

添付資料 5

水理試験および地下水採水調査に係る委託仕様の例

以下に「原位置水理試験装置」、「センサー付き封圧採水装置」、「圧力変化低減型封圧採水装置（T型サンプラー）」、「ピストン式サンプラー」、昇降機、消耗品などを用いて実施する水理試験や、地下水採水調査などに係る委託仕様（例）を示す。本業務においては、仕様書の記載事項に加えて以下の内容を参考に、機構が今後実施する水理試験や地下水採水調査などを確実に実施できる各種装置を製造することを考慮し、本業務を遂行すること。なお、以下に示す「水理試験および地下水採水調査に係る委託仕様」は一例であり、実際の業務においては、本業務の成果を考慮した仕様に修正することがあることに留意すること。

1. はじめに

受注者は、NUMO が貸与する水理試験装置、地下水採水装置、およびこれに付随する各種装置類を用い、水理試験や地下水採水調査を行うこと。受注者は、NUMO が貸与する水理試験装置に精通したオペレータおよび岩盤を対象とした水理試験の管理を実施できる技術者を確保し、水理試験中は現場に常駐させて水理試験を行うこと。なお、貸与する水理試験装置に精通したオペレータが確保できない場合は、水理試験や地下水採水調査の開始前までに、これらの装置に精通した技術者の下でトレーニングを受けるなどし、貸与する水理試験装置や地下水採水装置を操作できること。もしくは、これらの装置に精通した技術者による、複数個所での水理試験や地下水採水調査などが実施できる体制を検討すること。

また、NUMO が貸与する水理試験装置や地下水採水装置について、業務を受託後、もしくはボーリング孔を利用した水理試験開始前までに、水理試験装置および地下水採水装置が所期の性能を満たすことを確認すること。その結果、水理試験装置および地下水採水装置が十分に性能を満たさない場合は、水理試験装置および地下水採水装置のメンテナンスを行うこと。

2. 貸与物件

2.1. 貸与条件

- 1) NUMO が貸与する水理試験装置、地下水採水装置などを利用して水理試験や地下水採水調査などを実施できる要員を確保すること。
- 2) NUMO が貸与する水理試験装置は、水理試験および地下水採水調査の実施期間を短縮する観点から、一部機能を共有しているものである。
- 3) 貸与する水理試験装置の操作マニュアルを貸与するが、受託者はこれらの複製を行わないこと。また、本業務終了後に当該マニュアルを返却すること。
- 4) 受託者は、NUMO が貸与する水理試験装置、および地下水採水装置が所定の機能や性能などを有することを確認するための作動試験を実施すること。なお、具体的な確認方法、試験方法、品質管理基準などは、マニュアルに記載した事項および本仕様に示す項目とする。
- 5) 受託者は、NUMO が貸与する水理試験装置および地下水採水装置などを、NUMO が指定する場所から試験装置の性能確認試験を実施する場所へ運搬すること。なお、複数の水理試験装置の性能確認試験を行う場合あるため、NUMO および受託者間で性能確認試験の日程を調整すること。
- 6) NUMO は、水理試験装置が抑留、故障などにより、水理試験や地下水採水調査の継続が困難となった場合に備え、予備の水理試験装置を準備する計画である。なお、予備機が 1 機のため、既に他の調査に利用している場合は、協議するものとし、必要に応じて契約図書に従って対応するものとする。
- 7) 水理試験装置や地下水採水装置などに抑留や故障などが生じた場合は、NUMO が指定する工場などへ当該装置を回収して必要な確認が終了した後、48 時間以内に国内の指定した場所へ搬送できること。

2.2. 水理試験装置

NUMO が貸与する水理試験装置は、以下の仕様を満たすものである。受託者は、本業務を受託後速やかに水理試験装置の貸与に係る手続きを進め、調査開始前までに以下の作動確認試験を実施し、所定の性能を有することを確認すること。作動確認試験の費用は、本業務に含むものとする。

また、作動確認試験により所定の性能が確認できない場合は、その状況を NUMO に報告して水理試験装置のメンテナンスを実施すること。なお、メンテナンス費用は、別途、NUMO にその内容および概算費用

