



기후변화행동연구소

Institute for Climate Change Action

2020년 3월 2일

춘래불사춘(春來不似春)이라는 말이 2020년 3월의 우리나라를 잘 표현합니다. 3월이지만 코로나19(코로나바이러스감염증-19)가 우리나라를 짓누르고 교육기관은 개학을 미루고 있어서, 솟아오른 새순을 보고도 또 다른 시작에 대한 설렘과 기대가 생기기 힘듭니다. 이 시기에 기후변화, 기후위기에 대한 고민은 어떤 의미를 가질까요? 당장은 더 시급히 해결할 과제인 이 건강의 위기를 온 국민과 전 세계가 힘을 합해 극복해서, 지금까지 지지부진했던 기후변화 대응도 ‘의지만 있으면’ 해낼 수 있다는 자신감을 얻는 기회가 되면 좋겠습니다. 이번 클리마는 그런 의지를 행동에 옮기고 있는 외국의 정책 방향을 살펴보고, 우리나라의 기후 대응의 나아갈 바를 모색합니다. 동시에, 아직은 우리에게 낯설지만 에너지 절약과 온실가스 감축뿐만 아니라 실내공기질 개선을 실증적으로 보여주는 파시브기술의 국내 적용 아이디어를 연재되는 외부 기고를 통해 듣습니다.

차례

기획기사	1
유럽 그린딜의 방향과 특징.....	1
우리는 왜 탄소제로 계획을 세우지 못하고 있는가?	6
파시브기술 이야기(5) – 버려지는 공기의 열을 되찾아오다(열회수환기).....	13
국외뉴스	22
국내뉴스	25
나침반	27
소비기반 탄소배출량(consumption-based CO ₂ emissions).....	27
기후변화행동연구소 인턴십을 마치며	30

편집위원회

편집위원장: 박훈

편집위원: 김남수, 김재삼, 이순희, 이은선, 조아라, 최동진

주소: 서울시 종로구 사직로12길 25-3, 희명빌딩 나동 3층

E-mail: iccakorea@gmail.com

전화: 070-7124-6060

후원계좌: 우리은행 1005-403-027646 (예금주: 기후변화행동연구소)

기획기사

유럽 그린딜의 방향과 특징

유럽연합집행위원회(European Commission)는 작년 12월 유럽연합의회와 유럽연합이사회에 유럽 그린딜에 관한 통신문을 전달함으로써, 향후 EU가 기후위기 해결을 위해 갈 방향과 그 실행을 위한 전략을 제시한 바 있다. 미국 하원의 그린뉴딜 결의안이 구체적인 실행안 없는 선언이며 민주당 대통령 후보들의 공약이 된 것에 반해, 유럽 그린딜은 집행위원회가 상당히 구체적인 계획과 전략을 짜고 이에 대한 승인을 의회와 이사회에 요청했고 승인의 가능성이 높은 점을 감안하면, 이제 기후위기 극복을 위한 전세계적 변화가 눈앞에 다가왔다고 할 수 있다.

미국 그린뉴딜 결의안의 특징을 요약하자면, 기후위기라는 전례 없는 생태적 위기를 해결하기 위해 60년대 이래 성장해온 생태주의적 사회정치적 세력들이 순수한 생태주의적 접근만을 고집하는 것이 아니라 사회 집단이 더 많이 참여하고 대공황 시기 루스벨트 대통령의 뉴딜정책을 넘는 동원체제를 구축하여 이 위기를 극복하려는 방안이다. 기후위기는 일차적으로 자원소모와 과소비라는 자본주의적 생활방식에서 연유했지만 특히 최근 자본의 세계화가 이를 더 부추겼다. 자본의 세계화는 기후위기를 심화하는 한편, 극심한 빈부격차를 유발하여 그간 사회민주주의적 정책으로 안정된 삶을 살아오던 대다수 선진국 시민을 주변 계층으로 몰락시켰다. 비교적 단일한 계층으로 이루어졌던 노동계급을 다수의 소수파 주변 계층, 즉 최전선 취약계층으로 분해했다. 미국의 그린뉴딜 결의안은 기후위기 극복을 위한 총동원체제이면서 이런 최전선 취약계층에게 새로운 삶의 기반과 사회복지를 복원해 주기 위한 정책이기도 하다. 따라서 미국의 그린뉴딜은 자본의 세계화로 가장 이익을 본 패권국 미국의 상층부에 대한 취약계층 국민의 반발이기도 하다. 트럼프가 재집권하거나 이번에 정권이 바뀌어도 민주당이 연속 집권에 실패하면 미 연방 차원에서 이런 정책이 실현될 수 있을지는 의문이다.

유럽 그린딜의 목표

유럽 그린딜이 온실가스를 감축하는 방법에 있어서 미국 그린뉴딜과 큰 차이가 있는 것은 아니다. 그에 대해서는 필자가 이전에 썼던 글을 참조하면 될 것이다. 다만 유럽이 처한 현실과 유럽연합 집행위원회라는 조직의 정치적 위상에 따라 강조점과 관점이 다르다.

미국과 달리 유럽의 사회민주주의와 사회복지 토대는 자본의 세계화로 상당히 침식되었을지언정 무너지지는 않았다. 유럽 그린딜은 기후위기를 극복하는 과정에서 이 토대를 더욱 굳건히 하는 데 초점이 맞춰져 있다. 유럽 그린딜은 통신문에서 다음과 같이 그 목표를 명확히 하고 있다.

“유럽 그린딜은 EU를 현대적이고 자원-효율적이며 경쟁적인 경제를 가지고도 2050년에 온실가스 순배출이 제로가 되고 경제 성장과 자원 사용의 연관성이 분리되는 경제를 지닌 공정하고 번창한 사회로 변환하는 것을 겨냥하는 새로운 성장 전략이다.”

탄소국경세를 통한 탄소 누출 방지

2050년 온실가스 순배출 제로로 기후위기를 극복하는 큰 목표 아래, 그 목표를 이루면서도 공정하고 번창한 사회를 이루는 목표를 이루기 위해서 자원사용이 늘지 않고 심지어 줄어들면서도 사회는 더욱 발전하는 전략을 세운 것이다. 미국 주도의 자본의 세계화는 유럽 경제의 활력을 떨어뜨렸다. 금융과 새로운 산업으로 무장하고 세계패권을 이용한 미국과 달리 유럽은 산업이 쇠퇴하고 복지를 위한 기반을 침식당했다. 세계화된 자본주의에 의해 급성장하는 개발도상국의 값싼 상품이 물밀듯이 밀려오면서 유럽의 세계 시장 점유율은 떨어지고 지속적인 저성장에 시달렸다. 기후변화 위기 탈출을 위해서는 이런 자원낭비적인 온실가스 다배출 상품의 규제가 필요하다. 유럽이 비록 열심히 에너지 체계를 전환하고 온실가스를 감축하더라도 외부로부터 값싸고 자원낭비적이며 온실가스 다배출 공정에서 생산된 상품이 들어와서 대량소비되면 온실가스 감축 노력이 무의미해진다. 이를 위해 유럽 그린딜은 다음과 같이 그런 상품들이 EU 차원의 노력을 무력화하지 못하도록 하는 장치를 설정하고 있다.

“많은 국제적 당사자들이 EU와 같이 야심찬 목표를 공유하지 않는 한, 탄소 누출의 위험이 상존한다. (중략) 집행위원회는 탄소 누출의 위험을 감소시키기 위해 선택된 분야에 대해 탄소 국경 조정 메커니즘을 제안할 것이다. 이것은 수입품의 가격이 그 내재 탄소량을 더 정확하게 반영하도록 보장할 것이다.”

EU 역외 상품의 탄소발자국이 EU보다 크다면 이 차이만큼 탄소국경세를 과세함으로써 탄소 누출을 막겠다는 취지다. 중국이나 한국이 석탄발전소에서 나온 전기로 값싸게 상품을 만들어 수출하는 길이 좁아지거나 막힐 수 있다는 뜻이다. 대표적으로는 철강과 시멘트 및 플라스틱 제품을 들 수 있겠다. 이럴 경우 유럽은 자체적으로 탄소 저배출 산업을 획기적으로 발전시켜 외부 탄소 다배출 상품의 수입을 억제하고 유럽 역내 교역을 강화할 수 있어, 지금까지 전세계적 경제의 흐름이었던 생산의 세계화에 제약을 가하게 되어 유럽 경제의 발전을 촉진할 수 있을 것이다. EU 수준에 걸맞는 탄소 저배출 산업의 발전과 재생에너지로의 에너지 전환 없이는 한국은 세계에서 가장 큰 시장인 유럽연합에서 경쟁력을 잃게 될 우려가 있다.

순환경제를 통한 자원 소모 방지

유럽 그린딜에 생태주의적 관점이 가장 크게 반영된 부분이 순환경제에 대한 강조다. 인류가 지하에 묻혀 있는 한정된 자원을 끊임없이 채취하여 상품을 만들어 소비하고 버리는 한, 언젠가는 그런 자원이 고갈될 뿐만 아니라 단기적으로는 온실가스를 일정 한도 아래로 감축하기 힘들게 할 것이다. 이를 위해 유럽 그린딜은 상품을 오래 쓰고 재사용하고 재활용하여 지구가 제공하는 자원의 한계 내에서 소비하는 순환경제를 도모한다.

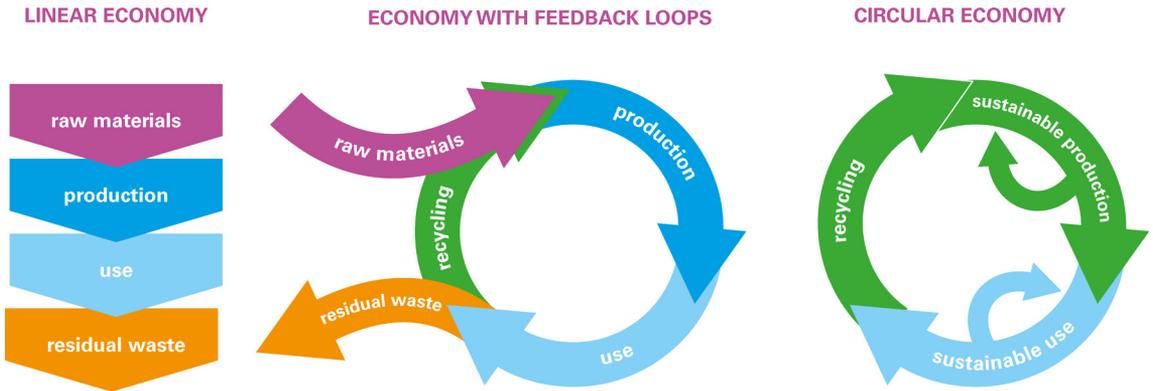


그림 1: 선형경제와 순환경제.

출처: Rli. (2015). *Circular Economy: From Wish to Practice*. Council for the Environment and Infrastructure (Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, Rli).

그간의 폐기물 정책은 상품을 사용한 후 폐기물을 처리하여 일부를 재가공용으로 재활용하는 것에 중점을 두었다. 이럴 경우 폐기물의 완전 재활용이 어려워 새로운 원자재가 지속해서 투입되어야 하고 재활용 과정에서 추가 에너지 소모가 불가피하다. 순환경제는 재활용보다 지속가능 소비와 재사용에 중점을 두고 있다.

지속가능 소비 - 상품의 장기간 및 반복 사용

순환경제는 우선 상품을 내구성이 뛰어나고 수리가 쉽도록 만들어 장기간 사용하는 것을 목표로 둔다. 이를 위해 생산자에 대한 규제를 강화하고 녹색주장(green claim)에 대한 생산자 입증 책임을 강화한다. 자신의 상품이 녹색이라고 주장하여 소비자의 환심을 사는 녹색분칠(green washing)을 방지하는 정책을 세울 것이다.

“재사용성, 내구성 및 수리가능성을 지닌 상품을 사업자들이 제공하고 소비자들이 선택하는 것을 촉진하는 조치 또한 순환경제 행동계획에 포함될 것이다. ‘수리 받을 권리’의 필요성을 분석하고 특히 전자산업에서 소자 내장으로 인한 수명 단축을 막을 것이다. (중략) ‘녹색 주장(green claim)’을 하는 회사들은 환경에 대한 영향을 평가하는 표준 방법론에 입각하여 이를 입증해야 한다. 집행위원회는 거짓 녹색 주장과 대결하기 위해 규제적 및 비규제적 노력의 수준을 높일 것이다.”

생산의 국제화는 값싼 상품을 얼마 안 쓰고 버리는 소비를 부추겼다. 휴대폰과 같은 많은 전자 상품이 수명이 짧은 소자를 수리하기 힘들도록 내장하여 몇 년마다 통째로 교체하도록 유도했다. 순환경제 계획은 우선 이런 자원 소모적 생산을 막는데 중점을 둔다. 특히 이런 방식의 생산으로 초고속 성장을 해온 중국과 같은 개발도상국과의 교역이 이런 계획으로 상당히 줄어들 것이고 이들 국가에 중간재를 공급하는 한국 산업도 그 피해가 불가피할 것이다.

지속가능 생산 - 이차원료와 부산물 시장의 활성화

지속가능 생산을 위한 재사용의 방향은 두 가지다. 하나는 최종 생산품을 만드는 과정에서 재사용을 염두에 두고 생산하는 방식이다. 상품 수명이 다 했을 때, 그 상품을 해체하여 가능한 한 많은 부품과 원료를 새로운 상품의 생산에 쓰는 것이고, 다른 하나는 한 공장의 생산과정에서 나오는 부산물을 다른 공장의 원료로 사용하는 방법이다.

“지속가능 제품 정책은 또한 쓰레기를 상당량 줄일 수 있는 가능성을 제공한다. 쓰레기 발생을 피할 수 없다면 그 경제적 가치가 복구되어야 하고, 환경 및 기후변화에 대한 악영향은 회피하고 최소화해야 한다. (중략) EU 기업들은 이차원료 및 부산물을 위해 견고하고 통합된 단일시장의 혜택을 누려야 한다. 이는 플라스틱 순환 동맹(Circular Plastic Alliance)의 경우와 같이 가치사슬 간의 긴밀한 협력을 요구한다. 집행위원회는 재활용품 함유(예를 들어 포장, 차량, 건축 자재 및 배터리를 위한) 의무화와 함께 이차원료 시장을 확대하기 위한 법률적 요구사항을 검토할 것이다.”

