

수질공정시험기준
(지하수)
시료의 채취방법
(Collection of Samples)

ES 04731

2022

1.0 개요

1.1 목적

이 시험방법은 지하수 중에 각종 이온 및 오염물질을 측정하기 위해 시료를 채취 및 조제하는 방법을 설명한다. 지하수 시료 채취 목적이나 지하수공의 환경에 따라서 달라질 수 있으므로 아래의 내용 중에서 선택하여 사용할 수 있다.

1.2 적용범위

이 시험방법은 지하수 시료를 채취 및 조제하는 방법에 적용한다.

2.0 시료의 채취방법

2.1 시료채취의 일반적 요령

2.1.1 지하수 시료 채취의 목적은 현장 지하수 환경을 대표하도록 지하수 채취 및 운반 과정에서 지하수의 수질변화를 최소화하는 데 있다.

2.1.2 지하수 시료채취 방법은 사용 목적이나 지하수공 환경 (시료채취 장비의 적용 가능성, 지하수공의 위치, 기타 물리적 제한 요인 등)에 따라서 달라질 수 있다.

2.2 시료채취 전 준비

지하수 시료채취 현장에서 작업이 원활하게 이루어질 수 있도록 다음과 같은 사전 준비가 필요하다. 채취 지하수에 대한 자료 준비, 시료채취 도구 준비, 펌핑과 시료채취 시의 양수율과 양수량 결정, 현장 조사인원 구성, 대표 지하수공 선정 등의 준비가 필요하다.

2.2.1 채취 공에서 시료 채취를 위한 자료 준비

지하수 채취 공에서 시료 채취 작업을 위해 일반적으로 아래의 자료가 필요하다.

2.2.2.1 지하수공의 심도와 직경

2.2.2.2 케이싱의 심도와 재질

2.2.2.3 케이싱 안과 밖에 지하수공 인식 명 기록

2.2.2.4 지하수위, 최근 측정한 수리전도도 값 및 양수량

2.2.2.5 지하수 사용량

2.2.2.6 그라우팅 구간 및 성분

2.2.2.7 스크린 심도

2.2.2.8 기존 설치된 양수기의 종류 및 설치심도

2.2.2.9 시추기록 및 물리검층

2.2.2.10 최근 수질분석 자료

2.2.2.11 측정 지점 표시 (가능하면 내부 케이싱 탑)

2.2.2.12 좌표 측량

2.2.2.13 취수정의 용도 (음용, 생활, 농업, 공업 등)에 따라 지하수공 구분 및 관측정 파악

2.2.2.14 기타 관련자료 (현장기록부, 시료 인수인계서 등)

2.2.2 시료 채취 병 준비

2.2.2.1 분석 목적에 맞는 시료 병을 준비한다. 필요시 해당 시료를 분석할 실험자와 상의를 통해 추가 요구 및 필요사항을 반영한다.

2.2.3 여과도구 준비

2.2.3.1 여과도구 (호스, 여과통 등)에 집적되어 있을 수 있는 오염물을 깨끗이 세척한다.

2.2.4 시료채취 방법 결정

2.2.4.1 현장 수질측정 항목 (pH, 산화환원전위, 전기전도도, 온도, 알칼리도 등)과 각종 양이온과 음이온, 금속 성분, 자연 방사성물질 및 유기물을 분석 시에 적절한 시료채취 방법을 선택한다.

2.2.4.2 정밀한 분석 전에 스크리닝의 목적으로 그랩 (grab)시료 채취 방법을 선택할 수 있다.

2.2.4.3 지하수공에 양수기가 없는 경우 휴대용 양수기 또는 베일러를 사용한 시료 채취방법을 선택 할 수 있다 (그림 1).

2.2.4.4 베일러는 수위 상단에서부터 부드럽게 담가 시료채취하고, 시료는 적절한 시료채취 용기에 천천히 따라내어야 한다.

