

産総研環境・エネルギーシンポジウムシリーズ

CSMH-5 2013

第5回メタンハイドレート総合シンポジウム
講演集

平成25年12月4日(水)～12月5日(木)

産業技術総合研究所 臨海副都心センター
(別館 バイオ・IT 融合研究棟11階)

主催：産業技術総合研究所メタンハイドレート研究センター

SWP 工法におけるスクリーン目詰防止と浸透性向上の方法について

Prevention of screen from clogging and improvement of permeability of soil around SWP-well

高橋 茂吉、尾崎 哲二 (アサヒテクノ)

S. Takahashi and T. Ozaki (ASAHITECHNO)

1. まえがき

本文は、減圧法によるメタンハイドレート生産時に地中の細流分が生産井に流入し、生産障害を引き起こすことが指摘されていることから、生産障害を除去する方法の一助となることを期待し、筆者らが開発した¹⁾地盤改良工法について述べるものである。

2. 技術提案の背景

筆者らが開発した真空(減圧)を利用した技術は以下のとおりである。

1) SWP 工法 (スーパーウェルポイント工法)

飽和地下水に負圧伝播させ、地下水をスポット的に低下させ大幅に吸水能力を改善した地下水位低下工法 (重力排水に対比して、5~20倍以上にUP出来る)。

2) VPR 工法(バキュームプレスリチャージウェル工法)

SWP で吸水した地下水に圧力を加えて完全復水する工法。

3) Hi-Wai 工法

細粒地層を含めて、全ての地層で圧送水と圧気を交互に送る。又は、吸引を繰り返して地盤の透水係数を大幅に改善し、確実に水位を低下させる工法。細粒分の多い土質では、井戸内への流出が有るが、この工法にて井戸廻りにグリル現象を発生させ細粒分の流出防止も可能にした技術である。

4) SKK 工法 + Qin-TAKO 工法

SWP 工法で水面を低下させ、その上の不飽和地盤を又、真空化(負圧化)させて、沸点温度を低下させ、水蒸気として、真空気化させて回収し地盤改良や土壌浄化する工法(この方法はメタンハイドレード(以下MHと記す)の回収でも有効である)。

5) BAT 工法

SKK 工法の応用技術で、砂粒子の廻りに一度真空状態にして真空気化で、土粒子廻りの水分を除去し、乾燥してからその後、空気をトラップする事で砂の液状化防止対策として利用する工法→空気が地中の土粒子に纏わりつく事で、地震時の過剰間隙水圧の上昇を止めることが出来る。この空隙の5%以上の空気が水中で残置する事でクッション材となり、過剰間隙水圧上昇を防止する事で、液状化防止を図る事が出来る。

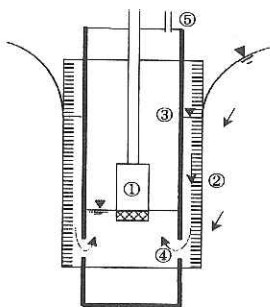
これらの技術は、地下100m以内の地盤で多くの土木、建築工事で採用され施工されている。

MH では水深500m以下の大水圧の中での回収であるが、井戸内外の差圧で気化回収方法はこの技術と似ていて、応用が可能と思われる。よって、ここにこれらの組合せ技術を提案する。

3. 技術提案の具体的内容

1) セパレートスクリーンの採用(空気と水の分離型スクリーン)

SWP 工法の概要を図-1に示す。SWP 工法では、空気と水を分類出来るセパレートスクリーンの開発で飽和地下水に負圧を伝播する事で吸水量のUPと広い範囲で水位低下出来、不飽和ゾーン(地下水位低下ゾーン)が容易に確保出来る。又、通常のスクリーンではHi-Wai洗浄はスクリーン天場付近でしか有効ではないが、セパレートスクリーンではスクリーン全長(全対象層)にHi-Wai洗浄が可能である。

