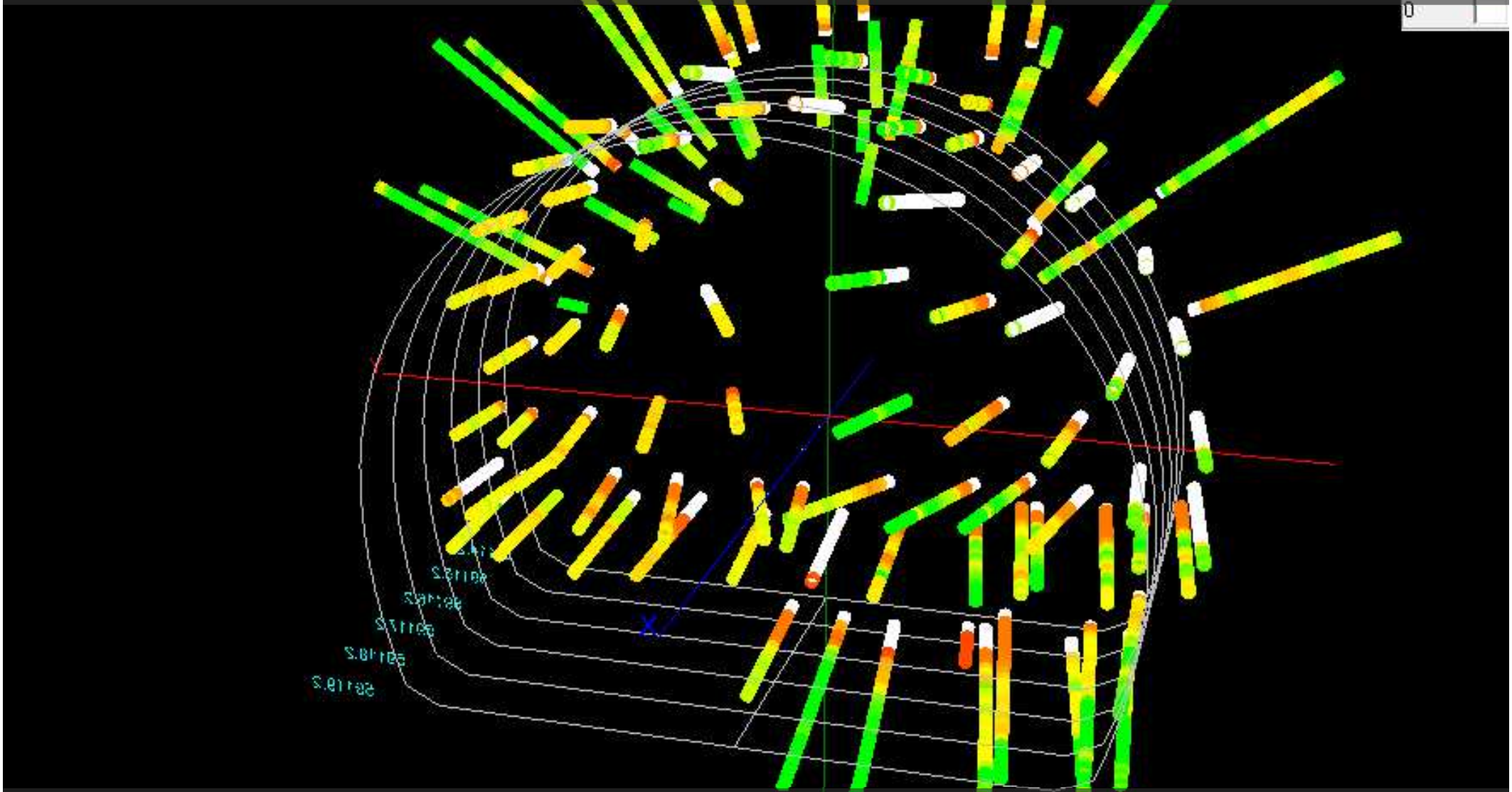
統合穿孔支援システムによる穿孔誘導及び地山評価について



マック（株）　宮原宏史

JCMA　機械部会　トンネル機会技術委員会　平成29年10月総会

開発背景

- リニア中央新幹線等、大規模な山岳トンネル案件が予定。
- 中央構造線等、大規模断層、破砕帯も予想。
- 工期の制約により急速施工が求められる。
- 多くの工区で発破工法が採用予定。

