

지하 유체주입 지하수 관정의 설치 및 허가에 관한 규정: 미국 미주리주

이진용*

지오그린21

An Introduction to Regulations on Underground Injection Wells: A Case in Missouri

Jin-Yong Lee*

GeoGreen21 Co., Ltd.

ABSTRACT

It is expected that use of groundwater wells for contaminated groundwater remediation, artificial groundwater recharge and geothermal heat pump systems is increasing in the future in Korea. Some practical confusions may be produced due to lack of regulations related to permits and registrations of these types of wells. This short note is intended to draw attention of relevant professionals by shortly introducing some relevant code of state regulations in Missouri, USA.

Key words : Underground injection wells, Artificial recharge, Geothermal heat pumps, Missouri

요약문

오염지하수에 대한 복원시 필요한 주입관정, 지하수 인공함양을 위한 주입정 및 지열펌프에 사용되는 지하수 관정 등 지하수 관정을 이용하는 다양한 활동이 향후 국내에서 활발해질 것으로 사료된다. 그러나 이에 관한 법적 규정이 충분치 않아 일반 국민이나 담당 공무원에게 실무적으로 혼란이 있을 수 있다. 이에 미국 미주리주의 관련 규정 몇 가지를 간단히 소개함으로써 이에 관한 규정이 전문가들의 논의를 거쳐 국내에서도 속히 마련되기를 바란다.

주제어 : 지하 주입정, 인공함양, 지열펌프, 미주리주

1. 서론

최근에 들어 국내 지하수환경의 오염사고가 급증하고 이에 대한 사회적 관심이 증대되면서 지하수오염정화 사업이 본격화될 전망이다(이진용·이강근, 2004). 이를 위해 정부에서는 지하수법을 개정하여 오염원인자로 하여금 지하수정화를 의무화하였다. 그 동안 지하수 관정은 주로 물 자체를 음용수, 생활, 농어업 및 공업용수로 이용하는 시설로 여겼으며 이에 관한 설치 및 허가 기준은 이미 마련되어 있는 실정이다. 그러나 지하수 오염을 정화하기 위해 사용될 수 있는 재순환 주입정(recirculation well),

미생물, 영양염분 혹은 계면활성제 등의 주입정(injection well)에 관한 설치 기준이나 규정이 없는 상태이다. 많은 경우 지하수오염 복원을 위해서 어떤 종류의 유체(혹은 고체)를 주입하는 것은 필수적일 것으로 사료된다.

또한 부족한 수자원의 확보를 위한 방안으로 지하수 인공함양이 국내에서도 활발히 연구되고 있다(김형수·함세영, 2003). 이 때 지하수 인공함양정(artificial recharge well) 등이 사용될 수 있다. 문제는 지하수 양수정(이용정)에 대한 설치나 인허가에 대한 사항 등은 구체적으로 규정에 명시되어 있는 반면에 주입정에 대한 심각한 고려가 없었던 것이 주지의 사실이다. 최근에 세계적 친환경 경

*Corresponding author : hydrolec@empal.com

원고접수일 : 2004. 9. 13 게재승인일 : 2005. 7. 19

질의 및 토의 : 2005. 12. 31 까지

제 흐름에 따라 정부는 대체에너지 정책을 수립하고 시행하고 있다. 그런데 지하수자원을 주요 대체 열에너지 자원의 하나로 인식하고 지하수를 이용한 열펌프 시스템에 대한 연구와 상업적 적용에 관심이 모아지고 있다. 향후 수자원이 아닌 에너지 자원측면에서의 지하수 이용권 등의 분쟁의 소지가 있으며, 이용한 지하수를 대수층에 재주입함으로써 발생할 수 있는 환경적 변화에 대한 우려도 대두될 수 있다.

이미 시작된 기존과 다른 지하수 관정의 이용 흐름에 부응하고 일반국민들의 민원과 담당 공무원들의 혼선을 방지하여 관련 산업을 활성화하기 위해서는 최소한 선진 외국에서는 이들 관정에 관한 어떤 규정이 있는지 살펴봐야 한다. 이에 미국 미주리주의 관련 규정 몇 가지를 번역·편집하여 간단히 소개함으로써 우리나라에서도 이에 관한 규정이 전문가들의 논의를 거쳐 마련되기를 바란다.

