

25

석탄과 석유가 사라진 후에는 어떻게 될까요

곽찬우 경남 영운중 1
김경복 서울 영훈국제중 1

A



석원경 교수가 답하다

영국의 석유 기업 BP가 발표한 전 세계 에너지 통계 보고서에 따르면 2020년 기준 전 세계 석탄 매장량은 1조 740억 톤이며, 앞으로 생산 가능한 기간은 약 130년으로 추정됩니다. 2025년에는 인구가 81억 명에 이르고 하니 자칫 21세기가 끝나기 전에 전 세계의 석탄이 고갈될 수도 있는 형편입니다. 석탄은 수억 년 전 지질시대에 살다 죽은 식물이 수중에 퇴적돼 이탄으로 변했다가, 높은 압력과 온도에 의해 습기가 빠져나가고 변질된 흑갈색의 가연성 암석입니다.

석유와 천연가스의 사정도 크게 다르지 않습니다. 석유와 천연가스는 수백만~수천만 년 전에 수중에 가라앉은 식물성 플랑크톤 퇴적물입니다. 앞으로 30년 이내에 석유와 천연가스가 고갈될 것이라는 어두운 전망도 있습니다. 물론 채광, 채굴 기술이 발전하고, 최대한 소비를 억제하도록 노력하면 고갈 시기를 어느 정도 늦출 수는 있겠지요. 어쨌든 석탄과 석

유가 고갈된 이후에 대한 적극적인 준비가 절실한 형편입니다.

모든 에너지의 전기화

화석연료의 무분별한 소비에 의한 환경오염도 심각한 문제입니다. 화석연료를 연소할 때 방출되는 온실가스인 이산화 탄소가 지구 온난화를 일으키고, 결국에는 심각한 기후변화로 이어져서 인류의 지속적인 생존을 위협하고 있는 것은 사실입니다.

45억 년 지구의 역사에서 지난 200년은 매우 특별한 시기였습니다. 1760년에서 1820년 사이에 영국에서 일어난 산업혁명으로 생산성이 향상되면서 인구가 빠르게 늘어났습니다. 4억 명 수준에도 미치지 못했던 인구가 이제는 78억 명을 넘어섰습니다. 산업화를 이룩한 인간이 지구의 운명을 바꿔놓을 정도로 막강한 영향력을 발휘하게 됐습니다. 그래서 지질학에서는 산업혁명 이후를 ‘인류세(Anthropocene)’라고 불러야 한다는 주장이 제기되고 있습니다.

오늘날 고갈을 걱정하고 있는 석탄, 석유, 천연가스는 인류가 매우 다양한 목적으로 활용하고 있는 연료입니다. 가정용 취사와 난방은 물론이고, 자동차, 선박, 항공기의 연료로도 사용합니다. 제철, 제강, 정유, 시멘트, 비료 등의 산업에서도 엄청난 양의 화석연료를 사용하고 있습니다. 당장 가정, 산업, 수송에 사용할 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지 공급 수단을 찾아내는 일이 절박합니다.

지금의 기술 수준에서 가장 가능성 큰 대안은 에너지의 소비를 전적으로 전기에 의존하는 것입니다. 간단한 일은 아니지만, 가정의 취사와 난방을 전기로 대체하는 것은 충분히 가능한 일입니다. 주방의 가스레인지



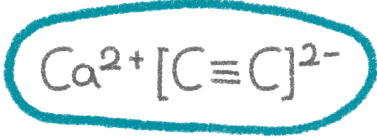
전자레인지와 인덕션 레인지로 바꾸는 일은 어렵지 않습니다. 천연가스를 사용하는 가스보일러는 쉽게 전기보일러로 교체할 수 있으며, 전기를 사용하면 가정의 주거환경이 더욱 쾌적하고 편리해집니다.

산업 부문의 대안은 훨씬 어렵습니다. 전기로(electric furnace)가 개발돼 있지만, 고철을 가공하는 정도로 활용할 수 있을 뿐입니다. 철광석을 녹여야 하는 제철 공장의 용광로, 석회석을 구워야 하는 시멘트 공장의 고로, 원유를 증류해야 하는 정유공장의 정제설비는 전기 에너지로 가동하는 것이 현실적으로 만만치 않습니다. 전기요금도 부담스럽지만, 기술적으로도 쉽지 않은 일입니다.

수송 부문의 문제도 심각합니다. 육상에서 운행하는 자동차의 경우에는 리튬 이온 배터리를 사용하는 전기 자동차로 대체할 수 있습니다. 물론 배터리를 충전하는 데에 오랜 시간이 걸리고, 운행 거리가 충분히 길지 않은 어려움을 극복해야 하고, 배터리의 성능도 개선해야 합니다. 그런데 대형 선박과 항공기의 경우에는 대안이 없습니다. 현재의 기술 수준으로는 배터리의 무게를 감당할 수 없는 형편입니다.