ドリルジャンボに求められる機能

- 要求1:高効率(余掘量減少、長孔穿孔精度)の発破
- 要求2:前方予測、地山状況把握
- 要求3:前サイクル施工データの迅速な反映

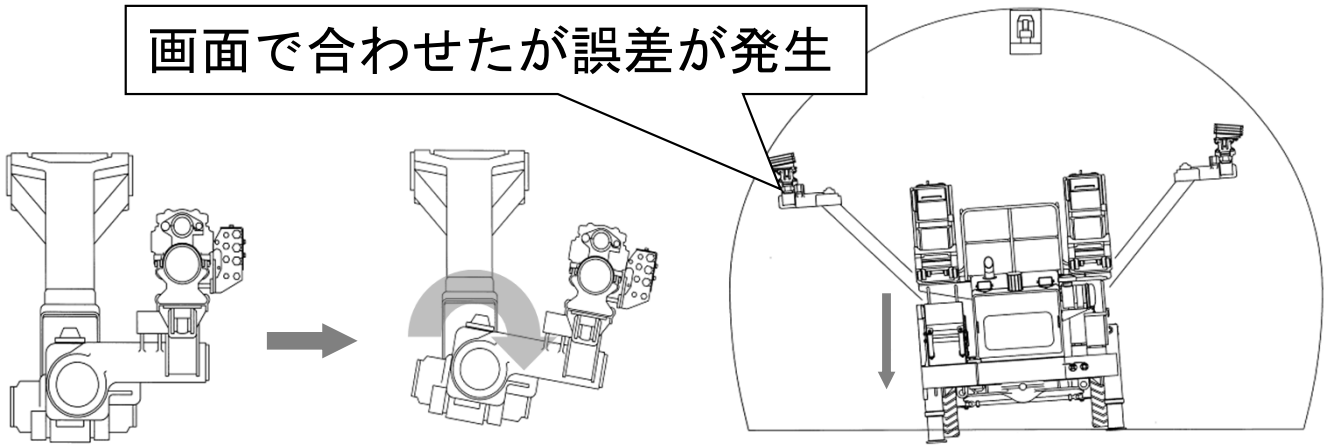
- 古河ロックドリル(株)との共同開発体制

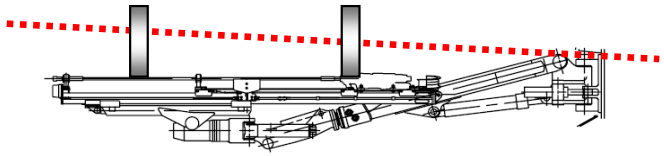
従来の余掘り低減システムの問題点

ガタ発生

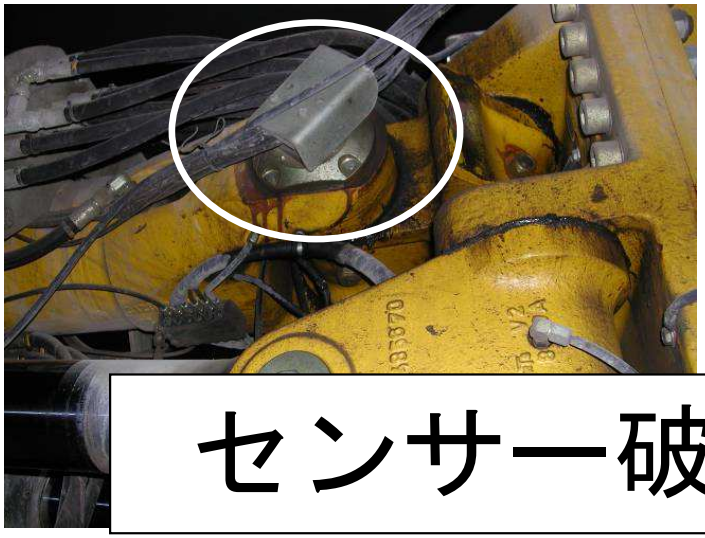
アウトリガ沈下

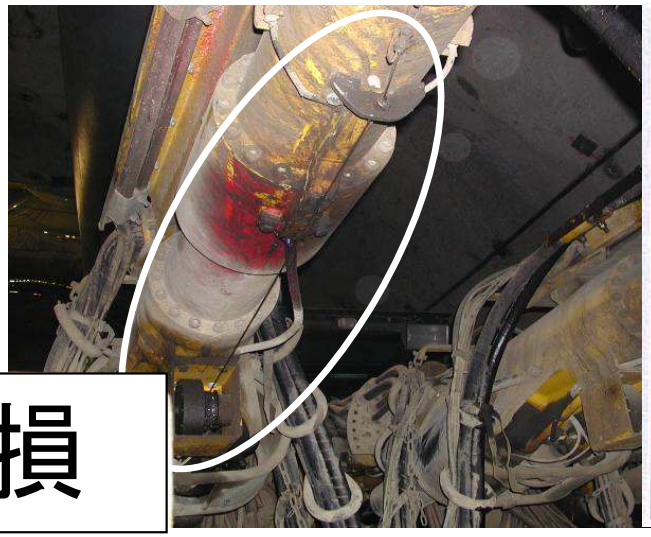
目視誤差

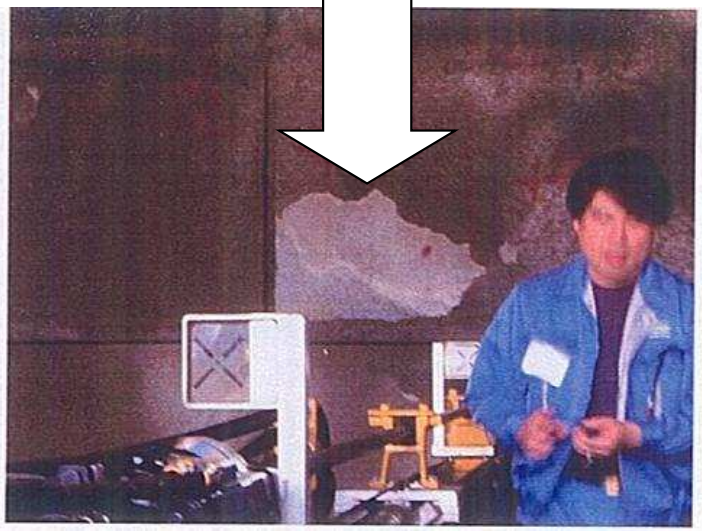




ターゲットプレート
と基準レーザー光
を平行にセット

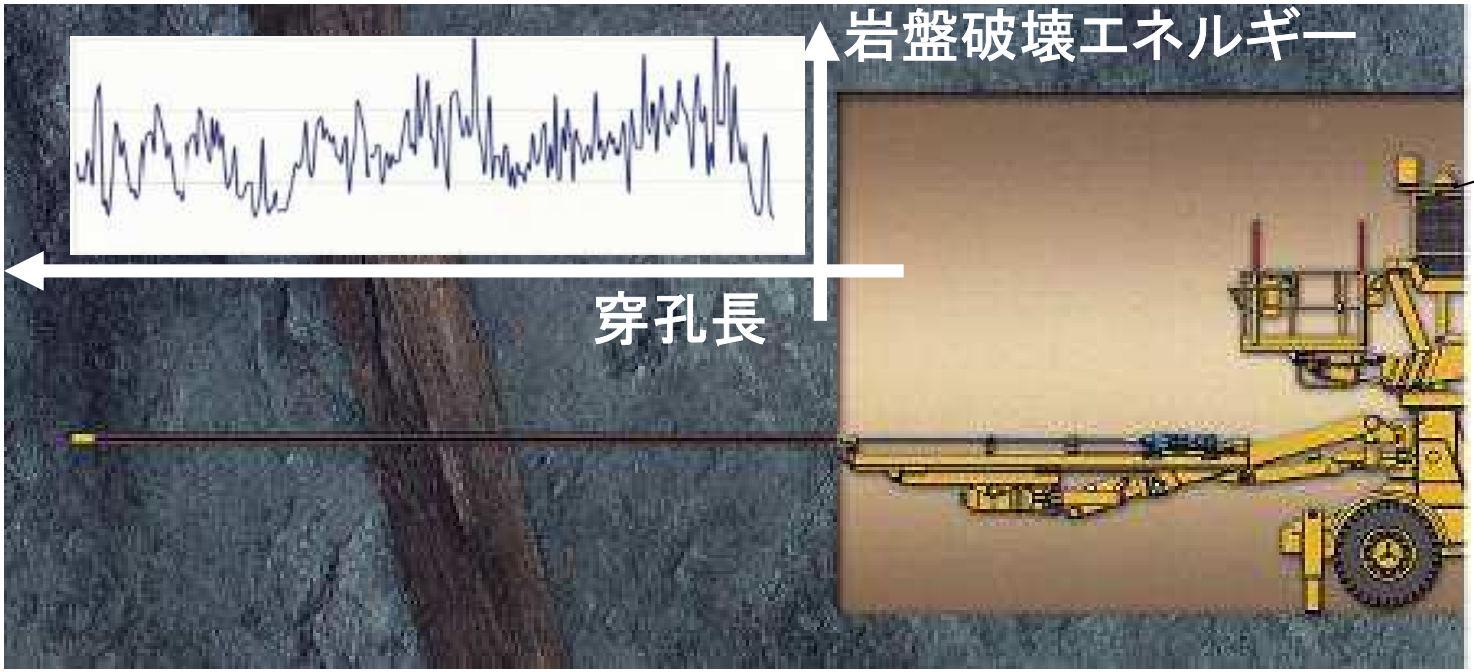


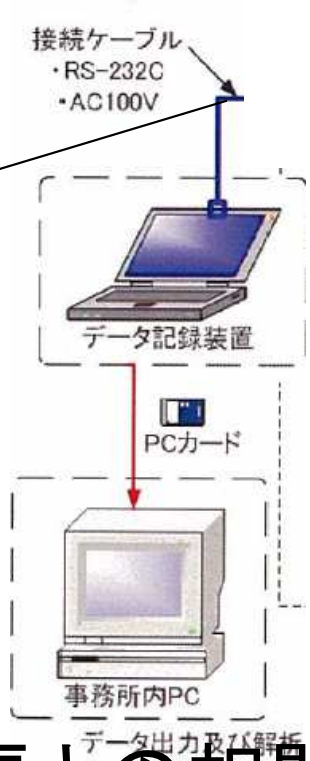




センサー破損

前方探査システム（従来技術）





- エネルギーと穿孔長を記録→トンネル延長との相関。
- 左右等、複数個所で行った場合はあるが、さし角データは取得せず。
- データコピー、事務所解析は手動
- 脆弱部の分布、範囲等、面的な把握が困難。

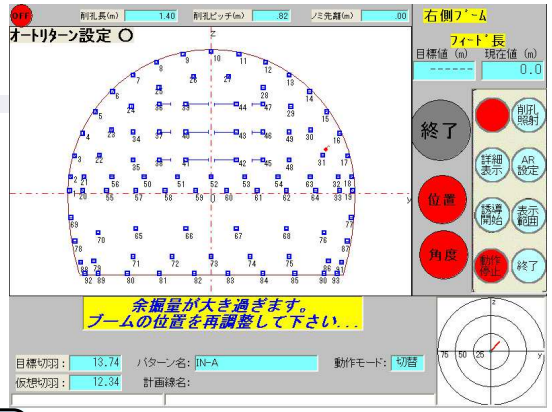
要求、課題、手段

	要求	課題	手段
1	高効率（余掘量減少、長孔穿孔精度）の発破	外周孔に機能限定（余掘り低減システム）	新型ブームセンサーを備えた **「ドリルNAVIGATION」**
2	前方予測、地山状況把握	穿孔エネルギーの位置角度データが無い	全穿孔において位置角度データ自動取得 **「ドリルEXPLORER」**
3	前サイクル施工データの迅速な反映	データ移送作業および時間	坑内-外部ネットワーク **「ドリルNET」**

