

온실가스 저감 기술 어디까지 왔나

글 | 김정수 _ 한겨레신문 환경담당기자 jsk21@hani.co.kr

지난 1월 IPCC의 제4차 평가보고서 발표는 지구촌에 온난화가 불러 올 기후재앙에 대한 우려를 더욱 높여 놓았다. 그 결과 인류가 기후변화에 대응할 수 있는 방법에 대한 관심도 함께 높아지고 있다.

온실가스 모아 처리하는 기술이 가장 현실적

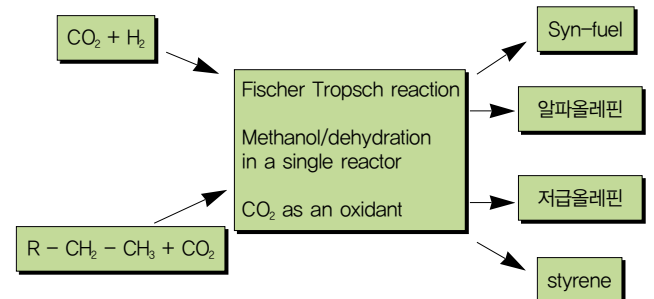
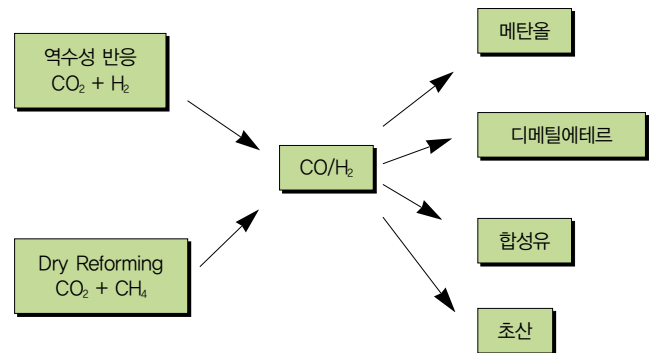
기후변화에 대한 대응은 크게 두 방향에서 이뤄지고 있다. 하나는 온난화의 원인인 지구 대기 중 온실가스 농도를 줄이는 '감축'이고, 다른 하나는 사회 구조를 온난화로 바뀌는 환경에 맞춰 나가는 '적응'이다. 이 두 방향의 대책은 모두 과학기술을 빼놓고 생각할 수 없으며, 그 가운데 특히 '감축' 부문에서 과학기술의 역할은 절대적이다.

과학기술계에서는 이미 오래 전부터 지구 대기의 온실가스 농도 증가를 억제하기 위한 기술 개발 노력을 활발히 펼쳐오고 있다. 이런 기술은 온실가스를 배출하는 에너지의 이용 효율을 높이는 기술, 온실가스를 배출하지 않는 에너지를 사용하는 기술, 배출되는 온실가스를 모아 온난화에 영향을 주지 않도록 처리하는 기술 등으로 구분해 볼 수 있다.

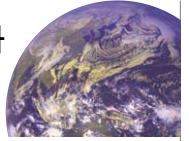
이들 세 범주의 기술 중에서 가장 근본적인 대책은 물론 온실가스를 아예 발생시키지 않는 에너지원을 개발해 사용하는 것이다. 이런 에너지원으로는 태양, 바람, 바이오, 지열, 해양력 등의 재생가능 에너지와 이들 재생가능 에너지를 이용해 만들어내는 수소가 대표적이다. 특히 재생가능 에너지를 이용한 수소는 화석 에너지고갈과 지구 온난화 문제를 한꺼번에 해결해 줄 꿈의 에너지원으로 기대를 모으고 있다. 하지만 이와 같은 진정한 의미의 '수소경제'

전환은 아직은 먼 미래의 이야기다.

