄物の削減、期間短縮、被ばく量の低減(ALARA)、監視と管理コストに関する削減によっている(図4)。この図に示すように、監視と管理の分野が最もコストの削減効果が大きい。

(参事 宮本 喜晟)

参考文献

- 1) N. A. Yancey, “Cost Saving through Innovation in Decontamination, Decommissioning, and Dismantlement,” WM’03 Conference, February 23-27, 2003, Tucson AZ (2003).
- 2) “Excel Automatic Locking Scaffold,” DOE/EM-0445 (1999), <http://www.p2pays.Org/ref/13/12797.pdf>
- 3) “Soft-Sided Waste Containers,” DOE/EM-0482 (1999), <http://apps.em.doe.Gov/OST/pubs/itsrs/itsr2240.pdf>
- 4) “Copper Cable Recycling Technology,” DOE-EM-0585 (2001), <http://apps.em.doe.gov/ost/pubs/itsrs/itsr2958.pdf>
- 5) “Removing Paint using the Bosch Rotary Hammer Drill,” http://isddp.inel.gov/FactSheets/Paint_Scaler_Paint_Fact_5-15-02.pdf
- 6) L. Steve, “Deactivation, Decontamination, and Decommissioning in Support of 2012 Initiative,” INEEL/INT-02-00610 (2002).



図1 INEELで使われたγ線測定装置



図2 32トンの焼却炉を移動するために使われたエアキャスタ



図3 ポッシュ製回転ハンマードリルによる塗料の特性調査作業

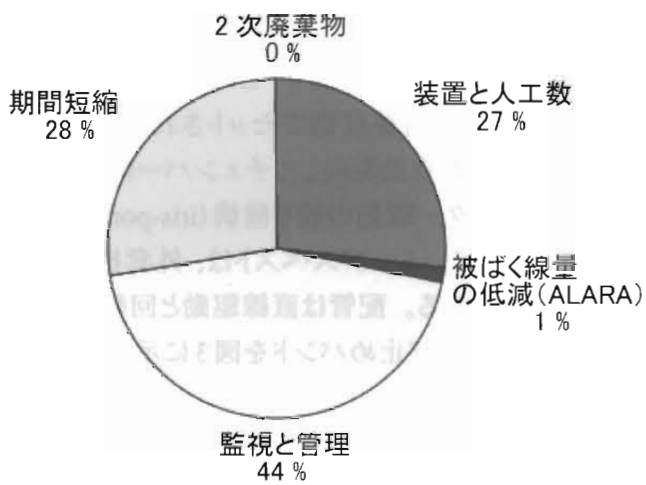


図4 コスト削減の割合

3. 配管用アスベスト断熱材の現位置自動除去システムの開発

— “Pipe-Taz” システム —

はじめに

米国エネルギー省 (DOE) の主な施設 (サバンナリバー、ハンフォード、INEEL、オークリッジ、ロッキーフラット、フェルナルド等) では、直線距離にすると 600km のアスベスト断熱材を巻いた配管が存在する。アスベストは空中に飛散すると極めて健康に有害な物質であり、この取扱いは厳しい法規制の基で行われる。商業及び工業用における 1 フィート (約 0.3m) 当たりのアスベスト除去コストは 15 ～ 35 ドルであるが、DOE 施設は放射能汚染の可能性もあるため (アスベストの 25% 程度は汚染)、1 フィート当たり 75 ドルから 150 ドルの間と高いコストと評価されている。従って、DOE の全体では 1 億 5000 万ドルから 3 億ドルのアスベスト除去コストが必要となる。このアスベストを自動で簡単に除去して、圧縮した廃棄物とし、かつアスベストが除去された配管を洗浄して、再利用あるいは処理できれば、その経済性は絶大なものである。

米国の AUTOMATIKA 社は、“Pipe Taz” と命名されたロボット式のアスベスト除去システムを開発して、試作品を製作し、このデモンストレーション試験を行うところである。

1. Pipe Taz の開発経緯^{1)、2)}

AUTOMATIKA 社は、DOE の資金援助を受けてカーネギー・メロン大学が開発した配管アスベスト断熱材除去ロボットシステム BOA™ を基に、2001 年 6 月から DOE からの開発依頼を受け、Pipe Taz システムの開発を開始した。2002 年末にはプロトタイプが完成し、この調整が終了する 2003 年春には試運転を開始する計画である。

2. Pipe Taz の概要^{2)、3)}

このシステムは、配管からアスベストを除去する除去チェンバー及び除去されたアスベストを回収して減容処理する回収装置からなる。全体の手順を図 1 を用いて説明する。まず、アスベストの巻かれた配管を外して、Pipe Taz システムにセットする。除去チェンバー内でカッターによりアスベストが細切れにされて除去され、そのアスベストは、真空引きの回収装置に送られ、ここで圧縮される。これを手動で袋詰めする。

