

Air sparging에 의한 지하수 순환에 관한 연구

Investigation into circulation of ground water by air sparging

이준희 · 강구영

한국외국어대학교 환경학과

ABSTRACT

Air sparging system is a kind of in-situ bioremediation method in the contaminated ground water. When Air sparging, the both of water circulation and oxygen transfer happend in the same time. The hydraulic differential head is zero at the middle height of well, is negative below the height and is possitive above the height. Hydrorauclic head gradient is proportioned to air superficial velocity in the well. But over 24m/min of the superficial velocity, the hydraulic head gradient increase little.

key word : Air sparging, Water circulation, Oxygen transfer

1. 서론

지하수는 강수량의 지역적, 계절적 편차가 심한 우리나라에서는 일정하게 맑은 물을 공급 받을수 있는 유일한 통로이며 21세기 수자원 확보를 위한 마지막 천혜의 자원이다. 그러나 급격한 산업화 도시화 그리고 관리소홀로 인하여 지하수의 오염이 심각하게 진행되었음이 보고 되고 있다.³⁾ 오염된 지하수의 정화방법으로는 pump & treat 이외에 인위적으로 자정능력을 향상시켜서 오염지역을 정화하는 remediation 기술이 활발히 연구 및 적용되어지고 있다.³⁾ Air sparging system은 일종의 In-situ remediation 기술로서 지상의 설비공간이 매우 작고, 넓은 오염지역에 적용가능하며 2차 오염 가능성이 없는 장점을 가지고 있다. 그러나 기존의 Air Sparging system은 지하수층의 상태에 따른 적용불가능 및 과도한 운전비용 그리고 지하설비 고장시 수리의 어려움등이 단점으로 대두 되고 있다.¹⁾ 이에 본 연구에서는 위에 제시된 단점을 극복할 수 있는 Air slug pumping system의 지하수 및 공기의 순환 원리를 이해 함으로써 이 system을 이용한 지하수 오염물질인 TCE 등의 DNAPL 과 BTEX등의 LNAPL의 air venting 및 bio remediation 처리의 가능성을 파악하고자 한다.²⁾

II. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

실험장치는 Fig1.과 같으며 Water receiver 는 지하수층의 수위는 운전중에도 일정하다는 사실을 동일하게 적용시킬 목적으로 설치하였다.