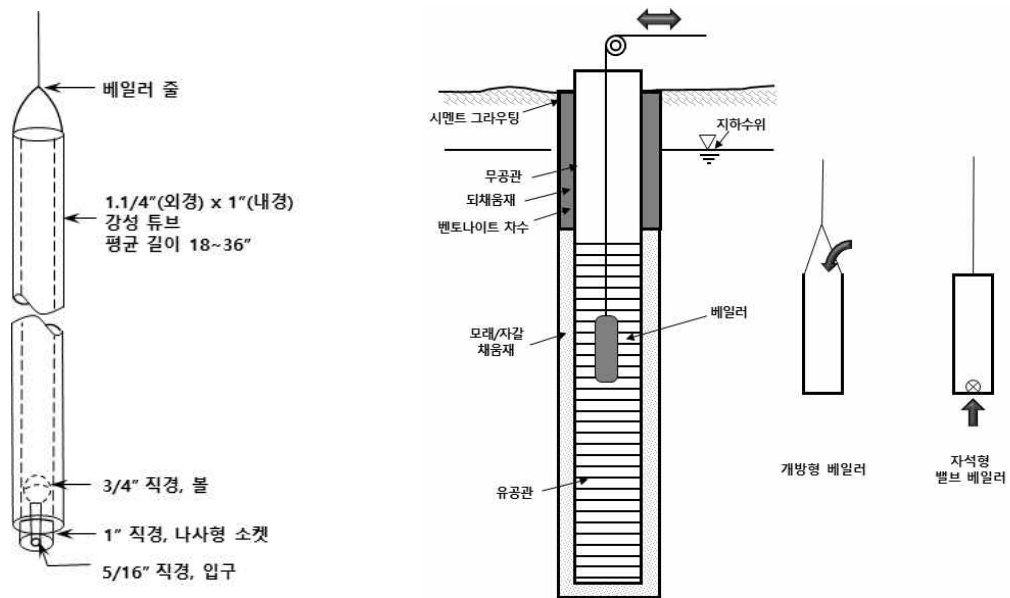


그림 1. 배일러

2.2.5 현장 수질 측정 장비 점검

2.2.5.1 수온, pH, 전기전도도, 산화환원전위, 용존산소, 알칼리도 등 현장 수질 측정 장비를 미리 준비하고 보정을 실시한다.

2.2.5.2 시료채취 도구와 부속품들이 지하수의 물리, 화학적 변화를 일으키지 않는 것으로 준비한다.

2.3 현장에서의 준비

2.3.1 대상 지하수공 확인

2.3.1.1 지하수공의 위치를 확인하고 조사대상 지하수공을 확인한다.

2.3.1.2 지하수공의 심도 및 지하수공이 설치된 지점의 지질을 파악한다.

2.3.1.3 충적층 및 풍화대 심도를 기재하며 좌표를 측정한다.

2.3.1.4 지하수를 채수할 수 있는지 확인하고 수중양수기 (submersible pump) 및

흡입형 (suction type) 양수기 등 설치된 양수기의 종류를 확인한다.

2.3.1.5 현장 측정 및 시료채취 대상 지하수는 양수한 지하수에 한정한다.

2.3.2 지하수공의 심도 측정

2.3.2.1 퍼징율이나 퍼징양을 결정하거나 케이싱과 그라우팅의 유지 판단을 위해서 심도 측정 장치를 이용하여 지하수공의 심도를 측정한다.

2.3.2.2 가능하면 지하수의 시료채취가 끝난 후 지하수공의 심도를 측정한다.

2.3.2.3 지하수공의 심도를 측정할 때 측정 추가 공저에 도달할 때 공저 퇴적물의 교란이 발생되지 않도록 또는 최소화할 수 있도록 한다.

2.3.2.4 지하수공의 심도를 측정할 때 퇴적물의 교란이 발생할 경우 지하수의 시료채취는 안정화된 후 (예 : 24 시간이 경과 후 등) 다시 실시한다.

2.3.3 지하수위 (depth to water table) 측정

2.3.3.1 지하수위는 기준점 (스틱업)으로부터 측정하여야 한다.

2.3.3.2 지하수위는 지하수위 측정지점을 빼서 계산한다.

2.3.3.3 측정시각 및 주변 지하수공에서의 양수 유무 등을 기록한다.

2.3.4 지하수 시료채취 지점 결정

2.3.4.1 양수기가 설치되어 있는 경우

2.3.4.1.1 지상 토출구 주변에서의 지하수를 채취하는 경우이며, 시료의 채취는 깨끗한 관을 이용하며 시료채취 중 오염이나 공기와의 접촉을 줄이도록 한다.

2.3.4.1.2 지하수공이 설치된 지점의 지표 부근에 시료를 채취하기 위한 수도꼭지가

달려 있을 경우에는 수도꼭지를 이용하여 시료를 채취하나 수도꼭지가 설치되어 있지 않을 경우에는 다른 도구를 사용하여 직수를 채취할 수 있는지를 판단한다.

