

地下鉄営業線内における「石綿除去専用車両」 の開発並びにそれによる施工

寺田正人¹・中村文彦²・萩原純一³・近藤達也¹・稲垣和衛⁴・奈須秀人⁴

¹正会員 大成建設株式会社 土木部 (〒163-0601 東京都新宿区西新宿1-25-1)

²大成建設株式会社 土木部 (〒163-0601 東京都新宿区西新宿1-25-1)

³大成建設株式会社 エコロジー本部 (〒163-0601 東京都新宿区西新宿1-25-1)

⁴東京地下鉄株式会社 鉄道本部 (〒110-8614 東京都台東区東上野5-6-3)

東京地下鉄株式会社は昭和 39～49 年に列車走行音の緩和対策として、トンネル側壁部と換気口部に石綿を吹付けた。近年、石綿による健康被害が注目され、その取扱いに関する各種法規が改正された。国土交通省の指導に基づき、石綿の含有成分と大気中の石綿濃度調査を平成 17 年 7 月に実施した。その結果、石綿の一般大気中への飛散は認められなかったものの、乗客の安全・安心を確保するとの観点から恒久的な石綿ばく露防止対策として石綿の除去工事を実施する事とした。本プロジェクトにおいて、夜間の列車運行停止中の限られた時間内で、狭隘な作業エリアに迅速に対応でき、管理区域外への石綿の飛散を確実に防止できる「除去専用台車」と「ブロック分割除去工法」を開発した。

キーワード：営業線, 地下鉄, 石綿除去, 作業台車, 密閉空間, 負圧管理, 吸音板

1. はじめに

東京地下鉄株式会社では過去に銀座線の神田駅～末広町駅間のトンネル側壁部と、丸ノ内線・日比谷線・東西線・千代田線の換気口部に石綿が吹付けられていた。最近の調査の結果、アモサイト、クロシドライト、クリソタイトの含有が確認されたが大気中への飛散は認められなかった。しかし、安全・安心を最優先に考えた恒久的な石綿ばく露防止対策として、石綿の除去を行うことにした。これに際し「石綿の除去専用車両」と「ブロック分割除去工法」を開発し除去工事を行った。また、石綿除去後の換気口については、代替吸音材として剛体多孔質吸音板を設置し2007年3月末に無事故で工事を完了した。

2. 開発の目的とシステムの概要

従来の石綿除去方法では除去工事期間中の列車を終日運休する必要があるため、社会的影響が大きい。そこで地下鉄の通常運行を前提とした工法を検討した結果、トンネル部とそれに接続される換気口の内壁面に吹付けられた石綿を、日々のき電停止中（終

車から始発の間の点検時間を考慮した時間）に石綿を飛散させること無く除去作業が可能な「ブロック分割除去工法」と「石綿除去専用車両」を開発した。石綿除去専用車両はトンネル部用（図-1 参照）と換気口部用（図-2 参照）の 2 種類の車両を製作した。

(1) 台車の機能と役割

- トロ台車（除去した石綿を運搬）
- 遠隔操作車（モーターカーを遠隔から操作）
- セキュリティー台車（作業員の保護具等の着脱、管理区域外部への石綿粉じん漏出防止）
- 下部作業台車（トンネル下半分の石綿除去用。作業空間を電動油圧制御で 25cm スライド可能）
- 上部作業台車（トンネル上半分の石綿除去用。作業空間を電動油圧で 27cm 上昇, 25cm スライド可能）
- モーターカー（車両全体をけん引する動力車）
- 昇降設備台車（換気口に接続、石綿除去作業場所の前室で可変昇降設備を備える）

実際に石綿除去作業をする台車内管理区域の床と作業空間は 3 次元的に移動が可能であり、石綿吹付け場所に接続・切り離しが可能である。また、管理区域である石綿汚染場所と非汚染場所の隔離養生と負圧管理を迅速に構築できる構造である。



