

7. 無害化実証試験

7-1. 試験サンプル

無害化実証試験では、石綿含有保温材および石綿含有建材(スレート等)を処理対象とする。また最上クリーンセンター2号炉(既存の焼却炉)で発生した焼却灰の併設処理も対象とする。写真-7.1.1～7.1.4に試験体受領時の状況などを示す。

試験体(石綿含有保温材)は、二重ビニル袋梱包されフレコンパックに詰めて運搬、受領した。フレコンパック1体の重量は、平均80kg。二重ビニル袋梱包の重量は3～5kg程度、一部、解体除去工事時のビニルシートなどが内包されている場合は10kg以上である。

表-7.1.1 処理対象物と含有石綿種別、含有率

| 試験サンプル | 使用する試験概要 | 含有する石綿成分 | 石綿含有率 |
|----------|-----------|--------------|-------|
| 保温材(みなし) | 溶融無害化実証試験 | アモサイト(0.16%) | 0.16% |
| 石綿含有保温材 | 同上 | アモサイト(5%) | 5% |
| 石綿含有建材 | 同上 | クリソタイル(10%) | 10% |
| 焼却灰 | 同上 | なし | — |



写真-7.1.1 フレコンパックで受領した試験体
フレコンパック1体の重量は平均80kg



写真-7.1.2 フレコンパック内の試験体
(二重ビニル袋梱包された石綿含有保温材)



写真-7.1.3 フレコンパックから取り出した
試験体(石綿含有保温材)



写真7.1.4 ビニル袋梱包された
石綿非含有の保温材

7-2. 試験項目

表-7.2.1 及び表-7.2.2 に試験項目を示す。実証試験では、溶融無害化の検証とメンテナンス作業時の石綿飛散防止対応の検証にかかわる 11 種類の試験を実施した。実証試験は溶融炉を暖機運転後、ケース 1 から順に連続して実施した。試験ケース 1、ケース 2、ケース 8 は保温材のみ。ケース 3、ケース 4 は保温材と含有建材の混在処理。ケース 5、ケース 6 は保温材、含有建材と焼却灰の混在処理。ケース 7 は含有建材のみ。以上の処理条件としている。それぞれ、保温材に対する含有建材、流動化調整剤の割合を変えて、溶融性状の違いを確認した。

試験ケース毎の石綿含有率は、元の試験体の含有率と流動化調整剤の割合によって変化し、0.13%～8.0%となっている。

メンテナンス試験は、搬送系のトラブルや破砕機などのメンテナンスを想定し、負圧管理された機械の点検口を開放して点検作業を行う試験（試験ケース 9）と、除じん装置のバグフィルタで捕捉された粉じんの除去作業を模して、ドギーバック方式でサンプル採取をする試験（試験ケース 10）、溶融無害化処理作業完了後に、破砕機やスクリュウコンベアを点検する際の保護具条件を決定するため、破砕機ホッパ内の気中の石綿飛散性状の確認試験（試験ケース 11）からなる。

表-7.2.1 投入設備一体型溶融炉での無害化処理実証試験ケース一覧

| ケース | 処理対象物 (kg) | | | | 流動化調整剤(kg) | 総重量(kg) | 石綿含有率 (%) |
|------|------------|--------|---------|--------|------------|-----------|-----------|
| | 保温材 1 | 保温材 2 | 含有建材 | 焼却灰 | | | |
| 試験 1 | 2160 kg | — | — | — | 540 kg | 2700 kg | 0.13 % |
| 試験 2 | — | 204 kg | — | — | 51 kg | 255 kg | 4.00 % |
| 試験 3 | 168 kg | — | 168 kg | — | 84 kg | 420 kg | 4.06 % |
| 試験 4 | 240 kg | — | 120 kg | — | 90 kg | 450 kg | 2.75 % |
| 試験 5 | 90 kg | — | 90 kg | 180 kg | 90 kg | 450 kg | 2.03 % |
| 試験 6 | 144 kg | — | 72 kg | 144 kg | 90 kg | 450 kg | 1.65 % |
| 試験 7 | — | — | 720 kg | — | 180 kg | 900 kg | 8.00 % |
| 試験 8 | 574 kg | — | — | — | 143.5 kg | 717.5 kg | 0.13 % |
| | 3376 kg | 204 kg | 1170 kg | 324 kg | 1268.5 kg | 6342.5 kg | — |

