

# 지하수 개발후 폐공발생시 처리방안 기초 연구

○윤여진 장정욱

## 1. 서론

1993년 한국수자원공사의 지하수 이용 실태조사에 의하면 '93년 현재 전국적으로 개발 이용하고 있는 지하수는 총 426,619개소<sup>1)</sup>로 집계되어 있다. 한편, 작년 중앙재해대책본부에 의하면, 정부는 '94년 가뭄에 7백50억원의 예산을 들여 1,464 곳의 관정개발을 계획하여 공사에 착수하였으나, 착정성공율은 30%에 불과하다고 한다.<sup>2)</sup> 즉, 1개의 관정을 개발하면서 2개의 폐공이 발생했다는 것이다. 따라서 착정성공율 30%를 감안하여 생각해 볼 때, 현재 전국적으로 발생되어 있는 폐공의 수는 최소한 약 800,000공 이상으로 추정할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 폐공의 사후대책 및 조치 등이 제대로 강구되지는 못하고 있는 것이 현 실정이다. 따라서 각종 유독성 농약과 오·폐수에 오염된 지표수가 폐공을 통하여 순식간에 지하로 유입될 가능성이 있어 토지 및 지하수의 오염은 물론 식음수까지 오염에 노출되는 심각한 문제를 내포하고 있다.

지하수오염은 다양한 원인에 의하여 발생될 수 있으나 폐공은 지표면의 오염물질과 심층지하수를 연결하는 통로 역할을 담당한다는 데에 문제의 심각성이 있다. 그러므로 폐공을 통한 오염물질의 침투를 방지하기 위한 효율적인 폐공 처리방안에 관한 연구는 우리 현실의 시급한 과제라고 사료된다.

## 2. 본론

### 2.1 연구의 목적

정부는 합리적인 지하수 관리를 위하여 1993년 12월 10일 새로운 지하수법을 제정·공포하였으며, 1994년 8월 9일에는 구체적인 지하수 수질보전에 관한 시행 규칙을 공포하였다. 이 시행규칙에서 정부는 처음으로 폐공조치에 관한 내용을 언급하였지만 보다 구체적이고 현실적인 폐공방법, 봉인재료에 대해서는 제시하지 못하고 개념적인 방법만을 제공하여 실제 지하수개발 현장에서 직접 적용하기에는 다소 무리가 따르는 실정이다. 폐공을 통한 지하수오염은 현재 우리가 직접적으로 그 피해 및 심각성에 대해서 직면하지 못하고 있고, 한번 오염된 지하수 자원은 원상복구는 거의 불가능하다. 폐공은 다양한 원인에 의하여 발생될 수 있으나 주된 요점은 폐공이 지표면의 오염물질과 심층지하수를 연결하는 통로 역할을 담당하는데에 문제의 심각성이 있다. 그러므로 폐공을 통한 오염물질의 침투를 방지하기 위한 효율적인 폐공 처리방안에 관한 연구는 현재 국내에서 그리 활성화되어 있지 않은 실정이며 우리 현실의 시급한 과제라고 사료된다. 따라서, 본 연구에서는 효율적인 폐공처리방법을 도출하기 위한 기초자료를 제공하며, 우선적으로 소형관정개발을 주로 하는 주택공사에 있어서 가장 적합한 폐공처리방안을 모색하고자 한다.

---

○ 윤여진(주택공사 연구개발실 단지토목연구부 연구원)  
장정욱(청주대학교 자원공학과 전임강사)

## 2.2 기존 폐공처리 방법

폐공을 통한 오염경로를 차단하기 위하여 일반적으로 봉인에 의한 방법으로 처리되어 진다. 폐공의 봉인방법에는 일시적인 것과 영구적인 것으로 나눌 수 있으며, 지하수법 개정전의 국내 폐공 방법을 크게 구분하면 다음의 3가지 경우로 요약될 수 있다.

- 1) CASE-1 : 착정시에 추출된 채취토로 다시 되메움하는 방법
- 2) CASE-2 : 오염물질 유입 방지를 위해 케이싱 상단부에 덮개를 설치하는 방법
- 3) CASE-3 : 시멘트밀크나 콘크리트로 봉인하는 방법

