

Carbon Tracker – 방법론

기후행동 100+ 탄소중립 기업 벤치마크 내에서 공개 프레임워크의 지표 6 을 보완하는 연계 평가를 위한 방법론 및 측정항목 개요.

기후행동 100+ (CA100+)의 연구 파트너로서 Carbon Tracker 이니셔티브는 재무 분석을 수행하고, 투자자가 다음을 포함하는 69 개 포커스 기업의 좌초 자산 위험을 파악, 정량화 및 평가하는 데 도움이 되는 일련의 연계 평가를 개발했습니다.

- 36 개 업스트림 석유 & 가스 탐사 및 생산 회사의 투자 계획 및
- 파리 기후 협정의 목표에 부합하는지 평가하기 위해 33 개 전력 회사가 발표한 석탄 & 가스 화력 발전의 폐쇄 일정.

Carbon Tracker 이니셔티브의 연구 및 방법론과 전체 기업 수준의 관여 프로필에 대한 자세한 내용은 www.carbontracker.org/company-profiles/ 에서 확인하실 수 있고 문의 사항은 ca100@carbontracker.org 로 보내주십시오.

Carbon Tracker – 연구 및 분석

시나리오 분석을 수행하여 수요와 공급의 잠재적인 변화가 화석 연료에 노출된 기업과 프로젝트의 미래에 어떤 영향을 미칠지 조사하고 이해합니다. 이 분석은 투자자들이 기후변화 대응에 대한 재무적 의미를 더 잘 이해하는 데 도움이 됩니다.

- 1) 분석 연구는 분석가들, 자산 소유자들, 투자자, 정책 입안자 및 금융 규제 기관들이 더 잘 조사할 수 있도록 가장 비용이 많이 들고 가장 위험한 투자를 파악합니다.
- 2) 규제 연구는 기후 관련 재무 위험의 투명성을 개선하기 위한 금융 규제 시스템의 개혁 사례를 구축하고 진행될 주요 변경 사항을 명시합니다.
- 3) 에너지 기업과 관련된 미래 전략 및 자본 지출에 대한 전문적인 통찰력을 제공합니다.

연구는 전통적인 재무 분석을 기반으로 하며 미래 지향적인 중요 문제에 중점을 둡니다. 저희는 비영리 연구 기관으로써 상업 금융 연구 비즈니스 모델에 의해 부과되는 제약을 받지 않습니다. 이를 통해 기후 변화로 인한 전례 없는 역경에 직면했을 때 지속 가능하지 않다고 생각하는 일상적인(BAU: business-as-usual, 온실가스를 줄이려는 아무런 조치도 없었을 때 배출 전망치의 배출량) 접근 방식에 도전할 수 있습니다.

배출량을 줄여야 할 필요성

세계가 재앙적인 수준의 지구 온난화를 피하려면 온실가스 배출량을 크게 줄여야 합니다. 이러한 제약은 인간의 온실가스 배출의 가장 큰 원인을 차지하는 화석 연료의 공급과 수요에 중대한 영향을 미칩니다.

기존 자산의 경우, 사회가 지구 온난화를 2°C 미만으로 제한하고 파리협약의 목표에 따라 온난화를 1.5°C로 제한하기 위해 노력함에 따라 연구에서 에너지 전환을 통해 좌초될 위험이 가장 큰 자산을 강조할 수 있습니다. 저탄소 전환으로 인해 좌초된 탄광, 석탄 및 가스 발전소, 기타 탄화수소 매장지의 사례가 이미 있습니다.

잠재적인 신규 투자의 경우, 우리의 연구는 세계가 탈탄소화됨에 따라 기대 수익을 내지 못할 수도 있는 자본 투자를 식별하여 좌초 자산의 발생을 방지하는 것을 목표로 합니다. 따라서 자본 낭비를 방지하기 위한 의도를 갖고 자본의 관리(stewardship)를 통해 에너지 전환을 촉진하는 것에 집중합니다.

연구 간행물은 웹사이트(www.carbontracker.org)와 Bloomberg, FactSet, Refinitiv, S&P Capital IQ와 같은 연구 플랫폼에서 무료로 제공됩니다.

Carbon Tracker의 최소 비용 프레임워크

Carbon Tracker의 초점은 시장의 시각과 같습니다. 어떤 잠재적 화석 연료 개발이 경제적으로 합리적이지 않고 에너지 전환의 가치를 파괴할 수 있는지, 그리고 동시에 지구를 점점 더 위험한 기후로 몰아넣는 것인지 평가합니다.

이 분석의 기초는 수요가 제한된 세계에서 가장 저렴한 공급 옵션이 가장 경쟁력 있으며 더 높은 비용의 옵션이 경제적 수익을 제공하지 못할 수 있다는, 즉 경제적으로 "좌초될" 것이라는 논리입니다.

업스트림 석유 & 가스 탐사 및 생산의 자본적 지출(CAPEX). 2011년 이후 일련의 보고서에서¹ Carbon Tracker는 국제 기후 공약들에 따라 저탄소 경제로의 전환이 석유 & 가스 부문에 미치는 재무적 영향을 조사했습니다. 화석 연료의 자본적 지출에 대한 위험성과 그 자본을 제공하는 투자자에 대한 위험성을 검토했습니다.

¹ 이 작업 흐름과 모델링은 2015년 "[2조 달러의 좌초 자산 위험 지대: 화석 연료 회사가 투자자 수익을 파괴하는 위험을 감수하는 방법](#)"으로 시작했으며 이 방법론은 2017년 "[2도 분리\(2 Degrees of Separation\)](#)"를 시작으로 5개의 연간 회사 수준 자본적 지출 분석에서 지속적으로 업데이트되었습니다.

고전적인 수요 공급 곡선을 사용하여 저탄소 세계에서 여전히 필요한 저비용 프로젝트에 대한 잠재적 자본적 지출의 비율과 그렇지 않은 고비용 프로젝트의 비율을 설명할 수 있습니다. 후자에 대한 투자는 가치를 파괴할 위험이 더 큽니다.

