

Hanford タンクのクリーンアップ計画[†]森谷 潤^{††}

米国ワシントン州にある Hanford の DOE 施設は、第二次大戦中から戦後の米ソ冷戦構造の間、核兵器開発の中心的存在であった。東西対決も終わり、核兵器の廃絶が進められている中で、かつての Pu 生産炉や再処理施設の環境回復が大きな問題としてクローズアップされてきている。

ここでは、Hanford 核兵器開発の歴史を振り返り、Pu 生産とそれに伴う再処理廃棄物の発生と管理状態、177 基に及ぶ廃棄物タンクの現況とクリーンアップの計画などについて、その概要と問題点について紹介する。

1996 年 9 月以降 DOE は、Project Hanford 管理契約(PHMC)とタンク廃棄物回復システム(TWRS)により、Hanford Tank Waste Cleanup を民間請負化することで、その進捗を計ろうとしている。

Keywords: 高レベル廃棄物、ハンフォード・クリーンアップ、タンク廃棄物回復システム

The US DOE's Hanford Site is the central facilities where the development of nuclear weapons had been made during the World War II and throughout the Cold War years thereafter.

There are 177 tanks to store the wastes produced from the Pu production facilities after extracting Pu from the irradiated U fuels. The constituents of the wastes are very complicated and there still remain highly radioactive nuclides. Not only liquid, but also sludges and solid wastes are remained within the tanks.

This is a brief summary on history and experiences at the Hanford Pu production facilities in general. In order to proceed the Hanford Tank Cleanup Operations, DOE has made the decision to privatize the Project Hanford Management Contract to Fluor Daniel and Tank Waste Remediation System to BNFL Inc. and Lockheed Martin in autumn 1996.

Keywords: HLW, Hanford Cleanup, TWRS

1. はじめに

第 2 次大戦後米国一旧ソ連間の核開発競争において、数万個におよぶ核弾頭が製造された。米国においては、原水爆開発のため 16 におよぶ大規模な核開発施設が作られたが、それらはワシントン、ネバダ、アイダホなどの州にあった。

ところでこれら核兵器開発施設で生産された製品は、いかなる産業にもみられない特異なものであった。その中には 2 万個を上回る核弾頭に用いられたプルトニウムが約 110 トン含まれている。金属ウラン燃料は Pu 生産炉の中で燃やされ、照射後 Hanford Site や Savannah River Site において再処理されたが、それらは全米における何億ガロンもの高レベル廃棄物を生み出すことになった。

今日では、これら高レベル廃棄物は、Hanford 177 基、Savannah River 51 基、Idaho Halls 11 基、West Valley 2 基などの地下タンクに貯蔵されている。

冷戦解消後、Hanford Site の役割は核兵器開発から、環境回復、新技術開発、経済面での多角化へと変わっていった。Hanford Cleanup の特徴について言えば、Hanford Tank Cleanup Operations が、全米大の核廃棄物クリーンアップの中でもっとも規模が大きいということである。エネルギー省 (DOE) が管理する高レベル廃棄物は容積比 3 分の 2 以上が Hanford サイト内にある。

Hanford では、タンク内廃棄物のクリーンアップが Cleanup Operations の主たる鍵を握っている。Hanford にあ

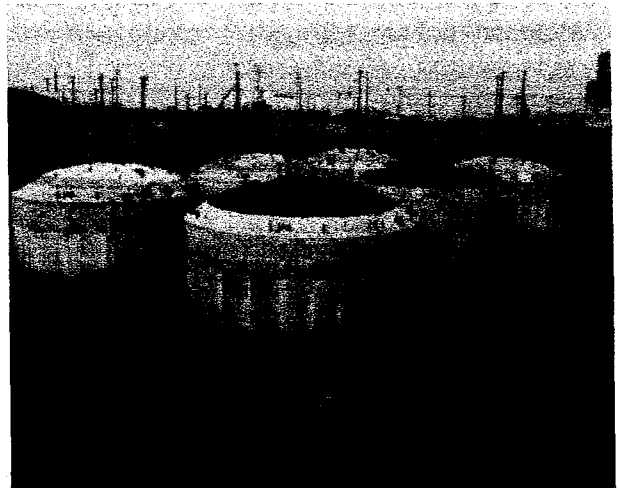


図 1 地表面から 6 ないし 11 フィート下に埋設された Hanford の廃棄物

るタンク内には、核燃料の再処理や放射性物質の回収過程の中で作られた約 40 種類に及ぶ廃棄物がある。タンク内廃棄物は、放射性廃棄物がほとんどであるが、非放射性廃棄物も含まれている。

なお本報告は、第 2 章ないし第 6 章については主として参考文献[1]に基づき、また第 7 章については参考文献[2-14]に基づき取りまとめている。

2. Hanford Site について

2.1 Hanford Site のあらまし

Hanford Site はかつて Pu を生産していた 560 平方マイ

[†] Hanford Tank Cleanup Operation, by Fukashi Moriya (xr3f-mry@asahi-net.or.jp)