2. 지하 주입관정

지하에 어떤 종류의 유체를 주입하려고 하는 개인이나 사업자는 우선적으로 반드시 그러한 행위가 법과 규정에 의해 허락되는지를 살펴야 한다. 여기서는 이와 관련된 지하주입 관정(UIC wells)의 일반적인 사항을 살펴보고 특별히 오염 지하수 복원에 사용되는 관정에 대해 보다 상세히 살펴보았다(MDNR, 2004a).

2.1. 주입관정의 종류

1974년 음용수법(Safe Drinking Water Act)과 이후 개정법을 통해 연방 지하주입 규제 프로그램이 시작되었다. 미주리주는 미국환경청(U.S. EPA)으로부터 이 프로그램에 대한 권한을 위임받았다. 미국환경청은 유체 주입관정이 지하 음용수원(Underground Sources of Drinking Water: 대수층)과 관련하여 어디에 위치하는지 그리고 주입유체가 유해한 것인지 아닌지에 따라 5가지로 분류하였다.

1) Class I

이들은 유해한 폐기물을 주입하거나 산업/도시폐기물(유체)을 지하 음용수원(대수층) 아래에 버릴 때 사용되는 관정을 말한다. 이들 관정은 미주리주법 RSMo 577.155에 의하여 엄격히 금지되고 있다. 이 법에서는 특별한 경우를 제외하고는 유해한 폐기물의 지하 주입을 광범위하게 규제하고 있다.

2) Class II

이들은 오일 혹은 천연가스 개발시 탄화수소의 회수율을 향상시키기 위해 유체를 주입할 목적으로 사용되는 관정을 말한다. 이런 종류의 관정은 미주리주 오일 및 가스 위원회(Missouri Oil and Gas Council) 법과 규정(10 CSR 50-1.1010-10 CSR 50-5.010)에 규제를 받는다. 이 법은 주입관정을 포함한 이 위원회의 활동을 규정하고 있다(RSMo 259).

3) Class III

이들 관정은 광물질을 회수하기 위해 유체를 주입할 때 사용된다. 이러한 주입관정은 10 CSR 20-6.090 규정에 제제를 받는다. 이 규정에 의하면 Class III 관정을 운영하고자 하는 자는 반드시 당국의 허가를 받도록 하고 있다. 허가신청은 자연자원과의 수자원보호프로그램(Water Protection Program: WPP)에 제출해야 하며 이 프로그램은 지질조사 및 자원평가국(GSRAD)과 공동으로 심사를 한다.

4) Class IV

이들은 유해 혹은 방사성 폐기물을 지하 음용수원(대수층) 내부에 혹은 상부에 주입할 때 사용되는 관정을 말한다. 이들 관정은 미주리주 규정 RSMo 577.155에 의하여 엄격히 금지되고 있다. 또한 이들 관정은 전국에 걸쳐 연방 UIC 규정에 의하여 금지된다.

5) Class V 주입관정

이들은 다양한 종류의 관정을 포함하며 천부 주입관정으로 불리기도 한다. 어떤 종류는 지질조사 및 자원평가국의 규제를 받으며 다른 종류들은 자연자원과 수자원프로그램의 규제를 받는다. 일반적으로 지하 음용수원(대수층)에 혹은 위에 유해하지 않은 유체를 주입할 때 사용되는 관정을 말한다. 이들에 속하는 관정의 예는 다음과 같다.

a. 개선공동(Improved Sinkholes): 이들은 지표 유출 흐름을 향상시키기 위해 어떤 방식으로 개선된 공동을 말한다. 이런 공동에 유체를 주입하기 위해서는 WPP의 허가를 받아야 한다. 이에 대한 WPP의 권한은 청정수법(Clean Water Law, RsMo 644)에 의한다.

b. 열펌프/에어컨용 주입관정(Heat Pump/Air Conditioning Return Flow Wells): 개방형(open loop) 열펌프 시스템에 사용된 지하수를 재주입할 때 사용되는 관정이다. WPP는 10 CSR 20.6070 규정에 의해 열펌프 시스템을 8개 단독

가구가 함께 이용할 때 혹은 시간당 60만 BTUs(British Thermal Units) 이상일 때 허가해 준다. 또한 모든 상업적인 열펌프는 수질오염규제위원회(WPCB)의 허가를 받아야 한다. 다른 열펌프들도 미주리주 지하수관정 규정(10 CSR 23.5010-10 CSR 23.5080)에 규제를 받는다.