を提出して NUMO とメンテナンスに係る契約変更などの必要な手続きを行った後に実施すること。

1) ボーリング孔内部

- (1) 水理試験を実施するボーリング孔は、ボーリング孔の掘削径である PQ サイズ（約 123mm）および 6-1/4"（約 160mm）に孔径拡大を考慮して 220mm～240mm のボーリング孔径となることが想定されることから、この様なボーリング孔径に適用できて水理試験の実施、水理試験データの品質に影響を与えない水理試験装置を貸与する。
- (2) 受託者が本仕様書に基づいてボーリング孔の掘削孔径の拡大に十分な能力が無く、孔径拡大への対応策を実施しなかった場合は、本水理試験装置に適用可能なパッカーを準備して孔径拡大に対応すること。
- (3) 貸与する水理試験装置は、ボーリング孔の孔壁が崩壊することが想定される場合に、水理試験装置の孔内部が抑留された場合でも、圧力計、バルブ類などの孔内装置が回収できる構造を有している。水理試験中に水理試験装置が抑留などした場合は、その構造を十分に考慮して可能な限り水理試験区間に設定したセフティジョイントで切断し、水理試験装置を回収できるように努めること。なお、最終的な回収方法は、技術監理責任者および NUMO の承諾を得て決定するものとする。
- (4) 孔内状況により残置物が回収困難となった場合、残置物をボーリング孔内に残すことの可否について技術監理責任者と協議すること。また、これによりボーリング調査の継続が困難となった場合については、その原因を明確にするとともに、受託者に責がある場合は、受託者によりボーリング孔掘削のやり直しなどの対応が必要となる可能性がある。
- (5) 貸与する水理試験装置は、孔内部に水理試験区間の圧力を制御するための閉鎖機構（メインバルブと呼ぶ）を有している。このメインバルブは、パルス試験、スラグ試験、揚水試験、およびそれぞれの試験後の回復過程において水理試験区間と水理試験用ロッド（試験実施深度に挿入するパイプ）内の圧力を完全に遮断できるものである。
- (6) 水理試験時は、メインバルブの開閉を地上からの操作により瞬時、任意の時間、タイマーなどで動作可能な機能を有している。
- (7) 水理試験区間は、シングルパッカーまたはダブルパッカーにより設定でき、ダブルパッカー使用時は、水理試験区間の上下のパッカーを個別に拡張／収縮が可能である。
- (8) 各パッカーは、スライディングパッカーとなっており、パッカー上下の差圧は 3MPa 程度まで対応できる構造となっている。
- (9) 水理試験における計測項目のデータを 1 秒程度の間隔で取得でき、かつ地上においてその変化を逐次確認できるシステムとなっている。また、これらのデータは、インターネットを介してリアルタイムで確認できる機能を有している。ただし、試験区間の下位（下部パッカー下方区間）、および試験区間の温度についてのみ、試験終了後にそのデータを確認できる。
- (10) 試験区間下位、試験区間、試験区間上位、および水理試験用ロッド内のメインバルブ上部の水圧は、全て水晶振動式の圧力計（測定範囲 0～15MPa、精度±0.01%FS.以内）により計測することを基本とした装置である。ただし、これらのセンサーの耐熱温度を超過する場合は、冷却システムや NUMO が指定する試験方法で対応できる構造となっている。
- (11) 水理試験用ロッドは、内径が均一で 60t 以上の引張強度を有するものであり、抑留時などに相当の引き上げ荷重を負荷できる構造となっている。受託者は、事前に水理試験装置を確認し、抑留時の回収機構を検討し、必要に応じて回収ツールの準備や水理試験装置の回収機構の追加改造などを行うこと。ただし、現状で改造が不要な場合は、本項を無視して構わない。
- (12) 水理試験用ロッドは、ネジ部からロッド内とボーリング孔との水の移動、圧力伝搬が生じない遮蔽機構と能力を有している。ただし、試験開始前までに、接合部を対象として各水理試験用ロッドを任意に抽出し、10 箇所の接続部でリークチェックを行うこと。なお、可能な場合は、大深度のボーリング孔を準備し、全長に及びリークチェックすることが望ましい。
- (13) 水理試験用ロッドは、所定の能力を有する揚水ポンプを設置（組み込み、もしくは水理試験用ロッド内部へ挿入）できる構造を有している。

- (14) 泥水中における水理試験では、水理試験開始前に試験区間内の泥水を清水（水道水）などより洗浄・置換することがあるため、水理試験用ロッドを含む水理試験区間への注水・揚水経路は十分な配管径を有している。清水（水道水）などにより試験区間を洗浄する際は、メインバルブを開けた状態で深度相当の水圧に 1~2MPa を加圧し、400L/min 以上の流量を送水できるものとなっている。
- (15) 水理試験を実施する際は、ボーリング孔内が泥水に満たされた状態で実施することが想定される。本業務では、高アルカリ性の性質を有するシリケート泥水、およびこれを剥離するために酸性からアルカリ性の溶液を利用することが想定されるため、これらへの耐腐食性を有している。
- (16) 揚水ポンプの最小揚水量は 0.1L/min 以下、最大揚水量は 50L/min 程度とし、揚程は 100m 以上を有する。これらの揚水量を一つ、もしくは複数のポンプを組み合わせることで制御できる構造である。
- (17) 揚水ポンプは、地上における物理化学パラメータのモニタリングのための測定装置と直接接続可能な構造を有しており、試験の進捗に応じて適切な流路となる様に設定を変更すること。
- (18) 水理試験区間の水圧（水頭）がボーリング孔の孔口よりも高い状態においてはポンプもしくはバルブの制御により揚水流量、圧力などを調整できる機能を有している。もしくは、一定の高さで湧水を行う定圧湧水試験を実施できる機能を有している。
- (19) 試験区間の地質環境の状況により、注水もしくは加圧による水理試験を実施することがあることから、これらの水理試験を実施できる機能を有している。
- (20) 受託者は、貸与する水理試験装置では、対応が困難な場合においても適切な水理試験が実施できるように、水理試験の実施に係る知識を有する技術者を配置すること。
- (21) 受託者は、貸与する水理試験装置に追加の機能や部品が必要となった場合に、速やかにこれらを手配できる体制を構築しておくこと。追加の機能や部品が必要となった場合は、技術監理責任者との打合せを行い、契約図書に基づく契約変更を実施した後に、作業などを行うこと。
- (22) 受託者は、人災、環境への影響などが生じる場合は、速やかにこれらの低減措置を講じるとともに、遅滞なく契約図書に基づく契約変更を実施すること。

