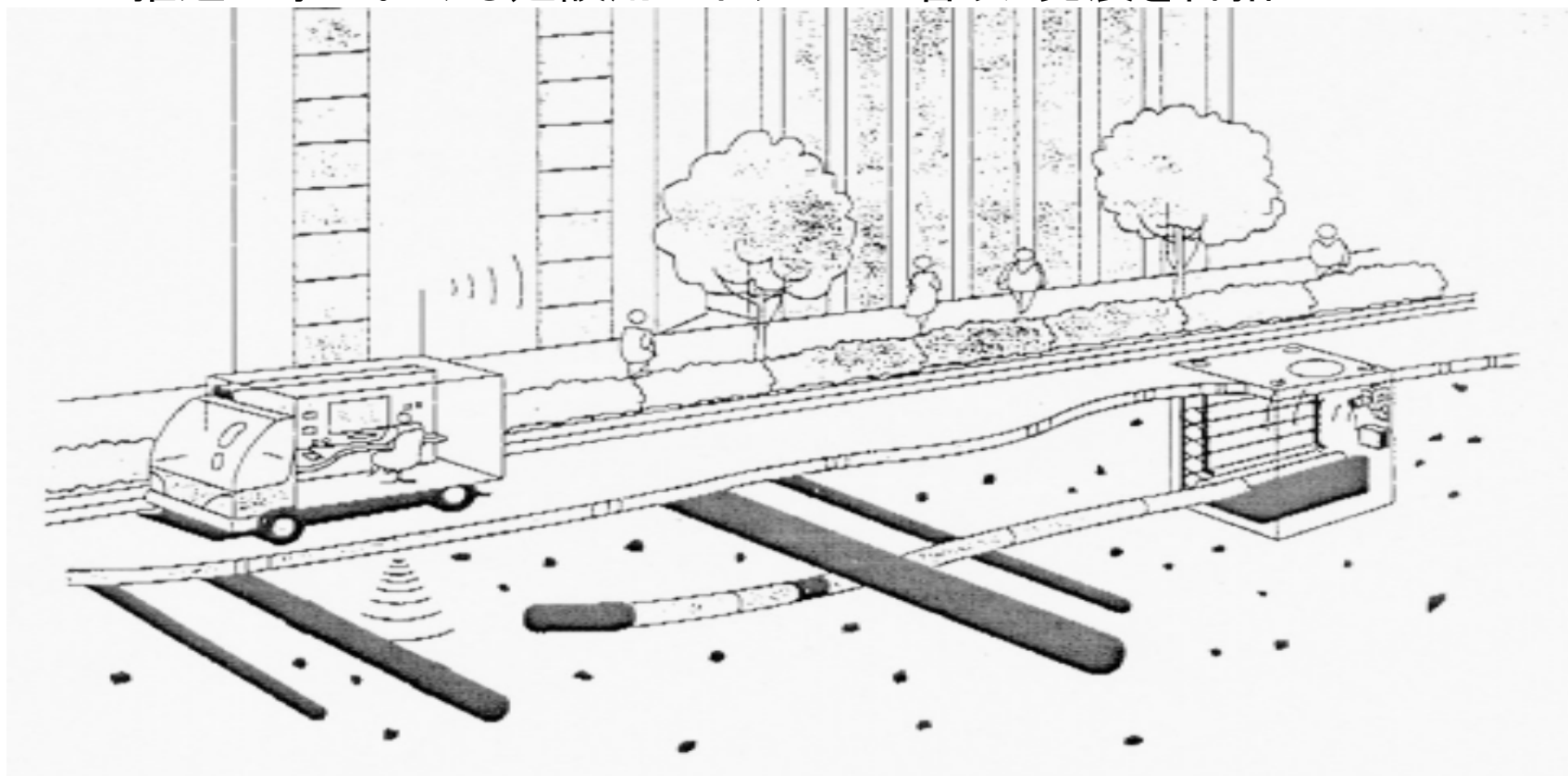


「21世紀における建設工事の自動化・ ロボット化への展望」

— 推進工事における建設用ロボットへの普及・発展を目指して —



土木学会 建設用ロボット委員会
トンネル技術小委員会 推進技術分科会

〔 要 約 〕

1. 研究の目的と背景
2. 推進工法の自動化の現状
3. 推進工法の自動化・ロボット化に関するアンケート結果の分析および考察
4. 今後の見通しと改善提案

1. 研究の目的と背景

① 開削工法による管埋設工事の問題

〔環境〕・交通渋滞・騒音、振動・建設副産物

〔コスト〕・施工に関する費用増大・環境負荷軽減のための費用増大

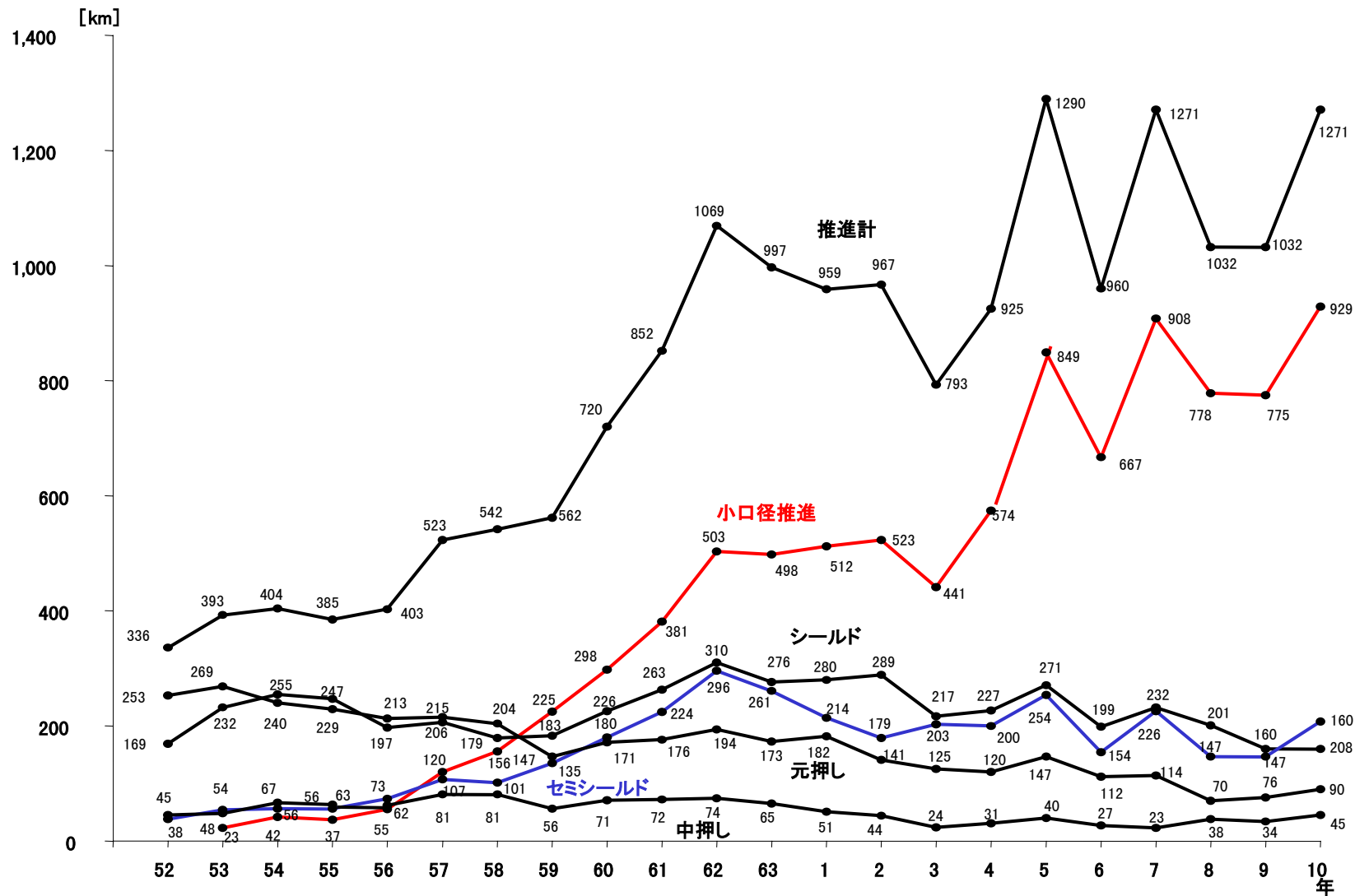
② 非開削化による問題解決への要請、期待

