2021 ISSUE REPORT

이슈보고서

산업경제팀

VOL.2021-이슈 (2021.09.29.)

글로벌 석유·가스 산업의 에너지 전환 대응 전략



CONTENTS

<요약>

Ⅰ. 에너지 전환 트렌드

Ⅱ. 석유·가스 기업의 에너지 전환 전략

1. 탄소저감 목표 강화

2. 대응 전략

Ⅲ. 결론 및 시사점

<참고 1> 수소 생산의 현황 및 전망

<참고 2> CCUS 기술 개요

작성

선임연구원 성동원 (6252-3611)

※본 보고서의 내용은 담당 연구원의 주관적 견해로, 한국수출입은행의 공식입장과는 무관합니다.

한국수출입은행 | 해외경제연구소

<요 약>

기후변화 위기로 에너지 전환, 탈탄소화 움직임이 범세계적으로 본격화됨에 따라 석유·가스 메이저 기업도 탄소저감 목표를 더욱 강화하고 적극적인 대응 전략 추진

- **(석유·가스 업스트림 자산 매각)** Shell, Total 등 9대 메이저 석유기업은 2015~2020년간 1,980억 달러 상당의 자산을 매각하였는데 업스트림 자산이 매각자산의 50% 이상으로 우선적인 투자철수 대상이며, 뒤를 이어 미드스트림, 다운스트림, 천연가스 관련 자산 순
  - 다만 동기간 메이저 기업의 총 투자비 지출 7,130억 달러 중 저탄소 또는 클린 에너지 기술에 투자한 금액은 450억 달러(6%)에 불과하여 석유자산 매각이 탈탄소 및 에너지 전환을 위한 투자로 이어지지는 않음
  - 메이저 기업의 석유자산 매각은 저유가 환경에서 보다 유연하고 경쟁력 있는 생산자가 되기 위한 전략에 따른 것이었으나 향후에는 에너지 전환이 메이저 기업의 자산매각 결정에 가장 큰 동인이 될 것으로 예상
- **(에너지 전환 부문으로의 사업 다각화)** 석유·가스 산업의 저탄소 부문에 대한 투자 확대
  - 세계 최대의 석유·가스 생산 및 정유업체 34개사의 총투자비 중 저탄소 투자 비중은 2015년 1.1%에서 2019년 4.1%로 증가, 2020년은 팬데믹에도 불구하고 전년대비 소폭 증가한 4.3%
  - 유럽계 기업을 중심으로 풍력, 태양광 등 특정 저탄소 부문을 중심으로 투자를 확대하고 있으나 산업 전반적으로는 아직 저탄소 부문 투자가 미흡한 수준
  - Net-zero 목표 달성을 위해 메이저 기업은 향후 10년간 재생에너지 투자를 대폭 확대하여 2030년경 이후 재생에너지 부문의 양의 현금흐름이 급증할 전망
- **(에너지 전환 부문의 유망기술 투자)** 미래 탄소중립에 기여할 친환경 에너지원으로 부상한 수소, 탄소배출을 낮추는 CCUS(탄소 포집, 활용 및 저장) 기술에 대한 투자 적극 검토
  - 현재 석유·가스 산업에서 에너지 전환을 위한 투자 중 수소 부문에 대한 투자 비중은 극히 낮지만, 미래 에너지원으로서 수소의 생산 및 활용 부문에 대한 투자 확대 계획
  - CCUS 기술은 석유·가스 산업의 저탄소화뿐 아니라 향후 세계 온실가스 감축에 크게 기여할 핵심기술로 2030년까지 미국을 중심으로 시장규모가 대폭 확대될 전망이며, 메이저 석유기업이 개발자 역할을 하며 CCUS 산업을 주도할 것으로 예상

