

キャビテーション・スーパーウェルポイント工法の 活用と液状化および地滑り対策への適用について

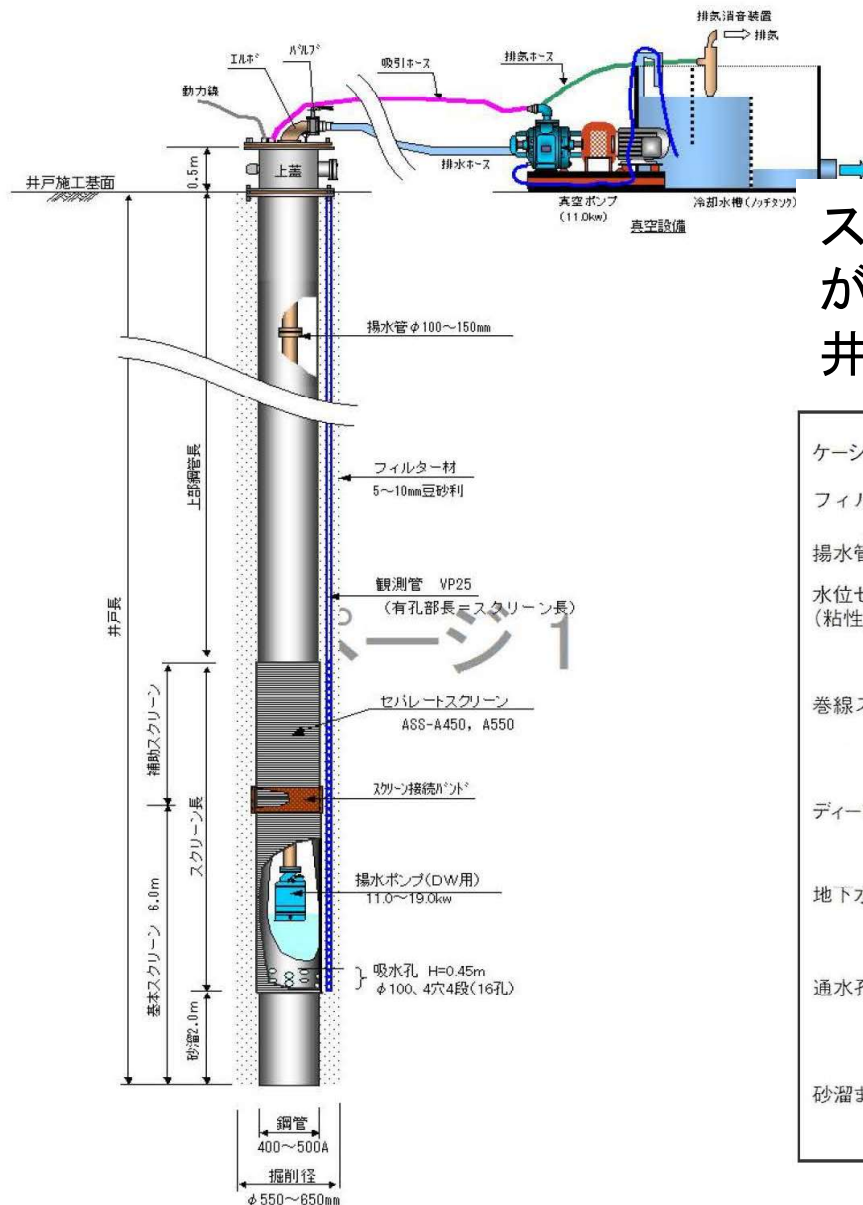
地盤工学会北陸支部第91回コロキウム
2025年12月19日, 富山

株式会社アサヒテクノ 代表取締役
高橋茂吉

概要

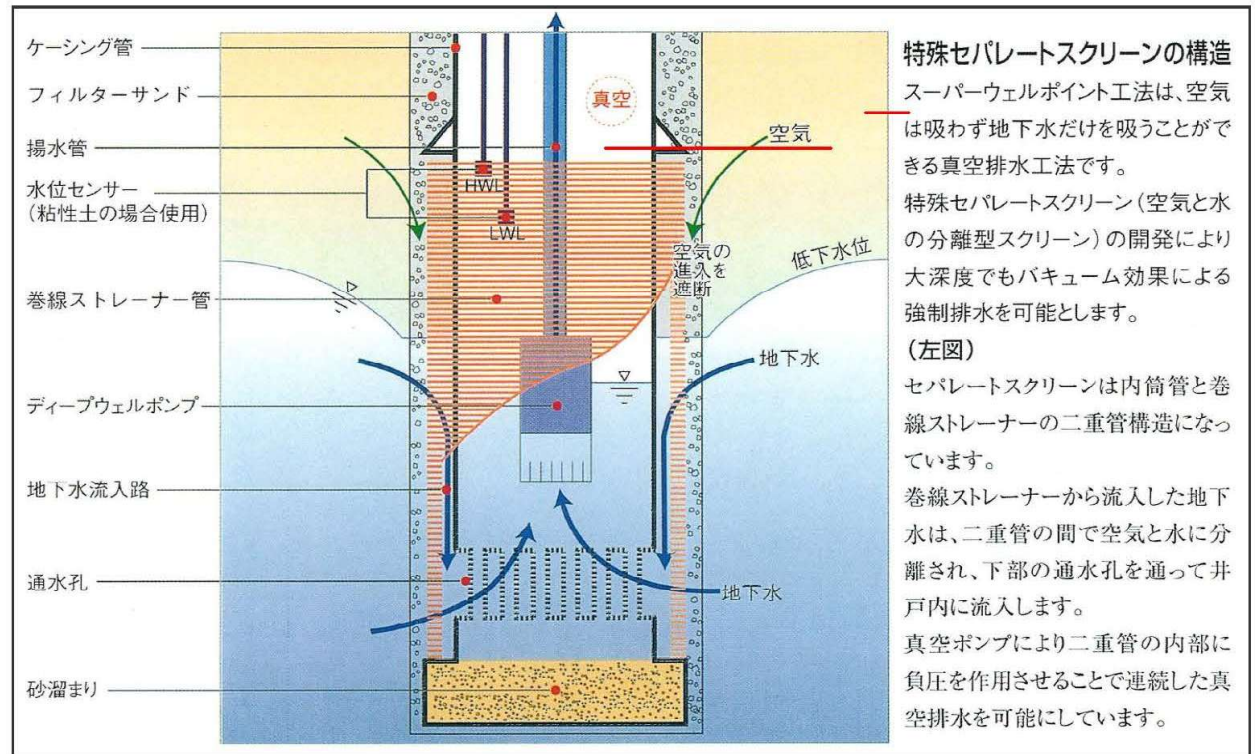
1. スーパーウェルポイントの構造
2. スーパーウェルポイント工法の施工手順
3. キャビテーション発生メカニズムと利用
4. トンネル、液状化対策、防津波水門工事における地下水対策への適用事例
5. 木材等の乾燥への適用

スーパーウェルポイント井戸基本構造



地下水は井戸周囲に設置したスクリーンを通じて井戸下部の吸水孔をから汲み上げられる。

スクリーンと井戸管の間には数センチのギャップがあり、地下水中的水と空気を分離し、水だけを井戸内に吸引する。(セパレートスクリーン)

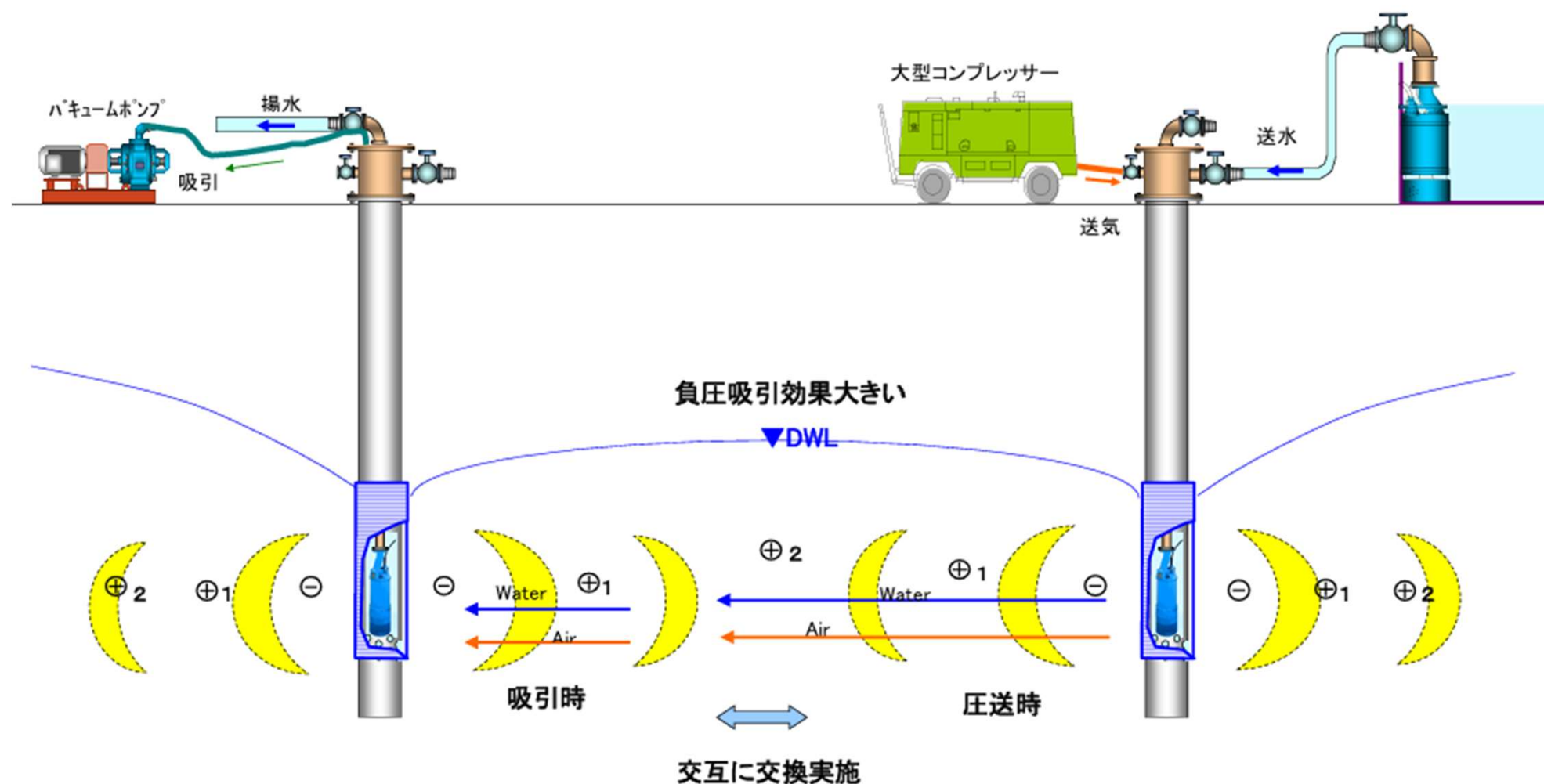


特殊セパレートスクリーンの構造
スーパーウェルポイント工法は、空気は吸わず地下水だけを吸うことができる真空排水工法です。
特殊セパレートスクリーン(空気と水の分離型スクリーン)の開発により大深度でもバキューム効果による強制排水を可能とします。

(左図)
セパレートスクリーンは内筒管と巻線ストレナーの二重管構造になっています。
巻線ストレナーから流入した地下水は、二重管の間で空気と水に分離され、下部の通水孔を通して井戸内に流入します。
真空ポンプにより二重管の内部に負圧を作用させることで連続した真空排水を可能にしています。