^{††} 海外電力調査会 Japan Electric Power Information Center 〒108 東京都港区芝浦 4-15-33

ルの土地からなり、現在では DOE が土地の管理も行っている。その広さは NY マンハッタンの約 25 倍で、ワシントン州全体の約 1% にあたり、南隣りのオレゴン州境までは 25 マイルしかない。

Pu 生産の過程において、この Site は DOE 保有の核弾頭および原子炉グレード Pu の約 60% (73 トン) を生産している。

2.2 歴史的背景

何世紀にもわたって、Hanford の荒涼たる大地は、土着のいくつかのインディアン種族の住処となっていた。1855 年に、Yakima Indian Nation と Umatilla Tribe および Nez Perce Tribe が三つの条約に従って、この Site を連邦政府へ譲渡した。しかし彼らは、狩猟や漁獲、作業用建物の建設、根菜や果実の収穫、馬や家畜の放牧、持主不明の土地への権限を保留していた。

2.3 マンハッタン計画

土着のインディアンにとって魅力ある広範な空間と豊富な水に恵まれた Hanford の大地は、第二次大戦の勃発と共に連邦政府にとっても魅力ある土地として目をつけられた。

真珠湾攻撃の後、Franklin D. Roosevelt 大統領に対して、この土地を軍事用の秘密兵器工場の敷地として活用することが進言された。そして 1942 年 6 月には軍組織の中に、マンハッタン計画が発足すると共に、そのリーダーとして Leslie Groves 将軍が任命された。

それまでは、Pu が産業規模で生産されることはなかったわけであるが、Pu 生産については大量の電力、希薄な人口 (20 マイル以内 1 千人未満)、10 マイル以内にハイウェイや鉄道がない、などの条件を満たす土地が必要だった。オレゴン州、モンタナ州、ワシントン州東南地区などに比べて、Hanford が豊富な水資源と人口の多い町が付近にないことが決め手になって、1943 年 1 月に正式にマンハッタン計画のサイトに決定された。

2.4 移住と補償

Pu 生産炉関連施設建設のため、戦時中の特別立法に基づき、Hanford、Richland、White Buff の町に住んでいた人たちが、立ち退きを命じられた。延べ 1,200 ないし 1,500 人の人々が 1 エーカーあたり僅か 25 ないし 50 セントの補償額で、他の地域へ移住を余儀なくされた。地主の多くはその後土地代金について提訴し、再評価し直して貰うことが出来た。

いずれにせよ、用地取得後僅か 2 年未満で、最初の原子炉、再処理施設、地下貯蔵タンク、燃料成形加工設備などが操業を開始した。そして、Pu 生産施設に加えて、

4,400 戸の住宅、延べ 386 マイルの道路、延べ 158 マイルの鉄道も建設され、操業の最盛期には就労人口は約 5 万人にもおよんだ。

3. Pu 生産と再処理廃棄物の発生

3.1 Pu の生産……産業規模での生産

Pu を U から分離すると共に、Hanford にある再処理施設で生じた化学廃棄物を化学処理するプロセスは、年を追うと共に変化していった。

まず U 燃料はウラン金属の形をしており、その表面は薄いアルミニウム (後にはジルコニウム) の鞘に収められていた。これらの燃料は、1943 年から 1963 年にかけてコロンビア川添いの台地に作られた原子炉 9 基のうちのいずれかで燃焼されていた。Hanford における原子炉運転では、延べ 2 千本近くの燃料棒が破損したり、損傷したことが知られている。そして、放射性物質は原子炉冷却材中に放出された後、最終的にはコロンビア川まで辿り着いたことが知られている。

照射済み燃料は、Pu 生産炉から再処理プラント (コロンビア川から離れている中央台地上に建設された) へ、特別な遮蔽容器に入れられて鉄道輸送された。1940 年代から 1950 年代半ばにかけて、再処理プラントは全部で 5 プラント建設された。それらは、各々 T プラント、B プラント、U プラント、REDOX プラント、PUREX プラントと呼ばれている。

3.2 再処理プラント

再処理プラントでは、燃料被覆が先ずアルカリ溶液で溶解される。次いでウランが酸性溶液で溶解される。Hanford においては Pu は溶解ウランから回収されたが、処理プロセスは当初の化学沈降法から、後には溶媒抽出法へと変わっていった。

この沈降と抽出の過程で、2 種類の液体廃棄物が生成された。一つは抽出物で、Pu と U を含んでおり、もう一つは不溶解物 (raffinate) で廃棄物と考えられるものである。raffinate には全核分裂生成物の 99% が含まれている。

再処理プロセスからは、汚染された硝酸溶液、有機溶剤、各種溶剤、核分裂生成物、各種廃棄物などが発生してくる。炭素鋼板製の地下貯蔵タンクへ配管で移送される前に、これら高放射性廃棄物は苛性ソーダを混入させて酸性溶液を中和させていた。Hanford のタンクの中には、廃液がタンクに送られた後、廃液中から U、Sr、Cs などを回収するために化学処理を追加実施したことがある。そのため、Hanford のタンクに貯蔵された廃液の組成は、非常に複雑なものである。