석탄 및 가스 동력 발전의 폐쇄. 2017 년 이후 일련의 보고서에서² Carbon Tracker 는 국제 탄소 공약들에 따라 저탄소 경제로의 전환이 전력과 유틸리티 부문에 미치는 재무적 영향을 조사했습니다. 파리협약에 따른 기후 시나리오에서 먼저 단계적으로 폐쇄해야 한다고 명확히 한 탄소배출 저감 장치가 미비한³ 석탄 및 가스 화력 발전 용량의 폐쇄 규모와 속도를 평가하여 화석 연료 화력 발전에 대한 위험성을 검토했습니다.

고전적인 수요 공급 곡선을 사용하여 석탄 또는 가스 화력 발전 자산의 상대적 비용 경쟁력을 설명할 수 있으며, 이에 따라 2040 년과 2050 년까지 석탄과 가스 화력 발전의 거의 완전한 단계적 폐지가 필요한 저탄소 세계에서 어떤 발전소가 더 오랫동안 경제성을 유지 가능한지 설명할 수 있습니다. 더 높은 비용의 발전에 대한 투자는 자산을 좌초시키며, 가치를 저해할 위험성이 더 큽니다.

² 이 작업 흐름과 모델링은 Carbon Tracker 의 전력 & 유틸리티 팀이 2016~2018 년에 개발했으며 지속적으로 업데이트 및 향상되었습니다. 이 모델은 2°C 미만 시나리오에서 (단기 및 장기) 한계 비용, 총 수익성, 상대 경쟁력, 단계적 폐지 연도 및 좌초 자산 위험에 대한 현재 및 미래 예측 추정치를 제공합니다.

³ 탄소배출 저감 장치가 미비한 발전은 탄소 배출 제거 기술을 사용하지 않습니다.

Carbon Tracker – 연계 평가

Carbon Tracker 는 투자자들이 69 개 CA100+ 포커스 기업에 대한 좌초 자산 위험을 파악, 수량화, 평가하는 데 도움이 되도록 8 가지 연계 평가를 개발했습니다.⁴

- 탄소 배출이 제한된 세계에서 36 개 업스트림 석유 & 가스 탐사 및 생산 회사에 대한 투자와 자본 배분 계획에 초점을 맞춘 4 개의 평가, 그리고
- 33 개 유틸리티 기업에 대해 발표된 석탄 & 가스 화력 발전의 폐쇄 일정(개별적)이 파리 기후 협정의 목표와 포부와 연계되는지 여부에 초점을 맞춘 두 가지 평가로 구성된 두 세트(총 4 개).

이러한 평가를 통해 기업의 자본적 지출(CAPEX)과 기존의 화석 연료 화력 발전 및 새로운 장래의 승인되지 않은 석유 & 가스 탐사 및 생산 활동의 경제적 산출을 분석하여 다양한 기후 변화의 제한된 시나리오와 관련된 탄소 배출 자산을 분석합니다. 이 분석을 통해 투자자들은 파리협약의 목표에 대한 기업 행동의 상대적 적절성과 연계에 관해 더욱 통찰력 있는 판단을 할 수 있습니다.

이러한 독립적인 연계 평가는 CA100+ 탄소중립 기업 벤치마크 내에서 공개 프레임워크의 지표 6 을 보완하여 투자자가 석유 & 가스 기업이 발표한 업스트림 자본적 지출 계획과 유틸리티 기업의 석탄 및 가스 발전 용량에 대한 자산 폐쇄 계획을 평가하는 데 도움이 됩니다.

수요 시나리오. 석유 & 가스 및 전력 & 유틸리티 모델링에서 국제에너지기구(IEA)의 다음 수요 시나리오를 사용하여 다양한 수준의 전환 위험을 대표합니다.

Carbon Tracker 가 사용하는 국제에너지기구(IEA)의 수요 시나리오

2 도 이상 시나리오(B2DS): SDS 와 NZE(아래 참조) 사이 어딘가에 도달하는 급속한 전환 시나리오는 금세기에 지구 온난화를 1.6°C 로 추정하는 것과 동일하며, 2060 년까지 50% 확률로 탄소중립에 도달합니다. *자료 출처: IEA, Energy Technology Perspectives(2017).*

이것은 파리 기후 협정의 목표 및 포부와 일치하는 수요 경로와 기업 활동의 연계를 모델링하기 위한 핵심 탄소 제한 수요 시나리오입니다.

지속 가능한 발전 시나리오(SDS): IEA 는 SDS 배출 궤적을 2050 년까지 모델링하고 이 지점을 넘어서 해당 궤적을 추정하면 2070 년에 탄소중립이 달성될 것이라고 언급합니다. 그 후 탄소중립이 유지된다고

⁴ 2021 년 11 월 기준.

가정하면 IEA 는 온난화를 1.8°C 로 제한할 가능성이 66% 또는 1.65°C 로 제한될 가능성이 50%일 것이라고 결론지었습니다. *자료 출처: IEA, World Energy Outlook 2020.*

기존에 공표된 정책을 반영한 시나리오(STEPS): 일상적인(BAU) 접근 방식. STEPS 는 약 2.7°C 온난화(50% 확률)와 일치하며 기후 변화에 관한 법률이 계속 제정되지만 더 이상 발전하지는 않을 것으로 가정되며, 이미 제정되었고 공표되었지만 아직 제정되지 않은 미래 에너지 시스템의 전망을 설명합니다. *자료 출처: IEA, World Energy Outlook 2020.*

2050년까지 탄소중립 달성 시나리오(NZE): 목표에서 거의 벗어나지 않는 금세기 1.5°C 온난화에 해당하는 더 빠른 탈탄소화 경로(즉, 2050년 이후 마이너스 배출에 대한 의존도가 제한됨). 이름에서 알 수 있듯이 2050년까지 탄소중립을 달성합니다. *자료 출처: IEA, Net Zero by 2050 (2021).*

자료 출처: 생존을 위한 적응: 석유 회사가 탄소중립을 계획하고 좌초 자산을 피해야 하는 이유(Carbon Tracker, 2021)

업스트림 석유 & 가스 탐사 및 생산 평가

CA100+ 탄소중립 기업 벤치마크에서 Carbon Tracker 의 4 가지 평가는 탄소 배출량이 파리 기후 협정의 목표와 연계되는 경우 업스트림 석유 & 가스 탐사 및 생산 활동을 하는 36 개의 CA100+ 포커스 기업에 대한 자본 분배 계획의 조정과 탄력성을 투자자가 평가하는 데 도움이 됩니다.