③ 管埋設工事への推進工法の普及、拡大

・普及に影響を及ぼす要因の調査・分析

・普及を促進するために必要な自動化・ロボット化技術

下水道における管渠特殊工法発注延長の推移

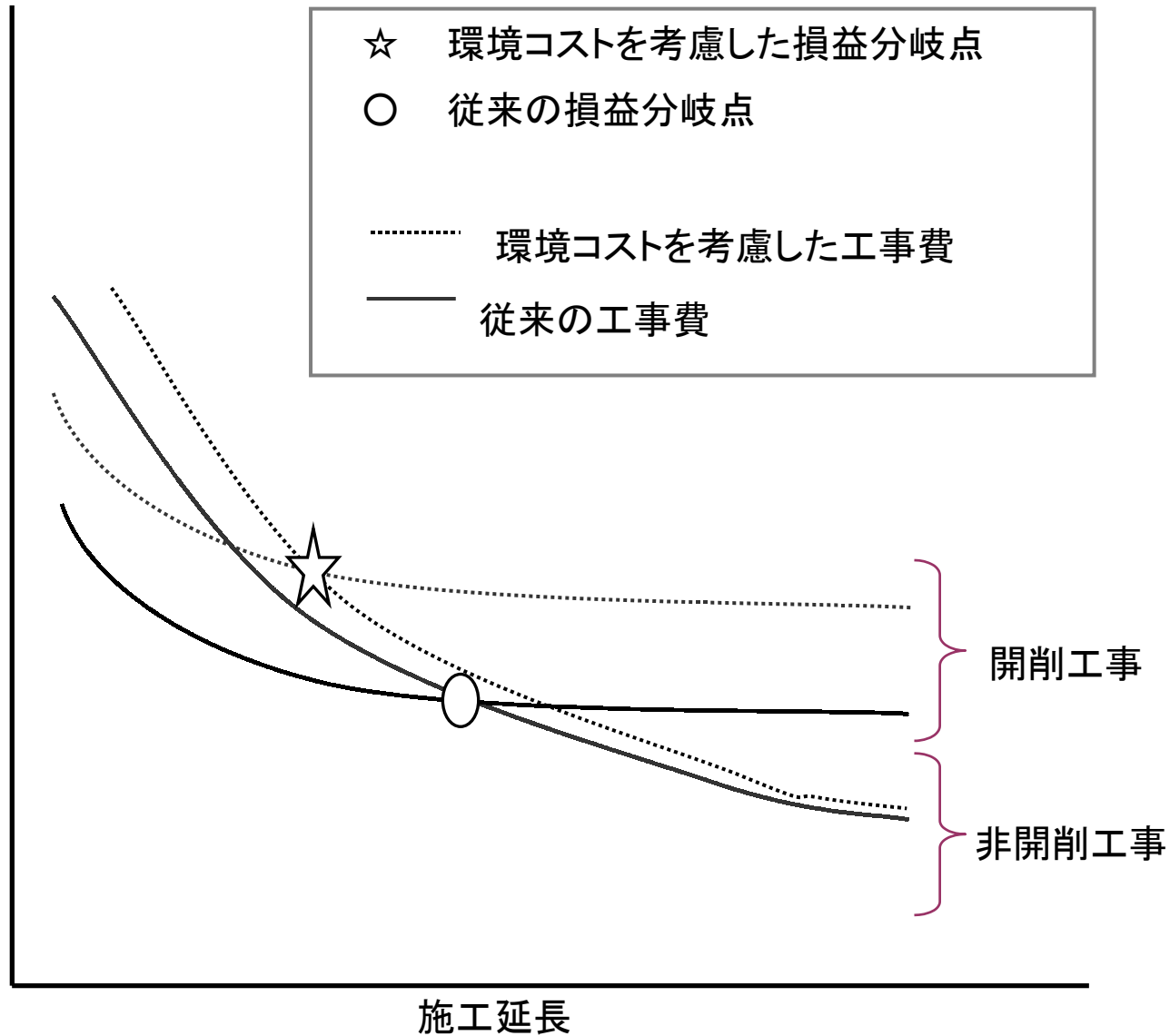


出典: 日本下水道協会ホームページ

開削工法と非開削工法の損益分岐点の考え方

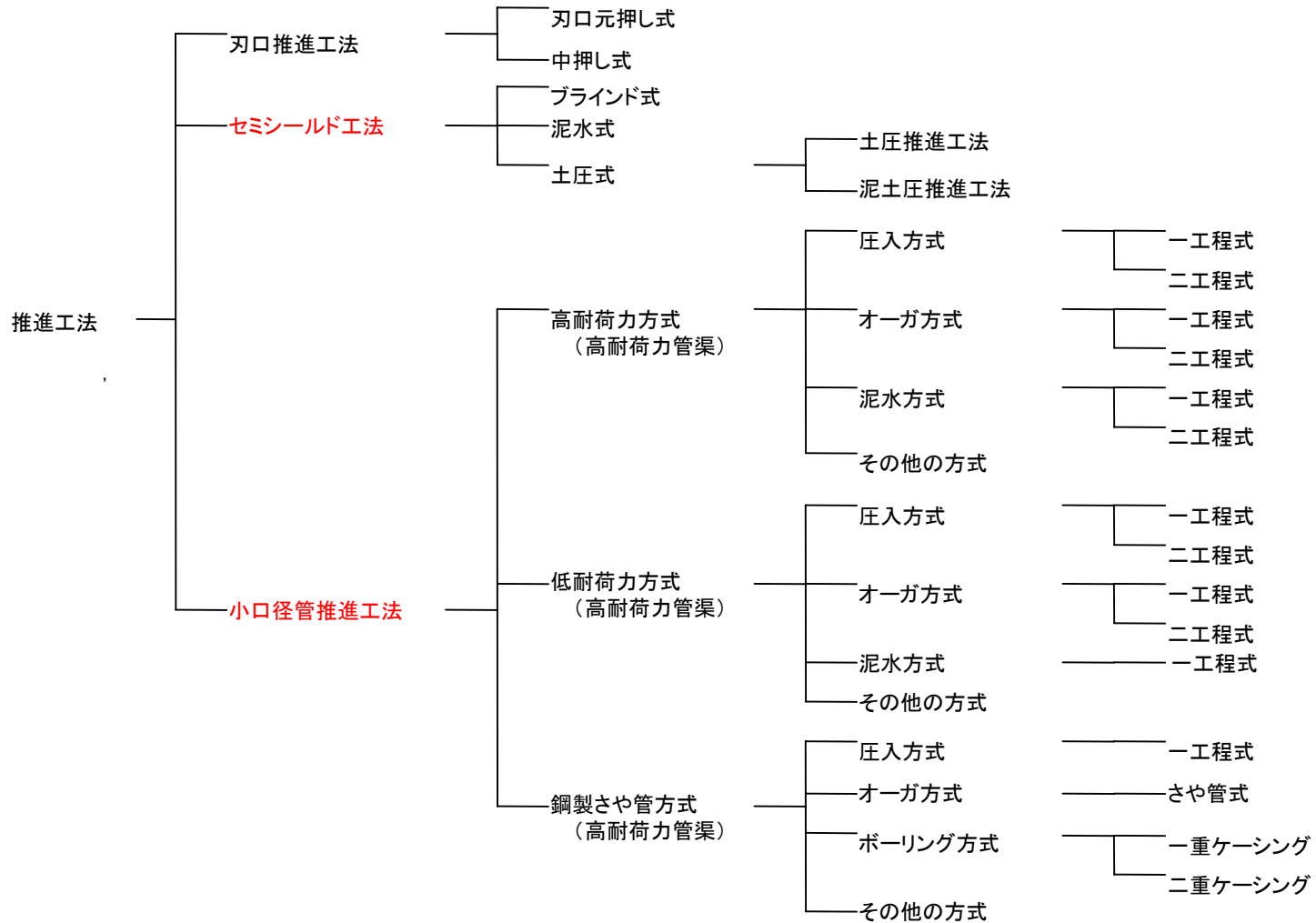
工事費(単位施工長さあたり)

- ☆ 環境コストを考慮した損益分岐点
- 従来の損益分岐点
- 環境コストを考慮した工事費
- 従来の工事費



施工延長

推進工法の分類



出典: '96'97最新非開削技術便覧(日本非開削技術協会)

2. 推進工法の自動化の現状

2. 1 セミシールド工法(中大口径管: ϕ 800mm ~ ϕ 3000mm)