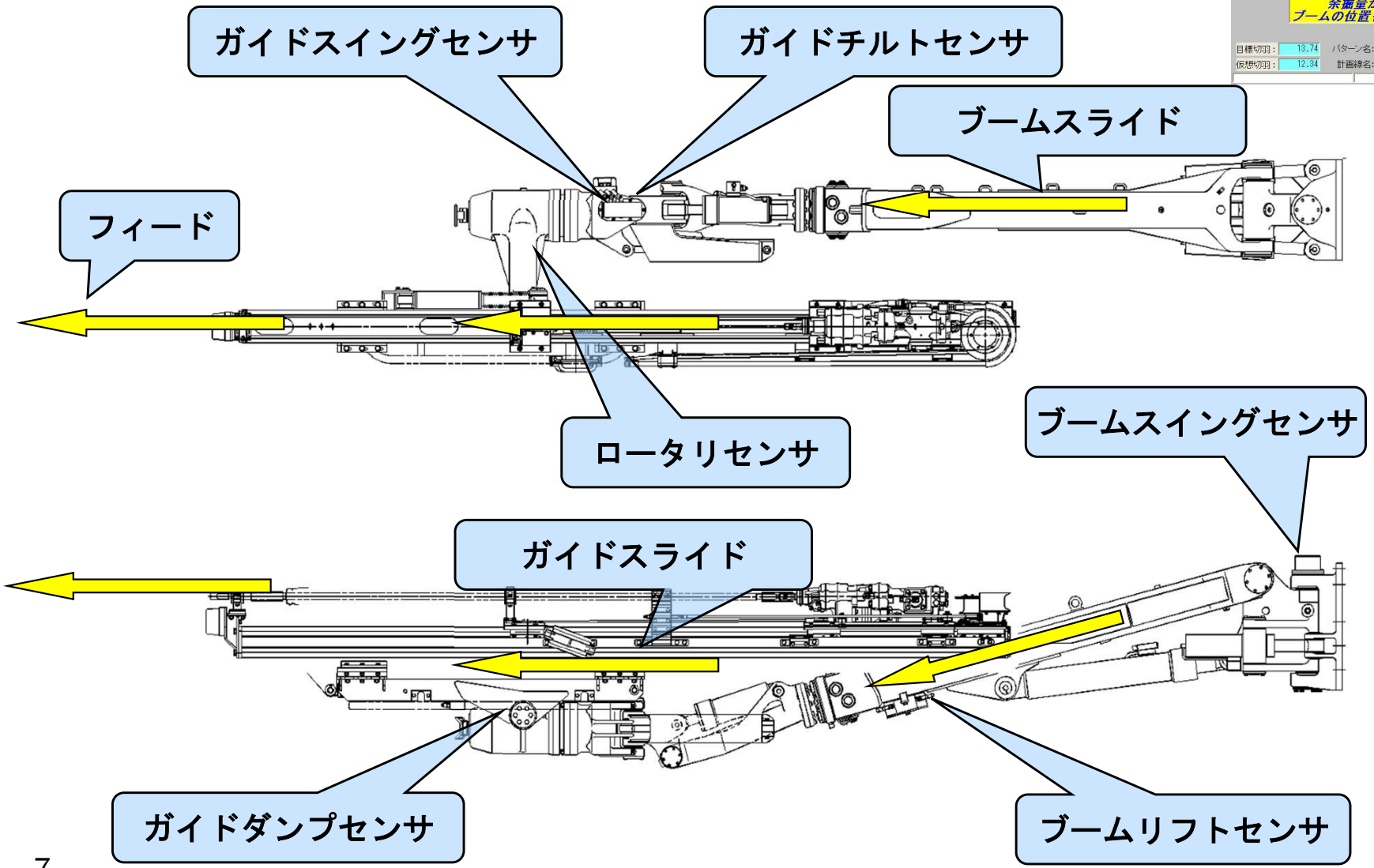
- 3つの技術総称：統合穿孔支援システム

ドリルNAVI

ドリルNAVIGATION：全断面穿孔誘導を実現



センサを増設—全穿孔範囲の位置表示可能



は、
台車側に
ギアメータ
を装備
↓
ワイヤ等の
露出なし

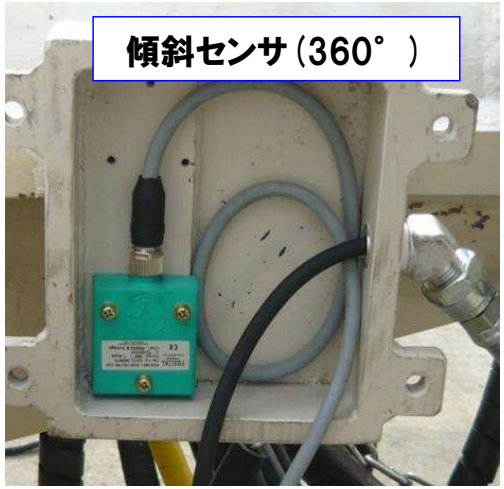
7

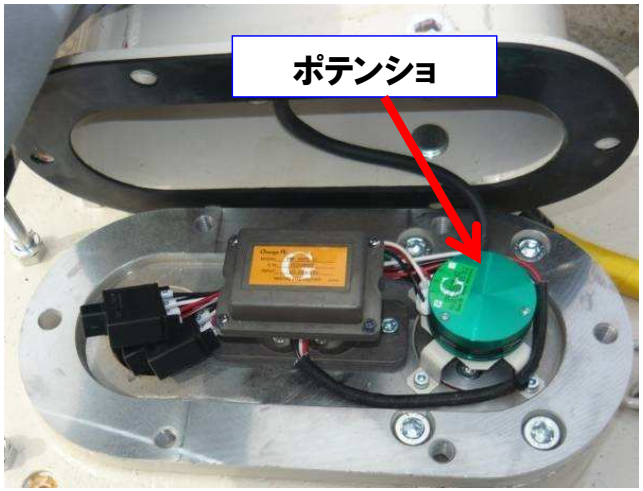
耐環境性能の高いセンサー類を装備

リフト系
傾斜センサ

スイング系
ポテンショ

スライド系
ギヤメータ





非接触

ガードで保護

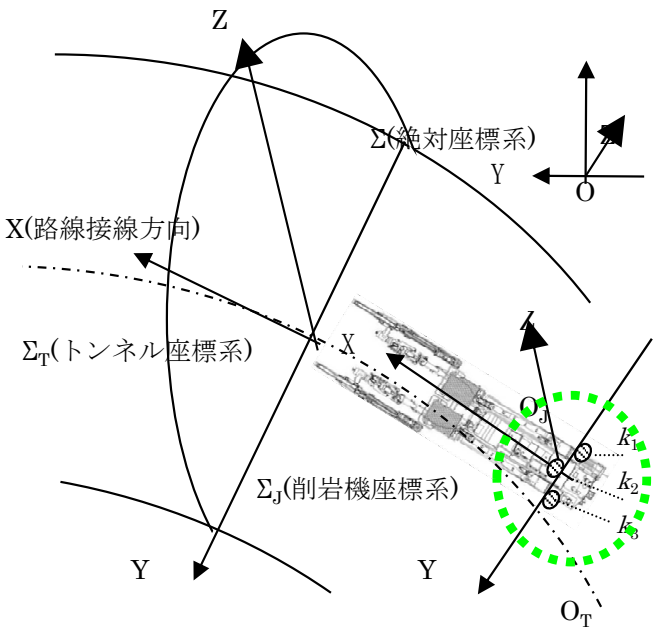
キャリア内に格納

ワイヤ等の露出なし

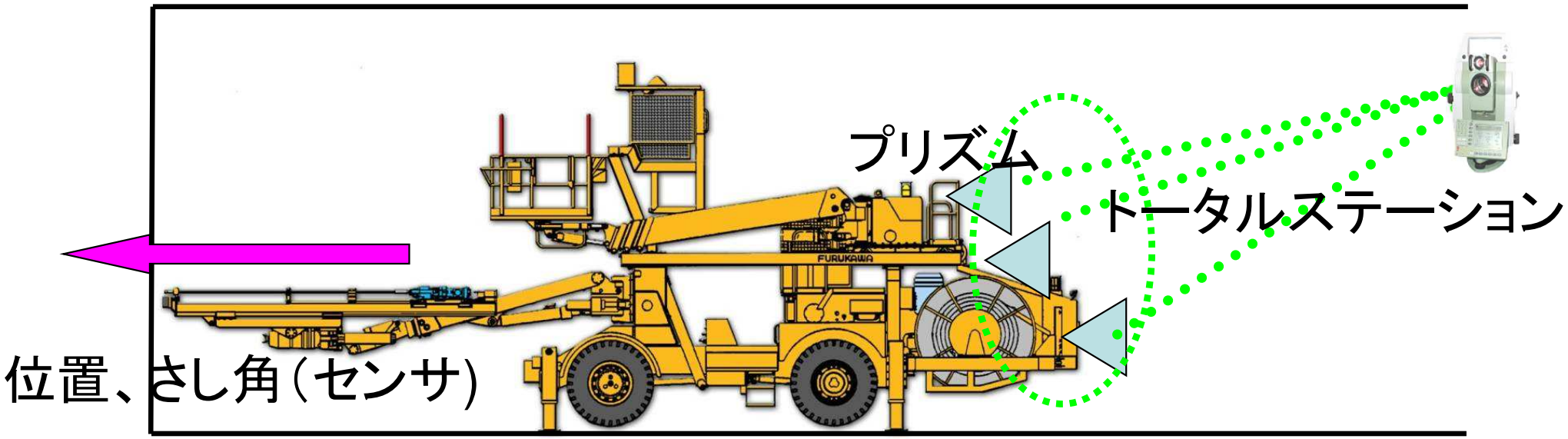
電線はオイルホースで保護

8

トータルステーションによる位置把握