井戸下部の吸水孔から地下水が吸入される。

相互Hi-Wai洗浄

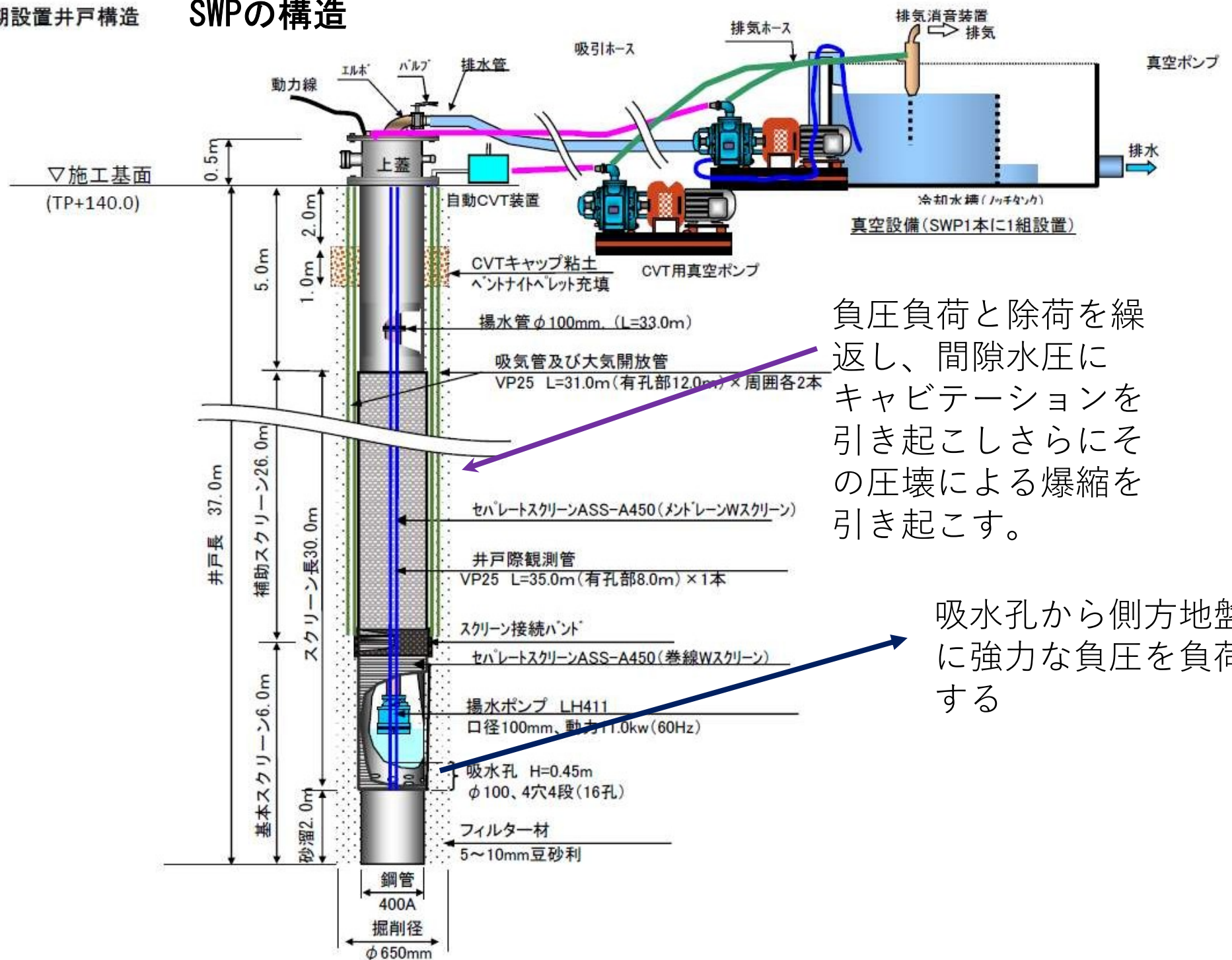


目的: 圧送と吸引を相互の井戸で繰り返し行うことで、SWP井戸間の透水係数が大幅に改善され、水位低下効果が大きくなり、又、井戸ロスを小さくする効果も大幅に改善した洗浄法です。

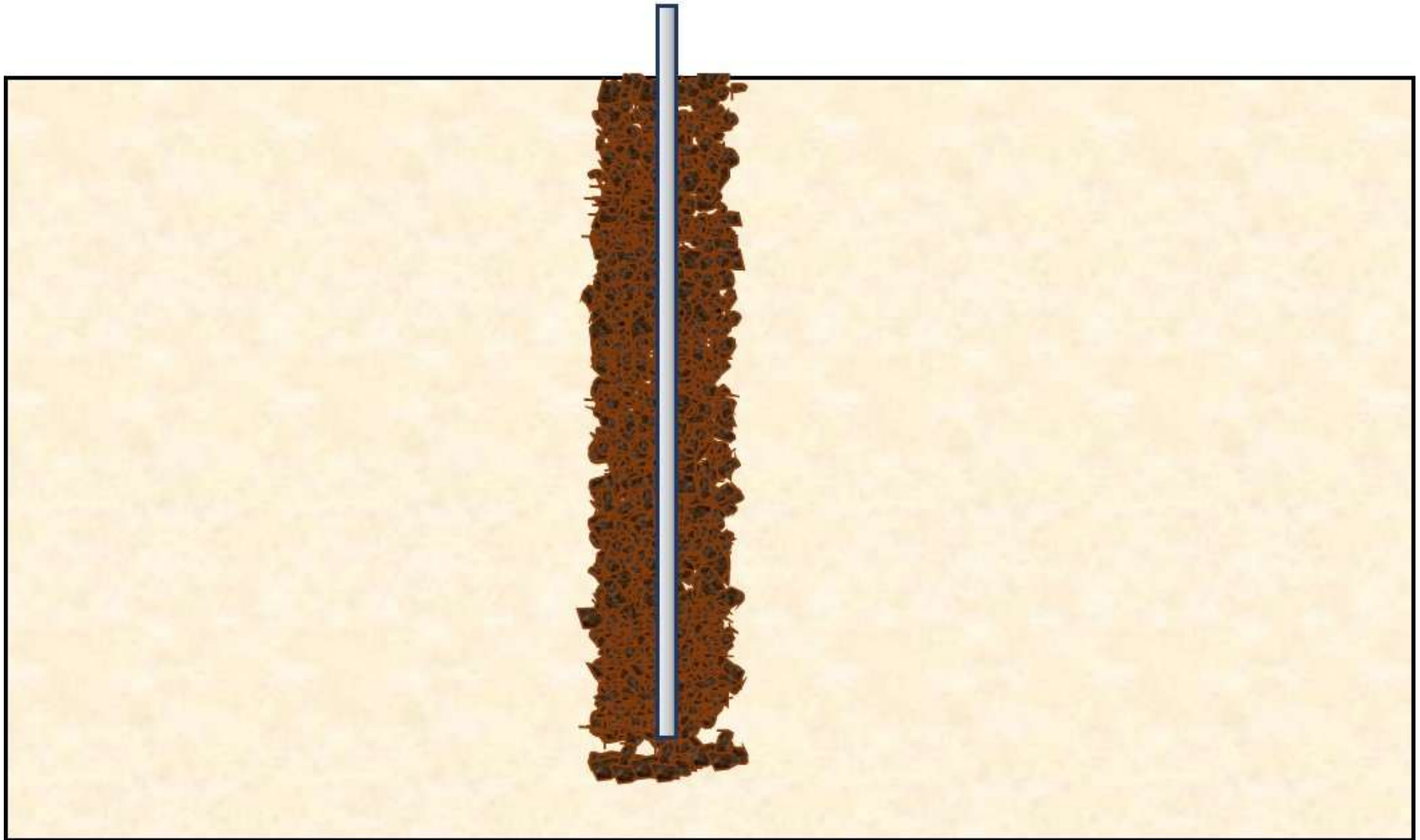
SWPの設置手順

1. SWP を設置するための立て坑を掘削し孔の崩壊防止のためのケーシングを設置する。
2. 掘削した立て坑にSWPを立て込む。
3. SWPと穴の間に豆砂利を投入する。
4. ケーシングを撤去後、SWP井戸から800kPa程度で加圧し、その後減圧し、これを繰り返すことによって井戸周辺を洗浄し、井戸周辺のフィルターの形成と周辺地盤に水みちを作る。水で加圧後は空気圧による加圧、減圧を繰り返す。
5. SWPから地盤内に負圧を加えて地下水を吸引し、地盤内にキャビテーションを引き起こして地下水位の低下と地盤の乾燥を促す。