미래의 국가·산업 경쟁력은 저탄소 부문의 경쟁력이 좌우할 전망으로 국내 유가스 관련 기업들도 적극 대응할 필요

- 당분간은 석유·가스에 대한 의존도가 높게 지속될 전망인바, 석유·가스 등 화석연료의 안정적 확보 방안을 마련하는 한편, 에너지 효율 개선 등을 통해 절대 배출량 저감 노력
- 장기적으로는 저탄소 산업구조로의 전환에 필요한 재생에너지 부문 투자 지속 확대, 수소, CCUS 등 저탄소 핵심기술 확보를 위한 산학연 협력 강화, 정부 지원 확대 필요

Ⅰ. 에너지 전환 트렌드

코로나19 확산을 계기로 기후변화 위기와 같이 중대한 리스크에 대한 대응 필요성이 더욱 강조

- 코로나19로 인해 기업의 지속가능성과 사회적 책임 등에 대한 중요성이 더욱 강조되며 ESG(Environment, Social, Governance) 체계로 재정의되었고, 특히 중대한 리스크인 기후변화 리스크 대응의 필요성 확대

- 기후변화에 따른 이상고온, 홍수, 태풍 등의 물리적 현상과 함께 점차 강화되는 환경규제, 이해관계자들의 기후변화에 대응한 기업의 적극적 행동 요구 등 기업의 부담 가중
- 한편 코로나19 확산으로 중국, 인도 등 산업지역의 제조설비들을 셧다운하고 오랜만에 맑은 하늘과 공기를 회복하며 경제·산업 활동의 결과인 환경오염의 심각성 재인식

세계경제포럼 10대 글로벌 리스크

순위	발생 가능성		영향의 심각성	
	2020	2015	2020	2015
1	극심한 기상이변	인접국가간 갈등	기후변화 대응 실패	물위기
2	기후변화 대응 실패	극심한 기상이변	대량살상무기	전염병 확산
3	자연재해	국가 거버넌스의 실패	생태 다양성 소실	대량살상무기
4	생태 다양성 소실	국가붕괴/위기	극심한 기상이변	인접국가간 갈등
5	인공자연재해	실업/불완전 고용	물위기	기후변화 대응 실패
6	데이터 범죄	자연재해	정보 인프라 고장	에너지 가격 충격
7	사이버 공격	기후변화 대응 실패	자연재해	중요 정보 인프라 고장
8	물위기	물위기	사이버 공격	재정위기
9	글로벌 거버넌스의 실패	글로벌 거버넌스의 실패	인공자연재해	실업/불완전 고용
10	자산버블	자산버블	전염병 확산	생태 다양성 소실/생태계 파괴