c. 광산 뒤채움용 관정(Mine Backfill Wells): 이들은 지하광산에서 채굴된 부분에 액체와 광미 등을 주입할 때 사용되는 관정을 말한다. 미주리주 자연자원과 고체폐기물 관리프로그램에서는 플라이 애쉬나 다른 종류의 고체물질을 폐기할 때 허가를 받도록 하고 있다. 또 이 프로그램은 주법에 의해 유해한 충전물질을 규제하고 있다. 이런 모든 행위는 WPP의 UIC 허가를 받아야 한다.

d. 대수층 인공함양정(Aquifer Recharge Wells): 인공함양정은 고갈된 대수층을 충전할 때 사용된다. 미주리주에서는 지하저장공동의 정수압을 유지하기 위한 용도로도 사용된다. WPP는 청정수법(RSMo 644)에 의해 이러한 인공함양정에 대한 허가권한을 가지고 있다. 본 허가에 대해서는 지질조사 및 자원평가국(GSRAD) 공무원과 직접 협의해야 한다.

e. 자동차 정비소 폐기물 주입관정(Automobile Service Station Disposal Wells): 이러한 종류의 관정은 자동차 정비과정에서 나오는 폐기물을 처리하기 위한 용도로 사용된다. 미주리주법 577.155 RSMo에 의해 엄격히 금지된다. 이런 류의 유사 관정들이 있으며 위반자는 입건된다.

f. 폐기물처리에 사용되는 방치관정(Abandoned Water Wells Used for Waste Disposal): 방치관정들은 다양한 오염물질의 처리에 사용될 가능성이 있으며 결과적으로 지하수를 오염시킨다. RSMo 577.155는 이러한 관정에 폐기물 투기는 금지하고 있으며 위반시 입건된다. 관정이 지하수를 오염시킬 가능성이 있으면 관정법(Water Well Regulations)에 의해 이들 관정은 적법하게 폐공처리해야 한다.

g. 지하수 오염정화용 관정(Groundwater Remediation Wells): 이들 주입관정은 오염지역을 정화할 때 사용되며 미주리주법 RSMo 644에 의거 WPP의 허가를 받아야 한다. 유류오염 정화를 위해서는 지하수에 영향을 주지 않는 경우에 일반적인 허가(general permit)를 내준다. 그리고 지하수에 직접적인 영향을 주는 경우에는 해당 추가 정한 특정 프로젝트 및 특정 사이트에 대해 UIC 특정허가(specific permit)를 할 수 있다. UIC 허가신청의 경우 지하수자원을 최대한 보호하기 위해 매우 정밀한 검토과정을 거친다. 다른 종류의 복원사업에 대해서는 특정 UIC 허가를 받아야 한다.

2.2. 지하수오염 정화용 관정에 필요한 허가사항

UIC 운영을 위해서는 두 가지 종류의 허가가 있다.

1) 일반적 허가(MO-R409): 이들 허가는 현장 토양세척 혹은 유류저장고 주변에서 유류오염 토양 혹은 심토를 생물학적으로 정화할 때 대수층이 아닌 지층에 물질을 주입하는 경우에 발급된다.

이는 유류 오염물질의 정화를 촉진하기 위해 박테리아 성 물질 및 무기성 혹은 유기성 물질 등의 정화물질이나 화학물질을 땅에 적재하는 것을 허가하는 것으로 유류오염 토양/심토에 대해서만 적용된다. 다른 오염물질의 경우는 해당되지 않는다. 그리고 40 CFR 261.24에 의해 유효하다고 판단되는 토양에 대해서도 발급되지 않는다. 그리고 정화완료시에는 반드시 사용되지 않고 남은 화학물질은 양수 등을 통해 회수해야 한다. 이 허가는 대수층에 무엇을 주입하거나 혹은 주입한 물질이 대수층에 닿는 것을 허락하는 것은 아니다. 일반적 허가를 위해서는 건설허가(construction permit) 기준은 무시한다.

일반허가를 신청(E 양식)하기 위해서는 정화구역을 표시한 지형도를 첨부하고 허가수수료 150달러를 WPP에 내야 한다. 양식에 무엇을 주입할 것이며 주입물질이 어떤 기작으로 정화를 하는 것인지 상세히 설명하여야 한다.