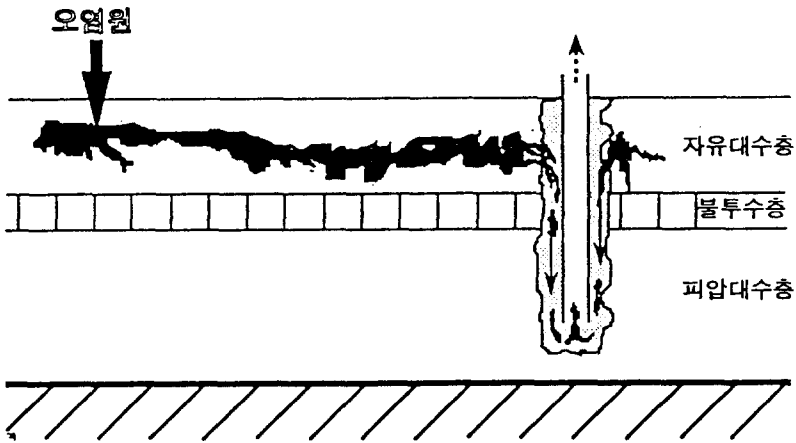
상기 CASE-1, CASE-2의 경우는 일시적인 것으로, 대단히 형식적이며 지하수 오염방지 차원에서 바람직한 방법이 아닌 것으로 사료되며, CASE-3 의 경우는 개정된 지하수법의 시행규칙에서 언급된 폐공처리방법과 유사한 방법이지만 세부적인 봉인방법, 봉인재료 등에 있어서는 다소 의문스러운 점이 없지 않다.

## 2.3 지하수의 오염경로

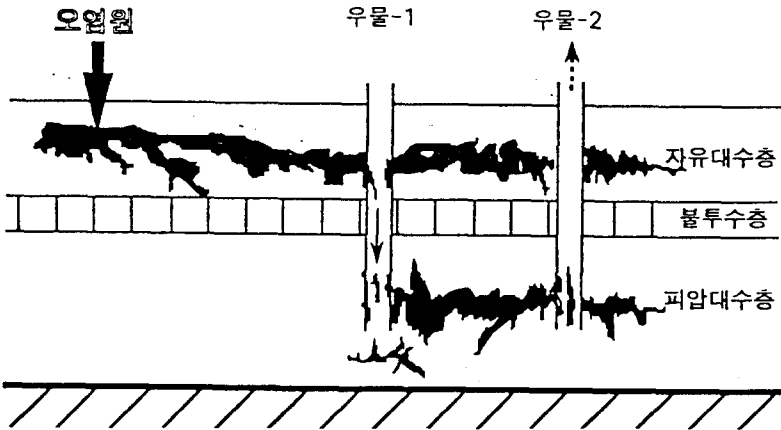
생활용수나 공업용수로서의 지하수 이용율이 증가하는 추세에 있는 현상황에서 지하수오염으로 인해서 지하수의 사용이 제한될 경우 생활이나 산업에 미치는 영향은 대단히 심각할 것이다. 따라서 지하수의 오염 확산 방지대책은 시급히 이루어져야할 것이다. 지하수의 오염 확산 방지의 효과적인 대책수립을 위해서는 우선 그 오염경로에 대한 해명이 필요하다.

- 1) CASE-1 : 케이싱 외부의 그라우팅이 불완전하고 암반층까지 완전히 봉인되지 않은 경우
- 2) CASE-2 : 자유대수층의 오염물질이 케이싱의 부식된 부분을 통하여 침투하는 경우
- 3) CASE-3 : 묻혀진 케이싱 상부로부터 오염물질이 침투하는 경우

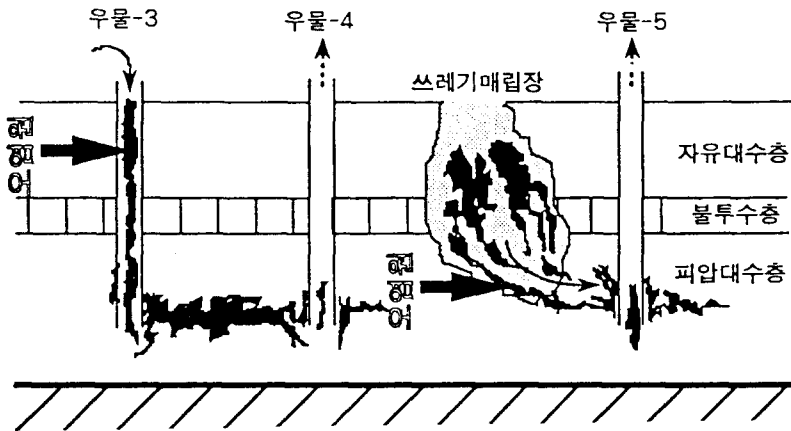
상기한 내용에서 알 수 있듯이 지하수 오염문제는 대단히 복잡하며, 오염원 또한 다양하다. 그러므로 이에 대응하기 위해서는 체계적이고 종합적인 대책방안의 수립이 절실히 요구된다. 그동안에는 지하수오염에 관한 연구·조사가 활발하지 못하였을 뿐만 아니라 지하수에 대한 관심이 상대적으로 낮아 지하수오염에 대한 법적·행정적으로 종합적이고 체계적인 대응이 이루어지지 않았다고 할 수 있다. 방치된 폐공은 지하수오염에 있어서는 도폭선과 같은 존재이다. 만약 지표 혹은 지표 부근에 방치된 폐공이 존재하면 그 폐공은 지표 혹은 자유대수층에 존재하는 오염물질을 심층지하수계로 연결하는 고속도로 역할을 담당하게 될 것이다. 이와 같은 폐공이 존재하고 있다는 사실은 지하수 오염방지 측면에서는 대단히 심각한 문제이며, 폐공을 통한 오염문제의 심각성은 수질이 심각할 정도로 오염되기 전까지는 지하수오염 및 오염의 영향을 발견할 수가 없다는 사실로 더욱더 가중된다.