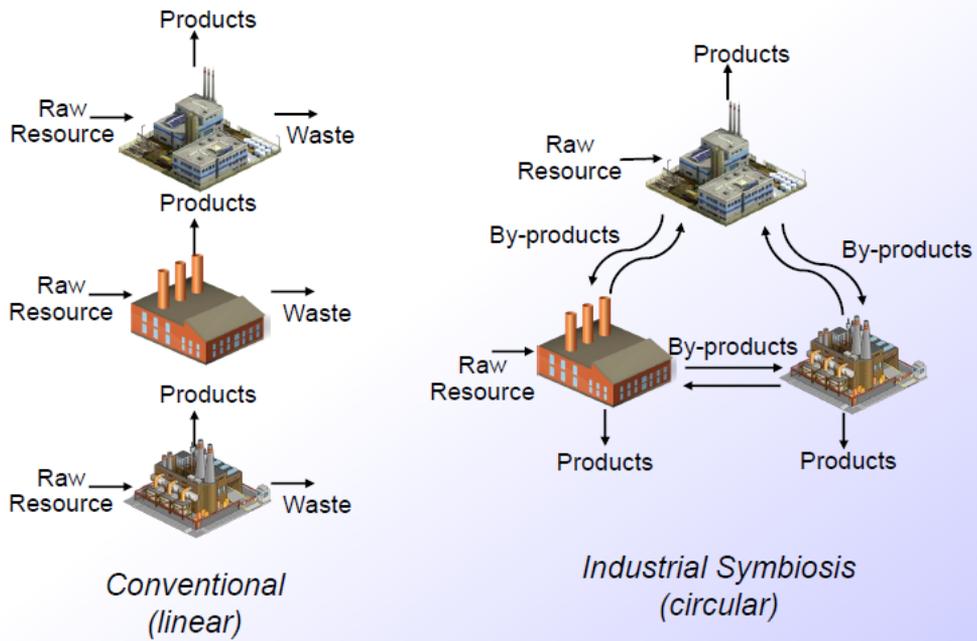


그림 2: 선형경제와 순환경제에서의 자원 흐름.

부산물 시장은 자원순환동맹에 가입한 기업끼리 부산물 생산 정보 공유를 통해 각 기업의 부산물이 쓰레기로 버려지지 않고 다른 기업의 원료가 되게 함으로써 자원 활용을 극대화할 수 있다.

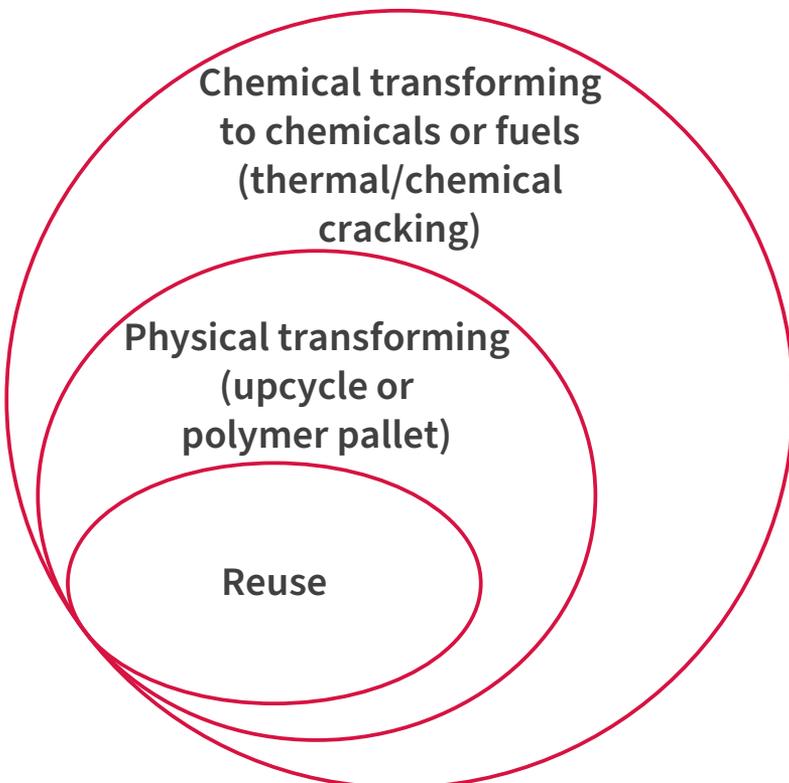


그림 3: 플라스틱 재사용과 재활용.

플라스틱 제품을 다 사용하고 난 후 가능한 한 많은 부분을 재사용할 수 있게 하고, 재사용이 불가능한 부분은 물리적 변형 과정을 거쳐 재활용하고, 그래도 남는 부분은 화학적 변형을 거쳐 새로운 원료로 만들거나 연료로 재활용할 수 있도록 처음부터 제품을 달리 설계하고, 재사용과 재활용이 가능하게 하는 인프라를 구축해야 한다.

유럽 그린딜의 미비점

이렇게 목표가 야심차지만 유럽 그린딜에도 아쉬운 점이 있다. 유럽 그린딜은 메탄, 아산화질소와 같이 농업분야에서 발생하는 온실가스에 대한 감축 계획이 구체적이지 않다. 특히, 농업분야 온실가스 감축에서 가장 중요한 소, 양 등 목축 과정의 온실가스 감축을 위한 농업구조 전환과 식단개선에 대해서 구체적인 언급이 없다. 메탄은 이산화탄소보다 온실효과가 크지만 수명은 훨씬 짧다. 메탄 배출량 저감이 실제로 온실가스 총량을 줄이는 데 효과가 크다는 점을 감안하면 이는 매우 아쉬운 점이다.

개발도상국과 한국에 대한 유럽 그린딜의 영향

유럽의 그린딜은 기후위기를 막는 에너지 및 산업 전환에 초점이 맞춰져 있는 것과 동시에, 그것을 가능케 하는 새로운 산업을 통해 EU의 경제적 번영을 목표로 하는 한편, 기후위기를 극복하는 데 장애가 되는 국가의 상품이나 온실가스 다배출 상품의 EU 역내 진입을 막아 유럽연합 산업의 보호를 꾀하기도 한다. 또한 생태주의에 입각하여 자원순환경제의 확립을 통해 자원 낭비를 최소화하고 자원채취에 기반한 원료에서 생물 기반 지속가능 원료로의 전환을 도모한다.

유럽 그린딜의 특징이 온실가스 감축에 기여하지 못하는 국가와 상품에 대한 직접적인 제재, 상품 내구성 증가와 순환경제 강화를 통한 상품 소비량의 감소와 그에 따른 국제 교역량 감소를 불가피하게 한다는 측면에서 생산의 국제화를 통해 경제성장을 도모하는 개발도상국과 그들에게 중간재를 공급하는 신흥공업국, 무역을 통해 경제활력을 유지하는 교역국가들에게 큰 도전을 안길 것이다. 한국이 이런 측면에서 큰 영향과 도전에 직면할 것이라고 본다면, 유럽 그린딜 시행에 대비해 기후위기 극복과 에너지 및 산업 전환에 새로운 전기를 마련해야 할 것이다.

참고문헌

1. 김재삼. (2019). 그린뉴딜이 아니라 대도약이 필요하다, 기후변화행동연구소. http://climateaction.re.kr/index.php?mid=news01&document_srl=177190
2. European Commission. (2019, December). *European Green Deal*.
3. <https://www.government.nl/topics/circular-economy/from-a-linear-to-a-circular-economy>
4. 김도원. (2019). 자원순환사회로 가는 길, 강의 자료. 광진정보도서관.

김재삼 전문위원

우리는 왜 탄소제로 계획을 세우지 못하고 있는가?

30년 뒤의 미래를 예측하는 것은 간단하지 않다. 더욱이 30년 뒤의 미래를 계획하는 것은 더더욱 어렵다. 50대가 보는 30년 뒤의 미래와 20대가 보는 2050년은 같지 않을 것이다. 10대에게 30년 뒤의 미래는 무엇이든 될 수 있는 무한한 가능성이 있다.

2050년의 미래에 대한 계획이 큰 관심사다. 기후위기와 관련해서 우리나라는 올해 말까지 2050년을 목표연도로 하는 장기 저탄소 발전전략을 수립하여 국제사회에 제출해야 한다. 작년 3월부터 각 분야별 전문가들의 협의체인 2050 저탄소 사회 비전포럼(이하 비전포럼)이 구성되어 발전전략 수립을 위한 논의를 해왔다. 이달 초 비전포럼에서 발표한 2050 장기 저탄소 발전 전략 검토안은 30년 뒤의 미래에 대해 다양한 논의를 불러일으키고 있다. 처음으로 탄소중립에 대해서 얘기했다는 점에서 환영한다는 논평도 있었지만, 전반적으로 30년 뒤의 미래 계획으로는 미흡하다는 비판이 많다.

(1) 복수의 시나리오를 제시한 발전 전략

비전포럼의 발전전략에서 찾을 수 있는 가장 큰 특징 하나는 단일목표가 아니라 5가지 시나리오를 제시하고 있다는 점이다. 2017년 온실가스 배출량(7억9백만톤 CO₂eq)을 기준으로 75% 감축률을 제시한 제1안부터 40%를 제시한 제5안까지의 시나리오가 그것이다. 5개 중 어느 시나리오가 우리의 목표인지도 밝히지 않고 있다.

표 1: 비전포럼에서 제시하고 있는 2050년의 분야별 온실가스 감축 목표

부 문	시나리오 1안 (’17년 대비 75% 감축)	시나리오 5안 (’17년 대비 40% 감축)
에너지 공급	석탄화력발전 비중 4% 재생에너지 발전비중 60% 수소경제 시대	석탄화력발전 비중 12% 재생에너지 발전비중 40% 수소경제 가시화
산업	전면적 전환과 융복합 확대 자원 재활용 최대화 및 획기적 공정개선	스마트 에너지 관리 시스템 일부 적용 전동기, 보일러 기기 에너지 소비효율 개선
건물	녹색건물 정착 미활용 열 등 신재생에너지 소비 극대화	녹색건물 관리 강화 신재생에너지 보급 추진
수송	내연기관차 급격한 퇴보(비중 7%) 친환경차 대중화(비중 93%) 자율주행, 인공지능 확산	내연기관차 감소(비중 25%) 친환경차 확대(비중 75%) 도로체계 변화 가시화
농·축·수산 폐기물	스마트 팜 다각화 폐기물의 완전한 자연 선순환 자연친화적 환경	스마트 팜 실용화 폐기물 재활용·감량 강화 자연친화적 환경

다양한 이해당사자들이 폭넓은 논의를 수렴해서 복수의 시나리오를 제시할 수는 있지만, 전략적인 목표는 하나로 제시하는 것이 일반적이다. 응당 1안을 목표로 설정하고 그것을 달성하기 위한 구체적인 방안들을 제시했어야 한다. 그런데 비전 포럼은 5가지 시나리오만을 제시하고 어떤 시나리오를 목표로 해야 하는지를 분명히 하지 않고 있다. 5가지 시나리오 중에서 가장 적극적인 시나리오이기는 하지만 여전히 탄소중립과 거리가 멀다고 비판을 받는 1안조차도 합의가 되지 않았다고 볼 수 있다. 이는 온실가스 배출량을 줄이겠다고 말을 하면서도 실제로는 지속적으로 배출량을 늘려온 우리나라의 현실을 그대로 반영한 것이라고 볼 수 있다.

표 2: 비전포럼에서 제시한 2050 국가비전과 5가지 온실가스 배출목표(단위: 백만 톤 CO₂eq)

국가비전	□ 저탄소 사회 전환과 지속 가능한 탄소중립 국가경제 구현					
	○ 기회와 도전의 관점에서 저탄소 사회로의 전환을 추진하고, 궁극적으로 탄소중립을 실현해 지속 가능한 국가경제를 구현					
구분	'17년 현황	1안	2안	3안	4안	5안
배출량	709.1	178.9	222.0	279.5	355.9	425.9
감축량	-	530.2	487.1	429.6	353.2	283.2
감축률	'17년 기준 (709.1)	75%	69%	61%	50%	40%
	'90년 기준 (292.2)	39%	24%	4%	-22%	-46%
	'05년 기준 (561.8)	68%	60%	50%	37%	24%

비전포럼은 5가지 시나리오는 제시하면서 모두 2017년의 배출량을 기준으로 감축 목표를 제시하고 있다. 2050 온실가스 감축목표를 제시한 다른 나라들이 대부분 1990년이나 2005년을 기준년도로 정하고 감축목표를 제시하고 있는 것과는 큰 차이가 있다. 배출량을 지속해서 늘려온 우리나라는 가장 최근 연도를 기준년도로 설정하면 감축율이 가장 높다.

표 3: 감축 기준년도와 감축율의 비교

주요 국가		대한민국 1안	대한민국 5안
영국	'90년 대비 80% 감축	'90년 대비 39% 감축	'90년 대비 46% 증가
독일	'90년 대비 80~95% 감축		
프랑스	'90년 대비 75% 감축		
미국	'05년 대비 80% 감축	'05년 대비 68% 감축	'05년 대비 24% 감축
캐나다	'05년 대비 80% 감축		
멕시코	'00년 대비 50% 감축	'00년 대비 64% 감축	'00년 대비 15% 감축
일본	'13년 대비(추정) 80% 감축	'13년 대비 74% 감축	'13년 대비 39% 감축

(2) 비전에서 말로만 제시하고, 시나리오에는 없는 탄소 중립

비전포럼에서는 청년분과와 국민토론회 등에서 넷제로 목표를 제시하라는 요구를 반영하여, 탄소중립 달성방안에 대해 별도로 제시하고 있다. 탄소중립 달성을 위해서는 비전포럼 최대 감축안인 1안의 배출량에서 추가로 1억 7,890만톤을 감축할 필요가 있다. 1안에서 제시한 2050년의 부문별 배출량을 보면 산업부문이 8,970만 톤으로 전체의 50.1%를 차지하고 있다. 또, 2050년에 재생에너지 발전 비율 60%, 수송부문에서 내연기관차 비중 7%를 설정하고 있다. 탄소중립 달성을 위해서는 이 세 분야와 농축어업 부문을 중심으로 한 추가적인 대책이 있어야 한다.

