

33. 電動駆動式テレスコピッククラムシェルの開発と稼働実績－地下鉄建設工事における環境負荷低減の取り組み－

コマツ：○勝沼 清³

東京地下鉄株式会社：藤木 育雄¹、辻 雅行²

1. はじめに

東京地下鉄株式会社（以下：東京メトロという）建設部は、自治体を除く公共工事発注団体としては初めて平成11年3月にISO14001を認証取得し、様々な環境負荷低減活動を積極的に推進している。現在施工中の地下鉄13号線（渋谷～池袋間）建設工事においては、工事用車両や建設機械に起因する排出ガスや騒音の低減を図っている。工事用車両に関しては「CNGエンジン」、「粒子状物質減少装置」および「排ガス2次規制車」の導入を図り、建設機械（テレスコピッククラムシェルおよび油圧ショベル）についてはその一部を電気駆動式に替えることによって排出ガスをゼロにすると同時に、大幅な騒音低減も実現している。

本論文では電気駆動式テレスコピッククラムシェルの開発・導入の背景、仕様および環境負荷低減の効果などについて報告する。

キーワード：地下鉄建設、開削工事、環境負荷低減、テレスコピッククラムシェル、電気駆動、ケーブルリール

2. 発注者としての環境対策の取り組み方針¹⁾

21世紀に入り地球環境は、日々変化して新たな課題が生じており、これらに対応するため環境に関する法令・条例が強化されている。

国においては大量生産・大量消費・大量廃棄に歯止めをかけるため、『グリーン購入法』や資源の枯渇防止のために循環型社会の形成を目指して『建設リサイクル法』を施行している。また、東京都ではディーゼル車の排出ガス規制を盛り込み『環境確保条例』を平成15年10月から施行し、17年4月以降に規制が強化される予定である。地下鉄建設工事においても、これらの法令・条例を遵守し、企業の事業特性による環境側

面を考え、環境負荷低減に取り組むことが重要であり発注者の責務と考えている。

地下鉄は自動車・バスはもとより、他の軌道系交通機関と比べても二酸化炭素排出原単位が最も小さく地球温暖化の点から極めて地球環境に優しい交通機関である(図1)。

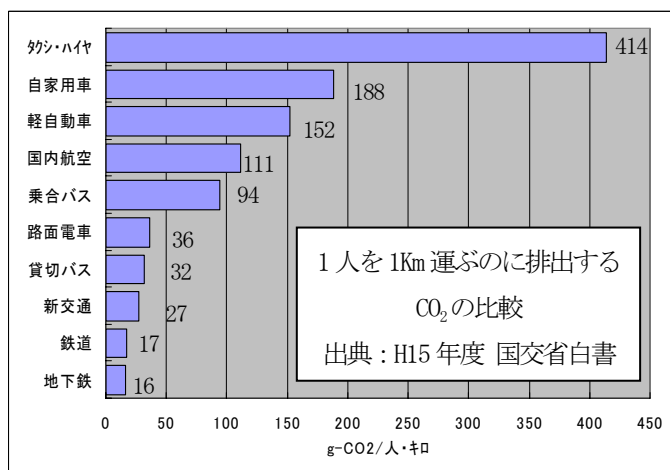


図1 旅客交通機関別のCO₂排出原単位(H12年度)

しかし一方で、その建設段階においては道路中央に作業帯を設け、大型の建設機械や多数の工事用車両を使用し、長期にわたり工事を行うために都市環境に多大な負荷を与えていることも事実である。

従って、真に「人と地球に優しい地下鉄」を目指すために、地下鉄13号線建設工事における排出ガスや騒音の低減を図ることとし、テレスコピッククラムシェルなどの建設機械の一部を従来のディーゼル駆動式から電気駆動式に替えて導入した¹⁾。