2) 특정허가: 일반허가에 포함되지 않는 모든 다른 종류의 주입행위시 특정 UIC 허가가 필요하다. UIC 특정허가를 신청할 경우에는 두 가지 종류의 허가가 있다(GSRAD와 공동심사 및 승인이 요구됨).

a. 주입 및 회수정 설치를 위해서는 WPP가 발급하는 건설허가를 받아야 한다.

b. 국가 오염물질 배출 제거 시스템 운영허가(National Pollutant Discharge Elimination System operation permit)를 받아야 한다. 주법(RSMo 577.155)은 폐기물 처리시스템으로서의 이들 관정의 사용을 금하고 있다. 지하수정화 관정은 주법에 명시된 예외 관정이 아니기 때문에 수질오염규제위원회(WPCB)는 정화를 위해 사용된 미량의 유체도 정화완료 후 회수하도록 요구하고 있다. 이를 위해서 회수정을 설치하고 주입과정에서 남아 있는 모든 물질을 제거해야 한다.

UIC 허가에 포함되는 배출수 규제를 통해 무엇을 주입하고 복원사업 후기에 어떤 물질을 수체에 배출하지 못하는지를 제한한다. 대기중의 공기를 제외한 어떤 종류의 유체를 주입하기 위해서는 운영허가(operation permit)도 받아야 한다.

UIC 특정허가를 신청하기 위해서는 수수료 1,500달러

와 함께 관정위치를 표시한 지형도를 갖추어 양식 UIC 1 및 UIC 2를 제출해야 한다. WPP 신청서는 미주리주 자연자원과 허가계(Permits Section)에 제출한다.

3. 지하수를 이용한 열펌프용 지하수관정

다음은 지하수를 이용한 열펌프용 지하수관정에 대한 주법(CSR)의 일부로 자연자원과에 대한 규정에 수록된 내용이다(MDNR, 2004b). 수록된 내용 중 지나치게 상세하고 전문적인 내용은 임의로 삭제하였다.

10 CSR 23-5.010 정의

(1) 수평 밀폐형 열펌프 관정(Horizontal Closed-loop Heat Pump Well)은 일반적으로 지면에 수평인 깊이 10피트 이상의 트랜치나 구덩이를 의미한다. 이곳에 열전달을 위한 밀폐형 파이프가 설치된다. 10피트 이하의 트랜치나 구덩이에 설치하는 밀폐형 열펌프시스템에 대해서는 이 규정의 예외로 한다.

(2) 개방형 열펌프 물공급 관정(Open-loop Heat Pump Water Supply Well)은 열전달 목적의 물을 공급하기 위해 굴착한 관정을 말한다. 이와 같은 종류의 관정은 분당 70갤런 이하 생산능력의 가정용 우물 설치규정 10 CSR 23-3.010-10 CSR 23-3.100에 따라야 하며 그 이상일 경우에는 공공급수정 설치규정을 따라야 한다.

(3) 수직 밀폐형 열펌프 관정(Vertical Closed-loop Heat Pump Well)은 지면에 수직으로 10피트 이상 깊이로 굴착한 관정을 말한다. 이 관정내에 열전달을 위한 밀폐형 파이프가 설치된다.

(4) 물재주입 관정(water return well)은 개방형 열펌프 물공급 관정으로부터 뽑아올린 물을 열펌프 기계를 통과하고 난 후 대수층으로 재주입하기 위한 관정이다.

10 CSR 23-5.020 열펌프 시스템의 등록 및 인증

(1) 지질 및 지역 조사국이 제공하는 인증보고양식(신청서)을 이용하여 트랜치나 구덩이를 이용하는 개방형 및 밀폐형 열펌프시스템의 설치에 관하여 보고하여야 한다. 허가를 받고자 하는 자는 열펌프 시스템 한 대당 각각의 신청서를 설치 후 60일 이내에 제출해야 한다. 이때 인증 수수료도 함께 내야 한다. 신청서 사본은 관정소유주, 신청자 본인, 담당 공무원이 각각 한 부씩 가지고 있어야 한다. 이 신청양식에는 모든 필요한 정보가 들어 있어야 한다. 트랜치나 수체를 이용하는 밀폐형 열펌프 시스템의 경우에 인증 신청서를 제출해야 하며 이는 관정을 이용하

는 열펌프 시스템의 경우도 마찬가지이다.