자료: 세계경제포럼(2020), 미래에셋대우 리서치센터 재인용

기후변화 위기에 대응하여 에너지 전환, 탈탄소화 움직임이 범세계적으로 본격화

- 유럽 등 선진국을 중심으로 친환경에너지 정책들을 이미 추진 중이었으나 더욱 광범위한 지역에서 가속화되는 추세

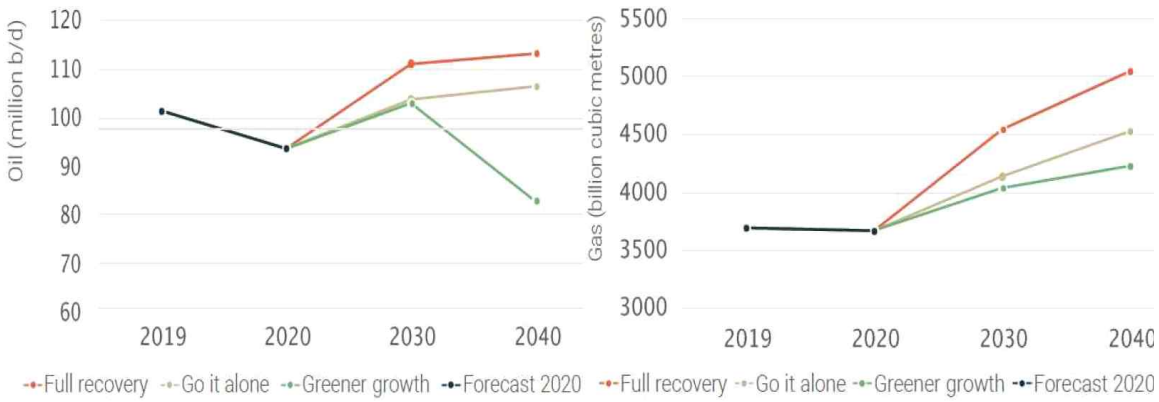
- 2050년까지 net-zero 달성 등 세계 각국의 탄소저감 목표로 산업구조의 급격한 변화가 예상되며, 주요국들은 코로나19로 악화된 경제회복 방안으로서 친환경에너지 정책인 '그린뉴딜' 정책을 앞다퉈 발표
- 그린뉴딜 정책에는 탈석탄 정책, 수송부문의 내연기관 자동차 생산 금지 또는 자동차 연비개선 규제 강화, 전기자동차 보급확대 정책 등이 대표적
- 기업차원에서도 기후변화 리스크가 기업의 장기 수익에 악영향을 미칠 수 있다는 우려가 확산되며 기업의 지속가능성을 위한 대응 움직임이 빠르게 확산 중

석유·가스 산업은 에너지 전환의 영향을 직접적으로 받게 되는 대표적인 산업으로서 기후변화 리스크에 보다 적극적으로 대응할 필요

- 석유·가스 산업은 자원의 생산 및 소비과정에서 이산화탄소 등 온실가스를 다량 배출하는 산업으로서 에너지 전환의 타격을 받게 되는 대표적인 산업 중 하나

- 가스는 상대적으로 탄소배출이 낮은 화석연료로서 장기적으로 수요증가세가 지속될 전망이나 석유는 에너지 전환이 가속화되면 장기적으로 수요가 감소할 전망

석유(좌) 및 가스(우)의 시나리오별 장기수요 전망



주) Full recovery: 코로나19 이전으로 완전 회복, Go it alone: 불황 장기화, 고립주의 강화, Greener growth: 그린에너지 성장
자료: WoodMackenzie(2020), 한국석유공사 재인용

- 코로나19 이후 석유시장의 급격한 침체, 전세계적인 에너지 전환 움직임 확산 등으로 석유기업들의 위기의식이 더욱 고조

- 파이낸셜타임즈는 각국 정부가 지구 온도 상승을 산업화 이전 대비 1.5℃ 이하로 제한하기 위해 노력하면 9,000억 달러 규모의 석유·가스 개발 활동이 불필요해질 것으로 보도

- 급격한 에너지 전환 움직임은 석유산업에 직접적인 영향을 끼치겠지만 파급력의 정도와 방향에 대해서는 여전히 불확실성이 존재

- BP, Shell, Chevron, Repsol 등 주요 석유·가스 기업들은 자사가 보유한 석유·가스 매장량 및 정제설비 자산 등이 경제성을 상실할 수 있고, 막대한 매장량이 개발되지 않을 수 있음을 공식적으로 인정하며, 사업 전망 수정과 자산규모 하향조정이 불가피함을 밝힘

- 특히 BP는 석유시대의 종말을 선언하며, 코로나19 팬데믹 상황이 종식되더라도 재택근무 확대, 홈코노미 확산과 같은 라이프스타일의 변화, 에너지 전환 움직임 등으로 인해 코로나19 이전의 석유소비 수준으로의 회복은 없을 것으로 주장

