

수리지질학이 어떻게 지구를 구할 것인가¹

(How Hydrogeology Can Save the World)

저자: Michael A. Celia²,

번역: (주)지오그린21 이진용 박사

¹Ground Water, 2002, 40권 2호, 사설(editorial)

²프린스턴대학교 토목환경공학과

저자는 수리지질학의 미래에 대해 논의한 최근의 Ground Water 사설과 논문들을 흥미롭게 읽었다. 그것은 끝의 시작(the beginning of the end)인가? 혹은 단순히 관심사를 다른 곳으로 돌 때를 말함인가? 보다 현실적인 적용에 관심을 보이는 것 혹은 논문의 인용경향이 바뀌는 것으로부터 우리는 무엇을 생각할 수 있을까? 이러한 질문들은 우리를 흥미로운 논쟁의 장으로 이끈다. 이러한 논쟁에 대한 명확한 해답은 있을 것 같지 않다. 그러나 공동체내에 새로운 방향에 대한 혹은 보다 중요한 문제를 해결하는 현실적 적용에 대한 공감대 형성되고 있으며 이를 통해 수리지질학적 연구에 활력을 불어넣을 수 있을 것으로 보인다.

1980년대와 1990년대 초에 지하수오염은 매우 가시적이고 중요한 환경문제였으나, 이젠 이러한 관심이 많이 줄었으며 현재는 보다 광범위한 환경문제 즉 이산화탄소, 온실가스 배출, 그리고 지구온난화에 집중되고 있다. 최근 Ground Water의 사설에서 지구온난화가 지하수자원과 수리지질학 분야에 어떤 영향을 미칠지에 대해 논의한 적이 있다. 그런데 이런 류의 수동적인 역할을 계획하기보다는 저자는 수리지질학이 이런 이산화탄소 문제해결에 핵심적이고 적극적인 역할을 하고 또 이 이산화탄소를 격리하는 문제가 이 분야의 새롭고 중요한 연구테마로 등장하기를 기대한다.

그러면 수리지질학이 온실가스 배출문제에서 어떤 역할을 할 수 있을까? 사실 현실적으로 앞으로 수 십년 내에 화석연료(석유, 천연가스, 석탄 등) 의존적인 현재의 에너지 소비형태가 크게 바뀔 가능성은 작아보인다. 그러므로 이산화탄소문제에 대한 해답은 화석연료의 활용사이클과 지구적 규모의 탄소순환에 인간의 적극적 개입하는 것을 요구한다. 이산화탄소는 화석연료 사용의 부산물이므로 대기중의 이산화탄소 축적이 저감되기를 원한다면 폐기물순환에서 이산화탄소를 적극적으로 관리할 필요가 있다.

이산화탄소를 적극적으로 관리하는 여러 가지 방안을 생각할 수 있다. 비교

적 비용이 적게되는 방안으로는 보다 많은 나무를 심는 것(육상의 생물학적 격리)과 해양의 이산화탄소 수용능력을 향상시키는 것(해양 생물학적 격리)을 들 수 있다. 이러한 방안은 인간에 의한 최소한의 간섭을 의미하며 자연적인 저장과정에 초점이 맞추어져 있다. 그런데 식목에 의한 이산화탄소 저장능력의 향상 추정치는 전체 지구규모로 볼 때 미미하며 또한 해양에 의한 이산화탄소 저장 증진방안도 지금까지는 매우 실망스러운 결과를 보이고 있다.

보다 적극적인 방안으로 이산화탄소를 포집하여 대기중으로 들어가기 못하도록 보관 혹은 처리하는 것이다. 이산화탄소를 포획하는 기술은 매우 어렵는데 현재 진행되는 연구들은 희망적인 결과를 내고 있다. 그러나 저자는 여기서 이런 포획기술에 대해 논하고자 하는 것은 아니다. 가능한 저장 혹은 처리방법으로는 심해 해양이나 심층 암반내에 주입하는 것을 들 수 있다. 심해에 주입하는 방법은 환경단체로부터 강한 반발에 직면하고 있으며 이산화탄소 저장방안으로서 중요한 대안이 될 것으로 보지 않는다. 대안으로 심층 지질매체내에 주입하는 방법이 매우 가능성이 있는 선택으로 보인다. 세종류의 주요 지질매체가 대상이 되고 있는데-완전사용한 유전, 탄광을 할 수 없는 석탄층, 그리고 심해 암염대수층이 그것이다. 큰 저장 능력과 도처에서 이용 가능하다는 측면에서 심해대수층이 가장 유력해 보인다.