2) 地上部

- (1) 水理試験装置の地上部は、水理試験装置を制御するためのシステム、孔内部のパッカー拡張、バルブの開閉などの動力、各種通信ケーブルなどから構成される。
- (2) 水理試験装置には、揚水時に地上において地下水の物理化学パラメータの測定、地下水採水、ガス採取などが可能な機能が付随している。水理試験の揚水試験中は、水理試験に影響を与えない程度に、地下水の地球化学的調査を実施するものとする。
- (3) 揚水量、地下水の物理化学パラメータ、ガス流量などは、リアルタイムで計測を行い、全てのデータが 1 秒毎に計測され、所定のパソコンなどに記録されるシステムとなっている。
- (4) 水理試験中は、試験方法に適した解析方法により、リアルタイムで試験状況および水理特性を確認できる機能を有している。また、これらの解析結果は、インターネットを通じてボーリング調査現場以外からも確認をすることができる。
- (5) 孔内部の駆動に必要な圧力は、国内の法令に合致した方法、装置により確保されていることを確認すること。具体的には、パッカーの拡張圧力を安定させるための圧力加圧装置（アキュムレータなど）、メインバルブを開閉するための圧力を供給するための圧力容器などは、安全性を考慮しているが、受託者は作業開始前までに、これらの安全性を確認するとともに、人災などの事故が生じない場所に設置すること。
- (6) 気象条件により地上部が影響を受ける可能性が有るため、NUMO が貸与する大気圧計、温度計、湿度計などを、NUMO が指定する場所に設置して計測すること。
- (7) NUMO が貸与する地上部の装置に含まれるパッカーの拡張圧力、温度、揚水流量、累積揚水量などを連続的に計測するためのセンサーを漏れなく設置すること。
- (8) 地上における物理化学モニタリングおよび採水作業を考慮し、孔内部と地上部の配管を行うこと。

この際、地上部はステンレスチューブを用いた配管を基本とし、必要に応じて PEEK（ポリ・エーテル・エーテル・ケトン）チューブによる配管を併用すること。ナイロンチューブの使用は、基本的に使用を認めない。なお、NUMO が貸与する資材では、長さなどが不足する場合は、受託者が必要な資材（消耗品）を準備すること。

- (9) 物理化学パラメータを測定するセンサーや採水ボトルなどの予備品や消耗品は、受託者が準備すること。

3) 水理試験装置の各部品について、以下の確認を行い、整備結果を記録として残すこと。

- (1) 水理試験用ロッドの内部の表面に腐食、および泥水の付着などが認められないこと。腐食が認められる場合は、該当する水理試験用ロッドを使用しないこと。泥水の付着が認められた場合は、これを洗浄すること。
- (2) 各圧力計、温度計、流量計などの校正を行うこと。
- (3) 接続部などからの漏洩がないことを確認すること。
- (4) 地下水の採水調査を行う場合は、水理試験装置と地下水の採水調査に係る各装置との間に不具合がないことを確認すること。
- (5) 水理試験装置からデータ転送が遅滞なく行われることを確認すること。また、時刻の修正を必要に応じて行うこと。時刻は、別途、本変更仕様書で示すとおり、本現場において取得されるデータに対する時刻を常に GPS もしくはインターネットにより同期を図ること。
- (6) 水理試験装置の挿入前に、水理試験用ロッド、パッカーなどの長さをネジの接続を考慮して測定し、圧力計、メインバルブなどの設置深度を 1cm 以下の精度で管理すること。
- (7) その他作動確認試験の内容を記載すること。

2.3. 地下水採水装置

NUMO が貸与する地下水採水装置は、以下の仕様を満たすものである。受託者は、本業務を受託後速やかに地下水採水装置の貸与に係る手続きを進め、調査開始前までに以下の作動確認試験を実施し、所定の性能を有することを確認すること。作動確認試験の費用および地下水採水装置に係る消耗品の準備は、本業務に含むものとする。