☞ **본 보고서에서는 최근 글로벌 석유·가스 기업들의 에너지 전환 대응 전략에 대해 살펴보고 시사점을 도출하고자 함**

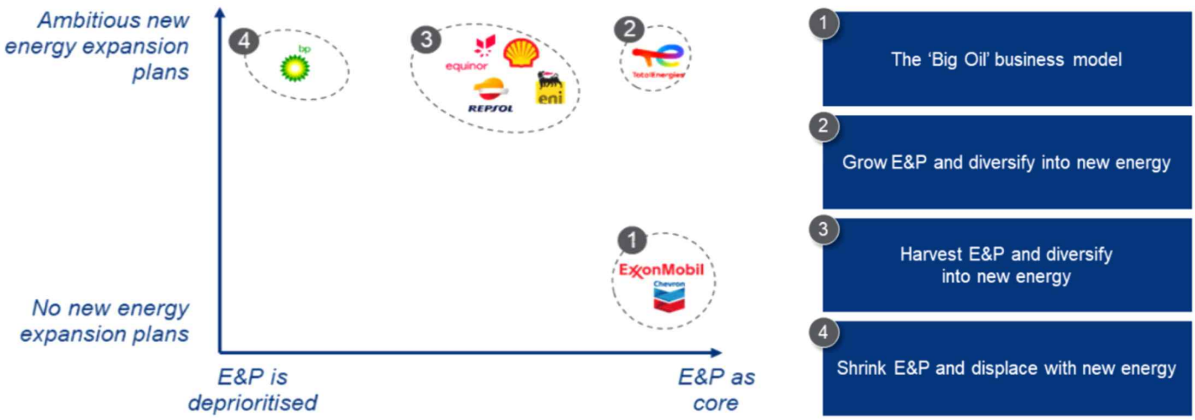
Ⅱ. 석유·가스 기업의 에너지 전환 전략

1. 탄소저감 목표 강화

메이저 석유기업들은 최근 에너지 전환 및 기후관련 리스크 대응을 위해 탄소저감 목표를 이전보다 강화

- 세계 에너지 부문 온실가스 배출량의 15%는 석유·가스의 생산 및 소비자까지의 전달 과정에서 발생(IEA)
- 유럽계 메이저 기업은 매우 적극적으로 탄소배출 감축 목표를 설정하고, 석유·가스 업스트림 부문에서 벗어나 에너지 전환을 위한 새로운 에너지 부문으로 사업영역 확장
  - 2050년까지 net-zero 달성이라는 장기목표를 수립하고 이전보다 강화된 탄소저감 목표 제시
  - Shell, BP, Repsol 등은 자사가 생산하는 에너지 및 석유제품의 '순 탄소발자국' 또는 '생애주기 배출량'을 절대적인 기준 또는 강도 기준으로 감축하겠다는 명시적인 목표를 가장 먼저 채택
  - BP는 유럽계 메이저 중에서도 가장 적극적으로 재생에너지로 전환하는 전략을 취하고 있으며, Total은 석유·가스 부문과 재생 에너지 부문 모두를 성장시키겠다는 전략
- ExxonMobil, Chevron 등 미국계 메이저 기업은 석유·가스 중심의 사업을 계속 영위할 예정이며, 블루 수소[1]를 제외하고 에너지 전환을 위한 재생에너지에 크게 관심이 없는 편
  - 다만 최근에는 투자자 등 이해관계자의 에너지 전환 요구 등에 부응하여 유럽계 기업보다는 속도가 느리고 강도가 약하지만 탄소저감 전략을 수용하기 시작