표 4: 시나리오 1안의 2050년 목표 배출량 (단위: 백만 톤 CO₂eq, %)

구분	전체	전환	산업	건물	수송	폐기물	농축어업	산림
2017년 (비율)	709.1 (100)	252.3 (35.6)	259.9 (36.7)	52.8 (7.4)	98.3 (13.9)	16.8 (2.4)	24.1 (3.4)	-
2050배출량 (제1안)	178.9 (100)	24.8 (13.9)	89.7 (50.1)	17.5 (9.8)	26.3 (14.7)	9.1 (5.1)	21.8 (12.2)	-17.6

1안보다 진전된 탄소중립으로 목표를 설정하기 위해서는 당연히 다른 나라들이 제시하고 있는 재생에너지 100%, 내연기관 교통수단 조기 퇴출과 같은 방안을 검토했어야 할 것이다. 그런데 비전포럼의 발전전략은 1안의 배출량 목표의 기초는 그대로 유지하면서 2050년까지 현실적으로 실현되기 어려운 기술혁신방안들을 제시하고 있다. 산업시설 굴뚝에서 이산화탄소를 포집하여 저장하는 CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage)나 대기중 이산화탄소를 직접 포집하여 저장·활용하는 DAC(Direct Air Capture), 핵융합 기술 등을 감축수단으로 제시하고 있다. 그리고 이에 필요한 비용은 매우 크거나 현재 상황으로 추정이 곤란한 수준이라고 제시하고 있다. 탄소중립 달성 방안이라기보다는 2050년 탄소중립이 어렵다는 변명으로 읽힐 수밖에 없다. 발전 전략은 5가지 시나리오를 제시하기보다는 제1안과 탄소중립방안 혹은 배출제로 방안을 제시했어야 한다는 지적이 나오는 이유이다.

(3) 좌초산업의 위기에 대한 대책이 필요하다

우리나라가 온실가스 배출량 감축에 소극적일 수밖에 없는 이유는 화석연료에 대한 높은 의존도에 있다. 이로 인해 국제사회가 탄소제로사회로 전환하려는 움직임이 빨라질수록 우리나라 주력산업의 상당 부문이 좌초자산이 될 가능성이 크다.

영국 금융 싱크탱크인 카본트래커 이니셔티브는 파리기후협정을 이행하기 위해 2040년까지 모든 석탄화력을 폐쇄할 경우 한국의 좌초자산이 1,060억달러로 가장 많을 것이라고 전망했다. 그린뉴딜을 주창하고 있는 제러미 리프킨은 화석연료 산업에서 발생할 수조 달러의 좌초 자산이 2028년 탄소 버블을 터트리고 화석연료 문명을 붕괴시킬 것이라고 단언하고 있다. 재생에너지 산업이 석탄화력발전보다 경제성이 더 커지면서 화력발전의 퇴출시기가 앞당겨진다는 것이다. 화석연료기반 산업이 붕괴하면서 생기는 혼란을 막기 위해서는 그린 인프라와 녹색산업에 대한 대대적인 투자가 필요하다고 강조한다.

기후위기를 극복하기 위한 국제적인 전환 노력과 함께 늘어날 좌초자산은 비단 석탄화력에 그치지 않을 것이다. 우리나라의 주력산업은 석탄, 시멘트, 철강 등 화석연료에 대한 의존도가 지나치게 높다. 2050 발전전략에서 발전부문과 산업부문, 수송부문의 배출량 목표를 더 줄이지 못하는 중요한 이유는 이 부문들이 현재 우리나라 산업의 중요한 비중을 차지하기 때문일 것이다.

우리나라 온실가스 배출량 기준 상위 1%업체는 10곳 이내인데 전체 배출량의 절반 이상을 차지하고 있으며, 상위 10%에 해당하는 업체에서 배출하는 온실가스의 비중이 전체의 87.2%에 이른다. 이들 업체의 대부분은 에너지와 철강, 시멘트 등의 업종에 속한다. 발전·에너지, 철강, 석유화학, 시멘트의 4개 업종이 전체 배출량의 86%를 차지하고 있다. 탄소중립은 온실가스 배출의 대부분을 차지하고 있는 이 업체들의 감축 노력 없이는 불가능하다. 2050 발전전략 검토안은 이러한 기업들이 포함된 좌초산업을 어떻게 할지에 대한 검토나 분석을 충분히 제시하지 못하고 있다.

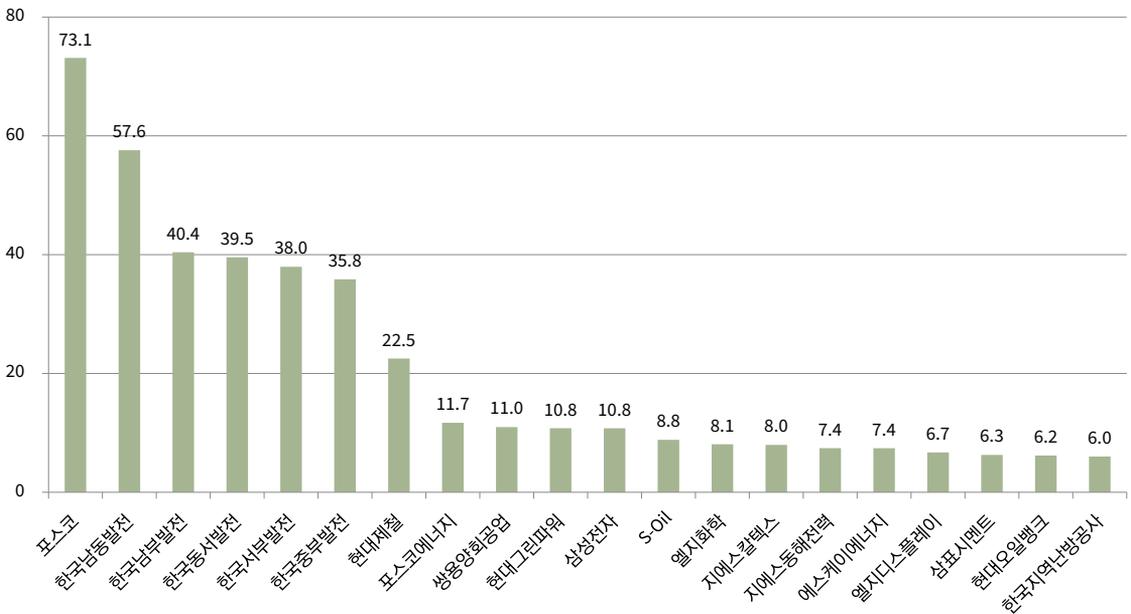


그림 1: 온실가스 배출량 상위 20개 업체의 배출량 (단위: 백만 톤 CO₂eq, 2018년 기준).

우리 정부가 넷제로 계획을 세우지 못하는 이유는 좌초산업의 붕괴에 대한 준비가 되어있지 않기 때문인 것 같다. 재생에너지 100%와 내연기관 퇴출 등의 목표를 설정하기 위해서는 좌초산업 대책에 대한 고민이 필요하다. 좌초자산에서 쏟아져 나오게 될 대량의 실직자들과 산업의 급격한 쇠락을 상쇄할 수 있는 정책 수단이 있어야 한다. 최근 정당들이 앞 다투어 주장하고 있는 그린뉴딜 정책도 좌초산업의 문제를 해결하기 위한 구체적인 로드맵이 없다면 현실적인 추진력을 갖기 힘들 것이다.

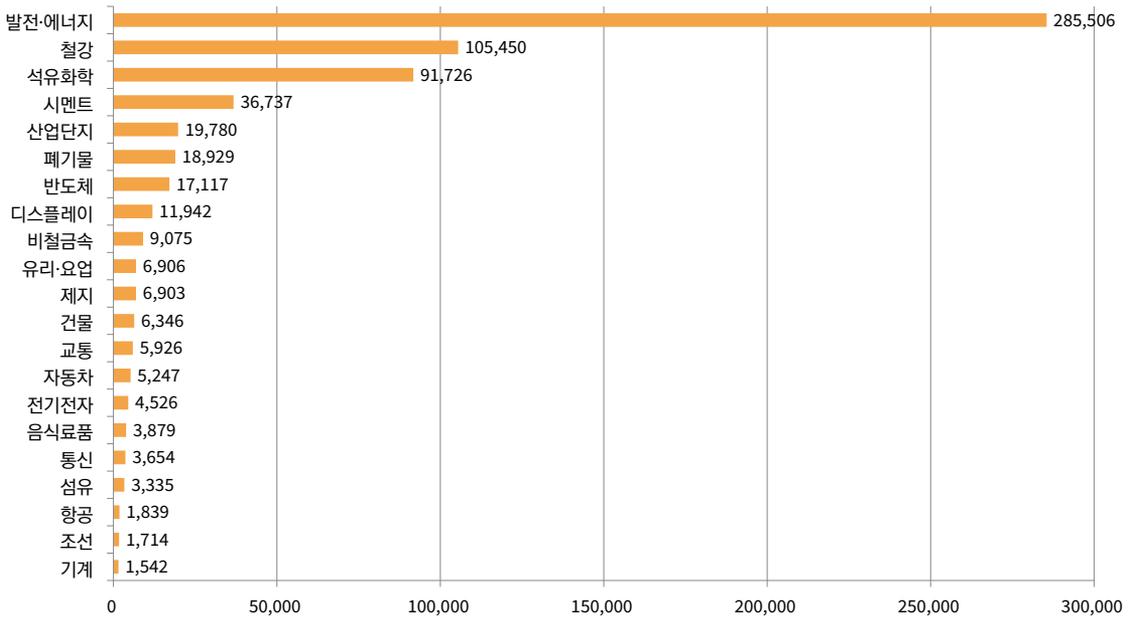


그림 2: 업종별 온실가스 배출량 (단위: 천 톤 CO₂eq, 2018년 기준).

(4) 냄비 속의 개구리를 어떻게 나오게 할 것인가?

코로나 19가 사회 전체에 큰 충격파를 던지고 있다. 코로나 19가 기후변화의 영향이라고 단정할 수는 없지만 신종감염병의 빈번한 창궐은 기후위기의 중요한 단면으로 이미 오래전부터 예상되어 왔다. 기후변화가 야기한 지구환경의 급격한 변화로 앞으로도 신종감염병 뿐만 아니라 우리가 지금까지 겪어보지 못했던 홍수나 가뭄과 같은 대규모 자연재해가 빈발할 것이다. 이러한 사건들은 화석문명에 대한 사람들의 신념을 근본적으로 바꿀 것이고, 기후위기에 대해 나설 수밖에 없게 할 것이다. 문제는 과연 파국에 이르지 않을 수 있을 정도로 늦지 않은 시점에 행동할 수 있는가이다.

기후위기와 관련된 국제협상에서 우리나라는 감축 의무량을 가능한 한 적게 부과받기 위해 노력하고 있다. 무역에서 최혜국 대우를 받는 것처럼 온실가스 협상에서도 감축 할당량을 덜 받는 것이 국익을 위해 바람직하다는 입장에서 있는 듯하다. 한쪽에서는 녹색성장을 지향하며 녹색산업분야에서 선도적인 지위를 차지하겠다고 하면서, 다른 쪽에서는 화석연료 중심의 성장전략에 집착하는 모순적인 태도를 아직 버리지 못하고 있다. 핸들을 틀어 방향을 바꾸어야 할 시기에 여전히 방향을 바꾸지 못하고 오히려 가속페달을 밟고 있다.

우리나라가 온실가스 배출량을 줄이겠다고 국제사회에 공언한 지가 오래되었다. 그렇지만 대외적인 공언과 다르게 그동안 온실가스 배출량은 계속 증가해 왔다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 대부분의 선진국은 이미 오래 전에 온실가스 배출량이 분명한 감소추세로 접어들었다. 그러나 우리나라의 온실가스 배출량은 녹색성장을 주창했던 시기 내내 증가해 왔다.

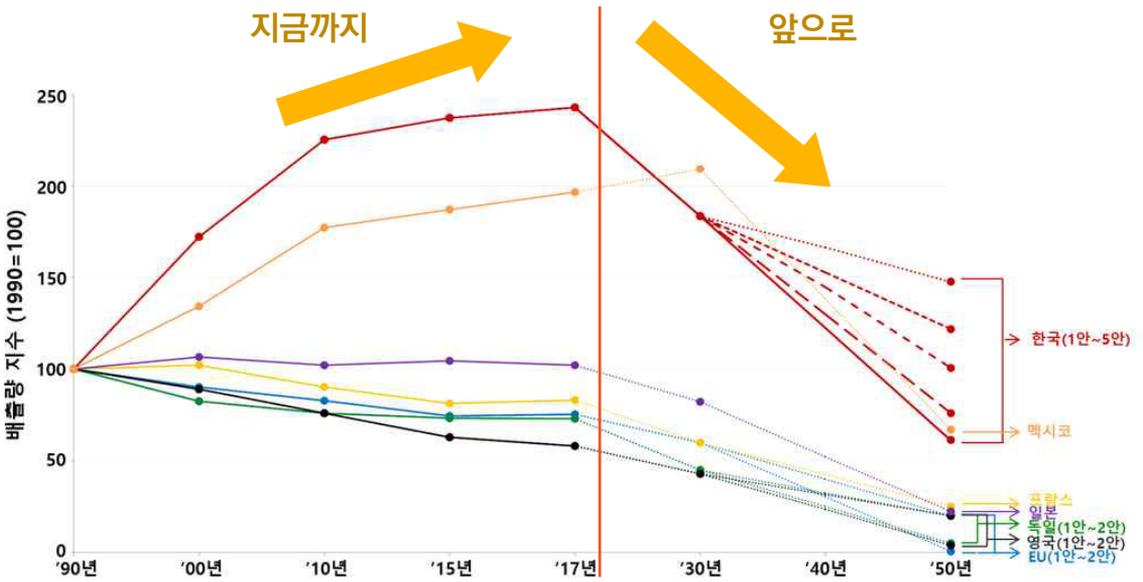


그림 3: 우리나라 온실가스 배출량 추이(비전포럼, 2020).

비전포럼에서 제시하고 있는 바와 같이 우리나라의 온실가스 배출량이 앞으로 감소추세로 전환하기 위해서는 어떻게 해야 할까? 이에 대한 해법으로 미국과 유럽에서 급속히 확산되고 있는 그린뉴딜 정책을 도입해야 한다고 많은 사람들이 주장한다. 정의당과 녹색당이 그린뉴딜을 핵심 정책으로 제시했고, 여당인 민주당도 그린뉴딜을 주요 정책으로 검토하고 있다.

우리나라에서 그린뉴딜의 성공여부는 온실가스 배출 추세의 극적인 전환을 이루어 낼 수 있을 정도로 대규모 투자와 산업 구조조정을 해낼 수 있는가에 달려 있다. 즉 시기와 속도와 규모가 모두 중요하다. 좌초산업으로 인한 경기침체와 일자리 감소를 넘어설 수 있을 정도의 투자와 노력이 필요하다. 이미 확인된 기술과 산업에 대한 대대적인 투자를 통해서 좌초자산에 의해 사라지는 일자리보다 훨씬 많은 새로운 일자리를 만들어낼 수 있다는 것이 그린뉴딜 정책의 핵심이다.