3.3 当時の廃棄物処理の特徴

Hanford の当初目的は、国防上の要請に応じて十分な量の Pu を生産することにあった。そのため、長期にわたる廃棄物処理の問題については、その重要性が認識されていなかった。つまり、廃棄物の問題は後日解決すればよいと言うものであった。当時他の産業界での廃棄物処理の慣行に倣った結果、Hanford の廃棄物マネージメントは、今日の基準から見れば適切でない方法で処置されていたと言わざるを得ない。

4. 今日の Hanford

4.1 Hanford 全般の運営状況

Hanford Site は、今日では DOE によって管理されており、同省は研究開発、DOE の施設操業、労働者の保健などの業務を民間企業に委託している。1995 年時点では、Westinghouse Hanford Co. (WHC)、Bechtel Hanford Inc. (BHI)、Hanford Environmental Health Foundation (HEHF) の 3 社が契約者となっていた。

ところが DOE は、1996 年 10 月から、それまで WHC が担当してきた Hanford クリーンアップ計画の主要業務を、Project Hanford 管理契約 (PHMC) の名の下に、Fluor Daniel Inc. (FDI) に引き継がせる決定をした。向こう 5 年間にわたる契約金額は 48 億ドルと伝えられている。一方 WHC は同時期に、Savannah River のクリーンアップ業務を DOE から受注している。また、著名な研究所である Pacific Northwest Laboratory (PNL) は、環境、エネルギー、経済、国家安全保障などについて広範に活動しており、Hanford のタンク・クリーンアップについても長らく関与してきたことが知られている。

4.2 規制関係

DOE やサイト内請負業者の仕事は、連邦政府や州政府の規制に従わなければならない。規制の主なものには、包括的環境対策・補償・損害賠償法 (CERCLA)、三者協定 (正確には Hanford 連邦施設協定)、資源保存・回復法 (RCRA) の 3 つがある。

CERCLA は「スーパーファンド」のニックネームをもち、クリーンアップと有害廃棄物の回復に関する包括的な準拠法である。RCRA は、放射性廃棄物の処理、貯蔵、処分の実行について規制している。三者協定はワシントン州、EPA と DOE の三者間の協定であり、DOE がサイト内の液体および固体廃棄物を安全に管理・処分する方法について規定されている。三者協定では、現在のところ 2028 年までにクリーンアップの活動を完了することになっている。

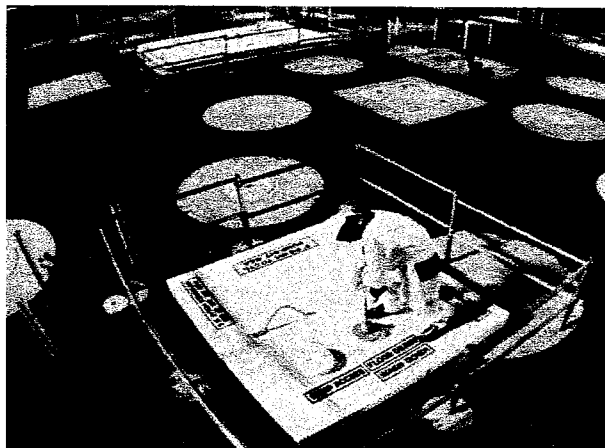


図 2 毎日実施されている廃棄物タンクのモニタリング
(出典:PNL-10773)

この他に通常 Wyden Bill と呼称されている Public Law 101-510, Sect 3137 がある。この法律は、DOE に対して Hanford 内のタンクについて監視し、放射性物質の放出を伴うような温度や圧力の異常な上昇の未然回避を意図したものである。1995 年 7 月現在で Wyden Bill に基づき「監視リスト」タンクに指定されたものは、シングルシェル・タンクで 48 基、ダブルシェル・タンクで 6 基あった。

Hanford サイトの将来像の決定に関しては、この他 Native American Nations が連邦政府と取り交した協定がある。Yakima Indian Nation や Umatilla Indian Reservation Confederated Tribes は共に DOE の Richland Operations Office や DOE Headquarters に助言することができる。更に Hanford Advisory Board などにおいて、Hanford サイト内の公式グループとして参加できるようになっている。また三者協定に基づき、4 年間に 1 回 Pasco, Kennewick, Richland の 3 市とワシントン DC において、公聴会が開催されることになっている。

4.3 タンクの現況……環境への影響

操業当初 Hanford においては、コスト削減のため高レベル廃棄物貯蔵用タンクの材料には、炭素鋼が用いられていた。あるいは、第二次大戦中にはステンレス鋼が不足して、供給が間に合わないということもあった。

基本的には、Hanford のタンクは、炭素鋼板を内張りした円筒形の鉄筋コンクリートで作られている。タンクには、シングルシェア・タンク 149 基と、ダブルシェル・タンク (円環状アンニユラスを備えた) 28 基の 2 種類のタンクがある。アンニユラスがあれば、万一放射性廃液