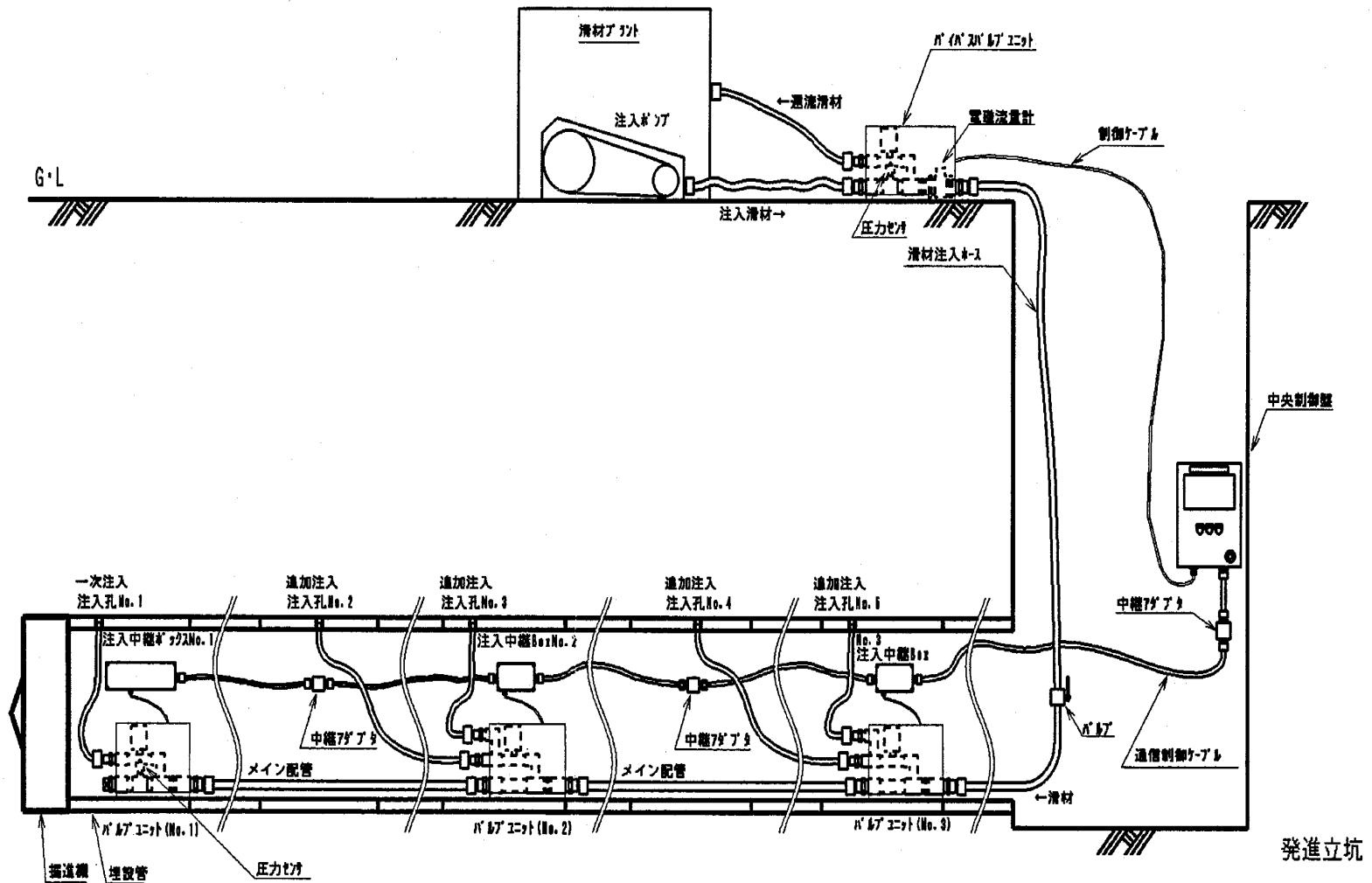
①滑材注入工

②掘削土搬出

③掘進機操作

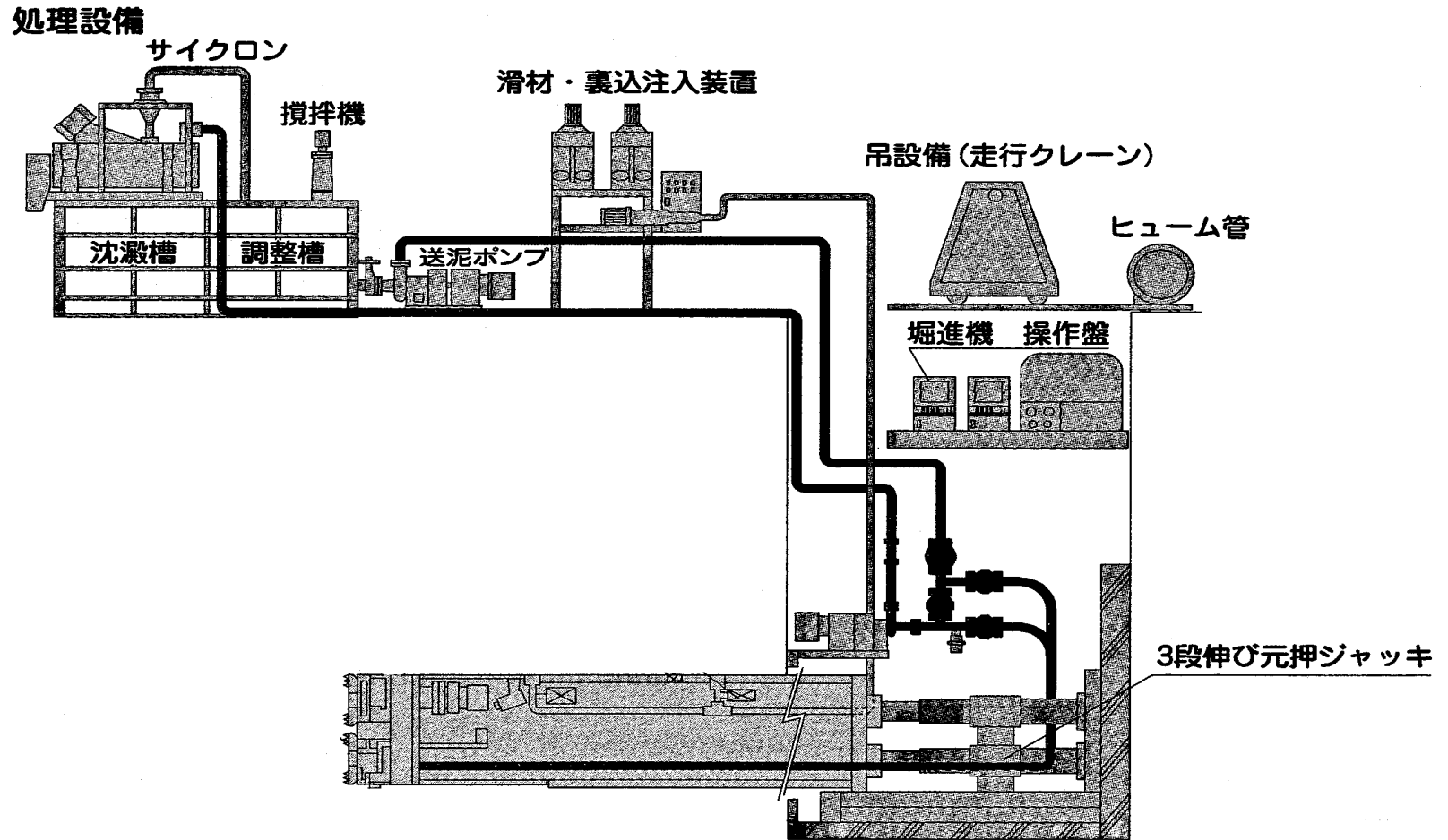
④坑内測量

滑材注入土の自動化



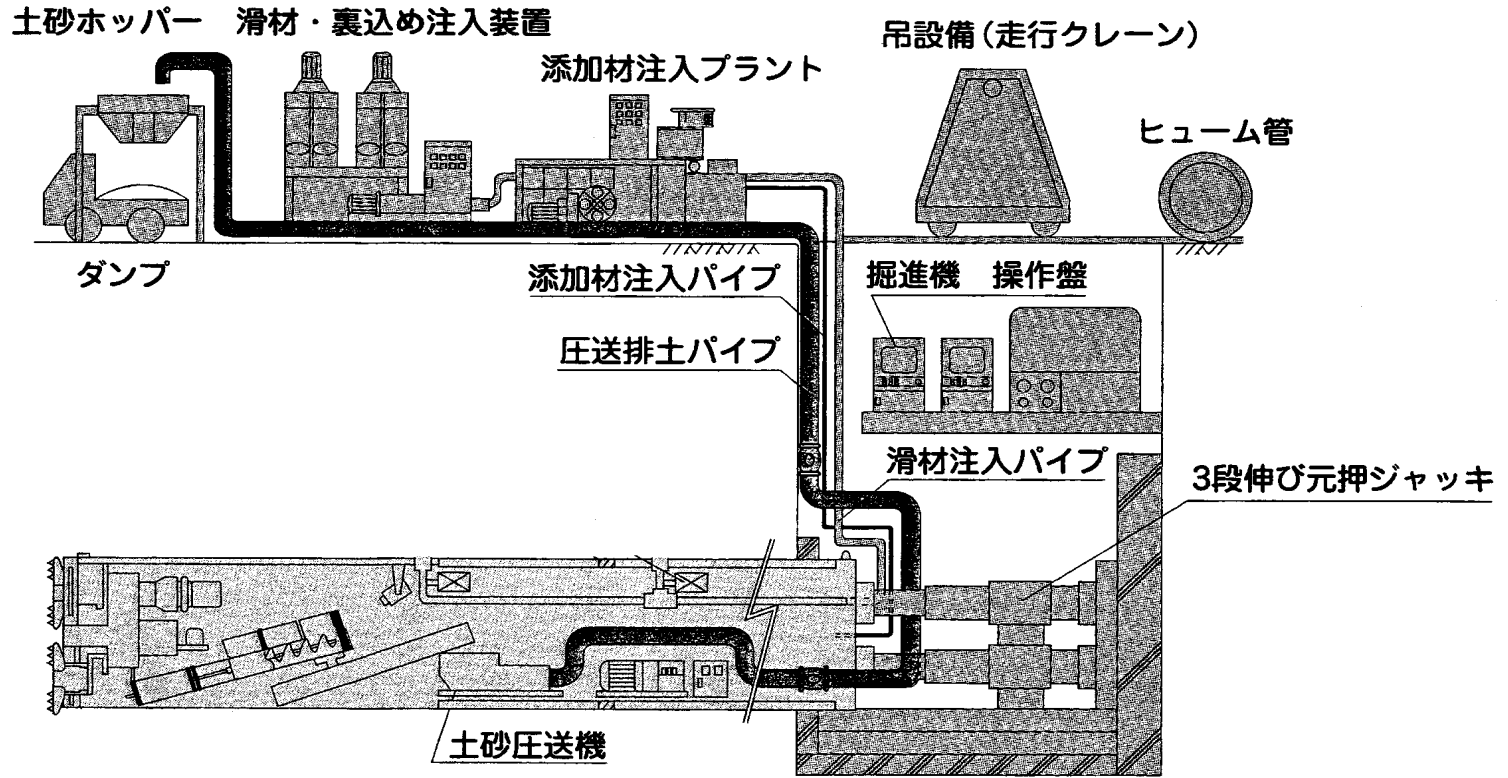
自動滑材注入装置

掘削土搬出の自動化



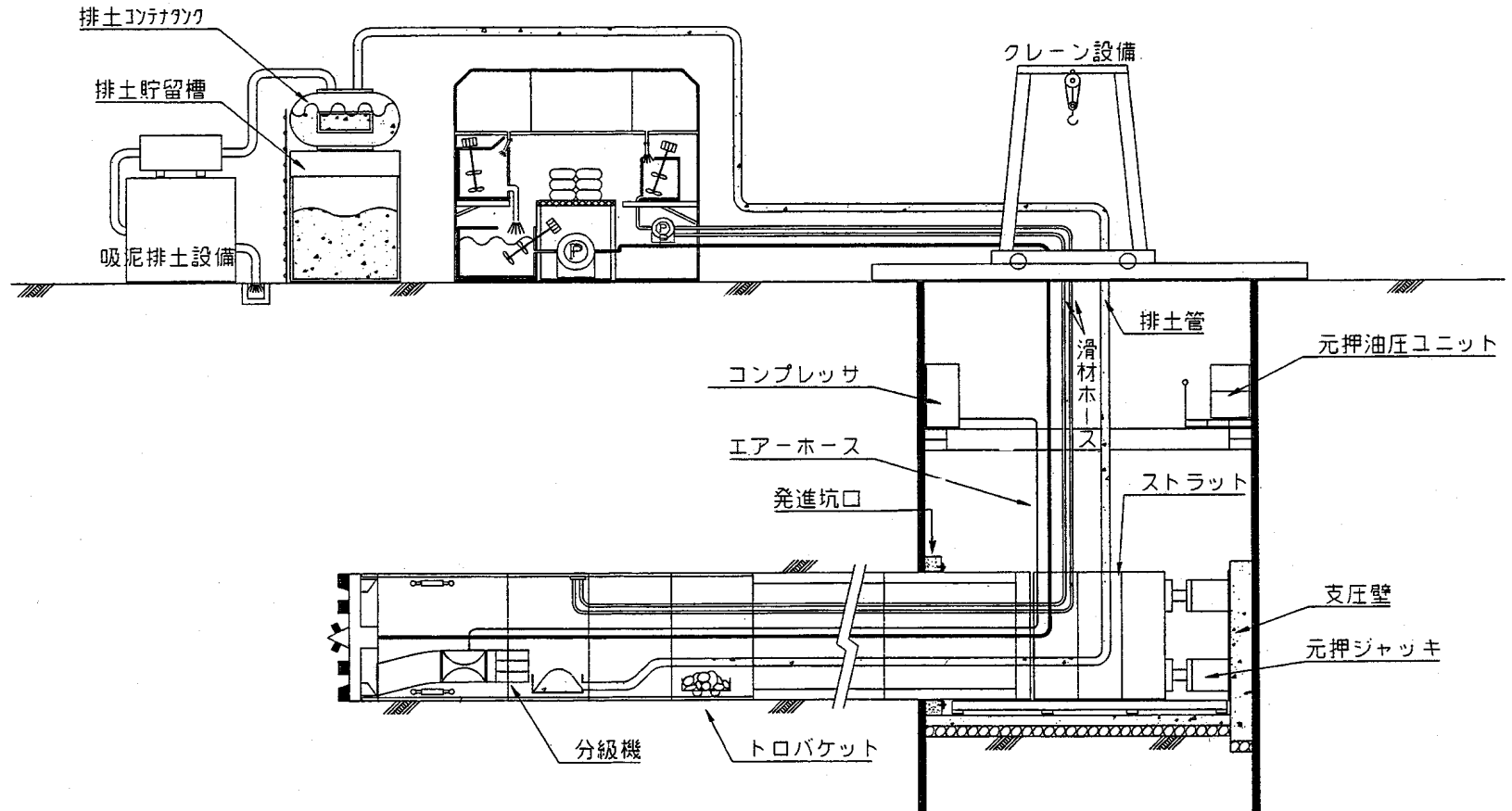
流体輸送方式

掘削土搬出の自動化



