

ラップの巻き付け

革新的合成樹脂コーティングにより、米国エネルギー省（DOE）は、汚染された巨大な設備を縮小切断せずに処分することが可能に。

（記） Richard Hogue

ロッキーフラッツ環境技術サイトの閉鎖に伴う主な課題は、放射性物質もしくは危険物質に汚染された大型機器の処分でした。これらの機器の放射性汚染レベルは、低比放射能の表面汚染物質（SCO-I）の基準を満たしていました。これまでは、機器を承認された標準廃棄物コンテナに入るように縮小切断していました。

ロッキーフラッツにあるプルトニウム、ウラン、ベリリウム処理施設から出る大型製造機器の縮小切断と廃棄物梱包は、安全性・コスト・時間において大きな課題でした。大型機器の縮小切断と梱包には数週間掛かり、莫大な費用と安全性のリスクが伴いました。また、“汚染された機器の縮小切断に関する基準”は画一されていません。それぞれ機器に合わせた工学技術が必要になるため、コストと時間が掛かります。大型機器のサイズに合わせたコンテナ製造にも費用が掛かります。

実証実験

ロッキーフラッツにおいて Kaiser-Hill 社と InstaCote 社による実証実験が 2002 年 3 月に実施されました。このプロジェクトの目的は、噴霧式ポリウレア合成樹脂コーティングの IP-1 梱包が、基準に準拠している

のかを調査することでした。綿密に配合されたポリウレア合成樹脂コーティングの物性は、産業梱包として理想的に機能することが証明されました。3 ページ目にポリウレアのテクニカルデータが記載されています。

建物 833 にあるウランとベリリウムに汚染された巨大な溶鉱炉 2 基は解体され、米国エネルギー省のネバダ試験場まで問題なく輸送されました。技術調査の結果、米国運輸省（DOT）とネバダ試験場は、低レベル放射性汚染廃棄物梱包に InstaCote SE FR を使用することを承認しました。この承認を受けて、ロッキーフラッツは巨大な機器 35 台を輸送することが出来ました。

最大の機器は建物 865 の押出プレス機（Sutton）であり、重量は 130t ありました。建物 865 は、ウランとベリリウムの加工・形成設備であり、核兵器生産の一部を担っていました。この低レベル廃棄物梱包は、ユタ州にある Envirocare 社の廃棄物処分場に輸送されました。

ポリウレア IP-1 梱包

米国連邦規則（CER）49 の要件を満たす産業廃棄物梱包の作成手順を以下で説明しています。

土台の作成

機器や設備の形状に合わせて土台の大きさを決定します。この土台が梱包の底部になります。梱包完成時の外寸は、物体の寸法とほぼ同じです。これまでの梱包では、中に入れる物体よりも梱包の方が大きい必要があり、余分な空間が出来ていました。今回の梱包では、余分な体積（余分な空間）を最小限に抑えます。

梱包の底部は木材で作られ、物体の底部と同様の形になります。この木の厚板が土台の側面にもなります。熱収縮ラップを土台に留め具で取り付けます。熱収縮ラップと土台の木枠に InstaCote SE FR を 6.5mm 厚で吹き付けます。収縮ラップのはみ出した部分は、土台の上に廃棄物を載せ、廃棄物に巻き付ける残りの収縮ラップと繋げるために使用します。こののはみ出し部分により、6.5mm 厚の継ぎ目のないポリウレアコーティングを梱包の表面全体に作ります。

他の梱包では、上記のシンプルな土台に構造部品を追加する必要がありました。一つの例を挙げると、高さのある重機を陸路で輸送する場合には、高さ制限に合わせるために横に倒す必要があります。プルトニウムで汚染された油圧式廃棄物圧縮機（通称、スーパーコンパクター）の重量は 44t ありましたが、ロッキーフラッツの建物 776 から撤去するためにこの技術が使用されました。建物 776 はプルトニウム加工の一旦を担っており、最新式の縮小切断機施設を抱えていました。噴霧前に、鉄骨を木枠の土台に取り付けました。鉄骨を取り付けることで、圧縮機を横に倒し、梱包の土台に掛かる重量を均一にします。建物 865 の押出プレス機（Sutton）の場合には、上記のポリウレアの土台に強化鋼管を組み込まなければなりません。この土台の鋼管は、地元の金属加工業者が作り、ポリウレアの土台の下に配置しました。