(1)ISO14001の認証取得

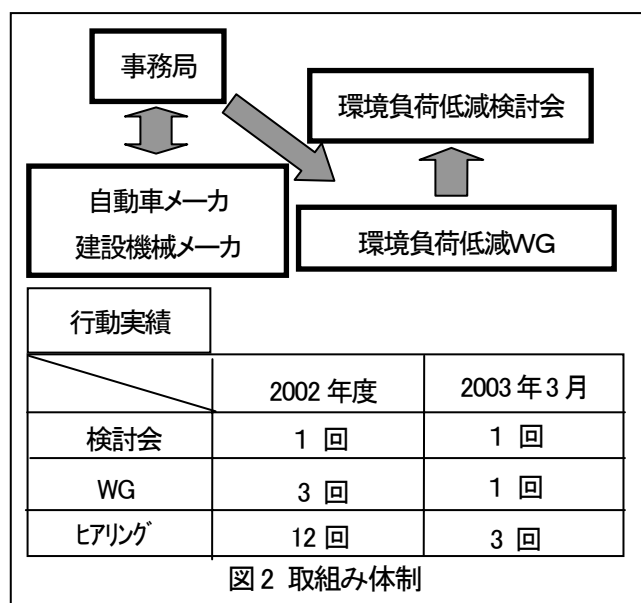
東京メトロでは、平成10年3月16日に旧帝都高速交通営団工事部に環境対策課を設立し、ISO14001の規格要求事項に沿って環境マネジメントを構築し¹⁾、

平成 11 年 3 月 26 日に自治体を除く公共工事の発注団体としては国内で初めて環境マネジメントシステムの国際規格である「ISO14001」の認証を取得した。東京メトロでは ISO14001 環境マネジメントシステムに基づき、様々な目的・目標を設定し環境負荷低減活動を実施している³⁾。

(2)環境負荷低減への取り組み

①取り組み体制

ISO14001 の環境マネジメントプログラムにおける環境負荷低減活動のひとつである『電動化・排出ガス対策型建設機械の採用』を達成するため、発注者および施工業者からなる『環境負荷低減検討会』および『ワーキンググループ』を平成 13 年 2 月に設立した。また、メーカーは必要の都度、オブザーバとして参画した¹⁾(図 2)。



これは、東京メトロのみならず実際に工事を行う工事請負業者自らが環境負荷低減の必要性を自覚し、その上で双方が協力して施策を実施することが不可欠であると考えたためである。

平成 13 年 2 月に検討会を立ち上げ、以後月 1~2 回のペースでワーキングを実施し、市場調査および工事で使用する建設機械の環境負荷低減の方策を検討した。

②コスト負担

実効ある環境負荷低減を推進する場合のコスト負担を解決する必要があるものと考えられる。

基本的には、発注者が率先して取り組む必要がある

が、一方ではコスト削減の観点から事業費を増加させることは極力避ける必要がある。東京メトロでは、13 号線駅部の土木工事発注に際して、技術開発や施工方法の工夫をはじめ、さまざまなコスト削減施策を採用し、およそ 5% (25 億円) のコスト削減を達成した。

この自助努力で生み出したコスト削減額の一部を環境負荷低減に振当てることとした。¹⁾

3. 建設機械における環境負荷低減方策の概要

13 号線建設工事で使用するディーゼル車の排出ガス対策の第 1 段階として、平成 14 年度に駅部 7 駅 (合計 15 工区) で使用する工事用車両のうち、クレーン付き 4ton トラック 15 台に対しては「粒子状物質減少装置」を装着すると共に、2ton トラック 15 台については従来のディーゼルエンジン仕様から「CNG (圧縮天然ガス) エンジン仕様」に変更して合計 30 台の排出ガス対策型車両を導入した。これらの工事用車両は、工事期間中に主として作業基地と現場間の資機材運搬のために常時使用する工事用車両である。



第2段階として平成15年6月には駅部7駅の工事に使用する10ton ダンプトラックに「酸化触媒装置」を装着し、平成15年10月より施行された東京都環境確保条例のディーゼル規制に前倒しで対応した。

また、工事の大半を費やす掘削工事で長期にわたり使用する建設機械の「テレスコピッククラムシェル」および「油圧ショベル」の一部を従来のディーゼル仕様から電気駆動の機種に替えて導入することとした(図3、4)。

本文は、駅部建設工事に使用する電気駆動式テレスコピッククラムシェルにおける環境負荷低減方策の概要について報告する。

(1)電気駆動式テレスコピッククラムシェルの開発方針²⁾

テレスコピッククラムシェル(以下:テレスコクラム)は駅部開削工事に於いて路面を覆工した後、地下掘削によって生じた土砂を地上まで揚土し、ダンプトラックに積み込む機械あり、バケット容量が0.7m³、地下約18メートルの深さまで対応可能なものである。