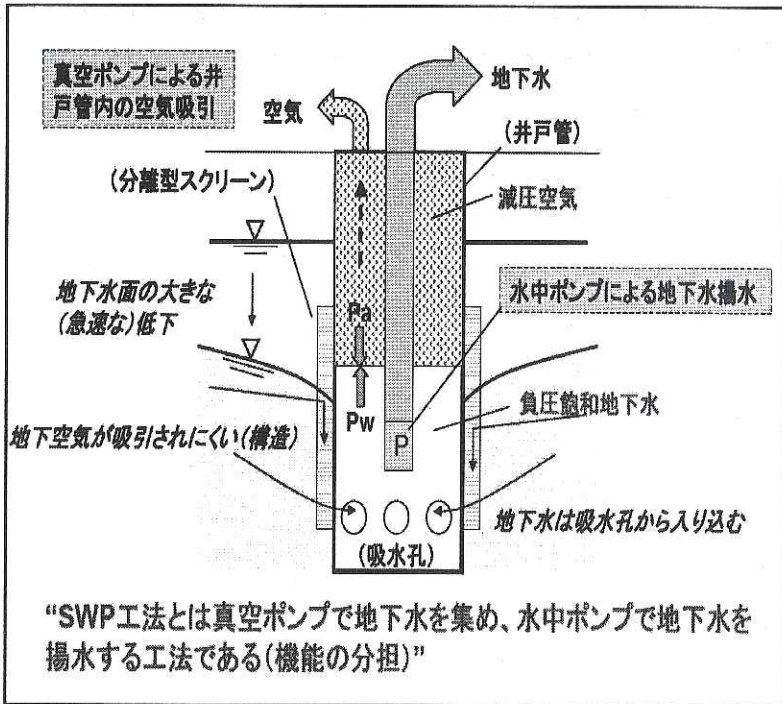


セパレートスクリーン構

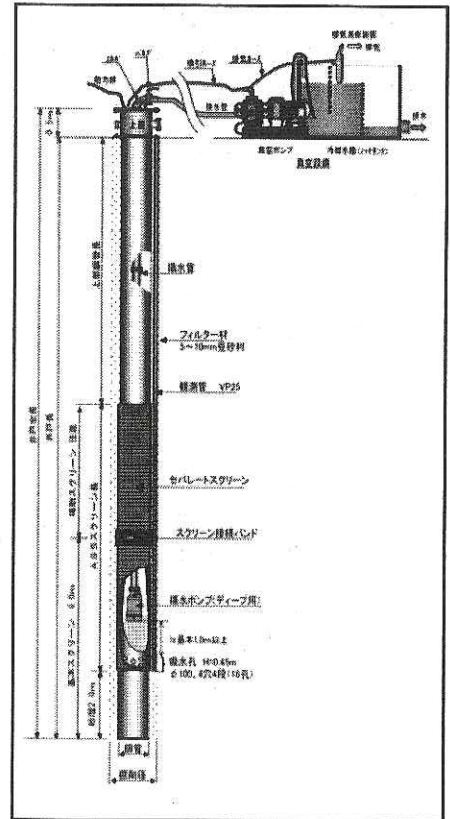
SWP 工法のスクリーン構造を示す。ディープウェル工法との相違点は、ストレーナー管②の内側に内筒管③が存在し二重管構造となっている点である。ストレーナー管から流入した地下水は、二重管の間を流下し内筒管の下部に設けられた吸水孔④を通して水中ポンプ①に達する。真空ポンプにより二重管の内部に負圧を作用させればより効果的に揚水することができる。SWP工法では、地下水面を吸水孔の位置まで低下可能である。