대체 소재의 개발은 더욱 어려워

그동안 인류가 활용해왔던 목재, 섬유, 고무, 염료, 의약품 등의 소재는 자연 생태계에서 생산됐습니다. 천연 소재는 생태계의 식물이나 동물이 자신의 생존을 위해 합성한 다양한 탄소 화합물입니다. 물론 자연에서 생산되는 천연 소재가 매력적일 수 있습니다. 그러나 그 품질이 언제나 우리에게 만족스러운 것은 아닙니다. 천연 소재는 생산량도 지극히 제한적일 수밖에 없습니다. 그런 소재에 의존해야만 했던 과거 인류의 삶은 생각보



칼슘 카바이드는 탄소 원자 2개가 삼중 공유 결합을 한 2- 음이온과 2+ 전하를 띠는 칼슘 양이온이 이온 결합한 물질이다.

다 훨씬 거칠고 힘들었습니다.

오늘날 우리가 누리고 있는 물질적 풍요는 대부분 합성 소재 덕분입니다. 19세기 중엽부터 빠르게 발전한 화학 기술 덕분에 우리가 원하는 기능과 품질의 소재를 다량으로 빠르게 생산할 수 있게 되었습니다. 석탄을 연소시키는 과정에서 발생하는 산업 폐기물인 콜타르에서 최초의 합성 의약품인 아스피린을 생산했고, 모브라는 인공 염료도 처음으로 합성했습니다. 콜타르는 약 30~180 °C 사이에서 액체로 존재하는, 방향족 탄화수소 고리를 3개 이상 가진 물질입니다.

20세기에는 나일론을 비롯한 합성 섬유도 개발되었습니다. 천연고무에 뒤지지 않은 탄성을 가진 합성 고무와 다양한 특성을 가진 플라스틱도 값싸게 대량으로 생산하기 시작했습니다. 이제는 그런 합성 소재를 원유를 증류해서 생산합니다. 그래서 20세기는 ‘합성 플라스틱의 세기’라고 부르기도 합니다.

석유가 고갈되면 우리가 활용하고 있는 합성 플라스틱의 생산도 어려워 집니다. 대안을 찾는 일도 만만치 않습니다. 흑연 전극을 사용하는 전기 아크로에 석회와 코크스 혼합물을 넣어서 섭씨 2200도에서 생산하는 탄화 칼슘(CaC_2)이 대안으로 소개되고 있습니다. 흔히 카바이드로 알려진 탄화 칼슘을 물과 반응시켜 얻는 아세틸렌으로 원유나 천연가스를 대체할 수도 있을 것으로 기대하고 있습니다.

그러나 카바이드의 생산에도 석탄을 가공한 코크스가 필요하다는 사실

은 주목할 필요가 있습니다. 우리가 지금까지 이룩해놓은 탄소 기반의 문명을 이어가기 위해서는 결국은 탄소를 활용하는 다양한 화학 기술을 서둘러 개발해야만 합니다.

미래 준비를 도와줄 원자력발전

현실적인 대안은 아직 없습니다. 많은 사람이 관심을 두는 수소는 아직은 생산, 운반, 저장, 활용 등을 위한 실용적인 기술을 개발하지 못하고 있습니다(24. ‘미래의 자동차 연료는 수소가 기본이 될까요’ 참고). 전기로 포집한 이산화탄소를 가공해서 메탄올, 휘발유, 경유와 같은 특성을 가진 전기 기반 연료 ‘이퓨얼(e-fuel)’을 생산하겠다는 주장도 있습니다. 하지만 이 또한 아직은 먼 미래의 아이디어 수준에 지나지 않은 형편입니다.

앞으로 30년 사이에 화석연료에 의존하지 않는 전기를 개발할 수 없다면, 다른 자원을 적극적으로 활용하면서 미래를 준비할 수밖에 없습니다. 이런 면에서 우라늄 원자핵이 반응을 일으킬 때 방출하는 에너지를 이용해 발전기를 돌려 전기를 얻는 원자력발전은 에너지 효율이 매우 높고 온실가스도 배출하지 않기에 아직 매력이 있습니다. 문제는 발전 과정에서 핵 물질 및 방사성 폐기물이 발생하고, 전체 우라늄 가운데 자연에 고작 0.7% 정도 존재하는 우라늄-235를 사용한다는 점입니다. 우라늄-235는 자연에 존재하는 우라늄 동위 원소 중 유일하게 열 중성자 핵분열이 가능합니다.

그렇다면 천연 우라늄의 99.3%를 차지하는 우라늄-238을 이용하며, 원전에서의 폐연료의 활용률을 크게 올려 방사성 폐기물도 적고 핵무기로 전용 가능성도 적다고 알려진 소형모듈원전(SMR·small modular reactor)을 적극

적으로 사용하면 어떨까요?

증기 발생기, 냉각제 펌프, 가압기 등의 장비가 원자로 내에 모두 들어 있는 일체형 SMR을 대형 선박이나 공장과 같이 전기를 많이 쓰는 시설에 일차적으로 설치하게 한다면 전 세계의 전기 사용량은 대폭 줄일 수 있습니다. 앞으로 덩치는 더욱더 작으면서 안전하게 설치할 수 있도록 개발된다면 좋을 것입니다.