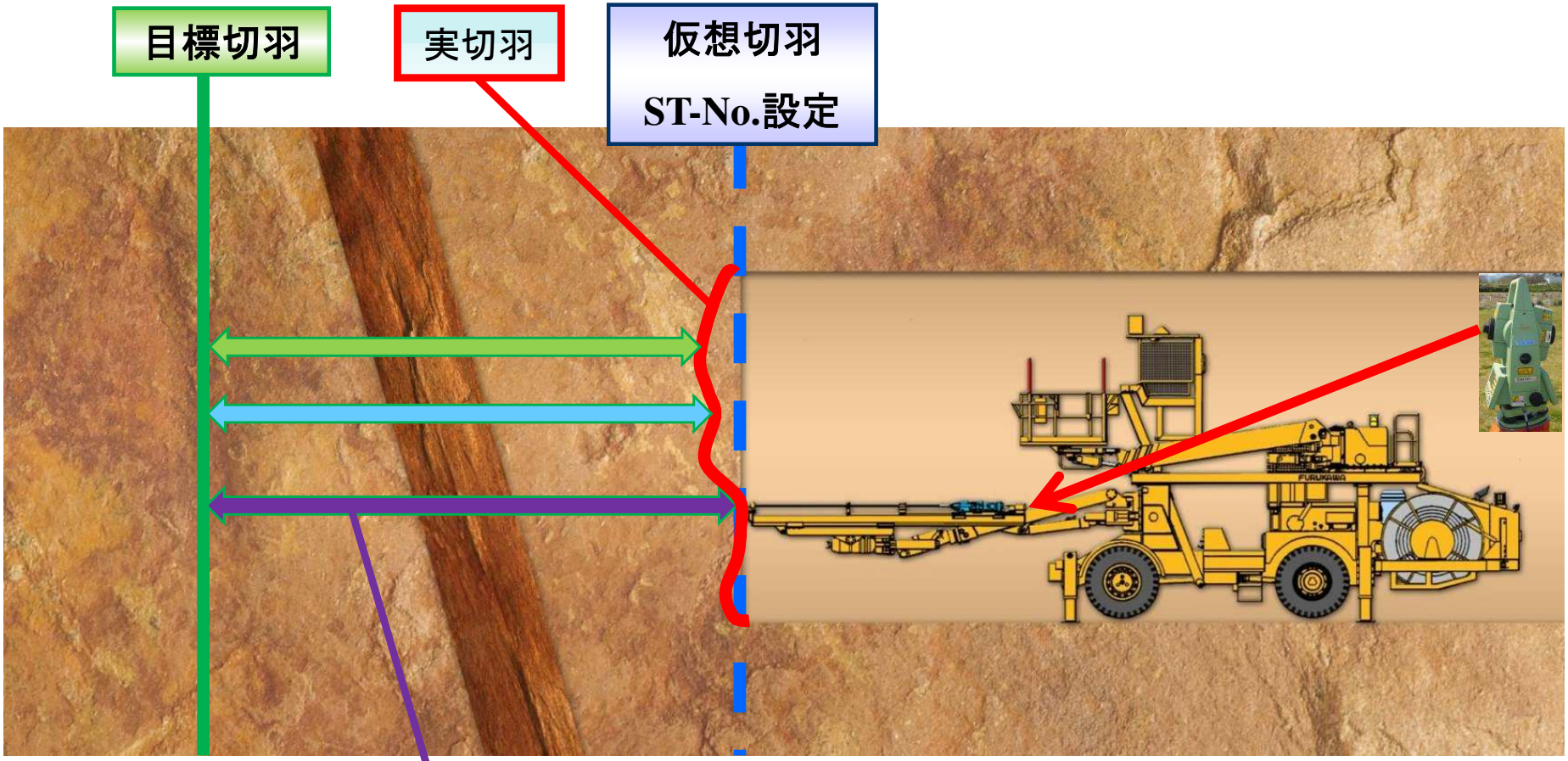


- 坑内における
ジャンボ位置、
方向をプリズム
座標測定により
把握



オートリターン機能

切羽に凹凸がある場合でも、切羽面と仮想切羽との距離を算出し、孔位置毎に穿孔長を変えて、孔尻面が揃うようにオートリターンします。



ナビゲーションシステムが
必要穿孔長を自動計算します

- 発破効率が向上します。
- 切羽の安全性が向上します。

10

ドリルNAVIGATION(動画)

ドリルNAVIGATION

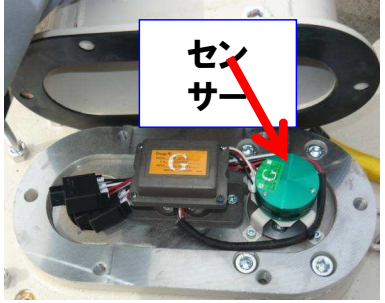
TS自動追尾+全断面穿孔位置誘導+切羽凹凸補正

ドリルEXPLORER(動画)

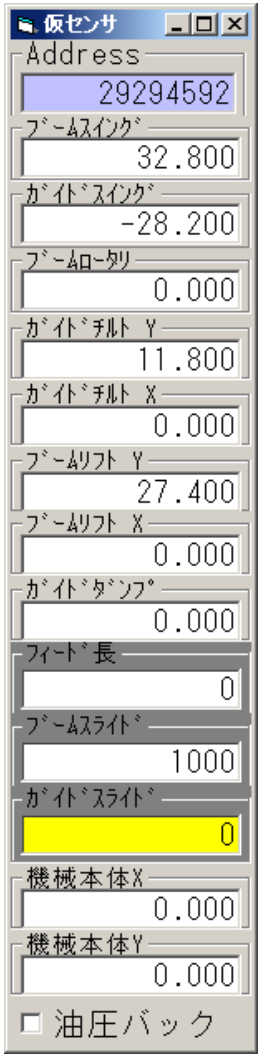
全切羽穿孔データ+前方探査データ記録+解析

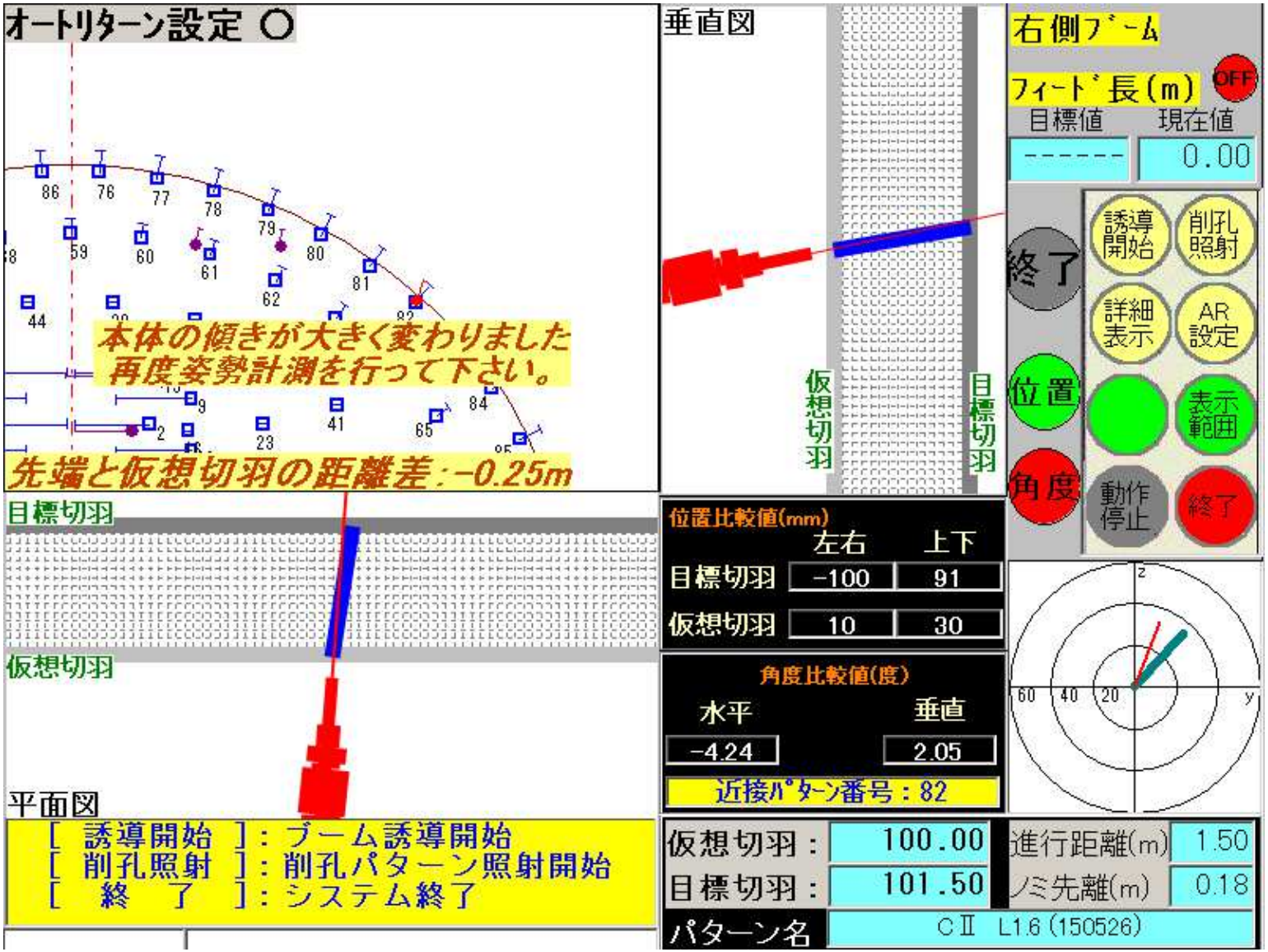
ドリルNET(動画)