除去チェンバーは図 2 に示すようにガイドレール上にセットされており、この除去チェンバーに処理する配管 1 体がセットされ、次ぎに処理される配管 1 体が待機状態でセットされる。除去チェンバー内は減圧されており、処理される配管は、チェンバーが自動駆動してチェンバー内に取り込む。除去チェンバーの配管挿入口及び配管取出口はモーター駆動の絞り機構 (iris-port) を有しており、切断時のダスト等が外部へ漏えいしない構造になっている。アスベストは、外套板 (lagging) ごと横方向及び縦方向を各々デスクカッターで切断除去される。配管は直線駆動と回転駆動により、さいころ状に切断される。切断されたアスベスト、外套板及び止めバンドを図 3 に示す。

3. アスベスト除去と廃棄物回収方法

次に、図 4 により除去チェンバー及び回収装置内部について説明する。

アスベストの巻かれた配管を図 3 に示したように装置セットすると、除去チェンバーがレール上を

モーター駆動で移動してきて、配管を入口ポートからチェンバー内へ取り込んで行く。配管入口及び出口ポートは前述したようにモーター駆動の iris-port 構造であり、かつチェンバー内部は真空引きされているため、内部のダスト等の外部への漏えいを防止する構造を有している。配管はコンピューター制御により、長手方向に直線駆動され、かつ円周方向に回転駆動されながら、配管外部のアスベスト及び外套板がデスクッターでさいころ状に切断されて行く。切断片は真空引きされて回収装置に吸込まれる。ここで脱水されてサイクロン・セパレーターにより廃棄物が分類される。この廃棄物は手動で二重のポリバッグに袋詰めされて処分される。アスベストが除去された配管は、水噴流による水洗と強制ブラッシングにより洗浄されて手動で容器に封入される。このように洗浄された配管は、放射能汚染がないものはリサイクルあるいは一般の廃棄物として処分される。

おわりに

Pipe Taz システムは、コンピューターによって簡単かつ安全に操作可能であるので、梱包切断を行う作業員以外に2名の運転員で操作できるものと思われる。また、作業は簡単なアスベスト防護服を着用するか、あるいはこれも不要と思われる。

この装置を使用することにより廃棄物容積は25%から75%減容され、重量減少は95%以上になる。これによるDOEの経済効果は4,000万ドルから1億2,000万ドルの節約と見積もられている。また、*Pipe Taz* システムは一般工業界、住宅等のほとんどの解体作業に利用可能であるため、この経済効果は極めて大きい。

(情報管理部 中山 富佐雄)

参考文献

- 1) Automatika News, web-site, (January, 2004).
- 2) Noellette Conway and Hagen Schempf, "Automated In-Situ Pipe Asbestos Insulation Removal System," Transactions and Embedded Topical Meetings, (June, 2003).
- 3) Noellette Conway and Hagen Schempf, "*Pipu Taz* : Automated Pipe Asbestos Insulation Removal System Development for DoE Site Remediation," Spectrum 2002, (August, 2002).