변곡점을 지나 한번 대세가 되면 탄소중립사회로의 이행은 어렵지 않게 속도를 낼 수 있을 것이다. 그러나 유례가 없을 정도로 급속하게 경제성장의 가속페달을 밟아온 우리나라는 방향전환을 위해서 다른 나라들에 비해서 특별한 노력이 필요하다.

녹색성장이 내세운 이념이 많은 공감을 얻었음에도 불구하고, 화석연료에 대한 의존도를 계속 높이고 좌초산업을 키우는 엉뚱한 길로 귀결된 원인에 대한 반성을 제대로 하지 않으면 한국의 저탄소 발전전략이나 그린뉴딜은 또 한번의 그린워시(greenwashing)가 될 것이다. 재생에너지 100%, 내연기관의 퇴출, 넷 제로와 같은 정책을 아주 먼 미래의 일이나 현실인식이 부족한 젊은이들의 급진적 주장으로 인식하는 한 우리나라의 녹색전환은 어렵다.

정의로운 전환을 위해서 사회적 자본을 총동원해야 한다. 막대한 재원을 동원하고 정책을 대전환하기 위해서는 이에 대한 사회적 합의가 필요하다. 사회적 합의는 기후위기를 비상사태로 인식하고 인정할 수 있어야 이를 수 있다. 기후위기에 시급하게 대처해야 한다는 사회적 공감과 합의가 없이는 넷제로 계획이 만들어지고 현실화하기 어려울 것이다.

대규모 재난이나 재해, 혹은 급격한 경제적 충격이 엄청난 피해를 주면서 전환을

강요하기 전에 스스로 준비해야 한다. 다른 나라들에 비해서는 기후위기로 인한 극적인 피해가 상대적으로 덜한 우리나라는 마치 이솝우화의 냄비 속의 개구리와 같아 보인다. 어떻게 개구리를 냄비 밖으로 나오게 할 것인가?

참고문헌

1. 2050 저탄소 사회 비전 포럼. (2020). 2050 장기 저탄소 발전전략 검토안.
2. Carbon Tracker Initiative. (2019). *BROWN IS THE NEW GREEN, Will South Korea's commitment to coal power undermine its low carbon strategy?*
3. Jeremy Rifkin. (2019). *The Green New Deal: Why the Fossil Fuel Civilization Will Collapse by 2028, and the Bold Economic Plan to Save Life on Earth.*

최동진 소장

파시브기술 이야기(5) — 버려지는 공기의 열을 되찾아오다(열회수환기)

가장 많이 보급된 열회수기술이 열회수배기 기술이라면 가장 성공한 열회수기술은 열회수환기(Heat Recovery Ventilation) 기술이라고 할 수 있습니다. 열의 회수율면에서 보면 열회수환기 기술은 빠져나가는 열의 90% 이상까지 회수할 수 있는 놀라운 성공을 거두고 있습니다. 성숙한 파시브기술의 하나로서 열회수환기 기술이 왜 필요한지, 또 그 원리는 무엇인지, 또 주요한 적용 방식은 어떤 것인지 등을 짚어보겠습니다.



실내 공기질과 환기

건축물 안에서 실내 생활을 할 때 인체 쾌적성 요소 중 가장 중요한 것은 두 가지입니다. 열적 쾌적성(thermal comfort)과 실내 공기질(indoor air quality)이 그것입니다. 간단히 말해서 춥지도 무덥지도 않으면서 숨쉬기 편한 환경이 사람이 지내기 좋은 실내 환경의 핵심이라는 겁니다. 열적 쾌적성은 단열 기술을 이야기할 때 다루고, 지금은 환기와 관련해서 실내 공기질 이야기를 살짝만 해보겠습니다.

실내 공기에는 포름알데히드나 일산화탄소(CO), 오존(O₃), 질소산화물 등의 유해물질이 없어야 하는 것은 물론이고, 라돈이나 토론과 같은 자연방사성물질도 없어야 합니다. 악취가 나서도 안 되겠고, 곰팡이 포자가 날려도 문제이며, 상대습도도 일정한 범위(통상 35~55%가 최적, 30% 미만이나 60% 초과는 권장하지 않는 수준)를 벗어나서는 곤란합니다. 우리가 숨쉬는 결과로 쌓이는 이산화탄소(CO₂)의 농도도 일정 수준 이하여야 답답하지 않고 신진대사가 원활하게 유지됩니다.

이 모든 문제를 해결하기 위한 가장 좋은 방법은 바로 환기입니다. 혹시 좋지 않은 마감재로 인해 실내에 유해물질이 계속 쌓인다거나 땅으로부터 라돈과 같은 방사성 물질이 계속 들어온다고 하더라도, 일시적



그림 1: 바스프 촉매사의 실내 공기질 관련 인포그래픽

(출처: 바스프촉매사 홈페이지)

으로 실내 습도가 높아졌거나 낮아졌더라도, 또는 거주자의 활동으로 인해 이산화탄소 농도가 높아졌다고 하더라도 환기를 지속적으로 해주면 실내 공기질은 일정한 수준으로 유지될 수 있습니다. 그래서 신선한 공기가 얼마나 공급되고 있는지를 가지고 실내 공기질을 판단하게 됩니다. 이 때 이산화탄소 농도가 좋은 지표가 됩니다. 사람이 거주하거나 생활하는 공간이라면 묵은 공기를 내보내고 신선한 공기를 공급하였을 때 이산화탄소의 농도가 낮아지기 때문입니다.

공기질의 쾌적성에 관한 국제 표준인 DIN EN ISO 13779에 따르면 실내공기의 질 (Indoor Air Quality; IDA)은 아래의 표와 같이 4가지로 구분됩니다. 주변 실외공기와 실내공기 사이의 이산화탄소 농도 차이로 실내 공기질을 구분하고 있습니다.

표 1: DIN EN ISO 13779 실내공기질(Indoor Air Quality; IDA)의 구분

	실내 공기질	실외 공기와 CO ₂ 농도 차이의 범위 [ppm]	실외 공기와 CO ₂ 농도 차이의 범위 기준값 [ppm]	실내 CO ₂ 농도 최대값 (실외 400ppm 일 때) [ppm]
IDA 1	아주 좋음(High)	≤ 400	350	800
IDA 2	좋음(Medium)	400 - 600	500	1,000
IDA 3	보통(Moderate)	600 - 1,000	800	1,400
IDA 4	나쁨(Low)	> 1,000	1200	> 1,400

실내외의 차이가 아니라 절대적인 수준을 직접 거론하는 기준들도 있습니다. 실내 공기질 연구의 선구자였던 독일의 페텐코퍼(Pettenkofer)는 1,000 ppm을 좋은 공기질의 기준으로 제시한 바 있습니다. 국내 실내공기질 관리법 시행규칙도 <별표 2>에서 다중이용시설의 실내공기질 유지기준을 1,000 ppm 이하로 규정하고 있습니다. 보통 1,000 ppm 이하면 괜찮은 수준, 1,500 ppm 이상이면 환기가 필요한 수준으로 봅니다.

자연 환기와 강제 환기

좋은 공기질을 유지하기 위해서는 환기가 필요합니다. 환기에는 ‘자연 환기’ 방식과 ‘강제 환기’ 방식 두 가지가 있습니다. 강제 환기 방식은 ‘기계식 환기’라고도 합니다. 자연 환기는 시시때때로 창을 열어 환기하는 것을 말하고, 강제 환기는 환기장치를 이용하는 것을 말합니다. 보통 물어보면 많은 사람들이 자연 환기 방식을 선호합니다. ‘자연’이라는 말이 ‘강제’나 ‘기계’보다 더 좋게 들려서일까요?

그러나 자연 환기 방식에는 중대한 단점들이 있습니다. 무엇보다 자연 환기 방식으로는 실내 공기질을 쾌적한 수준으로 유지할 수가 없습니다. 물론 늘 창을 열어 놓고 지낸다면 가능합니다. 하지만 추운 겨울철에는 창을 닫지 않을 수 없습니다. 다른 계절에도 밤에 창을 열고 자기는 어렵습니다. 실내보다 밖이 더 무더운 여름에 냉방이나 제습을 한다면 역시 창을 닫아야 합니다. 계절을 가리지 않고 미세먼지가 많은 날도 창을 열 수 없습니다. 주기적으로 창을 열어 환기할 수 없는 조건에서는 실내 이산화탄소 농도가 높아지는 상황을 피할 수가 없습니다. 아래의 <그림 2>는 스코틀랜드 가정의 실내 공기질을 연구한 논문에 등장하는 측정 결과

의 한 사례인데, 자연 환기를 하는 집의 한 주간 시간대별 이산화탄소 농도의 추이를 볼 수 있습니다(연두색 선). 창틀 환기구멍을 통해 약하게나마 밤에 환기가 되는 침실의 사례인데도 매일 밤마다 2,000 ppm에 가깝게 이산화탄소의 농도가 올라갔습니다. 창틀에 환기구멍이 없는 더 일반적인 침실에서 밤 사이 이산화탄소 농도가 2,500~3,000 ppm까지 올라가는 측정 결과들은 무수히 많습니다.

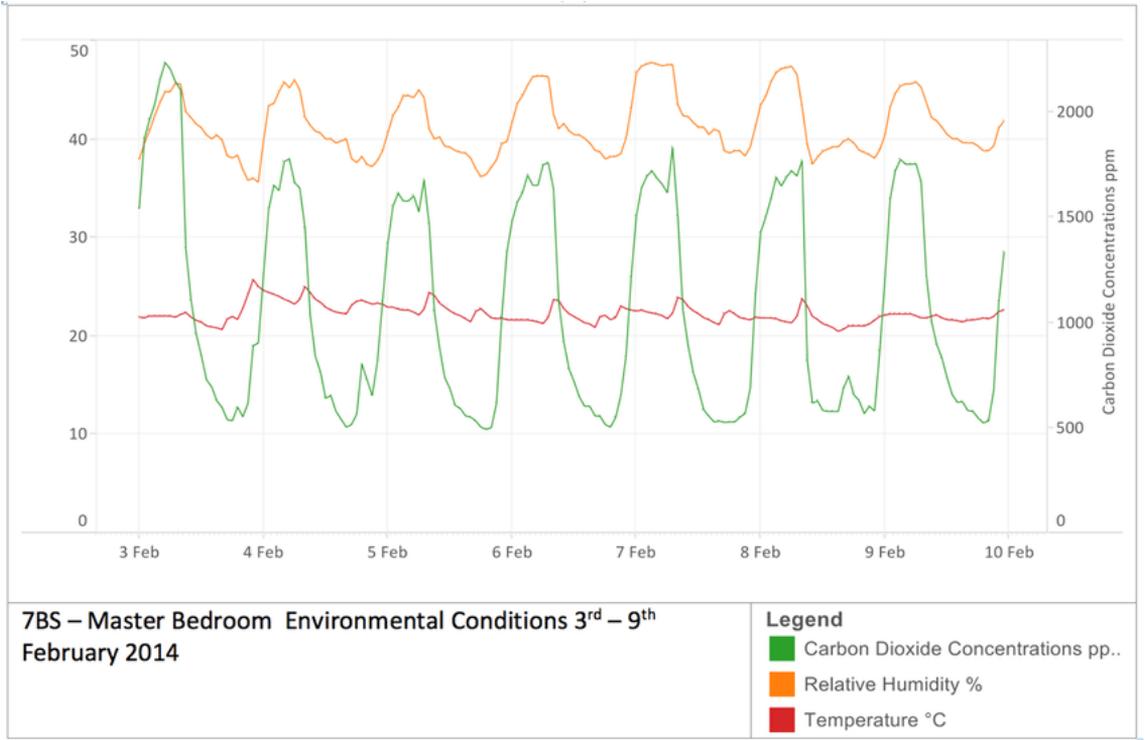


그림 2: 스코틀랜드 가정 실내 공기질 관련 연구의 측정 결과 중 한 사례. 창틀 환기구멍을 통해 약한 환기를 하는 자연 환기 주택 침실의 온도, 상대습도, CO₂ 농도. 악화되는 정도가 좀 덜한 것만 다를 뿐 자연 환기를 하는 집의 전형적인 패턴이다. 낮에는 자주 환기를 하여 좋은 공기질을 유지하지만 잠을 잘 때에는 공기질의 악화를 피할 수 없다.

(출처: Occupant Interactions and Effectiveness of Natural Ventilation Strategies in Contemporary New Housing in Scotland, UK - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: [https://www.researchgate.net/figure/a-Temperature-Relative-Humidity-and-CO₂-levels-living-room-b-Temperature-Relative_fig5_280712247](https://www.researchgate.net/figure/a-Temperature-Relative-Humidity-and-CO2-levels-living-room-b-Temperature-Relative_fig5_280712247) [accessed 27 Feb, 2020])

자연 환기 방식은 에너지 손실도 큼니다. 위에서 보듯 창 열어 환기를 하게 되면 공기질과 열적 쾌적성이 상충합니다. 겨울철 창 열어 환기를 하면 추울 수밖에 없습니다. 애써 난방해서 훈훈하게 만든 공기가 다 빠져나가죠. 창을 닫아도 새로 들어온 창 공기 때문에 더 세게 난방을 하지 않을 수 없습니다. 겨울철 자연 환기는 이 과정의 반복입니다. 여름철 냉방과 제습 역시 마찬가지입니다.

아직까지 비용과 인식의 두 장벽 때문에 집에 기계식 환기장치를 설치한 집은 많지 않지만 적절한 공기질을 유지하고자 한다면 기계식 환기장치는 불가피한 선택지입니다. 24시간 강제 환기를 하면 실내 공기질이 확실히 좋아집니다. 이 글을 쓰는 제 집의 경우 시간대별로 편차는 있지만 대체로 1,000 ppm 이하를 유지합니다. 적절한 필터를 달게 되면 미세먼지와 초미세먼지도 대부분 걸러낼 수 있습니다. 계속 공기가 교환되므로 실내에서 발생하는 냄새와 습기, 각종 배출물도 지속적으로 빠져나가게 되니 이산화탄소뿐만 아니라 다른 유해물질 문제도 대부분 해소됩니다.