また、作動確認試験により所定の性能が確認できない場合は、その状況を NUMO に報告して地下水採水装置のメンテナンスを実施すること。なお、メンテナンス費用は、別途、NUMO にその内容および概算費用を提出して NUMO とメンテナンスに係る契約変更などの必要な手続きを行った後に実施すること。

3. 試験区間の選定

- 1) 水理試験および地下水の採水対象区間（試験区間と呼ぶ）の選定は、NUMO の技術監理責任者との打合せにより決定する。その際、ボーリング孔の掘削深度までのコア観察、物理検層、流体検層などの結果をとりまとめた資料を試験区間選定に係る打合せまでに作成すること。
- 2) ボーリング孔掘削、コア観察、物理検層、流体検層などの結果をもとに、NUMO が選定した水理試験区間について、試験区間の状況などを確認して水理試験を安全に実施できる試験区間の選定や試験方法などの技術支援を行うこと。
- 3) ボーリング孔掘削時に大量の逸水・湧水が確認された場合、計画深度以外でのケーシングパイプを設置する場合など、水理試験および地下水の採水調査の実施が必要と判断される場合は、ボーリング孔掘削を中断するとともに、水理試験および地下水の採水調査を実施することがある。

4. 水理試験の実施

水理試験の実施方法は、以下を原則として水理試験区間の透水性や間隙水圧などの状況に基づき、都度、技術監理責任者との打合せにより、試験方法や試験条件などを設定すること。なお、地質環境の状況により、注水試験を実施することがある。

- 1) 水理試験期間中は、24 時間で試験を実施できるように必要な要員を配置すること。
- 2) 水理試験装置の挿入・移設
 - (1) 水理試験装置の挿入・移設は、メインバルブを閉じた状態で実施することを基本とする。
 - (2) 水理試験装置のロッド中に水を注水する場合は、所定のトレーサーを添加した清水（水道水）を使用すること。ボーリング孔の状況によっては、泥水の利用も可能とする。
 - (3) 水理試験装置の挿入作業は、深度 300m 程度までを 1 日（12～15 時間）で終わるとともに、間隙水圧の計測を開始すること。また、深度 300m 以深から 1,000m 程度までを 1 日（12～15 時間）で終わること。これは、水理試験装置の孔内部の準備に時間を要すものの、ロッドの挿入については、時間が短くできると想定したものである。なお、水理試験装置挿入用ロッドの最初の接続に時間を要するため、最初の挿入については、この時間である必要はないが、水理試験装置挿入用ロッドを掘削ロッドと同様に長尺で保管できる場合は、時間短縮を図ることが出来るように工夫すること。
- 3) パッカーの拡張
 - (1) シングルパッカーまたはダブルパッカーにより、水理試験区間の区間長を任意に設定できること。
 - (2) 水理試験区間の泥水を清水（水道水）により置換する必要がある場合は、ボーリング孔の孔壁の泥水を剥離するための作業を実施すること。具体的な実施方法は、以下のとおりとする。
 - ① 所定の深度まで試験装置を挿入後、下部パッカーを拡張すること。
 - ② 当該試験区間の泥水の状態を考慮して、洗浄水として用いる清水（水道水）や泥水剥離のための試薬の pH および pH を調整する試薬の濃度を決定すること。
 - ③ 洗浄水は、試験区間の体積を考慮して試験区間の泥水を、上部パッカーの上部まで押し上げる量を短時間で送水すること。
 - ④ 所定の洗浄水を送水後、上部パッカーの拡張により試験区間を閉塞し、間隙水圧測定を開始すること。
- 4) 間隙水圧計測
 - (1) 試験区間を閉塞後から試験装置のメインバルブを閉塞した状態で、試験区間の間隙水圧が安定するまで計測を行うこと。
 - (2) 間隙水圧計測の終了時間は、技術監理責任者による確認を得ること。
- 5) パルス試験の実施
 - (1) パルス試験の試験条件および試験の実施方法は、技術監理責任者と打合せして決定すること。
 - (2) パルス試験では、試験区間を加圧または減圧した後、孔内バルブ閉塞状態における圧力回復を計測すること。
 - (3) 試験区間を加圧または減圧する前後における試験区間への注水量または排水量（ Q_p ）を計測すること。
 - (4) パルス試験で計測した圧力回復に理論式を適用して透水係数の速報値を算出すること。
- 6) スラグ試験の実施
 - (1) パルス試験の結果、試験区間の透水性が高いと判断される場合には、スラグ試験を行うこと。
 - (2) スラグ試験の試験条件および試験の実施方法は、技術監理責任者と打合せをして決定すること。
 - (3) スラグ試験では、試験区間を加圧または減圧した後、孔内バルブ開放状態における水位回復を計測すること。また、水位が 30～50%程度まで回復した後、孔内バルブを閉鎖して圧力回復を計測すること。
 - (4) スラグ試験で計測した水位回復および圧力回復に理論式を適用して透水係数の速報値を算出すること。