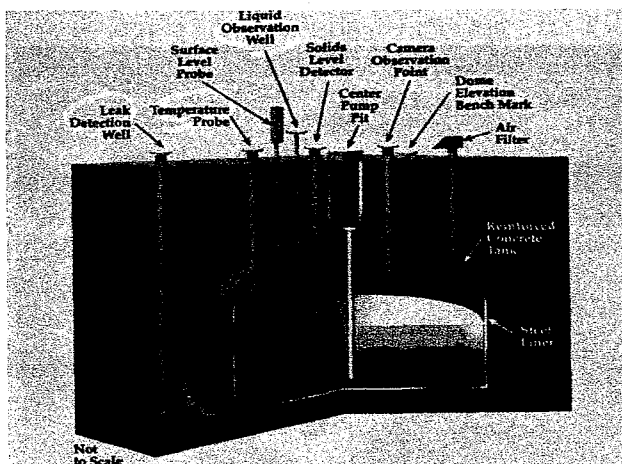


図3 シングルシェル・タンクの概念図（サンプリングのアクセスが限られている）（出典:PNL-10773）

が漏れた場合、それを検知して廃液が漏れ出す前に除去することが出来る。

また、シングルシェル・タンクでは、ドーム部がコンクリートで作られ、鋼板ライナーが使われていなかった。シングルシェル、ダブルシェルのいずれのタンクについても、タンク頂部には土壌や砂利が約10フィートの厚さにかけていた。

タンクに貯えられた廃液の総量は、約5,500万ガロンである。タンク内廃棄物の総量が変化してきた理由としては、(1)水の蒸発、(2)タンク間での廃棄物の移送、(3)施設内からの廃液放出と生産設備の除染、(4)配管からのフラッシュなどが考えられる。

4.4 シングルシェル・タンク

シングルシェル・タンクは、1943年から1964年にかけて作られている。全部で149基あるが、それらは次の4種類に分類される。(1)55,000ガロンタンク16基、(2)530,000ガロンタンクが60基、(3)758,000ガロンタンクが48基、(4)百万ガロンタンクが25基。一番小さいタンクは、直径20フィートで深さ26フィートであるが、一番大きいタンクは直径75フィートで深さが45フィートもある。一番大きいタンクの底面の大きさは、丁度バスケットボール・コートと同じくらいと考えてよい。

シングルシェル・タンクは全部で94百万ガロンの貯蔵容量があり、1995年当時約35百万ガロンの廃棄物が収納されており、その放射エネルギーは約132百万キュリー(1996年までの減衰を考慮、放射能の75%はSr-90 + Y-90、24%はCs-137)であった。

4.5 ダブルシェル・タンク

ダブルシェル・タンクは1968年から1986年にかけて

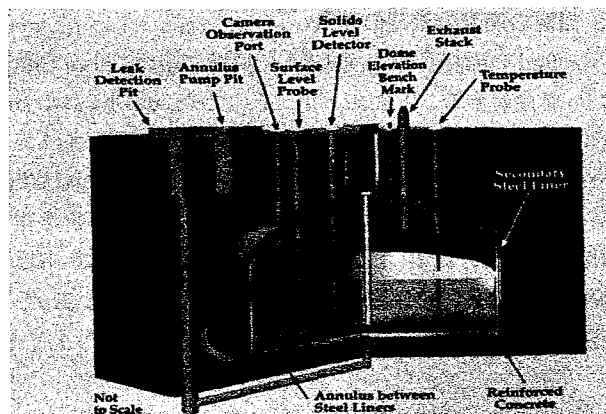


図4 ダブルシェル・タンクの概念図（サンプリングでたくさんアクセスが可能）（出典:PNL-10773）

て作られた。これには、2種類あり(1)百万ガロンタンクが4基、(2)116万ガロンタンクが24基ある。

ダブルシェル・タンクは全部で31百万ガロンの貯蔵容量があり、1995年当時約20百万ガロンの廃棄物が収納されており、その放射エネルギーは約82百万キュリー(1996年までの減衰を考慮、放射能の72%はCs-137、27%はSr-90 + Y-90)であった。

4.6 タンク内廃液のミステリー

個々のタンク内の廃液組成は、余りよく知られていない。大抵のタンクは、照射済みのUからPuを抽出したり、リサイクル用にUを回収する過程で作られた。違った種類の化学プロセスが用いられたが、その中にはHexsonやTributyl Phosphateのような有機化合物や、ビスマスやアルミニウムなどの各種金属塩がある。酸性廃液がタンクに送られる前に、それらは苛性ソーダで中和された。

その外に各種の材料、例えばイオン交換樹脂、プラスチック・ボトル、金属部品(廃棄物水位測定用のスチールテープ)などもタンク内から発見されている。また、シングルシェル・タンク内溶液の安定化のためセメントを注入したり、各タンク間でどれ位の廃棄物を移送したのか分からない場合があった。

4.7 タンク内廃棄物の層状構成

一般的にタンク内の廃棄物について、その層状構成を見れば、おおむね次のようである。

- (1) 表面に浮いた液体：ポンプで容易に汲み上げることが出来る。
- (2) 中間液体層：ソールトケーキ(saltcake)とスラッジの間のポーラスな空間に時折認められる液体である。
- (3) スラッジ：再処理プロセスにおいて、酸性液体廃棄物に苛性ソーダを添加した際、タンクの底に沈

