

ポリキューブ、 金属、 酸化物など

ハンフォードのプルトニウム最終処理プラントで 安定化と解体が進む

ミシェル・ガーバー (Michele Gerber)

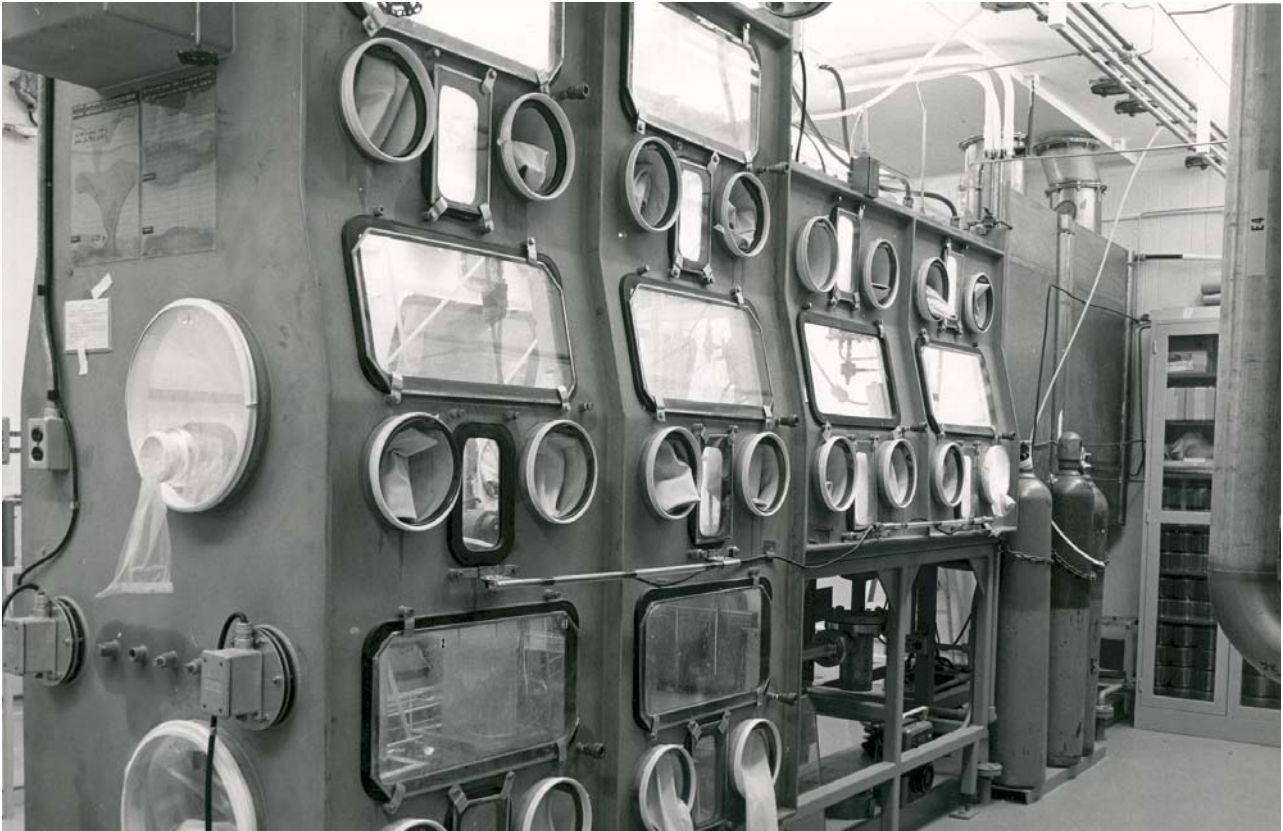
ハンフォード・サイトでもっとも汚染された区域の1つであるプルトニウム最終処理プラント(PFP)の作業員は、同施設に在庫する特殊核物質の安定化作業を完遂に向けて進めている。この物質には、プルトニウム含有スクラップ、残留物、粉末、溶液、および何十年にもわたる核兵器生産に伴う他の残存物が含まれる。今日、17.8メトリックトンに上るこれらの物質の60%以上が安全に安定化され、長期貯蔵または処分用に承認された頑強なコンテナに入れられている。