메이저 기업의 에너지 전환 전략 방향



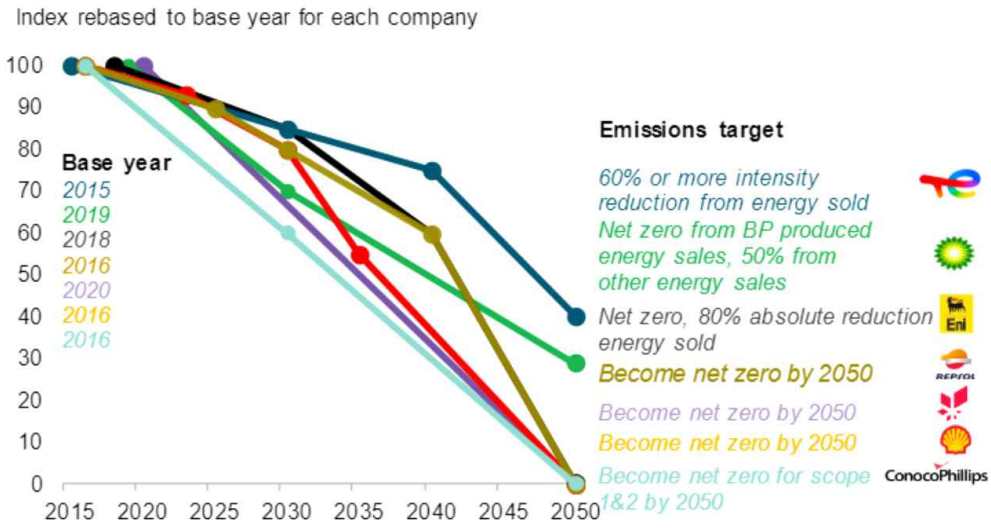
자료: Wood Mackenzie

1) 천연가스, 바이오가스 등의 개질(reforming)을 통해 수소를 추출하고, 이때 발생한 이산화탄소는 CCUS(탄소 포집, 활용 및 저장) 설비로 처리하는 과정을 통해 생산하는 수소

- 9대 메이저 기업[2] 중 ExxonMobil, Chevron을 제외한 7개 기업이 탄소배출 영역[3]에 걸쳐 'net-zero' 목표 설정

- Total은 2050년까지 전세계 Scope 1, 2와 유럽의 Scope 1~3에서 net-zero를 달성하고, 2050년까지 탄소집약도를 60% 이상 감소하는 한편 2025년까지 35GW의 재생에너지 생산능력을 목표로 하는 등 현재까지 가장 높은 수준의 재생에너지 생산용량 목표를 설정한 기업
- BP는 2050년 또는 이전까지 운영사업 전반 및 석유·가스 생산에서 배출량 net-zero를 달성하고, 2050년까지 모든 BP 판매제품의 탄소집약도를 50% 감소하는 한편, 저탄소 프로젝트에 대한 투자를 2025년까지 연간 30억~40억 달러, 2030년까지 연간 50억 달러로 늘릴 계획
- Eni는 2050년까지 Scope 1~3의 절대배출량 80% 감소, Repsol, Equinor, Shell 등도 2050년까지 net-zero 달성 목표
- ConocoPhillips는 Scope 1, 2에서 2050년까지 net-zero 달성 목표

메이저 석유기업의 net-zero 목표



주) ExxonMobil, Chevron은 not-zero 목표 설정을 하지 않음
자료: BNEF

2) 유럽계: BP, Shell, Total, ENI, Equinor, Repsol 등 6개사, 미국계 ExxonMobil, Chevron, ConocoPhillips 등 3개사
3) 온실가스 배출원은 영역별로 Scope 1, 2, 3 배출로 구분함. Scope 1은 기업이 직접 소유하거나 운영하는 설비자산에서 발생한 배출, Scope 2는 타 기업으로부터 구매하는 에너지(전기, 열, 증기)의 생산과정 상의 배출, Scope 3는 기타 가치사슬 활동(제품의 최종 사용 등)에 따른 간접배출.

- 장기적으로 net-zero Scope 3에 도달할 비전을 수립한 메이저 기업은 재생에너지 등 저탄소 자산에 상당량을 투자하는 동시에 화석연료 부문의 자산을 감축할 필요

- Equinor*는 이러한 개념을 실행에 옮기는 좋은 본보기가 되는 기업으로서 동사는 2015-20년에 기존 화석연료 부문의 자산매각 규모가 비교적 작음에도 불구하고 저탄소 신규사업 확장을 위해 더 많은 자본을 저탄소 에너지 부문에 투자

  * 2018년 노르웨이 국영석유기업 Statoil이 사명에서 Oil을 빼고, Equity(평등)+Norway(노르웨이)의 합성어 Equinor로 사명을 바꿈