연계 평가 - 업스트림 석유 & 가스 탐사 및 생산	측정항목	신호등 - 파리 기후 협정 목표와 불일치 수준
기업의 최근 행동: 가장 최근 연도(2020년)에 회사가 IEA의 2°C 이하 시나리오와 일치하지 않는 업스트림 석유 및 가스 CAPEX를 승인했는가?	예 또는 아니요	예, 심각한 불일치를 나타낸다 아니요, 일치함을 나타낸다
CAPEX 분석: 회사의 잠재적인 미래 미승인 석유 및 가스 CAPEX의 몇 퍼센트가 IEA의 2°C 이하 시나리오와 일치하지 않는가?	IEA의 2°C 이하 시나리오와 일치하지 않는 전체 미래 미승인 석유 & 가스 CAPEX 기획의 %	25%가 넘는 미승인 CAPEX 불일치는 심각한 불일치를 나타낸다 0~25%의 미승인 CAPEX 불일치는 높은 불일치를 나타낸다 0%의 미승인 CAPEX 불일치는 불일치 감소를 나타낸다
손상 가격 평가: (1) 회사의 원자재 가격 예측이 상승, 하락하거나 변화가 없는가? (2) 회사의 원자재 가격 예측에서 최고 가격은 얼마인가? (2020년 실질 조건 브렌트유 등가	상승, 하락, 고정 2020년 실질 조건	평균 이상의 유가에서 고정 또는 상승하는 가격대와 가격 비공개는 심각한 불일치를 나타낸다

US\$ 가격[및 최고 가격 연도]으로 표시). N/A 는 손상 가격이 파악되지 않았음을 의미한다.	브렌트유 등가 유가 US\$(최고 연도)	평균 이상의 유가와 고정 또는 하락하는 가격대는 높은 불일치를 나타낸다 평균 미만의 유가와 고정 또는 하락하는 가격대는 불일치가 감소했음을 나타낸다
탄소중립 분석: IEA 의 2050 년까지 탄소중립 배출 시나리오에 명시된 대로 새로운 석유 & 가스 프로젝트가 승인되지 않았다고 가정할 때 2030 년대(2021 년 기준)의 회사 석유 & 가스 생산 수준은 얼마인가?	새로운 석유 & 가스 프로젝트가 승인되지 않는다는 가정하에 2030 년대에 내재된 석유 & 가스 생산 수준을 2021 년 기준 생산량의 %로 표시	2021 년 기준에 비해 2030 년대 생산량이 25~100% 감소하면 회사의 미래 운영에 심각한 어려움으로 작용한다 2021 년 기준에 비해 2030 년대 생산량이 10~25% 감소하는 것은 회사에 큰 어려움으로 작용한다 2021 년 기준에 비해 2030 년대 생산량이 0~10% 감소하는 것은 회사에 어려움으로 작용한다

처음 두 평가에서는 Carbon Tracker 의 최소 공급 비용 프레임워크를 사용하여 Rystad Energy Group 의 UCube 데이터베이스 데이터를 기반으로 업스트림 석유 & 가스 프로젝트에 대한 회사의 투자 계획과 CAPEX 노출을 파악하고 이러한 데이터가 IEA 2°C 이하 시나리오(B2DS)에 요약된 수요 제약 조건과 일치하는지 여부를 확인합니다.

첫 번째 평가는 회사의 현재 프로젝트 승인 프로세스를 표시하기 위해 가장 최근 회계 연도에 B2DS 와 일치하지 않는 새로운 석유 & 가스 프로젝트를 승인했는지 여부를 분석합니다.

두 번째 평가는 Carbon Tracker 의 방법론에 따라 B2DS 와 일치하지 않는 미승인 업스트림 석유 및 가스 프로젝트에 대해 2021~2030 년 동안 회사의 잠재적 CAPEX 기회 비율을 보여줍니다. 이 분석은 IEA 의 STEPS 와 일치하지 않을 정도로 비용이 많이 드는 프로젝트에 대한 고려를 제외합니다. 방법론은 아래에 설명되어 있습니다. *일치하지 않는 CAPEX 기회 비율이 높을수록 회사는 좌초된 업스트림 자산에 더 많이 투자하게 되며, 이러한 자산을 더 많이 생산하게 됩니다.*

세 번째 평가는 기업의 원자재 가격 전망을 분석하여 어떤 원자재 위험이 업스트림 자산 기반에 반영되었는지 파악합니다. 가장 최근의 연례 보고서에서 기업 고정 자산의 손상 검사에 사용된 공개된 원자재 가격 곡선과 절대 가격 가정을 수집하며, 전략적 계획에 사용되는 경영진의 내부 원자재 가격 가정을 이것으로 대체하여 사용합니다. 유가는 비교를 위해 2020 년 실질 미국 달러

브렌트유로 변환되었습니다. 더 공격적인 원자재 가격 가정(예: 장기간의 높은 미래 유가와 가스 가격 예측)을 가진 기업은 탄소 배출이 제한된 세계에서 좌초될 위험이 있는 프로젝트를 제재할 가능성이 더 큽니다.