米国エネルギー省(DOE)と主契約業者のフルーア・ハンフォード社は、ワシントン州南西部にあるこの巨大な旧生産サイトにおける在庫物質の安定化と封入を、2004年2月までに完了する予定である。DOEは、同省の原子力安全を監督する議会の一部門である国防原子力施設安全委員会(DNFSB)に対し、PFPの在庫物質の安定化を2004年5月までに完了することを約束した。

現在も、PFPでプルトニウムの安定化が「第一任

務」として進められるなかで、浄化プロジェクトの二番目の重要な作業が進められている。それは、60を超える構造物を浄化・解体して、14.8エーカーのPFP施設を2009年9月までに「ベタ基礎」の状態にすることである。この加速された解体計画により、米国の納税者は、以前のスケジュールに比べて5億ドル近い節約を期待できる。

PFPプロジェクト責任者のスコット・サックス(Scott Sax)氏によると、「今日われわれが重点を置いているのは、プルトニウムと廃棄物を長期貯蔵または処分のために安全に安定化・封入することであり、その直後に活動停止と解体を行う。われわれのPFPチームは、プルトニウム含有物質を安全で堅牢なコンテナおよび構成の中に配置することによって、ハンフォードの安全性を高められると信じている」という。



PFP 施設活動停止作業の一環として、PFP の歴史的な 232-Z 焼却炉のなかで 2 番目に大きいグローブボックスである汚染された古い「ろ過フード」は、兵器生産時代の他の多くの機器とともに、残留プルトニウムの除染と分解・除去の準備が進められている。

PFP の称賛

54年を経た PFP 施設は、1990年代に DNFSB の批判を受けたが、最近ではずっと好意的に評価されている。DNFSB は、2002年に議会に提出した年次報告書において、PFP プロジェクトチームを次のように称賛した。「いくつかの新たな安定化作業が進捗し……ほかにも、いくつかの新たな安定化作業の開始と包括的な核物質安定化計画の作成などにおいて、継続的な進歩があった……。[また PFP は]、いくつかの顕著な安全性向上を達成した」。DNFSB が最近議会に提出した年次報告書は、PFP において、5つの形態のプルトニウム含有残存物を安定化するうえで、さらに進歩があったことを指摘した。

DOE の独立評価・性能保証室は、2002年の環境・安全・保健 (ES&H) 検査において、次のような結論を得た。フルーア・ハンフォード社と DOE のリッチランド運転事業所 (RL) は、「ISM (包括的安全管理) 計画を採用し、一連の適切な計画と手順を通じて、ISM のための良好な枠組みを確立した……。総合すると、DOE-RL とフルーア・ハンフォード社は……指導力を発揮し、作業員の関心事に取り組むための革新的なツールと意欲的な活動を含

めて、ES&H 計画と ISM のために資源を提供した。」

フルーア・ハンフォード社の PFP プロジェクトは、昨年11月に、PFP 施設における100万時間の安全労働を達成した。また、2002年度の限定的かつ記録可能な傷害率(労働安全衛生局の基準で測定)は、前年度比で20%減少した。サククス氏は、2000年から2002年にかけて同プラントでのプルトニウム安定化速度が4倍になったにもかかわらず、作業員の平均被ばく線量が実際に低下したことを非常に誇りにしている。

国防における PFP の役割

PFP は、米国の主力核防衛施設として40年間利用されてきたので、今日、多量のプルトニウムを含む残存物を抱えている。PFP は、核物質が兵器に搭載される前の、プルトニウム精製の最終段階を担った。1949年に操業を開始した PFP は、米国の他のいかなる施設よりも多くの金属プルトニウムを生産した。その生産量は、DOE のローッキーフラッツおよびサバンナリバー・サイトを合計した生産量に匹敵する。

1972年に、DOE の前身である米国原子力委員会 (AEC) は、リッチランド・サイトに中央スクラッ



DOE の新しい3013規格缶の3部品を示す。最内部にある最小の「コンビニエンス缶」、中間のバッグレス移送缶、および外部缶からなる。ステンレス鋼製の堅牢な3013規格缶は、二重溶接され、700ポンド/平方インチの内圧に耐えられ、健全性が50年間保たれる。完全に組み立てられた3013規格缶システムは、高さ約10インチ、直径5インチである。