① 中ポンプ ②ストレーナー管 ③内筒管 ④吸水孔 ⑤バキューム管

SWP 工法の仕組み



SWP 井戸構造図



従来工法との比較

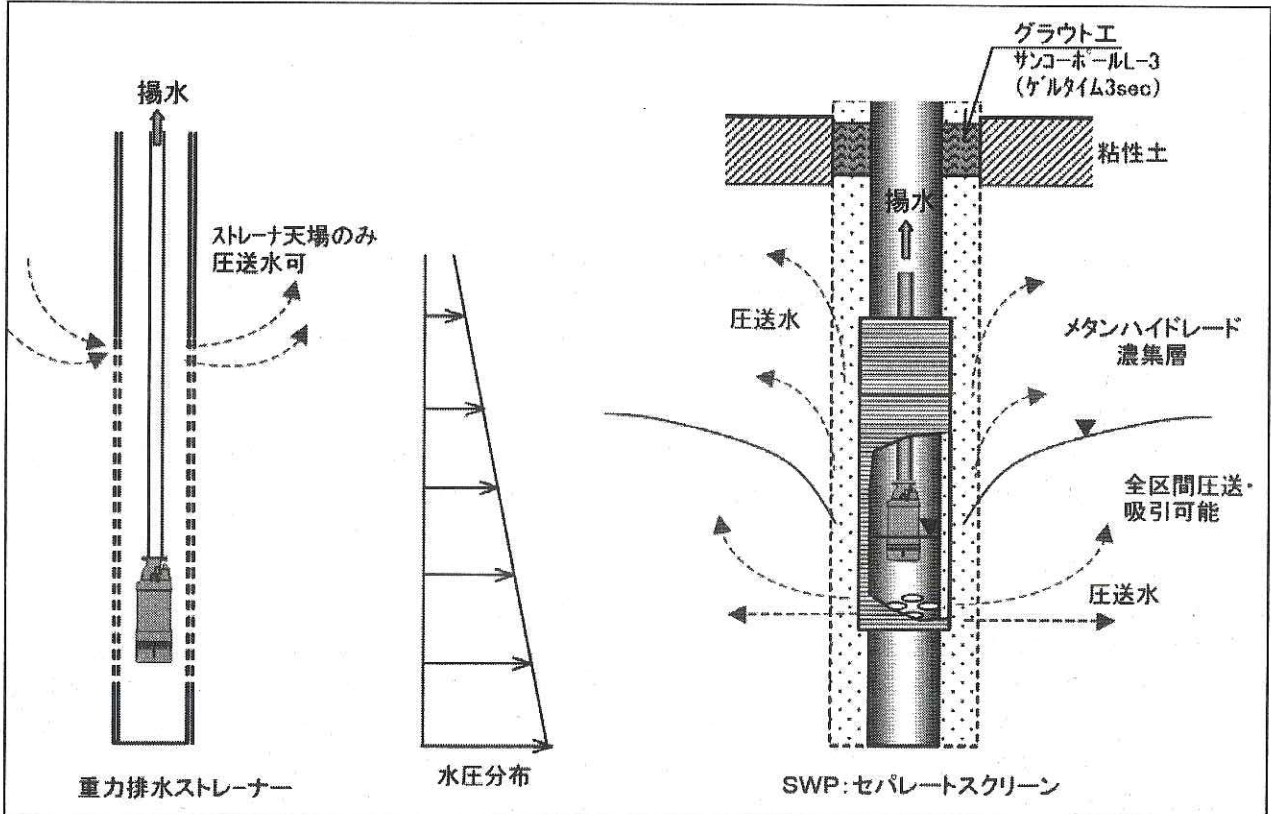


図1 SWP工法 (スーパーウェルポイント工法)の概要

2) 各種のHi-Wai 洗浄による細粒子の井戸内流入防止に有効

バキューム吸引する場合、井戸理論で言う所の限界動水勾配を超えて吸引すると、どうしても、井戸廻りに土粒子が張り付き、目詰まりが発生することや細粒分が井戸内へ流入する。この現象を解決したものが図-2に示すHi-Wai 洗浄である。