[ CASE-1 ]



[ CASE-2 ]



[ CASE-3 ]

## 2.4 지하수법 개정후 국내 폐공처리 방법과 외국의 폐공처리 방법 비교

1994년 8월 9일 지하수 수질보전에 관한 시행 규칙이 공포된 후부터 폐공을 그냥 방치하거나 기존의 일시적이고 불완전한 방법으로 폐공을 처리할 수는 없게 되었다. 이는 지하수오염을 방지함에 있어서는 아주 다행스러운 일이라 할 수 있다. 본 절에서는 지하수법 개정후 국내 지하수 개발업체에서 행하고 있는 방법과 실제 외국에서 행하고 있는 방법중 봉인재료, 봉인방법, 케이싱의 제거여부 등으로 나누어 정리해 보았다.

구분 항목	국내의 경우	외국의 경우
봉인재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시멘트밀크 (시멘트 : 물 = 1 : 1)</li> <li>• 시멘트 : 슬라임(Slime) = 1 : 6</li> <li>• 시멘트 : 모래 = 1 : (2~4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neat cement grout</li> <li>• Concrete grout</li> <li>• Heavy drilling fluid, Heavy Bentonite</li> <li>• Cement Milk</li> <li>• 조립의 벤토나이트</li> <li>• Cement/Bentonite/grout</li> <li>• Microfine cement grout</li> </ul>
봉인방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시멘트와 물을 혼합시킨 시멘트밀크를 케이싱 상단부로부터 60m 정도 공내로 삽입시킨 직경 40.05mm의 Rod를 통하여 압력을 가하면서 충전.</li> <li>• 착정공 하부구간은 A재료를 손비빔하여 직경 10cm 정도의 볼(ball)형태로 손으로 다져 여러개를 만들고 1회에 4~5개씩 투하하되 1회 투하후 1~2분 정도 기다려서, 수중투하시에 시멘트와 슬라임의 분리현상을 최소화하면서 투하 충전</li> <li>• 상부 3~5 m 구간은 B재료를 손비빔하여 충전하되 아래구간이 수중인 경우는 상기 방법으로 투하하고, 지하수위선 상부인 경우는 약간 습한 상태로 손비빔하여 투하하고 다짐</li> <li>• 물/(시멘트+슬라임) 비율은 습윤상태로 배합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 파이프나 호스의 선단을 착정공 하부에 위치시킨 상태에서 그라우팅 재료를 지표 하부 1~1.5m까지 충전</li> <li>• 파이프나 호스를 끌어올리면서 깊이별로 단계적으로 충전</li> </ul>
케이싱의 제거여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지표하부에 그라우팅이 되어 있지 않고 보호벽이나 유공관 등이 설치되어 있는 경우에는 관자체의 부식 등으로 지하수오염의 증가 요인이 되므로 가능한 이를 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반드시 케이싱을 제거. 우선 잭킹을 시도해 보고, 잭킹이 안되면 와시오버파이프 등을 사용하여 제거. 그래도 제거가 안되는 경우에는 우물 직경보다 적어도 1/4 inch 이상인 트리콘비트로 깎아내면서 제거</li> </ul>

위에서 보는 바와 같이 폐공의 봉인에는 여러가지 그라우팅이 이용된다. 각각의 그라우팅은 우물의 형태 및 우물이 위치한 지질특성에 따라 달리 선택되어 지는 데, 전체적으로 볼 때 사용재료로는 시멘트가 주류를 이루고 있으며 시멘트 그라우팅은 지질특성에 상관없이 모든 지질에 사용가능하다. 수축이 문제가 되는 경우 벤트나이트를 추가하는 경우가 있고, 경제성 고려시는 슬라임을 추가하는 것이 유리할 것으로 판단한다.