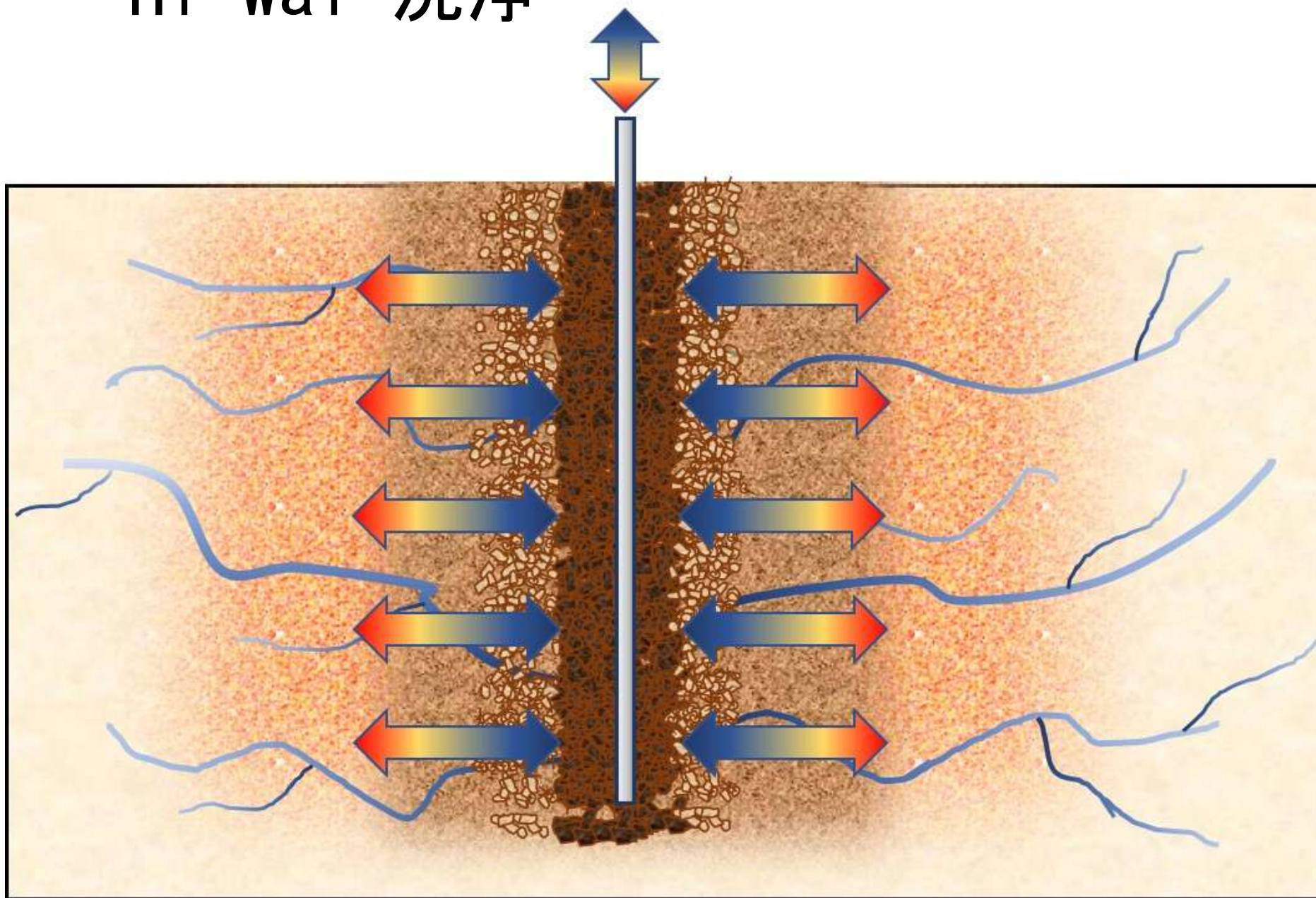
SWPの構造



SWP の設置



Hi-wai 洗淨



Hi-Wai 洗浄の様子, SWP井戸から60mに及ぶ



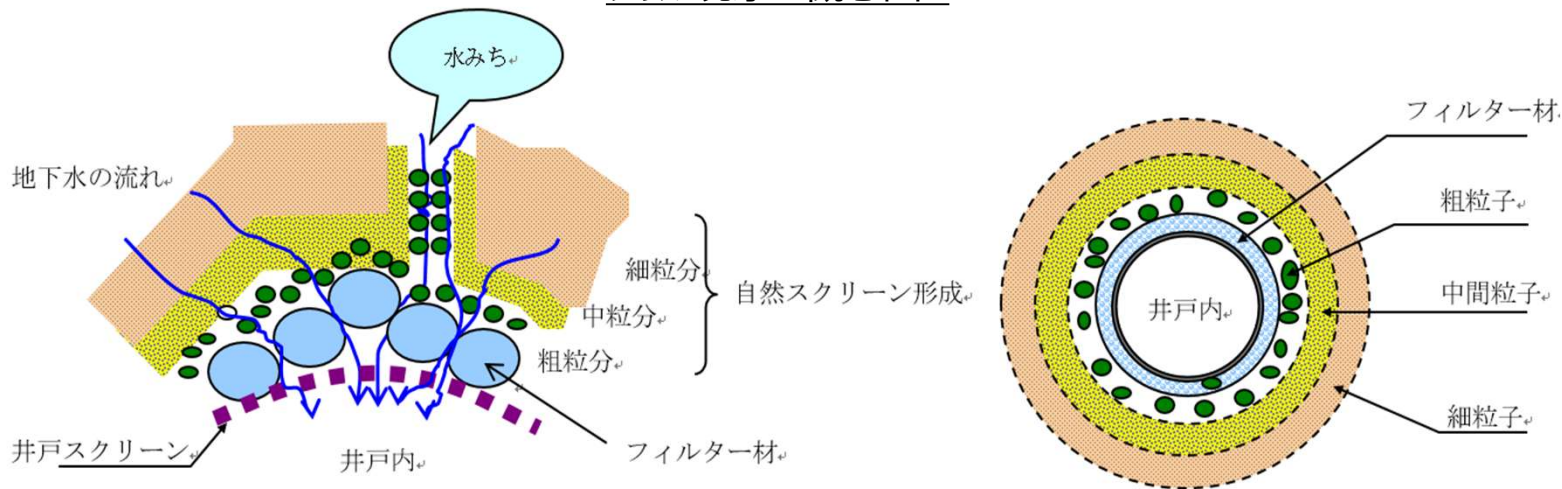
Hi-Wai 洗淨の効果

Hi-WAI洗浄によるフィルター層と水みちの形成（グリル現象）

SWP工法による負圧伝播とは？

- i) H i -W A i 洗浄効果のグリル現象により、井戸に近い方が見掛けの透水係数(k')が大きくなる事。
H i -W a i 洗浄での圧送・圧気・吸水・吸気を繰返し行う事で地盤中の井戸周りに、井戸に近い所に粗い粒子が集まり、中間に中程度の粒子、遠くに細粒子がアーチ型に組み換えられリング状に形成されます。
これを私たちはグリル現象と称しておりますが、このグリル現象が生じると目詰まりの発生しない自然のスクリーンが出来ます。