殿した水に溶けない厚い層状の化合物のこと。

- (4) 蒸気：水素、一酸化窒素、アンモニアなどのガスや他の有機・無機ガスは、タンク内廃棄物の放射線分解や有機化合物の化学的反応などから作られたものである。

4.8 有機化合物……複雑な問題

タンク内の廃棄物には大量の有機化合物が含まれている。これらの化合物は、複雑な炭素や水素を含んだ連鎖状の組成を有している。そして化合物の一部は、Pu や U を分離する過程で廃棄物の中に紛れ込んできたものもある。あるいは廃棄物の中には、クエン酸や EDTA (ethylene-diaminetetra-acetic acid) との複合有機化合物も含まれている。そしてこれら有機化合物には、金属や放射性物質が通常含まれている。複合有機化合物は、1960年代から1980年代にかけて、タンク内の廃棄物から Sr や Cs を取り除くために用いられた。

今日タンク内の廃棄物については、温度、pH、放射線レベルなどを測定しているが、その結果わかったことは、有機化合物がタンク内で発生するガス(水素、一酸化窒素、アンモニア)の主たる成因になっていることである。これら有機化合物は、溶液中に溶解しているため、残余のタンク内廃棄物と化学的に分離することは非常に難しい。このことが、タンクのクリーンアップに際して放射性物質を他の金属から分離することを複雑にさせている。

4.9 地下水の汚染

Hanford においては、おおよそ 150 平方マイルにおよぶ土地の地下水が汚染された。1944 年以降、約 4,440 億ガロンに及ぶ液体 (放射性物質や毒性物質を含んだ) が、地下に流れ込んでいった。このうち 3,460 億ガロンは、200 Area から放出されている。200 Area から放出された廃液中には、約 140 万キュリーの放射能が含まれていた。これは Hanford Site の全放射エネルギーの約 0.3% に相当している。そのうち約 20 万キュリーはトリチウムであった。

タンクから放出された廃棄物の総量については、誰もが見出せる値は見出されていない。多くの人々が 60 万ないし 100 万ガロンと推定している。これら廃棄物には、約 100 万キュリーの放射能があり、その殆どは Cs-137 である。しかし、流出した廃液が地下水にまで到達したかどうかは、はっきりしていない。

毎年コロンビア川流域 (ワシントン州やカナダ) には、約 6 万キュリーの放射能が流れ込んでいる。その 98% は核実験の際大気圏中に放出されたトリチウムに起因している。そしてコロンビア川は、Hanford Site を通過する際、サイト地下の汚染による寄与 6 万キュリーを加えて、太平洋へと流れてゆく。かように、Hanford とその上流地域

からは、毎年 1 万 2 千キュリーの自然および人工の放射線源が、コロンビア川を流れ下っている。

5. Hanford タンクのクリーンアップ

5.1 クリーンアップのコストはいくらになるか？

「クリーンアップ」の定義の仕方によって、クリーンアップのコスト、スケジュール、人体への影響、必要な技術のあり方が変わってくる。既存の技術の中にも、そのままクリーンアップに利用できるもの (例えば Savannah River Site におけるガラス固化) もある。しかし、Hanford にあるタンク内溶液の物性が複雑多岐にわたっている以上、多くの技術を駆使してゆく必要があると考えられている。

現時点での推定では、Hanford Cleanup は数百億ドルから、数千億ドルの範囲にわたっている。かように、推定に大きな幅があるのは、クリーンアップのやり方について、(1)クリーンアップが必要とされるレベル、(2)クリーンアップ後のサイトの利用法、(3)廃棄物の最終形態のあり方などについて分からないことがたくさんあるからである。

5.2 Hanford のタンクにおけるガスの蓄積

1995 年 6 月までに、シングルシェル・タンク 19 基、ダブルシェル・タンク 6 基で定期的に水素、一酸化二窒素 (N_2O)、窒素、アンモニアなどのガスが放出されたことが監視されている。それらは、タンクの監視リスト基準を上回ったものであった。水素の放出量が大きければ、ガスは爆発してしまう恐れがある。

例えば、ダブルシェルの SY-101 タンクでは、大量の水素ガスを放出したことがあり、ガスの蓄積を減じるために、いろいろな手段を講じてきた。ガスの蓄積によりタンク内廃棄物の表層レベルが約 1 フィートも変わったことがある。1993 年に 7 階建ての高さのミキサーポンプが据え付けられる前には、3 ないし 4 ヶ月に 1 回ガスのパーブが起こった。SY-101 タンクでは、かつて水素ガス蓄積が火災レベルを超えたことがある。

しかし 1996 年 10 月、DOE は SY-101 タンクについて、もはや着火性ガス発生の問題は消滅したと報告している (大型ミキサーポンプはその後も順調に稼働中している)。