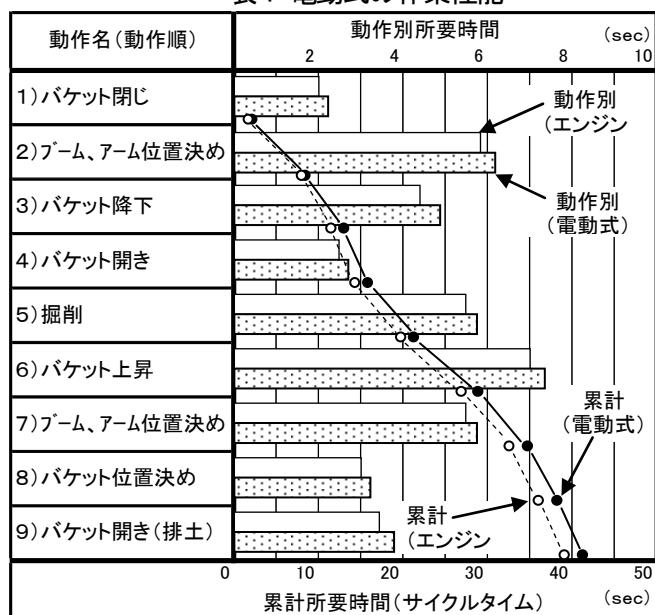
今回は排出ガスを“ゼロ”とすると共に周囲騒音をも低減して環境負荷低減に効果のある電気駆動式を開発し導入することとした。

①作業性能の維持

駅部開削工事に於いて、テレスコクラムの掘削作業は全体工程の中で大きなウェイトを占めるため、エンジン式に対して同等以上の作業性能が要求された。

電動機の回転速度は一定(スターデルタ起動方式で1分間に1,500回転/50Hz)であるため、エンジン式(2,000回転/分)と比較して機関回転速度が大幅に小さいため作業性能が低下する課題がある。この課題に

表1 電動式の作業性能



対しては大型の油圧ポンプとそれに見合った電動機を採用して機械の作業速度を確保した(表1)。

②集電装置

テレスコクラムは複数の開口部からの土砂搬出を行うため、これらの開口部間を移動する必要がある。

表2に示す通り複数の集電方式について比較検討を行ない、若干構造が複雑になりコストが高くなるものの、安全性や使い勝手の良さ、および移動の容易さなどを評価して下部走行体にケーブルリールを搭載する「水平ケーブルリール方式」を採用することとした。

(2)新技術の開発結果

下部走行体にケーブルリールを搭載する場合、その搭載スペースは上下左右に制約のある狭い空間となる。

そのため、実用機に先立ち「水平ケーブルリール」を事前に開発して性能を確認した。

表2 集電装置比較

集電方式 比較項目	ケーブルリール	レール	スイング
ケーブルの損傷 安全性	○ ・旋回してもケーブルは静止安定 ・走行時ケーブルを踏付けけない	× ・旋回時ケーブルが振られる ・作業機とケーブルが干渉する	× ・旋回時ケーブルが振られる ・後退時ケーブルを踏付ける
地上側設備 要員	○ ・地上側では電源以外の設備は不要	△ ・機械が移動する全域に懸架 レールが必要	× ・後退時にケーブルをさばく要 員が必要
稼動可能な 範囲	○ ・面状の広い範囲で稼動できる	× ・機械の移動は懸架レールで制 約される	△ ・広い範囲の稼動が可能だが、 ケーブルのさばきが課題
構造のシンプルさ コスト	× ・リール、スリッパリングなどの装置が 必要で構造は複雑。コスト高	○ ・構造はシンプル。コスト安	○ ・構造はシンプル。コスト安

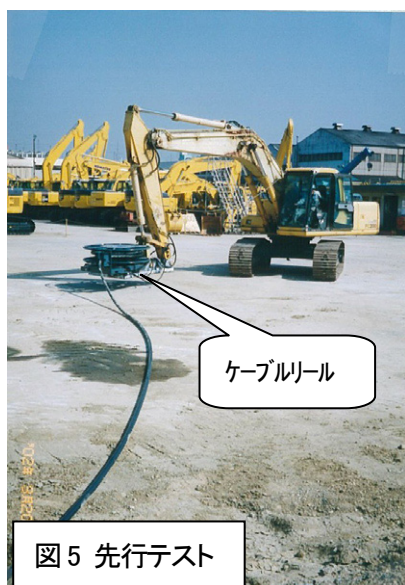
また、下部走行体にケーブルリールを設ける場合、電動機などの主要な電気機器が搭載されている上部旋回体まで電気を伝える必要があるが、途中に旋回する箇所があり、回転しながら電気を伝える装置（スリップリング）と走行モータなどに供給される油圧ホースの双方を一つの回転軸上で同時に回転しながら通す電気・油圧複合回転継手が必要となる。これについても今回新規に開発を行なった。