(2) 인증과정에서 열펌프 시스템이 설치된 특정 지역에 필요한 설치규정을 모두 만족하는지를 인증신청서를 통해 심사한다. 최소한의 기준을 통해 미주리주의 지하수 자원을 보전하고 이 시스템이 지하수에 위협이 되지 않도록 해야 한다.

(3) 인증신청서에 대한 엄격한 심사를 통해 열펌프 시스템이 규정에 명시된 최소한의 기준을 따르는지를 나타내는 인증번호를 토지소유주에게 발급한다.

(4) 지질 및 지역조사국이 발행하는 등록증에 열펌프시스템의 수리, 변형, 그리고 밀봉에 대한 사항을 기재하여 적절한 설치완료 후 60일 이내에 당국에 보고해야 한다. 이때 등록수수료도 첨부해야 한다. 이때 등록증은 허가 신청자, 관정소유주 및 당국이 각각 1부씩 보관해야 한다. 이 신청서에는 필요한 모든 정보가 들어있어야 한다.

10 CSR 23-5.030 지하수질 및 수량의 일반적 보호

(1) 열펌프 관정은 일단 설치되면 당국이 서면으로 승인하지 않는 한 변형되어서는 안된다.

(2) 열펌프 시스템이 규정에 정한 바대로 설치하는 것은 열펌프설치 사업자의 의무와 책임이다. 또 관정을 이용하는 경우에 열펌프시스템 설치 사업자는 다른 사람이 관정의 밀봉을 손상시키지 않는 한 인증 후 3년간 관정밀봉의 완벽성을 유지하는 책임을 진다.

10 CSR 23-5.040 열펌프 관정의 위치

(1) 수직 열펌프 관정은 지표 배수가 좋은 곳에 위치해야 하며 10피트 내의 관정과 묻힌 파이프 주변에 모이면 안된다.

(2) 수직 열펌프 관정은 오염원으로부터 일정거리에 내에 위치하면 안된다.

a. 수직 열펌프 관정은 일반 비료저장소, 화학물질 저장소, 매립지, 석호 또는 지상/지하 유류저장시설로부터 최소 300피트 이격해야 한다.

b. 수직 열펌프 관정은 퇴비저장소, 분뇨 구덩이, 방치 관정, 지하 쓰레기 투기장, 묘지, 기축사육장 등 지하로 오염물질이 배출되는 장소로부터 최소 100피트 이격해야 한다.

c. 현재 가동중인 지하수 관정, 정화조, 하수관거, 밀봉되지 않은 지하 웅덩이로부터 최소 50피트 이격해야 한다. 예외적으로 관정을 지하실 혹은 열펌프 관정으로부터 50피트 보다 가까이 설치할 수 있다.

(3) 수평 열펌프 관정은 교차하는 파이프라인배선 위에

혹은 아래에 최소 2피트 이격하여 설치하여야 한다(수도관의 동결방지). 다만 토양수분을 유지하기 위한 열펌프 시스템용 물공급 파이프는 예외로 한다.

(4) 초과거리를 맞출 수 없다면 변형이 허용되기도 한다. 그러나 이때에는 반드시 당국의 승인을 받아야 한다.

10 CSR 23-5.050 밀폐형 열펌프 관정의 설치기준

(1) 케이싱 물질(Casing Material): 열펌프 관정에 영구 케이싱(permanent casing)이 필요하다면 강철일 경우는 10 CSR 23-3.030 기준을, 플라스틱일 경우는 10 CSR 23-3.070 기준을 만족해야 한다. 그리고 전구간 그라우팅이 요구된다.

(2) 열펌프 배관물질(Heat Pump Loop Material): 밀폐형 열펌프 관정에서 지하나 지하수에 설치되는 열교환 배관(heat exchange loop)을 만드는데 사용된다. 열교환 배관은 고밀도 폴리에틸렌 혹은 폴리부틸렌 파이프로 만들어야 하며 각 관정을 설치 후 지체없이 그라우팅 해야 한다.

(3) 밀폐형 배관 연결부(Connecting Closed-Loop Pipe): 폴리에틸렌 및 폴리부틸렌 파이프는 파이프 제작자의 설명서에 따라 가열하여 연결이 가능해야 하며 연결 후에는 새면 안된다.

