

# 海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験

小林 勇一・田所 登

無電柱化は防災、景観・観光、安全・快適の観点から推進されているが、日本の無電柱化率はヨーロッパやアジアの主要都市と比べて極めて低く、無電柱化促進のためには、より安価で施工性の高い手法が求められている。

無電柱化が進んでいる諸外国では、電線類地中化にケーブル埋設用の掘削機械を使用しており、日本と比較して大幅に短時間で施工している事例があることから、海外で使用されているケーブル埋設用掘削機械の実態調査を行った。また、日本国内でレンタル可能な掘削機械を用いて、掘削試験を実施した。

本稿では、これらの概要について報告する。

キーワード：無電柱化、土工、施工性、施工能力、施工速度、低コスト手法、掘削機械、トレンチャー

## 1. はじめに

日本における無電柱化は、防災、景観・観光、安全・快適の観点から推進されており、主に市街地や歴史的街並、狭隘道路での電線類地中化が進められている。

しかし、日本の無電柱化率はヨーロッパやアジアの主要都市と比較し、東京23区で7%、大阪市で5%と極めて低い(図-1)。この原因の一つとして、電線類地中化等の施工費用が極めて高いことが挙げられる。無電柱化の促進のためには、より安価で施工性の高い手法が求められている。

無電柱化が進んでいる諸外国では、電線類地中化にケーブル埋設用の掘削機械を使用しており、日本の主

工法であるバックホウによる掘削と比較し、大幅に短時間で施工している事例がある。

そこで、低コスト・高効率の電線類地中化手法を検討する基礎資料とするため、海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査、掘削試験を行った。

## 2. ケーブル埋設用掘削機械の実態調査

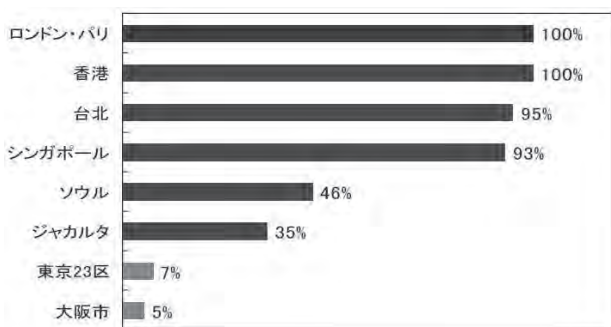
ケーブル埋設用掘削機械の実態を把握するため、機械の概要、施工事例および日本国内での販売体制について調査を実施した。調査方法は、インターネットによる調査およびケーブル埋設用掘削機械を製作しているメーカーへのアンケート調査とした。

### (1) ケーブル埋設用掘削機械の概要

インターネットによる調査の結果、ケーブル埋設用掘削機械のメーカーは、欧米を中心に14社(フランス3社、イタリア2社、イギリス2社、アメリカ4社、スウェーデン1社、ドイツ1社、オーストラリア1社)確認でき、多数存在していることがわかった。

ケーブル埋設用掘削機械としては、主にトレンチャーが使用されており、固い岩盤やアスファルトの掘削が可能なものや、掘削と同時に土砂積込やケーブル敷設が可能なものなどがある。

トレンチャーによるケーブル埋設状況の一例を写真-1に示す。この例では、アスファルトの上からの掘削と同時に、トラックへの土砂積込とケーブル敷設



※1 ロンドン、パリは海外電力調査会調べによる2004年の状況(ケーブル延長ベース)  
 ※2 香港は国際建設技術協会調べによる2004年の状況(ケーブル延長ベース)  
 ※3 台北は国土交通省調べによる2013年の状況(道路延長ベース)  
 ※4 シンガポールは海外電気事業統計による1998年の状況(ケーブル延長ベース)  
 ※5 ソウルは国土交通省調べによる2011年の状況(ケーブル延長ベース)  
 ※6 ジャカルタは国土交通省調べによる2014年の状況(道路延長ベース)  
 ※7 日本は国土交通省調べによる2013年度末の状況(道路延長ベース)

図-1 海外と日本の無電柱化率の比較



写真一 トレンチャーによるケーブル埋設状況の一例  
(ホームページより引用<sup>2)</sup>)