図-1 トンネル部 石綿除去専用車両

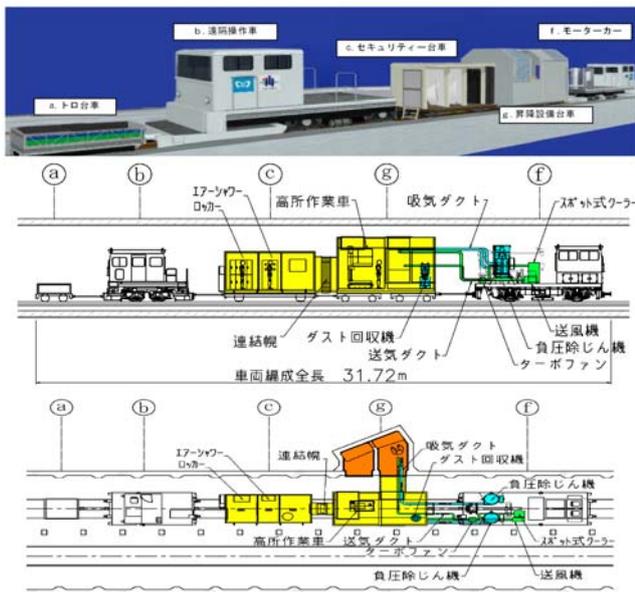


図-2 換気口部 石綿除去専用車両

(2) システムの検証

石綿除去専用車両に搭載した各種環境機器は、今回工事の仕様に合わせて新規に製作した。機器の性能と機能の確認は専用の工場にて実機試験を行い、全て環境基準等を満足することが出来た。写真-1 に養生ブース（クイックブース）と負圧除じん機及び石綿回収機の検査・試験状況を示す。



クイックブース

負圧除じん機他

写真-1 開発機器性能検査・機能試験状況

3. トンネル部石綿除去工法

(1) トンネル部石綿除去施工フロー（図-3 参照）

トンネル側壁部の吹付け石綿は、まず支柱及びパネルで一旦囲い込み、その後石綿除去専用車両を用いて、密閉された管理空間を確保しながら日々決められた範囲の石綿除去作業を繰り返し行う。

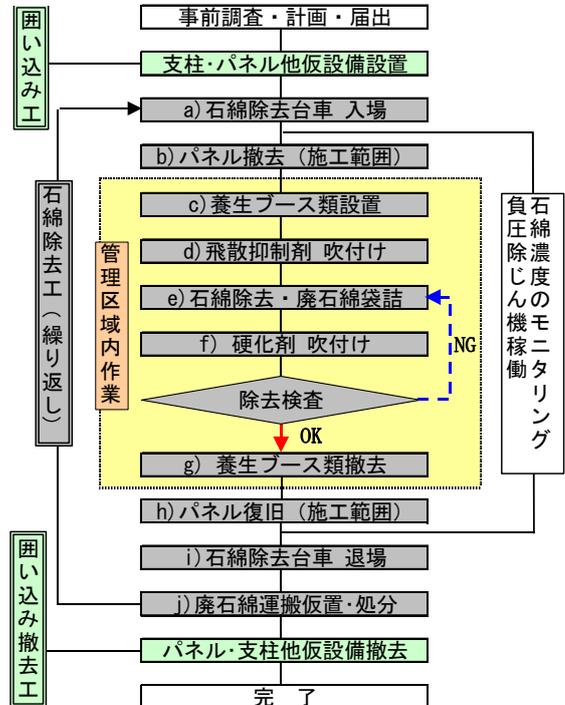


図-3 トンネル部施工フロー

(2) 囲い込み工

図-4 に示すように、鋼製支柱を骨組みとした脱着可能なパネルで吹付け石綿を囲い込むことで、石綿を一定区画ごとに分割すると共に、昼間の列車走行風による石綿の飛散を防止することができる。また、密閉性を確保するため、パネル継目と端部はパッキンとコーキング処理を行った。写真-2 に囲い込み状況を示す。