(4) 열전달 유체(Heat Transfer Fluid): 이 유체는 밀폐형 배관내에 사용되는 것으로 해당 위원회의 승인을 받아야 하며 다음의 기준을 만족해야 한다.

a. 열전달 유체로는 다음과 같은 것이 있다.

① 순수 글리세린 용액-글리세린 96.5%, ② 식품 등급의 프로필렌 글리콜, ③ 인산 중칼륨, ④ 염화나트륨, ⑤ 칼륨 아세테이트, ⑥ 메탄올, ⑦ 물, ⑧ 에탄올, ⑨ 다른 유체를 사용하려면 사전 당국의 허가를 받아야 한다.

b. 희석 상태로 유체를 사용하려면 다음과 같은 성질을 만족해야 한다. ① 90% 이상 생분해 가능해야 한다, ② 지열 열펌프 시스템에 사용되는 일반적인 물질을 부식시키지 않아야 한다, ③ 균질하고 색깔이 동일하며 덩어리, 막 그리고 이물질이 없어야 한다, ④ 인화점이 90°C 이하이면 안된다, ⑤ 생물학적 산소요구량(BOD, 10°C, 5일)이 0.1-0.2 g/g이어야 한다, ⑥ 독성이 LD50-5 g/kg 이하이어야 한다, ⑦ 열이나 추위에 분해되지 않아야 하며 탁도의 증가가 없어야 한다.

c. 이 규정은 환경을 보호하기 위해 부동액(antifreeze fluids)을 정의하는데 목적이 있지만 유체에 대해 잘 알고 안전하고 적절하게 사용하는 것은 허가신청자의 책임이며 지하수 보호를 위해 최선을 다해야 한다.

(5) 관정 크기(Hole Size): 고밀도 벤토나이트 슬러리로 그라우팅하는 열펌프 관정의 크기는 내부에 파이프를 설치하고 슬러리를 주입할 수 있을 만큼 충분히 커야 한다. 슬러리는 관정과 파이프 주위를 완전히 채워야 한다. 관정과 모든 파이프는 최소 1/2인치의 이격거리가 있어야 한다. 전구간 벤토나이트 슬러리를 하지 않는다면 다음의 관정크기 규정을 따라야 한다.

a. 파이프의 직경이 1.25인치 이상이면 최소 6인치의 관정이 요구된다.

b. 파이프의 직경이 1.25인치 이하이면 최소 5인치의 관정이 요구된다.

(6) 관정 깊이(Hole Depth): 밀폐형 열펌프 관정은 최대 200피트를 넘지 못한다. 이 이상의 깊이로 설치하고자 할 경우에는 사전에 당국의 허가를 받아야 한다.

(7) 열펌프 시스템 설계(Heat Pump System Design): 관정을 이용하는 열펌프 시스템에서 관정을 밀폐하기 위해 사용한 그라우팅은 열펌프 시스템의 부적절한 설치에 의해 발생한 과다 열에 의해 건조·탈수되지 않아야 한다.

(8) 수직 열펌프 관정의 그라우팅 깊이(Grouting Depth of Vertical Heat Pump Wells): 열펌프 관정에서 그라우팅은 매우 중요한데 케이싱이 없는 경우 관정이 무너질 수 있으므로 설치 후 즉시 시공해야 한다. 전구간 그라우팅이 적절하며 지표 오염물질이 지하로 유입되지 않도록 해야 한다. 200피트 이상의 열펌프 관정에 필요한 그라우팅에 대해서는 사전에 당국이 결정한다.

(9) 허가된 그라우팅 물질(Approved Grout Material): 열펌프 관정에 사용할 수 있는 그라우팅은 다음 4가지이다.

a. 벤토나이트 슬러리: 고밀도 나트륨 벤토나이트 슬러리, 20-30%가 고체

b. 비슬러리 벤토나이트: 펠릿 형태의 벤토나이트 및 그 변형체

c. 열적 그라우팅 슬러리: 최소 7.5% 고체 벤토나이트

d. 다른 그라우팅 물질을 사용하고자 할 때에는 사전에 당국의 허가를 받아야 한다.

(10) 카르스트 조건의 관정(Wells That Encounter Karst Conditions): 관정이 동굴이나 큰 단열을 통과할 때에는 그라우팅이 매우 어렵다. 소규모 단열은 입자 벤토나이트로 효과적으로 밀봉이 될 수 있다. 이러한 조건을 피하기 위해 보다 작은 심도의 관정을 설치하도록 열펌프 배관을 재설계해야 한다.