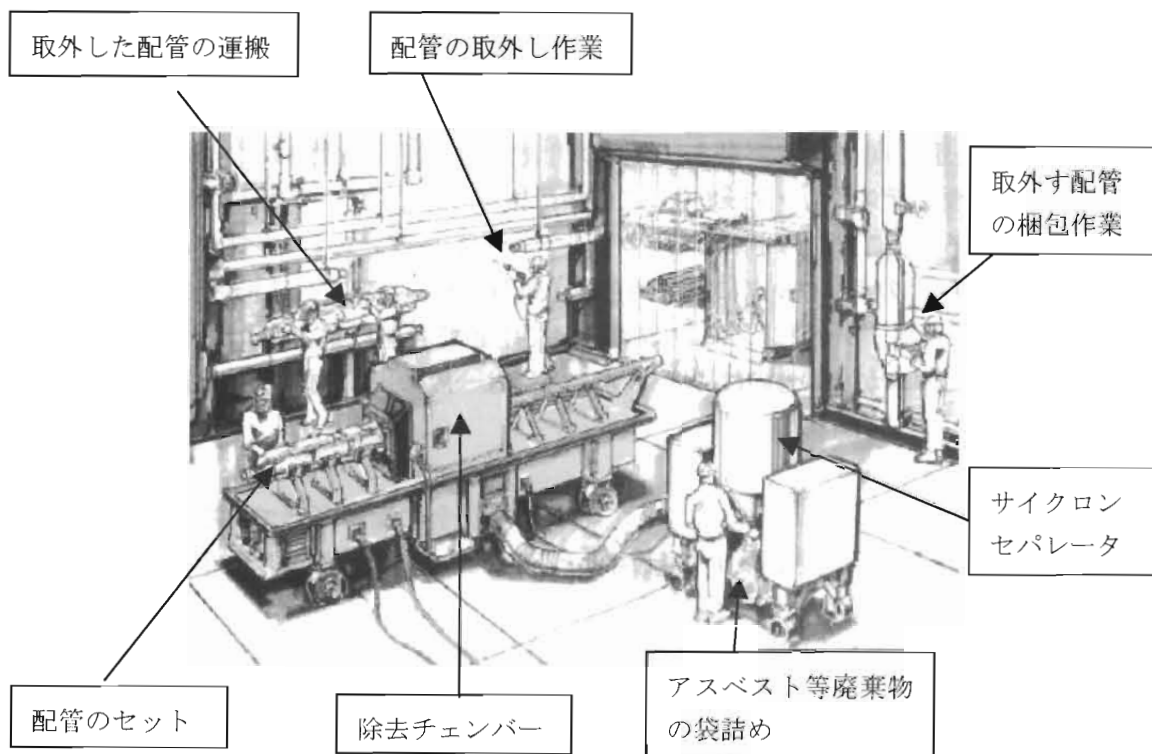


図1 Pipe Taz システム全体図

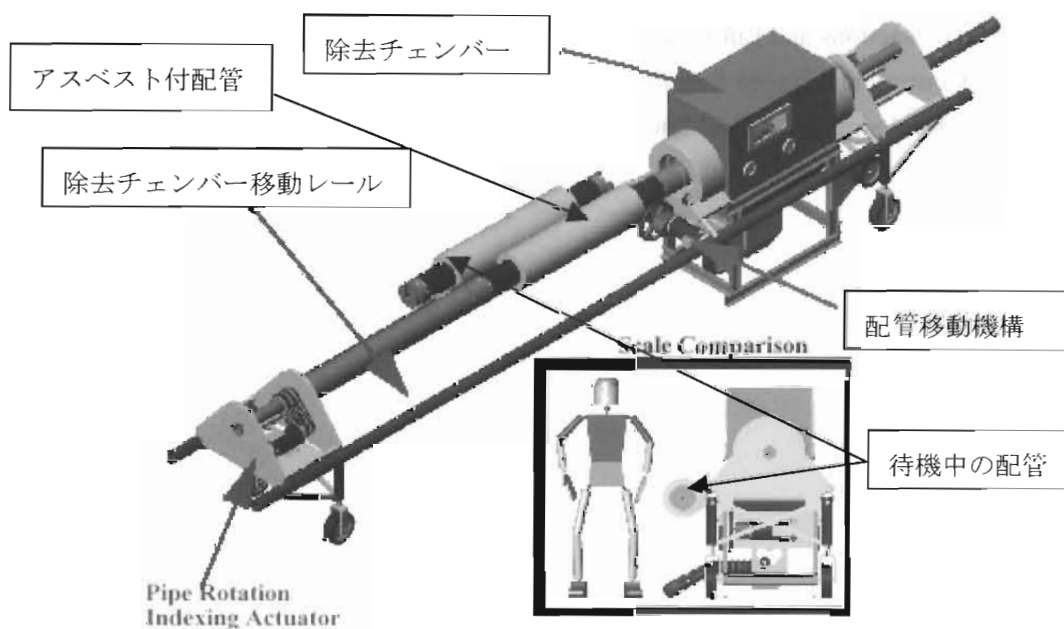


図2 除去チェンバー及び駆動機構

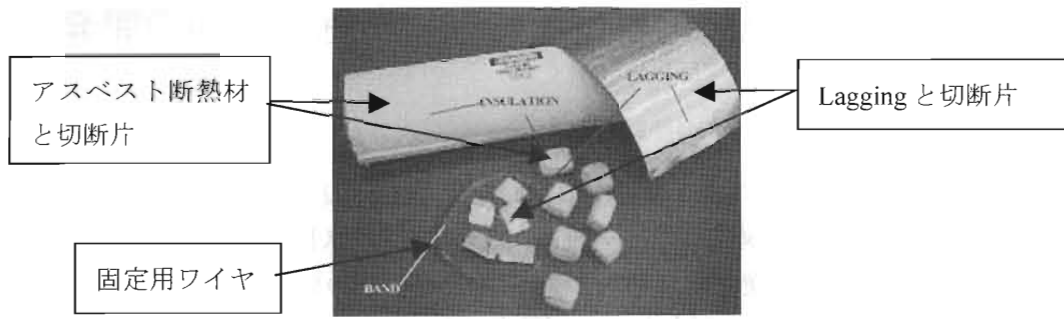


Figure 7 : Abatement materials solids

図3 アスベスト/外套板 (lagging) 及びこれらの切断片

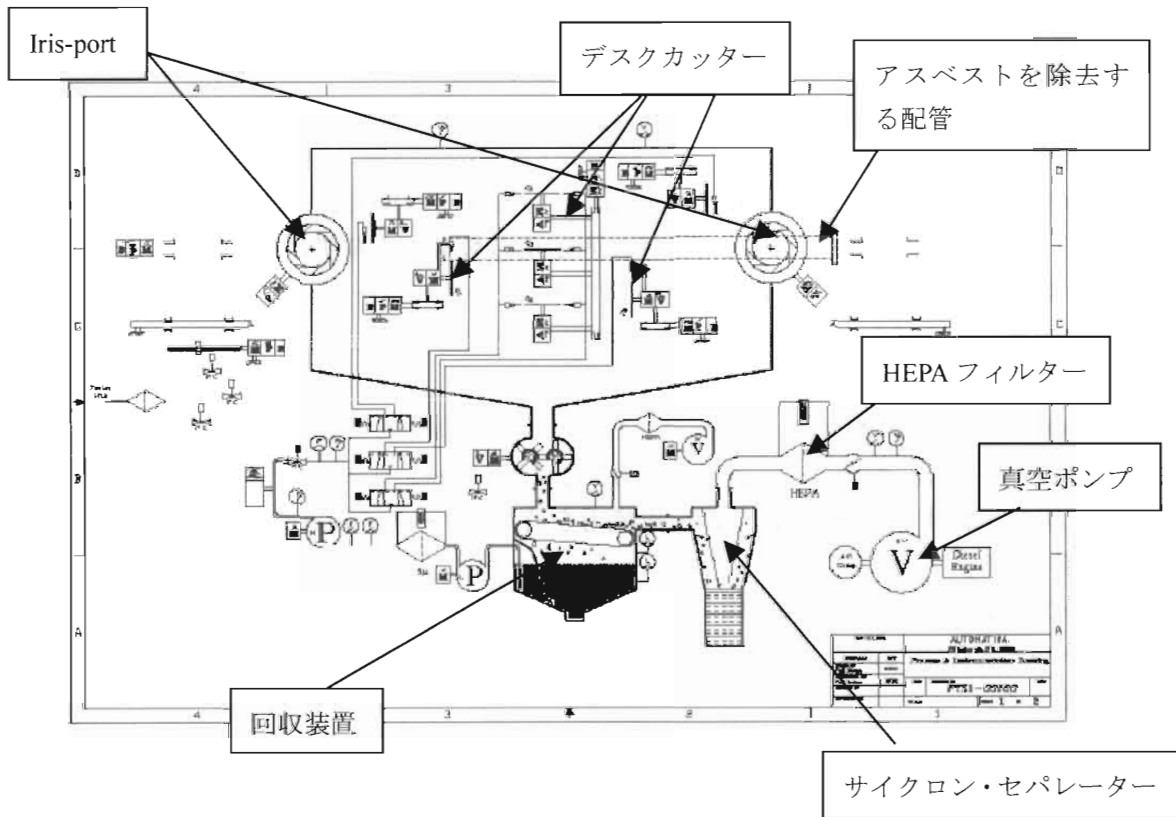


図4 Pipe Taz システム内部

4. 米国 DOE 施設の再使用に向けた除染技術の開発

1. はじめに

DOEでは、研究活動やプルトニウムの生産に用いた原子力施設を再使用するために、放射性物質を取り除く除染技術開発を進めている。一般に、除染には、コストと時間がかかり、また、作業員を放射線的にまた化学的に危険に晒す恐れがあることから、その要否、あるいは方法の選択は以下の点で十分な利点がある場合に行われるのが通常である。

- ① 廃棄物が低減できる、
- ② 作業の安全性が改善され、作業員の健康が保持される、
- ③ ルーズな汚染が除去され、汚染の環境への放出・拡散が防止できる、
- ④ 施設内の基準及び廃棄物の輸送基準に適合させられる。

除染方法には、従来から、機械的除染、生物学的除染、電気化学的除染、生物学的除染の各方法が広く利用されているが、本報告では、上記の効果を考慮しつつ、最近、DOE施設で開発を進めている、主としてコンクリートと金属の除染技術を紹介する。

2. 機械的除染技術