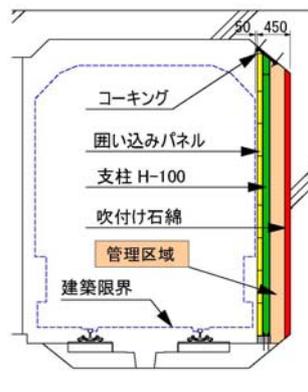


図-4 囲い込みパネル



写真-2 囲い込み状況

(3) 石綿除去工

a) 石綿除去台車 入場

予め車両基地において、台車内に養生ブース（クイックブース）を設置する。き電停止後（午前1時頃）台車は車両基地を出発し、作業現場に到着したら所定位置に合わせる。



写真-3 養生ブース（クイックブース）取付け状況

b) 囲い込みパネル撤去

台車の内側から1日の施工範囲（上部・下部共：7.2 m²）の囲い込みパネルを取り外す。

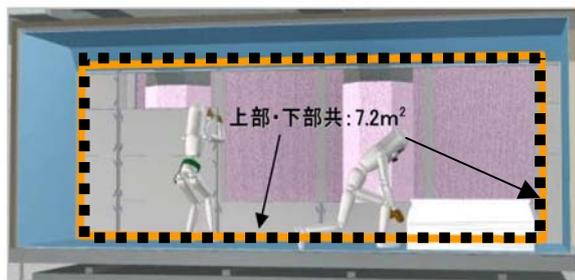


図-5 パネル撤去範囲

c) 養生ブース（クイックブース）接続

上部・下部作業台車を上昇・スライドさせ、開口部周辺のパネルに押し当て、内側に養生ブースを接着することにより、除去作業を行う台車の作業空間とパネルで囲われたトンネル壁面空間とを一体化し密閉・隔離された管理区域を形成する。

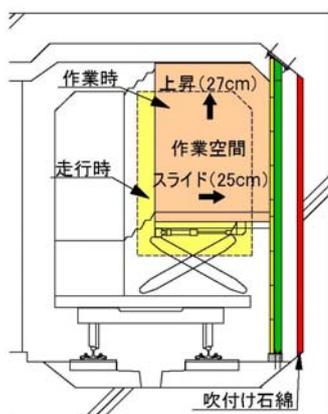


図-6 作業空間上昇スライド機構

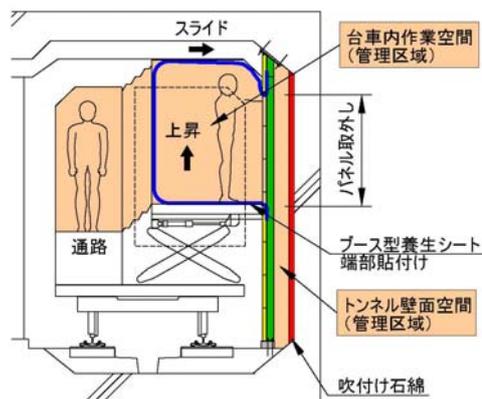


図-7 管理区域形成状況

d) 飛散抑制剤吹付け

噴霧器を用いて石綿面に飛散抑制剤を散布し下地まで浸透させ、石綿を湿潤化させる。

e) 石綿除去・廃石綿袋詰

ヘラやケレン棒を用いて手作業で側壁から石綿を掻き落とし、仕上げにワイヤーブラシや研磨用電動工具を用いて削り落とす。廃石綿及び石綿汚染物は管理区域内で専用のプラスチック袋に詰め更にセキュリティー台車内で2重目の袋で密封し点検後、問題の無い物をトロ台車に積み込む。

f) 硬化剤吹付け

除去完了後、躯体表面および除去作業エリアの養生ブース内面等に残存する微量の石綿は、硬化剤を散布して皮膜を形成し、飛散を防止する。

g) 養生ブース（クイックブース）撤去

養生ブースは石綿で汚染されるため毎回交換し、廃石綿と共に特別管理産業廃棄物として処分する。

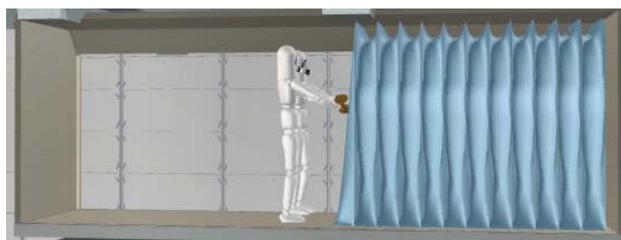


図-8 養生ブース（クイックブース）撤去図

h) パネル復旧

撤去した施工範囲のパネルを復旧する。石綿除去作業が途中であっても、パネルを復旧することで外部から隔離でき、後日引き続きの作業が可能。

i) 石綿除去台車 退場

台車は午前3時30分頃現場を出発し、車両基地に戻る。

j) 廃石綿運搬・処分

廃石綿は車両基地内の一時保管倉庫に仮置きし後日、特別管理産業廃棄物として処分する。

4. 換気口部石綿除去工法

(1) 換気口部石綿除去施工フロー(図-9 参照)