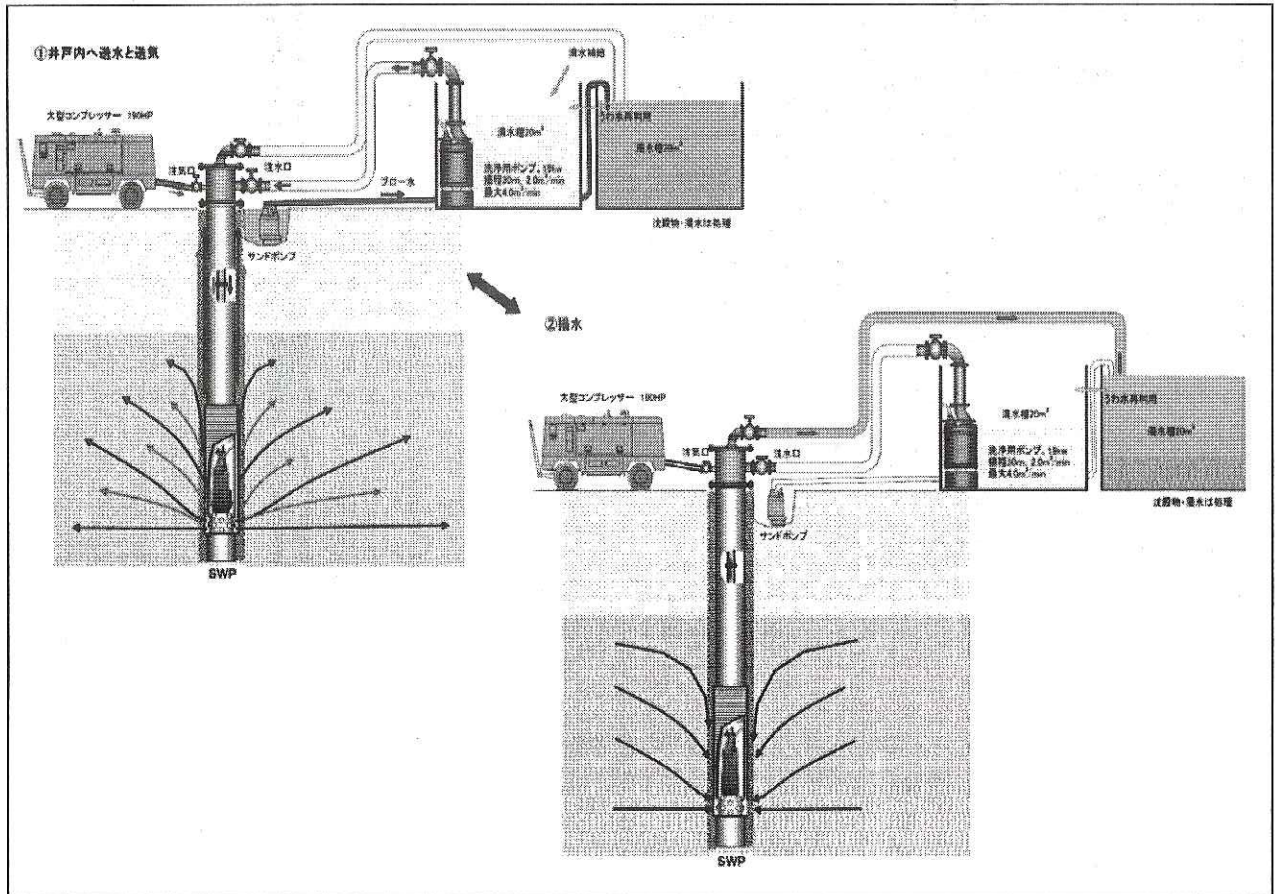


図-2 Hi-Wai 洗浄の概要

特徴:

- ① 多量の圧力水+大型コンプレッサーによる大量圧縮空気を同時又は、交互に地盤中に圧入作業と吸引作業を繰り返す事により、「水みちの作成」により効果を大巾に改善する。
- ② 毛管現象などによる吸い上げや透水係数(k)の小さな地盤(細砂,粘性土,砂岩層等)で、目的の水位をほぼ完全に低下させる事が出来る。
- ③ 土壌浄化の現場で、ヘビーメタル(重金属)やVOC,油分,等の洗浄効果が期待出来る。
- ④ 地中への空気と水の衝撃(インパクト)効果で砂の締め固め効果が期待出来る。特に送水送気によって、一度ゆるめた後、バキューム吸引で締め固める事で土粒子の配置(スワリ)が変化し、支持力が改善出来る。