저장을 위해서는 이산화탄소의 밀도를 증가시켜 부피를 줄일 필요가 있는데 대부분 제안된 기술은 이산화탄소를 초임계 상태에서 주입하는 것이다. 이때 압력은 7.38 메가파스칼(Mpa), 온도는 31.1도를 상회한다. 그러므로 주입은 최소한 지하 800 미터 아래에서 이루어져야 한다. 이 깊이에서 층간수(formation waters)는 용존물질이 매우 많으며 경제적으로 혹은 생태적으로는 크게 가치가 없을 것으로 판단된다. 그러므로 이산화탄소 처분지로서 매우 매력적이다. 오일회수를 향상시키기 위해 이산화탄소 주입을 적용한 석유 산업과 유해물질의 심층처분을 한 수리지질산업의 경험은 심층 대수층에 이산화탄소를 처분하는 것에 대한 강한 기초를 제공하고 있다. 물론 이런 각각의 활동들은 심층대수층에 이산화탄소를 주입하는 것과 비슷하지만 제안된 이산화탄소 주입계획과 관련한 특유의 문제들로 인해 흥미로운 연구과제가 될 수 있다. 이런 문제에는 지층특성의 불확실성, 불안정한 유동계를 유발할 수 있는 부력과 점성효과, 목적지층에서 빠져 나와 수직으로 상승하는 이산화탄소의 상변화 및 복잡한 지구화학 등을 포함한다. 또한 지질학적 시간규모에서의 이산화탄소 거동도 분석하여야 한다.

사실 매우 어렵지만 이 문제의 많은 현저한 특성들이 수리지질학자들에게는 익숙하다. 이런 특성에는 층간(layered)대수층/난대수층에서의 광역적 지하수 흐름, 국지적 혹은 중간규모의 불균질성, 이중상 흐름, 상간 물질교대, 이와 관련한 혼합 이동, 상변화 및 복잡한 지구화학적 반응이 있다. 물론 경제적 효율이 중요한 고려의 대상이지만, 일반대중의 허용 여부는 주로 주입한 이산화탄소의 운명에 대한 신뢰할만한 예측과 그와 관련한 환경 위해성 관리에 달려 있을 것이다. 수리지질학자들은 지난 삼십년간 이러한 문제를 다루어 왔고 또 앞으로도 그럴 것이다. 수리지질학자들은 지구온난화 문제에 대한 해결책으로서 이 방법의 적용성을 판단하는 연구에 지대한 공헌을 할 수 있는 이상적인 위치에 있다. 이 기술이 성공하려면 환경적 안정성과 신뢰할만한 환경 위해성 평가를 수리지질학에서 내놓아야 한다. 이런 식으로 수리지질학은 새롭고 활력적인 연구분야에 일하면서 지구온난화로부터 지구를 구하는 일에 기여를 할 수 있다.

역자주: Ground Water의 새 편집장인 Mary P. Anderson 교수는 그의 취임 사설(2002년 40권 1호: 'Ground Water' in the New Millennium)에서 수리지질학적 패러다임의 변화를 예고하였는데 물의 순환(water cycle), 생태수리학(ecohydrology), 지속가능성(sustainability), 그리고 지구규모의 기후변화(global climate change)가 그것이다.

관련자료

1. Belitz, K., 2001, Ground water is alive and well—it just keeps shifting, Ground Water 39(4), 481.
2. Schwartz, F.W. and Ibaraki, M., 2001, Hydrogeological research: beginning of the end or end of the beginning? Ground Water 39(4), 492–498.
3. Anderson, M.P., 2002, 'Ground water' in the new millennium, Ground Water 40(1), 1.