押出プレス機を土台に載せ、土台の床に穴を開け、チェーンを穴に通し鋼管にプレス機を固定しました。その後、InstaCote を塗布した土台に開け



重さ 44t の圧縮機を載せる土台

た穴を、再びポリウレアで再密閉し、漏れのない梱包を作りました。

廃棄物を収縮ラップ

InstaCote SE FR を直接押出プレス機に噴霧することは出来ませんでした。なぜなら、ほとんど機器と同様に、汚染された表面全てに吹き付けることは出来ないからです。収縮ラップでテントのような物を作り、ポリウレアの土台の端部に留め具で取り付け、密閉したラップで汚染された機器をカプセル化しました。このテントのような物に InstaCote ポリウレアを噴霧し、継ぎ目のない廃棄物梱包を作りました。これにより、浮遊する汚染物質は、輸送中も梱包の中に封じ込まれました。この梱包用に特別に開発された HEPA フィルターが、噴霧前に、熱収縮ラップの壁に取り付けられました。このフィルターにより梱包は通気性を持ち、ロッキーフラッツ（海拔約 1,600m）からユタ州の砂漠といった急激な高度変化に伴う温度変化にも対応出来るようになりました。

リフトケーブルを取り付けるための板を作り、それらを押出プレス機の角に取り付けました。板が熱収縮ラップから突き出る状態となり、熱収縮ラップと板の境目に熱収縮テープを貼り付けました。そこにポリウレアを噴霧し、継ぎ目のない密閉空間を作り、梱包から突き出た板の部分からも浮遊する汚染物質が放出しないようにしました。

膜圧を計測するための金属プレートを収縮ラップの表面に取り付け、ポリウレアの膜圧を確認しました。梱包全体に必要な膜圧は 6.5mm です。膜圧の測定には、塗膜を通過する磁気減衰を使用しました。

梱包コーティング

InstaCot SE FR のポリウレアは 2 液性で、衝突混合スプレーガンを用いて噴霧します。塗膜形成時に温度は急上昇しますが、数秒で温度は下がり、触れることが可能な温度になります。塗膜の指触硬化は 60 秒以内で、塗膜は 24 時間以内に完全硬化し、最終的な物性を持ちます。

6.5mm の厚みを持たせるために必要な噴霧量は、プレス機を覆う熱収縮ラップ



土台に載せた押出プレス機 (Sutton)



収縮ラップした押出プレス機にリフト用プレートと膜圧計測プレートを取り付けた状態。
右下写真：側面の HEPA フィルター

プの表面積に基づき計算されました。必要な量を吹き付けた後、金属プレートを確認しました。膜圧が足りていない部分には、表面全体が 6.5mm の厚みになるように再噴霧しました。

加速する閉鎖プロセス

押出プレス機に加えて、建物 865 には、他の産業大型機器があり、同様の方法でそれらを梱包しました。このコーティング技術により、時間の掛かる危険性の高い縮小切断を避け



InstaCote ポリウレアコーティングを噴霧し、梱包が完成

樹脂

1970年代後半に、初めてポリウレアの原材料が開発され、自動推進の反応射出成形に使用されました。この革新的新素材には多数の用途があり、硬化が速いため、数分で型から出すことが出来ました。

2液性ポリウレア噴霧式エラストマーコーティングは、イソシアネートと樹脂を反応させることで成形します。芳香族イソシアネートとアミン末端ポリマー樹脂を融合させます。元々のポリウレアは、ざらついた表面になり、硬化が速いため低い伸長率でした。新しく開発されたポリウレアでは、効果時間は長くなり、伸長率が上昇し、表面は滑らかになり、引張強度・引裂強度が高まりました。新製法のポリウレアの物性は、放射性汚染物質の梱包には理想的です。

InstaCote SE FR の物性

引張強度：	2600-2900psi (18-20MPa)
伸長率 (25°C)	280%
高度	54 ショア D
100%モジュラス	1750-1950psi (12.1-13.4MPa)
引裂強度	410 PLY
熱衝撃	-65°F (-55°C) with no effect



重さ 130t の押出プレス機 (Sutton) をコロラド州ロッキーフラッツからユタ州の Envirocare 社の低レベル廃棄施設まで輸送

ることができ、建物 865 の解体スケジュールを数ヶ月短縮でき、ロッキーフラッツ閉鎖プロジェクト全体において何百万ドルものコストを削減しました。

建物 883 にある巨大な溶鉱炉 2 基の廃炉ソリューションの効果は、実証実験において証明され、ロッキーフラッツにおける大型汚染機器の処分方法を変えました。責任者は、汚染機器を取り外し、陸路で処分場まで輸送することを承認しました。

この廃棄物梱包技術は、他の場所においても利用されています。超大型汚染廃棄物 3 体が、テネシー州ノックスビル・オークリッジ国立研究所の BNG America

社の依頼により梱包されました。最大梱包の重量は 228t あり、鉄道で輸送しました。

ロッキーフラッツ建物 371 プルトニウム施設では、高濃度に汚染された直径 14 インチ (36cm) の配管を処分しなければなりません。InstaCote を塗布した土台の大きさは、幅 8 フィート (2.4m)、長さ 20 フィート (6m) でした。これらの巨大な配管は 20 フィートの長さで切断し、土台の上に木材を用いて安定した状態で何層にも積み上げました。プルトニウムに汚染された配管梱包の長さは 200 フィート (60m) を超えるものもありました。

輸送待機中のコーティングされた廃棄物梱包 3 体
合計重量は 318t 以上