プ管理事業所を設立した。同事業所は、AECの数十の原子力生産・研究サイトといくつかの商用施設のために、スクラップと廃棄物からプルトニウムを回収した。プルトニウム含有スクラップには、異なる種類と組成のものがあつた。一部のスクラップは処理され、他は保管された。その結果、PFP施設内の保管室、実験室内のフードとグローブボックス、および他のグローブボックスには、さまざまなプルトニウム含有物質が存在する。さらに複雑な状況として、特定の放射性同位体が崩壊して他の同位体になったり、化学反応が起きたりして、これらのプルトニウム含有スクラップの多様な組成は時とともに変化した。スクラップは、定期的に検査・再封入する必要があり、その結果、PFP作業員は継続的にプルトニウムとアメリカシウムにより被ばくした。

1980年までに、処理作業が停止した。レーガン大統領の時代に短期的に活動を再開したものの、1989年以降、PFP施設は生産のための運転は一切行われていない。



グローブボックス窓を通して見た金属プルトニウム「ボタン」。1949年から87年にかけてハンフォードのPFPで生産された。

安定化が優先事項に

DNFSBは1994年5月に、核兵器の「製造パイプライン」は、「安全上の理由から存続が許されない状態」で取り残された、と結論づけた。DNFSBの報告書は、「われわれは特に、かつて加工と兵器製造のために使用されたさまざまな建屋内にある核分裂性物質を含む特定の液体と固体について懸念している」と記した。

PFPにある17.8メトリックトンの核物質は、長期貯蔵に適さない「安定化されていない」形態で、多量のプルトニウム含有物質に関連する400万キュリー近いアルファ放射性核種（他の放射性核種より一般に長寿命）を含んでいた（比較として、選鉱された300ポンドの天然ウランの放射能は1キュリーである）。

1994年末に、DOEとその浄化請負業者は、グローブボックス内の2つの特殊小型加熱炉を用いて安定化作業を開始した。作業はある程度進行したが、PFPにおける臨界安全性の懸念と、1997年に起きたタンク爆発および隣接するプルトニウム再生施設（PRF）における残留化学液によって、PFPのすべての操業が2年近く停止した。

2000年に、DOEとDNFSBは、2004年5月までにオフサイト処置のためにすべての物質を安定化・封入するという新しいスケジュールを立てたが、フルーア・ハンフォード社は、この期日に先んじるこ

とを望んでいる。2000年末にその作業を開始し、プルトニウムの安定化と再封入のために4つの新しい工程を PFP 施設に導入した。

残 留 物

プルトニウム含有残留物は、合金物質、酸化物と混合酸化物のスクラップ、化合物、運転と実験によって発生する種々の残留物、および砂・スラグ・るつぼ (SS&C) と呼ばれる物質からなる。スラグは、フッ化プルトニウムが金属プルトニウムに還元される最終段階で生じる固体残留物である。酸化マグネシウムからなるるつぼは、プルトニウムを熱して金属にするときの成形体として使われた。成形されたプルトニウムが取り除かれた後、るつぼは破壊され、汚染された破片になった。スラグ粉末や破片は、「砂」とも呼ばれる。SS&C 残留物の処分のための再封入は、スケジュールに6カ月先立って2002年12月に完了した。ほぼ同時に、PFP 作業員は、「グループ1アロイ」と呼ばれる少量の残留物の再封入を完了した。酸化物および混合酸化物スクラップの再封入は、2002年12月に開始し、2003年末に完了の予定である。

PFP で再封入された最初期のプルトニウム含有残留物のなかには、1960年代と70年代にハンフォードおよびロッキーフラッツ・サイトで運転された焼却炉から出た2つのプルトニウム混じりの灰があった。PFP 作業員は、ハンフォードの焼却炉から出た約547細目の灰と、ロッキーフラッツの焼却炉から出た400を超える細目の灰を再封入した。灰は、

滑り蓋付きの缶に入れられ、パイプオーバーパック・コンテナに封入され、ニューメキシコ州にある DOE の廃棄物隔離パイロットプラント (WIPP) で処分されるまでの間、貯蔵のために搬出された。この作業は、2002年3月にすべて完了した。

フルーア・ハンフォード社の残留物安定化プロジェクト管理者であるブライアン・スキールズ (Brian Skeels) 氏によると、「われわれには、品質と安全性を十分に考慮して残留物処理作業を毎日一定速度で行う優秀な専任チームがある。われわれは、絶えずスケジュールに先行することにより、作業の安全性とコストに明らかな恩恵をもたらしている」という。