(5) 本業務では、透水性が低い場合でもスラグ試験を実施する可能性がある。

7) 揚水試験の実施

- (1) スラグ試験の結果、揚水試験が可能と判断される場合には、揚水試験を実施すること。
- (2) 揚水試験の試験条件および試験の実施方法は、以下を基本として詳細は技術監理責任者と打合せを行い決定する。
- (3) 揚水ポンプ、揚水流量を計測するための機器および揚水流量の調整が必要な場合は、そのための機器を設置すること。
- (4) 揚水試験の揚水流量は、パルス試験とスラグ試験の結果に基づいて計算し、技術監理責任者と打合せを行い決定する。
- (5) 揚水ポンプは、NUMO から貸与する揚水ポンプを利用するものとし、技術監理責任者と打合せを行い利用する揚水ポンプを決定する。
- (6) 揚水試験では、一定の揚水流量で試験区間の地下水を揚水し、このときの試験区間の圧力変化を計測すること。
- (7) 水理試験中は、水理試験の成立性を確認するためのデータを整理し、技術監理責任者による確認を得た後に、メインバルブを閉鎖するとともに揚水を停止して圧力回復状況を計測すること。揚水試験実施中は、フローモデルなどを考慮した解析を実施し、適切な揚水継続時間および圧力回復の計測時間を算出すること。
- (8) 試験区間の間隙水圧、透水量係数および貯留係数などの水理定数を算出すること。
- (9) 揚水試験中は、揚水流量を計測した後に物理化学パラメータのモニタリングを地上において実施すること。ただし、水理試験後に実施する地下水採水調査では、地上部の配管を変更する場合がある。
- (10) 物理化学パラメータは、1 分間隔で所定の計測システムに記録されていることを確認すること。
- (11) 物理化学パラメータのモニタリング中に異常が生じた場合は、モニタリング装置のメンテナンスを行うこと。
- (12) 電極の異常や破損に備えて、受注者は予備の電極を準備しておくこと。
- (13) メンテナンスを行った場合は、作業時間と作業内容を記録に残すこと。
- (14) 10 分以上のデータ欠測が生じる場合は、5 分毎に目視などにより記録を取ること。
- (15) 揚水した地下水試料中のトレーサー濃度が初期濃度の 30%までは、3 時間毎にトレーサー濃度を測定すること。トレーサー濃度が 30%以下になった場合は 1 時間毎に測定すること。
- (16) 揚水した地下水の採水を行い、所定の水質分析を 1 日 1 回実施すること。

5. 水理試験データの評価・解析

1) 理論式に基づく解析

パルス試験、スラグ試験、揚水試験などで計測した水圧変化、流量などのデータを試験中は、において準備する現場情報共有システムに転送し、理論式を適用した透水係数などの算出を行うこと。

2) 簡易解析

水理試験終了後は、地下水の水理場の検討を行うために TNP (Transmissivity Normalised Plot) 解析による評価を行うこと。

3) 標準解析

水理試験終了後は、潮汐等のデータ補正の要否・方法、診断プロット (Diagnostic plots)、試験区間における間隙水圧、水理パラメータ (透水量係数および透水係数)、推測されるフローモデルおよび境界条件、水理試験のシミュレーション結果を資料にとりまとめること。

4) 詳細解析

水理試験終了後は、潮汐等のデータ補正の要否・方法、診断プロット (Diagnostic plots)、試験区間における間隙水圧、水理パラメータ (透水量係数および透水係数)、推測されるフローモデルおよび境

界条件、水理試験のシミュレーション結果、摂動解析（Perturbation analysis）結果、試験区間を代表する透水係数および透水量係数の値とその推定誤差範囲、残差解析（Residual analysis）および感度解析（Sensitivity analysis）結果を資料にとりまとめ、技術監理責任者に提出すること。詳細解析は、標準解析により得られた解析結果を考慮して3点以上の深度において実施すること。

簡易解析、標準解析、および詳細解析については、国内外の専門家や技術監理責任者などと検討し、試験データの品質、記録の十分性などを考慮して実施の可否を含めて決定する。なお、各掘削段階で実施する水理試験終了後は、速やかに本項に記載するデータ整理や解析などの検討を進め、品質管理に必要な情報についてこれの過不足を確認し、次段階におけるボーリング孔掘削、水理試験などの実施方法の変更などを検討すること。