### 3. 결 론

#### 3.1 합리적인 폐공처리방법의 제시

국내외의 폐공처리방법을 비교·검토하여 국내실정을 고려한 합리적인 폐공처리방법을 다음과 같이 제안한다.

우물자재의 제거 → 케이싱의 제거 → 우물의 직경과 깊이 및 지하수위 위치 측정 → 봉인 재료의 최소 사용량 결정 → 봉인 재료의 준비 → 봉인 방법 → 상단부 되메움 → 폐공보고서 작성

#### · 봉 인 재 료

재료명	구 성 재 료	단위깊이(m)당 단가	
		8inch케이싱 일 경우	6inch케이싱 일 경우
재료-A	시멘트 40kg + 벤트나이트 0.8kg + 물 23 l	10,860원	6,109원
재료-B	시멘트 40kg + 물 23 l	10,168원	5,719원
재료-C	시멘트 6kg + 슬라임 36kg + 물 23 l	1,475원	829원

#### · 봉 인 방 법

방법-A	파이프나 호스의 선단을 착정공 하부에 위치시킨 상태에서 그라우팅 재료를 지표하부 1~1.5m까지 충전하는 방법
방법-B	파이프나 호스를 끌어 올리면서 깊이별로 단계적으로 충전하는 방법

#### 3.2 추후 논의사항

국내의 현실적인 여건상 완벽하기보다는 실현가능한 방법의 제시가 더 큰 의미를 가진다고 판단하여 우선적으로 상기한 폐공처리방안을 자료조사를 통하여 제시하였다. 지하수자원을 오염으로부터 보호하고 보다 완벽한 폐공처리를 위해서 다음과 같은 제안을 하고자 한다.

첫째, 지하수 및 지반 오염을 허용 범위 내에서 차단할 수 있는 경제적인 불투수성재료에 관한 연구와 효과적인 공매방법에 관한 연구, 그리고 원 지반상태(대수층등)를 고려한 폐공처리방법, 지하수오염물질의 확산문제 등 심도 있는 연구들이 우선적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

둘째, 무관심 상태에 있던 지하수의 조사. 개발 및 보전관리를 규정하는 법령탄생은 큰 성과이지만, 현재 지하수 조사와 수량 및 수질분야 업무 등이 각 관할 부처로 나뉘어 있어 효율적 관리가 어려운 실정이므로 일원화된 관리체계가 시급한 실정이다.

셋째, 지하수의 개발현황과 이용실태 등 현 국내자료가 체계적으로 되어 있지 않아 지하수자료의 종합적인 관리체계가 하루 빨리 선행되어야 한다.

## 참 고 문 헌

1. 한국수자원공사, 전국 지하수 이용실태조사 보고서, 1993.12
2. 한국일보, 1994. 8. 13 일자
3. 한국건설기술연구원, 지하수의 이용 및 보전방안 연구, 1993.12
4. 한국수자원공사, 수자원 장기종합계획('91-2001)보고서, 1990.
5. 연세대 환경공해연구소, 물 2000-물의 위기, 심포지엄 연제집, 1994.8
6. 한국수자원공사, 지하수자원 기본조사 보고서, 1993.5
7. 한국지하수학회, 지하수이용의 현재와 미래기술, 1992.3 지하수 심포지엄
8. 환경처, 지하수의 수질보전등에 관한 업무처리지침, 1994.8
9. Fletcher G. Driscoll, Groundwater and Wells, Johnson Division, 1986.
10. Nye, J. D. , Abandoned Wells : How one state deals with them. Water Well Journal Vol.41, No.9 , Sep 1987, pp.42-46
11. Oak Ridge Y-12 Plant, TN. HSW Environmental Consultants, Inc., Oak Ridge, TN(United States). Department of Energy, Washington DC. Monitoring Well Plugging and Abandonment Plan for the Development of Energy Y-12 Plant, Oak Ridge Tennessee, 1992.
12. Oak Ridge Y-12 Plant, TN. ERC Environmental and Energy Service Co., Knoxville, TN. Department of Energy, Washington DC. Documentation Report for the 1989 Monitor Well Plugging and Abandonment Program, Oak Ridge Y-12 Plant, 1992.
13. R. G. Stansfield, and D. D. Huff, Well Plugging and Abandonment Plan for Waste Area Grouping 6 at Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. Environmental Restoration Program, 1992.
14. R. G. Stansfield, M. A. Bogle, and M.A. Wood, Plugging and Abandonment Plan for Well sand Core hole sat Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. Environmental Restoration Program 1992.