溶 液

PFP 作業員は、2002年7月に、びんや缶に貯蔵されていた300~400キログラムのプルトニウムを含む約4,500リットルのプルトニウム含有溶液の安定化を完了した。溶液中のプルトニウムは、沈澱 (乾燥) によって酸化物粉末にされ、熱的に安定化される。または、低純度溶液であれば、WIPP で永久処分できるように直接ドラム缶に封入される。

PFP における最重要な作戦行動の1つである溶液安定化によって、職員の被ばくが低減され、事故がもっとも起きやすい形態のプルトニウムが除去された。フルーア・ハンフォード社の PFP プロジェクト責任者代行であるケント・スミス (Kent Smith) 氏は、溶液安定化の完了を特に喜び、「溶液安定化作戦の完了により、PFP 施設全体の安全状況が改善

された。また、PFP でのわれわれの作業が、安全関連の定量化できる真の成果をもたらすことを明確に示すことができた」と述べた。濃度が高めの溶液から取り出した酸化物は、新しい頑強な缶に封入されて、PFP 施設の保管室内に貯蔵されており、搬出できる状態になっている。

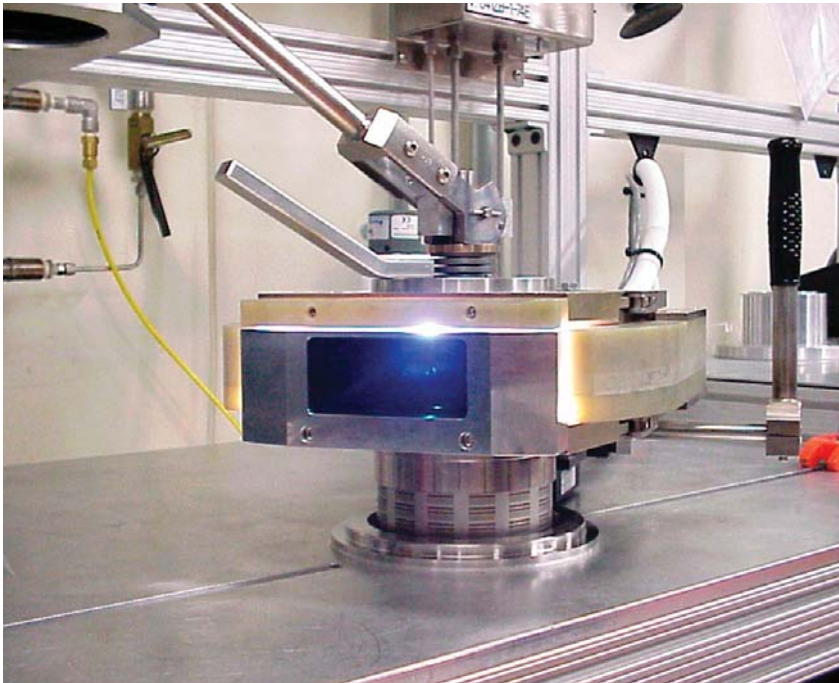
ポリキューブ、金属、酸化物

ハンフォードのプルトニウム含有ポリキューブは、PFP に残存する核物質のごく一部であるが、安定化がもっとも難しい物質の1つであった。ポリキューブは、ハンフォードにおける臨界実験で使用された、酸化プルトニウムを含む有機物の微小な立方体である。

ポリキューブは、グローブボックス内の加熱炉で加熱され、酸化物に転換



3013規格のキャニング工程では、安定化されたプルトニウムを保持する缶にヘリウムが充填される。ハンフォードの PFP は、厳格な3013規格に準じる最初の DOE 施設である。



安定化されたプルトニウムを保持する3013規格コンテナ第3缶（外部缶）の遠隔溶接。第2缶は、グローブボックスから突出して溶接され、遠隔切断されることにより、クリーンな封入容器となる。次に、それが第3缶に溶接される。

されてから、「バッグレス移送システム」を通じてステンレス鋼製コンテナに再封入され、最終的に長期貯蔵缶に入れられた。フルーア・ハンフォード社の熱安定化およびポリキューブ管理者であるロブ・カントウェル（Rob Cantwell）氏によると、急速に加熱しすぎるとキューブが燃えかねないので、微妙な工程だったという。燃えるとなんと可燃性ガスが発生し、フィルターが詰まって高価なフィルター交換が必要になり、作業員の被ばく線量が増えてしまう。