6. 品質管理

- 1) 水理試験結果の解析と品質管理を目的として、以下の情報を記録・整理すること。
ボーリング孔の掘削状況、水理試験開始時までの作業内容、およびボーリング孔内の水位変化
- 2) 水理試験に係る全ての作業の記録
 - (1) 試験の開始、終了にかかわる作業と時間
 - (2) 測定中に実施した地上作業と時間
 - (3) 各試験の設定条件と実際の水頭差や揚水流量などの試験条件
- 3) ボーリング孔の形状（キャリパー検層結果）
- 4) 試験装置の各ユニットの剛性などの試験結果の解析に必要な情報
- 5) 試験実施区間、各ユニットの設置深度が確認可能な装置構成表
- 6) 技術監理責任者が品質管理において必要な項目として指定したもの。ただし、著しく費用が発生する場合は、協議を行い契約図書類に従って対応すること。

7. 地下水の採水調査

ボーリング孔から地下水を採水するために、以下の機能および性能を有する装置を NUMO から貸与する。

- 1) 孔内部
 - (1) 孔内における地下水採水装置（以下、原位置採水装置）は、原位置における物理化学パラメータの計測ができ、かつ原位置の圧力を保持した地下水の採水が可能な機能を有している。
 - (2) モニタリング結果は、リアルタイムでシステムにデータ転送が可能となっている。
 - (3) 原位置採水装置は、水理試験用ロッドに挿入可能である。
 - (4) 気相が混入した流体の揚水が可能なポンプ（例えば、モイノ式ポンプ）を使用した場合においても、水理試験で設置したパッカーを開放することなく、原位置採水装置を水理試験用ロッド内部に挿入できる構造を有している。ただし、受託者の責により原位置採水装置を水理試験装置のパッカーを開放した後に同じ区間に設置する場合は、水理試験として実施した揚水試験と同等の揚水期間の揚水を受注者の責により実施すること。
 - (5) 原位置採水装置は、掘削水の排水のための流路と原位置における物理化学パラメータのモニタリング、および原位置での地下水採水のための流路を切り替える構造を有している。
 - (6) 原位置採水装置を挿入する試験ロッドは、65t 以上の引張強度を有している。また、試験区間から揚水された地下水が接する面には、樹脂コーティングなどの防錆処置を施し、試験ロッドが地下水に与える影響を低減させる構造となっている。
- 2) 地上部
 - (1) 地上部は、揚水した地下水の物理化学パラメータが連続して測定できる機器を、可能な限り短い流路となる様に接続すること。
 - (2) 孔口から物理化学パラメータのモニタリング機器までの配管は、NUMO から支給する資機材で不

足する場合は、受託者がこれらの消耗品を準備すること。この際、大気の混入を防止可能なステンレスチューブを基本とし、必要に応じて PEEK（ポリ・エーテル・エーテル・ケトン）チューブによる配管を併用するようなシステムとすることが望ましい。ナイロンチューブは、大気の混入が起きる可能性が高いため、基本的に使用不可とする。ただし、ナイロンチューブをやむを得ず使用する場合は、水理試験および地下水の採水調査に影響がないと判断される場所にのみ使用を許可するものとし、事前に技術監理責任者の承諾を得ること。

- (3) 地上部では、大気圧下で遊離した気相の流量を計測する機構を設けるなどして、ガス水比を測定することができる機能を有している。
- (4) 全ての計測項目は計測と同時に地上でモニタリングでき、データを収集するシステムにデータ転送が可能となっている。また、システム上に時系列グラフなどが表示できるようになっている。
- (5) 地下水の採水調査では、一般水質、微生物、有機物、コロイド、ガス試料などを採取することから、孔口から物理化学パラメータのモニタリング装置、および排水までの経路において、採水を実施できる場所を設置すること。この際、物理化学パラメータのモニタリングの品質への影響を考慮すること。
- (6) 本モニタリングに必要なセンサーなどの消耗品、予備のフローセル、配管、校正液などは受注者が準備すること。

8. 地上における物理化学パラメータのモニタリング

地上において揚水した地下水の物理化学パラメータを、以下に留意して測定すること。

- 1) 物理化学パラメータは、1 分間隔で計測してシステムに登録できる機能を有している。受注者は、これらの機能が正常に作動することを、事前に確認すること。
- 2) モニタリング中に異常が生じた場合には、モニタリング装置のメンテナンスを行うこと。
- 3) 受注者は、電極の異常や破損に備えて予備の電極などを準備すること。
- 4) メンテナンスを行った場合は、作業時間と作業内容を漏れなく記録すること。
- 5) 10 分以上のデータ欠測が生じる場合は、5 分毎に目視などにより記録を取ること。
- 6) 地上における物理化学パラメータは、水理試験および地下水の採水調査において揚水される以下の過程で実施すること。
 - (1) 水理試験として実施する揚水試験中（揚水過程）
 - (2) 地下水の採水調査として実施する揚水作業
 - (3) 長期採水作業
- 7) 揚水した地下水試料中のトレーサー濃度が初期濃度の 30%までは、3 時間毎にトレーサー濃度を測定すること。30%以下になった場合は、1 時間毎に測定すること。
- 8) 揚水した地下水の採水を行い、指定する水質分析を 1 日 1 回実施すること。