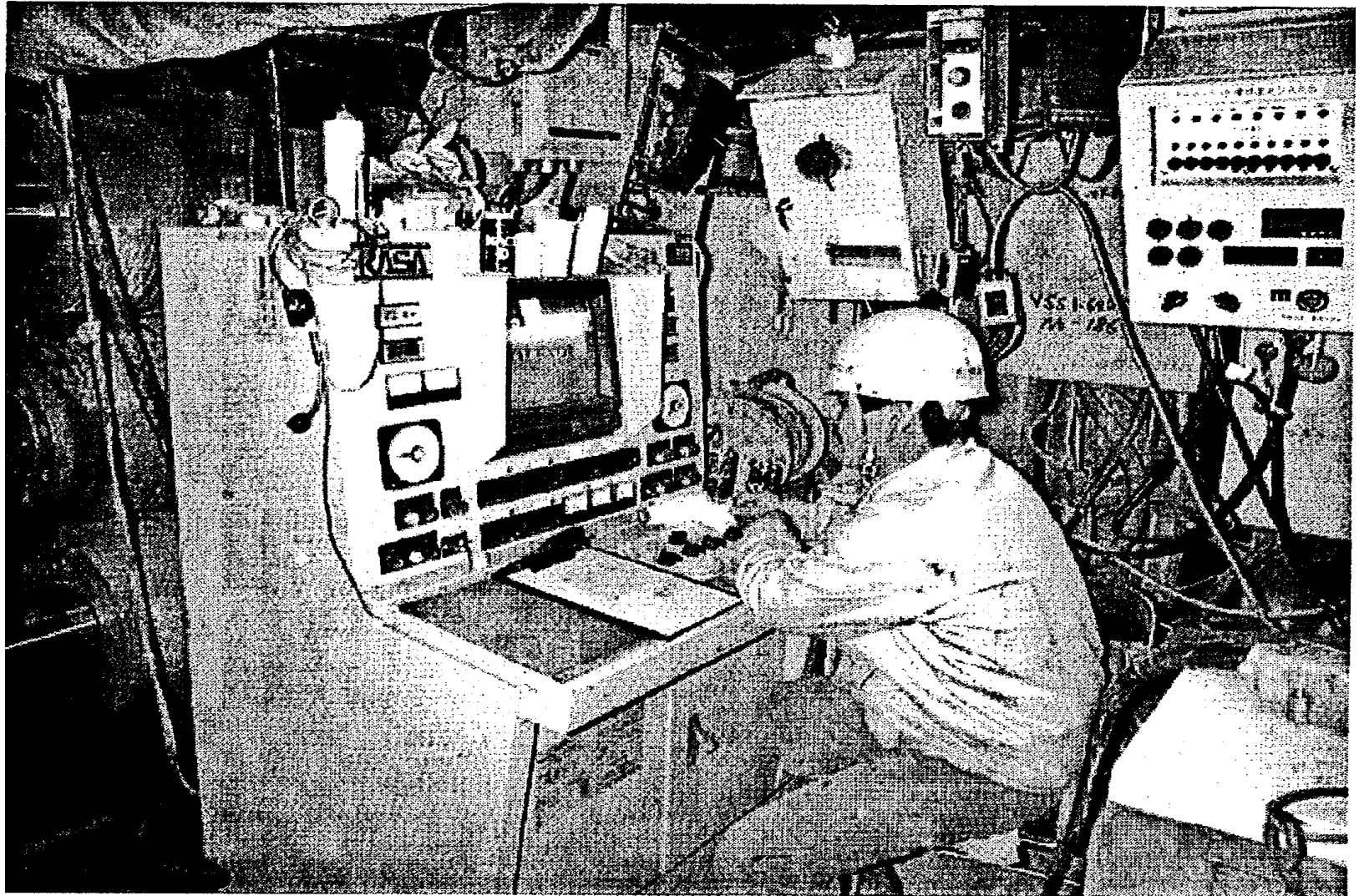
土砂圧送方式

掘削土搬出の自動化



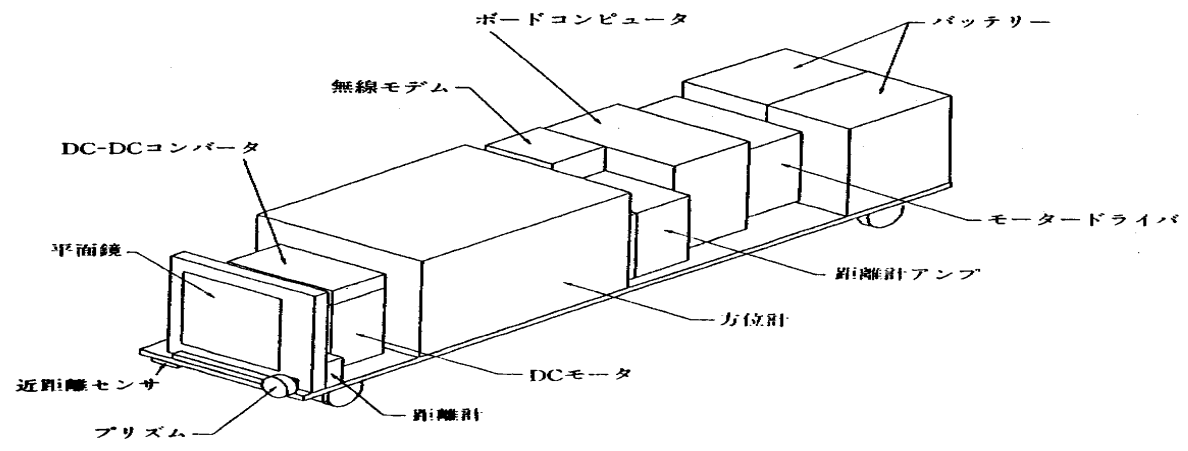
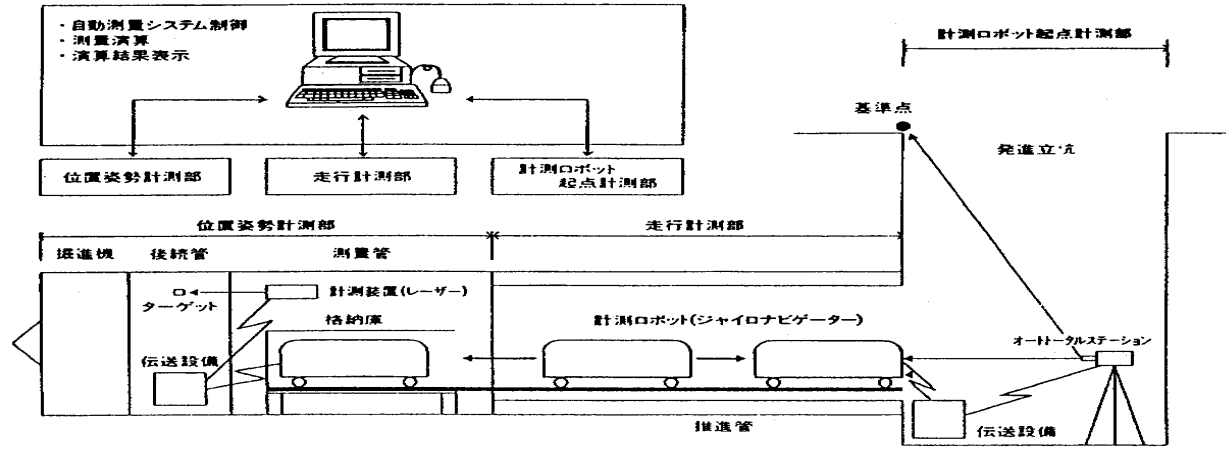
空気スラリー輸送方式

掘進機の遠隔操作



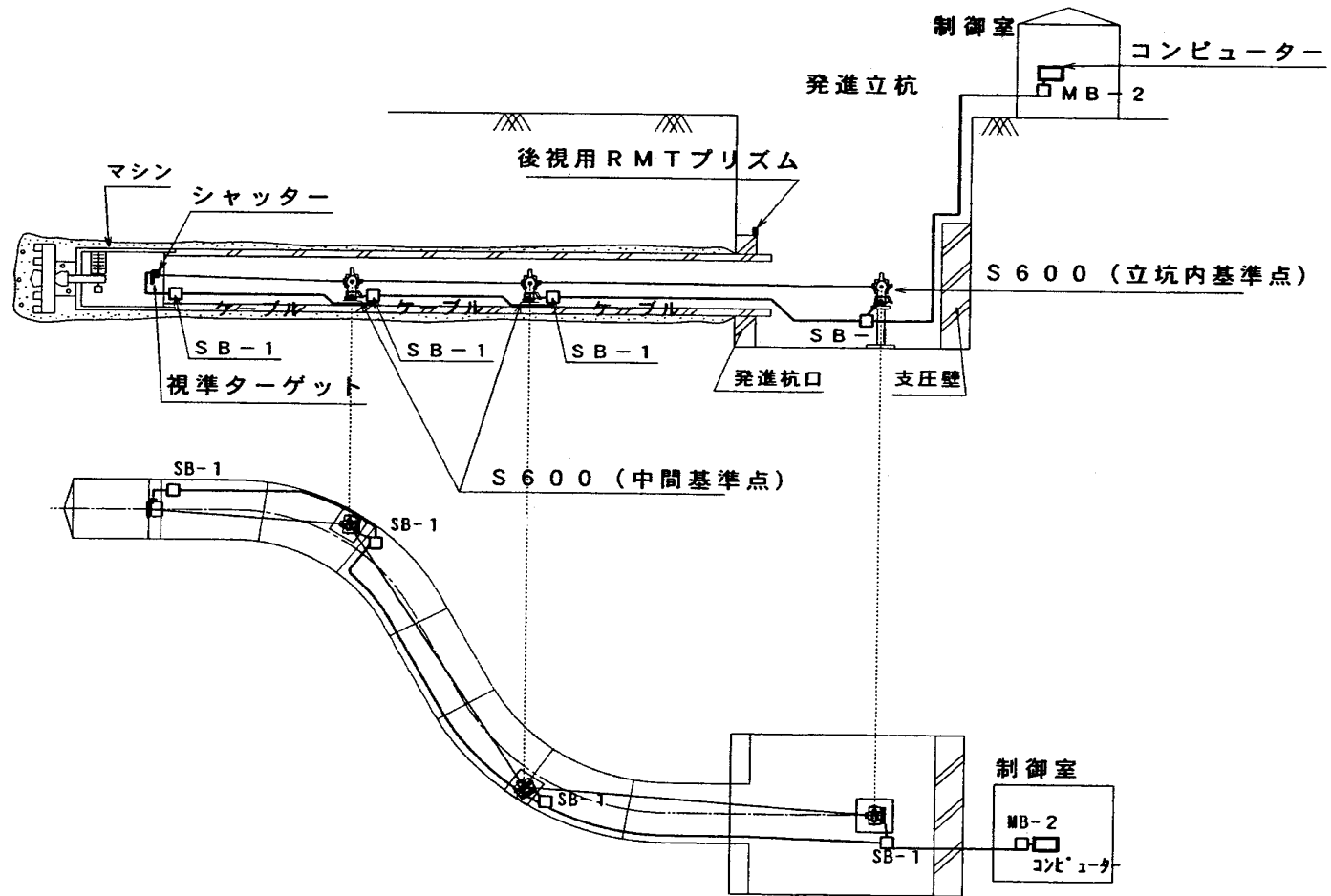
ワンマンコントロール遠隔操作
(シールド機, 環流設備, 元押しジャッキ, 滑材注入運転)