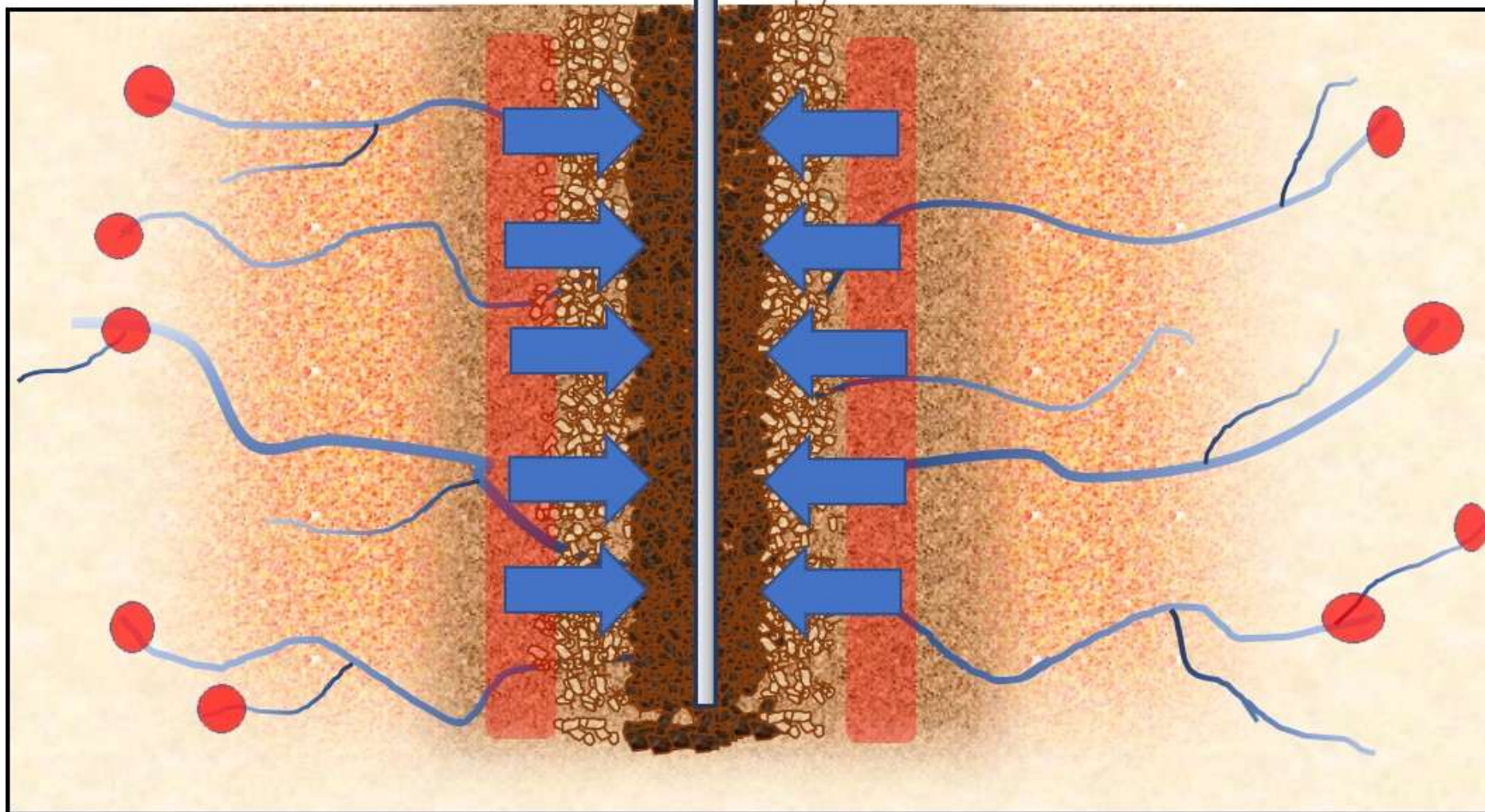
グリル現象の概念図



土中の大きな土粒子が井戸周りに集まり、フィルター層を構築し、地盤内に水みちを形成する。

負圧吸引

水みち屈曲部で流れが
分断し、真空領域が出
現し、キャビテーショ
ンが発生する。



キャビテーションによる水の気化模型実験



軟弱な粘性土地盤のSWP施工による地下水の気化の様子



SWPによって乾燥した粘性土地盤



河川敷の橋脚の耐震補強工事のための S WP による地下水位低下の様子

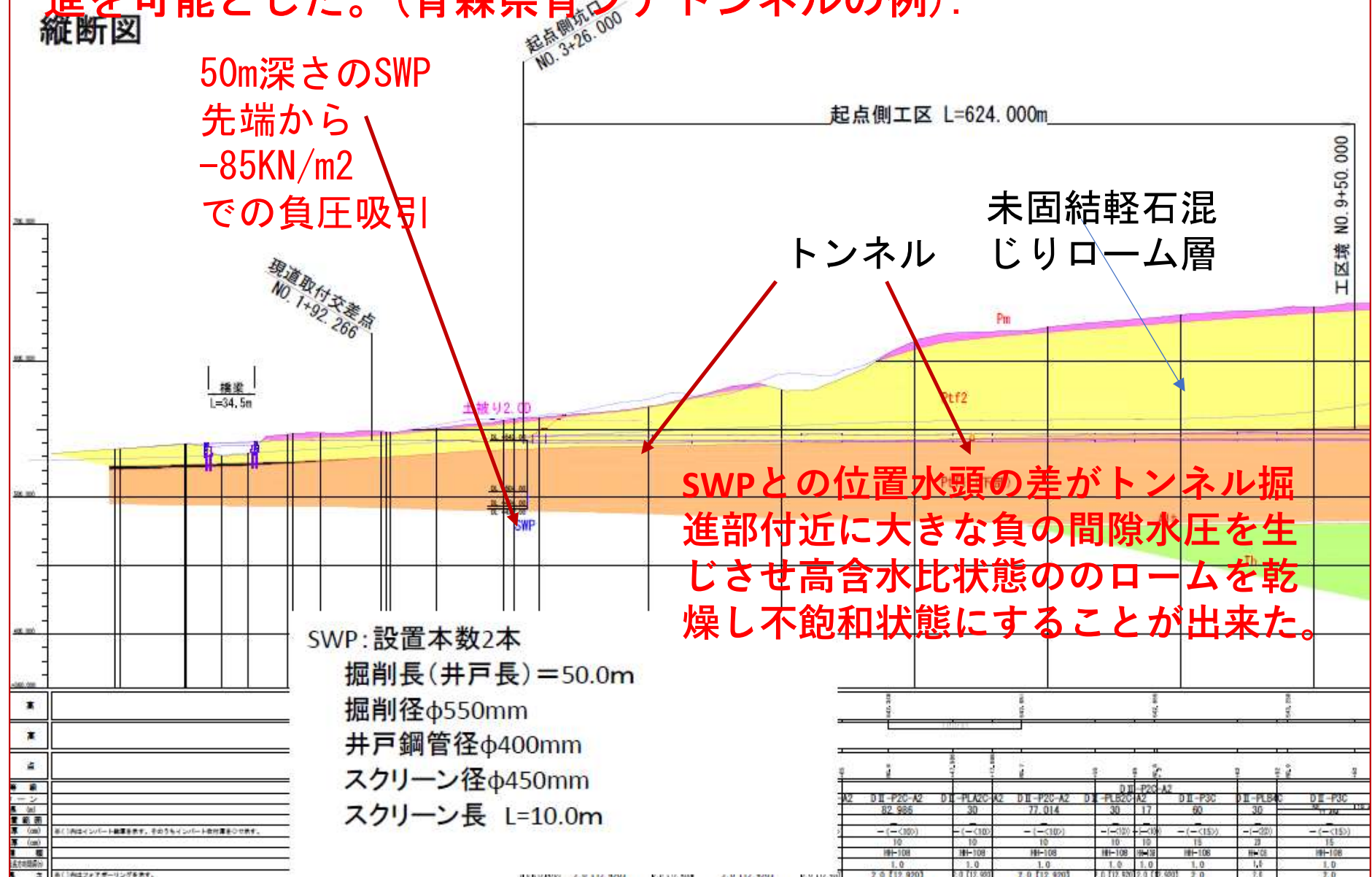


河川敷の橋脚の耐震補強工事のためのSWPによる地下水位低下の様子



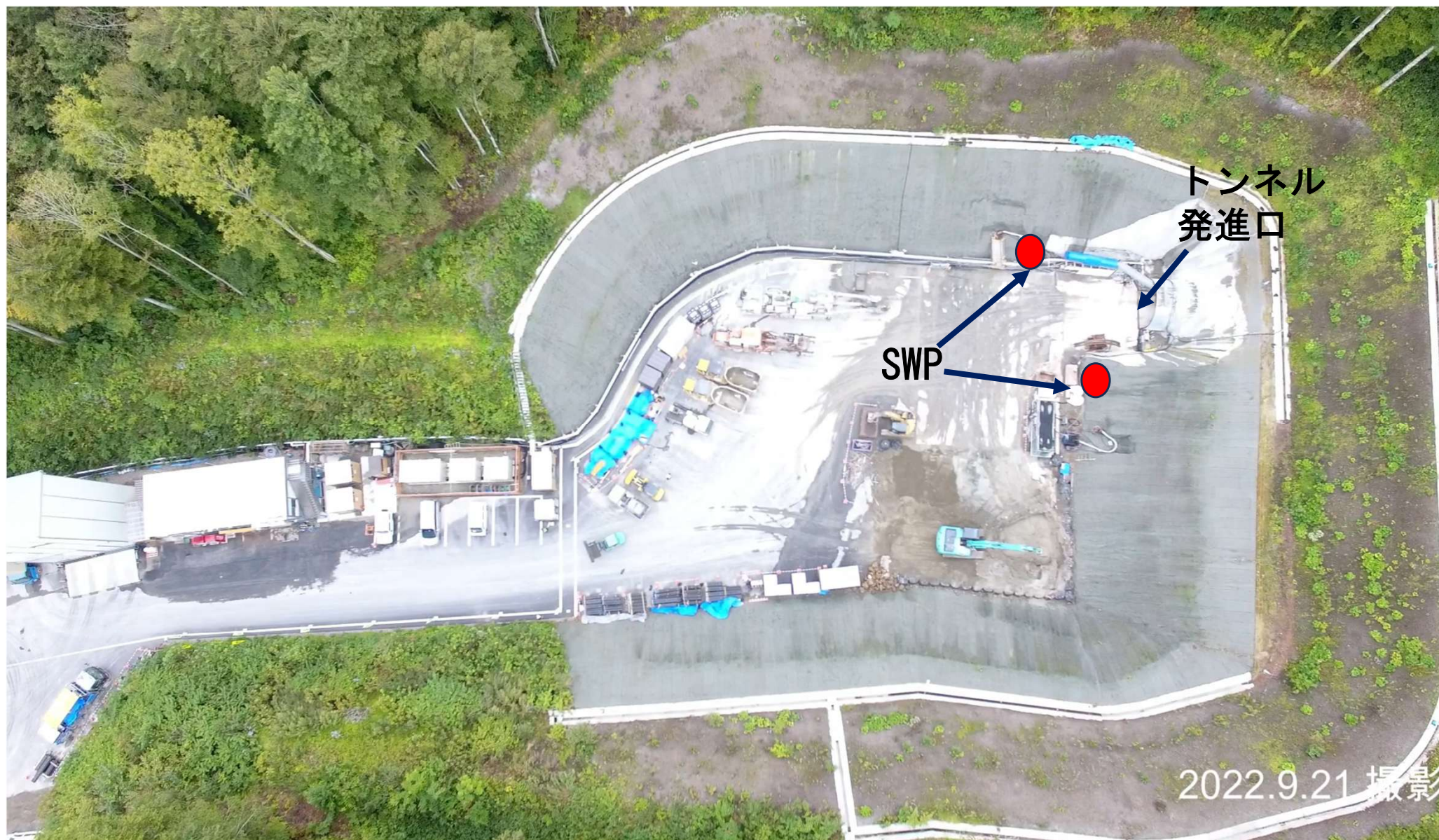
トンネル開口部で行ったキャビテーションCVT工法により地下水位低下とトンネル延長170mまでの初期に飽和状態の火山礫混じり火山灰質ロームを乾燥させ強度を増加することが出来、トンネル掘進を可能とした。(青森県青フナトンネルの例).

縦断面図



トンネル発進口周辺

トンネル発進部近くに2本の
50m深さのSWPを設置



国定公園内につき発進部以外の工事は禁止

トンネル切羽（青フナトンネル）



乾燥したトンネル切羽（羊蹄山トンネルの例）



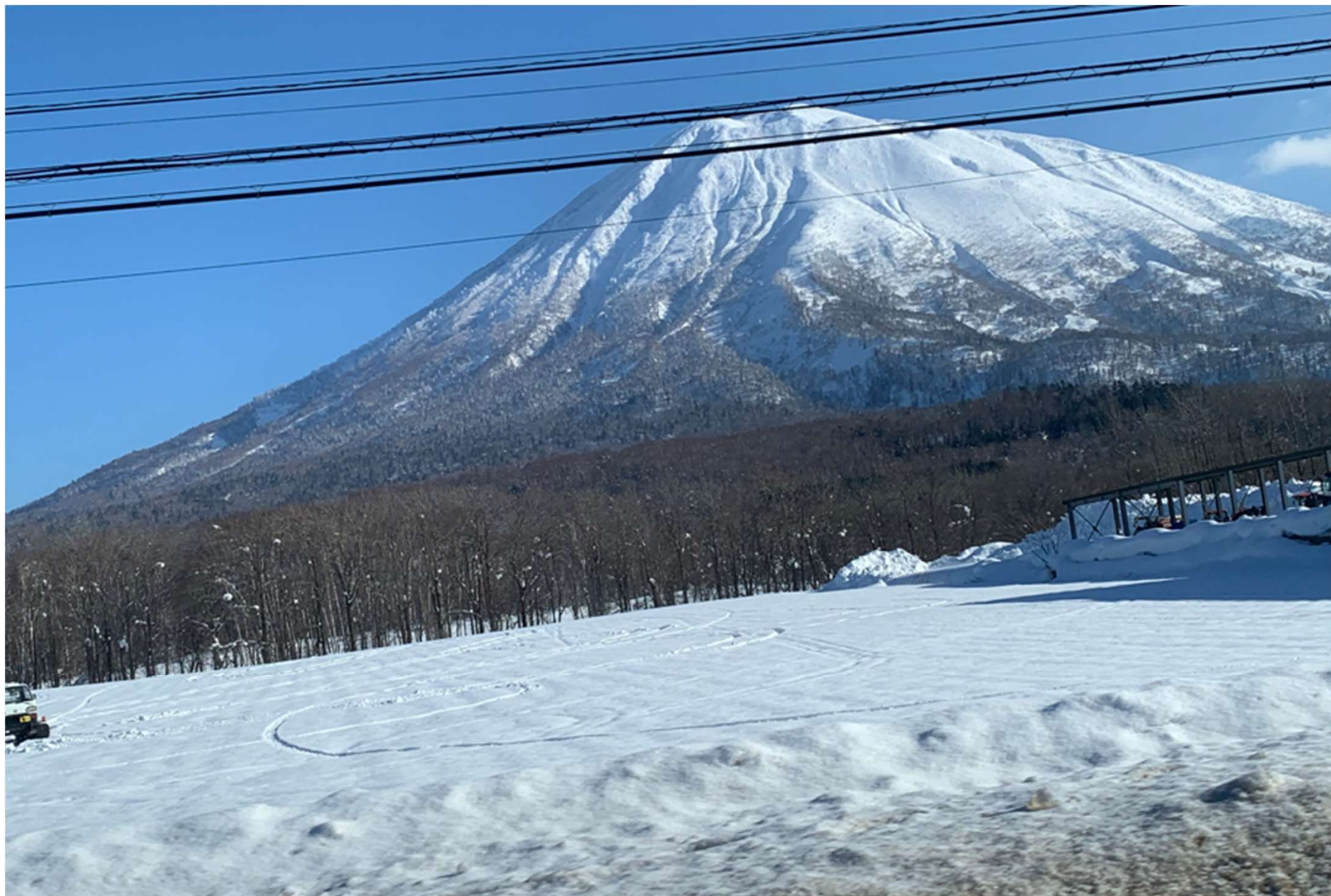
SWPから地下水汲み上げの様子（羊蹄山トンネルの例）



羊蹄山トンネル施工風景、CVT工法によりドライな環境で施工が進んでいる)



羊蹄山の有姿、近くにニセコスキー場がある。



砂の液状化対策技術提案書(案)

2024.02.16

(株)アサヒテクノ
高橋 茂吉

山口大学名誉教授
兵動 正幸

1. はじめに

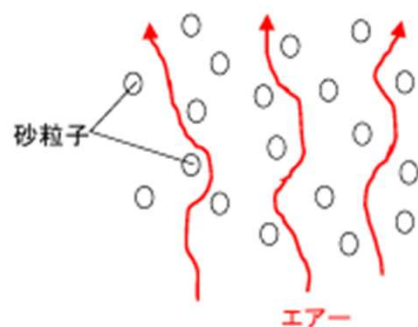
- 1-1) ゆるい細砂層の液状化対策として、空気トラップ技術で間隙の5%以上のトラップが有れば、液状化対策として、有効とエアダス工法のグループが証明しています。
SWP工法やその改良のCVT工法では、その倍の9~10%以上の空隙が残り続ける事が、確認されています。
一度、土粒子に付着したエアは40年以上安定して、トラップし続ける事は表現されていますが、発注者の理解が乏しいのも事実です。
- 1-2) 一般的に現在施工されているのが、地下水位低下工法ですが、PUMPを必要とする為、動力が必要で、ランニングコストが高くなる欠点がありました。
その対策で、水平水抜きボーリング工等がありますが、適性揚水量を超えての動力揚水である為、長期的には目詰りの発生が伴い、閉塞する例が多いのも事実です。