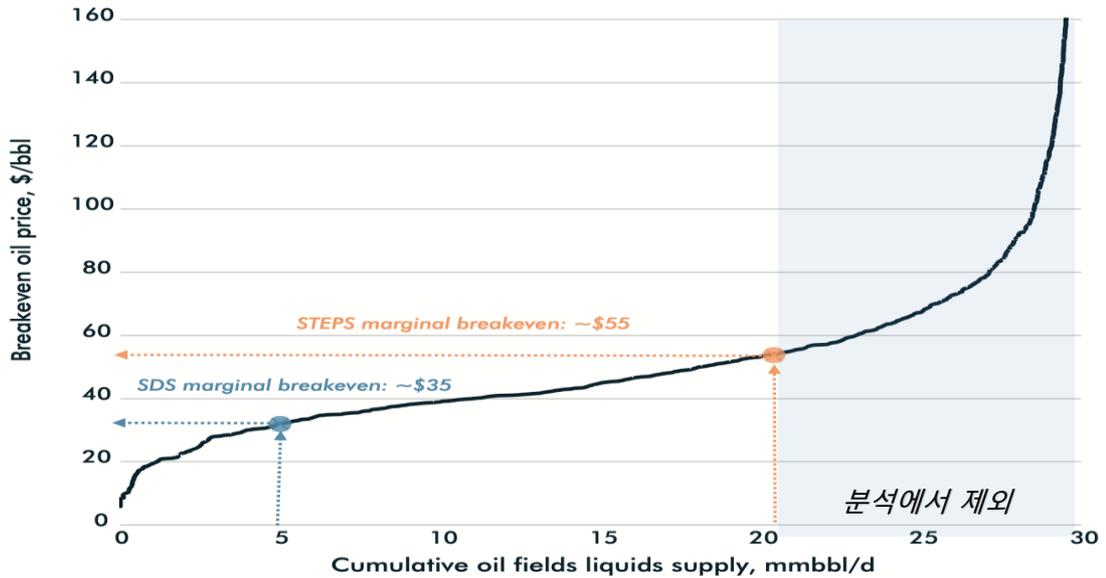
네 번째 평가는 IEA의 2050년까지 탄소중립 배출 시나리오, 즉 2021년 이후 새로운 석유 & 가스 프로젝트가 승인되지 않는 세계에서 기업의 생산 및 운영 노출을 분석합니다. 따라서 Rystad Energy의 예측 생산 감소율을 기반으로 현재 승인된 프로젝트의 2030년대 평균 석유 및 가스 생산량을 2021년 석유 및 가스 생산량과 비교합니다. 파리 기후 협정의 목표와 포부를 충족하기 위해 변화하는 세계에서 기업의 현재 석유 & 가스 생산 감소량이 클수록 수익과 현금흐름 창출을 대체해야 하는 기업의 전략적 과제는 더 커집니다.

Carbon Tracker의 석유 & 가스 프로젝트 자본지출(CAPEX) 분석

중심 측정법 = STEPS의 BAU 시나리오 내에서 미승인된 총 CAPEX의 %로써, B2DS의 수요 제약과 일치하지 않는 미승인된 CAPEX입니다.

- 경제 모델을 사용하여 IEA의 다양한 탄소 제약 시나리오에서 (Rystad Energy의) 석유 및 가스의 잠재적인 공급을 수요 경로와 연결합니다.
- 승인된 석유 및 가스 프로젝트의 미래 생산량과 주어진 시나리오의 수요 간 격차로 인해 해당 시나리오에 맞는 미승인 프로젝트가 추가로 생산됩니다.
- Rystad Energy의 개별 프로젝트 경제성 추정치를 사용하여 이러한 잠재적인 새로운 공급 옵션을 손익분기점에 따라 주문하고 각 프로젝트가 상대적인 경제적 경쟁력을 기반으로 주어진 시나리오 내부 또는 외부에 속하는지 여부를 결정합니다.
- 주어진 시나리오에 맞는 프로젝트와 관련된 CAPEX는 기업별로 집계할 수 있으며 BAU 시나리오에서 잠재적인 프로젝트 CAPEX와 비교할 수 있습니다. 이는 주어진 시나리오에 "적합"하거나 해당 시나리오를 벗어나는 BAU CAPEX의 %로 표현될 수 있습니다.
- 주어진 시나리오를 벗어나는 프로젝트와 관련된 BAU CAPEX의 % 비율이 더 높은 기업은 다른 기업보다 전환 위험에 상대적으로 더 많이 노출되며, 개발될 경우 잠재적으로 좌초될 위험이 있는 자산의 비율이 더 높습니다.

아래는 Rystad Energy 의 기본 케이스 공급 곡선을 사용하여 미인가 유전의 누적 잠재적 석유 공급(2021~2040)이 있는 예시적인 비용 곡선으로, SDS 및 STEPS 공급 격차를 보여줍니다(B2DS 에서 새로운 유전은 승인되지 않아야 함).



Source: Rystad Energy, IEA, Carbon Tracker analysis.

Notes: Breakeven prices assume a 15% IRR. See Footnote 14 and methodology appendix for details on the use of different supply price cases.

자료 출처: [생존을 위한 적응: 석유 회사가 탄소중립을 계획하고 좌초 자산을 피해야 하는 이유](#)(CTI, 2021)

IEA 의 STEPS 와 일치하지 않는 프로젝트는 제외됩니다. 최근 몇 년간의 유가 변동성 이후 석유 & 가스 회사는 성장보다 가치에 다시 초점을 맞추었으며 일부 프로젝트는 이제 이전보다 가능성이 적어 보입니다. 따라서 IEA 의 중심 시나리오인 STEPS 를 참조하여 고비용 프로젝트를 제외했습니다. 이 시나리오는 이미 제정되거나 발표된 것 외에는 추가 기후 정책 개발이 없다고 가정하며, 50% 확률로 2.7°C 의 지구 기온 상승과 일치합니다.

이 시나리오에서 요구하는 수준 이상의 고비용 프로젝트는 진행되지 않는 것으로 간주하여 이 분석에서 제외했습니다. 사실상 이 접근 방식은 기업이 이미 STEPS 시나리오와 연계되어 있고 SDS 및 B2DS 수요 수준까지의 "놀라움" 또는 "오독" 차이에 초점을 맞추고 있다고 가정합니다. 이것은 기업이 (반드시 의식적으로는 아니지만) STEPS 수요를 제공하기 위해 집단적으로 투자하지만 더 낮은 수준의 수요에 따라잡힐 경우 위험에 처한 자본을 보여줍니다.

유가 또는 가스 가격의 암묵적인 절대 수준보다는 상대적인 프로젝트 포지셔닝에 중점을 둡니다. 기후 제약 시나리오 분석의 경우 프로젝트의 상대적 위치(및 기업 간의 상대적 차이)가 한계 유가 또는 가스 가격의 절대 수준보다 더 중요하다는 점을 강조합니다. 최근 몇 년 동안 보았듯이 공급

곡선은 위아래로 움직일 수 있으며 이는 한계 가격에 영향을 주지만 반드시 프로젝트 간 상대적으로 높은 비용 또는 낮은 비용의 순서는 아닙니다.