換気口部における石綿の囲い込みは、鋼製の閉鎖扉を用いて行った。石綿除去方法は基本的にトンネル部の施工方法と同様である。

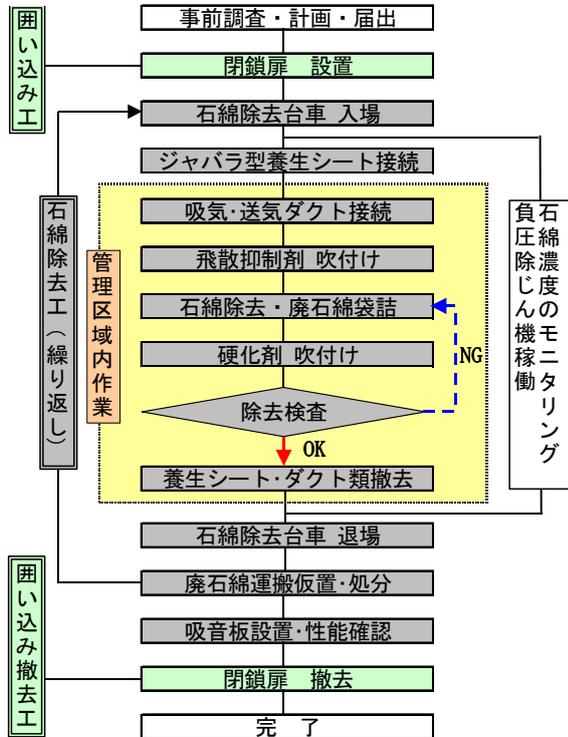


図-9 換気口部施工フロー

(2) 換気口と昇降設備台車取合い部養生

図-10に換気口と昇降設備台車の取合い部の断面を示し図-11に換気口施工状況イメージを示す。

換気口は施工場所により開口位置や大きさが異なるため、昇降設備台車のジャバラ型養生シートの交換のみで全ての換気口の施工が可能な台車の構造とした。

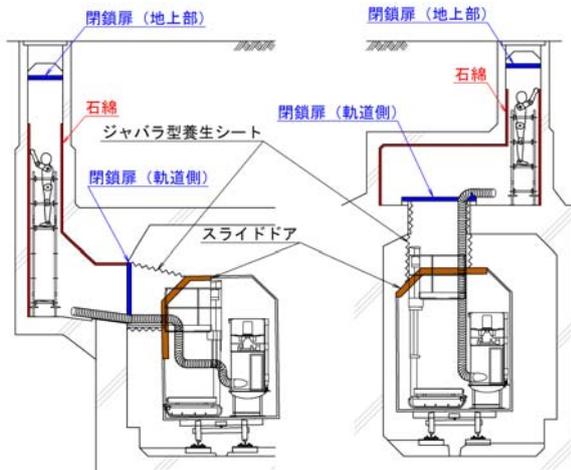


図-10 換気口と昇降設備台車取合い部の断面図



図-11 換気口施工状況イメージ図

5. 石綿飛散濃度測定と安全管理

石綿ばく露災害を防止するため、石綿除去作業中は次の5項目について管理を行った。

(1) 位相差顕微鏡による気中石綿繊維濃度測定

a) 測定方法

PCM 法による気中石綿繊維濃度の測定は「石綿に係る特定粉じん濃度の測定法」(平成元年12月27日 環境省告示第93号)に準じて、位相差顕微鏡を用いて石綿繊維を計測した。

b) 測定頻度

測定は施工前、施工中、施工後に行った。施工中は、東京都環境確保条例(施行規則別表第13石綿の飛散の状況の監視方法)に定めるところにより当該期間中、6日ごとに1回行った。

c) 測定位置

トンネル部における除去作業時の測定位置を図-12に換気口部を図-13に示す。

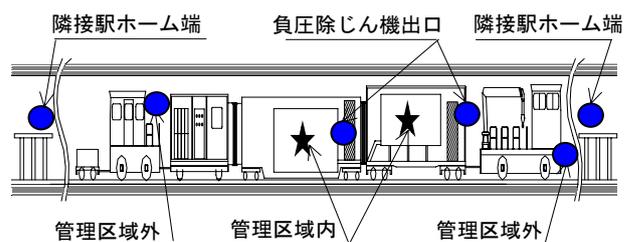


図-12 トンネル部 石綿除去時測定位置(8箇所)