穿孔実績+前方探査+穿孔パターン+機械メンテナンスデータ共有



画面例

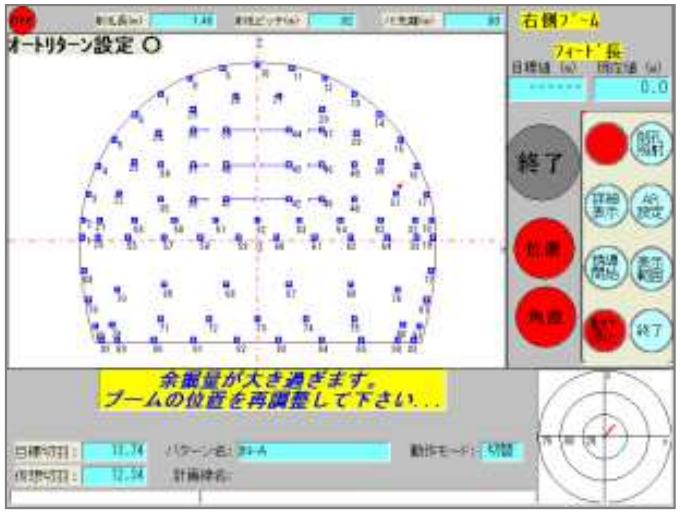


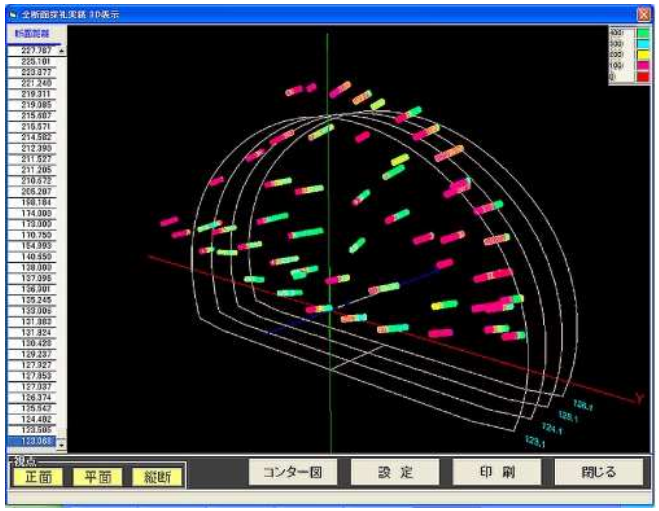


- 慣れていないオペレータにも操作可能

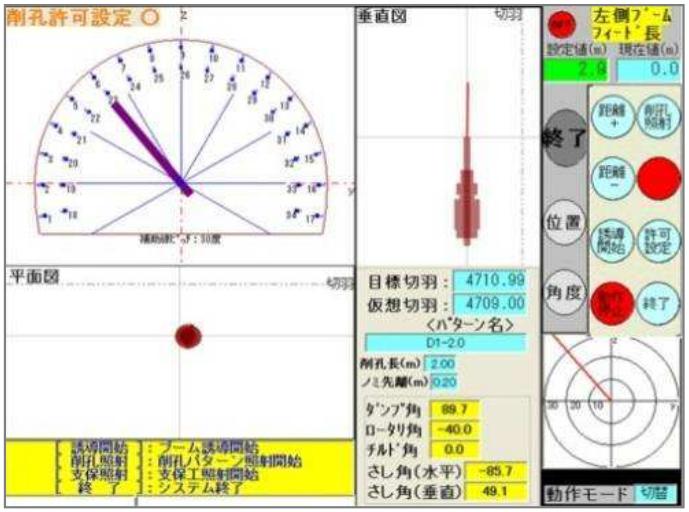
各種施工誘導画面及び実績データ

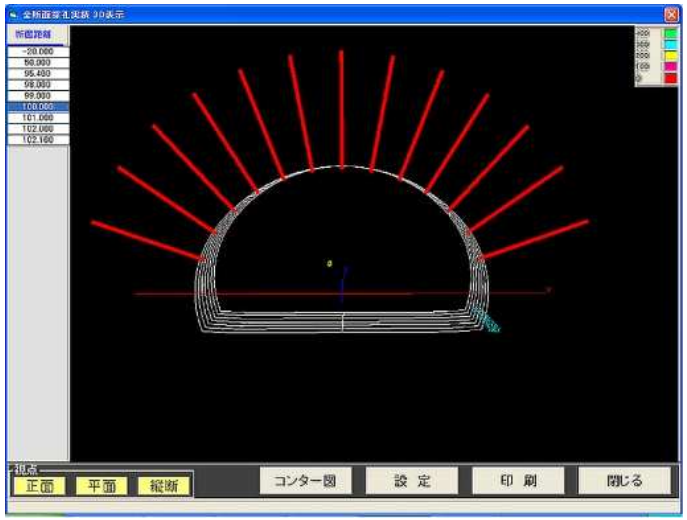
発破穿孔



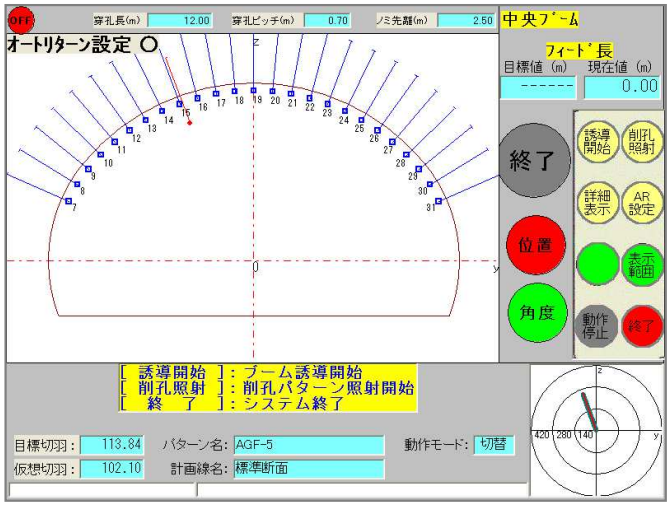


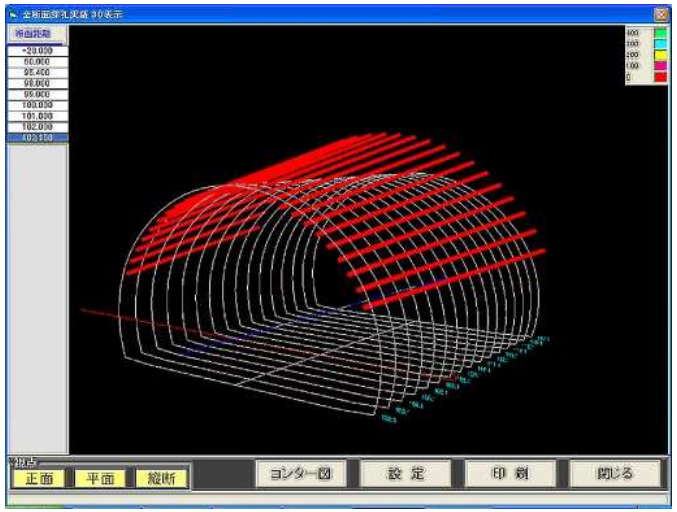
ロックボルト



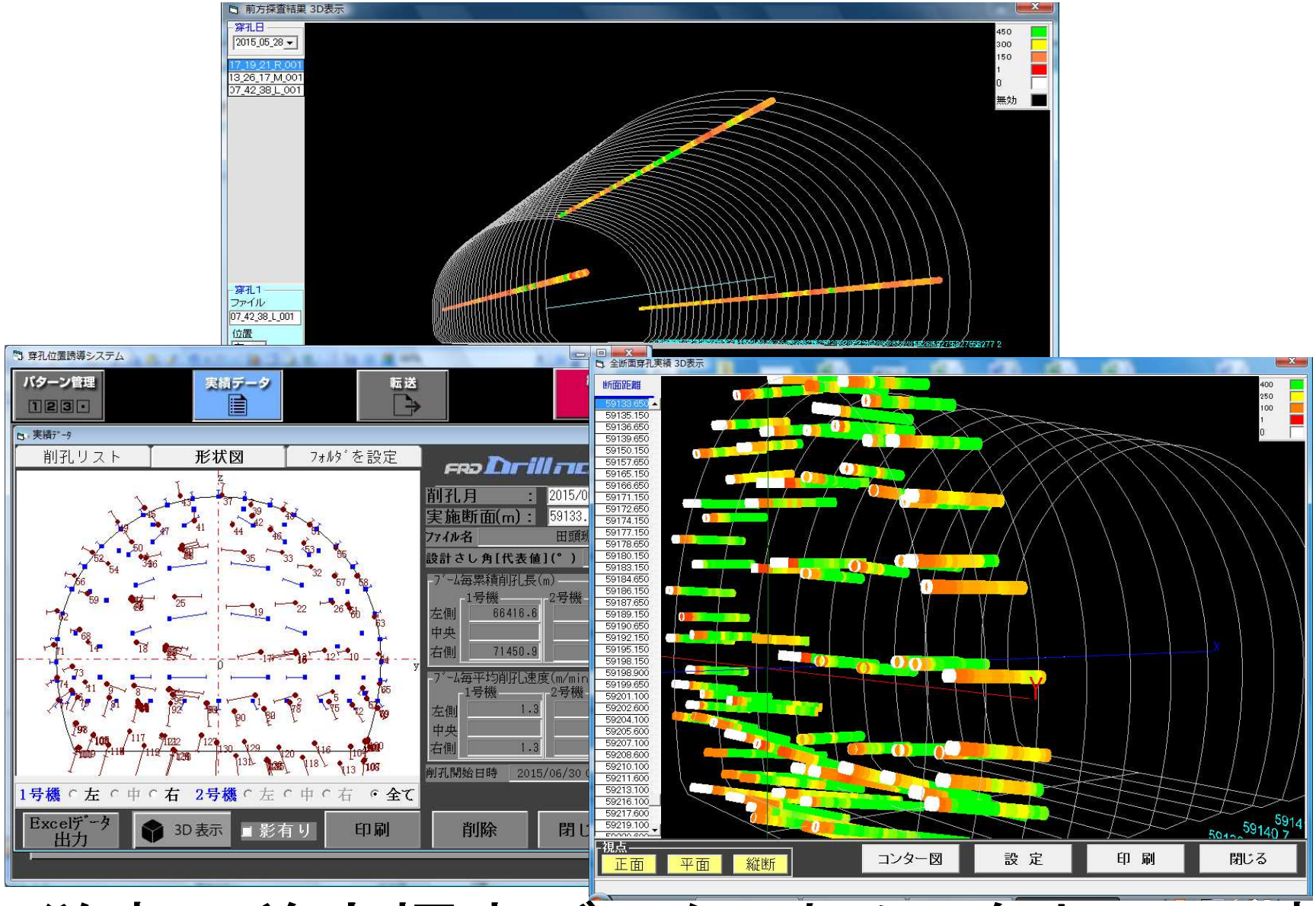


AGF





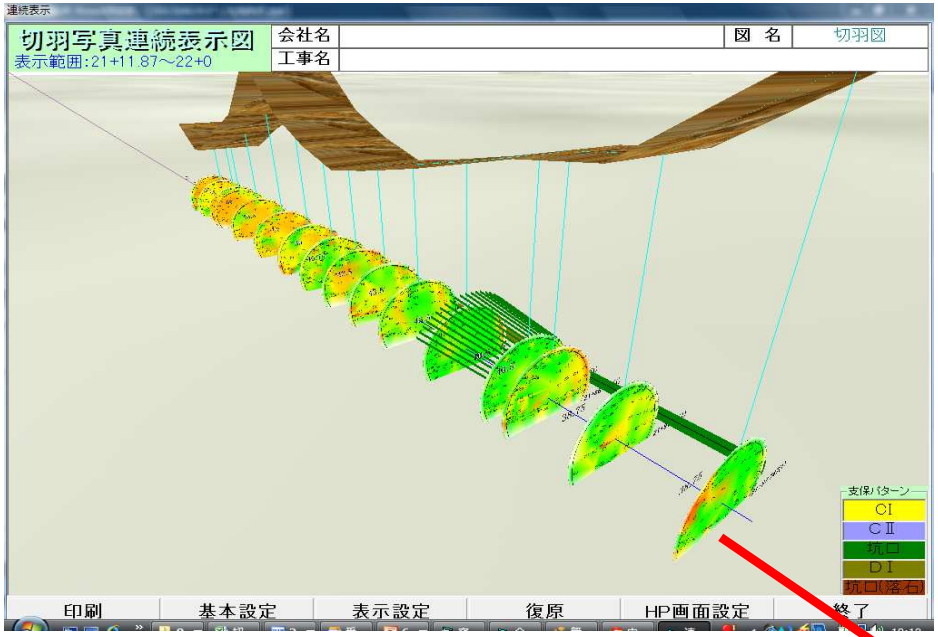
穿孔、探査データ例