6. タンク内廃棄物

6.1 タンク内廃棄物の組成

Hanford においては、核燃料再処理について複雑で長い歴史があり、他の DOE あるいは国際的な施設よりも、タンク内廃棄物の組成が非常に複雑になっている。それ

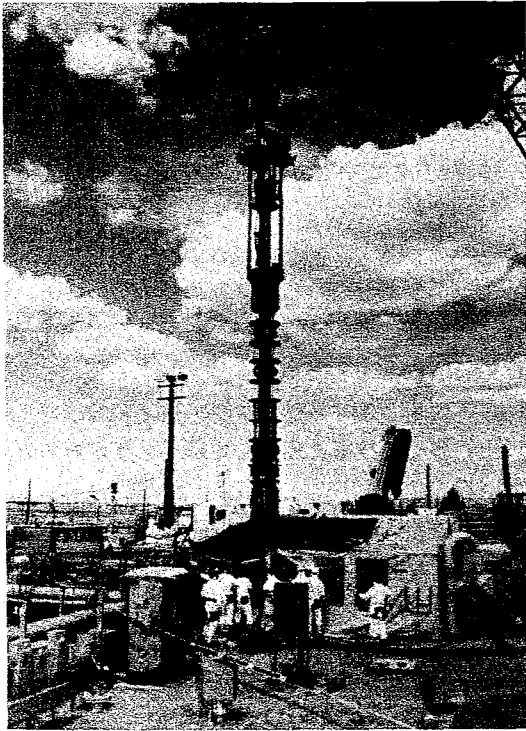


図5 SY-101 タンクのミキサーポンプの設置状況
(水素を始めとするガスの放出抑制に役立つ)
(出典:PNL-10773)

らの要因を列挙しておけば、次のようである。

- ・照射済み燃料の再処理に、いろいろなプロセスが用いられた。
- ・再処理廃棄物プラントからの酸性廃液は苛性ソーダで中和している。一般的にセシウムはおおむね溶液中に溶解しているが、プルトニウムの錯塩はタンクの底に溜まっている。
- ・いくつかのタンクでは廃液が蒸発して、固いソールトケーキや厚いスラリーが作られた。
- ・いくつかのタンクでは、セシウムやストロンチウムを沈殿させるために、シアン化鉄が添加された（放射性レベルの低い液体を土壤中に放出させるため）。なお1996年10月、DOEは試料分析の結果、シアン化鉄について安全性の問題は解消したと発表している。
- ・操業初期の段階でいくつかのタンクでは、液体廃棄物を安定化させるために、セメントや珪素土を添加したことがある。

かように、一つのタンク内で廃棄物の組成を知ることが難しいばかりでなく、処理コストも高くなっていく。177基それぞれのタンクについて、いくつかのサンプル（スラッジ、スラリー、上澄み液など）採取がタンク内廃棄物の各層ごとに必要と考えられている。

6.2 廃棄物除去について

廃棄物を処理するために移送する際には、いろいろなことを考えておかなければならない。タンクから放射性廃棄物を抜き取る際には、遠隔操作が必要となってくる。タンク頂部の小さな開口部（直径42インチ未満）を通じて、廃棄物を取り扱うのには、いろいろな制約がある。

次に廃棄物が除去作業に際して、物理的組成がどう変わってくるのか注意しておく必要がある。またpH、温度、化学濃度、混合物組成などが、除去作業の際どう変わってくるのか検討しておかなければならない。

6.3 具体的な除去方法の検討

現段階で検討されているタンクからの廃棄物除去手法としては、次のようになっている。

(1) ミキサーポンプ

これは、廃棄物の組成が基本的に液体状で、攪拌させながら廃棄物を地中に漏洩させることなく移送できる場合に適用できる。

(2) 水圧カット法 (Hydraulic Slicing)

古いシングルシェル・タンクについて作業する場合には、今後再び漏洩などを生じないような配慮が必要になってくる。この場合有効なのが水圧カット法により、タンク内の廃棄物（ソールトケーキやスラリー）に吹きつけて、廃棄物をスライス状に切断してゆく方法である。

(3) ロボットアーム

シングルシェル・タンクによく見られるソールトケーキの固まり、あるいは固体廃棄物（プラスチック・ボトルやイオン交換樹脂）などは、ロボットアームを用いて切断される。Tank Cleanupの場合には、高放射線環境、あるいは狭い空間を通したり曲げたりする技術が必要になってくる。スペースシャトルのロボットアームで知られるカナダの Spar Aerospace Ltd. が開発した遠隔操作ロボット（英文名 light-duty utility arm）が、1996年6月以降、Hanfordを含むDOE施設4ヶ所（外にINEL、ORNLなど）において試験使用が行われている。

6.4 廃棄物の前処理

タンク内廃棄物の前処理の特徴は、固体成分を液体から取り除き、溶解性物質も固体側に紛れ込ませないようにすることである。液体成分には、硝酸塩などの高濃度の塩にCsが含まれている。Csさえ取り除いてしまえば、残った廃液の放射能は、低レベル廃液として処理できる程低いものになる。これは、高レベル廃棄物の量を減らすことを意味する。