①コンパクトなケーブルリール

狭いスペースに納めるために、鉛直軸を中心に薄型のドラムが水平に回転する形式とし、スリップリングや駆動モータなどの主要なコンポーネントは小型化し、ドラムの内部空間に押し込むことにより全体の高さを低く抑えた。

また、電源ケーブルはドラムに対し、多列・多層巻きとし、40mのケーブルを搭載しつつもコンパクトな外形を達成した。

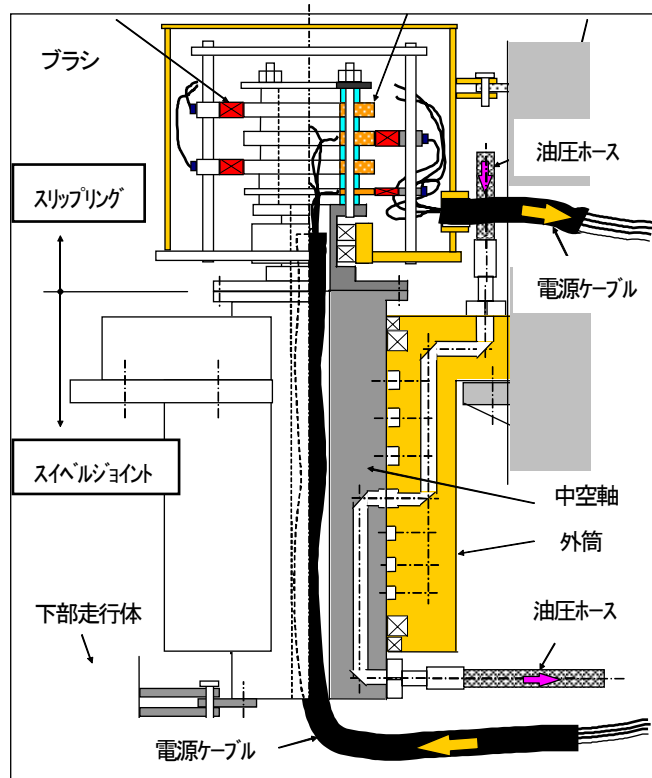
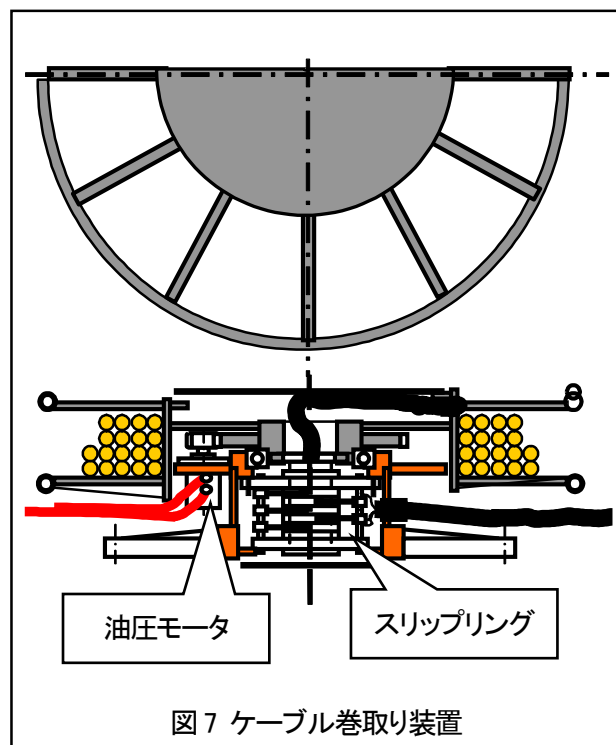
しかし一方で多列巻きとしたことにより、ケーブルの乱巻きや、最悪は「からみ」「ひきちぎり」などのトラブルも想定されたため、試作品により先行研究を実施した。



テストの結果、若干の乱巻きは生じるものの大きなトラブルに至る恐れは無く、実用上なら問題の無いレベルと判断された(図5、6)。図7に水平巻取り型ケーブルリールの概形を示す。