2.3.4.2 양수기가 설치되어 있지 않은 경우

양수기가 설치되어 있지 않은 경우는 2.2.4.3의 휴대용 양수기 및 2.2.4.4의 베일러를 이용한 시료채취방법에 따른다.

[주 1] 베일러 또는 휴대용 양수기를 이용한 시료채취 시, 충분한 퍼징 후 외부 공기와 차단된 조건에서 시료를 채취한다.

2.3.5 소독약 투입여부 검토

2.3.5.1 지하수공 및 저수조 탱크에 소독약이 투입되고 있는지를 확인한다.

2.3.5.2 다중 이용 지하수일 경우 물탱크나 지하수공 내에 직접 소독약을 투입하는 경우가 있는데 이 경우 현장수질과 수질분석 결과가 일부 달라질 수 있다.

2.3.5.3 소독약 투입 장치가 가동되고 있지 않더라도 냄새를 맡아 소독약 투입 여부를 판단한다.

2.3.5.4 현장 수질측정 시 전기전도도, 산화환원전위 등의 측정을 여러 번 하여 소독약 투입 여부를 판단할 수 있다.

2.3.6 직수임을 확인

2.3.6.1 양수하고 있는 지하수가 직수임을 확인해야 한다. 때로는 지하수를 양수하고 있는 것처럼 보이지만 배수지 물탱크에서 역류되어 양수될 경우가 있다.

2.3.6.2 직수임을 확인하는 방법으로 현장수질 측정값과 기존 자료가 유사한지를 비교한다. 직수가 아닐 경우 온도, 산화-환원전위, 용존산소량 등의 현장 측정값이 기존 측정값과 달라진다.

3.0 퍼징 (purging)

3.1 목적

3.1.1 퍼징은 지하수공 내 고여있는 물 (well bore storage)을 제거하고, 실제 대수층 내 지하수의 채취를 위해 실시한다.

3.2 일반사항

3.2.1 일반적으로 지하수공 부피의 3 배 ~ 5 배를 퍼징하나, 현장 조건 (지하수 심도, 수리지질학적 특성, 관정 그라우팅 여부 등), 시료채취 목적 및 방법 (사용장비 등)에 따라 그 양은 변동될 수 있다. 퍼징은 지하수 수질이 안정화될 때까지 수행한다.

[주 2] 지하수 수질 안정화에 대한 판단은 현장측정항목을 3 분 ~ 5 분 간격으로 3 회 연속 측정하고, 그 결과의 비교를 통해 결정한다. 수소이온농도 ± 0.2 , 전기전도도 $\pm 3\%$, 온도 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 산화환원전위 $\pm 10\text{ mV}$, 용존산소 10 % 이하의 오차 범위를 보이면 현장수질이 안정화된 것으로 판단한다.

3.2.2 퍼징 시 지하수공 내 수질의 교란이 최소화되도록 해야 하고, 취수구는 스크린구간 대수층에 위치하도록 하며 지하수위 강하량은 0.1 m을 넘지 않도록 한다. 또한, 장비의 우발적인 접촉으로 인한 오염을 방지 또는 최소화하기 위해 가능하면 깨끗한 플라스틱 시트 위에 장비를 구비하여 사용한다.

[주 3] 스크린 구간 위에 지하수가 고여 있을 경우 배수시켜야 하고, 지하수위가 스크린 구간 위에 있을 경우 양수기를 지하수위면 주변에 두고 점차 아래로 내린다. 지하수위가 스크린구간 내에 있을 경우 양수기를 지하수위면 아래에 두어 공기가 양수기로 유입되지 않도록 한다. 이때 양수기는 공저의 퇴적물을 교란하지 않도록 하며, 퍼징율은 2 인치 직경의 지하수공의 경우 $5.5\text{ m}^3/\text{d}$ 를 넘지 않도록 한다. 시료채취 시는 $0.72\text{ m}^3/\text{d}$ 를 넘지 않도록 한다.

3.2.3 퍼징을 포함한 양수 시 배출된 지하수는 지하수공으로부터 일정 거리 떨어진 곳으로 보내 채취 지하수공으로 재유입되지 않게 한다.

[주 4] 퍼징 및 지하수 시료채취 시 흡입양수기, 펄스스타틱 양수기 (peristaltic pump), 수중양수기, 베일러 등의 장비를 사용할 수 있고 양수량 조절이 가능해야 한다.