유사하게, 기업은 그들의 프로젝트가 우리 데이터의 추정치보다 비용이 더 낮다고 주장할 수 있지만 핵심은 해당 프로젝트의 절대 비용 수준이 아니라 경쟁 대상과 비교했을 때의 위치입니다(비교를 위해 "사과 대 사과"를 기준으로 비용 추정치를 가정하더라도). 모든 기업이 승자가 될 수 있는 것은 아닙니다. 제 3 자의 글로벌 데이터베이스를 사용하여 유사한 기준으로 프로젝트를 비교할 수 있으므로 상대적인 기업 전환 위험을 도출할 수 있습니다.

시장 세분화. 석유는 합리적으로 세계 시장이라고 가정합니다. 천연가스 수요 시장은 주로 LNG 용량이 더 제한된 파이프라인을 통해 운송이 이루어지기 때문에 고도로 지역화되어 있습니다. 대신 5 개 시장(유럽, 북미, 러시아, 호주 및 기타 국가) 내에서 별도로 수요와 공급을 일치시킵니다. LNG 시장은 글로벌한 것으로 가정합니다. 이 프로젝트의 경우 공급을 IEA 의 LNG 무역 수요 수치와 일치시킵니다.

공급 곡선 데이터. 좌초 자산 분석은 전 세계적으로 3,000 개 이상의 회사가 소유한 85,000 개 이상의 석유 & 가스 자산을 포함하는 Rystad Energy Group 의 UCube 데이터베이스⁵에서 기본 자산 및 프로젝트 수준 데이터가 포함된 글로벌 공급 비용 곡선을 기반으로 합니다. S&P Global Energy Index(하위 카테고리 - 통합 및 탐사 & 생산)에 포함된 가장 큰 상장 석유 & 가스 기업 약 60~70 개와 일부 다른 기업(예: Saudi Aramco)에 대한 결과를 발표합니다. 최신 분석은 5 번째 연례 기사 - ['생존을 위한 적응: 석유 회사가 탄소중립을 계획하고 좌초 자산을 피해야 하는 이유'](#), Carbon Tracker(2021)에서 확인할 수 있습니다.

15% 기준 수익률. 각 기업의 결과는 각 생산 비용 수준에서 잠재적 생산(비상업 자산 포함)의 양을 보여주는 전체 시장 공급 곡선으로부터 유도됩니다. 여기서 사용하는 비용 측정은 손익분기 가격입니다. 주어진 할인율 15%에서 NPV = 0 을 산출하기 위해 개별 프로젝트의 미래 현금흐름에 필요한 석유 또는 가스 가격입니다. 또한 이 비용은 각 프로젝트에 15%의 내부 수익률(IRR)을 제공하는 석유 또는 가스 가격으로 볼 수도 있습니다. 이는 비용 초과 및 지연과 같은 위험과 투자자에게 최소한의 수익률을 제공할 필요성을 고려하여 제재를 정당화하는 데 필요한 최소 수익률의 근사치입니다.

Carbon Tracker 의 방법론에 대한 자세한 내용은 www.carbontracker.org 및 가장 최근의 석유 & 가스 설비 투자 및 기후 - ['생존을 위한 적응'](#), Carbon Tracker(2021)를 참조하십시오.

⁵ 더 자세한 정보: <https://www.rystadenergy.com/energy-themes/oil--gas/upstream/u-cube/>

전력 & 유틸리티의 화석 연료 동력 발전 폐쇄

Carbon Tracker의 4가지 평가는 투자자들이 33개의 CA100+ 유틸리티 포커스 기업의 석탄 및 가스 화력 발전 자산에 대해 발표된 폐쇄 일정이 파리 기후 협정의 목표와 포부를 달성하는 데 필요한 탄소 배출 제한 사항과 연계되는지 여부를 평가하는 데 도움이 됩니다.

이러한 평가는 각 석탄 및 가스 보일러가 경제적으로 효율적인 방식으로 폐쇄될 수 있는 연도를 파악하는 파리 연계 자산 수준의 단계적 폐지 일정에 대한 Carbon Tracker의 독점 사내 모델링을 기반으로 합니다. 모델링은 고비용 탄소 집약적 프로젝트의 투자자에 대한 위험과 신재생 에너지 비용 변경을 강조하여 새로운 신재생 에너지를 언제 구축해야 기존 석탄 및 가스 발전소를 운영하는 것보다 저렴할지 파악하는 데 도움이 됩니다. 방법론은 아래에 설명되어 있습니다.

파리 기후 협정과 연계되려면 Carbon Tracker는 전력 및 유틸리티 회사에서 다음을 게시하도록 요구합니다.

- 신뢰할 수 있는 기후 시나리오와 일치하는 석탄 및 가스 폐쇄 일정 (예: IEA의 2°C 이하 시나리오(B2DS)) 그리고
- 각 석탄 및 가스 장치에 할당된 폐쇄 날짜 (연도).

유틸리티 부문의 탄소 배출량은 주로 석탄 및 가스 화력 발전 활동에 의해 주도되며, 그 중 석탄이 가장 중요하고 부문 총 탄소 배출량의 약 80%, 가스를 포함할 경우 90% 이상을 차지합니다. 따라서 기후 목표를 달성하려면 두 발전 범주 모두 단계적으로 폐쇄되어야 합니다.

다음과 같은 이유로 석탄 및 가스 화력 발전의 폐쇄 일정은 기업이 파리협약의 지구 온도 목표를 모두 충족하는지 확인하는 데 필수적입니다.

- (i) 기후 변화는 배출 집약도가 아니라 절대 배출량에 관한 것입니다,
- (ii) 장기 폐쇄 일정은 시장 외 지분을 최소화할 가능성이 큼,
- (iii) 화석 용량을 폐쇄하지 않고 청정 발전 용량을 늘리는 것은 미래에 부정적인 투자 신호를 줄 수 있습니다,
- (iv) 폐쇄 날짜를 공개적으로 발표하면 취소될 가능성이 적습니다.