PFPのプロセス研究室では、安定化を始める前に綿密な試験を行った。次に、研究者とエンジニアは、重要な安全原則に基づいて工程を観察・洗練した。

カントウェル氏によると、「ポリキューブの処理を開始してすぐ



PFPのAラインの初期グローブボックス。生産規模でプルトニウム最終処理を行うための世界初の遠隔機械式グローブボックス装置。1951年にハンフォードのダッシュ5建屋に据え付けられ、現在は、PFP活動停止作業の一環として清浄、分断、除去が行われている。

に、ポリキューブが保管されていた区域で線量が低減したので、職員の安全と保健が強化され、施設の安全状況が向上した」という。スミス氏も同調し、「この線量低減は、PFPにおけるわれわれの作業が決定的な違いをもたらすことを浮き彫りにし、非常に満足な結果であった」と述べた。ポリキューブの安定化作業は2002年半ばに始まり、最近完了した。

PFP 作業員は今春、多量の塩化物塩を含むプルトニウム含有スクラップの安定化に取りかかった。この種の酸化物は、加熱されると、プロセス加熱炉と気体廃棄物処理系を腐食する可能性がある。カントウェル氏のチームは、研究室職員と協力して、有害な物質を除去して塩化物を安全に処理する方法を綿密に検討した。塩化物に富む物質の安定化は、2004年初めに完了の予定である。