- Integrated Vertical and Overhead Decontamination system (IVODS) は、ロボット搭載の壁シェーバーユニットで、壁面の移動・固定が可能。固定用の数本の支持脚は、壁や天井に真空アタッチメントで固定でき、滑らかに壁表面を移動できる。シェーバーヘッドは、300mm幅で、1～10mm深さまで除去できる。2つのガス比例計数管を内蔵したオンライン測定システムにより、運転員は遠隔で除去の状況を判定できる。
- Wall Walker 2-D Linear Motion System は、モーター駆動の滑車に工具と把持具を装備した遠隔操作システムである。滑車は、鉄製壁に磁力またはアンカー、コンクリート壁に真空力で取付けでき、遠隔で操作する。136kg以上の荷重能力を持ち、サーベイ装置や除染装置など種々の工具を把持できる。
- Concrete Shaver は、自己推進式、電気駆動式のコンクリートダイヤモンドシェーバー（25cm幅のシェーバードラム）である。そぎ取りの深さは0～1.3cmで、壁と床の境界近傍（7.5cm）まで使用可能である。
- En-Vac Robotic Wall Scabber は、ロボット、リサイクルユニット、フィルター、真空ユニットから構成される研磨式ブラストシステム。表面除去材として研磨用グリッド（鋼砂）またはスチールショットを使用する。ロボットは、密閉したブラストチャンバー内で、真空で作業表面に接着できる。真空ユニットは、埃やグリッドの飛散を防止し、リサイクルユニットは、使用済み研磨材とブラストの分離及び研磨用グリッドの継続供給を行う。
- Remotely Operated Scabber は、スクャブラーヘッド装置、搭載したHEPAシステム、6輪の台車から構成され、環境中のコンクリート床やスラブを掘り起こすために使用される。スクャブラーヘッドは、7つのタングステンカーバイド製ビットを組み込んでいる。2段のHEPAシステムで埃と残物を捕捉し、搭載した23ガロンドラム缶に廃棄物として収納する。
- ROTO PEEN Scaler and Vac Pac System は、コンクリート、鋼材、レンガ、木材の塗装を剥がす