坑内測量の自動化



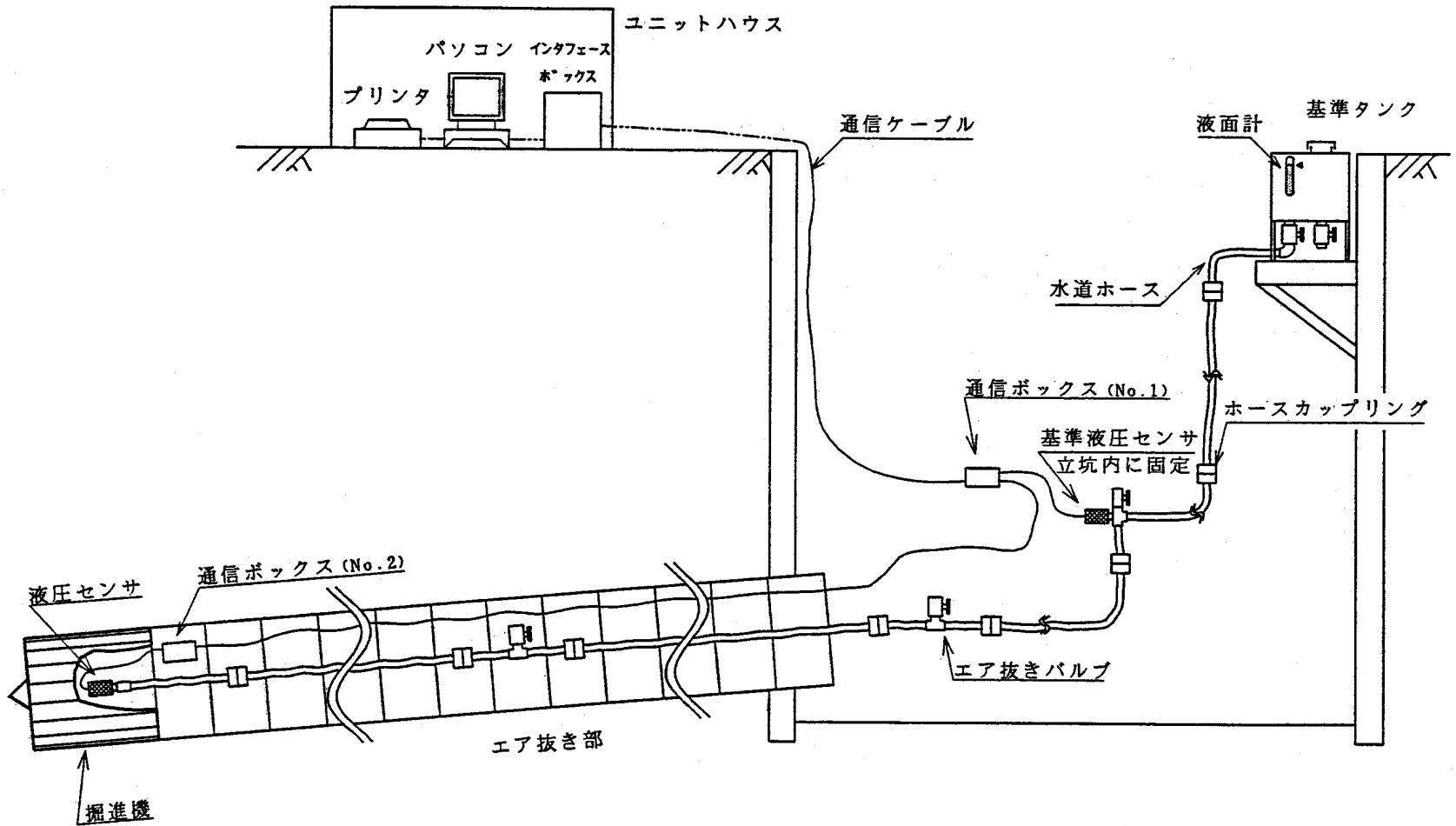
ジャイロ本体走行方式

坑内測量の自動化



測距・測角器複数台設置方式

坑内測量の自動化



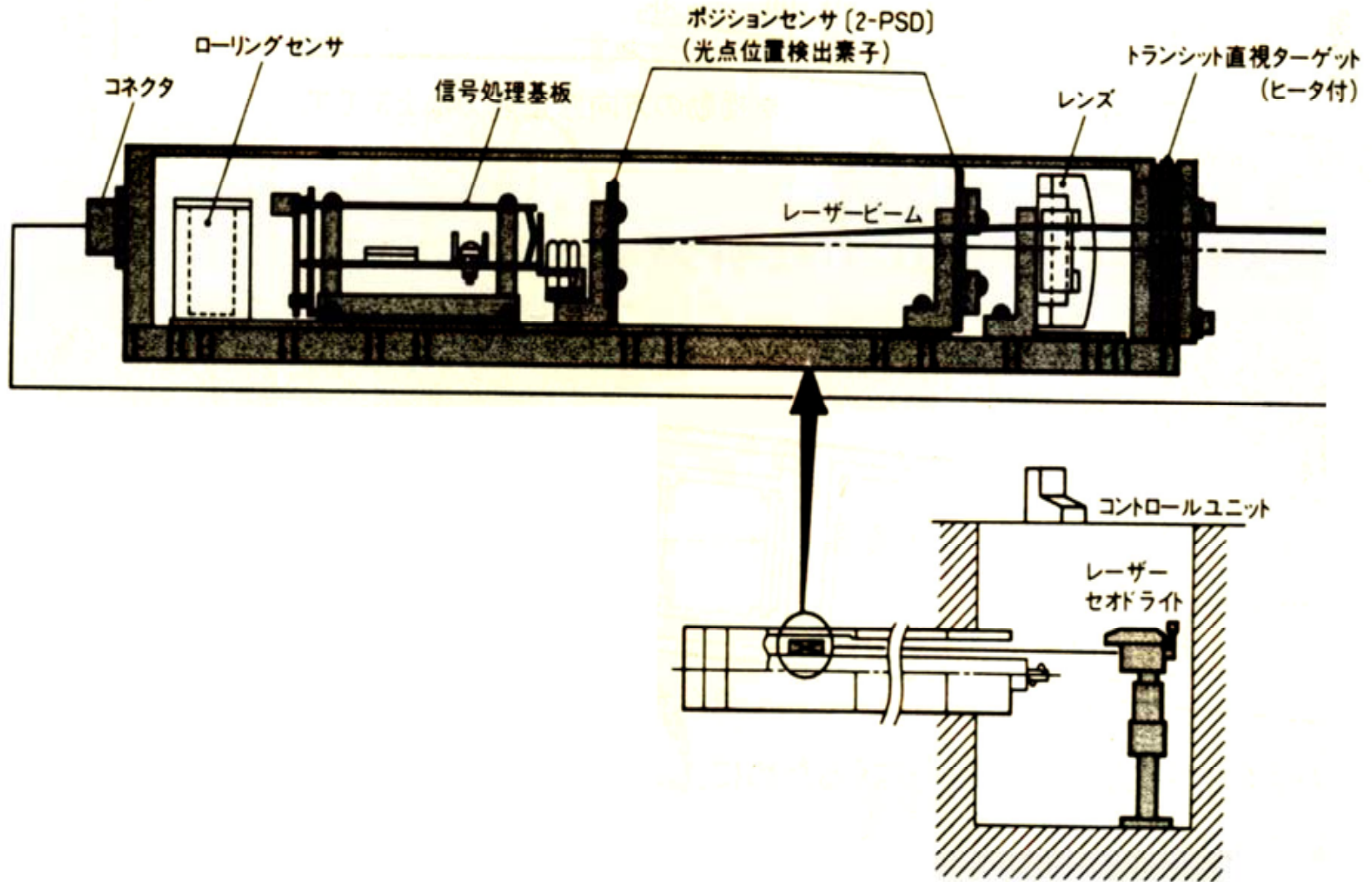
液圧測定方式

2. 推進工法の自動化の現状

2. 2 セミシールド工法(小口径管: ϕ 150mm \sim ϕ 700mm)

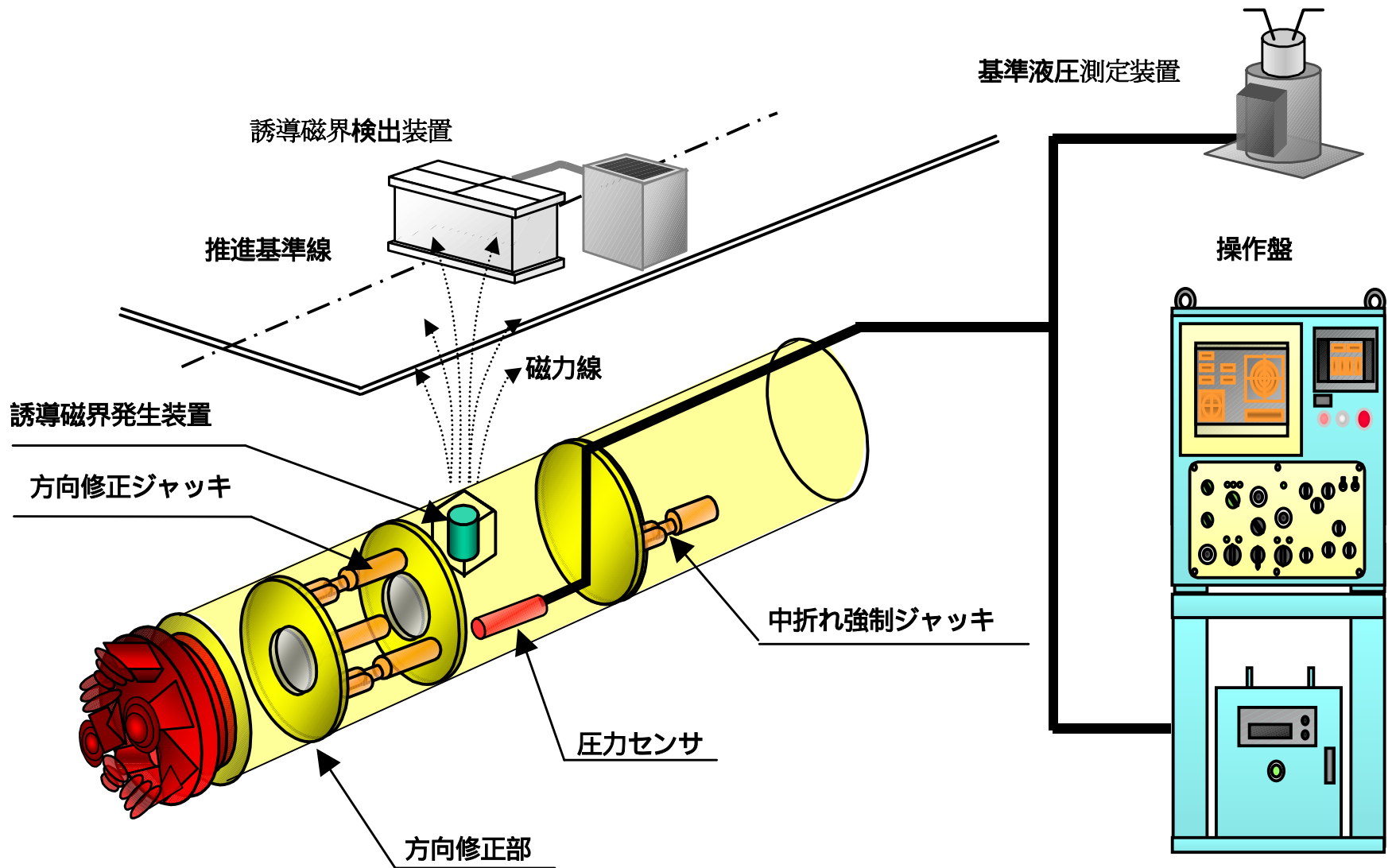
- ①掘削土搬出
- ②位置・姿勢計測(坑内測量)
- ③方向制御
- ④地中前方探査
- ⑤配管・配線