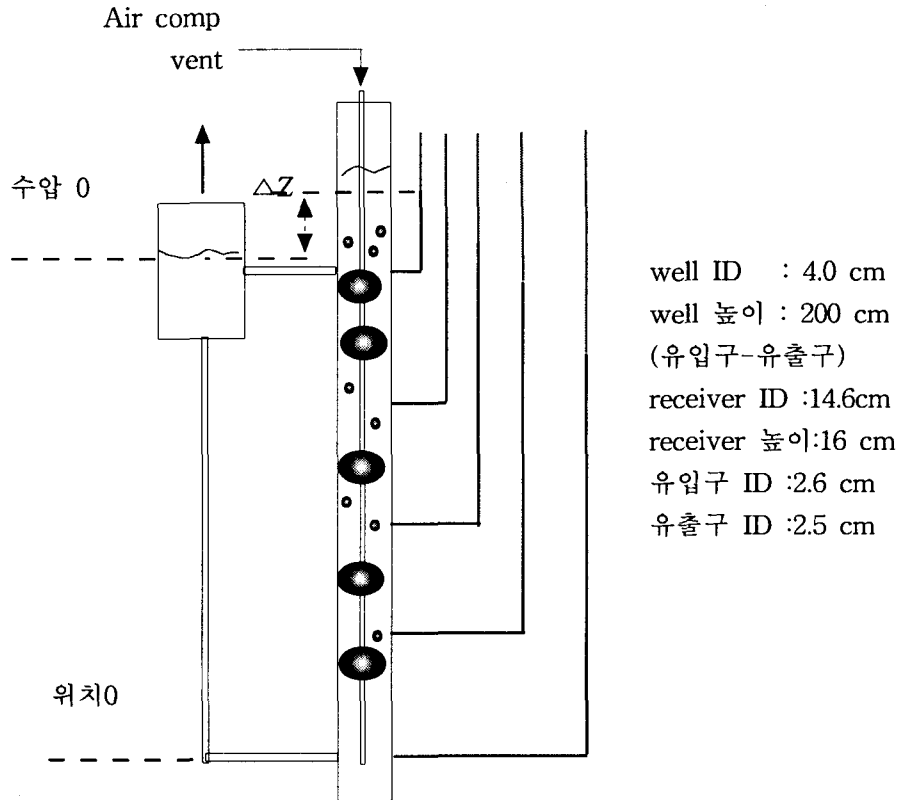


Fig 1. 실험장치

2. 실험방법

유입부기준으로 220cm 까지 물을 채운 뒤 well하부에 air를 공급하였다. air 유량 변화에 따라 well 측면의 피조관을 통하여 각 지점의 압력을 측정하였고 유량은 아래와 같이 유출부의 조건을 베르누이 법칙에 대입하여 얻은 아래식으로 계산하여 구하였다.

$$Q=A(2g\Delta Z)^{1/2} \quad (Q:\text{유량}, A:\text{유출관 단면적}, \Delta Z:\text{유출관 전후단 수두차})$$

3. 작동 원리

Air를 well 하단부에 넣어 주므로써 지하수 pumping과 air공급을 동시에 수행하는 system 이다 well 하단에 공기를 주입하면 air bubble이 발생하여 well 내의 air의 체류량 만큼 well 상부의 유출부의 수위가 높아진다. 이때 유출부에서는 well 안팎의 수위차로 인하여 well내의 지하수가 well 밖으로 밀려나간다. 한편 well 하부는 상부에서 밀려나간 지하수량에 해당하는 수두만큼이 낮아지게 되어 well 밖의 지하수가 유출부를 통해 well 내로

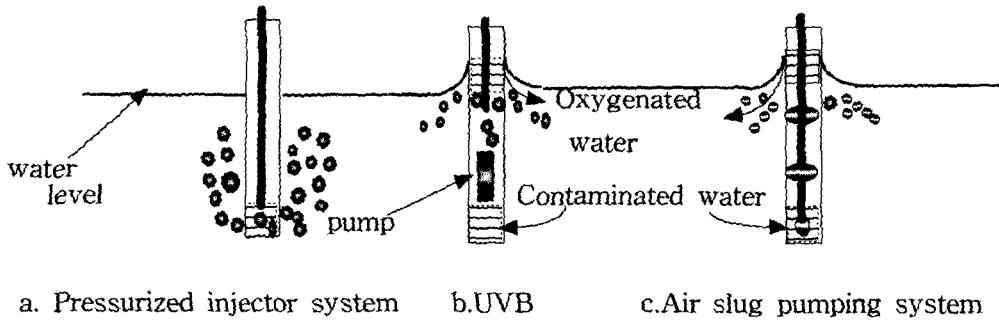


Fig2. Air sparging system의 비교 ¹⁾

들어온다. 이와 같은 과정은 air 공급이 계속되는한 반복적으로 일어나면서 지하수내의 air 공급과 지하수 순환작용을 동시에 일으킨다. 이 system은 고압의 공기를 밀어넣는 pressurized injector system 과는 달리 미세토양으로 이루어진 지하수층에 적용가능하며 Air공급과 지하수의 순환이 함께 일어나므로 공기의 전달효과가 클 뿐 아니라 pump에 의해 강제순환하는 UVB(unterdruck-Verdampfer-Brunnen)system 보다 설치,수리 및 운전비용이 저렴하다.(참조 Fig 2.)