ための手持式工具。大梁、タンクシェル、壁の近傍等の垂直及び水平表面を処理が可能で、互換性のある切断治具が種々の場面に利用される。

- Advanced Recycling Media System は、金属、コンクリート、木材、グラファイトから低レベルの表面汚染物や油、垢、油汚れ、PCBs、塗料、煤、鉛、グラファイト、錆、アスベストなどを除去、吸収できるブラストシステムである。ブラストメディアの材質はウレタンベース、また、メディアはファイバーと鋼製グリッドあるいはアルミナ製である。2～3mmの塗装や錆、垢を取ることができ、除染係数は1回で300程度である。コーナーや空気ダクト内部のような如何なる表面形状もきれいにすることが可能である。
- Soft Media Blast Cleaning は、除染表面にソフトブラストメディアを吹き付け、その研磨作用で汚染表面を叩くことにより汚染物を取り除く方法で、携帯式のため、汎用性が高い。
- Centrifugal Shot Blasting は、コンクリート表面に、固い鋼製ショットを高速(約220ft/sec)で吹き付ける除染方法。本ショットブラストは、コンクリートの固さ等に応じて、20インチ幅で深さ約1/8～3/8インチを除去する能力を持つ。また、回転ドラム式プレーナ(平削り器)は、交換可能な62枚刃からなり、16インチ幅で6インチ深さまで切断可能。この技術は、建設業界で高速道や駐車場のコンクリートのはつりに使用されている。
装置の前後に放射線検出器を設置することにより、操作員はリアルタイムで放射線測定を基に除染のスピードと深さを調整することができる。その結果、最小の除染回数で放射性廃棄物量を、また、除染と測定の時間を減らすことができる。

3. 化学除染法

- TechXtract は、鉛、コンクリート、建設レンガ、鋼材から、放射性核種、PCBs、有機物等を取り除くための連続的な化学的除染プロセスである。目に見えない空孔や、微細なポアに入り込んだ汚染物に対し、化学的除染法は、空孔と毛細管の再開、空孔への浸透、物理的及び化学的結合の解除等により、汚染物を保持・分離し再汚染の防止等が可能である。
化学溶液が持つ溶解、酸化、還元、加水分解、湿潤化、錯体形成、マイクロカプセル化等の特性により、汚染物に応じ選択される。使用済みの溶液は、焼却処理、固形化、あるいは適切な処理システムにより液体として放出することで処分している。
プロセスは、化学溶液の使用量や発生する廃棄物量を最小にするため、スプレーや浸漬により使用される。化学溶液は、超音波にて汚染表面を除去し、真空で乾燥と除去が行われる。サンプリングや放射線測定は、1サイクルの終了ごとに実施され、除去率は90%以上である。
- Three Phase Decontamination Process は、化学物質の消費量や二次廃棄物量を減らすため、スプレー式を採用している。除染、洗浄、除去の1サイクルは、1日(24時間)程度必要であるが、90%以上の汚染減少率を示している。
- Electrochemical Decontamination of Gloveboxes は、LANLで開発されたグローブボックス(GB)の電気化学的除染法である。GBは、GB表面が陽極、GB表面を移動するヘッドが陰極となる電気分解セルとして機能する。電解溶液は、GB表面と金属板ヘッドの間に電流を流すことで、放射性汚染物を金属表面から電解溶液に溶解し、除染する。電気化学的除染法による平均除染係数は100であった。

4. 生物学的除染法

- Biodegradation of Concrete は、コンクリートの生物分解法で、BNFLとINEELで開発された技術である。プロセスは、微生物(バクテリア)と栄養素により微生物活動を保持し、また、物質表面の除去とパッケージ化の3つの段階なら成っている。このプロセスは、汚染の深さと広がりに応じ、完了まで6～18ヶ月必要である。保持段階は、基本的に環境の制御であり、最小の注意と経過観察のみが必要である。除去深さが制御されるため、廃棄物量は非常に減少する。労力が低減し、コストや個人の被曝も低減する。高線量の場所でも、全てを遠隔で操作できる。
- Biotechnology for the Decontamination of Surface Coated with Paint and Varnish は、ロシアで開発された塗料等の除去方法である。塗料やニスは、微生物(微生物、バクテリア、菌類、酵母菌)の生命活動により連続的に破壊され、劣化し、ポーラスな構造に変化する。ある種の塗装成分が栄養源として利用されることから、栄養素として有害な有機系塗料に使用できる。