에너지 이용의 효율성을 높여 온실가스 방출량을 줄이는 기술도 온난화를 억제할 만큼의 실질적인 효과를 기대할 수 있는 여지가 많지는 않다. 이 기술 개발은 굳이 온실가스 감축이 아니라 치열한 경쟁에서 살아남기 위한 차원에서 산업계에서 이미 '다른 행주를



이산화탄소 전환기술의 연관도



현재 진행중인 전세계 주요 CCS 사업들(저장량 단위 : tCO₂)

| 프로젝트명 | 국가 | 저장시작 연도 | 총저장계획량 | 저장 형식 |
|-------|------|---------|----------|--------------|
| 슬라이프너 | 노르웨이 | 1996 | 20000000 | 염대수층 |
| 웨이번 | 캐나다 | 2000 | 20000000 | 유전(오일회수증진법) |
| 인살라 | 알제리 | 2004 | 17000000 | 가스전(가스회수증진법) |
| 케이12비 | 네덜란드 | 2004 | 8000000 | 가스전(가스회수증진법) |
| 프라이오 | 미국 | 1997 | 1600 | 염대수층 |
| 헨빅밸리 | 캐나다 | 2003 | 200 | 석탄층(메탄생산증진법) |
| 유바리 | 일본 | 2004 | 200 | 석탄층(메탄생산증진법) |
| 리코폴 | 폴란드 | 2003 | 10 | 석탄층(메탄생산증진법) |

자료 : 기후변화 정부간 위원회(IPCC) 2005년 CCS보고서

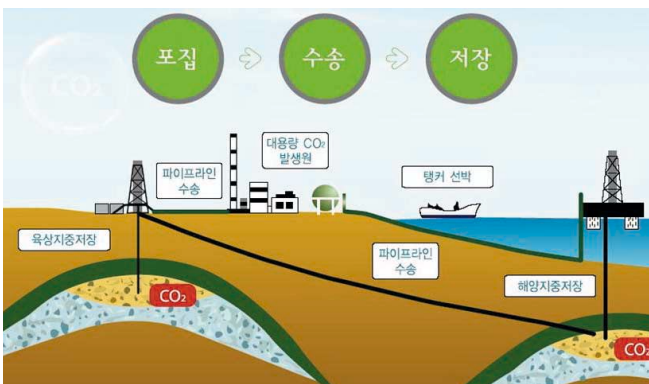
뿐만 아니라 표현할 정도까지 진행된 상태다.

온실가스를 모아 처리하는 기술은 일단 온실가스가 만들어진 뒤부터 적용된다는 점에서 다른 두 기술만큼 근본적 대책은 아니다. 하지만 상대적으로 단시간에 대기 중 온실가스 농도 증가를 억제하는 효과를 기대할 수 있다는 장점이 있다. 다른 두 가지 근본적인 온실가스 감축 대책이 실용화돼 효과를 발휘하게 될 때까지 온난화를 늦춰 줄 '응급처방'으로서 활용가치가 매우 높은 것이다. 지구 온난화에 대한 불안감이 높아질수록 이 기술에 대한 관심이 높아지는 것은 이런 이유에서다.

지하에 이산화탄소 저장시 최소 10만년 가능

온실가스 처리 기술 가운데 가장 대표적인 것은 발전소나 제철소 등의 산업시설에서 대량 배출되는 대표적 온실가스인 이산화탄소를 모아 땅속이나 바다에 저장하는 기술(CCS)이다.

CCS기술을 적용해 포집한 이산화탄소를 저장할 후보지로는 육



이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 기술 적용 모식도

지와 바다의 지하, 바닷물 속 등이 꼽히고 있다. 그러나 온실가스를 모아 바닷물에 용해시키거나, 심해의 해저에 쌓아두는 방식은 처리 가능 용량이 가장 많은 반면, 해양환경에 피해를 줄 우려가 있고 최대 저장기간도 1천 년으로 비교적 짧다는 단점이 있다. 따라서 환경오염을 최소화하는 등 안전성을 높이기 위한 기초연구가 진행되고 있는 단계다.

이에 비해 원유나 가스를 채굴하고 난 폐유전이나 가스전, 해저 깊은 곳의 염대수층, 석탄층 등 땅속에 저장하는 방법은 몇몇 나라에서 제한적으로나마 이미 활용되고 있는 단계다.

노르웨이의 한 석유회사에서는 이미 1996년부터 천연가스 생산 과정에서 분리해 낸 이산화탄소를 북해 해저 800m 염대수층에 해마다 1백만t씩 저장해오고 있다. 또 캐나다의 한 유전에서 2000년부터 330km 떨어진 미국의 한 공장에서 파이프라인으로 보내온 이산화탄소를 해마다 1백만t씩 폐유정에 저장하고 있다. 폐유정에 이산화탄소를 강한 압력으로 주입해 유정 밑바닥에 남아 있는 원유를 뽑아 올리는데 사용하고, 원유가 있던 빈 공간에 가두는 것이다. 이밖에 미국, 네덜란드, 일본, 폴란드 등에서 파일럿 플랜트 등을 설치해 연구를 진행하고 있다.