그림 3: 24시간 기계식 환기를 하는 최우석 본인의 집(에너지독립하우스 1호; EIHI1)의 주간 이산화탄소 농도 그래프(GF=1층, 1F=2층). 낮에 주로 생활하는 1층의 이산화탄소 농도가 더 높다. 1, 2층 고르게 1,000 ppm 이하를 유지하고 있다. 패턴을 보면 오후 4시 전후에 최고점에 달했다가 활동량과 호흡량이 줄어드는 취침시간대에 지속적으로 농도가 떨어져서 아침 무렵 최저에 달한다. 24시간 환기가 되기 때문이다. 자연 환기를 하는 집과는 확연히 다른 패턴을 그린다.

그러나 에너지 손실 문제는 저절로 해결되지 않습니다. 또한 에너지 손실 문제를 해결하지 못하면 열적 쾌적성에 큰 문제가 생깁니다. 겨울철에 급기구를 통해 계속 찬바람이 들어오고, 여름철에는 습하고 더운 바람이 들어오면 환기가 고역이 됩니다. 열적 성능이 좋지 않은 환기장치를 이용하게 되면 괴로워서 환기장치를 끄게 됩니다. 아니면 들어오는 공기를 덥히거나 식히는 별도의 가열장치나 냉각장치를 달게 됩니다. 큰 건물의 공조시설들이 대체로 이렇게 운영됩니다. 기계식 환기뿐만 아니라 환기 열손실로 인해 적지 않은 에너지와 비용이 듭니다. 이 때 열회수기술이 좋은 해법이 됩니다.

열회수환기

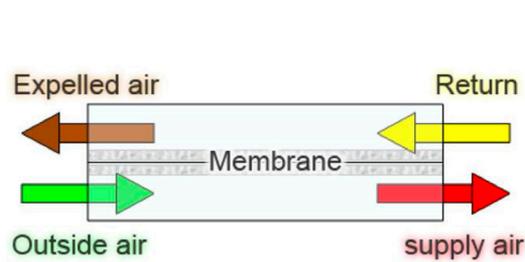


그림 4: 열회수환기의 개념도.
(출처: Zehnder America Inc. (2012). Heat Exchangers. SlidesShare eBook. p.4.)

열회수환기 기술은 환기할 때에 밖으로 빠져나가는 공기의 온기나 냉기를 되찾아 오는 기술입니다. 열회수환기 기술을 이용하게 되면 겨울철 난방으로 훈훈하게 만든 실내 열기를 거의 빼앗기지 않고도 지속적으로 실내에 신선한 공기를 들여올 수 있습니다. 여름철에도 냉방으로 서늘하게 만든 실내 냉기를 지키면서 신선한 공기를 숨길 수 있게 됩니다. 수준 높은 열

회수환기 기술을 이용하게 되면 겨울철 환기를 통해 빠져나가는 열의 90% 이상을 되찾아올 수 있습니다. 별도의 급기 가열 장치를 달지 않아도 환기로 인한 불쾌함이 없습니다. 패시브 기술 적용으로 쾌적성과 에너지 모두를 얻을 수 있는 것입니다.

열회수환기의 원리는 열회수배기의 원리와 같습니다. 밖으로 빠져나가는 공기의 온기나 냉기를 실내로 들어오는 공기가 빼앗아 들어오게 구조적 환경을 조성하는

것입니다. 다만 나가는 공기(배기)와 들어오는 공기(외기)가 다소라도 섞이면 곤란합니다. 신선한 공기가 묵은 공기에 오염되면 위생 문제가 발생할 수 있습니다. 따라서 공기는 오갈 수 없되 열만 교환되는 막, 또는 판을 사이에 두고 열교환이 일어나게 해야 합니다.

이 열교환이 일어나는 곳이 열교환소자(heat exchanger)입니다. 잘 설계된 열교환소자는 90%가 넘는 열회수율을 달성할 수 있습니다. 실내 온도가 20°C이고, 실외 온도가 0°C인 경우, 90% 열회수율의 환기장치를 거치면 실외로부터 실내로 공급되는 공기의 온도가 18°C가 되고, 실내에서 밖으로 나가는 공기의 온도가 2°C가 되어 나갑니다. 종종 0°C와 20°C의 중간값인 10°C 이상이 된다는 것은 말이 안 된다고 납득 못하는 분도 있는데 <그림 5>를 보시면 이해에 도움이 될 겁니다.

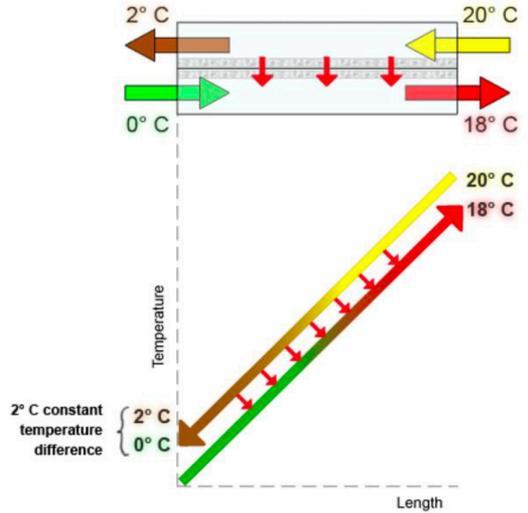


그림 5: 맞방향의 공기 흐름은 긴 길이에 걸쳐서 고른 온도 차이를 갖게 되어 충분한 길이나 면적이 확보되면 90~95%의 높은 열회수율을 이룰 수 있다.

(출처 : Zehnder America Inc. (2012). Heat Exchangers. SlidesShare eBook. p.5.)

만약 붙어있는 판을 통해 0°C 공기와 20°C 공기를 같은 방향으로 흘려보낸다면 두 공기는 아무리 열교환이 일어날 수 있는 조건이 좋다고 해도 둘 다 10°C가 될 수 밖에 없습니다. 같은 방향으로 흘러가는 열교환 방식을 ‘평행 흐름(parallel flow)’ 열교환 방식이라고 하는데 이 때에는 열회수율이 50% 이상 될 수 없습니다.

하지만 <그림 5>에서 보듯 온도가 다른 공기가 맞붙은 판을 따라 서로 마주보고 반대 방향으로 흐른다면 상황이 전혀 달라집니다. 처음 순간에는 그렇지 않겠지만 흐름이 안정되면 밖에서 들어오는 공기가 판을 흐르면서 지속적으로 나가는 공기의 열을 빼앗아 들어올 수 있습니다. 판의 지점마다 온도 분포가 달라서 어느 지점에서나 비교적 일정하게 온도차가 유지되기 때문입니다. 아래의 <표 2>와 같이 생각할 수 있습니다.

표 2: 맞흐름(counter-flow) 열교환 방식의 온도 분포 예(단위: °C)

지점	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
배기 ⇐	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
열흐름	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
외기 ⇨	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18

서로 온도가 다른 유체가 반대 방향으로 흐르며 열교환을 일으키는 방식을 ‘대향류(對向流; counter-flow)’ 열교환 방식이라고 어렵게 부르는데 저는 ‘맞흐름’ 열교

환 방식이라고 부릅니다. <그림 5>와 <표 2>를 통해 보듯이 맞흐름 열교환 방식은 매우 열회수율이 높아서 열교환이 일어날 수 있는 적당한 길이 또는 면적과 적절한 흐름의 속도가 마련되면 90% 이상의 열을 되찾아올 수 있습니다.

열회수환기의 방식 비교

열교환소자의 효율을 높이려면 열교환이 일어나는 면적을 최대로 만들어주어야 합니다. 보통 얇은 판을 붙여서 길게 늘일 수가 없기 때문에 배기와 외기의 통로가 되는 층을 차례차례 겹쳐서 여러 층 구조를 만듭니다. 이렇게 얇은 층, 또는 판을 여러 층 겹친 구조의 열교환소자를 판형 열교환소자라고 하는데 가장 많이 쓰이는 열회수환기방식입니다(이와 다른 로터리 열회수환기방식은 다루지 않습니다). 그런데 판형 열교환소자의 모양에 따라 열회수율이 크게 다릅니다. 국내의 열회수환기장치 대부분이 마름모꼴의 작은 열교환소자를 장착한 반면 유럽의 고성능 열회수환기장치는 대체로 육각형 모양, 또는 다소 길쭉한 육각형 모양의 열교환소자를 가지고 있습니다.



그림 6: 국내에서 흔히 볼 수 있는 열회수환기장치(왼쪽)와 유럽에서 흔히 볼 수 있는 열회수환기장치(오른쪽)의 사진. 열교환소자의 형태가 마름모꼴 대 육각형으로 대비된다. (왼쪽 그림 출처: 한국패시브건축협회 게시판)

열교환소자를 만들 때 가장 손쉽고 저렴한 방법은 ‘직교류(直交流; cross-flow)’라고 부르는 열교환 방식의 소자를 만드는 것입니다. 역시 어려운 용어라서 저는 ‘가로지르다’의 의미를 가진 ‘빗-’이란 접두사를 이용해 ‘빗흐름’이라고 써보겠습니다. 아래 <그림 7>과 같이 판을 사이에 두고 외기와 배기의 흐름이 서로 가로지르게 만든 것이 마름모꼴의 빗흐름 열교환소자입니다. 저렴한 점 외에도 크기를 작게 할 수 있다는 장점이 있습니다. 하지만 열회수효율이 70%를 넘을 수 없고 보통 40~60%에 그칩니다.

<그림 7>의 오른쪽 그림을 보면 소자의 윗쪽에서는 실내의 20°C 공기(노란색)와 실외에서 들어오는 0°C 공기(연두색)가 교차하고, 아랫쪽에서는 이미 열을 상당히 회수해서 실내로 공급될 공기(빨간색)와 열을 상당히 잃고 바깥으로 나가는 공기(갈색)가 큰 온도차로 교차합니다. 반면 소자의 오른쪽 구석과 왼쪽 구석에서는 가로지르는 공기 사이의 온도차가 크지 않습니다. 온도차가 큰 곳에서는 열교환이 활발하게 일어나지만 온도차가 적은 곳에서는 미약합니다. 맞흐름 열교환 방식에서는 2K 내외의 적은 온도차가 열교환소자 전체에 걸쳐 고르게 보장되기 때문에

접촉면 전체에 걸쳐 연속적인 열교환이 일어나서 매우 효율적인 열회수가 일어납니다. 하지만 빗흐름 열교환 방식에서는 불균등한 온도차 때문에 전체적인 열교환량이 떨어지거나 부분적으로는 열의 재손실까지 일어날 수 있습니다.

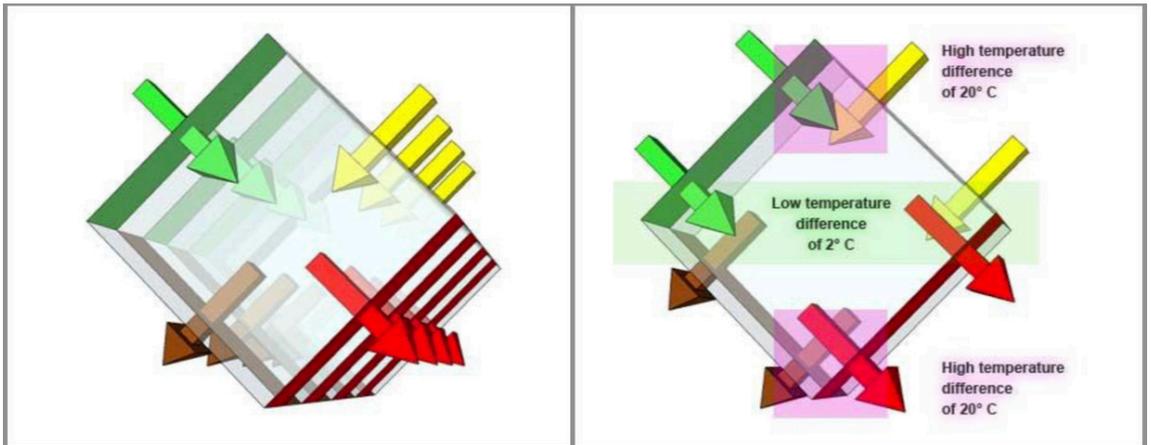


그림 7: 빗흐름 열교환소자 개념도(왼쪽)과 불균등한 온도차를 보여주는 그림(오른쪽).
 (출처: Zehnder America Inc. (2012). Understanding Heat Exchangers. SlidesShare eBook. pp.6-7.)

이 단점을 극복하고자 만든 것이 ‘혼합형 맞흐름(cross-counter-flow)’ 열교환소자입니다. 맞흐름 열교환 방식은 열회수효율을 높이기에는 최적이지만 그것만으로는 들고나는 공기를 분리해내기 어렵다는 단점이 있습니다. 서로 마주보고 공기가 흐르기 때문입니다. 밖에서 들어오는 외기(Outdoor Air; ODA. 연두색)와 열교환소자를 거쳐서 실내로 공급되는 급기(Supply Air; SUP. 빨간색), 밖으로 내보내려고 실내에서 빨아들인 흡기(Extract Air; ETA. 노란색), 열교환소자를 거쳐서 밖으로 내보내는 배기(Exhaust Air; EHA. 갈색), 이 네 가지 공기들이 섞이지 않게 분리하는 데에는 빗흐름의 가로지르는 구조가 매우 유용합니다. 혼합형 맞흐름 열교환소자는 이 둘을 혼합하여 맞흐름 구간에서 최대한의 열회수효율을 만들어내고, 빗흐름 구간에서 공기들을 분리해냅니다. 열교환소자를 만들기 어려운 맞흐름의 원리를 실용화한 구조라고 할 수 있습니다.

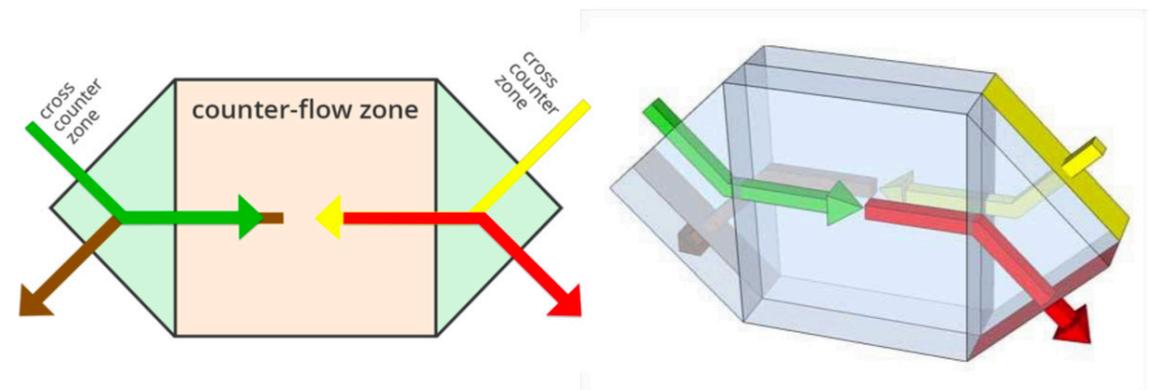


그림 8: 혼합형 맞흐름 열교환소자 개념도(왼쪽)와 판으로 구현된 모습을 도식화한 개념도(오른쪽).
 (출처 : Zehnder America Inc. (2012). Understanding Heat Exchangers. SlidesShare eBook. pp.8-10.)