9. 原位置における物理化学パラメータのモニタリング

地下水採水調査に係る物理化学パラメータのモニタリングの手順は以下の通りとする。

- 1) 揚水流量は、水理試験の結果に基づいて計算し、技術監理責任者との打ち合わせにより決定すること。
- 2) 孔内採水装置のポンプを用いて一定流量で試験区間の地下水を揚水し、原位置と地上における物理化学パラメータを計測すること。また、大流量で揚水が可能な場合は、トレーサー濃度が十分に低下するまで、地上からのポンプを利用して揚水することが出来るものとする。この場合において、物理化学パラメータを計測可能なセンサーを挿入可能な場合は、これを挿入するものとする。
- 3) 地上において揚水した地下水中のトレーサー濃度が初期濃度の 30%までは、3 時間毎に測定すること。30%以下になった場合は、1 時間毎に測定すること。
- 4) 揚水された地下水試料について、指定する水質分析を 1 日 1 回実施すること。
- 5) 揚水は、トレーサー濃度が初期濃度の 1%以下になるまで実施することを基本とする。ただし、トレーサー濃度が 1%以下まで低下する期間が長いと判断される場合は、技術監理責任者と協議を行いその決

定に従うこと。

- 6) データに異常が生じた場合には、地下水採水装置のメンテナンスを行うこと。この場合は、メインバルブを閉鎖して試験区間に試験ロッド内の水が混入しないこと。
- 7) 物理化学パラメータは、1分間隔でシステムに登録していることを1時間毎に確認すること。
- 8) モニタリングに係る装置の故障に備えて、予備の部品類を受注者において準備しておくこと。

10. 地下水の採水調査

揚水中は、地上部において以下の通り地下水試料の採水を行い、別表に示す地下水の化学分析を行うこと。

- 1) 揚水開始直後に地下水を採水し、必ずトレーサー濃度の初期値を確認すること。
- 2) 揚水開始直後の地下水が試験装置の挿入時に使用した清水（水道水）と判断される場合は、3時間毎に測定を行うことで構わない。また、地下水と掘削水が混合した地下水試料になったと判断できる場合は、トレーサー濃度が初期濃度の30%までは、3時間毎に測定すること。30%以下になった場合は、1時間毎に測定すること。
- 3) 地下水水質を推定するための分析試料として利用するために、トレーサー濃度が初期値の10%低下するごとに、バックアップ試料を5L程度採水すること。
- 4) トレーサー濃度の低下が遅い場合は、技術監理責任者と打合せを行うこと。
- 5) 揚水された地下水試料について、別表に示す水質分析を1日1回実施すること。
- 6) 地下水の試料が十分に採水できない場合は、分析の実施項目について、技術監理責任者と協議した結果に従うこと。
- 7) 揚水終了前の地下水試料の採水
 - (1) トレーサー濃度および物理化学パラメータの各項目が安定したことを確認し、技術監理責任者が揚水試験を終了することを判断した後、本仕様書に示す地下水の水質分析などに必要な試料を、地上および原位置で地下水を採取すること。これら以外に技術監理責任者と協議して決定した地下水の試料量を確保した地下水の採水を行うこと。
- 8) 化学分析、同位体分析に供する地下水試料は、清浄なプラスチック瓶、ガラス瓶を共洗いして採水することを基本とするが、バケツなどに水没させて採取する項目もある。採取方法の詳細な手順などは技術監理責任者と打合せをしてその決定に従うこと。
- 9) 一般ガス分析用の試料は、地上に揚水した地下水に対して水上置換法もしくはヘッドスペース法を適用する。また、ガス量が少なく、採取に長時間かかると判断された場合はヘッドスペース法とする。
- 10) 水上置換法で被圧不活性状態のものを採取した場合は、ガス水比（大気圧換算）を測定すること。希ガスの採取については、専用の銅管に地下水を導入し、鋼製のクランプで銅管に封入する方法で採取を行う。採取方法の詳細な手順などは、技術監理責任者と打合せをしてその決定に従うこと。
- 11) 希ガス分析用の試料採取において、 K_r を用いた地下水年代測定に十分な地下水試料を確保できる可能性がある場合、溶存ガスを中空糸膜によって採取する作業を実施することがある。
- 12) 採水の開始に当たっては、その直前に物理化学パラメータ、およびトレーサーの濃度を計測すること。
- 13) 採水は例えば数百 ml/min などの流量で揚水できる場合は1日程度の作業となるが、0.1l/min などの低い流量の場合は数日に及ぶ可能性がある。具体的な作業期間については、技術監理責任者と打合せをしてその決定に従うこと。
- 14) 地下水の採水作業開始時においても、地下水試料中のトレーサー濃度、および物理化学パラメータを測定すること。
- 15) 本変更仕様書に示す期間において、地下水の採水が可能と判断されるまでトレーサー濃度の低下、および物理化学パラメータが安定しない場合は、技術監理責任者と打合せをしてその決定に従うこと。