前処理の関連で研究が進められていることに、強酸もしくは強アルカリ性の化学溶液による、廃棄物の洗浄と廃棄物の最終形態で邪魔になる化学物質の除去がある。

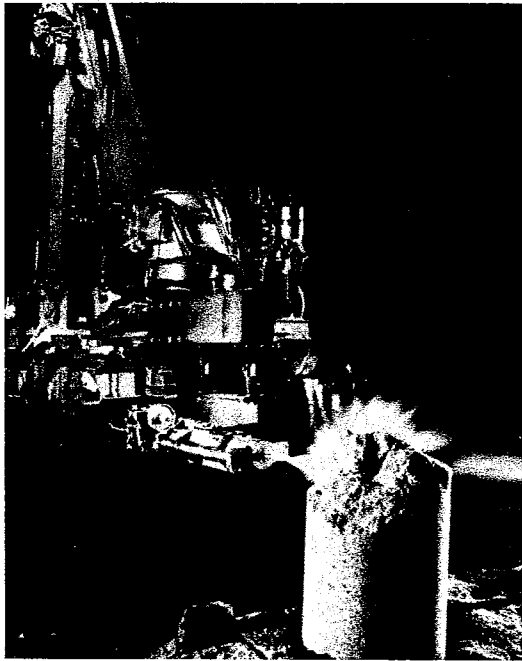


図6 水圧カット工法の実証試験状況（模擬 saltcake を水圧で小さな塊に切断できることを確認）（出典：PNL-10773）

その理由は、もし廃棄物をガラス固化する場合、アルミニウム、磷、クロムの含有量を減らしておけば、耐久性ある高レベルガラス固化体を作り出すことができ、かつこれらの金属を取り除いておけば、高レベルガラス固化体の総容積を減らすことができるからである。

7. Tank Waste Cleanup の実施準備進む——民間請負化で

7.1 予算関係

Hanford に対する連邦予算投入の状況を整理しておくと、米政府は1989年に調印した三者協定に基づき、1995会計年度末までに Hanford クリーンアップのために約75億ドルを出費している。1996年度には16.5億ドルが出費され、97年度には14.7億ドルの出費が見込まれている。

ところで1998年度の予算要求は17.3億ドルとなっているが、その用途別内訳は次のようになっている。

- ・タンク廃棄物回復システム(TWRS)の民間請負化 427百万ドル
- ・TWRS 316百万ドル
- ・その他廃棄物管理 141百万ドル
- ・環境回復 132百万ドル
- ・核物質および施設の安定化 406百万ドル
- ・その他環境管理 114百万ドル
- ・将来の建設用資金 202百万ドル

7.2 包括的な視点……米議会への要請

米国議会が検討すべき主要課題として、「エネルギー天然資源委員会」が挙げている問題点をまとめておけば、次のようである。

- ・クリーンアップの法的・規制上の枠組みの改変
- ・実際に適用すべきクリーンアップ・レベル問題の解決
- ・DOE が Hanford に適用すべき統合的リスク評価を行うべきこと
- ・DOE が Hanford クリーンアップ長期計画を作成し、定期的に見直してゆくべきこと。その際、廃棄物管理、施設の完全除染、環境回復について検討すること

7.3 Project Hanford 管理契約 (PHMC) について

DOE 長官に O'Leary 女史が就任してから、DOE では Hanford のクリーンアップ事業を民間請負化し、民間活力を活かして予算削減に努力する動きが出てきた。まず1995年11月にタンク内廃棄物のクリーンアップ作業民間請負化の方針が打ち出された。そして1996年2月には、Project Hanford 管理契約 (PHMC) をコスト清算方式から固定価格方式(処理廃棄物の単価を固定する)に切り替えた。O'Leary 長官は、「これでクリーンアップコストが30%安く出来、米国の納税者たちにとって大きな勝利になる」と説明している。

7.4 タンク廃棄物回復システム(TWRS)の実施状況 ——

DOE 予算報告から

DOE Hanford の予算報告資料によれば、1997会計年度の実実施計画として次のように報告されている。

- ・シングルシェルタンク 149 基中 119 基を安定化（達成率 80%）
- ・シングルシェルタンクファーム 12 箇所中 3 箇所を中間安定状態化（25%）
- ・タンク 112 基について Characterization Report を作成（63%）
- ・106-C 高熱タンクから廃棄物の除去を開始
また 1998 会計年度においては、次が計画されていることが分かる。
- ・新規サイト内横断移送配管の使用開始
- ・シングルシェルタンクについて更に 5 基の安定化を達成（達成率 83%）
- ・シングルシェルタンクファーム 2 箇所を更に中間安定状態化（42%）
- ・タンク 20 基について Characterization Report を作成（74%）
- ・100 万平方フィートにわたるタンクファーム表面汚染の清浄化達成