5. 金属の分離、除染とリサイクル

- Mobile Integrated Piping Decontamination and Characterization System は、除染、換気、特性把握、荷送の4つのモジュールから構成される。除染モジュールは、グリットブラストユニットによりパイプの内外面をクリーンにする。パイプ内面ブラストのため、パイプ回転機構とブラスト筒を持ち、6～24インチ径のパイプの処理が可能である。特性把握モジュールは、4つのγ線検出器から成り、パイプ内外面におけるCs-137、Co-60、U-238、Th-228等を測定する。
- Copper Cable Recycling 技術は、ヨーロッパで活用され、種類やサイズに関係なく汚染ワイヤをトンオーダーで無条件解放や再利用した実績を有している。ケーブルは、寸法を揃えた後、シュレッダーで小片に細断され、研削工程で、銅と絶縁が分離される。処理されたケーブルは、きれいな銅と僅かに汚染した絶縁と汚染したダストに分かれる。プロセスは、負圧下で運転される。

6. まとめ

本報告では、DOE施設で実際に使用されている機械的、化学的、電気化学的除去法等の除染技術を紹介した。これらの技術は、DOEのあらゆるサイトで使用、評価され、改善が認められている。特に、計測システムを併用した遠隔技術の採用により、運転員の被ばく低減、作業性の向上等に努力が図られている。また、化学除染法は、時間が許すなら被ばくや二次廃棄物量の低減に有効であり、今後とも技術蓄積に注目したい除染法である。

(技術開発部 浅見 知宏)

REFERENCES

- 1) S. J. Bossart and D. M. Blair, "DECONTAMINATION TECHNOLOGY FOR FACILITY REUSE," WM'03 Conference, February 23-27, 2003, Tucson, AZ (2003).

5. モルビリエ極低レベル放射性廃棄物処分施設(仏)の概要

はじめに

フランス放射性廃棄物管理庁(ANDRA)は、オーブ貯蔵センター低・中レベル放射性廃棄物処分場に隣接するモルビリエ(Morvilliers)に、世界初の極低レベル放射性廃棄物専用の処分センターを建設し、2003年8月半ばに運転開始した。

ここでは、当センターの辻理事長がANDRAの訪問時(2003年10月)に入手した資料¹⁾に基づき、このプロジェクトの概要を紹介する。

1. 廃棄物のタイプの概要

フランスの廃棄物は、放射能レベルと半減期に従って分類されている。

- 高レベルの放射性廃棄物は、現在、安全管理中(原子力発電所、再処理工場)。
- 低レベル/中レベル(短寿命及び中寿命)放射性廃棄物は、一部長半減期もあるが、基本的には30年より短い半減期であり、オーブ処分場に輸送して処分
- トリチウム、ラジウム、炭素14あるいは鉱山残留物を含んでいる特殊な放射性廃棄物は、処分場のサイトを調査中
- VLL廃棄物は、主に、原子力発電所のメンテナンスあるいは解体によって発生

2. モルビリエで処分される極低レベル放射性廃棄物(VLL)

VLL廃棄物は、廃棄物の性質によって3つの主なグループに分類できる。

- 安定廃棄物：コンクリート、瓦礫、土など。
- 普通の産業廃棄物(CIW)に相当する廃棄物：原子力発電所の運転と解体から生じるプラスチック、建物フレーム、エア・ダクト、パイプなど。
- 最終産業廃棄物処分場から生じる特殊産業廃棄物(SIW)に相当する廃棄物。

VLL廃棄物は、1～100Bq/gの放射能レベルで、平均は10Bq/gのオーダーであり、数十年以内に、数ベクレル/gのレベルに減衰する。

VLL廃棄物は、今後30年間に、約750,000tが発生すると見積られている。

3. VLL廃棄物に適用できる廃棄処分原理(フランスでの考え方)

処分場の設計においては、次の2つの基本的な目的を満たすことが必要である。

- 適切なコストで、すべてのVLL廃棄物に対して履歴管理の移転を保証すること
- 放射線及び化学的な危険に、短期・長期の人間及び環境の保護を保証すること

この条件を受けて、VLL廃棄物は、粘土中に掘られた穴の中に処分し、底面には廃棄物を環境から隔離して、浸出液を集めるような隔離機能を持たせるとともに、廃棄処分セルの下部及び側面には粘土の厚い層、上には粘土のカバーを設置し、さらに監視システムを設ける。これらのバリアは、廃棄物を雨水から守るよう設計される。この封じ込めの他に、廃棄処分施設の安全性のためには、廃棄物の識別、基準との適合、廃棄物の記録、モニター等が必要である。

ANDRAによって提案された処分場の設計は、個々に管理可能な独立したセルからなるモジュール式(Fig.1)で、その特徴は、位置決めをより容易にし、潜在的な異常の原因、修理あるいは廃棄物の検索も容易にしている。