- 1-3) 空気トラップによる新たなトラップ技術(特許申請中)、今、会社では木材の乾燥テストでの空気トラップは、空気中の湿気による水分吸引で木材の重量が一度真空釜で目的の乾燥が進んでも釜の蓋を開けた途端、重量が増加する事が確認されています。
CVT工法最後に窒素ガスをトラップするとこの湿気を吸引する事無く、約半分の時間で乾燥し、水分による復吸引する事は有りません。
又、空気トラップ量も増加し、長期安定トラップにも効果が有るものと思います。
今後、北上の真空研究所にて確認します。
- 1-4) 皆さんに確実に信用される工法として、新たに地下水位低下が安定して低下し、安価で長期に水位低下が出来る工法・・・(特許申請中)
水平水抜きボーリングの代わりにSWPのHi-Wai洗浄で目詰りの発生しない地盤に改良する事で、有効半径 $\phi \approx 60\text{m}$ (直径 $\phi \approx 120\text{m}$)の地盤に改良出来ます。
又、Hi-Wai洗浄で砂の土粒子間のスハリが良くなり、相対密度が改善され、その面でも液状化対策としても有効です。
- 1-5) 排水された地下水は、初期3ヶ月位はCVT工法として運転すると自然に地盤にHi-Wai洗浄効果によるグリル現象の「みずみち」が出来る為、その後は動力を必要とせず、排水し続ける事が出来ます。
パイプリーターン工法では、下水管布設用でも採用され、5cm以内の位置コントロールが出来、正確にSWPの外廻りのフィルターサンド(豆砂利)の位置に到達出来、長期的には重力排水で水位低下が出来ます。
Hi-Wai洗浄後の地盤では重力排水でも目詰まりを発生する事は有りません。
台風や長雨の時には、SWPを電磁弁で再度CVT効果での揚水も可能で、空気又は、窒素ガスが減少した時にトラップする事も出来ます。
以上、多重での液状化対策として有効です。

- 1-6) 震災後のライフライン(下水道管、雨水管、光ケーブル、上水道等)の復旧工事で地下水位低下工法は必要で、マクロ的な地下水位低下となれば、W.P工法(水位低下量 $s \approx 3.0\text{m}$ 位)、DW工法では目的の低下量 s は求められず、施工ピッチも広く低下する事は出来ない。
- それに対して、SWPIは広く目的の水位を低下する事が出来、又、CVT工法では広く吸引する事が出来、青ふなトンネル避難坑の例では $r = 165\text{m}$ の範囲の水位を低下し地盤改良した例も有ります。
- よって、CVT工法の主たる目的は、液状化対策としてではなく、ライフラインの整備の為の水位目的として使用し、ついでに液状化防止対策出来る工法です。
- よって、発注者の工事負担で個人負担は発生しません。
- 施工場所も道路上で行なう為、民地を利用する事も有りません。