우리의 분석에서는 탄소 포집 및 저장(CCS) 기술을 석탄 및 가스 용량의 수명을 연장하는 데 사용할 수 없을 것이라고 가정합니다. 비용이 엄청나게 비싸고 탄소 배출에 대한 가격 없이 세금 보조금을 기반으로만 실행 가능하기 때문입니다.

따라서, 탄소배출 저감 장치가 미비한(즉, CCS 가 없는) 석탄 및 가스 화력 발전을 분석합니다. IEA의 2°C 이하 시나리오(B2DS)에 따라 탄소배출 저감 장치가 미비한 석탄 발전은 2040년까지 전 세계적으로(~99%) 단계적 폐쇄되고 탄소배출 저감 장치가 미비한 가스 발전은 2050년까지 전 세계적으로(~94%) 단계적 폐쇄될 예정입니다. 그러나 지역마다 석탄 및 가스 발전에 대한 단계적 폐쇄 날짜와 궤적이 다르며 이는 우리의 모델링에서 설명됩니다.

석탄 및 가스 화력 발전의 폐쇄 평가

CA100+ 탄소중립 기업 벤치마크의 경우, 석탄 및 가스 화력 발전 용량의 폐쇄 일정과 파리 기후 협정의 목표와 포부 달성에 필요한 수요 제약과의 연계를 평가하기 위해 두 가지 평가 세트(총 4개)를 개발했습니다.

연계 평가 – 석탄 및 가스 화력 발전	파리 기후 협정 목표와 연계되지 않는 측정항목 및 수준
<p>석탄 발전의 단계적 폐쇄: 회사가 IEA의 2°C 이하 시나리오에 대한 Carbon Tracker 이니셔티브의 해석과 일치하는 2040년까지 석탄 장치의 완전한 단계적 폐쇄를 발표했는가?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CTI의 파리 연계 경로 해석과 일치하는 석탄 화력 발전소들의 완전한 폐쇄 ▪ CTI의 파리 연계 경로 해석과 아직 일치하지 않는 석탄 화력 발전소들의 완전한 폐쇄 ▪ 일부 폐쇄 ▪ 폐쇄에 대한 데이터를 발표하지 않음 / 불충분함
<p>가스 발전의 단계적 폐쇄: 회사가 IEA의 2°C 이하 시나리오에 대한 Carbon Tracker 이니셔티브의 해석과 일치하는 2050년까지 가스 장치의 완전한 단계적 폐쇄를 발표했는가?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CTI의 파리 연계 경로 해석과 일치하는 가스 화력 발전소들의 완전한 폐쇄 ▪ CTI의 파리 연계 경로 해석과 아직 일치하지 않는 가스 화력 발전소들의 완전한 폐쇄 ▪ 일부 폐쇄 ▪ 폐쇄에 대한 데이터를 발표하지 않음 / 불충분함
<p>석탄 발전의 단계적 폐쇄 연계: IEA의 2°C 이하 시나리오에 대한 Carbon Tracker 이니셔티브의 해석과 연계되는 회사의 운영 및 계획 석탄 용량 비율. N/A는 석탄 발전소가 파악되지 않았음을 의미한다.</p>	<p>탄소배출 저감 장치가 미비한 석탄 발전 용량의 % 비율(탄소배출 저감 장치가 미비한 석탄 발전 장치의 % 비율)</p> <p>회사의 운영 및 계획 석탄 용량의 0~75%가 파리협약 목표와 일치한다</p>

	<p>회사의 운영 및 계획 석탄 용량의 75~99%가 파리협약 목표와 일치한다</p> <p>회사의 운영 및 계획 석탄 용량의 100%가 파리협약 목표와 일치하거나 회사가 이미 모든 석탄 용량을 단계적으로 폐기 중이다</p>
<p>가스 발전의 단계적 폐쇄 연계: IEA의 2°C 이하 시나리오에 대한 Carbon Tracker 이니셔티브의 해석과 연계되는 회사의 운영 및 계획 가스 용량 비율. N/A는 가스 발전소가 파악되지 않았음을 의미한다.</p>	<p>탄소배출 저감 장치가 미비한 가스 발전 용량의 % 비율(탄소배출 저감 장치가 미비한 가스 발전 장치의 % 비율)</p> <p>회사의 운영 및 계획 가스 용량의 0~75%가 파리협약 목표와 일치한다</p> <p>회사의 운영 및 계획 가스 용량의 75~99%가 파리협약 목표와 일치한다</p> <p>회사의 운영 및 계획 가스 용량의 100%가 파리협약 목표와 일치하거나 회사가 이미 모든 가스 용량을 단계적으로 폐쇄 중이다</p>

첫 번째 평가 세트는 파리협약의 목표와 포부가 회사의 발전 전략에 통합되었는지 분석합니다. 이러한 평가는 저탄소 발전 시스템으로의 전환에 대한 회사의 준비 상태를 나타내는 지표로서 회사가 발표한 석탄 및 가스 화력 발전 용량의 폐쇄 일정의 포괄성을 보여줍니다.

기업이 다음을 개발하고 공개했는지 여부를 조사합니다.

- *IEA의 2°C 이하 시나리오(B2DS)에 요약된 수요 제약과 일치하도록 할당된 폐쇄 연도와 함께 모든 석탄/가스 화력 발전 용량에 대한 완전한 단계적 폐쇄 일정,*
- *폐쇄 연도와 일치하지 않는 전체 폐쇄 일정,*
- *일부 폐쇄 일정만, 또는*
- *평가할 정보가 없거나 충분하지 않음.*

두 번째 평가 세트는 Carbon Tracker의 모델링을 기반으로 하며 파리 기후 협정의 목표 및 포부와 일치하는 기업의 현재 및 계획된 석탄 또는 가스 화력 발전 용량 폐쇄 비율을 보여줍니다. 메가와트(MW) 단위의 용량과 발전 장치 수량 모두를 계산합니다. *일관된 석탄 또는 가스 발전 폐쇄 일정의 비중이 작을수록 기업의 전환 위험이 커집니다.*

Carbon Tracker 의 화석 연료 발전 폐쇄 분석

분석은 상품 가격(연료, 전력 및 탄소), 변동 및 고정 운영 및 유지보수 비용(O&M) 및 정책 결과(시장 외 수익 및 제어 기술 비용)에 대해 합리적인 가정을 사용하는 Carbon Tracker 의 기술 경제적 자산 수준 시뮬레이션 석탄 및 가스 모델을 기반으로 합니다.