11. 地下水の封圧採水

揚水終了後に試験深度相当の圧力でボトルに封入された地下水を採水すること。封圧採水は、原位置における採水装置の他に、地上および原位置における採水装置での採水を終了した後に、原位置まで採水プローブを

降下させて、試験深度相当の圧力でボトルに封入された地下水を採水するボトルなどを準備すること。

- 1) 原位置の圧力相当の水圧を保持した封圧試料の採水量は 5L を目安とする。ただし、試験項目により採水量および採水容器が異なることから、採水ボトルの素材、容量については、技術監理責任者と打合せを行い、その決定に従うこと。また、これらの採水容器は受注者が準備すること。
- 2) 別途指定する地下水の化学分析を行うこと。これによらない分析項目は、技術監理責任者に当該地下水試料を提出すること。
- 3) 微生物用の分析試料を採取するためのサンプルから採取を開始し、封圧サンプラーは、オートクレーブなどの滅菌処理を実施したものを使用すること。
- 4) 微生物用のサンプルを地上部で処理する場合は、技術監理責任者と打合せの上、大気中の酸素による酸化の影響を低減させる方法（グローブボックスなど）を検討して処理を行うこと。
- 5) 微生物用の試料採取終了後、一般水質分析、同位体比分析、有機酸の分析試料を採取すること。これらの分析試料は、孔内に封圧サンプラーを下ろし採取したものを地上において、ガラス瓶などの容器に入れ替えること。
- 6) Redox pair の分析試料については、大気中の酸素による酸化の影響を、低減させる方法を検討して分析を行うこと。
- 7) 封圧地下水試料中のガス組成およびガス量（ガス水比）を分析すること。

1 水理試験における測定項目の概要

	測定項目	測定範囲	測定位置	仕様の概要
1	下部パッカー下方区間の圧力 (P1)	0～15MPa	孔内部	● 水晶振動式の圧力計を基本とする。ただし、水晶振動式の圧力計の耐熱性が確保できない場合は、冷却もしくは耐熱性を有する同等品を利用できる。 ● 地上において 1 秒以下の測定間隔で連続計測できること ● 圧力計近傍の温度（補正用）を計測すること
2	下部パッカー下方区間の温度 (T1)		孔内部	● 分解能は 0.1℃ ● 試験終了後に、他の計測データと時間の整合が取れる場合は、連続モニタリングできる必要はない
3	試験区間の圧力 (P2)	0～15MPa	孔内部	● 水晶振動式の圧力計であること ● 地上において 1 秒以下の測定間隔により連続モニタリングできること ● 圧力計近傍の温度を計測すること
4	試験区間の温度 (T2)		孔内部	● 分解能は 0.1℃ ● 試験終了後に、他の計測データと時間の整合が取れる場合は、連続モニタリングできる必要はない
5	上部パッカー上方区間の圧力 (P3)	0～15MPa	孔内部	● 水晶振動式の圧力計であること ● 地上において 1 秒以下の測定間隔により連続モニタリングできること ● 圧力計近傍の温度を計測すること
6	上部パッカー上方区間の温度 (T3)		孔内部	● 分解能は 0.1℃ ● 試験終了後に、他の計測データと時間の整合が取れる場合は、連続モニタリングできる必要はない ● 圧力計近傍の温度で代用することも可能
7	試験用ロッド内の圧力 (P4)	0～15MPa	孔内部	● 水晶振動式の圧力計であること ● 地上において 1 秒以下の測定間隔により連続モニタリングできること ● 圧力計近傍の温度を計測すること
8	試験用ロッド内の温度 (T4)		孔内部	● 分解能は 0.1℃ ● 試験終了後に、他の計測データと時間の整合が取れる場合は、連続モニタリングできる必要はない ● 圧力計近傍の温度で代用することも可能
9	下部パッカーの拡張圧力 (PP1)		地上部	● 地上において 1 秒以下の測定間隔により連続モニタリングできること ● 上部パッカーおよび下部パッカーの加圧ラインが同じ場合は、1 箇所の計測で構わない
10	下部パッカーの加圧時の温度 (PT1)		地上部	
11	上部パッカーの拡張圧力 (PP2)		地上部	
12	上部パッカーの加圧時の温度 (PT2)		地上部	
13	揚水流量	0～50L/min	地上部	● 地上において 1 秒以下の測定間隔により連続モニタリングできること ● 揚水量に合致した流量計を用いること
14	総揚水量・累積揚水量		地上部	● 累積揚水量を把握すること ● 採水調査により採水を行った場合は、その量を記録に残すこと
15	ガス流量		地上部	● ガス流量を計測する場合
16	気象データ		地上部	● ボーリング調査現場内の 2 ヶ所程度において気温、大気圧、湿度などを計測