日本海の海岸等の微細粒砂やファインサンド等はスクリーンの目を通して井戸内へ流入する。これを防止する為にスクリーンのメッシュを細かくする方法も考えられるが、細かくすると目詰まりが発生する事が多々生じる。

通常SWPでは礫~細砂、粘性土を対象とする場合には1mmメッシュ、ファインサンド、微細砂では0.5mmメッシュを採用している。0.5mm以下の細かいメッシュでは、目詰まりが発生する。又、0.5mmメッシュでも1.0mmメッシュに対比すると揚水量は半減する。そこで、SWPでは各種のHi-Wai洗浄で井戸廻りの周辺の地盤にグリル現象(図-3参照)を形成して、揚水すると砂の流出防止が出来、その後の目詰まりは発生しない。この技術のノウハウはMHでの生産障害をクリア出来るヒントになると思われる。又、スクリーンの形状も巻線タイプよりウインドスクリーン(図-4参照)の方が、グリル現象に適していて、細流砂の流入防止には有効である。

鉄関係の材質はどうしても錆がスケールとして付着するため、当SWP工法では東拓工業㈱と共同開発したポリエチレン製ウインドスクリーンで、錆のスケール付着を防止する。また、ウインド型スクリーンのため、Hi-Wai洗浄との組合せでスクリーン外周に土粒子がグリル現象により詰まらない自然のスクリーンが形成を形成し、コロイド分が揚水されない。

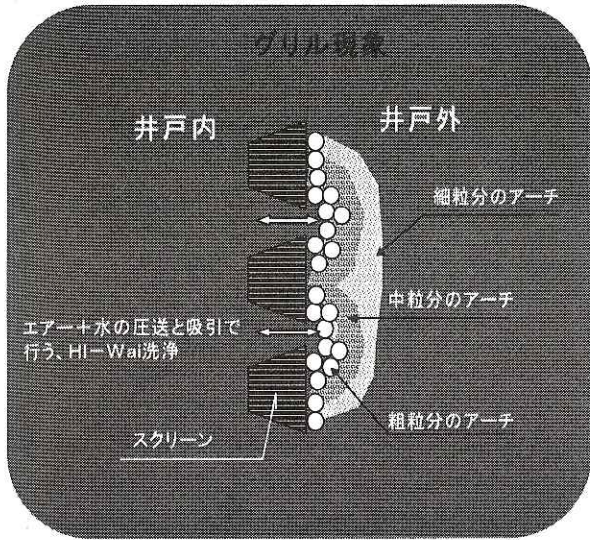


図3 グリル現象

ウインドー型スクリーンについて

- ① 材質を鉄からポリエチレン管にした為、地中の中で長期に安定して使用出来、劣化が殆んどない。酸や塩分にも酸化しない為、安定する。
- ② スクリーンの形状をウインドータイプにした為、スリットを $t=1.0\text{mm}$ のままでも Hi-Wai 洗浄の効果と組み合わせると、スクリーンの廻りにグリル現象が発生し、土粒子の粒でアーチ状に形成された自然のスクリーンが出来、細砂の流出を防ぎ、吸水能力を低下せず揚水が出来る。
- ③ ウインドースクリーンの断面は、巻線ストレーナーと同じ逆三角型となっている為、目詰まり防止効果は同じである。

スクリーン部拡大図

図4 ウインドー型スクリーン

3) ひろい範囲でのMHの回収に有効な各種Hi-Wai洗浄が有効

a) 相互Hi-Wai洗浄

複数の本数での生産井がある場合、相互Hi-Wai洗浄が広い範囲での効率的な回収が有効です。

一方の井戸は加圧水で圧送し、一方の井戸はバキューム吸引し、自然状態での吸引力より圧力差が大きくなるので、早く、広く、MHを回収する事が出来る。又、マクロ的見掛けの透水係数の改善にも有効で、広くMHを回収する事が出来るのではないかとと思われる。