- 従来の前方探査データに加え、毎切羽の穿孔データも地山評価に利用可能。

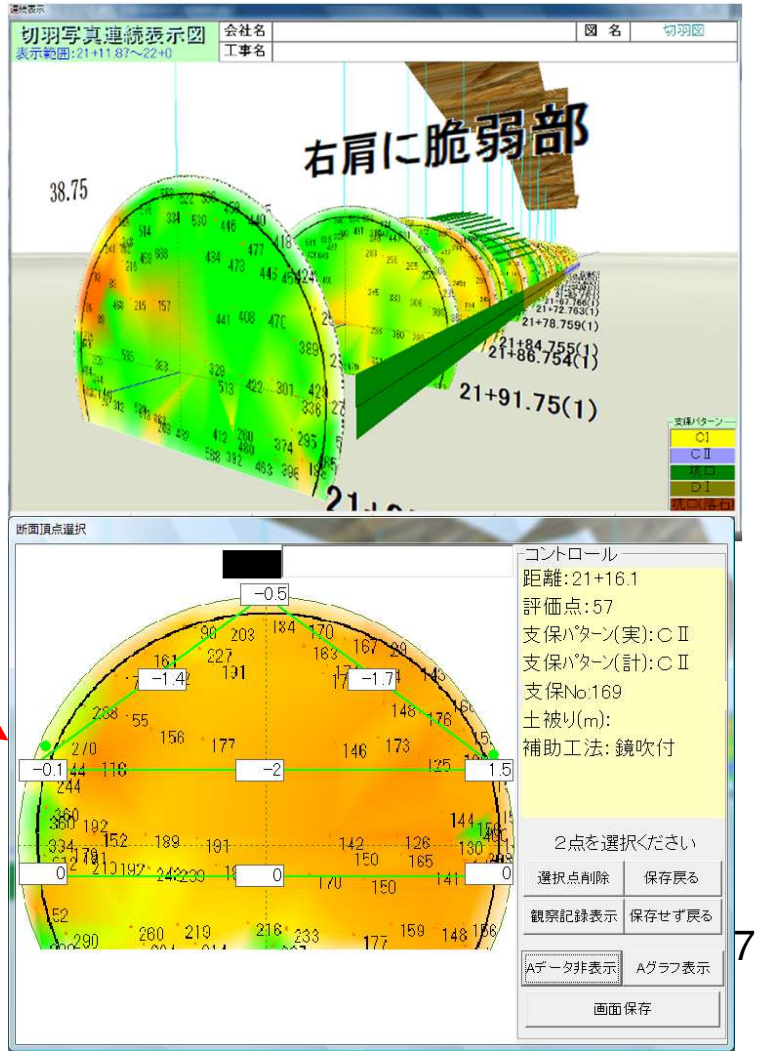
穿孔エネルギーデータ例

- 脆弱部の出現、分布が可視化。



J/cm3

切羽評価点、A計測等との比較



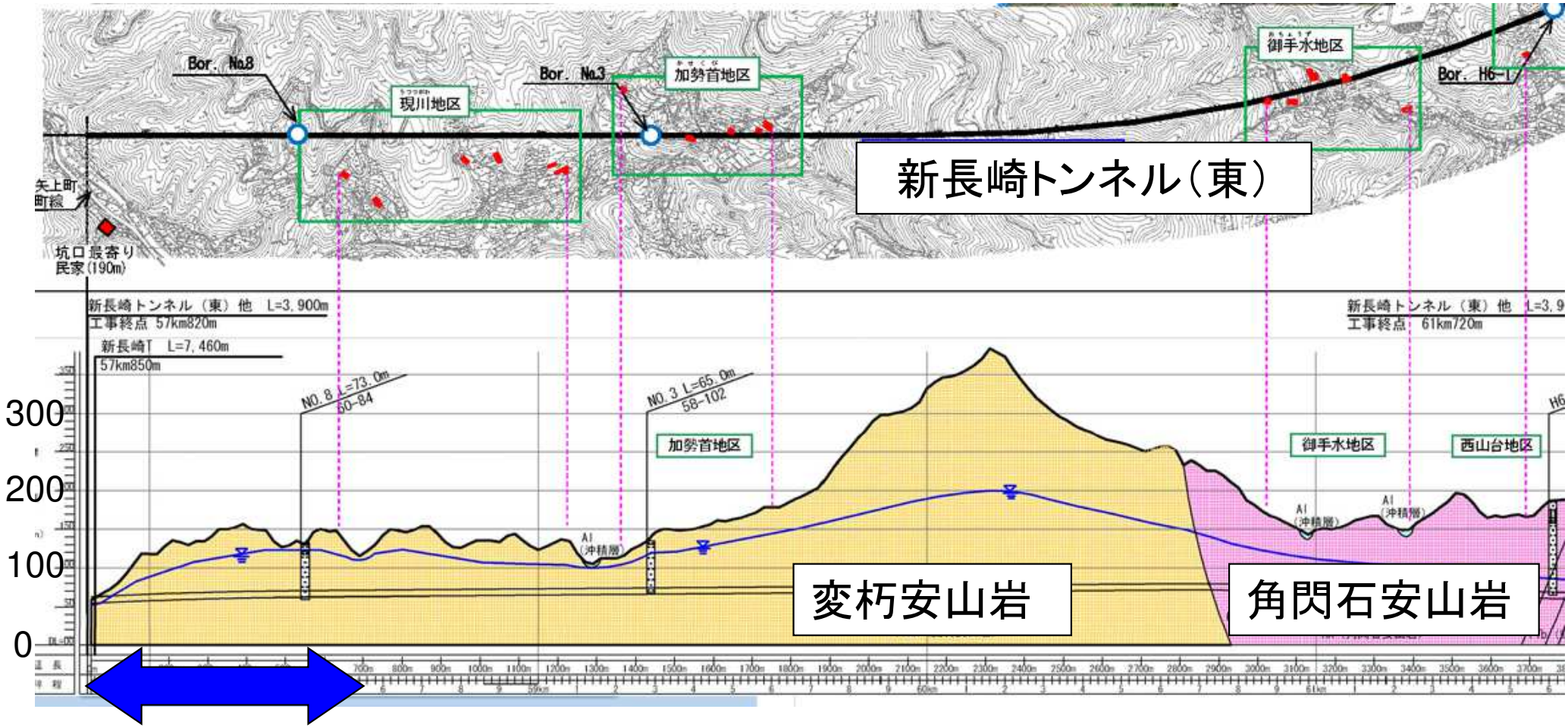
適用現場

工事名称	九州新幹線(西九州)新長崎トンネル(東)
発注者	鉄道建設・運輸施設整備支援機構
施工者	鴻池組・日本国土開発・西武建設・竹下建設共同企業体
工事場所	長崎県長崎市現川町地内
工期	2013年3月～2018年2月
概要	延長3870m×断面積66.8m2
施工区間(延長)	57km820m～61km720m(3900m)
データ取得区間	57km850m～58km500m (650m)
地質	変朽安山岩，角閃石安山岩，輝石安山岩，凝灰角礫岩
工法	NATM，発破掘削，補助ベンチ付き全断面工法
穿孔機械	3ブーム2バスケットドリルジャンボ170kg級