したがって、何か異常があつて回復が必要な場合には、廃棄物は機械的に取り除かれて隔離した建物に貯蔵される。

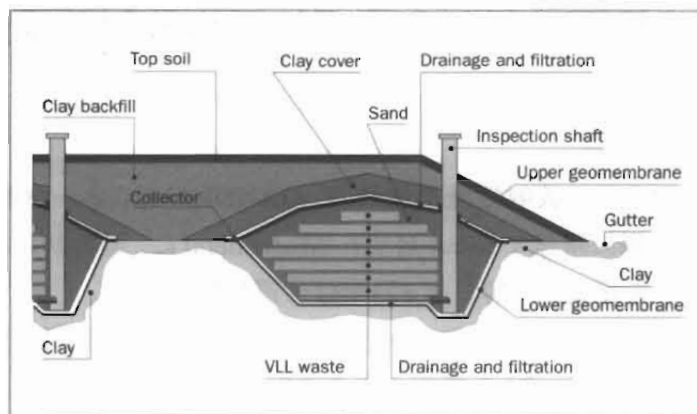


Fig.1 廃棄処分セルの横断面

4. 環境影響評価

環境の影響評価は次の順序で実施される。

- (1) 資源、農業、漁業、レクリエーション用のスペース、文化遺産等への影響の包括的な分析
- (2) 健康な社会生活、文化遺産の保護、サイトと風景、自然環境と生物学のバランス等に関する影響評価
- (3) 環境への影響の見地から、他のオプションの評価で採用されたプロジェクトの選択を正当化している評価
- (4) プロジェクトの影響を評価するための方法
- (5) 健康に対するプロジェクトの影響評価
- (6) 請負業者等による環境へのプロジェクトの有害な結果を、排除、低減、もし可能であるなら、補償するための処置
- (7) サイト更生のための条件

5. モルビリエに処分場を決定した理由

利用可能な文献のレビューの後に、パリ盆地の4つの地域が候補となった。これらの地域の包括的な研究の結果が、地質学、水理地質学、地力学的な品質に対して、オーブ県に位置している粘土が特別の利点を示した。オーブ貯蔵センターに近いことは、環境への影響評価をす

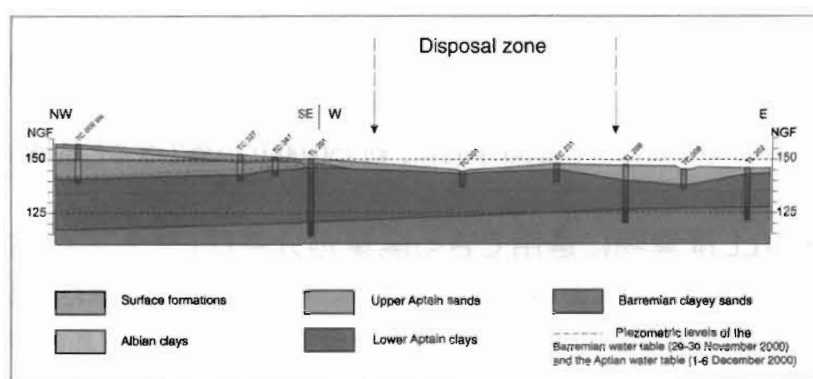


Fig.2 モルビリエの森の地質の横断面

る場合に、操業中と操業後の長期サイトモニタリングの信頼性を高める可能性があることも有利な点である。

その後、さらに詳細な調査の結果、モルビリエの森がすべての必要条件を満たしていることが判明した。(Fig.2を参照)

6. 施設の一般的な構造

施設は45haの広さを持ち、4つのエリア(廃棄処分エリア、備蓄エリア、雨水ため池エリア、工業地域)から成り立っている。(Fig.3を参照)

7. 施設の操業

(施設の操業の概要は、Fig.4を参照)

8. 施設の経済基盤

施設のサイトは、地域と以下のような主要なネットワークと結びつけられる。

- (1) 道路網
- (2) 鉄道網
- (3) 飲料水
- (4) 防火
- (5) 電力

9. 施設からの排水の処理

サイトの排水は、Fig.5に示した流れで処理される。

- 雨水は、適切に設計した調整池に集められ、一部は施設に供給されるとともに防火用水にも利用される。
- 調整池の出口からは、フォージョ川に放水されるが、放水はすべてモニターする。