位置・姿勢計測の自動化



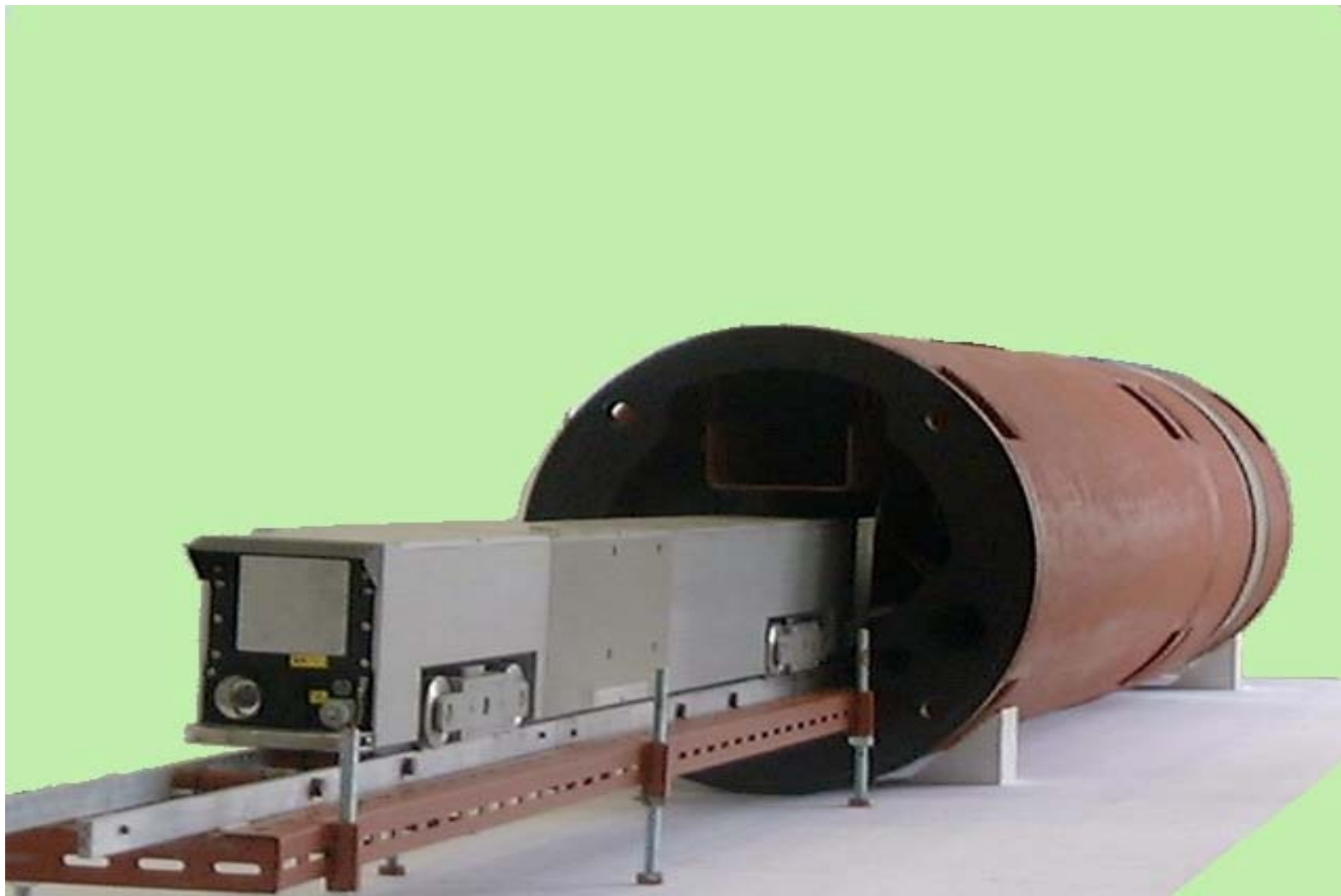
(1) レーザ方式による自動位置計測システム

位置・姿勢計測の自動化



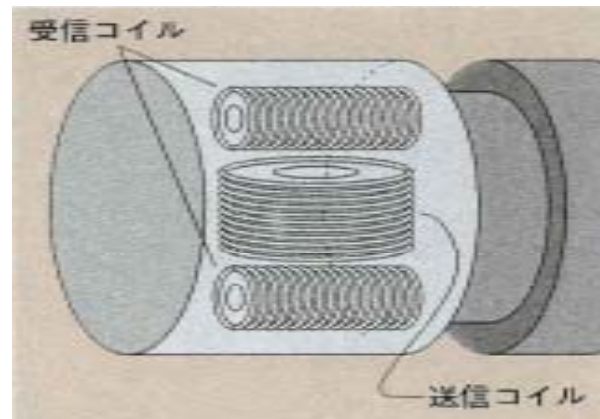
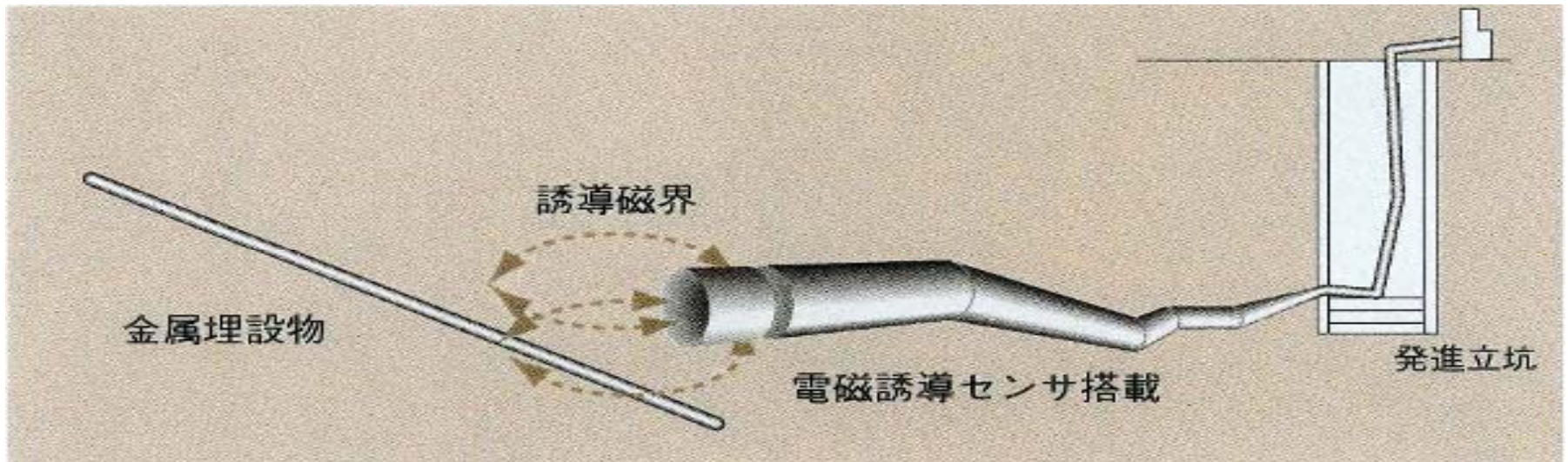
(2) 電磁界による位置計測方式