を行っている。

インターネット調査で確認できたメーカーを対象にアンケート調査を実施し、5社から回答を得た。なお、機械総質量が100tを超える製品も販売されているが、今回の調査では、日本国内での運搬が困難である機械総質量が35tを超えるものは対象外とした。

トレンチャーの代表的な機械構成と掘削機構を表一1に示す。なお、掘削機構の呼称はメーカーにより異なる場合がある。

機械構成は、専用機械とアタッチメント型に分けられる。専用機械はクローラ又は車輪を有する専用車体に作業装置が装備されているもので、本体構造や操作方法がトレンチャー掘削に適した設計となっている。その一方、アタッチメント型はトラクター、スキッドステアローダなどの汎用機械に装着して使用するもので、専用機械と比較して本体価格が安価である。

掘削機構は、ホイール式とチェーン式に分けられる。ホイール式は岩盤などの固い地盤の掘削に適している一方、チェーン式は深く掘削する場合に適してい

表一1 代表的な機械構成と掘削機構

機械構成	専用機械	アタッチメント型
	クローラ又は車輪を有する専用車体に作業装置が装備されているもの  ホームページより引用 <sup>3)</sup>	トラクター、スキッドステアローダなどの汎用機械に装着して使用するもの  ホームページより引用 <sup>4)</sup>
掘削機構	ホイール式	チェーン式
	ディスク状のホイールの円周上に掘削用の刃が付いたもの  ホームページより引用 <sup>3)</sup>	楕円状のチェーンに掘削用の刃が付いたもの  ホームページより引用 <sup>3)</sup>

る。道路の表面をホイール式で掘削した後、チェーン式で深く掘削する場合もある。

調査で回答を得たメーカー5社の機械の特徴を表二に示す。掘削機構は、フランスの2社とイギリスの1社はホイール式が多いのに対し、アメリカの1社はチェーン式が多い。また、機械総質量は、フランスの2社は10t以上が多いのに対し、イギリスの1社とアメリカの2社は10t未満が多いなど、国やメーカーにより特徴が見られる。

トレンチャーの機械総質量と最大掘削深さの関係を図一2に示す。

最大掘削深さは、ホイール式が450～1,600mmで

表二2 メーカー5社の機械の特徴

	国名	回答機種数	機械構成	掘削機構		機械総質量※		同時施工可能作業
				ホイール	チェーン	10t未満	10t以上	
A社	フランス	7機種	専用機械	6機種	1機種	2機種	5機種	ケーブル敷設7機種 埋め戻し4機種 残土処理2機種
B社	フランス	5機種	専用機械	5機種 (付替可能1機種)	1機種	1機種	4機種	ケーブル敷設2機種 埋め戻し2機種 残土処理1機種
C社	イギリス	7機種	アタッチメント型	5機種	2機種	5機種 (不明2機種)		ケーブル敷設3機種 残土処理5機種
D社	アメリカ	10機種	専用機械	2機種 (付替可能2機種)	10機種	9機種	1機種	ケーブル敷設6機種 残土処理3機種
E社	アメリカ	8機種	アタッチメント型	5機種	3機種	8機種		

※機械構成がアタッチメント型の機械総質量は、想定されるベース機械の質量を含む。

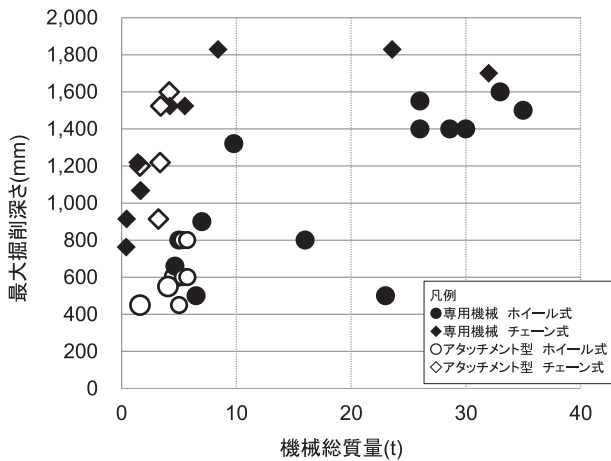


図-2 機械総質量と最大掘削深さの関係

平均 913 mm, チェーン式が 762 ~ 1,829 mm で平均 1,307 mm となっており, チェーン式の方が大きい傾向にある。ホイール式は, 最大掘削深さの約 2 倍のホイール直径が必要であり装置が大きくなるため, 掘削機構で比べると, チェーン式の方が比較的軽量で深い掘削深さへの対応が可能である。