III. 실험결과

1. 장치내 공기투입시 물이 순환되면서 공기가 well 밖으로 전달되었다.
2. 일정 air 유량에서 well 위치(유입구가 기준점 0임)에 따른 수압 차이는 그림 3 와 같다. air 유량에 관계없이 well 위치에 따른 압력 그래프는 직선을 보이며 각유량에 따른 그래프는 위치 105cm , 수압차 - 2cm가 되는 지점에서 만난다. 이는 수압차 0인 지점이 유출구와 유입구의 중간지점이며 well 위치와 압력차는 비례관계가 있음을 알수 있다.
3. 최저 수압점과 최대 수압점의 수압차(Hydraulic head gradient)는 well내의 air 선속도(또는 air 유량)에 비례하여 증가하나 air 선속도 24m/min 이상에서는 거의 증가하지 않았다. 그 이유는 선속도 24m/min 이상시는 Air slug(가장 큰 Air bubble의 형태)flow가 깨어지기 때문이다.
4. 물의 순환량은 air 의 선속도의 제곱에 비례하였다.

IV. 결론

1. Air slug pumping system에서 최적 air 선속도는 24m/min(유량30L/min)이다.
2. 이때 Hydraulic gradient 는 0.32 m/m,well length 이며 물의 순환량은1.24 L/sec 이다.
3. 위의 결과를 종합하여 볼 때 오염지하수 정화에 적용가능성이 있는 것으로 보여진다

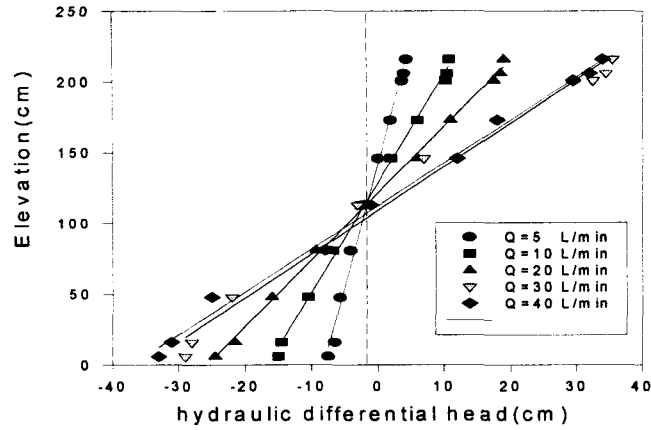


Fig3. Hydraulic differential head vs Elevation

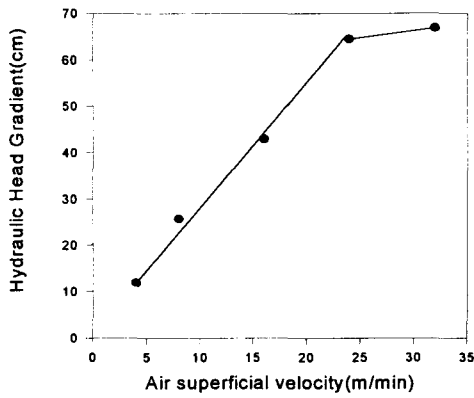


Fig4. Air superficial velocity vs hydraulic head gradient

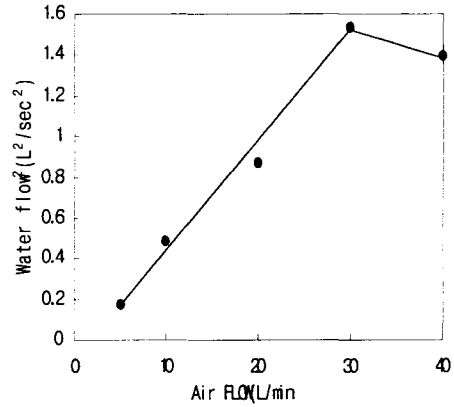


Fig5. Air flow vs water flow²

참 고 문 헌

- 1) Todd W Schrauf, Alternative Method of ground water sparging for petroleum Hydrocarbon remediation, remediation(1993)
- 2) Todd W Schrauf, Design and application of an alternative groundwater sparging echnology, battelle press
- 3) 한국과학기술원, 염소계 유기산업폐수의 처리공정개발, 환경처(1994)