注：保温材 1（アスベストみなし含有保温材 石綿含有率 0.16%）
保温材 2（アスベスト含有保温材 石綿含有率 5.00%）

表-7.2.2 メンテナンス試験ケース一覧

| ケース | 試験条件 | 試験項目 |
|-------|-----------------------------------|-----------------------|
| 試験 9 | 破砕機ホッパの点検口解放、点検作業 | 負圧管理区画の整備、点検作業、石綿飛散性状 |
| 試験 10 | 除じん装置バグフィルタの除去粉じん清掃模擬作業（ドギーバック方式） | 負圧管理区画の整備、清掃作業、石綿飛散性状 |
| 試験 11 | 無害化処理試験終了後の破砕機ホッパ内 | 石綿飛散性状 |

7-3. 分析項目

表-7.3.1 に実施した分析項目仕様を示す。アスベスト繊維数濃度測定場所のうち、気中の測定(試料採取)場所は、図-7.3.1 および図-7.3.2 に示す⑦～⑩と“5. 実証設備”に示す各階平面図中に示した①～⑥および⑰～24 の位置である。また排気ガスおよびスラグ冷却水とアスベスト含有濃度の試料採取場所は、図-5.1 に示している。

表-7.3.1 測定分析項目仕様

| 測定分析項目 | 試料 | 採取場所 | 分析仕様 |
|----------------|------------|----------------|----------------------------|
| アスベスト 繊維数濃度 | 気中 | 投入設備棟内、プラント周辺他 | JIS K 3850 (位相差顕微鏡・計数法) |
| | 排ガス | 煙突、バグ出口、ガス冷出口 | |
| | スラグ冷却水 | 出滓口 | |
| アスベスト 含有濃度 | 水破スラグ | 出滓口 | JIS A 1481 (X線回折分析法) |
| | 徐冷スラグ | 出滓口 | |
| | バグ飛灰 | バグ捕捉物 | |
| | バグ出口煙道付着物 | バグ出口煙道 | |
| | ガス冷出口煙道付着物 | ガス冷出口煙道 | |
| | 除じん装置捕捉物 | 投入設備棟4F除じん装置 | |