3.2.4 양수기가 어느 정도 지속적으로 작동하는 경우에는 퍼징을 제외할 수 있고, 간헐적으로 작동되는 양수기의 경우 일반적으로 15 분 ~ 30 분이 적절한

퍼징시간이다.

4.0 현장 수질 측정

4.1 현장 측정 준비

4.1.1 현장 수질의 pH, 온도, 전기전도도는 시료채취 전 수질의 안정여부 확인을 위해 사용한다.

4.1.2 현장수질 측정시 지면과의 우발적인 접촉으로 인한 오염을 방지 또는 최소화하기 위해 깨끗한 플라스틱 시트에 장비를 구비하여 사용한다.

4.1.3 전기전도도, 용존산소 및 알칼리도 등 현장측정은 시료채취와 동시에 측정한다.

4.1.4 현장수질 측정과 실험실에서 분석하기 위해 시료를 채취할 때에는 잠재오염, 침전, 용존 기체의 발생 등이 일어날 수 있기 때문에 가능하면 배관, 저유탱크를 거치기 전 지하수공에서 (wellhead) 실시한다.

4.1.5 현장 수질 측정값 및 시료는 공기 접촉이 있으면 달라질 수 있기 때문에 가능하면 공기 접촉이 없는 유동셀 시스템 (flow-through cell system)을 이용하여 측정한다 (그림 2). 이때 기포의 발생이 없도록 유동셀 시스템 내로 지하수 유입이 일정하도록 조정한다.

4.1.6 유동셀 시스템을 우선적으로 사용하되, 없을 때에는 유리 비커에 지하수가 넘치도록 한 후 현장수질을 측정할 수 있다.

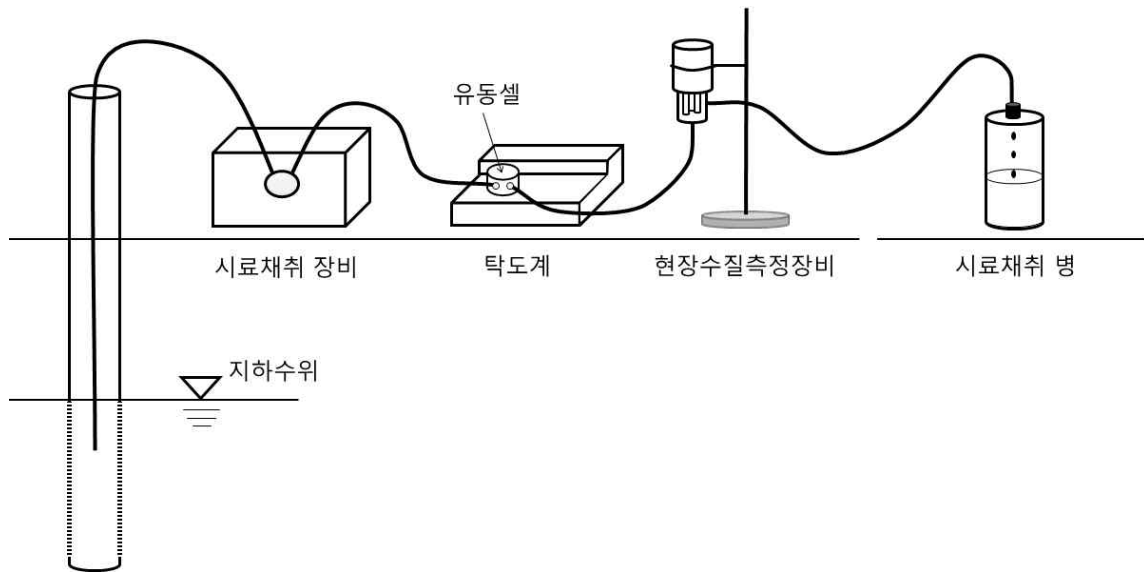


그림 2. 유동셀 시스템 (flow-through cell system)

4.2 수질 측정

4.2.1 지하수의 현장 수질 측정은 항목별로 다르게 측정하며 세부적인 방법은 각 항목별 측정법에 따른다.

4.2.2 지질 특성을 고려하여 현장수질 측정값이 타당한지를 판단한다.

5.0 현장조사 기록

5.1 현장 측정값뿐만 아니라 관련 자료를 모두 기록한다.

5.2 모든 자료는 누구나 읽을 수 있도록 깨끗이 기록한다.

5.3 기록 양식은 지하수공 용도 등에 따라 달라진다.