- 글로벌 석탄 발전 경제 모델(GCPEM). GCPEM 은 전 세계 운영, 건설 중 및 계획된 석탄 화력 발전 용량의 95%까지 포함하는 독점 기술 경제 시뮬레이션 모델입니다⁶.
- 글로벌 가스 전력 경제 모델(GGPEM). GGPEM 은 EU, 영국 및 미국에서 글로벌 운영, 건설 중 및 계획된 가스 화력 발전 용량의 40%까지 포함하는 독점 기술 경제 시뮬레이션 모델입니다.⁷ 2022 년 2 분기에 여러 아시아 국가에 대한 가스 모델링을 추가할 예정입니다.

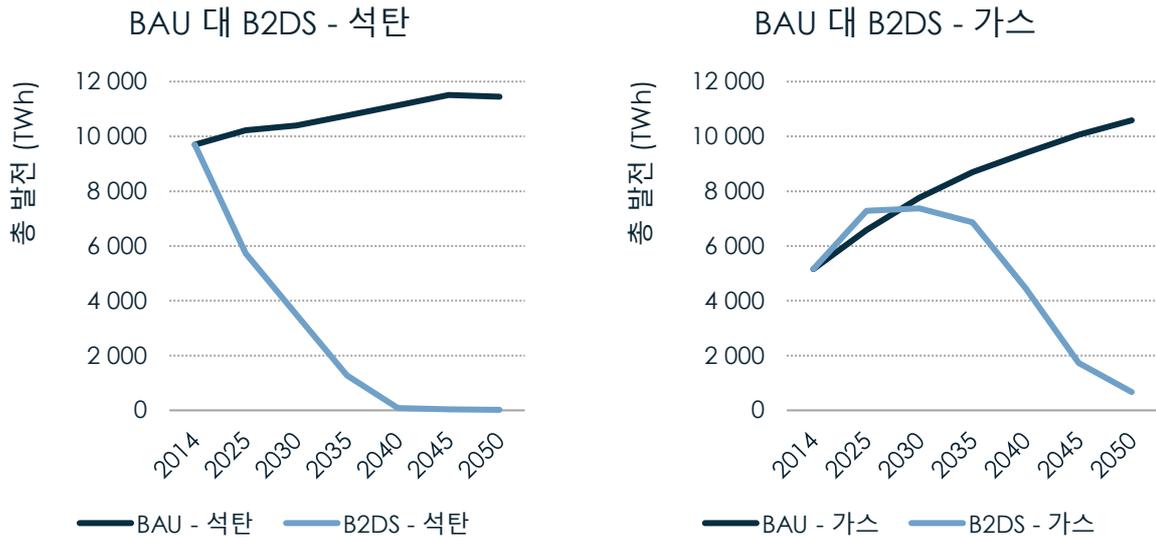
B2DS 모델링은 석탄 또는 가스 장치를 폐쇄해야 하는 연도와 장치를 계속 사용하는 것과 관련된 좌초 자산 위험의 양을 파악합니다. 기본 자산 수준 재고 데이터는 GEM (Global Energy Monitor)의 GCPT (Global Coal Plant Tracker) 및 WEPP (Platts World Electric Power Plants)의 데이터베이스를 기반으로 합니다⁸.

⁶ 석탄 모델, 방법론 및 가정의 심층적 논의: https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2021/06/Coal-Methodology-2021_June21.pdf

⁷ 가스 모델, 방법론 및 가정의 심층적 논의: <https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2021/10/Gas-Methodology-2021.pdf>

⁸ GPCT 및 WEPP 에 대한 추가 정보: <https://endcoal.org/global-coal-plant-tracker/> 및 <https://www.spglobal.com/platts/en/products-services/electric-power/world-electric-power-plants-database> 각각 참조.

전력 & 유틸리티 - 석탄 및 가스의 B2DS 경로 대 BAU 경로



자료 출처: IEA 시나리오 데이터, Carbon Tracker 분석

좌초 자산은 BAU 시나리오에서 운영 현금흐름의 NPV와 파리협약의 글로벌 온도 목표와 일치하는 시나리오(예: IEA의 B2DS) 간의 차이로 정의합니다.

- 먼저, B2DS에서 발전 요구 사항을 충족하는 데 필요한 용량을 파악합니다. B2DS에 따르면 탄소 포집 및 저장(CCS)이 없는 석탄 발전은 2040년까지 전 세계적으로 단계적으로 폐지되고(~99%), 가스 발전은 2050년까지 거의 완전히 단계적으로 폐지됩니다(~94%).
- 둘째, 석탄 및 가스 화력 발전 장치의 순위를 지정하여 공급 보안 유지를 담당하는 권한, 지역 또는 그리드를 기반으로 폐쇄 일정을 개발합니다. 폐쇄할 발전 장치는 LRMC(장기 한계 비용) 또는 운영 현금흐름을 기반으로 순위가 매겨집니다.
 - **석탄:** LRMC가 가장 높거나 운영 현금흐름이 가장 낮은 석탄 장치는 총 자산 수준 발전이 B2DS에 설정된 한도에 도달할 때까지 단계적으로 폐지됩니다.
 - **가스:** 피크 부하 전력 수요 및 기타 그리드 밸런싱 서비스를 충족하기 위해 탄력적인 가스 터빈 발전이 필요하다는 점을 인지하고, 또한 장치는 피크 발전소(피커)가 될 가능성을 결정하기 위해 터빈 기술, 용량 계수 및 운영 비용에 따라 순위가 매겨집니다.
- 셋째, 좌초 자산 위험을 이해하기 위해 B2DS 및 BAU 결과에서 모든 운영 및 건설 중인 장치의 현금흐름을 계산합니다.