10. 施設と環境

環境に対するプロジェクトの影響は、空気や水、土壌、動植物相等すべてに対して分析された。例えば、約71の動物種が国家の規制によって記録された。その他、

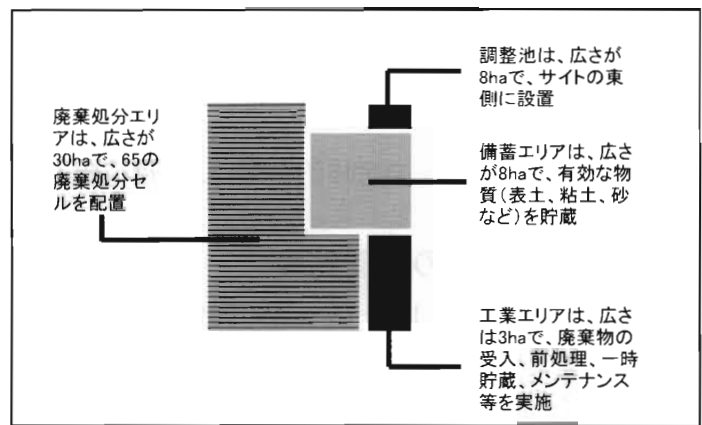


Fig.3 施設の一般的な構造の概要

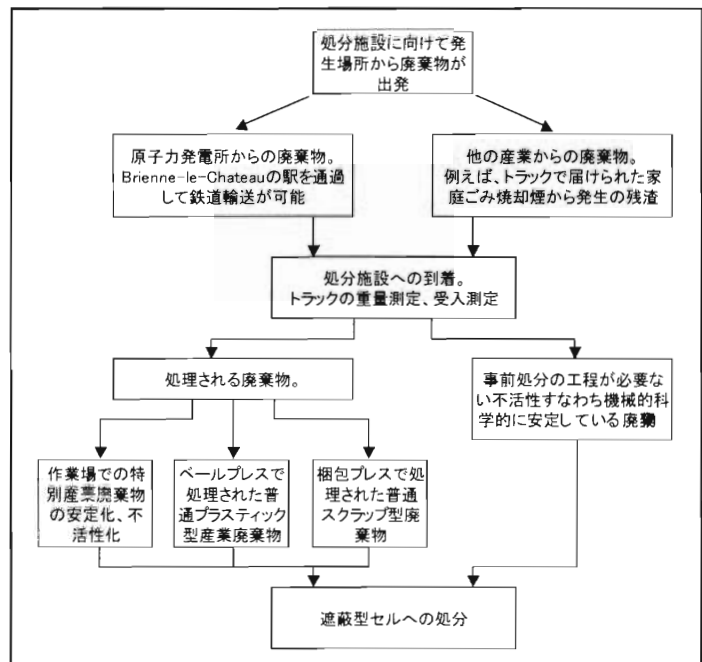


Fig.4 施設の操業のブロックダイアグラム

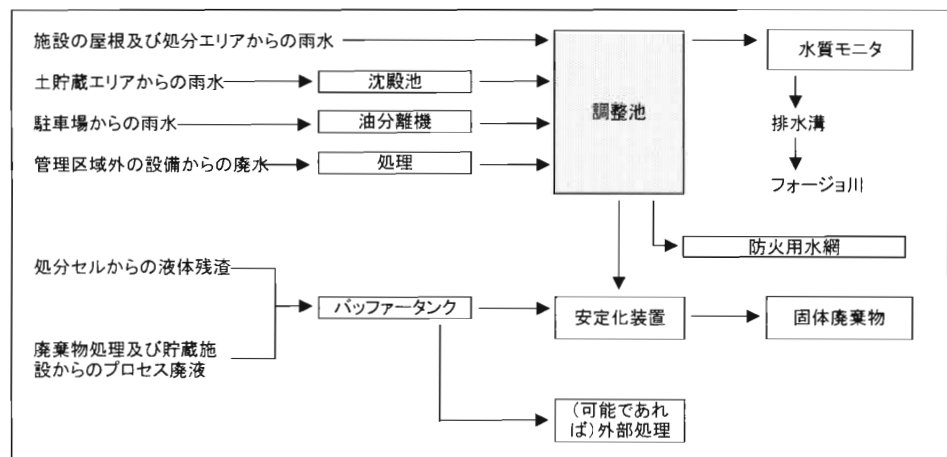


Fig.5 水管理のブロックダイアグラム

地下水及び地表水の水質、騒音、振動等も調べられた。

また、風景に対する影響も調査され、建物は、風景の中に融け込むための設計が特に要求された。

操業終了後は、芝生で全体的を覆い、建物は撤去することになっている。

11. プロジェクトの経済効果

約30人の職員が、12～18ヶ月の間建設現場で就業し、また、地元・地域の会社の参加が奨励される。操業中は約20人の職員が、設備のメンテナンス、輸送、一般管理、廃棄物の適切な取り扱い、調整、処分を実施する。環境測定とモニタリング、土木工事、一部の維持管理活動、日常業務はサービス業者に託される。

このように、VLL施設の存在は、建造段階に、地元ビジネス、ホテル、外食産業等経済効果を生み出す。また、操業段階には、商業と不動産分野は施設の主要な受益者である。最後に、施設の建造と操業によって、固定資産税と事業税からの収益が財政上の利益を生み出す。

12. 健康への影響の調査

以下の状態での影響評価調査が実施されている。

- (1) 施設の建設段階：主な害は、騒音とほこり
- (2) 運転段階：現場の機械と輸送トラックの騒音、処分セルの掘削と埋設作業、処理施設からの排気等
- (3) 線量評価：0.01 $\mu\text{Sv}/\text{y}$ のオーダーと推定(これは、自然放射能バックグラウンドの0.001%以下)
- (4) 数十年間のモニタリング：不浸透性のバリア(合成膜、粘土ベースのカバー)から浸出するかどうか。

(企画部 松田 健二)

参考文献

- 1) ANDRA Pamphlet : “Disposal Facility for Very-Low-Level Radioactive Waste”.

©デコミニュース 第27号

発行日 : 平成16年3月31日

編集・発行者 : 財団法人 原子力研究バックエンド推進センター
〒319-1111 茨城県那珂郡東海村舟石川821-100
Tel. 029-283-3010, 3011
Fax. 029-287-0022

ホームページ : <http://www.randec.or.jp>

E-mail : decomi@randec.or.jp