機械総質量と最大掘削幅の関係を図-3 に示す。

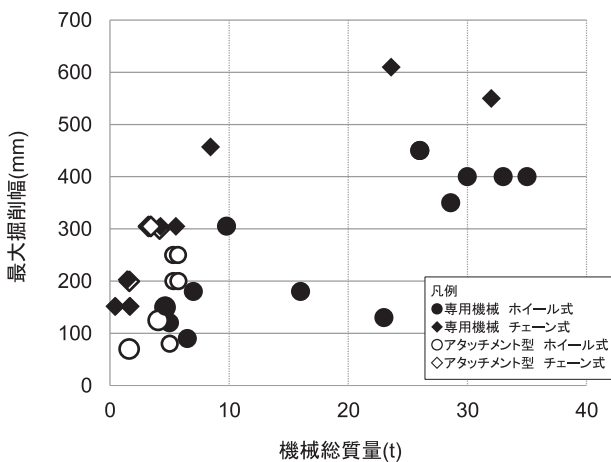


図-3 機械総質量と最大掘削幅の関係

最大掘削幅はホイール式が 70 ~ 450 mm で平均 235 mm, チェーン式が 120 ~ 610 mm で平均 287mm となっており, チェーン式の方がやや大きい傾向にある。また, 最大掘削幅が 305 mm 以下のものが全体の約 76% を占めており, 幅の狭いものが多いことがわかった。

(2) ケーブル埋設用掘削機械の施工事例

アンケート調査結果から, 試験施工を除く具体的な施工事例を表-3 に示す。

電力線や通信線の直接埋設または管路埋設が行われており, 施工場所は郊外部の未舗装路側, 路肩, 法面,

表-3 施工事例

区分	施工事例	施工延長 (km)	施工日数 (日)	平均施工速度 (m/日)
郊外部	①セヌエマルヌ 77 (フランス) ・農村部, 路肩の電線地下埋設 ・未舗装路側 ・電力線 3 本 × 150 mm <sup>2</sup> ・施工金額: 400,000 € ・土木コスト: 13 €/m ・使用機械: 専用機械 26 t ・掘削幅 × 掘削深さ: 280 mm × 900 mm ・ケーブル施工と埋め戻しを同時に施工	30	35	857
	②フランス ・郊外部の電力線の管路埋設 ・未舗装, 路肩, 法面 ・電力線 3 本, 管路埋設 ・使用機械: アタッチメント型 ・掘削深さ: 1000 mm	30	40	750
市街地	①パリ近郊ビヤンクール ・街路のトレンチ, 電線地下埋設 ・舗装路面下 ・2 本 TPC, φ63 ・施工金額: 3,900,000 € ・土木コスト: 65 €/m ・使用機械: 専用機械 23t ・掘削深さ: 450 mm ・ケーブル施工と埋め戻しを同時に施工	60	240	250
	②ショーモン (フランス) ・住宅街の道路にトレンチ施工 ・舗装路面と未舗装路側 ・3 本 HDPE, φ40 ・施工金額: 1,750,000,000 € ・土木コスト: 35,000 €/m ・使用機械: 専用機械 23 t ・掘削幅 × 掘削深さ: 100 mm × 400 mm ・ケーブル施工と埋め戻しを同時に施工	50	110	455
	③クレマ (イタリア) ・住宅街の電話線地下埋設 ・舗装路面下 ・1 本, 管路埋設 ・使用機械: アタッチメント型	1	3	400
	④インド ・市街地, 電力線の直接埋設 ・舗装路側 ・電力線 1 本, 直接埋設 ・使用機械: アタッチメント型 ・掘削深さ: 400 mm	50	50	1,000