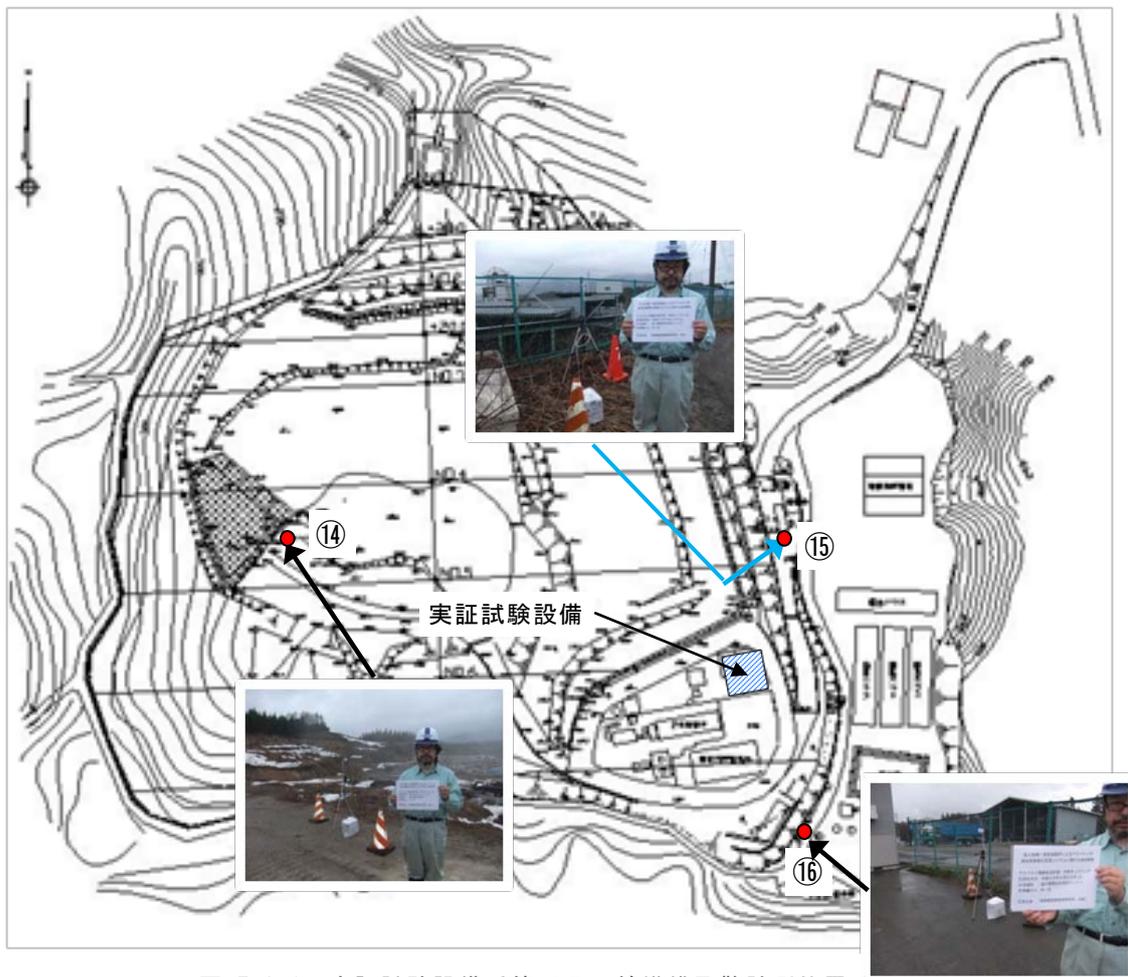


図-7.3.1 実証試験設備近傍での石綿繊維飛散計測位置

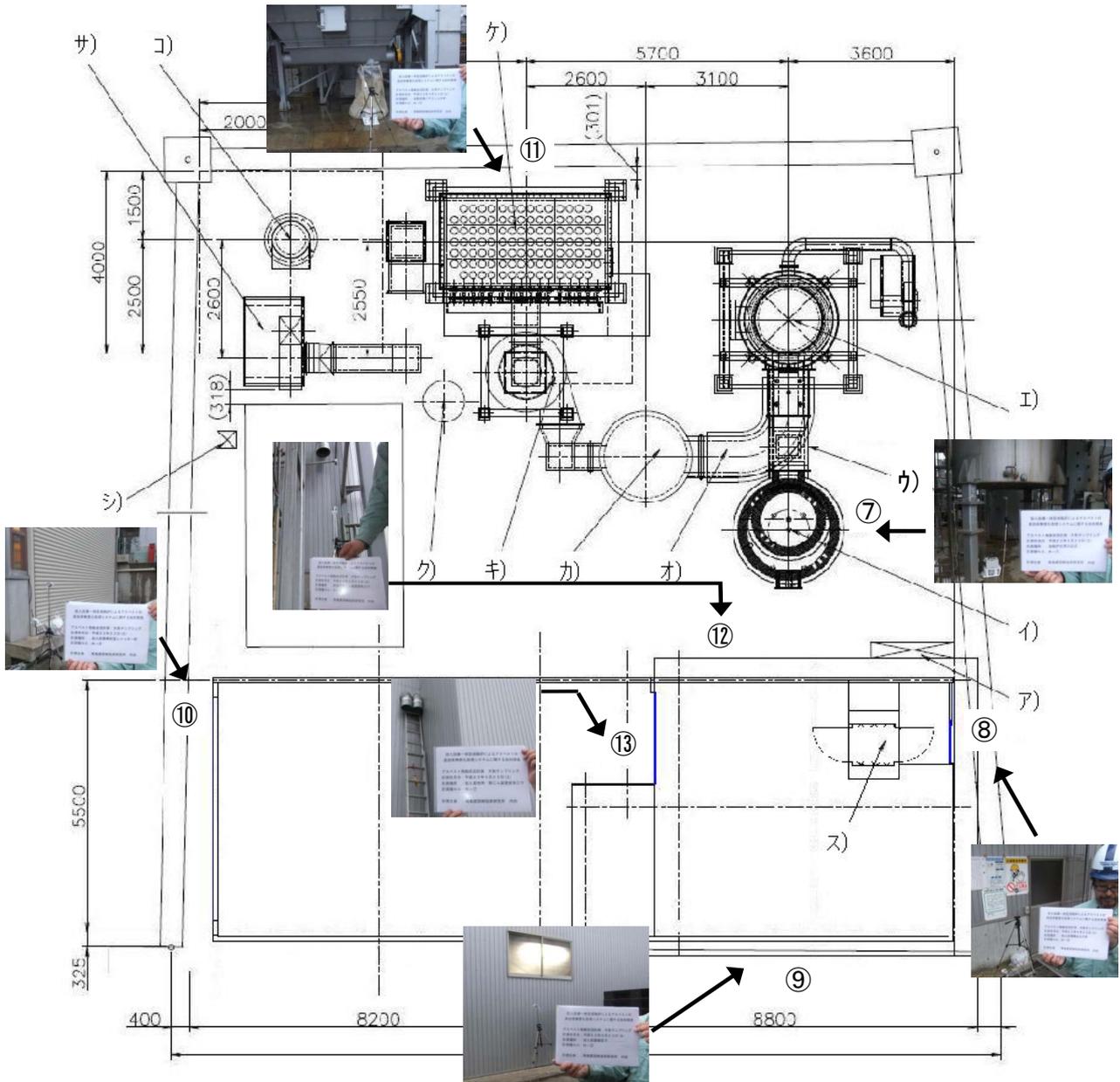


図-7.3.2 試験プラント近傍での石綿繊維飛散計測位置 (⑦~⑫ : GL+1.2m、⑬ : 屋根上 排気口下)

| No | 名称 | No | 名称 |
|----|-----------|----|-----------|
| ア) | 溶融プラント操作盤 | ク) | 中和剤吹込装置 |
| イ) | 溶融炉 | ケ) | バグフィルター |
| ウ) | 湯口(水砕装置) | コ) | 煙突 |
| エ) | 空気予熱器 | サ) | 誘引ファン |
| オ) | 温水回収器 | シ) | CO、O2 濃度計 |
| カ) | 排ガス冷却塔 | ス) | エアシャワー |
| キ) | サイクロン | | |

7-4. 試験工程と測定分析項目

表-7.4.1 に試験工程と対応する測定分析項目を示す。溶融無害化に関わる実証試験は H22 年～H23 年の冬季天候不順(大雪)と東日本大震災の影響により、H23 年 4 月 21 日～4 月 24 日に実施した。