지하저장 방식은 최소 10만 년 이상 이산화탄소를 붙잡아 둘 수 있을 정도로 안정적인 것으로 알려져 있다. 하지만 아직 전면적으로 실용화되지는 못하고 있다. 가장 큰 이유는 경제성 때문이다. 현재 CCS기술로 이산화탄소 1t을 포집해 저장하는 데는 대략 150~200달러가 들어가는 것으로 알려져 있다. 전문가들은 CCS기술이 시장에 진입할 수 있으려면 이 비용이 톤당 35달러 이하로 내려가야 할 것으로 보고 있다.

경제성 확보는 이산화탄소 포집-수송-저장의 3단계로 이뤄지

CO₂ 저장방식에 따른 저장가능용량 및 저장기간

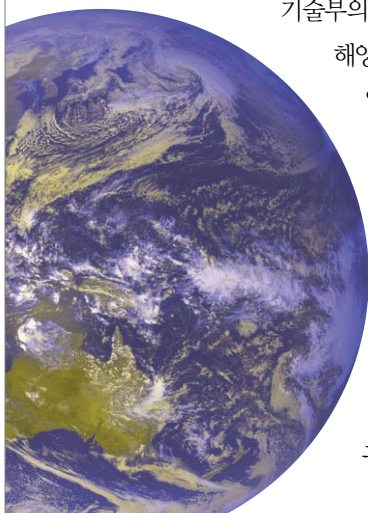
| 저장방식 | 용량 (GtCO ₂) | 저장기간 (year) |
|----------------------------------|-------------------------|-------------|
| 유전 및 가스전 (Oil and gas fields) | 675~900 | >100,000 |
| 심부 염대수층 (Deep saline formations) | 1,000~10,000 | >100,000 |
| 난채굴성석탄층 (Unminable coal seams) | 3~200 | >100,000 |
| 해양 (Oceans-분사, 저류식) | 2,300~10,700 | Up to 1,000 |

는 CCS 처리 공정에 소요되는 비용의 70~80%를 차지하는 포집 비용을 얼마나 줄일 수 있느냐에 달려 있는 것으로 보인다. 세계 각국은 따라서 저장기술 개발에는 컨소시엄을 구성해 공동 연구를 진행하는 등 협력하면서도 포집 기술 개발은 각기 비밀리에 진행하고 있다. 누가 먼저 경제성 있는 포집기술 개발에 성공하느냐가 앞으로 세계 탄소배출권 거래시장의 주도권을 가르게 될 것이기 때문이다.

우리도 1천만톤 해저저장 목표 연구 진행중

현재 이 부문 기술에는 일본이 가장 앞선 것으로 알려져 있지만 정확한 기술 수준은 공개되지 않고 있다. 다만 2010년부터 연간 15억t씩 배출되는 이산화탄소 가운데 2억t을 자국 연안과 동남아의 가스전에 저장한다는 계획을 세우고, 자국 연안에 구체적인 저장 후보지까지 선정했다는 점에서 기술개발 속도를 짐작해 볼 수 있을 뿐이다.

우리 나라에서는 이산화탄소 포집과 처리의 전반적 기술은 과학 기술부의 프론티어 이산화탄소사업단, 해양처리에 초점을 맞춘 기술은 해양수산부 산하 해양연구원과 지질자원연구원이 각각 중심이 돼 개발을 진행하고 있다. 해양연구원에서는 2015년까지 연간 1천만톤의 이산화탄소를 해저 땅속에 저장할 수 있는 기술을 실증해 보이는 것을 목표로 잡고 관련 연구를 진행하고 있다.



교토의정서에 따라 온실가스 감축의무를 지게 된 선진산업국들이 의무를 이행할 수 있는 유력한 수단으로 CCS기술을 주목하면서 실용화를 앞당기기 위한 정치적 움직임도 활발하게 전개되고 있다. 온실가스 감축 수단을 논의하는 기후변화 관련 국제회의에서는 CCS기술에 의한 이산화탄소 감축을 교토의정서의 청정개발체제(CDM)에 포함시키는 문제를 적극적으로 검토하고 있다.