平面図、縦断図

←諫早

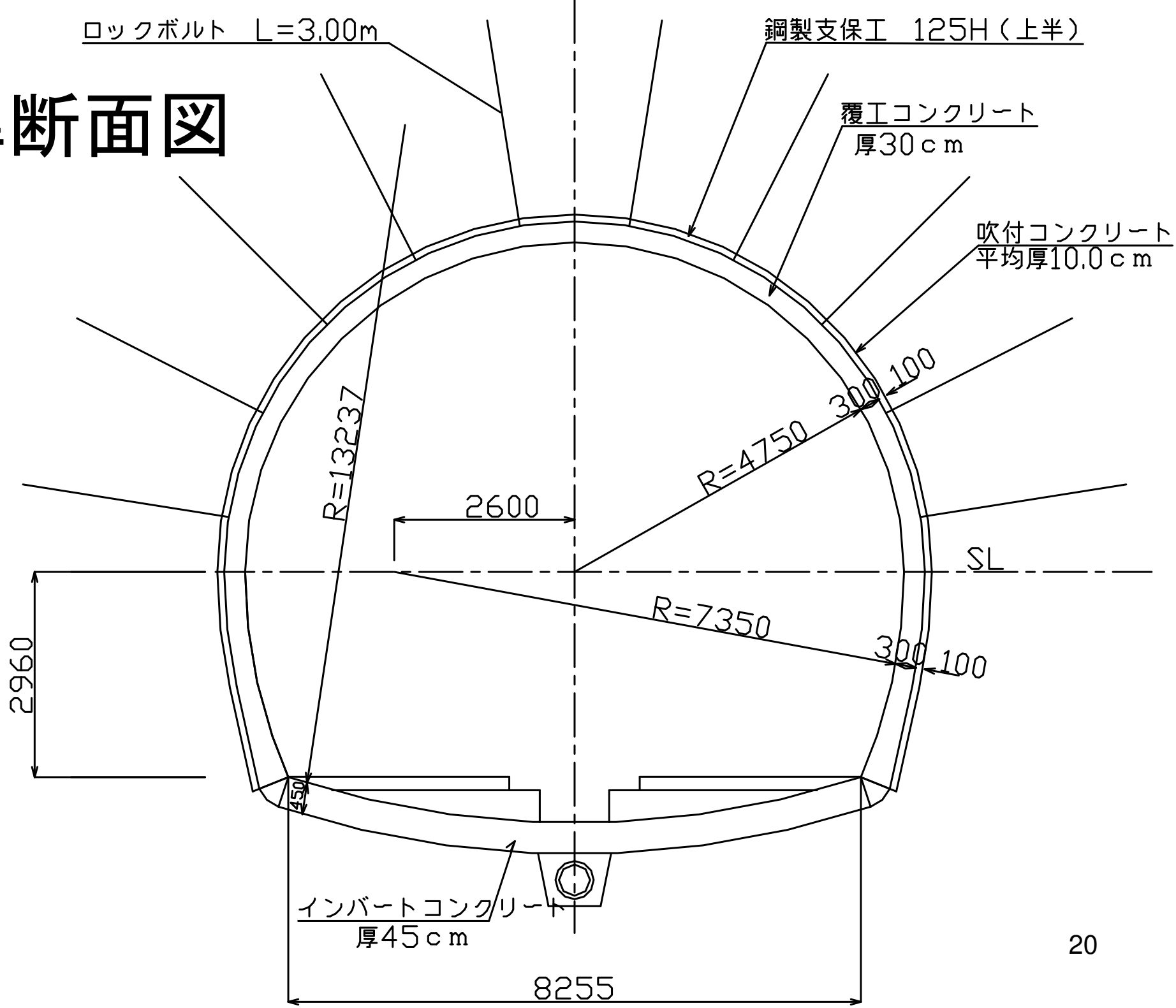
長崎→



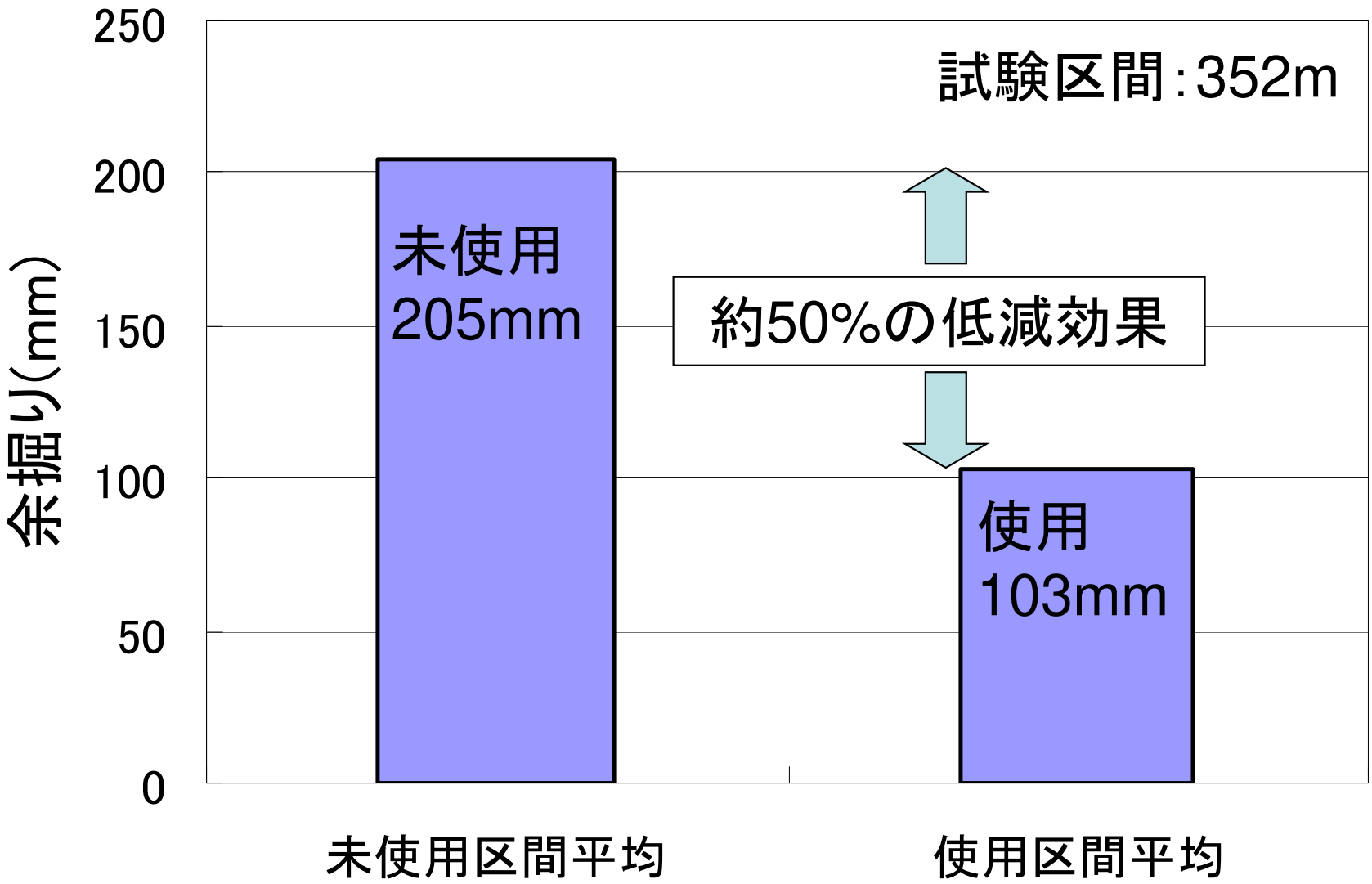
データ取得区間

650m

標準断面図

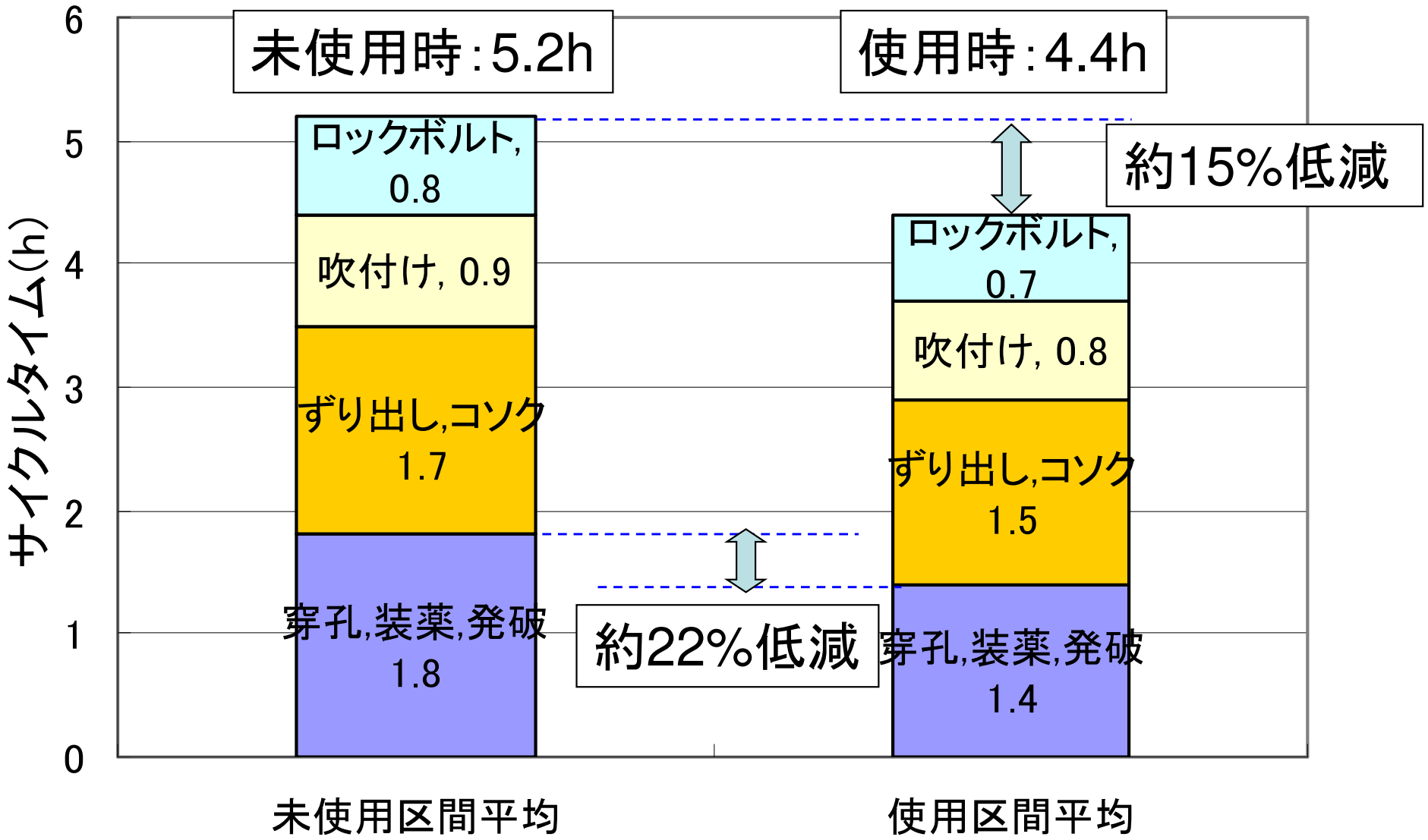

ロックボルト　L=3.00m
鋼製支保工　125H（上半）
覆工コンクリート
厚30ｃｍ
吹付コンクリート
平均厚10.0ｃｍ
100
300
R=4750
R=13237
2600
SL
R=7350
300
100
2960
450
インバートコンクリート
厚45ｃｍ
8255

余掘り実績データ



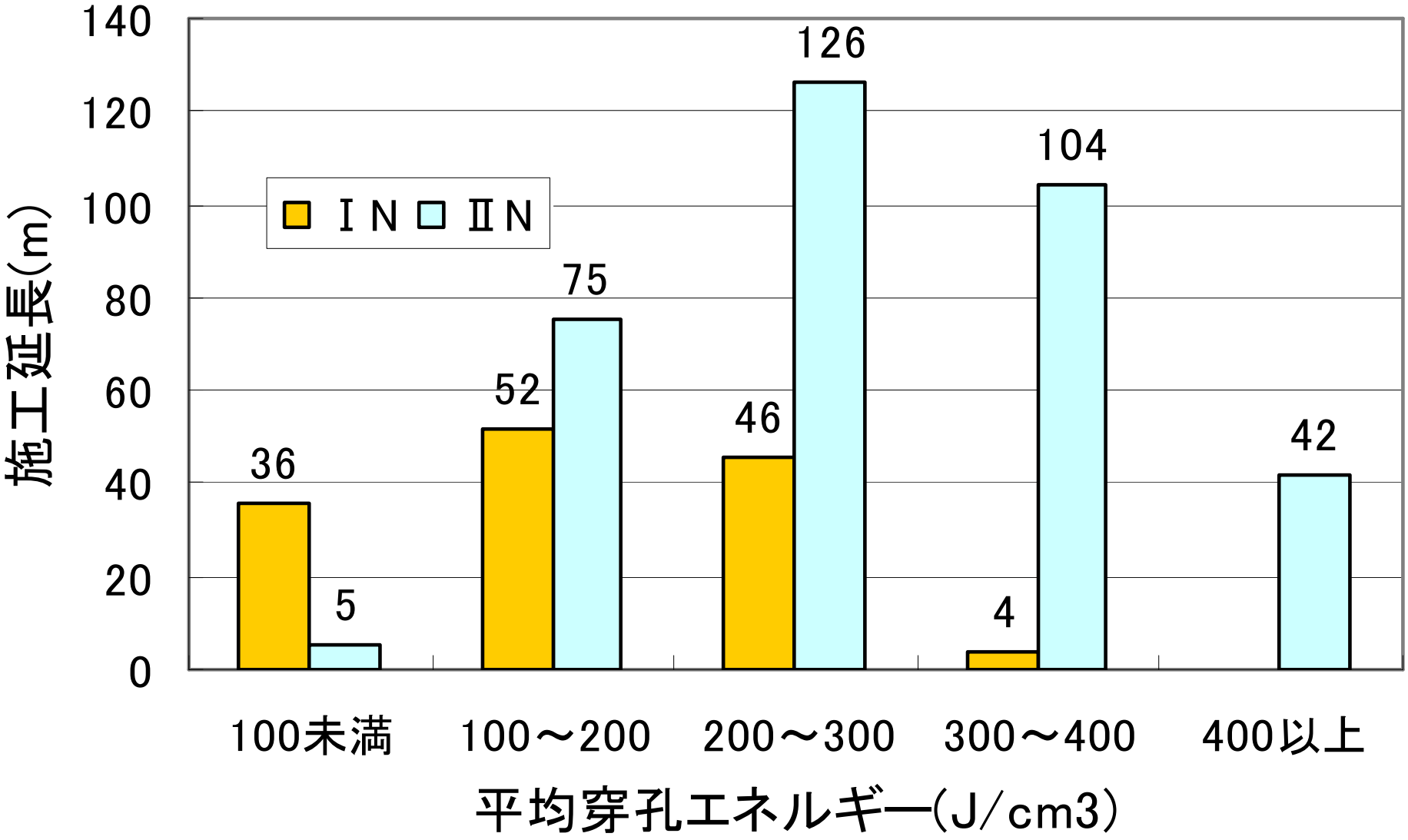
ⅡN(支保工無,1発破進行長1.5m

サイクルタイムデータ



ⅡN　支保工無し,1発破進行長1.5m

切羽平均穿孔エネルギー



地山性状データが，発破穿孔毎に取得可能

まとめ

- 新型ブームセンサーにより正確な全断面穿孔誘導機能を備えた,「ドリルNAVIGATION」