- ・民間委託化 TWRS について、請負業者による廃棄物 Remediation 施設の建設を開始

7.5 TWRS を巡る動き

タンク廃棄物回復システム (TWRS) については、段階別に民営化が進められることが 1996 年 9 月に決まり、実証段階の Phase I については BNFL Inc. と Lockheed Martin Advanced Environmental Systems の 2 社が受注した。Phase I の Part A については、20 ヶ月の間に民営化したタンク処理施設の技術、規制、経済性を確立することが要請されており、そのため前記 2 社に対してそれぞれ 2,700 万ドルの固定価格が保証されている。

また Part B 段階でも 2 社間の競合により、タンク廃棄物の 6 ないし 13% について、固定価格ベースで実証を進めるとしている。DOE では、Part B には 10 ないし 14 年を要し、その間 50 億ドル以上の出費が見込まれるとしている。

クリーンアップは、フルスケール操業段階の Phase II において完了させるとしている。ちなみに三者協定では、2028 年までにすべての廃棄物を固化して、最終処分の準備を整えることになっている。

ところで 1996 年 1 月 26 日付けの米国会計検査院 (GAO) 長官から DOE の O'Leary 長官宛て書簡 (GAO/RCED-96-56) によれば、TWRS 所要資金は述べ 360 億ドル以上に達するものと予想されている

8. おわりに

TWRS が漸く実施に向けてスタートし、戦後半世紀以上にわたり滞っていた Hanford Tank Waste の Cleanup が進捗する運びになったのは、この問題に関心を寄せていた者として大変喜ばしいところである。

しかし、DOE 施設内に民間施設の建設を認めることになれば、新たに DOE 施設に対する NRC による規制重複の問題が生じてこよう (TWRS に関しては DOE と NRC の間で覚書(MOU)が 1997 年 1 月に締結されている模様)。そして TWRS 民間請負施設 (Vitrification 施設など) については、最終的には解体撤去が義務づけられているようである。また、BNFL Inc. チームについては、GTS Duratek 社が参加しており、ガラス固化技術は Sellafield の Vitrification Process ではなく、米国における同社の革新的な技術が採用されることである。また PHMC においては Fluor Daniel チームの傘下に Numatec Hanford Inc. が加わっているが、同社の親会社は Cogema/SGN であるのも注目を惹く。

1997 年 1 月には、DOE 長官には O'Leary 女史に代わっ

て Penya 氏が任命されているが、前長官時代に引かれた民営化推進を中心とする DOE の基本路線は、そのまま踏襲されていくものと考えられる。

また、本稿の取りまとめに際しては、情報革命の旗手である Internet による情報入手が大きな役割を果たしてくれた。DOE Press Release を始めとする米国政府機関の情報の透明性と公開の進捗ぶりには目を見張らせるものがあり、我が国としても大いに学んでゆかねばならないところであろう。

最後に、最新の情報入手に協力してくれた米国の二人の友人、Roger Gale (WIEG) 社長と John Graham (BNFL Inc.) 副社長 (前 ANS 会長) に感謝しておきたい。お二人の協力により、Hanford Tank Cleanup に関する最近の情報を入手する鍵を得ることが出来た。長年の友情に感謝して筆を置くことにしたい。

参考文献

- [1] Gephart, R. E., Lundgren, R. E.: Hanford Tank Clean up: A Guide to Understanding the Technical Issues, PNL-10773, Pacific Northwest Laboratory (1996).
- [2] Blush, S. M., Heitman, T. H.: Train Wreck Along the River of Money: An Evaluation of the Hanford Cleanup, Report for US State Committee on Energy and Natural Resources (1995).
- [3] Kramer, D.: DOE picks Fluor team to manage Hanford Site etc., Inside Energy, Aug. 12, 1996, 3-4 (1996).
- [4] Kramer, D.: DOE Sites to begin using robotic arm to treat waste in tanks, Inside Energy, June 3, 1996, 8-9 (1996).
- [5] GAO/RCED-96-56, Hanford's Tank Waste Characterization: B-270726, Jan. 26, 1996, US General Accounting Office (1996).
- [6] Holloway, K., Brady, J.: Energy Department proposes to privatize Hanford's Radioactive Tank Waste Cleanup, DOE Press Release, Feb. 20, 1996.
- [7] Curtis, N.: A New Era for Hanford: Fluor-Daniel team assumes cleanup responsibilities, DOE Press Release, Oct. 1, 1996.
- [8] Schein, G.: Clinton Administration selects teams for first phase of Hanford Tank Waste Cleanup, DOE Press Release Sept. 25, 1996.
- [9] Schlesinger J.: BNFL Inc. wins Largest DOE Privatization Contract, BNFL Press Release, Sept. 25, 1996.
- [10] Hanford Tanks Initiative : Hanford Homepage, Feb. 11, 1997, <http://www.hanford.gov/> (1997).
- [11] Berriochoa, M.: Hanford announces major progress with tank safety issues, DOE Press Release Oct. 30, 1996.
- [12] DOE's Fiscal Year 1998 Budget Presentation for the Hanford Site: Hanford Homepage, <http://www.Hanford.gov/doi/budget98/> (1997).

[13] Gale, R.: Private Connection, Feb. 19, 1997.

[14] Graham, J.: Private Connection, Feb. 25, 1997.