- ◎ 空気トラップ完了後にPSAマシンを用いて窒素ガスを注入してトラップさせる。
※CVTのコストはライフライン用で特別エアートラップさせるには、大型コンプレッサーやPSAの運転のみ

2-2) 空気トラップのイメージ図

④ エアダス工法

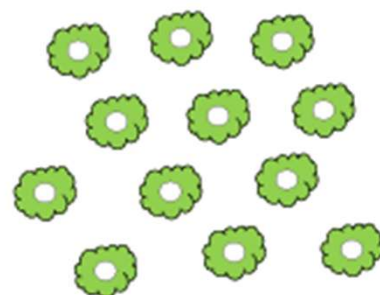


※空気トラップ量5%

※クラッキーな部分を
コンプレッサーの圧力
で通過させて空気をト
ラップさせる。

空気溜りを作っても
均一性に欠ける。

⑤ CVT工法



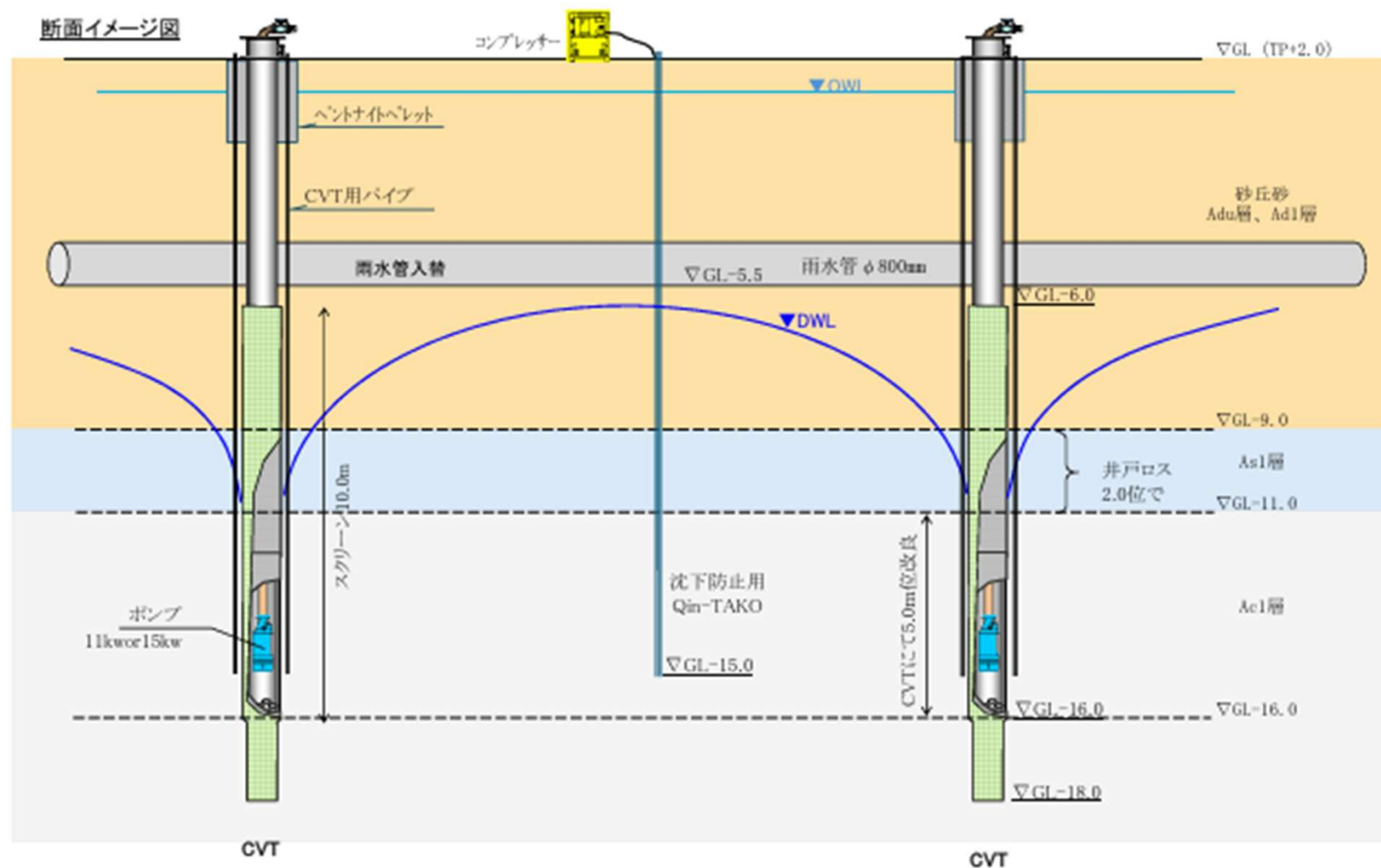
C真空気化で均一にエアーがトラップされる。

↓
CVT効果

⑥ PSAによる窒素ガストラップ

最後に空気トラップから、窒素ガストラップに切り換えて、水分(酸素)
が無い H_2O が無く長く地中に保存される。

※⑤及び⑥の工程は3ヶ月位
但し、実工程はライフラインの工程とも加味される。



6. CVT工法施工計画図

6-1) 全体を4ブロックに区別する

1ブロック当り CVT n=5本 @0=18.0m
沈下防止 Qin-TAKO n=10本両サイド@0=15.0m

4ブロック全体では

×4 n=20本
×4 n=40本

6-2) 1ブロック当りの工期と全体の工期

CVT設置は、n=20本は連続して設置

運転は3ヶ月間の内最後の1ヶ月はPSAにて窒素ガストラップ

CVT設置は、1本当り8日+Hi-Wai洗浄2日=10日

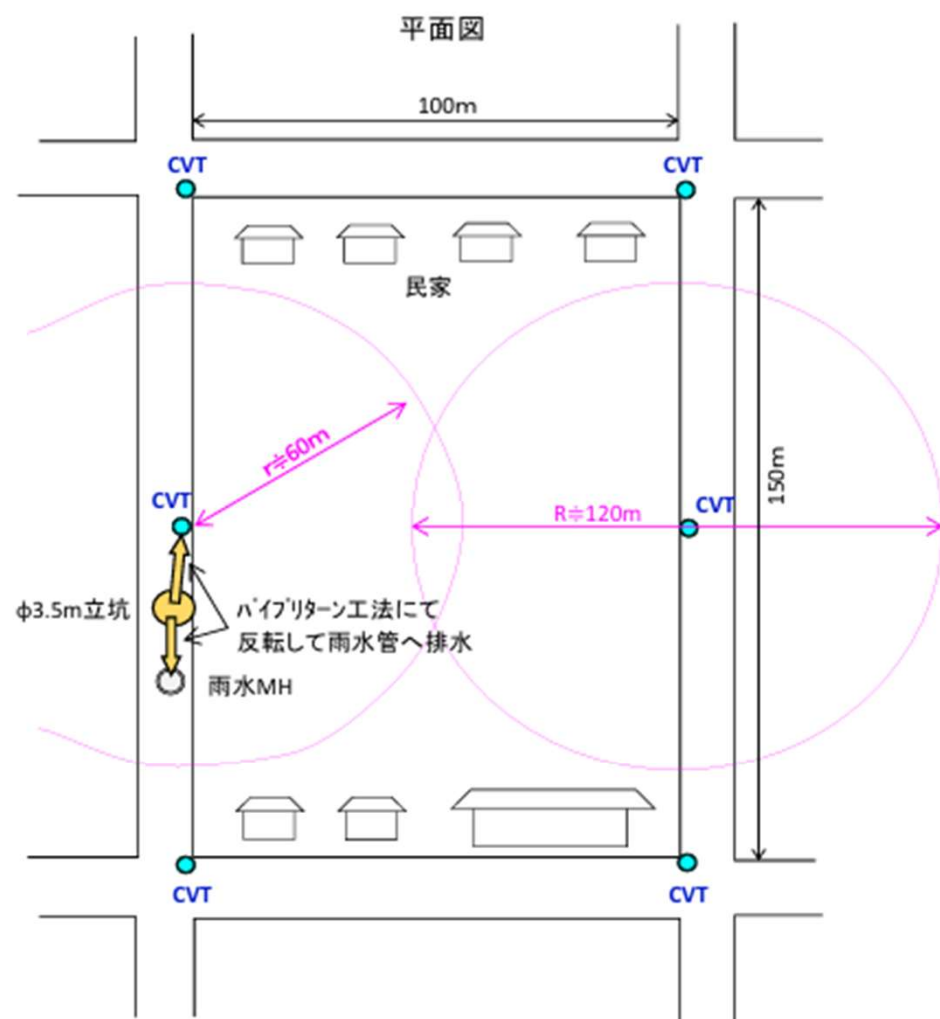
6-3) 運転は、常時2ブロック分運転

ポンプ類n=10本分+予備1set段取り

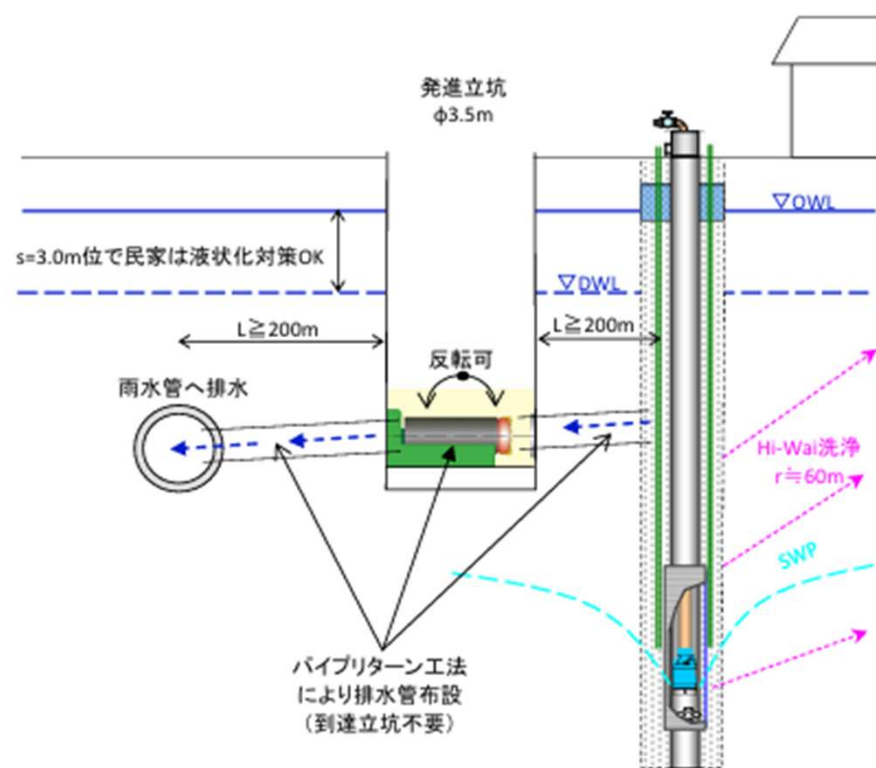


3. 地下水位低下と空気トラップ後の長期地下水位低下方法

イメージ図

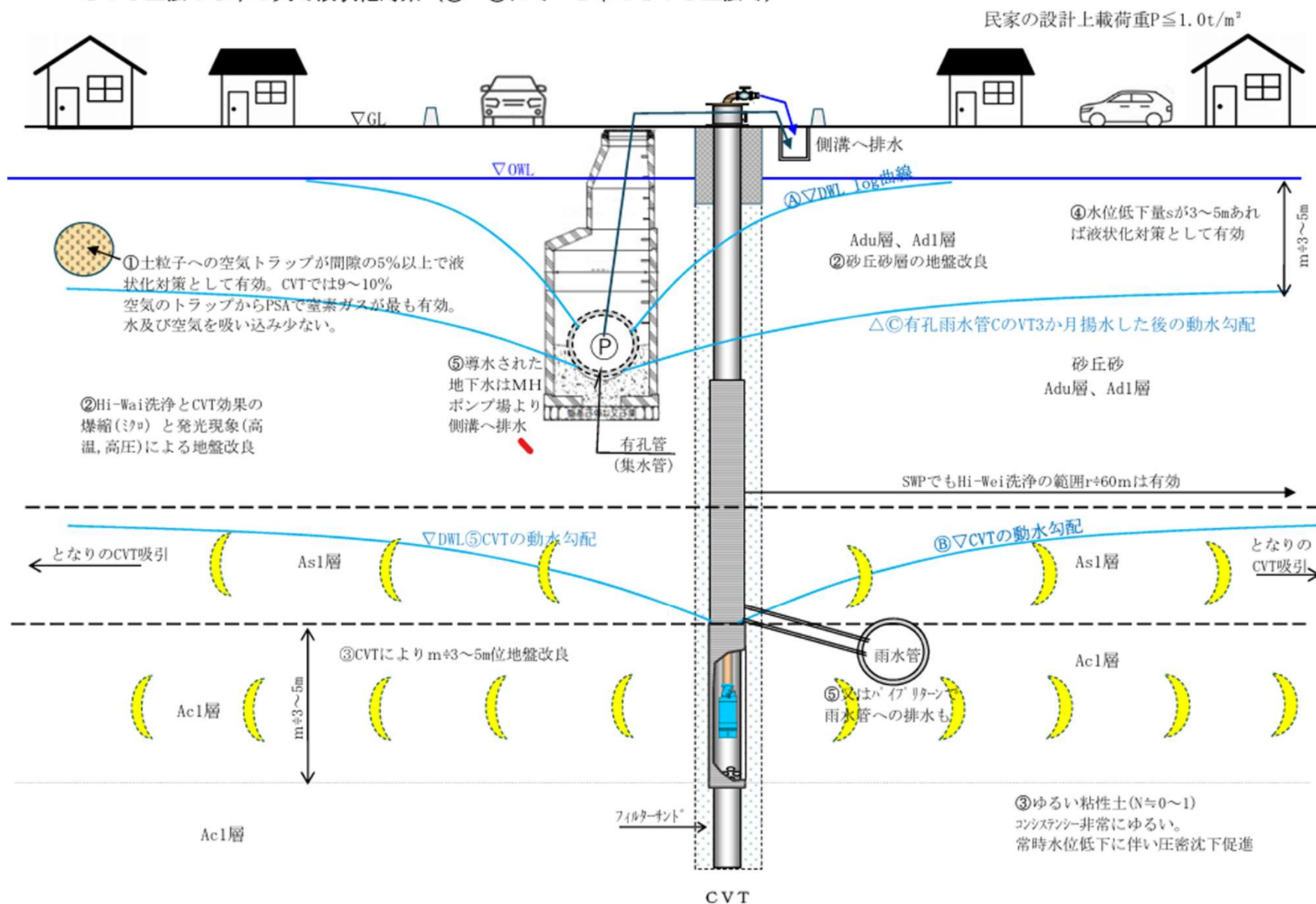


断面図



キャビテーション工法による内灘町の液状化対策案

CVT工法の5本の矢で液状化対策 (①～⑤にて 1本のCVT工法で)