10 CSR 23-5.060 지하수를 이용하는 개방형 열펌프

시스템의 설치기준

(1) 기존의 지표수원을 이용하고 또 동일 수원에 사용한 물을 돌려보내는 개방형 열펌프 시스템과 그 설치자는 본 규정의 적용을 받지 않는다.

(2) 개방형 열펌프 시스템과 지하수 공급정(Open-Loop Heat Pump Systems and Groundwater Supply Wells): 개방형 열펌프 시스템은 관정으로부터 지하수를 양수하고 열펌프를 통과시켜 열을 회수한다. 사용한 지하수는 지표에서 이용하거나 혹은 주입정(return well)을 통해 재주입한다. 지하수를 공급하기 위한 어떠한 신규관정도 10 CSR 23-3의 건설규정을 만족해야 한다. 1987년 10월 이전에 설치한 관정은 이 기준의 예외로 한다. 이 때에도 사용한 물을 지상에 배출하는 경우에는 DEQ(Division of Environmental Quality)의 규정을 준수해야 하고 관정을 통해 재주입하는 경우는 본 규정을 준수해야 한다.

(3) 사용한 물의 지표 배출(Surface Disposal of Used Water): 열펌프 기계를 통과한 물이 소유주의 토지영역을 벗어나지 않을 경우에 한해 지표에 배출할 수 있다. 그러나 토지영역을 벗어난다면 DEQ의 수질오염규제 프로그램의 허가가 있지 않는 한 지표배출은 금지된다. 열펌프가 가동시 분당 25갤런 이상의 물을 사용한다면 지표배출은 금지된다.

(4) 가정용 열펌프 물 재주입 관정(Water Return Wells for Domestic Heat Pump Applications): 물재주입 관정은 10 CSR 23에 기술된 케이싱, 케이싱 깊이, 관정 밀봉, 관정 그리고 그라우팅 및 신고 규정을 만족해야 한다. 재주입정의 깊이는 지하수 공급정의 깊이를 넘지 아니한다. 그리고 물의 재주입은 양수한 것과 동일한 대수층에 해야 한다. 위생적인 관정 밀봉이 이루어져야 하며 재주입 파이프는 관정 케이싱 내 지하수면 아래 20피트까지 설치해야 한다.

(5) 비가정용 열펌프 물 재주입 관정(Water Return Wells for Nondomestic Heat Pump Applications): 비가정용일 경우에는 당국이 수질, 수량, 지질, 수리지질 및 해당지역의 물사용을 감안하여 사안에 따라 재주입정의 기준을 결정한다.

(6) 개방형 열펌프 관정과 재주입정을 설치하려는 관정 시공자(driller)는 반드시 무제한 관정설치 허가(nonrestricted water well installation permit)를 받아야 한다.

10 CSR 23-5.070 열전달 물질로 냉매를 이용하는 밀폐형 열펌프 시스템의 설치 기준

(1) 직접 팽창 열펌프 시스템(Direct Expansion Heat

Pump Systems): 이런 종류의 시스템은 트렌치나 구덩이에 구리관망 혹은 다른 물질의 관망을 이용한다. 이 관망을 통해 냉매를 순환시켜 열전달을 발생시킨다. 지하코일은 냉매가 누출되지 않는 방법으로 설치해야 한다.

(2) 이 시스템에 사용되는 어떤 종류의 열전달 유체도 HCFC-22처럼 비독성이고 비유해성이어야 한다. 또는 다른 물질을 사용할 경우에는 당국의 사전허가를 받아야 한다.

(3) 밀폐형 배관을 통해 냉매를 순환시키는 열펌프 시스템을 수직관정에 설치할 경우에는 사전에 당국의 허가를 받아야 한다.

10 CSR 23-5.080 열펌프 관정의 적절한 폐공

(1) 수직 밀폐형 열펌프 관정: 수직 관정을 적절한 폐공을 위해서는 다음과 같은 절차를 따라야 한다.

a. 밀폐형 배관에서 모든 열전달 유체를 제거한다.

b. 관정의 상부를 굴착하고 파이프를 절단한다. 이는 지하 3피트에서 이루어져야 한다. 남아있는 벤토나이트나 슬러리를 양수한다. 관정의 상부 1피트는 그라우팅된 상태로 놓아둔다. 나머지 관정 부분은 단단한 흙이나 포장재료로 채운다. 적절한 열펌프의 폐쇄 조치후 60일 이내에 등록서류를 제출한다. 이 서류를 검토하고 승인한 후 이 관정이 최소한의 기준을 따라 폐공처리 되었음을 나타내는 등록번호가 토지소유자에게 통보된다.