국제해사기구(IMO)는 지난해 11월 열린 해양폐기물 관련 런던협약 96의정서 당사국회의에서 이산화탄소의 해저 처리를 허용하는 쪽으로 의정서를 개정하면서 해저 처리 이산화탄소의 순도에 대한 규정을 두지 않았다. 대규모 온실가스 배출원에서 해저에 저장할 목적으로 이산화탄소를 포집할 때 질소산화물이나 황산화물 등의 불순물을 분리하지 않아도 되게 한 것이다. 이는 이산화탄소 포집 비용을 절감할 수 있게 해 CCS기술의 경제성을 높여줄 수 있는 조처다.

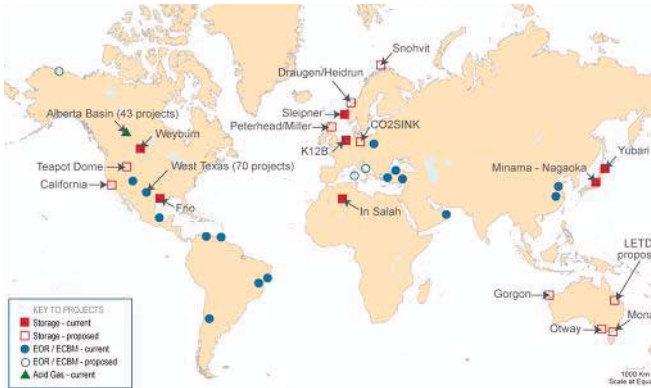
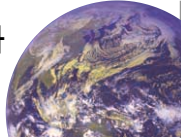
'이산화탄소 전환 기술' 상용화 가능성은 희박

발생한 이산화탄소를 처리하는 또 다른 기술로는 이산화탄소를 부가가치가 높은 다른 화합물로 전환시켜 활용하는 것이다.

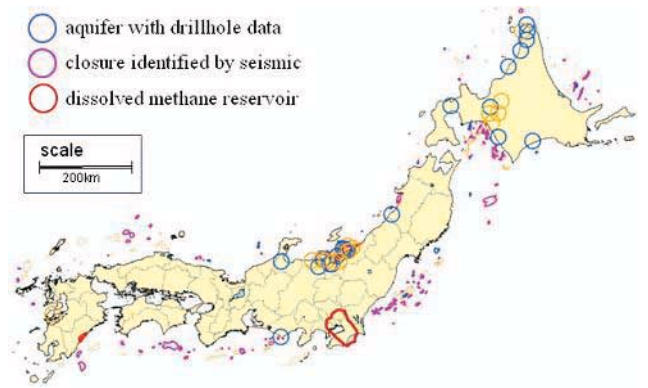
국내에서 이와 관련한 연구는 한국과학기술연구원, 한국화학연구원, 한국가스공사를 중심으로 진행돼 왔다. 서울 당인리 서울화력발전소에는 과학기술연구원이 개발한 메탄올 합성기술을 적용한 파일럿 플랜트가 이미 설치돼 있으며, 가스공사는 인천에 이산화탄소를 석유화학제품의 원료로 사용되는 디메틸에테르(DME)로 전환하는 기술을 적용한 파일럿 플랜트 설치작업을 진행중이다. 화학연구원에서는 이산화탄소를 환원시켜 올레핀을 만드는 파일럿 플랜트 실험을 진행하고 있다.

이처럼 이산화탄소를 다른 물질로 전환하는 기술은 전환에 필요한 수소와 에너지 확보 문제 때문에 CCS기술에 비해 실용화 가능성은 오히려 낮은 것으로 평가되고 있다. 현재 상용화돼 있는 수소 제조방법 가운데 가장 비용이 적게 들어가는 것은 화석 에너지인 천연가스에서 분리하는 방법이다. 하지만 이 방법의 수소 생산도 생산되는 수소에서 얻을 수 있는 에너지의 두 배 이상의 에너지를 투입해야만 가능한 '적자기술'이다.

따라서 이산화탄소 전환 기술은 물론 수소연료전지 기술도 온실가스를 배출하지 않는 재생 에너지를 이용해 값싸게 수소를 생산하는 기술이 실용화되지 않고는 지구 온난화 대응책으로 큰 의미를 갖기 어렵다. 이산화탄소 전환 기술에 대한 연구에 가장 앞서 있는



현재 진행중이거나 계획중인 CCS기술활용 세계 이산화탄소저장 프로젝트



일본의 CCS 기술을 활용한 이산화탄소저장 후보지역

것으로 알려진 일본에서도 얼마 전부터 이 부문의 연구를 축소시키고, 대신 CCS와 같은 이산화탄소 대량 저장기술 쪽에 집중하고 있는 것은 그 때문이다.