SWPの防津波門工事への適用

スーパーウェルポイント工法 施工の

場 所：岩手県宮古市

工事名：閉伊川筋藤原地区河川災害復旧水門土木

施 工：鹿島建設(株)・大坂建設(株)・三陸土建(株)特定

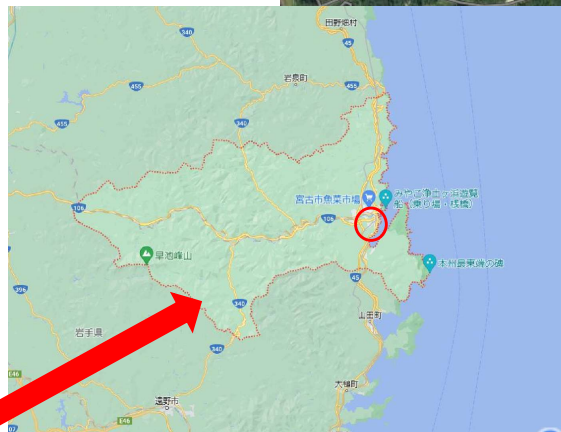


株式会

建設位置

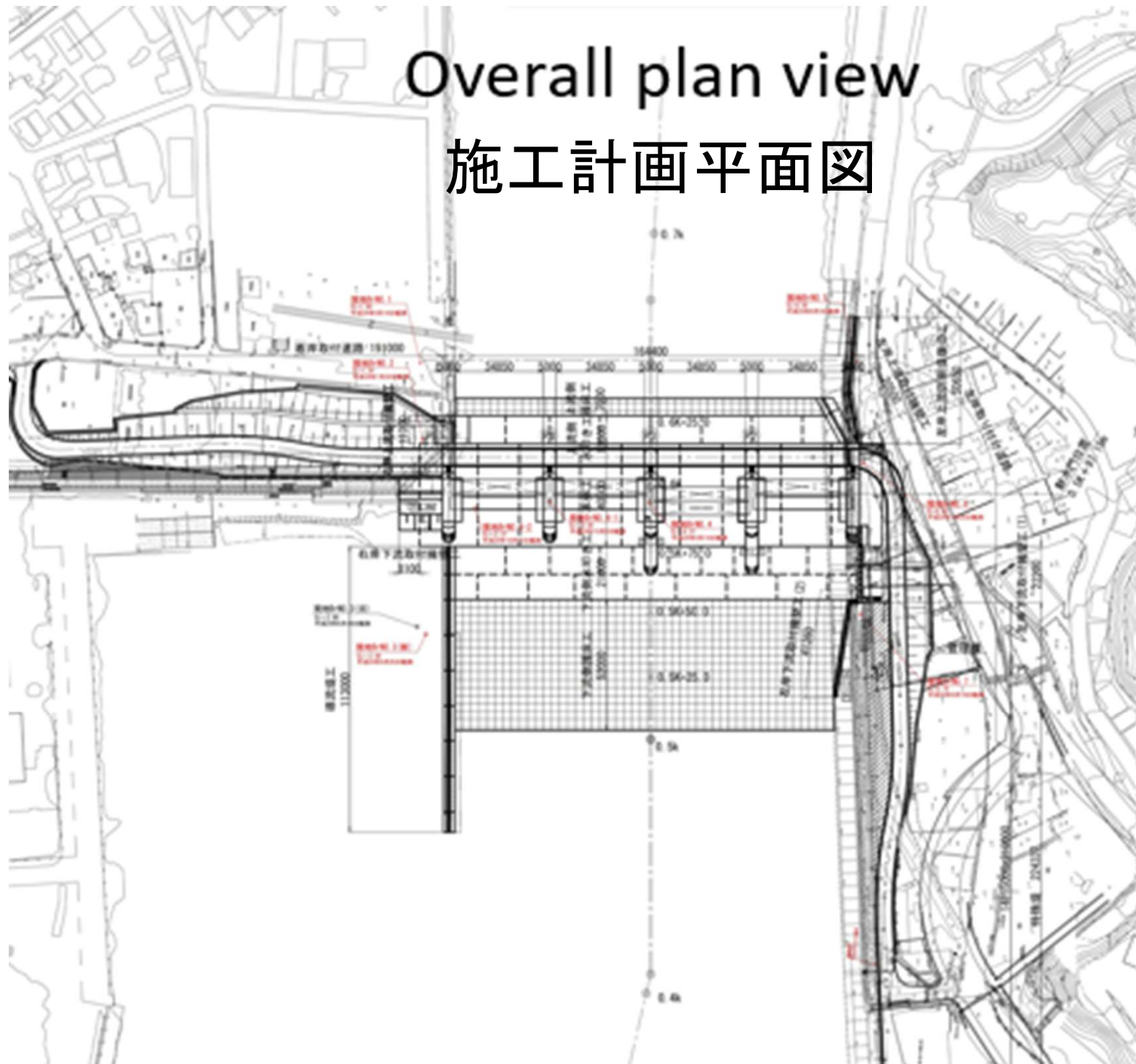
宮古市

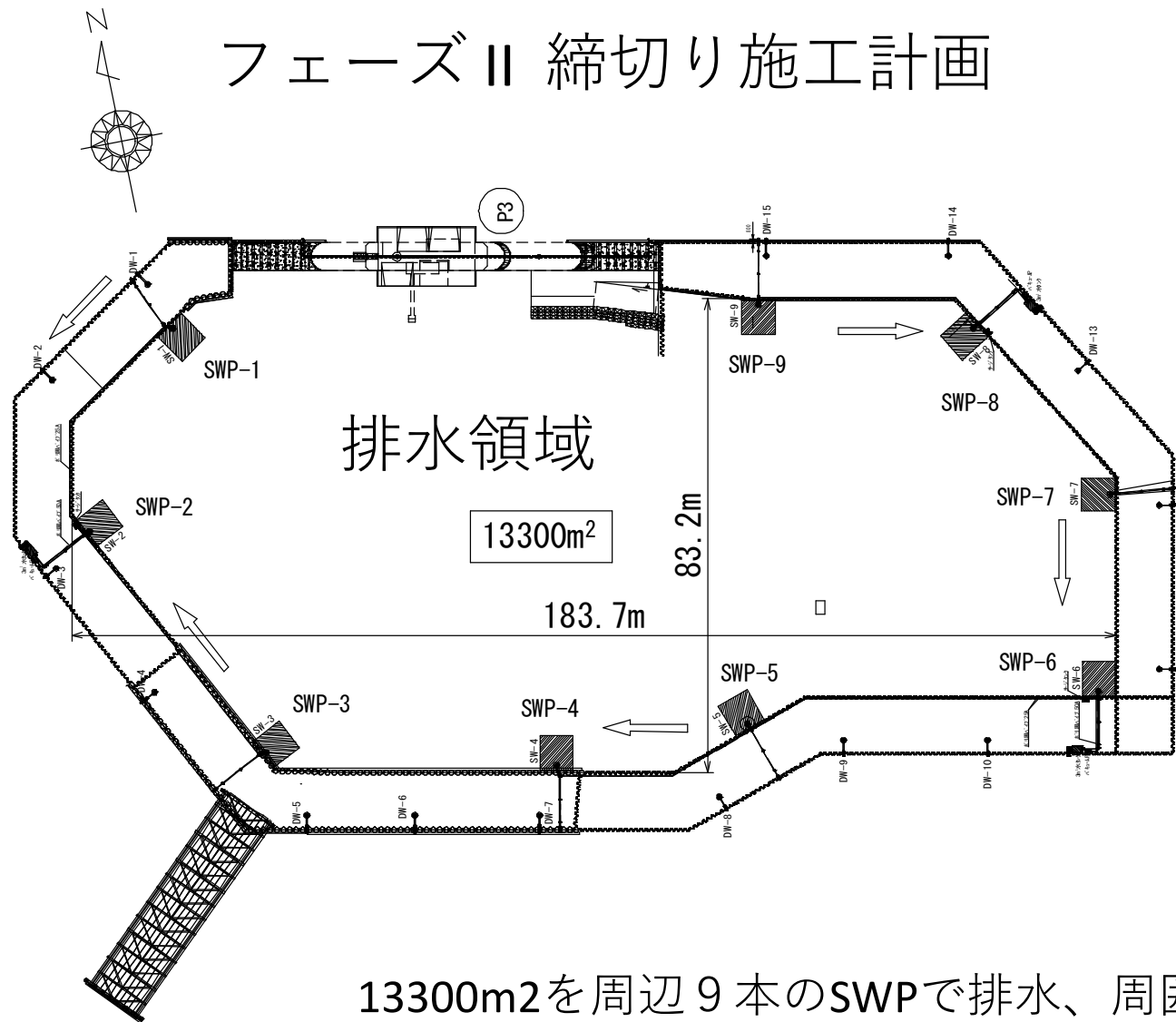
岩手県



Overall plan view

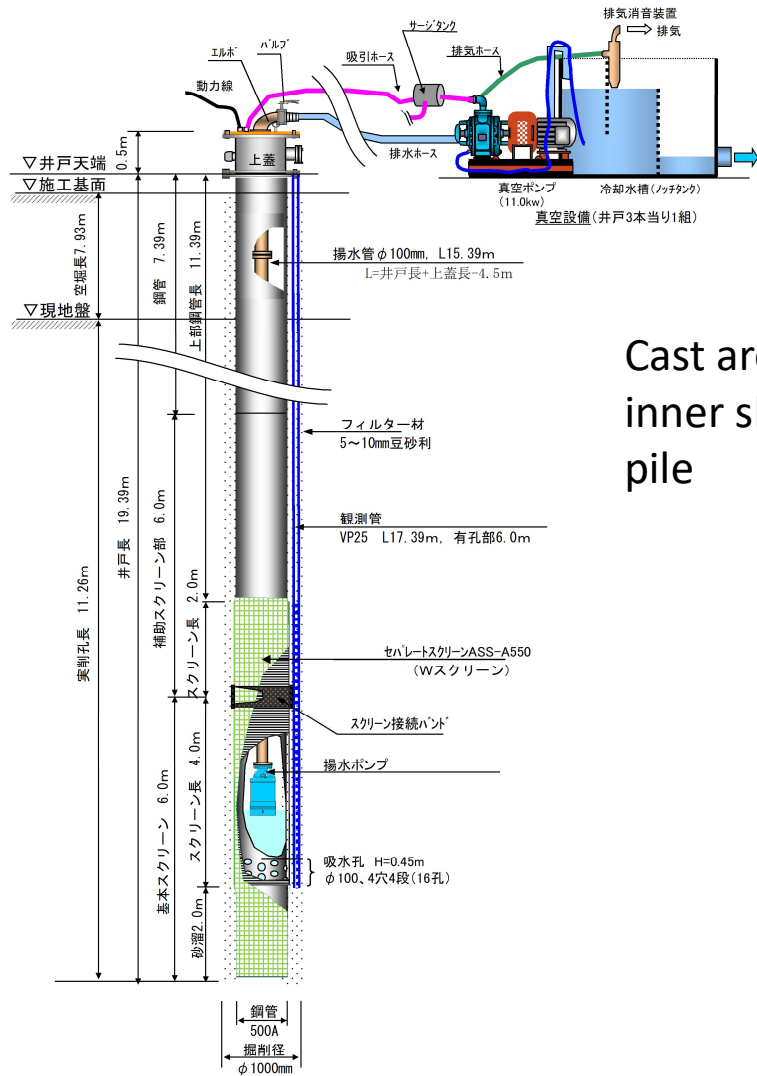
施工計画平面図





Super Well Point Well Structure Chart

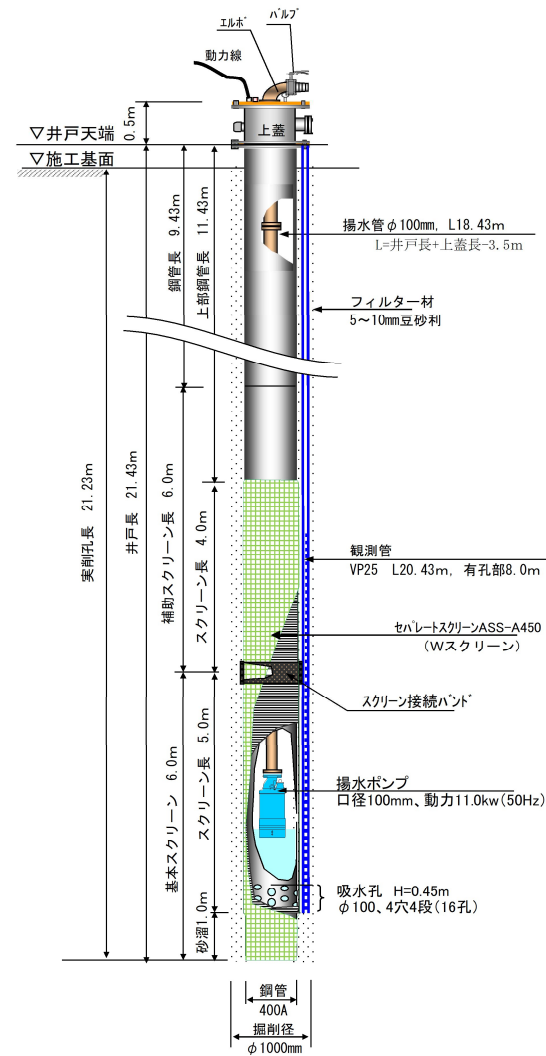
9 installed



Cast around
inner sheet
pile

Deep Well Point Well Structure Chart

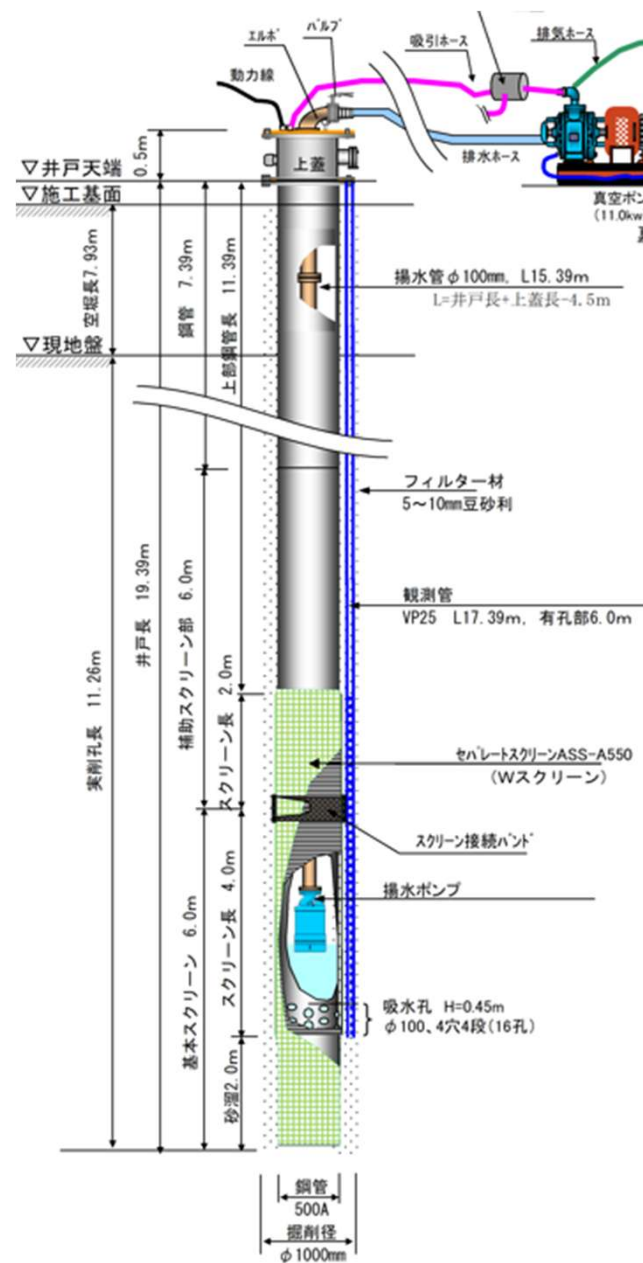
15 installed



Driven between
the double sheet
pile

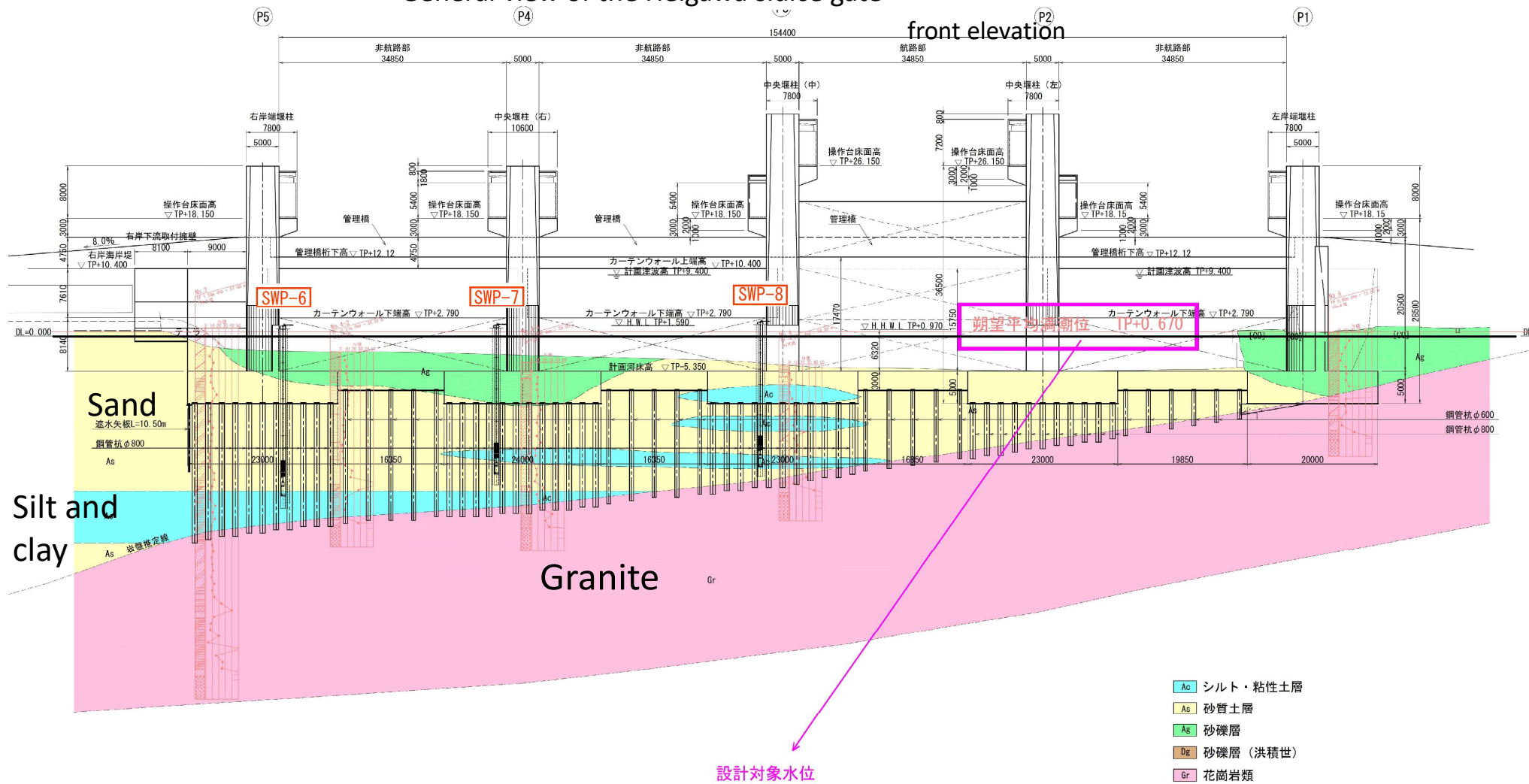
Excavation
length 11.3m

Well length
19.3m



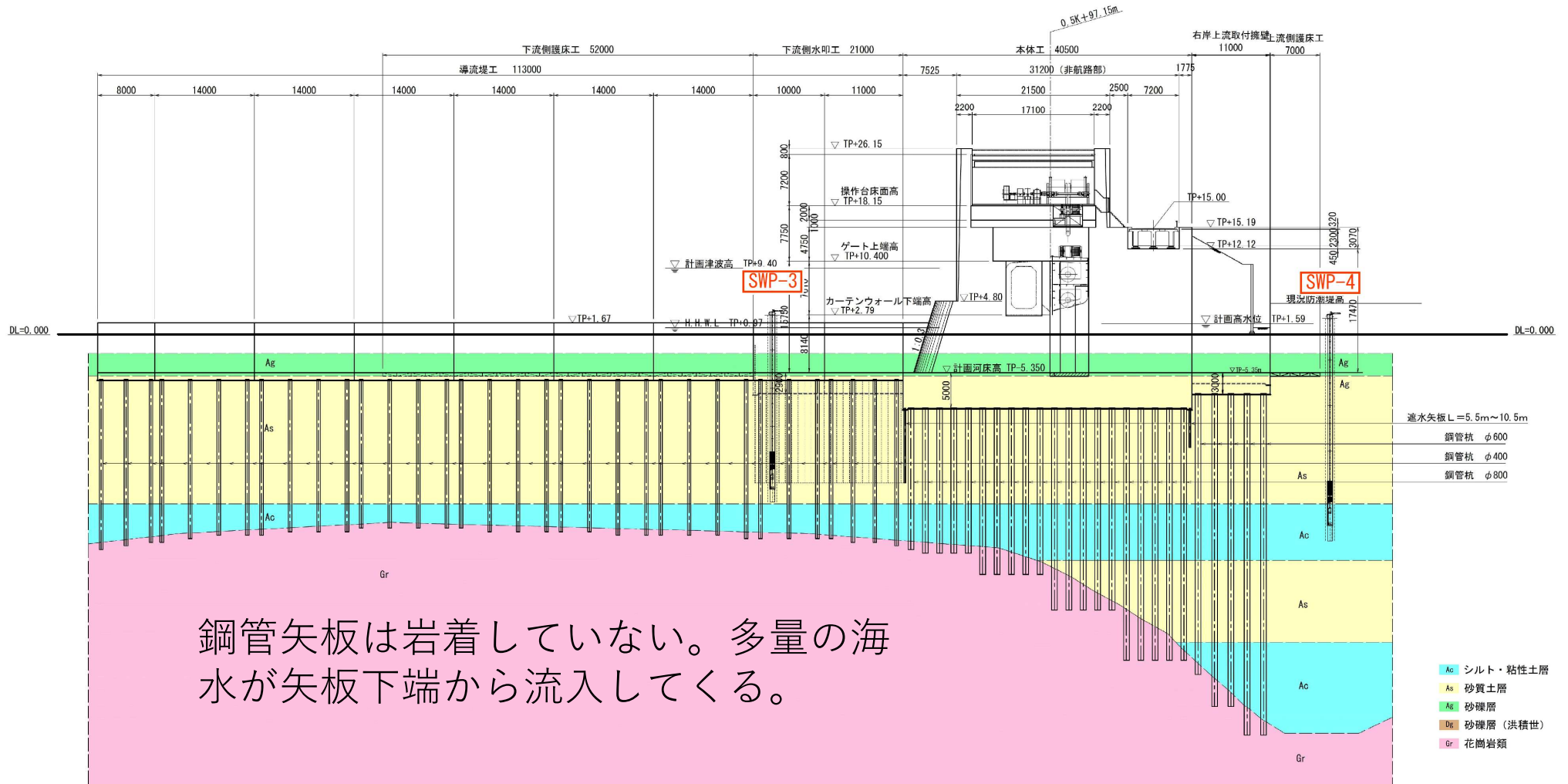
— — —

front elevation



閉伊川水門の側面図

P5 weir post





施工前

2022年9月21日撮影

SWP稼働中



SWP稼働開始から1.5か月後

2022年11月10日撮影



2022.9.21 SWP排水前

キャビテーションによる乾燥実験



Vacuum Drying Technology by ASAHITECHNO

Experiments on cavitation (vaporization of liquid) in an orifice structure

株式会社

アサヒテクノ

Images of cavitation experiments on clay;



粉殻

上部から大気開放

キャビテーション 瞬間撮影 ビデオ



株式会社 アサヒテクノ

3.キャビテーションによる乾燥実験

Experiments on cavitation (vaporization of liquid) in an orifice structure



Vacuum Drying Technology by ASAHITECHNO

株式会社 アサヒテクノ
Images of cavitation experiments on clay;



乾燥粘土

Dry clay in a totally dry state



Clay with a water content ratio of 100