試験では溶融炉へのサンプル(保温材等)の搬入能力を 900kg/h とした。表-7.2.1 に示すように試験用サンプル(保温材 1 : アスベストみなし含有保温材、保温材 2 : アスベスト含有保温材、含有建材)の総量が 5 トン弱であるため、最もアスベスト含有濃度の濃いサンプルを用いる試験ケース 2 を中心に測定分析を実施するものとして、4 月 21 日に試験ケース 1～試験ケース 6 までを連続処理した。次いで、試験ケース 9 のメンテナンス試験として、破碎ホップの点検口部分を負圧管理区画とし、メンテナンス作業を模して、ホップ内監視と破碎物の取り出し作業を行い、負圧管理区画および周辺での気中アスベスト繊維数濃度測定を実施した。4 月 21 日の試験ケース 9 より翌日までの間、溶融炉は維持管理運転(炉内温度千℃程度)とし、4 月 22 日の午前中に 1500℃まで昇温して、試験ケース 6、ケース 7 を実施。維持管理運転にして試験ケース 9(点検口の密閉、負圧管理区画撤去)を実施した後、アスベスト非含有保温材にて、溶融炉に接続するスクリュウコンベアを物封した状態で溶融炉を停止した。4 月 23,24 日は、溶融炉停止状態でバグ捕集物や煙道付着物のサンプル採取を行った。