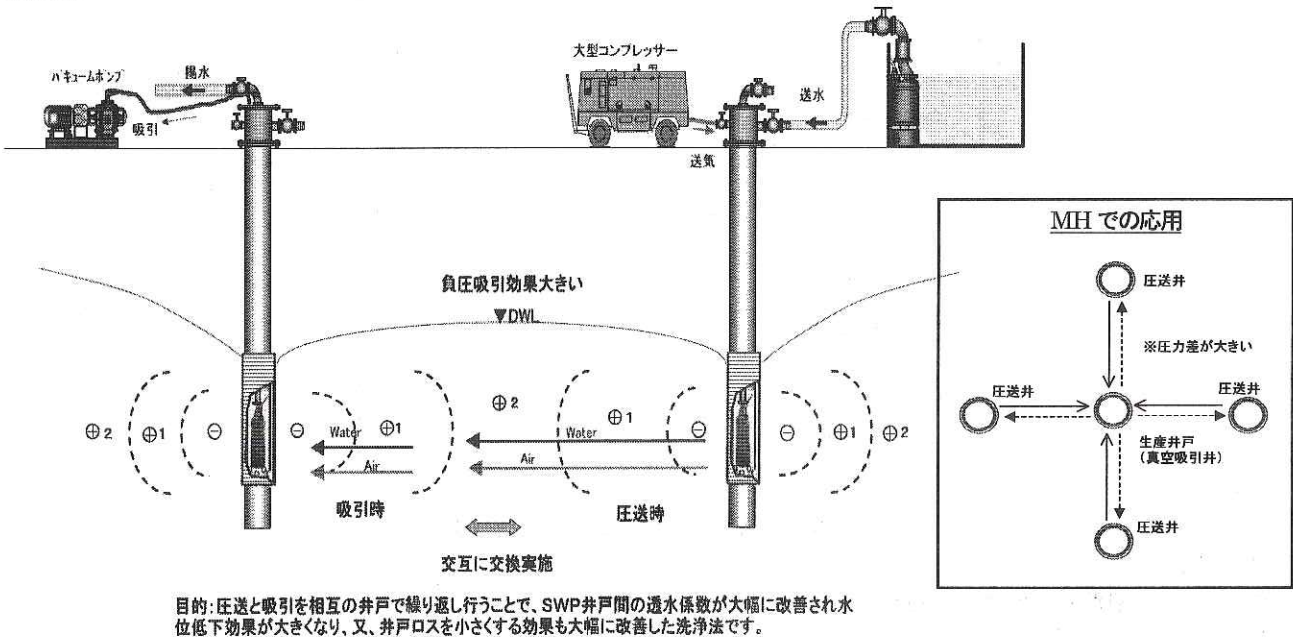


図5 相互Hi-Wai洗浄

b) リング Hi-Wai 洗浄

コスト面では、生産井の廻りに小口径の圧送井戸を設ける事で、MH の回収能力を向上させる事が出来る。

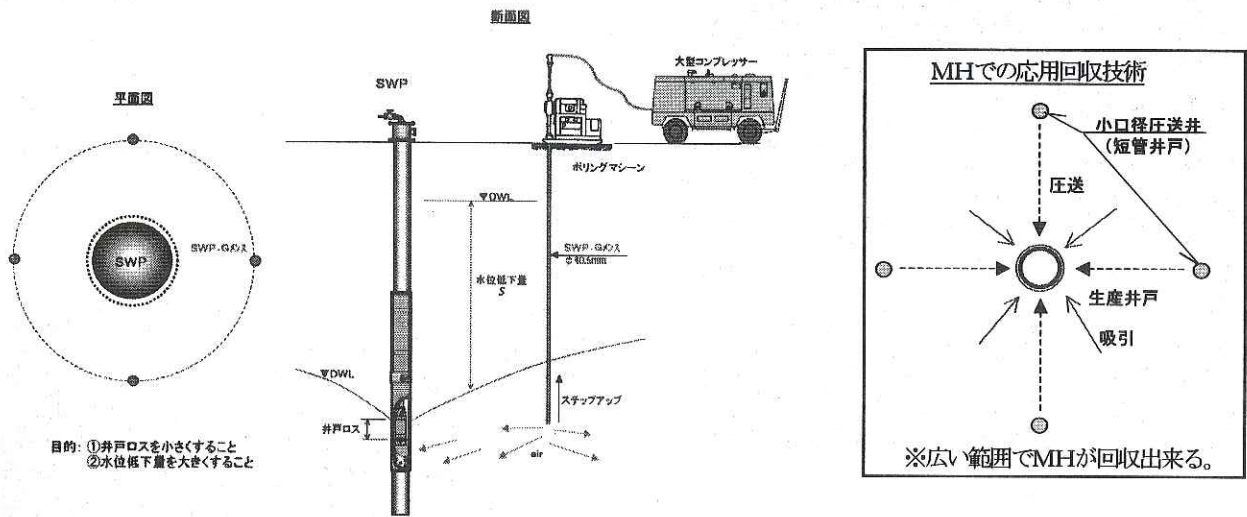


図6 リング Hi-Wai 洗浄

4) サンコポールL3でのゲルパッカーの採用

井戸のケーシング立て込み時に合わせてグラウトパイプ2本をケーシングパイプに沿えて、立て込み、スクリーンの上部に先端を設けて置く。