位置・姿勢計測の自動化



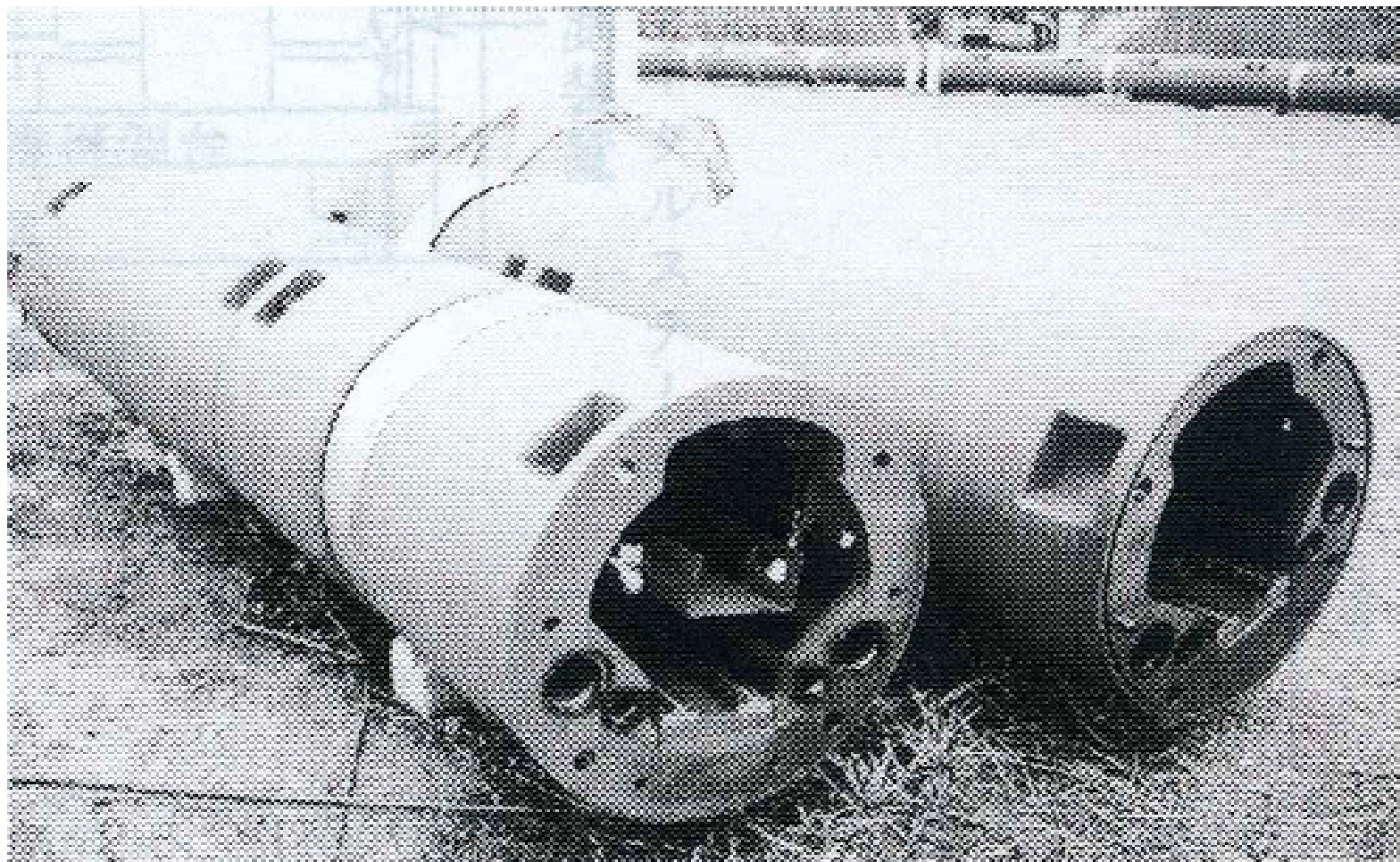
(3)リングレーザジャイロを搭載した位置計測ロボット

地中前方探査



電磁界を利用した前方埋設物探査

配管・配線の自動化



送排泥管などを内蔵した誘導管

3. 推進工法の自動化・ロボット化に関するアンケート

結果の分析および考察

3.1 アンケート結果の分析方法

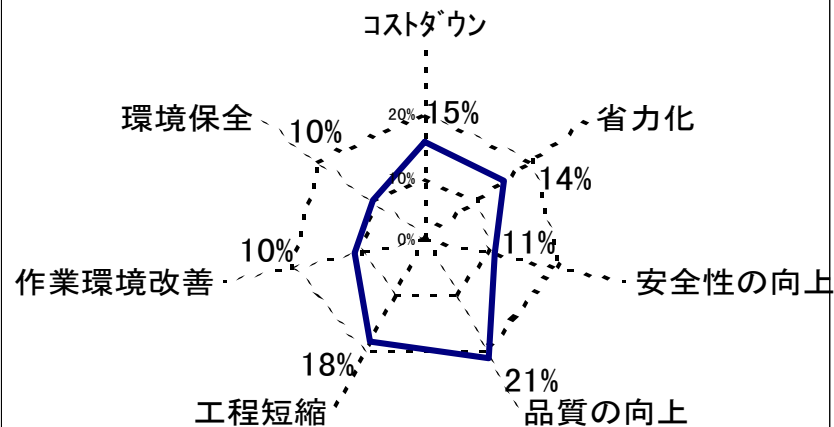
- ① セミシールド工法、小口径推進工法に関する24種類の技術についてアンケート収集

- ② 技術を3つに分類し、分析
 - ・「十分に普及している、やや普及している」技術
 - ・「どちらとも言えない」技術
 - ・「あまり普及していない、ほとんど普及していない」技術

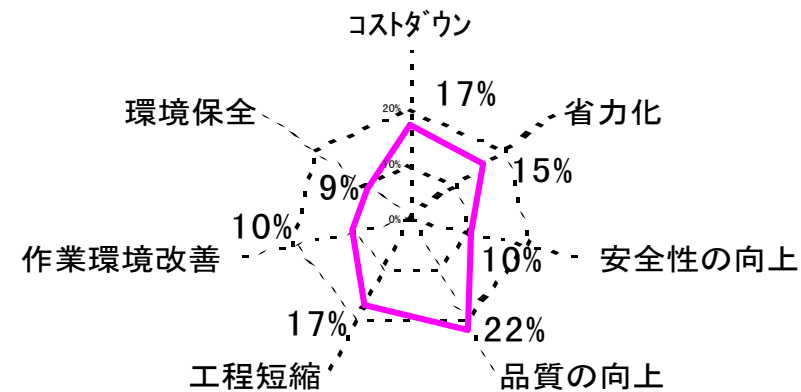
3.2 品質・コスト・工程・安全性などの側面からみた分析結果及び考察

推進工法の自動化・ロボット化の開発目的と開発結果

開発目的(全て)

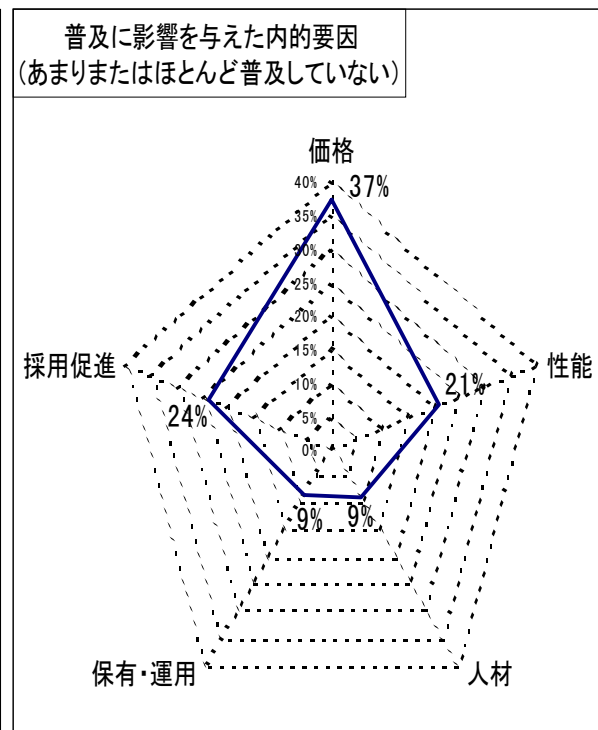
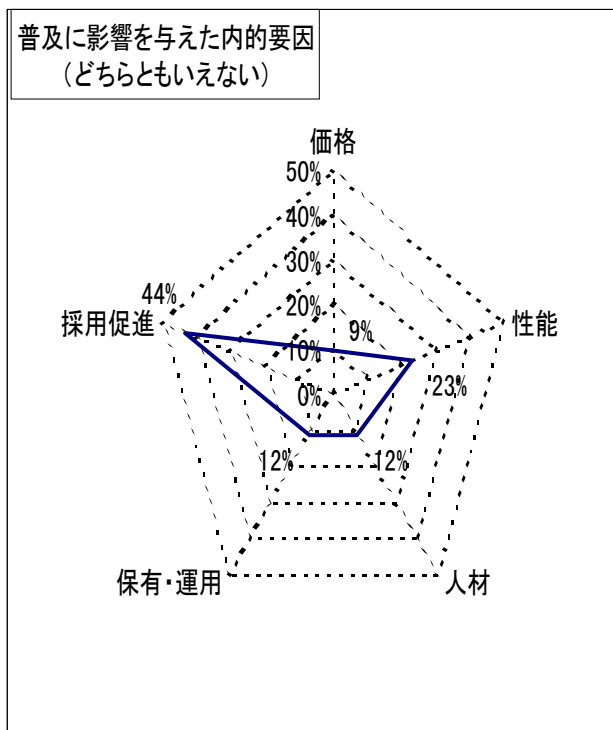
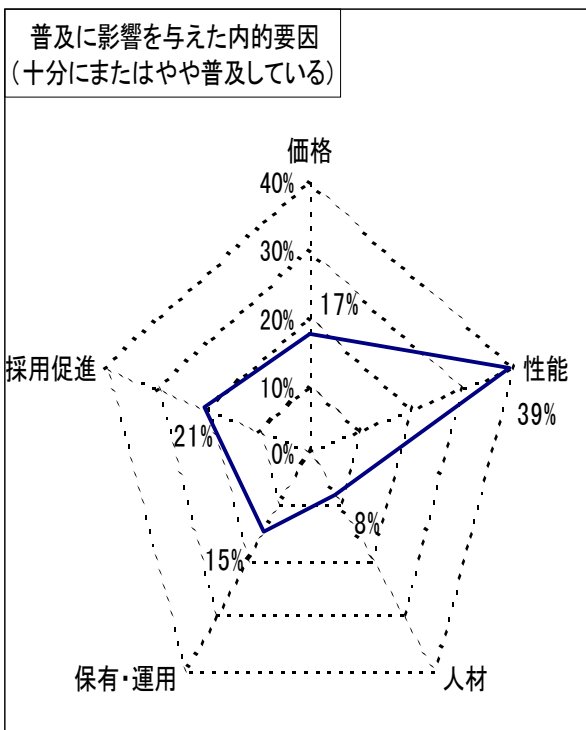


開発結果(全て)



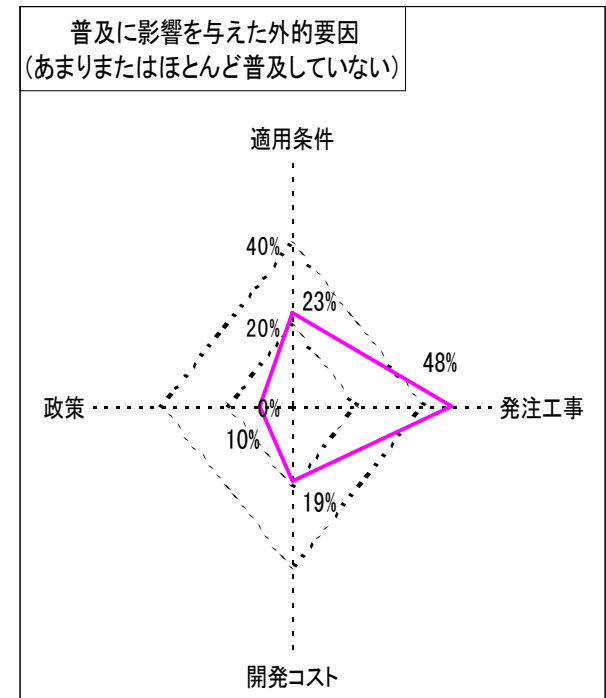
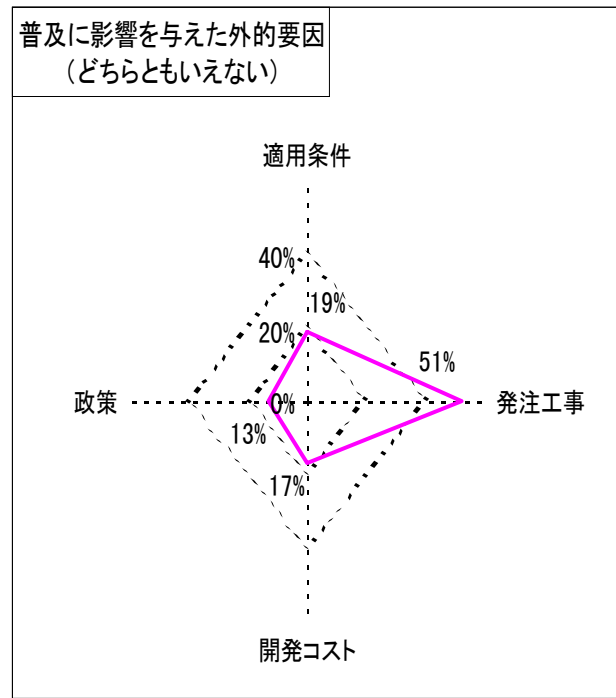
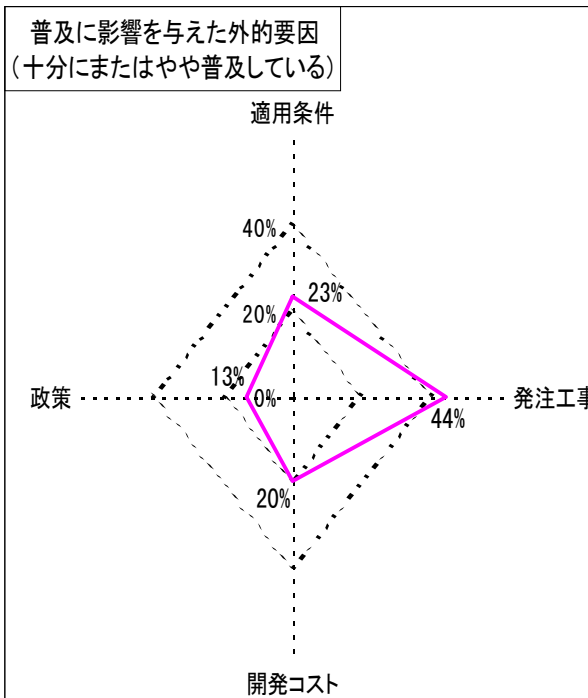
3.3 普及の阻害要因の分析及び普及に向けた課題に関する考察