表-7.4.1 試験工程と測定・分析項目一覧

| 試験日程 | | 試験ケース | 測定・分析項目 | |
|------------|-------------|-------|--------------------------------|--|
| H23. 4. 19 | 17:00～21:00 | *1 | 試験前 気中アスベスト繊維数濃度測定*1 | |
| H23. 4. 21 | 9:00～12:00 | 試験 1 | | |
| | 12:00～12:15 | 試験 2 | | |
| | 12:15～12:45 | 試験 3 | | |
| | 12:45～13:15 | 試験 4 | | |
| | 13:15～13:45 | 試験 5 | | |
| | 13:45～14:15 | 試験 6 | | |
| | 15:00～18:00 | 試験 9 | ※1 気中アスベスト繊維数濃度測定 | |
| H23. 4. 22 | 11:00～11:45 | 試験 6 | | |
| | 11:45～12:15 | 試験 7 | | |
| | 12:15～13:15 | 試験 8 | | |
| | 13:15～15:00 | 試験 9 | | |
| H23. 4. 23 | 9:00～11:00 | *2 | ※2 溶融プラント バグ 飛灰、煙道付着物サンプル採取 | |
| | 13:00～15:30 | 試験 10 | ※3 気中アスベスト繊維数濃度測定、バグ 捕集物サンプル採取 | |
| H23. 4. 24 | 9:00～11:00 | 試験 11 | ※4 気中アスベスト繊維数濃度測定 | |
| | 17:30～21:30 | *3 | 試験後 気中アスベスト繊維数濃度測定 | |

*1 試験前のバックグラウンド測定、*2 アスベスト含有濃度測定、*3 試験後のバックグラウンド測定

※1 負圧管理区画にチューブを差してサンプルリング

※2 アスベスト含有濃度測定分析対象(バグ 飛灰、バグ 出口煙道付着物、ガス冷却塔出口煙道付着物)

※3 試験棟用負圧除じん装置バグ 捕集物採取用トギーバックにチューブを差してサンプルリング

※4 投入ホップ内にチューブを差してサンプルリング(除じん装置、ホップゲートの稼働条件による)

7-5. 試験結果

1) 無害化処理実証試験

表-7.5.1～7.5.2に無害化実証試験の結果を示す。気中の石綿繊維分析では、試験中も試験後も試験棟(設備棟)内および試験設備周辺、当該施設敷地内(定点観測地点)の全てにおいて、石綿繊維を不検出(検定量下限値未満)であることを確認した。また、プラント、残滓中の分析においても、定量下限、石綿繊維を不検出(検定量下限値未満)であることを確認した。アスベストを同定したのは、除じん装置の捕捉粉じん中のみであった。詳細は、添付資料-1、試料-2を参照されたい。

表-7.5.1 投入設備一体型熔融炉での無害化処理実証試験における気中の石綿繊維分析結果

| 計測地点 | 試験前 | 試験中 | 試験後 | 備考 |
|-------------------|---------|--------|---------|--|
| ① 試験棟-1F | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | 0.15 未満、0.1 未満は顕微鏡による石綿濃度の定量下限値未満であることを示す。 吸引量 (0.15 未満) 10ℓ/min×240min = 2400ℓ (0.1 未満) 10ℓ/min×360min = 3600ℓ 空気中の石綿(アスベスト)濃度測定は、1) 空気中の繊維状粒子測定方法(JIS K 3810-1:2006)、2) アスベストモニタリングマニュアル第4版(環境省 水・大気環境局大気環境課)に基づいて実施 |
| ② 試験棟-2F | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ③ 試験棟-3F | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ④ 試験棟-4F | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑤ 試験棟-5F | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑥ 受入室-1F | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑦ 熔融炉出滓口横 | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑧ 試験棟入口前 | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑨ 試験棟 1F 窓下 | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑩ 試験棟前室シャッター前 | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑪ バグフィル前 | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑫ 試験棟前室用除じん装置排気口下 | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑬ 試験棟室用除じん装置排気口下 | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑭ 施設定期観測点(風上) | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑮ 施設定期観測点(風下1) | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |
| ⑯ 施設定期観測点(風下2) | 0.15 未満 | 0.1 未満 | 0.15 未満 | |