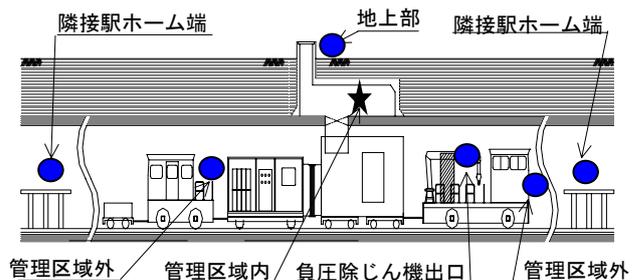


図-13 換気口部 石綿除去時測定位置(6箇所)

d) 測定結果

PCM法による測定結果を表-1に示す。

表-1 測定結果 (PCM法) (単位:本/%)

	記号	測定結果	基準値	備考
管理区域内	★	85~1713	7,500	※1
管理区域外	●	0.5未満	10	※2

※1: 管理区域内での気中石綿繊維濃度基準値 7,500 本/1%以下 (管理区域内で使用した防じんマスクの基準値より)

※2: 敷地境界での大気中の気中石綿繊維濃度基準値 10 本/1%以下 (大気汚染防止法 施行規則 第16条の2より)

(2) リアルタイムモニターによる

気中石綿繊維濃度測定

a) 測定方法

鉱物繊維以外を灰化処理できるリアルタイムモニターを採用した。本装置は空気にレーザー光を当て気中石綿繊維濃度を概略の値として直ちに計数化するものである。(PCM法は結果が出るまで最早で7日)管理区域内及び管理区域外で常時測定・管理した。

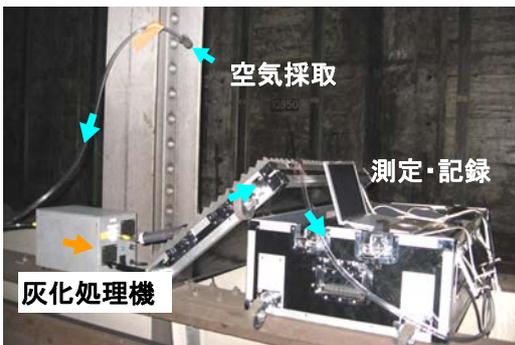


写真-4 リアルタイムモニターによる測定状況

b) 管理方法

管理区域内の気中石綿繊維濃度が 3,000 本/1%以上になった場合は、管理区域内に飛散抑制剤を散布し再湿潤化を図った。石綿の除去完了後、管理区域内の気中石綿繊維濃度が 5 本/1%以下になったことを確認後、作業台車内の養生ブースの撤去を開始した。管理区域外の坑内では気中石綿繊維濃度が常に 10 本/1%以下であることを確認した。

c) 測定結果

図-14 に管理区域内における測定結果の一例を示す。また、この装置のフィルターを持ち帰りPCM測定法による計測したところ、結果は比較的良好一致した。

d) 導入効果

石綿濃度の常時監視システムを導入することによりデータを即時管理の手法として利用した結果、作業員の健康管理と第三者への石綿ばく露防止への安全性が高まった。

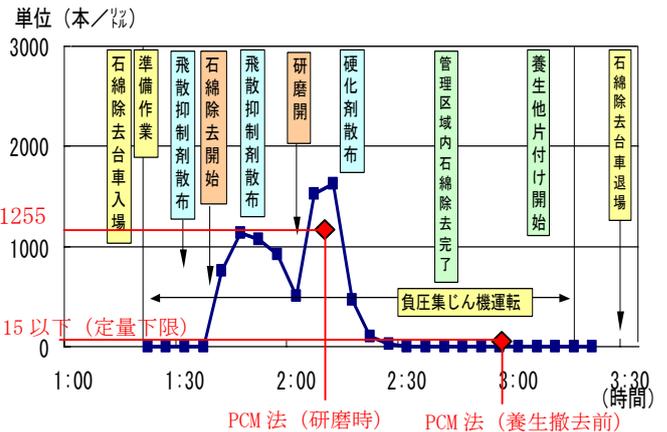


図-14 リアルタイムモニター測定結果 (管理区域内)

(3) 差圧計による管理区域内負圧管理

石綿除去作業中は、台車に搭載した超高性能微粒子フィルター付き負圧除じん機 (能力 15~40 m³/分×2 台) を稼働し、インバーター制御する事により管理区域内を常時-20~-30Pa の負圧に保ち管理区域外への石綿の飛散を防止した。(写真-5)