その後、2液注入で有る、サンコポールL3 (セメント系薬液: ゲルタイム $t = 3\text{sec}$) を注入し、ゲルパッカーとして上部海水の流入を防止し、下部MH濃集層の負圧化による気化して回収する効率を高める。

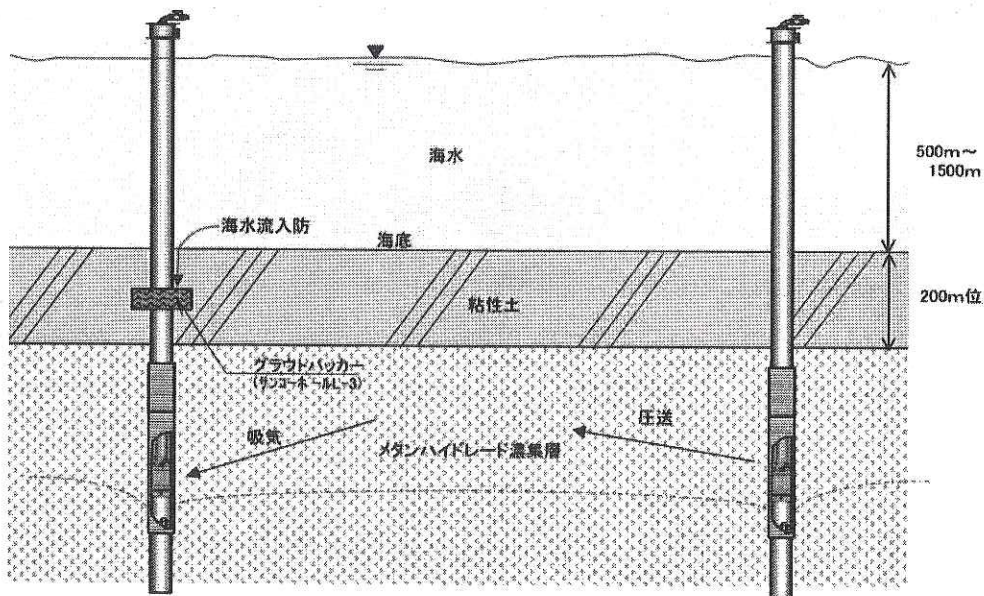


図7 サンコポールL3でのゲルパッカーの採用

4. あとがき

本工法は、陸上軟弱地盤では多くの実績を有している。今後海洋工事への適用について検討を行うつもりである。

参考文献

- 1) 尾崎哲二, 高橋茂吉, 中山比佐雄, 神野健二: 真空ポンプを利用した新しい地下水位低下工法, 土木学会誌vol.92 no.8, pp. 68~69, 2007.8