表-7.5.2 投入設備一体型熔融炉での無害化処理実証試験におけるプラント、残滓中の石綿繊維分析結果

| 測定項目 | 試料名 | 測定場所 | 測定結果 |
|---------------|------------|----------------|-------------------------|
| アスベスト 繊維濃度 | 排ガス | 煙突 | 0.06f/L _N 未満 |
| | | バグ出口 | 0.06f/L _N 未満 |
| | | ガス冷出口 | 0.3f/L _N 未満 |
| | スラグ冷却水 | 出滓口 | 10f/L 未満 |
| アスベスト 含有濃度 | 水破スラグ | 出滓口 | 不検出 (0.1%未満) |
| | 徐冷スラグ | 出滓口 | 不検出 (0.1%未満) |
| | バグ飛灰 | バグ捕捉物 | 不検出 (0.1%未満) |
| | バグ出口煙道付着物 | バグ出口煙道 | 不検出 (0.1%未満) |
| | ガス冷出口煙道付着物 | ガス冷出口煙道 | 不検出 (0.1%未満) |
| | 除じん装置捕捉物 | 投入設備棟 4F 除じん装置 | クリソタイル |

2) メンテナンス試験

表-7.4.3 にメンテナンス試験結果を示す。メンテナンス作業用にビニルシートで負圧管理区域を設置した中で、破碎機点検口を開放し、内容物の除去作業を実施した⑰～⑲の状況でも、負圧管理区域ないからサンプルした気中の石綿繊維分析結果は、1.8f/l～3.6 未満であった。これは、破碎機内が除じん装置で負圧に保たれているため、メンテナンス作業用にビニルシートで囲った負圧管理区域側へ漏れ出ることが少なかったためと想定される。

次に、除じん装置のバグフィルタ捕捉物（除去粉じん）の清掃作業では、50f/l前後の石綿繊維飛散を観測した。ただし、個の試験では除じん装置は停止状態で、写真-7.4.1～写真-7.4.2 に示すように非常に狭い空間(ドギーバッグ)内で、除去粉じんをスプーンですくって採取する作業を実施したため、ある程度の飛散量となったものと推察される。除じん装置運転時はドギーバッグ内が著しい負圧状態となるので飛散は想定されない。事業化に際しては、除じん装置を運転状態で除去粉じんを廃棄する方法を検討することで、より安全な作業が期待される。

最後に、試験完了後に破碎機ホッパ内の空気環境中の石綿繊維飛散性状は、停止直後、8時間除じん装置運転後も 1.8f/l 未満であった。高濃度の石綿繊維飛散を想定して、採取空気量を加減したため、定量下限が 1.8 未満としている。試験中の除じん装置運転に伴い、浮遊粉じんと石綿繊維は、除じん装置のバグ捕捉物側に大半が捕捉されており、破碎機ホッパ内に残存する比較繊維は、それほど多くないことを確認した。

表-7.5.3 メンテナンス試験における負圧管理区域の石綿繊維分析結果

| 計測地点 | 測定結果 | 同定 | 備考 |
|--|----------|-------|--|
| ⑰ 破碎機ホッパの点検口解放、点検作業時 負圧管理区域内 | 2.3 f/l | — | 3.6 未満、1.80 未満は顕微鏡による石綿濃度の定量加減値未満であることを示す。 |
| ⑱ 破碎機ホッパの点検口解放、点検作業時 ホッパ | 3.6 未満 | — | |
| ⑲ 破碎機ホッパの点検口解放、点検作業時 負圧管理区域内 | 1.8 f/l | クリソイル | |
| ⑳ 除じん装置バグフィルタ除去粉じんの清掃模擬作業 除じん装置1 ドギーバック(負圧管理区域)内 | 56.2 f/l | クリソイル | 吸引量 (3.6 未満) 5l/min×120min = 600l (1.80 未満) 10l/min×20min = 200l |
| ㉑ 除じん装置バグフィルタ除去粉じんの清掃模擬作業 除じん装置2 ドギーバック(負圧管理区域)内 | 47.8 f/l | クリソイル | |
| ㉒ 無害化処理試験終了後の破碎機ホッパ内 破碎機運転終了直後(破碎機側ゲート閉鎖) | 1.80 未満 | クリソイル | |
| ㉓ 無害化処理試験終了後の破碎機ホッパ内 破碎機運転終了直後(破碎機側ゲート解放) | 1.80 未満 | クリソイル | |
| ㉔ 無害化処理試験終了後の破碎機ホッパ内 破碎機運転終了、除じん装置8時間運転後 (破碎機側ゲート解放) | 1.80 未満 | クリソイル | |



写真-7.4.1 ドギーバッグでの作業状況



写真-7.4.2 サンプル採取状況