- 全穿孔エネルギーの位置角度データを自動取得する「ドリルEXPLORER」
- 毎サイクルの穿孔探査データ取得を可能としたうえ，施工，探査データの現場，施工会社，メーカー等のネット共有により次サイクルへの即時反映を可能とした「ドリルNET」
- これら3技術の総称「ドリルNAVI」を開発した.
- 適用事業所において余掘りを約50%，サイクルタイムを約15%低減し、その効果を確認した。

リニアドリルジャンボ
JTH3200R-Ⅲ PLUS

リニア中央新幹線工事の急速施工をサポートします。

FRD FURUKAWA

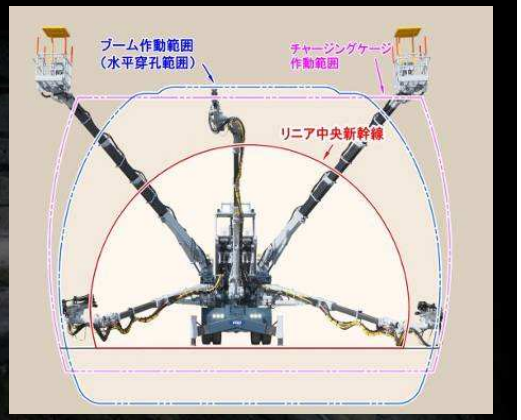
『安心して、速くて確実に、安全に！』

新開発油圧ドリフタ HD220搭載！

新開発「ドリルNAVI」標準搭載！

「統合穿孔支援システム」ドリルNAVI

「全穿孔データ記録システム」
標準搭載！



大断面掘削に対応するロングブーム、ロングチャージングブーム

NETIS登録番号：KK-160012-2A

ご清聴有難うございました

統合穿孔支援システムによる穿孔誘導
及び地山評価について

マック（株）宮原宏史