- **석탄:** B2DS 에 따른 좌초 자산 위험은 BAU 시나리오(회사 보고서에 발표된 폐쇄를 포함하거나 최소 40 년의 수명을 가정함)에서 영업현금흐름 NPV 와 B2DS 에서 영업현금흐름 NPV 간의 차이로 정의됩니다.
- **가스:** 좌초 자산 위험은 BAU 시나리오(회사 보고서에 발표된 폐쇄를 포함하거나 증기 터빈의 경우 50 년, 기타 기술의 경우 30 년 또는 25 년 중 더 낮은 날짜로 가정)에서 영업현금흐름 NPV 와 B2DS 에서 영업현금흐름 NPV 간의 차이로 정의됩니다.

탄소 가격. 시행 또는 승인되었으며 향후 시행될 탄소 가격만 포함합니다. 엄격한 오염물질 배출 제한이 존재하는 지역에서, 규정을 준수하지 않는 공장 전반에 걸쳐 오염 제어 기술의 설치와 관련 자본 및 운영 비용을 가정합니다.

균등화 발전 비용(그러나 계통 분석은 하지 않음). 명확성을 위해 우리의 모델링은 균등화 발전 비용(LCOE: Levelized Cost of Energy)을 기반으로 발전 기술을 비교합니다. 시간이 지남에 따라 각 자산을 제거하고 잠재적으로 교체할 때의 영향에 대해 상세한 그리드별 분석이 필요한 계통 분석을 수행하지 않았습니다. 발전 경제학을 이해하기 위해 LCOE 분석을 사용하는 것의 한계는 잘 문서화되어 있지만, 이는 석탄 발전에 대한 새로운 투자가 더 이상 경제적이지 않은 경우와 투자자와 정책 입안자가 석탄 또는 가스 발전의 단계적 폐지를 계획하고 시행해야 하는 경우에 대해 간단한 대안을 제공합니다. 또한 많은 기업이 통합된 자원 계획을 포함하여 그러한 분석을 자체적으로 수행하므로 시스템 관점에서 가능한 것에 대해 기업의 견해를 묻는 것이 유용할 수 있다는 점에 주목합니다.

전체적으로, 본 연구가 개별 발전소에 대한 더 자세한 세부 사항과 세분성을 제공하고 가장 탄소 집약적인 자산인 석탄과 가스 발전소를 폐쇄함으로써 기업이 전환하는 속도에 대한 큰 그림 평가를 제공하여 저탄소 전환의 경제학에 대한 Carbon Tracker 의 접근 방식을 투자자의 요구에 맞게 조정한다고 봅니다. 이를 통해 기업에 간단한 질문을 던질 수 있습니다. *실제로 배출량 감소 및/또는 탄소중립 목표를 달성하려는 경우 석탄 및 가스 발전소를 단계적으로 폐쇄해야 하는 상황에서 언제까지, 얼마나 줄일 수 있습니까?*

측정항목. Carbon Tracker 는 기업에서 발표한 석탄 및 가스 화력 발전 용량의 폐쇄가 파리협약 연계 목표를 충족하며 신뢰할 수 있는 기후 제약 시나리오의 경로와 일치하는지 추적하고 모니터링하기 위해 다음과 같은 측정항목을 개발했습니다.

- **절대적 불일치(기가 와트(GW))** - B2DS 의 에너지 수요와 연계되지 않은 연간 총 용량(GW)입니다. 이는 BAU 시나리오와 B2DS 에서 회사의 연간 석탄 용량의 차이를 합산하여 계산됩니다. 이 측정항목을 통해 최대 규모의 연계되지 않은 발전 용량을

보유하고 좌초 위험이 있는 기업과 이로 인해 정책 변경이 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 기업을 파악할 수 있습니다.

- 상대적 일치(백분율)** - B2DS의 에너지 수요와 연계되는 기업의 미래 발전 용량(폐쇄 및 신규 추가 포함)의 몫. *상대적 연계가 낮을수록 기업의 전환 위험이 커집니다.* 이는 2021년에서 2040년 사이에 B2DS에 맞춰 연계된 석탄의 총 용량을 합산하여(가스의 경우 2021년에서 2050년) BAU 시나리오의 총 용량으로 나눈 값입니다. 회사의 단계적 폐쇄 일정은 다음 중 하나일 수 있습니다. *100% = 완전한 연계, 100% 미만 = B2DS 일정에 뒤처짐, 100% 초과 = B2DS 일정에 앞섬.* 이 측정항목을 통해 매우 다른 규모의 유틸리티를 비교할 수 있습니다.
- B2DS에 연계된 폐쇄가 발표된 분석 장치의 비율(전체 장치에서의 백분율)** - 기업에서 해당 발전 장치의 폐쇄 연도를 발표한 경우 폐쇄 일정이 파리 기후 협정의 목표와 연계되는 기업 장치의 몫을 보여줍니다.

Carbon Tracker의 방법론에 대한 추가 논의는 가장 최근에 발행된 석탄 보고서 "[Do Not Revive Coal: Planned Asia coal plants a danger to Paris](#)" 및 가장 최근의 가스 보고서 "[Put Gas on Standby](#)"를 참고하십시오. 둘 다 Carbon Tracker (2021)에 의해 작성되었습니다.

다음 Carbon Tracker 보고서에서 자세한 내용을 참조하십시오.

석유 & 가스

- [2 Degrees of Separation, Transition risk for oil and gas in a low carbon world, 2017](#)
- [2 Degrees of Separation, Company-level transition risks, 2018](#)
- [Breaking the Habit, 2019](#)
- [Fault Lines, 2020](#)
- [Adapt to Survive, 2021](#)

전력 & 유틸리티

- [Powering down coal: Navigating the economic and financial risks in the last years of coal power, 2018,](#)
- [Making it Mainstream, 2019](#)
- [Powering down Coal: The economic case for a global coal phase-out is stronger than ever, 2019](#)
- [How to waste over half a trillion dollars: The economic implications of deflationary renewable energy for coal power investments, 2020](#)
- [Do Not Revive Coal: Planned Asia coal plants a danger to Paris, 2021](#)
- [Put Gas on Standby, 2021](#)

(본 문서의 한국어 번역본은 참고를 위한 것입니다. 정확성 분별을 위해서는 영문 원본이 우선될 것입니다.)