(1) 普及に影響を与えた内的要因



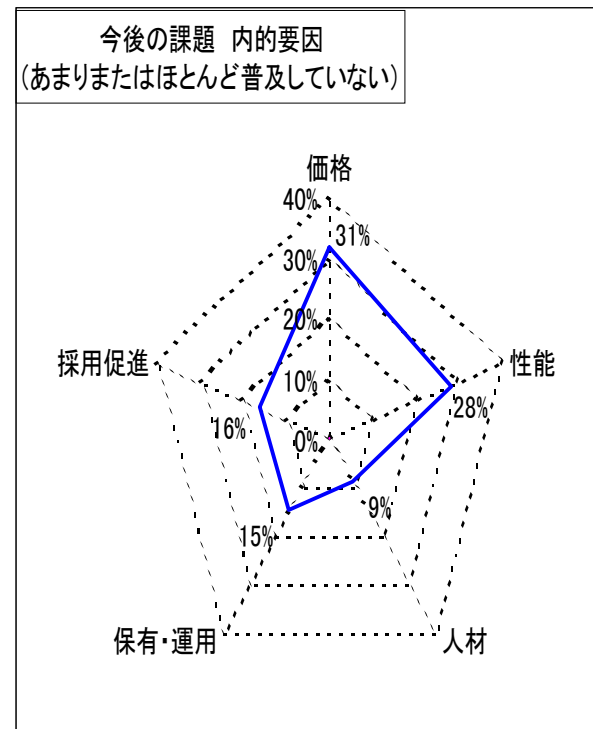
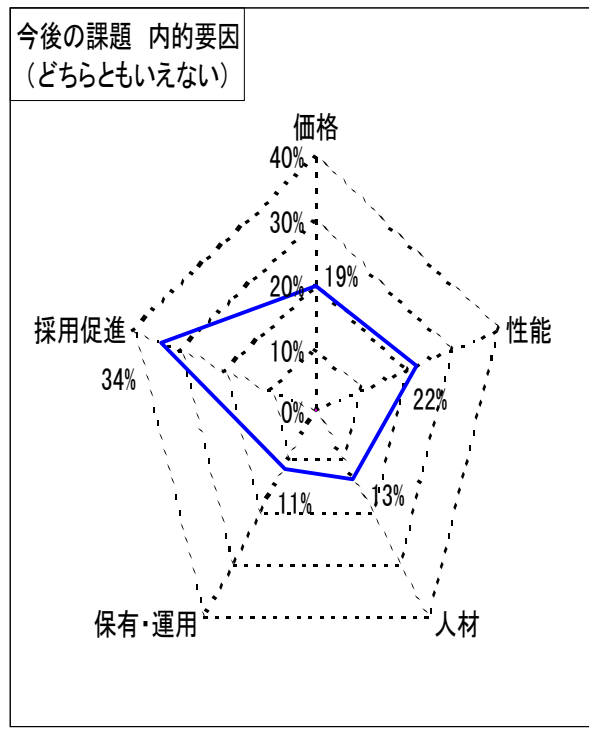
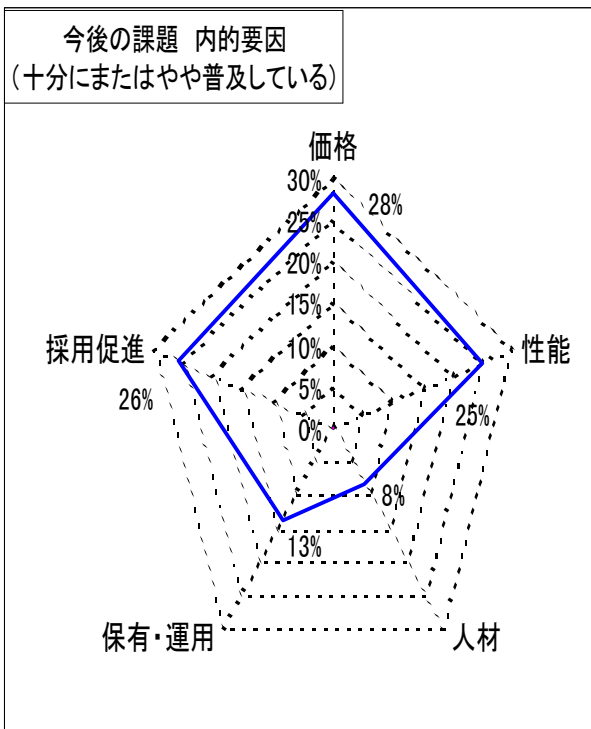
3.3 普及の阻害要因の分析及び普及に向けた課題に関する考察

(2) 普及に影響を与えた外的要因



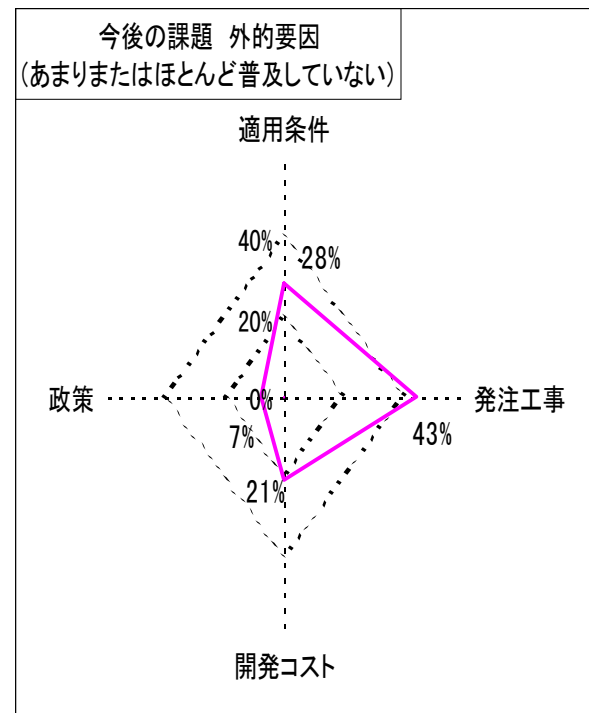
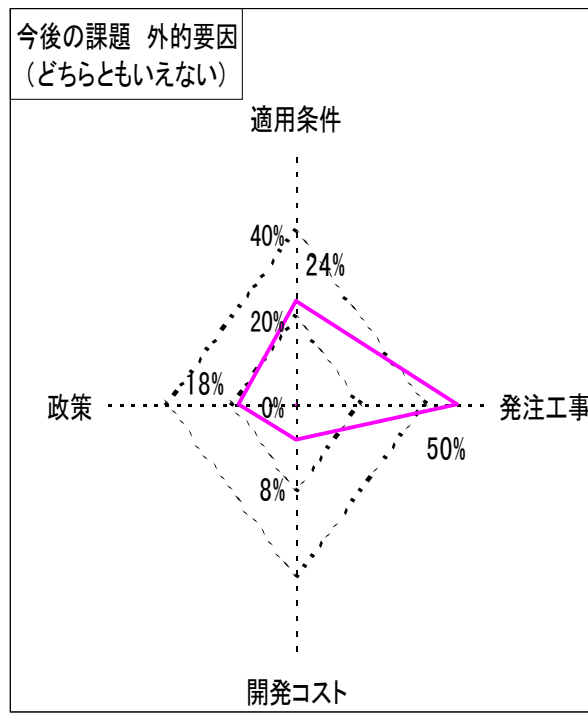
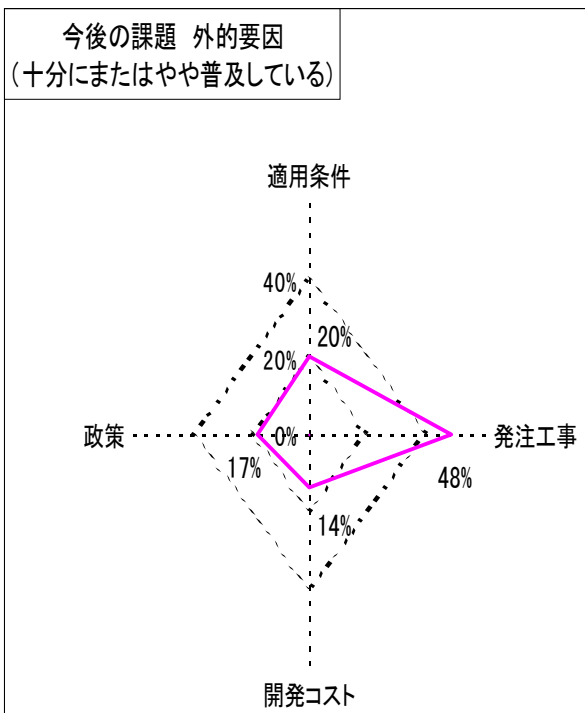
3.3 普及の阻害要因の分析及び普及に向けた課題に関する考察

(3) 普及に向けた今後の内的な課題



3.3 普及の阻害要因の分析及び普及に向けた課題に関する考察

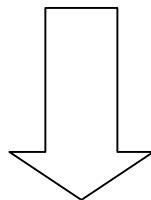
(4) 普及に向けた今後の外的な課題



3.3 普及の阻害要因の分析及び普及に向けた課題に関する考察

(5) 普及に向けた必要な技術

- ①操作の容易性
- ②信頼性の向上
- ③障害物の検知・回避



今後の研究開発に期待

3.4 経済性に関する分析結果と考察

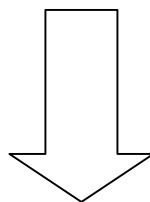
普及に向けた今後の

「内的な課題」: 「価格あるいは工事費の低減」

「外的な課題」: 技術の積極的な採用による

「発注工事規模、件数の拡大」

「開発機器類の稼働率向上」



低コスト化

4. 今後の見通しと改善提案

4. 1 更なる技術革新への提言

(1) セミシールド工法

- ① 掘進機操作の自動化
- ② 推進用ジャッキ動作の自動化
- ③ 配線・配管作業の自動化
- ④ 地中前方探査

4. 1 更なる技術革新への提言

(2) 小口径推進工法

- ①掘削排土管理の自動化
- ②無排土推進工法の適用拡大
- ③位置・姿勢計測技術の高度化
- ④推進機の方角制御の自動化
- ⑤配管・配線作業の自動化
- ⑥地中前方探査

4. 2 推進工法採用の促進

- 路上工事縮減、環境保全施策への対応

4. 3 労働環境の改善

- 人力作業の削減
- 少子高齢化への対応

4. 4 機械運用効率の向上

- 作業能率の向上
- 機器の稼働率向上
- 機器の汎用性向上

(地盤適用領域の拡大、管規格の統合化)