간단히 정리해보죠. 판형 열회수환기 방식에는 맞흐름 열교환 방식과 빗흐름 열교환 방식이 있는데 맞흐름 열교환 방식은 70~95%까지의 열회수율을 이룰 수 있는 반면, 빗흐름 열교환 방식은 최대 70%까지, 실질적으로는 40~60% 정도의 열회수율 밖에 거둘 수가 없습니다. 현실적으로 맞흐름 열교환 방식은 혼합형 열교환소

자의 형태로만 구현이 되는데 고효율인 반면 더 비쌉니다. 국내와 북미 쪽에서는 열회수환기장치에 대한 수요와 인식이 높지 않아 환기장치의 비용을 낮추기 위해서 빗흐름 열교환 방식을 쓰지만, 유럽에서는 열회수율을 높이기 위해 비용 상승을 감수하고 거의 모든 장치가 맞흐름 열교환 방식을 쓰고 있습니다. 200세대 이상의 아파트에 열회수환기장치 설치가 의무화되어 있는 우리나라의 공동 주택에는 거의 다 빗흐름 열교환 방식의 환기장치가 설치되어 있는데 낮은 성능 때문에 무용지물이 되고 있습니다. 열회수율이 낮아서 겨울에 환기장치를 돌리는 것이 괴롭고, 또 추워서 환기장치를 잘 쓰지 않다보니 안에 곰팡이가 끼어 이따금 가동하면 곰팡내가 나는 악순환이 발생하는 것입니다.

그렇다면 수준 높은 열회수환기 기술이 줄여주는 에너지 소비량은 어느 정도나 될까요? 이미 에너지 소요량의 성능을 인증 받은 판교 파시브하우스를 대상으로 환기장치 조건만 달리해서 비교를 해보았습니다. 판교 파시브하우스에는 최상급 성능의 열회수환기장치인 독일 Paul사의 Novus 300 F라는 제품이 설치되어 있습니다. 열회수율 84%, 습기회수율 73%입니다. 이 조건에서 판교 파시브하우스는 연간 단위면적당 난방에너지 요구량 13.4 kWh/(m²a), 연간 단위면적당 재생가능1차에너지 소요량 63 kWh/(m²a)의 결과를 내었습니다. 다른 모든 조건은 같게 두고 환기장치만 1-자연 환기, 2-열회수 없이 배기만 하는 강제 배기, 3-열회수율 50%, 습기회수율 60% 전열교환기, 4-열회수율 75% 열회수환기장치, 5-열회수율 93% 열회수환기장치로 조건을 달리해 보았습니다. 결과는 <그림 9>, <그림 10>과 같습니다.

Select the active variant here >>>>>>		6-판교 PH	PH + 자연 환기	PH + 강제 배기	PH + 50% ERV	PH + 75% HRV	PH + 93% HRV	PH
Units		6	1	2	3	4	5	6
Heating demand	kWh/(m ² a)	13.4	26.5	25.1	18.5	14.7	12.1	13.4
Heating load	W/m ²	11.5	17.5	15.9	13.9	12.1	10.9	11.5
Cooling & dehum. demand	kWh/(m ² a)	10.8	13.1	12.6	11.5	13.5	13.4	10.8
Cooling load	W/m ²	7.0	8.7	8.6	7.8	7.2	6.8	7.0
Frequency of overheating (> 25 °C)	%							
PER demand	kWh/(m ² a)	62.6	78.5	77.0	73.5	71.0	64.2	62.6
Passive House Classic?	yes / no	yes	no	no	no	yes	yes	yes

그림 9: 파시브하우스 인증을 받은 판교 파시브하우스에 환기장치만 조건을 달리해서 시뮬레이션해본 비교 결과.

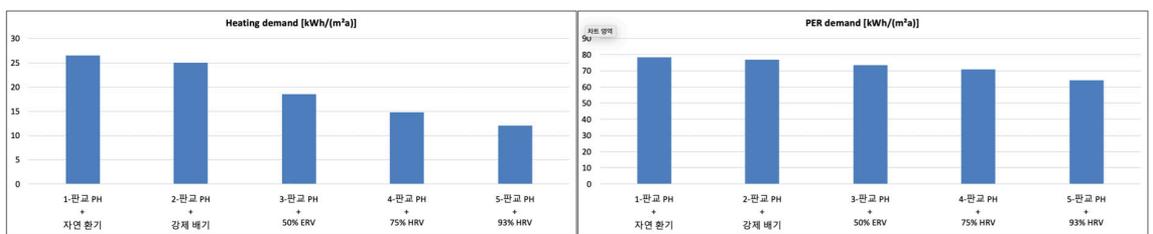


그림 10: 파시브하우스 인증을 받은 판교 파시브하우스에 환기장치만 조건을 달리해서 시뮬레이션해 본 연간 단위면적당 난방에너지 요구량과 연간 단위면적당 재생가능1차에너지 소요량 비교 그래프.

세계 최고 수준의 열회수환기장치(5번)를 설치한 것과 성능이 좋지 못한 환기장치(3번) 사이에는 연간 단위면적당 난방에너지 요구량에서 6.4 kWh/(m²a), 연간 단위면적당 재생가능1차에너지 소요량에서 9.3 kWh/(m²a) 만큼의 차이가 났습니다. 열회수환기 기술을 전혀 쓰지 않은 1번, 2번의 경우와 5번의 경우를 비교해 보면

난방에너지 요구량에서 13~14.4 kWh/(m²a), 재생가능1차에너지 소요량에서 12.8~14.3 kWh/(m²a) 만큼의 차이가 났습니다. 공기질의 쾌적성을 달성하고도 이 만큼의 에너지를 절약할 수 있다는 것은 굉장한 일이 아닐 수 없습니다. 특히 1차 에너지 소요량은 환기장치 운용에 들어가는 전기에너지를 모두 반영한 결과라는 점에서 흥미롭습니다. 환기에 들어가는 에너지를 고려하여도 좋은 성능의 열회수 환기를 하는 경우가 자연환기보다 월등하게 에너지 소비가 적다는 점을 보여주기 때문입니다.



그림 11: 유럽의 설비 전시회에서 만날 수 있는 고효율 열교환소자 전문 회사의 전시장.

열회수환기 기술을 이용하여 구체적으로 열회수환기장치를 구성하는 데에는 더 살펴보아야 할 기술 요소들이 많습디다만 파시브기술의 맥락에서는 효율 높은 열교환 방식의 채택이 중요하여 이 점을 중심으로 살펴보았습니다. 열회수환기 기술 역시 비교적 독립적으로 적용하기 좋은 파시브기술이므로 삶의 질을 높이면서 탄소 배출도 줄일 수 있는 방안으로 우선적으로 검토하는 것이 좋다고 생각합니다.

최우석 파시브기술연구소 소장

국외뉴스

초기 기후 모델이 지구 온난화를 성공적으로 예측했다.

기후 모델은 기후학적으로 중요한 과정들을 기술하는 방정식들이며 슈퍼컴퓨터를 이용해 해를 구한다. 첫 번째 기후 모델은 1970년대로 거슬러 올라간다. 하우스파더는 Geophysical Research Letters에 게재된 논문을 통해 1970~2007년 사이에 발표된 기후모델의 예측 기술을 평가했다. 이 결과는 이런 초기 모델이라 하더라도 이후에 관측된 지구표면 온도 상승을 정확히 예측했다. 지구평균표면온도에 대한 14개 모델의 17가지 예측을 평가했는데 10개 예측은 이후 관측지와 잘 일치하였고, 기후 동인 예측에서의 부정확성을 감안하여 다시 계산하면 14개 예측이 데이터와 일치하였다. 기후학적으로 중요한 과정, 관측치 및 방정식 수립을 이해하면서 신뢰할 만한 기후 모델을 개발하는 것은 과학적으로나 컴퓨터 계산으로나 상당히 어려운 일이다. 현재와 비교하여 당시 컴퓨터가 극히 제한된 계산 능력을 지니고 있었던 점을 감안하면 초기 모델이 정확히 지구표면온도를 예측했다는 것은 매우 인상적이라고 하우스파더는 말했다.

<https://www.nature.com/articles/d41586-020-00243-w>

북극 영구동토층 해빙이 이전 예측보다 기후변화에 더 큰 영향을 끼친다

급격한 영구동토층 해빙은 잠재적 탄소 배출량을 두 배로 늘릴 것이며 이미 북극 주변의 풍광과 생태계를 급격히 변화시키고 있다는 연구 결과가 발표됐다. 영구동토층의 면적은 북반구 육지의 4분의 1인 1,800만 km²이다. 과학자들은 현재 영구동토층에는 1.5조 톤의 탄소가 매장되어 있다고 예측한다. 새로운 연구는 영구동토층과 탄소 저장에 느린 속도로 영향을 미치는 점진적 해빙과 급격한 해빙 유형을 비교했다. 20%의 북극 지역의 영구동토층은 얼음이 풍부한 환경으로 인해 급격히 녹을 수 있다. 이러한 급격한 해빙은 대량의 탄소뿐만 아니라 더 강력한 온실가스인 메탄의 배출을 촉진한다. 북극 영구동토층 지역의 5%만 급격히 해빙될 때 배출되는 온실가스의 양은 그 지역 전체가 점진적으로 해빙되었을 때의 양과 같을 것이다. “북극 영구동토층의 급격한 해빙은 빠르고 극적이며, 전례없는 방식으로 풍광을 변화시키고 있다”고 Nature Geoscience에 실린 논문에서 메리트 투레츠키는 밝혔다. 현재의 지구모델에는 급격한 해빙의 영향은 반영되어 있지 않으며, 해빙으로 인해 영구동토층의 기후-탄소 피드백이 두 배까지 증폭될 수 있어 온난화를 일정 수준 아래로 묶어두기 위한 탄소예산(허용 가능 배출량)을 더욱 감소시키는 역할을 할 것이라고 이 논문의 공저자인 데이비드 로렌스는 말했다.

<https://www.colorado.edu/today/2020/02/03/arctic-permafrost-thaw-plays-greater-role-climate-change-previously-estimated>

기후변화와 싸우는 것이 가장 값싼 옵션이라고 모델링으로 밝혀졌다

인류의 생존을 위해 어떠한 대가라도 치를 수 있을 것이라고 생각하기 쉽지만 정부가 기후변화에 대응하기 위해 행동을 쉽게 취하지 못하는 이유 중 하나가 경제적 비용 때문이다. 그러나 새로운 연구 결과는 지구온난화와 관련된 비용이 우리

가 직관적으로 생각하는 방식과 얼마나 다른지, 즉 행동을 더 늦게 취할수록 장기적으로 우리가 지불해야 할 비용이 얼마나 더 드는지를 보여주고 있다. 기후변화에 따른 손실과 완화 비용 사이에 균형을 잡기 위해 포츠담기후영향연구소(PIK)의 기후과학자 안더스 레버만은 컴퓨터 모사 모델을 만들어, 기후와 전세계 GDP와의 연관성을 연구했다. 고려해야 할 변수들이 많다 - 소비 패턴의 변화, 기후변화가 야기할 세계적 갈등, 여러 티핑 포인트의 효과 등. 경제적 관점에서는 2°C 이내로 온난화를 멈추게 하는 것이 가장 저렴한 옵션이다. 신속하고 근본적인 전지구적 행동이 필요하고 행동을 미래로 늦추면 늦출수록 비용은 더욱 더 커질 것이라고 동 연구소 기후학자 스벤 빌너는 말했다.

<https://www.sciencealert.com/fighting-climate-change-isn-t-cheap-but-the-alternatives-cost-much-more>

밤에도 작동하는 태양광 패널

UC 데이비스의 연구자들은 ACS Photonics에 실린 새로운 논문을 통해 반태양광(anti-solar) 패널이 밤에도 전기를 생산할 수 있다고 밝혔다. 태양광 패널은 태양의 에너지를 흡수하여 전기를 생산한다. 밤에는 이 패널을 땅 쪽으로 향하게 하면 지구의 적외선을 흡수하여 낮에 생산하는 전기의 25%가량을 생산할 수 있다고 이 논문으로 주장했다. 이 소자는 열방사 셀을 이용하며 아주 긴 장파장의 빛을 흡수할 수 있다. UC 데이비스는 수은 합금으로 이루어진 프로토타입을 만드는 일을 하고 있다. 광전기학은 지구에 입사하는 풍부한 태양광 에너지를 이용하는 데 주력했지만 밤에는 발전할 수 없는 한계가 있었다. 밤에는 반대로 지구가 열방출원이 되고 우주가 열흡수원이 된다. 열방사 광전기학을 이용하여 야간 광전기 셀을 만들 수 있다.

<https://electrek.co/2020/02/03/night-solar-panels/>

치솟는 남극 온도 새로운 기록

남극이 20°C를 넘는 기록적인 기온을 보였다. 브라질 과학자 카를로스 웨이퍼는 2월 9일 남극 북쪽 끝 열도의 한 섬인 세이무어 섬에서 관측된 20.75°C를 인용하면서 “남극에서 이 정도로 높은 온도를 본 적이 없다”고 말했다. 이 온도는 1982년 1월 시그니 섬에서 얻은 이전 기록인 19.83°C를 넘는 수치이다. 세계기상기구는 그러나 장소, 장비 유형, 측정법, 기기의 보정 등 여러가지 데이터를 먼저 수집하여 그 관측의 유효성에 대한 공식적 평가를 한 이후에야 이번 측정이 공식적인 최고 기록인지 확인할 수 있다고 말했다. 이번 세이무어 섬의 관측치는 아르헨티나 에스페란자 연구기지에서 2월 2일 기록된 18.3°C보다 상당히 높은 값이어서 WMO는 이 수치를 검증하기 위한 작업을 하고 있다.