Clay after 96 hours



Moisture content ratio measurement and total dry state



6. 自動キャビテーション乾燥システム



株式会社 アサヒテクノ
Vacuum Drying Technology by ASAHITECHNO

CVT乾燥実験制御装置



コントロール
パネル



重量測定g



ロードセル

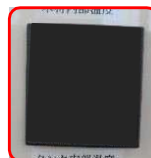


キャビテー
ションコン
トローラー

Inside of Drying
Furnace
Humidity
measurement



Measurement of
internal
temperature of
drying object



Temperature
measurement
inside drying
oven



真空タンク

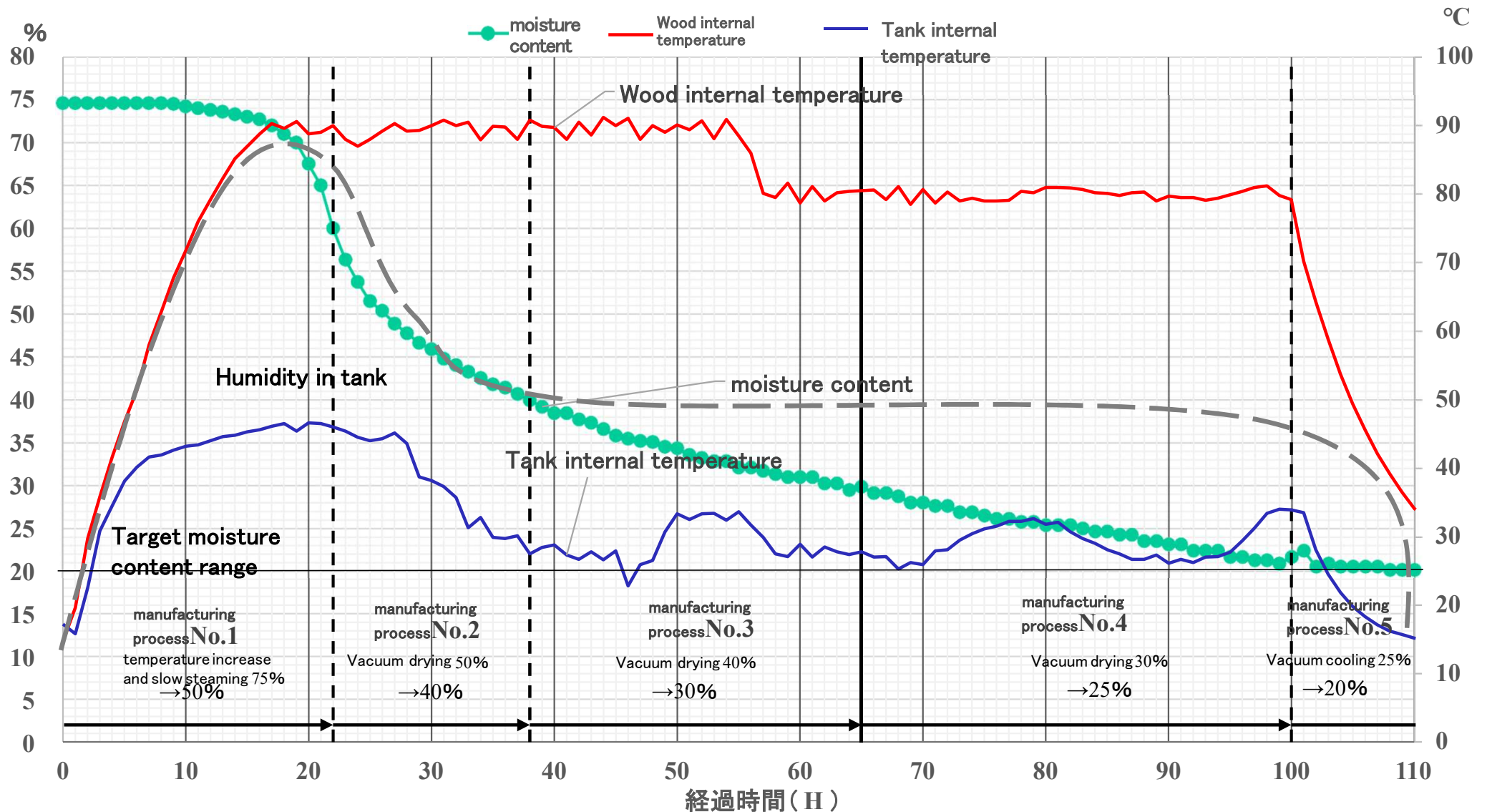
7.自動CVT乾燥制御システム



株式会社 アサヒテクノ
Vacuum Drying Technology by ASAHITECHNO

1. CVT乾燥制御システムによる木材の含水率変化

Large wood drying Moisture Content Chart (Red Pine G400mm x 400mm x 2000mm)



8.CVTによる大型木材観測機

(赤松 G400mm x 400mm x 2000mm)

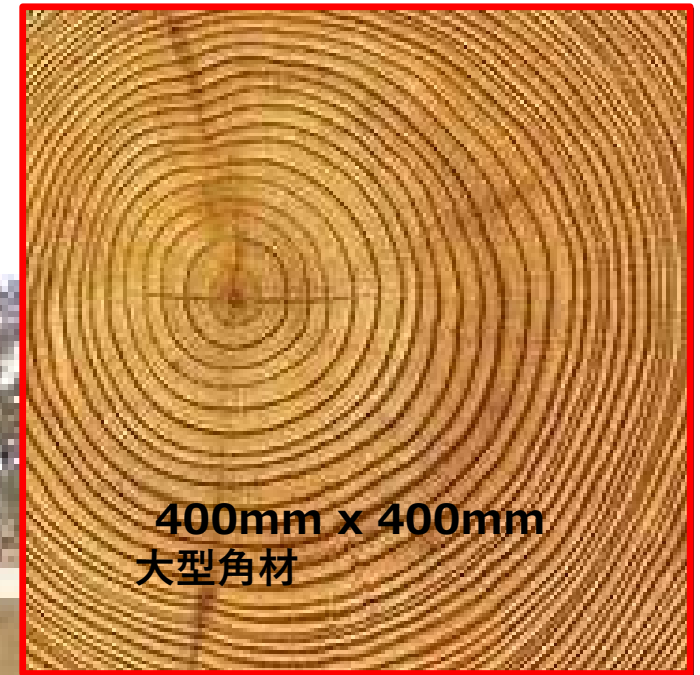
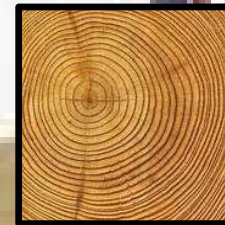


Vacuum Drying Technology by ASAHITECHNO

株式会社 **アサヒテクノ**



130mm x 130mm
標準角材



400mm x 400mm
大型角材

8. 木材の乾燥：真空およびマグネトロン の利用



株式会社 アサヒテクノ
Vacuum Drying Technology by ASAHITECHNO

8-1. 問題と解決

乾燥によるねじれとひび割れ防止

1. 一軸圧縮状態から二軸圧縮状態への改良.
2. 材料の締め付け間隔の改善.
3. 乾燥時間と温度制御スケジュール No.1 to No.5.

乾燥による炭化防止

1. 木材の制御重量 + 装置重量の測定装置により木材の含水率変化を求めた。
2. 含水率の測定法として赤外線法を新たに導入した。



8. 米の乾燥



8-2. 問題と解決

米粒の破碎

1. 米粒が割れ防止のため、マグネトロンは使えない。
2. 真空吸引および大気開放の繰り返しに伴う爆縮（キャビテーション効果）
米粒の破碎防止と乾燥時間の短縮に最も効果的である。

粒子比

1. 真空と大気開放の繰り返しによる方法が米粒の粒度を保つのに好影響を及ぼす。
2. 米の含水比測定法として赤外線法を新たに導入した。



ご清聴有難うございました