および市街地の舗装路面下, 未舗装路側となっている。

平均施工速度は, 郊外部では 750 ~ 857 m/日, 市街地では 250 ~ 1,000 m/日であり, 市街地では大きな差がみられた。

日本の主な電線類地中化手法である電線共同溝方式では, 施工速度が 10 m/日程度で行われていることから, 施工条件などに違いはあるが, 諸外国では非常に速い施工速度で作業が行われていることがわかった。

(3) 日本国内での販売体制

調査の結果, 日本国内に販売体制およびメンテナン

ス体制をもつトレンチャーの海外メーカーは4社あった。

昨今の日本国内の無電柱化推進の機運にあわせ、日本国内での販売に参入する動きを見せているメーカーもあり、4社のうち1社は平成28年度から新規参入したメーカーであるほか、アンケート調査を通じて日本進出に意欲を示すメーカーも1社あった。

### 3. ケーブル埋設用掘削機械による掘削試験



日本におけるトレンチャーの使用実績をメーカーに聞き取りしたところ、主に農場やゴルフ場など土壌の柔らかい箇所の暗渠排水の掘削などに使用されており、道路敷地のような締め固まった箇所で使用された実績は確認できなかった。

そこで、道路路盤に対しての掘削能力を確認するため、掘削試験を実施した。

試験に使用したトレンチャーは、日本国内でレンタルが可能であった2機種である。

使用したトレンチャーの外観および諸元を表1-4に示す。掘削機械Aはスキッドステアローダに装着するアタッチメント型であり、掘削機構はチェーン式である。掘削機械Bは専用機械であり、掘削機構はチェーン式とホイール式の付け替えが可能である。

表1-4 外観および諸元

	掘削機械 A	掘削機械 B	
外観			
機械構成	アタッチメント型	専用機械	
ベースマシン	スキッドステアローダ	-	
掘削機構	チェーン式	チェーン式	ホイール式
装置取付位置	車体前方	車体後方	
全長	5,475 mm	5,375 mm	5,449 mm
全高	2,115 mm	2,545 mm	
全幅	1,901 mm	1,971 mm	
車両総質量	4,751 kg (本体+装置)	4,228 kg	4,663 kg
最大掘削深	1,219 mm	1,200 mm	660 mm
掘削幅	200 mm	200 mm	50 mm

試験は、北海道苫小牧市にある苫小牧寒地試験道路で実施した。掘削箇所の路盤構成は図-4のとおりである。凍上被害を防止するため、下層路盤の下に厚さ40cmの凍上抑制層がある。

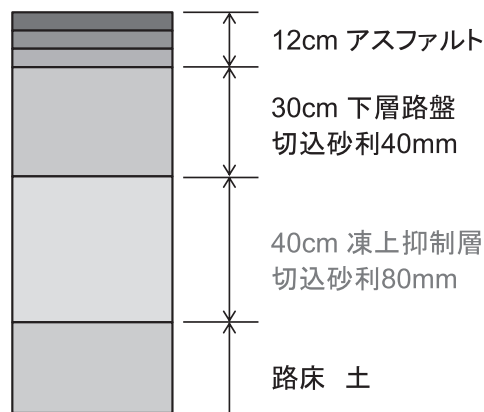


図-4 路盤構成

掘削試験は、舗装版切断によりアスファルト12cm（表層3cm、基層4cm、安定処理5cm）を撤去したうえで実施した。これは、日本国内での施工時に必要な建設リサイクル法に基づく分別処分を考慮したものである。

試験条件は、平成28年2月に国土交通省から発出された「電線等の埋設物に関する設置基準の緩和について」に示されている埋設深さを参考に、掘削深さを30cmから120cmまで8段階に設定し、掘削延長はそれぞれ40m（20m×2回）とした。