<https://www.aljazeera.com/news/2020/02/record-antarctica-temperature-soars-200214163943284.html>

기후변화로 북쪽으로 농업이 확대되면 배출 비용이 막대하다

미래 기후변화로 지구의 북쪽으로 농업에 적당한 지역이 늘어나면, 증가하는 인구를 먹여 살리는 데 도움이 될 수도 있겠지만, 농업이 새로운 토지를 침식하는 만큼 토양으로부터 거대한 양의 이산화탄소 누출의 위험이 있다고 연구자들은 경고

했다. 켈프 대학이 주도하고 PLOS One에 게재된 새로운 연구에 따르면, 미래 온난화 시나리오 하에서 현재 경작지의 30%에 해당하는 지구 면적이 농업에 적절한 땅이 될 수 있다고 밝혀졌다. 연구자들이 ‘최전선 토양’이라 부르는 이 거대한 땅이 경작된다면 177 Gt의 이산화탄소가 누출될 수 있다고 한다. 이는 미국이 한 세기 동안 배출하는 양에 해당한다. 이런 새로운 농업지의 대부분이 지금은 농업에 적합하지 않은 러시아와 캐나다에 집중적으로 존재한다. 지구 온도가 수십년 동안 상승한다면 밀, 감자, 옥수수 등의 곡물이 이 지역에서 경작하기 적합해질 것이다. 그래서 더 많은 농부들이 이 지역으로 진출하여 토지를 벗겨내고 갈아엎으면 지금은 토양 안에 갇혀 있는 탄소가 누출될 것이다. 고위도 토양에서의 탄소 누출은 온난화로 인해 이미 주요 근심거리이지만, 이 지역에 경작이 시작되었을 때 누출될 탄소량에 비하면 적은 양에 불과하다.

<https://www.anthropocenemagazine.org/2020/02/if-agriculture-advances-north-under-climate-change-the-emissions-cost-will-be-huge/>

재생에너지용 토지 사용 문제 바로보기

브루킹스 연구소가 발표한 보고서는 새로운 재생에너지 개발에 따라 사용되는 토지의 밀도와 이로 인해 제기되는 해당 지역의 반대 이슈에 대한 정책적 해결책을 제시했다. 재생에너지는 같은 토지 위에서 무한정으로 에너지를 생산할 수 있으나 재생에너지가 화석연료 체제보다 더 많은 토지를 사용한다는 것은 움직일 수 없는 사실이다. 이에 대한 해결책으로 수상 태양광과 같은 유희지를 사용하거나 그레이트 베이슨과 같이 인간의 발길이 닿지 않는 곳에서 발전하는 방법이 있으나, 수상 태양광으로 가능한 최대 발전량은 미국 전기생산의 10% 정도밖에 되지 않으며 광대한 송전망을 설치해야 하는 문제가 있다. 브루킹스 연구소의 보고서는 농업과 태양광 발전을 동시에 하는 방법을 권장한다. 이 방법은 가뭄이 심할 때 잎을 통한 수분 증발을 줄이고 열 스트레스를 줄여 농업생산량을 늘릴 수 있는 이점을 제공한다고 지적한다. 또한 보고서는 공적 지지를 얻는 데는 지역의 사정을 파악하고 주민들이 염려하는 이슈들을 해결하는 것보다 더 좋은 대안을 없다고 얘기한다. 가장 좋은 방법은 외부 이해당사자와 지속적인 대화 구조를 확립하고 누가 지역을 대표하는지 이해하고, 목소리 크거나 힘있는 사람들만 상대하지 않는 것이라고 말한다. 건물 지붕이나 옥상에 태양광 설치를 장려하는 국가적 정책도 재생에너지 생산을 위한 필요한 전체 토지를 크게 줄일 수 있다고 주장했다.

<https://pv-magazine-usa.com/2020/02/14/recognizing-and-solving-challenges-in-renewable-energy-land-usage/>

기사 선정 및 요약: 김재삼 전문위원

국내뉴스

공룡 세 마리는 왜 환경부 장관 앞에서 시위를 벌였나

지난 1월 31일, 조명래 환경부 장관과 50여명의 청년들이 ‘녹색전환과 환경정의 타운홀미팅’에서 만났다. 이번 만남을 통해 청년들은 소통을 원했지만, 행사는 대부분 강의와 전문가 발언으로 이루어졌다. 청년들은 기후위기로 인한 피해를 가장 오래 감당할 세대이지만, 사회에서는 주체로 인정받지 못하고 기득권은 이들을 가르칠 대상으로 보아 그들의 의견이 제대로 반영되고 있지 않은 상황이다. 이에 대응해 청년들은 이번 공룡 퍼포먼스와 같이, 함께 연대하여 기후변화에 대한 자신들의 목소리를 내고 있다.

http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002610094
<https://news.joins.com/article/23694976>

[기후위기비상행동 논평] 너무나 한가하고 안이한 2050 장기 저탄소 발전 전략 검토안

5일, 환경부는 ‘2050 저탄소 사회비전 포럼’이 제출한 『2050 장기 저탄소 발전 전략 검토안』을 공개했다. 2018년 국제 사회가 1.5°C 지구온도상승제한을 새로운 목표로 잡은 상황 속, 검토안은 그 목표에 부합하기 위해 탄소중립(넷제로)·배출제로와 같은 큰 변화가 포함되어 있어야 한다. 그러나 이번 검토안에는 탄소중립을 처음 언급하였지만, 1~5안 모두에는 탄소중립의 내용이 전혀 담겨있지 않다. 또한 5안 모두 2050년까지 석탄발전과 내연기관차를 유지하는 것으로 나와 있고, 탄소중립을 위한 감축수단 중 하나로 핵발전을 언급하고 있어 문제가 되고 있다.

<http://kfem.or.kr/?p=204701>

1월 석탄발전 8~10기 가동정지...미세먼지 배출 42% 감소

산업통상자원부는 ‘겨울철 전력수급 및 석탄발전 감축 대책’에 따라 지난해 12월에 이어 올해 1월도 석탄발전소 감축을 차질 없이 시행했다고 밝혔다. 1월 한 달간 석탄발전 총 8~10기에 대한 가동정지와 함께 최대 49기의 상한계약(발전출력을 80%로 제한)을 시행했다. 그 결과 지난해 같은 기간에 비해 약 42%(781톤 감소) 줄어드는 효과가 있는 동시에 전력수급상황도 안정적으로 관리 유지했다고 밝혔다.

<https://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=222260>

친정에서도 ‘왕따’ 당한 ‘저탄소농산물’, 농업부문 기후변화 대응 ‘빨간불’

‘저탄소농산물인증제도’가 위기를 맞았다. 최근 농림축산식품부와 환경부가 각각 공공기관 구매 촉진 대상에서 제외했기 때문이다. ‘저탄소농산물인증제도’는 농업분야의 대표적인 온실가스 감축사업이기에 이해할 수 없는 결정이다. 이와 같은 결정은 농식품부의 기후변화에 대한 전문성 부족으로 생긴 일이라는 분석이 나온다.

<http://daily.hankooki.com/lpage/society/202002/dh20200211163139137820.htm>

재생에너지 산업 발전 위한 10대 정책 제안 제시

한국재생에너지산업발전협의회(이하 재발협)는 13 일 국회 정론관에서 ‘재생에너지 총선 10 대 정책 제안’을 발표했다. 재발협은 기후위기 극복과 재생에너지 산업의 성장을 염원하며 10 대 정책을 제시한다고 밝혔다. 10 대 제안은 다음과 같다.

- △태양광산업 국가전략산업 지정·육성
- △재생에너지 경제특구 조성
- △RE100 활성화 기반 조성
- △재생에너지원별 산업경쟁력 강화
- △재생에너지 소규모 사업자 생태계 활성화
- △재생에너지 컨트롤 타워·원스탑 서비스 체계 구축
- △전력 계통문제 해결 및 분산전원 시스템 정착
- △에너지전환법 제정
- △재생에너지 3020 목표 상향 조정
- △맞춤형 전력체계 구축 및 요금제도 도입

<http://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=222413>

에너지개발구역 없는 해양공간계획...해상풍력 위기 오나

해양수산부가 발표한 해양공간관리계획에서 에너지개발구역이 따로 지정되지 않아 풍력업계의 우려가 나오고 있다. 해수부는 해상풍력에 대한 지역수용성이 충분히 확보되지 않아 지정하지 않았고, 추후에 해상풍력발전 계획·수요를 고려해 지정할 방침이라고 밝혔다. 하지만 풍력업계는 해상풍력을 할 수 없다는 낙인효과를 우려할 수밖에 없다고 지적했다.

<https://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=219620>

한국, 100% 재생에너지로 바꾸면 30년간 일자리 144만개 늘어

19 일 그린피스가 공개한 ‘한국에서 그린뉴딜 에너지 정책이 전력공급 안정화와 비용, 일자리, 건강, 기후에 미칠 영향’ 보고서에 따르면 한국이 2050 년까지 에너지 구조를 100% 재생에너지로 전환할 경우 일자리 144 만개 이상이 증가할 것으로 분석됐다.

화석연료 산업이 쇠퇴하면서 약 18 만 9 천개의 일자리가 사라질 것으로 봤다. 그러나 재생에너지 시설 설치 등으로 건설 부문에서 74 만 3 천개가 새로 생기고 에너지 운영 부문에서 88만 9천개가 생겨나 일자리 감소분을 반영해도 일자리가 늘어날 것으로 추산했다.

<http://www.koenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=109447>

기사 선정 및 요약: 한혜린 인턴연구원

나침반

소비기반 탄소배출량(consumption-based CO₂ emissions)

집에서 생활하는 시간이 짧고 식사를 주로 식당에서 해결한다면 개인이 내는 전기 비용이나 배출하는 음식물쓰레기는 다른 사람에 비해서 상대적으로 적을 것이다. 그렇다고 해서 우리가 다른 사람보다 온실가스를 덜 배출한다고 말하기는 어렵다. 장소나 시간에 상관없이 우리가 생활하는 전반에 걸쳐서 배출하는 온실가스량을 따져볼 필요가 있다.

나라 규모도 마찬가지이다. 무엇인가를 제조하고 생산하는 공장이 많지 않고 상품과 서비스를 주로 수입을 해서 물품을 사용하는 나라들은 자국 내에서 배출되는 온실가스량이 상대적으로 적을 것이다. 미국 스탠포드대 연구진(Davis & Caldeira, 2010)이 제시한 그림처럼 상품과 서비스에는 그것을 만드는 과정에서 발생한 탄소배출량도 품고 있는 것이고, 무역 시스템을 통해서 함께 이동한다. 아래 그림에서 파란색은 주로 상품과 서비스를 생산 제조하는 나라들이고 이들이 제조 과정에서 배출한 이산화탄소는 붉은색으로 표시된 나라들로 상품과 서비스가 이동하면서 함께 이동한다.

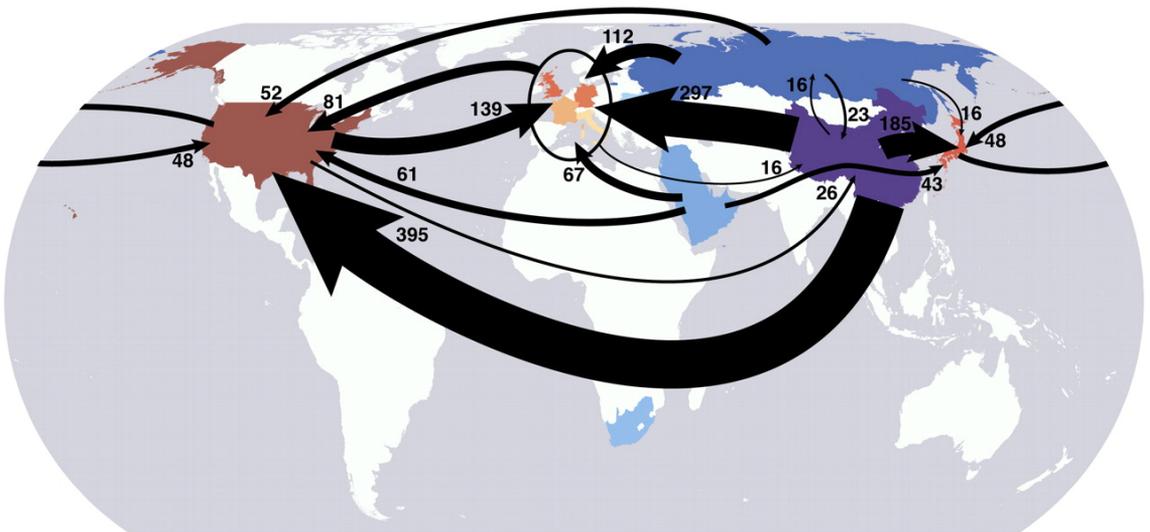


그림 1: 무역 중 이동하는 이산화탄소배출량(파란으로 표시된 나라는 수출, 붉은색으로 표시된 나라는 수입국). 유럽에는 영국, 프랑스, 독일, 스위스, 이탈리아, 스페인, 룩셈부르크, 네덜란드, 스웨덴 포함(Davis & Caldeira, 2010)

따라서 얼마나 많은 온실가스를 배출하는지를 제대로 따져보려면 전 세계 어디에서 만들었건 우리가 직접 소비하는 상품과 서비스를 기준으로 탄소배출량도 따져보아야 한다. 이를 두고 소비기반 탄소배출량(Consumption-based CO₂ emissions)이라고 한다. 우리가 주로 접하는 데이터는 생산기반 탄소배출량으로 상품과 서비스를 생산하는 과정에서 발생한 탄소배출량을 나타낸 것이다.