②電気・油圧複合回転継手

車両旋回中心部において、電源ケーブル（3相電源、アースの計4系統）と油圧配管・ホース（左右走行モ



ータ、ケーブルリール駆動モータ、ドレーンの計7系統)を同時に一軸上で、互いに絡み合わないよう回転しながら接続する必要がある。

このため、油圧回転継手（スイベルジョイント）を下方に、電気回転継手（スリップリング）をその上に

設け、双方の軸を連結した電気・油圧複合型の回転継手を開発した(図8)。

スィベルジョイントの軸は中空となっており、この内部を電源ケーブルが下方から入り、上部のスリップリングの軸(リング)に至る。スィベルジョイントの外筒とスリップリングの外枠(ブラシ側)は車両の上部旋回体に固定され、互いに連結された双方の軸は下部走行体に固定されている。

(3)特長

電動テレスコクラムは「電気」で駆動する形式としての特長の他に、ケーブルリールを旋回しない下部走行体に搭載したことによって得られる特長を併せ持っている。

①リールを下部走行体に搭載する形式としての特長

(a)機動性の確保

車両が旋回しても、電源ケーブルはその動きとは無関係に接続されており、振り回される事がないためケーブルの損傷や電気事故発生の恐れが少ない。

(b)信頼性の確保

車両が前後に走行しても、電源ケーブルはリールによって巻取ったり繰出されるため、これを踏み付けたり、引きちぎったりする恐れが少ない。

(4)主要諸元

表3に電気駆動式テレスコクラムの主要諸元を示す。

表3 主要諸元表

形 式	コマツPC200SC-6電動テレスコピッククラムシェル
クラムシェルバケット容量	0.7 m ³
機械質量	27940 kg
最大掘削深さ	20430 mm
最大掘削力	62.8 kN
テレスコーム伸縮速度	伸び: 95 m/min (無負荷/アーム垂直) 縮み: 60 m/min (負荷/アーム垂直)
寸 法	
全 長	14265 mm
全 幅	3180 mm
全 高	3210 mm
後端旋回半径	2860 mm
電動機	
出 力	90 kw
電 源	三相, 400V, 50Hz
ケーブル巻取り装置	
形 式	水平巻取り、多列・多層巻き、油圧巻
設置場所	下部走行体、後部・左右 履帯間
巻取り・繰出長	最大40 m
電源ケーブル	100 m ² ×3C、14 mm ² ×1C
外 径	φ53 mm
質 量	5.3 kg/m
コネクタ	単極コネクタ、防水タイプ

電動テレスコは CO₂ を 1,660ton 削減

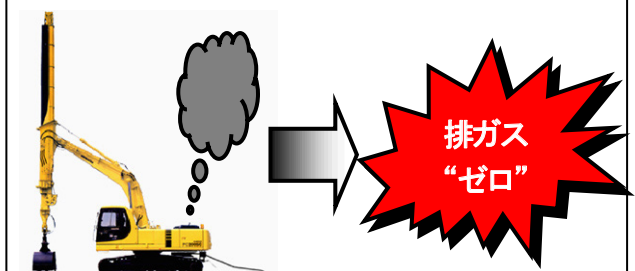


図9 CO₂の削減

4. 電動テレスコクラムの導入効果

(1)大気汚染の低減^{1),2),3)}

①CO₂排出量の削減

電動テレスコクラムと同等の135psのディーゼルエンジン仕様車1台が1日8時間、月に25日間、30ヶ月稼動する場合のCO₂排出量は276tonとなる。13号線の工事では6台の電動テレスコクラムが導入されているので、工事期間中に1,660tonのCO₂の排出を削減することができる。このCO₂排出量を工事期間中に吸収・浄化するには、東京ドーム約10個分(47ha)の森林面積が必要となる。本施策の導入により、近年深刻化している『地球温暖化』の防止に対して微力ながら貢献しているものと考えている。(図9)。