試験で得られた掘削深さと掘削速度の関係を図-5に示す。

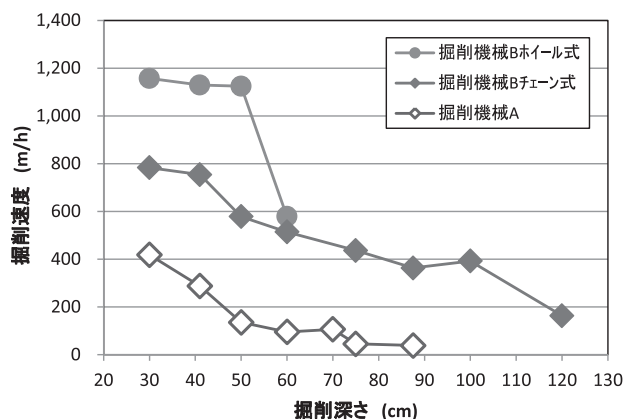


図-5 掘削深さと施工速度

掘削速度は、掘削機械Bのホイール式が最も速く、次に掘削機械Bのチェーン式、掘削機械Aの順となった。なお、掘削機械Bのホイール式は掘削幅が5cmであったため、掘削幅を大きくすると掘削抵抗が大き

くなり速度が遅くなる可能性がある。

掘削深さは、掘削機械 B のチェーン式は深さ 120 cm まで掘削が可能であったが、掘削機械 A は掘削負荷のため深さ 100 cm でトレンチャーが停止してしまい、掘削不能となった。

以上より、掘削機械 B の方が掘削速度は速く、また掘削深さも深い結果となったが、本体価格は掘削機械 A の方が安価であり、現場の施工延長や掘削深さなどの施工条件によっては、掘削機械 A の方が経済的となる場合もある。そのため、それぞれの施工条件に適した機械を選定する必要がある。

#### 4. 海外のケーブル埋設用掘削機械を日本で使用するうえでの課題

海外のケーブル埋設用掘削機械を日本で使用するにあたり、以下の課題が考えられる。

##### (1) 施工条件

トレンチャーによる電線類地中化が一般的となっている国では、施工条件がほぼ確立しており、メーカーはそれに合わせた仕様のトレンチャーを製造・販売している。

トレンチャーを日本で使用するにあたっては、具体的な施工条件を整理する必要がある。

##### (2) 安全基準、機械構造

日本で海外のトレンチャーを使用する場合、一般的な輸入機械と同じく、労働安全衛生法およびその関係法令で定められた規格や安全基準等を満足する必要がある。また、公道を走行する場合には、道路運送車両法に基づく保安基準への適合、運輸支局等への登録が必要となる。公道を走行しない場合は、オフロード特殊自動車に該当するため、オフロード法による排出ガス基準に適合したものでなければならない。

また、海外のアタッチメント型機械を日本で使用しようとする場合、装着装置の規格が合わず改造が必要になる場合がある。

##### (3) 市場の拡大

前述のとおり、日本国内にトレンチャーの販売体制およびメンテナンス体制をもつメーカーは現在 4 社し

がなく、限られたトレンチャーしか調達することができない。

トレンチャーによる施工がより普及するためには、海外メーカーの日本進出や国産メーカーの参入などによる市場の拡大が望まれる。

#### 5. おわりに

海外で使用されているケーブル埋設用掘削機械の調査を行い、機械の概要を把握するとともに、施工事例から施工速度が非常に速いことを確認した。また、掘削試験の結果から機械構成や掘削機構により掘削能力に違いがあることを確認した。

ケーブル埋設用掘削機械を日本で使用するためには、施工条件などの整理が必要であるが、トレンチャーによる施工が可能であれば大幅な施工速度の向上が期待できる。

無電柱化を推進するため、国土交通省では『無電柱化低コスト手法技術検討委員会』（平成 26 年 9 月発足）の検討をうけ、「電線等の埋設物に関する設置基準」を緩和し、浅層埋設や小型ボックス活用埋設等の低コスト手法の導入を可能とした。海外のケーブル埋設用掘削機械メーカーも日本の動向に注目しており、今後の市場の拡大に期待したい。

J C M A

##### 《参考文献》

- 1) 国土交通省ホームページ：http://www.mlit.go.jp/
- 2) RIVARD 社ホームページ：http://www.rivard.fr/
- 3) VERMEER 社ホームページ：http://www.vermeer.com/
- 4) AFT 社ホームページ：http://www.trenchers.co.uk/

##### 【筆者紹介】

小林 勇一（こばやし ゆういち）  
国立研究開発法人 土木研究所  
寒地土木研究所 寒地機械技術チーム  
研究員



田所 登（たどころ のぼる）  
国立研究開発法人 土木研究所  
寒地土木研究所 寒地機械技術チーム  
主任研究員