金属プルトニウムと酸化物のキャニング

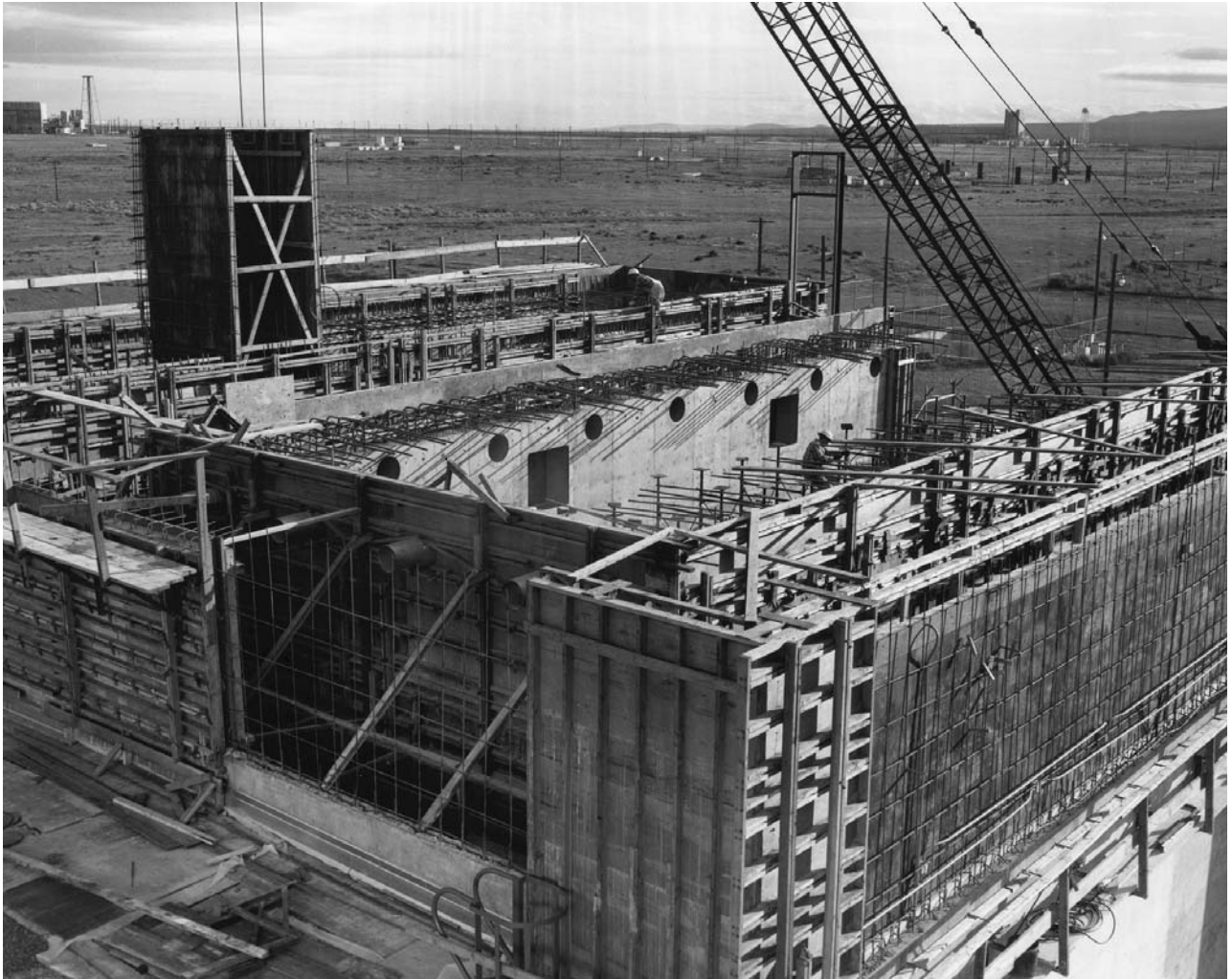
ハンフォードは、2001年4月に、安定化された酸

化プルトニウムを「3013」規格コンテナに入れるという、新しい厳格な仕様に準じる最初の DOE サイトとなった。三層の堅牢なステンレス鋼製缶は、50年間の安全貯蔵を保証する DOE の3013規格を満たすように設計されている。複雑な内外面溶接工程を経た缶は、漏洩試験と非破壊分析にかけられ、最終処分を待つ間、PFP の保管室内に安全に貯蔵される。2001年9月に、施設内のすべての金属プルトニウムの安定化と再封入が完了した。

酸化プルトニウムの封入作業が進められており、1年ほどで完了の予定である。フルーア・ハンフォード社の、安定化と封入に関する機器・貯蔵・処置の管理者であるロブ・グレゴリー（Rob Gregory）氏によると、「安定化はリスク低減を意味する。単純明快である。安定化を遂行するためのあらゆる措置により、われわれは施設の安全性を顕著に高めている」という。



グローブボックス内で酸化プルトニウムのポリキューブを調べる、フルーア・ハンフォード社 PFP の研究者であるスーザン・ジョーンズ（Susan Jones）氏。同施設では、2002年7月に開始した微小ポリスチレンキューブの安定化作業を終えようとしている。



1962年当時の建設中のプルトニウム再生施設。現在、同施設の機器と配管に残留するプルトニウムが除去されている。フルーア・ハンフォード社は、2006年9月までに、施設構造物を空にしてその活動を停止する。



PFPPの残留物安定化作戦においてグローブボックスを検査するフルーア・ハンフォード社の3人の核化学操作員と、それを見守るプロジェクト責任者のスコット・サックス氏。



ハンフォード PFP のグローブボックス内に置かれた、プルトニウム含有溶液から得られた安定化された酸化プルトニウムを保持する、ポートと呼ばれる小型コンテナ。同施設は、2002年7月に溶液安定化作戦を完了した。

施設の解体

すべてのプルトニウム物質の安定化が完了したら、作業員は、2009年9月30日までに PFP 施設を解体するという意欲的な目標を達成するための作業を加速させる。ハンフォード・サイトで30年の経験を持つ、フルーア・ハンフォード社の PFP デコミッションング管理者であるボブ・ハイネマン (Bob Heineman) 氏によると、「われわれはそれまでに、PFP 施設内のすべての構造物と地上システムに残存するプルトニウムを除去することによって、作業員、公衆、環境に対する危険を低減し、保安および臨界警報システムを解除し、プロセス機器を撤去し、施設構造物を取り壊す。そして、低コストの長期的監視および保守に適したクリーンなベタ基礎の状態にする」という。

ダッシュ 5 建屋の課題

正式には 234-5Z 施設と呼ばれるハンフォードの主要 PFP 建屋は、当初234および235施設という個別の建屋のために予定していた工程を組み合わせたものであり、作業員から長年「ダッシュ 5」と呼ばれてきた。プルトニウム処理工程の最後に位置することから、Z プラントとも呼ばれている。

長さ180フィートの相互接続する 2 本のグローブボックス・ラインの主要部が残され、その換気ライ

ンと内部機器は「残留」プルトニウム (建屋システム内の残留物) で被膜された。安定化と封入が行われている17.8メトリックトンのプルトニウム含有スクラップのほかに、PFP 施設のさまざまな建屋内に 36 ~ 57キログラムの残留プルトニウム物質があると