(2) 개방형 열펌프 관정: 열펌프에 사용된 지하수 공급정과 재주입정은 10 CSR 23-3.110 관정폐공 규정에 의거 적절하게 폐공조치되어야 한다. 물공급정(water supply well)과 동일한 등록양식을 제출해야 한다.

(3) 부적절하게 설치된 열펌프 관정의 폐공: 열펌프 관정이 부적절하게 설치되었다고 당국이 판단하면 규정에 맞게 고치거나 혹은 폐공처리해야 한다. 부적절한 관정은 다음과 같은 절차를 따라야 한다.

a. 관정으로부터 모든 파이프를 제거한다.

b. 관정을 깨끗하게 청소한다.

c. 적절한 그라우팅을 통해 전구간 밀폐한다.

d. 수수료를 첨부하여 등록양식을 제출한다.

4. 결 론

지하수 관정을 용수공급용이 아닌 다른 용도로 사용하는 것과 관련된 미국 미주리주의 몇 가지 규정을 간단히 살펴보았다. 본 기술자료에서 소개된 내용들은 관련 규정의 극히 일부이며 체계적인 소개나 검토는 더욱 아니다.

다만 국내에서도 이와 같은 관련 규정이 하루속히 마련되어 일반 국민이나 담당 공무원의 혼선이 없어야 하며 이렇게 함으로써 관련산업도 활발해질 것으로 사료된다. 한편 지난 5월 개정된 지하수법에 따라 개정 시행령에 지하수에 영향을 미치는 굴착행위에 지열을 이용하기 위한 토지의 굴착을 포함시켰다(안 제14조의3제2항제3호). 그러나 아직 이에 대한 홍보가 미흡하여 일부 히트펌프 전문기업의 경우 지하수법의 존재 자체도 모르는 경우가 있다. 최근 한정상 외(2004)는 친환경 대체에너지인 천부지중열을 이용한 지열펌프 냉난방 시스템에 대하여 상세히 소개하였다.

참고 문헌

- 김형수, 함세영, 2003, 지하수 인공함양 기술 개발, 세계 물의 해 기념 지하수심포지움: 21세기 지하수자원의 지속가능한 개발, 이용 및 관리, 한국지하수토양환경학회·한국수자원공사, 서울, p. 39-55.
- 이진용, 이강근, 2004, 국내 지하수토양오염 조사 및 복원에 관한 소고, 지질공학, **14**(1), 123-130.
- 한정상, 한규상, 한혁상, 한찬, 2004, 친환경, 대체에너지인 천부지중열을 이용한 지열펌프 냉난방 시스템, 한림원, 서울, p. 14-69.
- MDNR (Missouri Department of Natural Resources), 2004a, Permit requirements for underground injection control (UIC

wells, Water Protection Program Technical Bulletin, MDNR, Missouri, p. 4.

MDNR (Missouri Department of Natural Resources), 2004b, Rules of department of natural resources division 23-Division of Geology and Land Survey, Chapter 5-Heat Pump Construction Code, MDNR, Missouri, p. 6.

부록. 주요 용어 설명

1. CSR(Code of State Regulations): 주법령
2. BTU(British Thermal Unit): 열량의 측정단위로 최대밀도(39.1°F)의 물 1파운드를 1°F 올리는데 필요한 열을 말한다. 1BTU는 약 251.9칼로리이다.
3. 밀폐형 열펌프 시스템(Closed loop heat pump system): 지하수가 없거나 부족할 경우, 물을 대용하는 인공적 용액을 배관을 통해 땅속을 통과시킴으로써 지열을 흡수하게 하고 지열에너지를 추출한다.
4. 개방형 열펌프 시스템(Open loop heat pump system): 물은 열에너지를 가장 잘 보존하고 이동시키는 물질로서, 땅속에서 지열을 저장하고 있는 지하수를 직접 뽑아 열펌프 기계를 통과시켜 열에너지를 추출한다. 사용한 지하수는 대수층으로 돌려보내거나 다른 지표 용도로 사용할 수 있다.