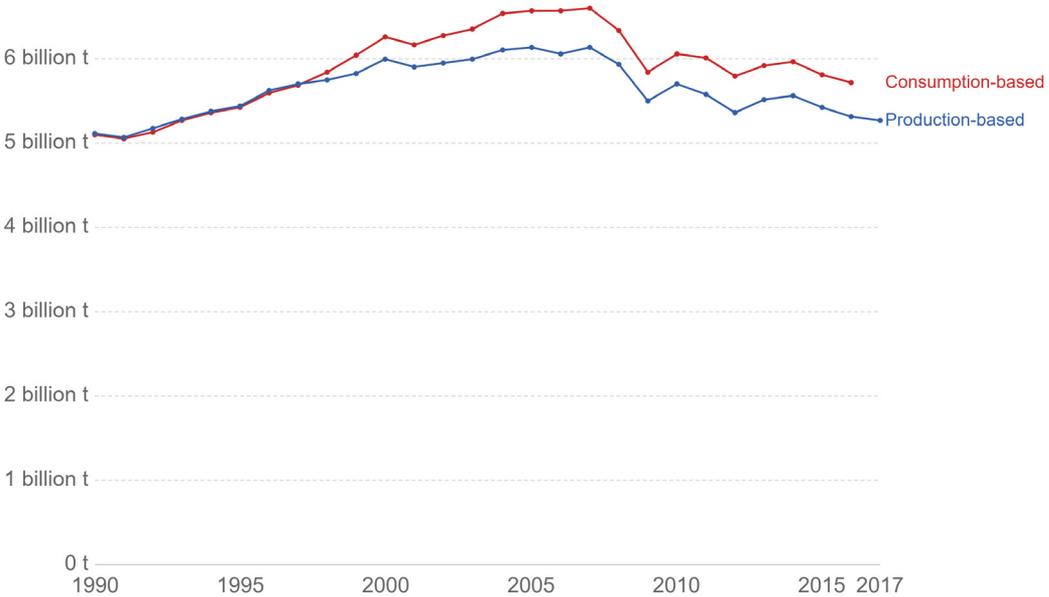
탄소배출량의 증감 추세, 생산기반 탄소배출량, 소비기반 탄소배출량을 함께 비교

해보면 좋을 듯하다. 가령, 우리나라, 중국, 미국, 독일만 살펴보자면, 미국은 소비기반 탄소배출량이 생산기반 탄소배출량보다 컸고 두 값 모두 감소 추세이고, 중국은 두 값 모두 증가 추세이나 생산기반 탄소배출량이 소비기반 탄소배출량보다 크다. 독일은 두 값 모두 급격하게 감소하고 있으나 소비기반 탄소배출량이 높다. 우리나라는 두 값 모두 급격한 증가 추세이고, 소비기반 탄소배출량이 더 크다.

Production vs. consumption-based CO2 emissions, United States



Annual consumption-based emissions are domestic emissions adjusted for trade. If a country imports goods the CO2 emissions needed to produce such goods are added to its domestic emissions; if it exports goods then this is subtracted.



Source: Le Quéré et al. (2018). Global Carbon Project.

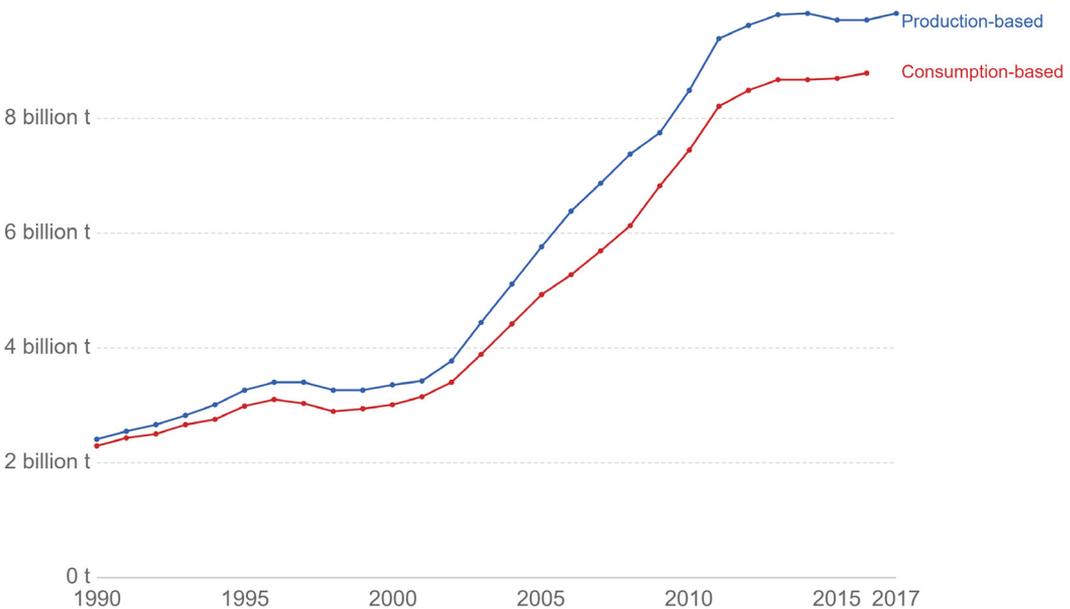
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

그림 2: 미국의 소비기반 탄소배출량과 생산기반 탄소배출량.

Production vs. consumption-based CO2 emissions, China



Annual consumption-based emissions are domestic emissions adjusted for trade. If a country imports goods the CO2 emissions needed to produce such goods are added to its domestic emissions; if it exports goods then this is subtracted.



Source: Le Quéré et al. (2018). Global Carbon Project.

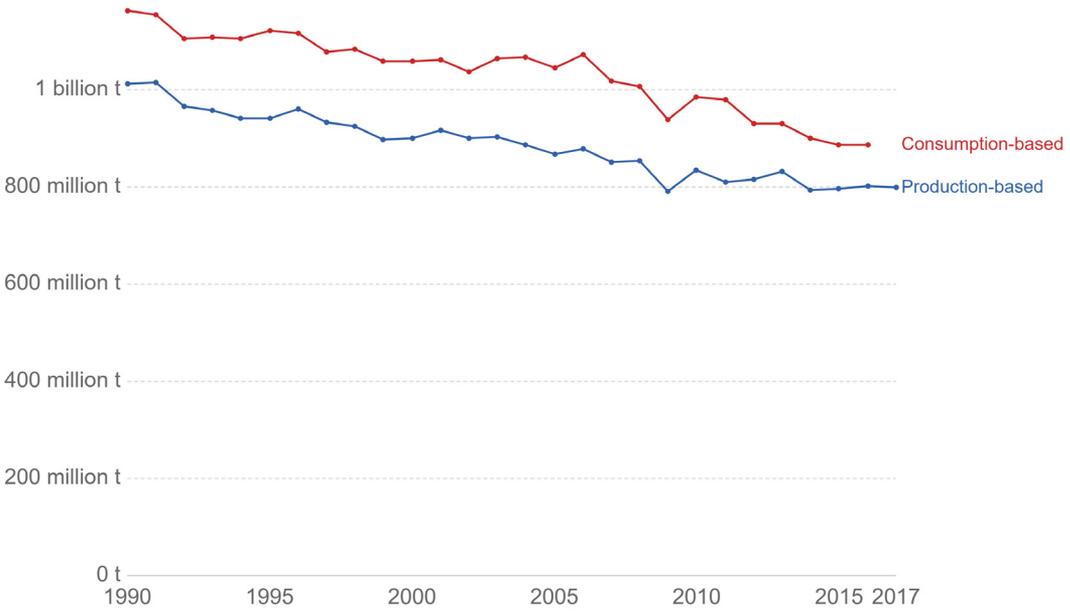
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

그림 3: 중국의 소비기반 탄소배출량과 생산기반 탄소배출량.

Production vs. consumption-based CO₂ emissions, Germany



Annual consumption-based emissions are domestic emissions adjusted for trade. If a country imports goods the CO₂ emissions needed to produce such goods are added to its domestic emissions; if it exports goods then this is subtracted.



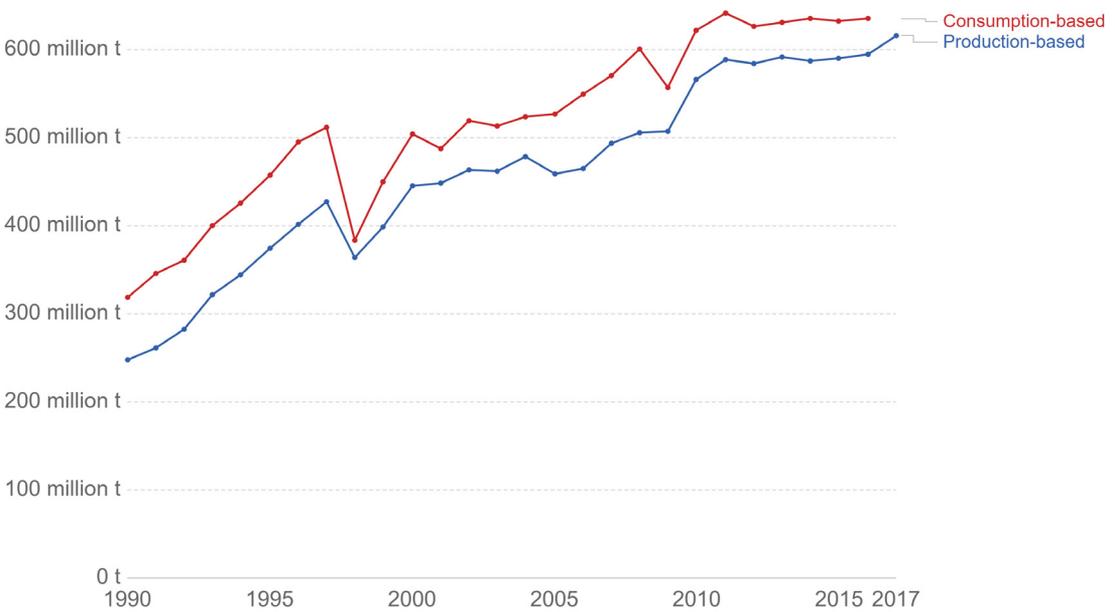
Source: Le Quéré et al. (2018). Global Carbon Project. OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

그림 4: 독일의 소비기반 탄소배출량과 생산기반 탄소배출량.

Production vs. consumption-based CO₂ emissions, South Korea



Annual consumption-based emissions are domestic emissions adjusted for trade. If a country imports goods the CO₂ emissions needed to produce such goods are added to its domestic emissions; if it exports goods then this is subtracted.



Source: Le Quéré et al. (2018). Global Carbon Project. OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

그림 5: 대한민국의 소비기반 탄소배출량과 생산기반 탄소배출량.

참고문헌

Davis, S. J., & Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5687-5692.

[https://ourworldindata.org/consumption-based-CO₂](https://ourworldindata.org/consumption-based-CO2)

김남수 연구위원

기후변화행동연구소 인턴십을 마치며

보이지 않던 ‘기후변화’가 ‘기후위기’로 다가오다

평소 환경을 보호하는 일을 직업으로 하고 싶어서 대학에서 환경공학을 선택했다. 아마 대부분의 사람도 내가 환경공학을 전공하니 나름 깊게 환경보호와 관련된 공부를 했으리라 생각할 것이다. 그러나 환경공학과와 커리큘럼은 오염된 수질과 대기 처리 쪽에 주요 초점이 맞춰져 있었다. 그렇게 몇 년을 공부하다 보니 비록 내가 환경공학을 전공하지만, 정작 평소에 생각했던 환경보호에 대한 관심은 차츰 멀어졌다. 그리고 어느 순간부터는 나와는 직접적으로는 상관없는 일로까지 생각하게 되었다. 그렇다 보니 기후변화에 대해서도 남들보다 특별하다 할 지식이나 관심도 없었다. 기온상승에 따른 빙하녹음이나 멸종 위기 생물 등에 대한 뉴스들을 들어도 그 순간뿐이었다. 모두가 기후변화에 나름 잘 대응하고 있다고 생각했기 때문이다. 세계적으로는 기후변화 협정이니 총회 등의 소식이 들리고, 우리나라도 기후변화 대응과 재생에너지 확산에 노력한다고 하니 모든 것이 잘 돌아갈 것으로 믿었다. 그러니 당장 나에게 중요한 것은 2030년, 2050년의 기후변화가 아닌 내일, 모레 앞으로 닥친 학교 과제였다.

그러던 중 이번 겨울 온실가스 전문 인력을 양성하는 한 프로그램을 이수하게 되었다. 환경 분야에서의 현장실습과 취업 기회를 넓히는 데 도움이 될까 하는 마음에서였다. 교육을 수료하면서 기후변화에 대한 교육도 받았다. 그러면서 처음으로 기후변화 문제를 체계적으로 접할 수 있었다. 교육을 들으면서 가장 기억에 남았던 것은 내가 막연히 생각한 것보다 기후변화가 훨씬 빠르게, 폭넓게 진행되고 있었다는 점이다. 특히 교육을 받던 올해 1월은 유난히도 눈이 오지 않았고 유레가 드물 만큼 따듯한 날이 계속되었다. 그래서 기후변화가 정말 심각하고, ‘이러다 정말로 겨울이 없어지는 건 아닐까?’ 하는 생각까지 들었다. 그렇게 난 기후변화 문제를 이 전에 비해 좀 더 진지하게 생각하게 되었다.

기후변화 문제를 좀 더 깊이 생각하게 되니 내 주변에도 기후변화와 연관된 것들이 좀 더 눈에 들어오기 시작했다. 그래서 교육의 한 과정으로 진행되는 현장 인턴십을 기후변화행동연구소로 지원하게 되었다.

한 달 정도 기후변화행동연구소에 있으면서 가장 놀란 점은 기후변화 대응을 위해 많은 일이 일어나고 있다는 점이었다. 비단 이곳뿐만이 아니었다. 우리 사회 곳곳에서 기후위기 극복을 위한 집회가 있었고, 올바른 정책을 고민하고 아이디어 확산을 위한 다양한 포럼들이 열리고 있었다. 또 온실가스 배출량을 줄이기 위해 일상에서 육식을 줄이기 위해 노력하는 시민들도 있었다. 내 생각보다 기후변화는 우리 사회와 개인의 삶 속에서 훨씬 많은 관련이 있었다. 또한 내가 평소에 생각하지도 못했던 것들이 기후변화에 직·간접적으로 영향을 준다는 사실도 알게 되었다.

연구소 인턴 생활을 하기 전에는 과도한 화석 에너지 사용이 기후변화에 가장 큰 원인이라 생각했었다. 물론 지금도 이 생각엔 변함이 없다. 하지만 무관심과 무지 역시 오늘의 기후위기 극복을 더 어렵게 하는 큰 원인인 것 같다. 복잡하게 생각할 것 없이 불과 몇 달 전의 내 모습을 생각해보면 딱히 틀린 말은 아닌 듯싶다. 요즘의 나는 기후변화에 대해 좀 더 공부하고 관심을 가지면서 일상생활 중 저탄

소 인증마크가 있는 제품을 보면 한 번 더 눈이 간다. 그리고 기후변화와 관련된 이야기를 좀 더 귀 기울여 듣고 말하는 변화가 생겼다. 50년, 100년 뒤의 이야기라 생각한 기후변화 문제는 내가 외면했던 사이 어느 틈엔가 바로 내 앞에 나타나 있었다. 아니다. 원래 그 자리에 있었지만 내가 못 본 것이 맞는 듯하다.

하지만 기후위기를 넘어서는 일은 관심과 지식만으론 충분치 않다. 그런 것들도 오늘 나의 일로서 인식하지 않는다면 행동으로 이어지기 어렵기 때문이다. 기후변화에 맞서 우리도 행동으로 변할 때가 되었다.

한혜린 인턴연구원