PFP のグローブボックス内に置かれた、SS&C (砂・スラグ・るつぼ) と呼ばれるプルトニウム残留物。WIPP で最終処分するための研削と再封入の直前の段階。

推定される。

基本的に、これらのプルトニウムすべてと、それが付着する機器、通風ダクト、配管、および構造部品は安定化されるか、または固形廃棄物として処分される。低レベル廃棄物はハンフォードの処分施設に、また超ウラン元素廃棄物は WIPP に送られる。

ダッシュ 5 には、3つの実験室、リサイクル用グローブボックス（プルトニウム含有スクラップを酸で溶かして化学的に再融合し、酸化プルトニウムと金属を製造するために使用）いくつかのプルトニウム貯蔵区域、およびプルトニウム作業で残された削りくずと切れ端から「ブリケット」を作るための加圧器も存在する。また建屋内には、廃棄物を埋設する前の減容措置として、プルトニウム汚染された可燃物を酸で溶かして乾燥するための放射性酸分解ユニットがあった。施設内には、プルトニウムに汚染されたぼろぎれを燃焼した小型焼却炉もあった。

フルーア・ハンフォード社のダッシュ 5 活動停止管理者であるミック・タルボット（Mick Talbot）氏の推定によると、今日施設内に、138の汚染されたグローブボックス、9万平方フィートを超える床面積、6,000フィートを超える汚染された配管、何千フィートかのプロセスおよび排水ライン、脱気および通風ダクト、フィルターボックス、プロセスポンプ、およびタンクがある。同氏の現場チームは、2006年9月までに残留物の除去を完了し、すべての

機器の分断、除去、処分を軌道に乗せる予定である。全構造物は、2009年までに取り壊される見込みである。

他の PFP 構造物

ダッシュ 5 に隣接する PRF には、長さ54フィート、幅32フィート、高さ32フィートのプロセスセルを環状に囲む17の巨大なグローブボックスがある。ダッシュ 5 と同様に、PRF の配管、タンク、通風ダクト、および他の内部構造物は、プルトニウム残留物で被膜されている。タルボット氏は、この2施設について、基本的に同じ意欲的な浄化・解体スケジュールを適用する予定である。

フルーア・ハンフォード社の現場チームは、今年、プルトニウム焼却炉施設と液体廃棄物貯蔵施設内の物質の浄化・封入にも取り組んでいる。同チームは間もなく、その付近にある廃棄物処理およびアメリカシウム施設にとりかかる。そこでは、複数のグローブボックスと高度に汚染された12のタンクの浄化、減容、処置が行われる予定である。DOE は、これら3施設を2008年までに取り壊す予定である。

DOE は、PFP 施設からのプルトニウム在庫の一掃を2005年に完了する目標を立てた。それによって、プルトニウム貯蔵室を活動停止でき、2009年までに、中央建屋（ダッシュ 5）とその支持構造物を取り壊



グローブボックス内で熱安定化作業を行うフルーア・ハンフォード社のキャシー・ターナー（Kathy Turner）氏。同氏は、PFP の熱安定化およびポリキューブ・プロジェクトにおける主任核化学オペレーターである。

してベタ基礎の状態にできる。地下の修復作業は、規制当局の承認を得たうえで、ハンフォード中央台地区域の修復請負業者に引き継がれる。

ハンフォードの PFP 施設の安定化、浄化、および解体作業を監督するのは、フルーア・ハンフォード社のハンフォード PFP プロジェクト担当副社長であるジョージ・ジャクソン (George Jackson) 氏である。同氏は、部下を冷静に励ましながら、予算、機器、労働力、規制などに関する多重の課題に取り組んできた。同氏は、「われわれは PFP チームとして任務に取り組み、正しいことをやり、完遂する」と部下に述べてきた。

ジャクソン氏は、PFP 施設における浄化の進展に関心を持つ他の人々に向けて、次のように述べた。「PFP でのわれわれの作業が完了すれば、作業員、付近の公衆、および環境は、より安全で良好な状況になる。そのことが、われわれの動機と励みになる。私は、PFP 施設の全作業員と、われわれが行っている重要な作業を、非常に誇りに思う」。

ミシェル・ガーバー氏は、第二次世界大戦と冷戦について長年の研究歴がある歴史学者であり、フルーア・ハンフォード社でコミュニケーション担当上級専門職を務めている。