이밖에 이산화탄소를 직접 이용하는 기술로 이산화탄소를 알칼리 폐수 중화제로 사용하는 기술이 있다. 이 기술은 일부 선진국에서 이미 상용화돼 있으며, 국내에서도 2~3년 전 대구염색단지의 폐수 처리에 일부 적용되기도 했다. 하지만 기존 공정을 개량해야 하는데다, 황산을 중화제로 사용하는 공정에 비해 넓은 부지가 소요되는 등의 문제점이 있어 산업현장에 확산되지는 못하고 있다. 또 실제 기대할 수 있는 온실가스 감축 효과도 그다지 높지 않은 것으로 분석된다. 수산화나트륨 농도 1천ppm의 폐수 1m³를 처리하는데 들어가는 이산화탄소의 양은 1.1kg으로, 하루 30만t 가량 발생하는 국내 알칼리 폐수를 모두 이 방식으로 처리한다 해도 이산화탄소 감축 효과는 연간 10만여t에 지나지 않는다.

그 외에도 삼림의 탄소흡수 기능을 높이기 위한 기술, 해조류의 온실가스 흡수율을 높이기 위한 기술, 미세 조류나 광합성 미생물을 이용한 이산화탄소 고정화 기술 등도 이미 발생한 온실가스를 감축하기 위한 방법으로 연구되고 있다. 이산화탄소 고정화 기술은 태양에너지 이외에 별도의 에너지가 거의 들어가지 않고, 배출되는 이산화탄소를 직접 이용하므로 배출가스 전 처리에 들어가는 공정 비용을 절감할 수 있고, 고정화 공정의 최종 산물인 바이오매스를 대체에너지로 사용할 수 있다는 점이 장점이다.

풍력, 지열, 태양광 등 재생에너지 상용화 단계

에너지 이용의 효율성을 높이는 기술로는 자동차 업계에서 정부의 지원 아래 추진하고 있는 고연비 친환경자동차 개발이 대표적인

다. 이 기술은 엔진 효율 향상과 차체 경량화 등으로 연비를 높이는 한편, 연료전지 사용을 통해 온실가스 배출을 원천적으로 줄이는 것을 목표로 하고 있다. 그 밖에 산업과 건물 부문에서 에너지 사용 효율성을 높이기 위한 기술과 전기저항이 제로가 되는 초전도현상을 응용해 송전 과정에서의 전력 손실을 없애는 기술 개발도 활발하게 이뤄지고 있다.

처음부터 온실가스를 배출하지 않는 에너지를 활용하는 기술로는 태양광, 바이오에너지, 풍력, 해양에너지, 지열 등의 재생에너지를 활용하는 기술이 대표적이다. 이와 같은 재생에너지 활용 기술은 이미 대부분 상용화 단계에 접어 든 상태다.

국내에서도 이미 강원도 대관령, 경북 영덕 등에 풍력발전단지가 상업 운영되고 있고, 태양광을 이용해 전기를 만들어 한국전력에 파는 발전회사도 생겨나고 있다. 폐기물 매립지에서 발생하는 매립가스를 이용한 발전도 수도권 매립지를 비롯한 전국 매립지 곳곳에서 이뤄지고 있다. 지금 각 가정의 콘센트에 도달해 있는 전기에는 이런 재생 에너지로 만들어진 전기가 극히 적은 양이지만 섞여 있다.

하지만 이처럼 재생 에너지를 전기와 같은 이용하기 편리한 에너지로 바꿔 쓰는 데는 많은 비용이 들어가 발전차액제도 등의 보조금 제도를 동원한 정책적 배려 없이는 시장에서 존립하기 어렵다는 것이 문제다. 따라서 이런 재생에너지 설비의 효율성을 높여 생산비를 낮춰주는 것이 과학기술계의 과제가 되고 있다. ⑤



글쓴이는 연세대 신방과 졸업 후 한겨레신문사에 입사해 17년째 기자 생활을 하고 있다. 사회부, 한겨레21부, 경제부 등을 거쳐 현재 사회정책팀에서 환경분야 취재를 맡고 있다.