除じん換気システムをはじめ各主要機器類は万一のトラブルに対処できるよう 2 系統の設備を備え二重の安全対策を講じた。

(4) 温度・湿度管理

石綿除去作業管理区域内での作業員の熱中症対策を含め作業環境の改善を図るため、温度・湿度のコントロールが可能な設備を備えた。



写真-5 負圧除じん機

(5) 管理区域内外の連絡方法

a) 連絡合図用通信機器 (写真-6 参照)

作業台車内外及び車両誘導時の連絡手段としてパイロットランプ付有線機と無線機、サイレン、ライト等を状況に応じ使用した。

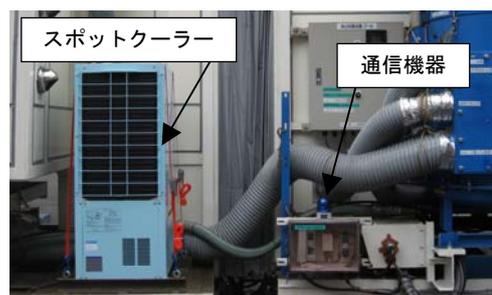


写真-6 通信機器他

b) 点検用窓 (写真-7 参照)

管理区域外から管理区域内の状況を常時把握できるように透明パネル、透明シートを用いて点検用窓を設け管理した。



写真-7 点検用窓

6. 吸音板の設置

石綿除去後の換気口内壁には、代替吸音材として剛体多孔質吸音板を設置した。吸音板設置断面を図-15 に施工状況を写真-8 に示す。

(1) 吸音板設置施工要領

- ・コンクリート面に下地処理用シーラーを塗布。
- ・下端にレベルアングルを取付ける。
- ・吸音板を実測寸法に加工する。
- ・吸音板に接着剤を塗布し躯体面に貼り付ける。
- ・吸音板の中心に樹脂アンカーを打込む。
- ・上端に水切り金具を設置する。

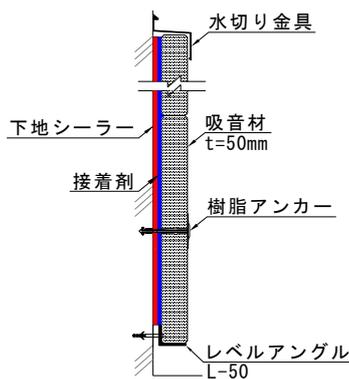


図-15 吸音板設置断面図



写真-8 吸音板施工状況

(2) 吸音板の効果

代替吸音板の効果を確認するため、石綿除去工事前及び吸音板設置後に換気口の地上側で騒音測定を実施した。その結果、石綿除去前に対して吸音板設置後は、鉄道騒音の等価騒音レベル (L_{Aeq}) で1~9dBの騒音低減が確認できた。

7. まとめ

(1) 石綿の安全確実な除去

石綿除去時の外部への飛散を防止できる「囲い込み方法」+「負圧管理が可能な作業台車」を開発・実用化した。工事期間中、トンネル内や換気口部周辺における大気中濃度測定を行った結果、石綿の飛散は認められず、地下鉄利用客・周辺住民に対する石綿ばく露の危険性を回避できた。

(2) 鉄道営業の確保

施工時間は終車から始発までのわずか3時間(1時~4時)であり、台車の移動や準備等の時間を考慮すると、除去作業時間は実質60分程度であったが、囲い込みパネルや除去台車編成等に工夫を凝らし、効率的な施工サイクルを確立した。これにより、始発列車を遅延させることも無く、鉄道営業を確保できた。

(3) 狭隘な作業空間

地下鉄坑内には軌道や電気・通信設備が多数あるうえに、側壁は框構造で密閉が困難であった。また、建築限界外のスペースは非常に狭く、囲い込みをしたり足場や仮設物を設置できる空間は極端に限られていた。人力作業を主体とする合理的な作業サイクルを設定し柔軟な対応を実施した。

8. おわりに

本石綿除去工法は、時間的な制約、現場環境の制約、社会的な影響を考慮した場合着手出来なかったトンネルに代表される長大構造物の石綿の完全除去等に最適であり幅広く利用が可能と考える。尚、特許として次の2件が成立し登録済みである。

- 1) 「アスベスト除去作業用車両」 特許第3987090号
- 2) 「長大構造物のアスベスト除去方法及びアスベスト除去用の長大構造物の構造」 特許第3987091号

謝辞

本工事の計画から施工にあたりご指導いただきました所轄労働基準監督署、東京都環境局及び所轄区役所の関係者各位にこの紙面をお借りして、厚く御礼申し上げます。