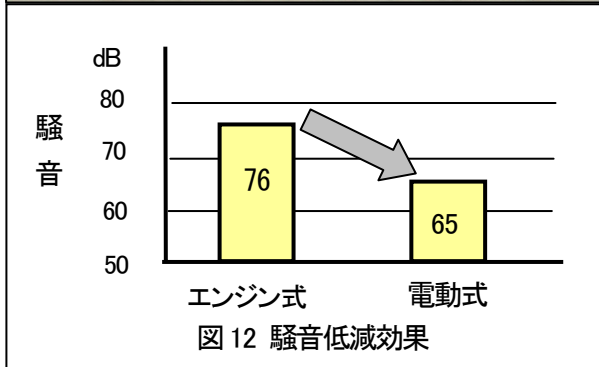
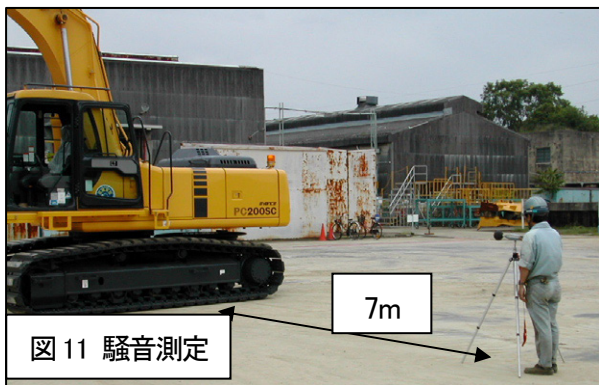
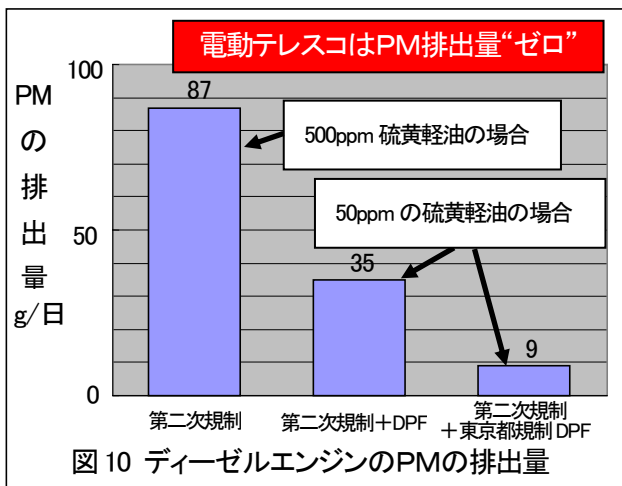
②有害物質の削減

電動テレスコクラムはNO_x、CO、HCなどの有害ガスや、黒煙、PMなど有害物質を一切排出しないため、周辺住民や作業員の健康を害する恐れが無い。

135psのディーゼルエンジン仕様車1台が1日8時間稼動した場合の有害物質である粒子状物質(PM)の排出量の試算結果を図10に示す。

(2)騒音の低減^{1),2),3)}

騒音が低いため、周辺の住環境への影響を小さく抑えることができる。騒音の実測値はディーゼルエンジンと比較して約10dBの改善が得られ、環境に与える



騒音公害も改善される(図 11、12)。

5. 電動テレスコクラムの稼働実績

図 13 に示す通り、電動テレスコクラムは平成 13 年 10 月から稼働した。電動テレスコクラムは 6 台が駅部構築と駅の出入りに採用され、延べ約 180 ヶ月稼働する予定である。

6. 今後の改善点

今回、電動テレスコクラムを新規に開発し、地下鉄建設現場で稼働したが、作業場所の移動、機械の現場

工区	平成 15 年	平成 16 年	平成 17 年
渋谷		①	
明治神宮前		② ③	
新千駄ヶ谷	① ② ③		
新宿三丁目		④ ⑤	
新宿七丁目		③ ⑥	
西早稲田	④		
雑司が谷			② ④

駅出入り口工事に投入予定

図 13 電動テレスコの稼働実績・予定

搬入や搬出時には電源が無いと移動できないなどの使い勝手の改善要望があった。今後は走行時には走行専用の小さなエンジンに切り替えるなどの改善を図りより使い易い機械とするよう改善を図りたい。

7. おわりに

今回の 13 号線地下鉄建設工事における環境負荷低減の取組みは、鉄道はもとより他の公共工事に先駆けて、東京メトロが発注者として率先して行ったものである。

建設工事は都市環境および地球環境規模の環境負荷低減を重要な命題として推進して行かなければならない。本文が今後の建設工事のあり方の参考となれば幸甚である。

末筆ですが、今回の電動テレスコクラム導入に対する環境負荷低減の取組みに際して、ご指導・ご協力を賜りました関係各位に対して心から感謝を申し上げます。

<参考文献>

- 1) 田邊：地下鉄工事における環境対策：JREA, 2003. Vol.46, No.9
- 2) 田邊、川上、内田：地下鉄工事における環境負荷低減；建設の機械化, 2004. 3, No.649
- 3) 前村、村松、藤沼：地下鉄 13 号線における環境対策；日本ソサエティ技術協会, 55 回施工体験発表会, 2004. 11.19

<著者>

- 1 東京地下鉄株式会社 建設部 部長
(〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6)
- 2 東京地下鉄株式会社 建設部 沿道調整課 課長
(〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6)
- 3 コマツ 営業本部 直轄営業部 担当部長
(〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6)