6.0 지하수 여과

6.1 지하수의 여과는 일반적으로 0.45 μm 셀룰로스 여과기 사이에 0.45 μm 여과지를 끼운 것을 사용한다.

6.2 셀룰로스 여과기를 호스에 연결시킨다.

6.3 처음 여과한 일정량의 물로 여과용기 안을 세척한 후 버린다.

6.4 여과를 마친 후 여과지를 버리고 여과기를 분리한 후 정제수로 깨끗이 세척한다.

6.5 만약 전체 무기물 함량을 알기 위해서는 여과를 마친 0.45 μm 여과지를 분석을 위해 보관한다.

7.0 시료채취

7.1 일반사항

7.1.1 시료 채취 동안 양수기 배출 라인이나 베일러의 유량을 줄여 시료의 교반을 최소화하도록 하여야 한다.

7.1.2 시료를 채취하는 동안 양수기 배출라인이나 베일러가 시료 용기에 닿지 않도록 하여야 한다.

7.1.3 다른 위치에서 시료채취 시 깨끗한 일회용 장갑을 착용하고 시료채취 직전에 장갑을 착용해야 한다.

7.1.4 시료채취의 순서는 금속류가 먼저이고, 다른 무기화합물, 유기화합물 및 휘발성 유기화합물 순으로 진행할 수 있다.

7.1.5 시료채취 장치를 재사용할 경우 오염이 가장 적게 의심되는 모니터링 지점 또는 시점에서 가장 오염이 의심되는 모니터링 지점 또는 시점으로 수행할 수 있다.

8.0 시료 운반

8.1 시료 병에는 지하수공 번호, 날짜, 분석항목, 산 처리 여부 등이 명확히 기재되어 있어야 한다.

8.2 시료는 4 ℃ 이하의 냉장고 또는 얼음을 채운 아이스박스에 보관한다.

9.0 시료의 보존방법

9.1 채취된 시료를 현장에서 실험할 수 없을 때에는 따로 규정이 없는 한 표 1의 보존방법에 따라 보존하고, 어떠한 경우에도 보존기간 이내에 실험을 실시하여야 한다.

표 1. 보존방법

항목	시료용기 ¹	보존방법	최대보존기간 (권장보존기간)
수소이온농도	-	-	현장 측정
온도	-	-	현장 측정
용존산소	-	-	현장 측정
전기전도도	-	-	현장 측정
산화환원전위	-	-	현장 측정
알칼리도	-	-	현장 측정
질산성 질소	P, G	4 °C 보관	48 시간
염소이온	P, G	-	28 일
금속류 (납, 총크롬, 카드뮴)	P, G	1 L 당 HNO ₃ 2 mL 첨가	6 개월
비소	P, G	1 L당 HNO ₃ 1.5 mL, pH 2 이하	6 개월
시안	P, G	4 °C 보관, NaOH로 pH 12 이상	14 일 (24 시간)
수은 (0.2 µg/L 이하)	P, G	1L당 HCl (12 M) 5 mL 첨가	28 일
유기인계농약 (다이아지논, 파라티온)	G	4 °C 보관, HCl로 pH 5 ~ pH 9	7 일 (추출 후 40 일)
페놀류	G	4 °C 보관, H ₃ PO ₄ 로 pH 4이하 조정 후 시료 1 L 당 CuSO ₄ 1g 첨가	28 일
휘발성유기화합물 (트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌)	G	냉장보관 또는 HCl을 가해 pH < 2로 조정 후 4 °C보관 냉암소보관	7 일 (추출 후 14 일)
총대장균군	P, G	저온 (10 °C 이하)	24 시간

¹P : polyethylene, G : glass

10.0 참고문헌

10.1 환경부, “지하수수질측정망 설치 및 수질오염실태 측정계획”(환경부고시 제2020-253호, '20.12.14. 시행) (2020)

10.2 B.C, Standard Operating Processing for Low-Flow Groundwater Sampling(SOP-E2-06) (2020)

10.3 EPA, Operating Procedure-Field Sampling Quality Control (2017)

10.4 EPA, Operating Procedure-for Groundwater Sampling (2017)

10.5 국가기술표준원, KS I ISO 5667-11, “수질 - 시료채취 - 제11부 : 지하수의 시료 채취에 대한 지침(6.5.2. 시료의 보존, 안정화, 운송)” (2014)

10.6 USGS, Chapter A4. Collection of Water Samples (2016)

10.7 USGS, Chapter A5. Processing of Water Samples (2016)