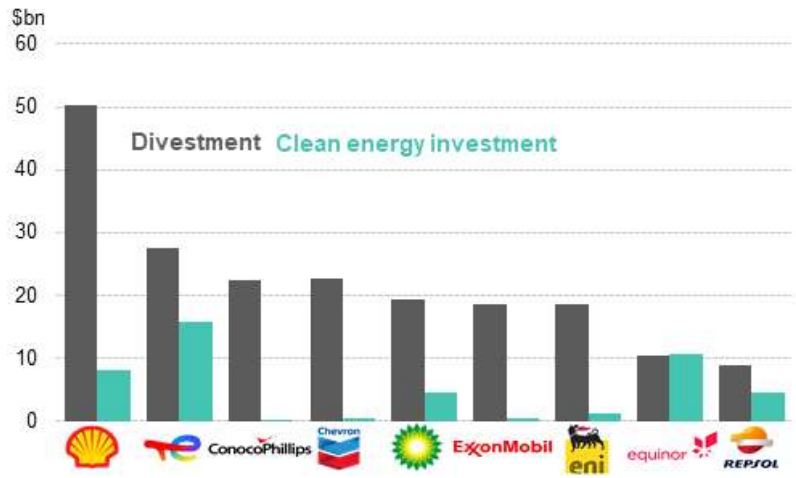
- Equinor 외에 Scope 3 배출 감축 목표를 설정한 유럽계 메이저 기업인 Repsol, Total은 석유자산 매각 규모의 51% 및 57% 수준에 상당하는 규모를 각각 저탄소 부문에 투자

- 한편 Scope 3의 net-zero 목표가 없는 미국계 메이저 기업은 유럽계 기업과는 다른 행보를 나타냄

- ExxonMobil, Chevron, ConocoPhillips는 높은 수준의 자산매각에도 불구하고, 총 7억 5,700만 달러를 클린 에너지 부문에 투자했는데, 이는 이들 기업이 매각한 자산규모의 1%에 그침

- 메이저 기업들의 대응전략은 크게 석유·가스 업스트림 자산매각, 에너지 전환 부문으로의 사업 다각화, 탄소저감 미래 유망기술(수소, CCUS[4]) 투자로 구분

메이저 기업의 석유·가스 자산 매각 vs. 클린 에너지 투자 규모(2015-20)



자료: BNEF

4) CCS(Carbon Capture and Storage,이산화탄소 포집 및 저장)는 발전 및 산업에서 화석연료 사용으로 발생한 대량의 이산화탄소가 대기로 배출되기 전에 분리·압축 후 저장소로 수송하여 땅속 깊은 암반층 또는 퇴적층에 안정하게 영구히 저장하는 기술이며, 포집된 이산화탄소 일부를 활용(재활용)하는 기술인 CCU(Carbon Capture and Utilization)와 함께 총칭하여 CCUS(Carbon Capture Utilization and Storage)라고 함.

2. 대응 전략

(1) 석유·가스 업스트림 자산매각

장기 석유수요 둔화 전망 등으로 메이저 석유기업들의 석유 업스트림 자산매각 활발

- 석유시장의 변동성 확대와 기술의 발전, 연비효율 향상, 엄격해지는 환경정책 등으로 석유수요가 점차 위축되는 등 석유시장의 장기 전망 불확실성으로 글로벌 석유기업들은 업스트림 자산의 수익성 극대화 추구

- 이를 위해 경쟁력 있는 우량 핵심자산에 집중, 잉여현금흐름 창출, 회수기간이 짧은 프로젝트에 투자, 손익분기점을 낮추고, 고비용 비핵심자산에서 철수하는 전략 등을 실시

- 특히 최근 들어 석유산업에 대한 정부 및 투자자의 탈탄소화 압력이 높아짐에 따라 점점 더 많은 기업들이 저탄소배출 목표 하에 석유·가스 자산 처분

- 2015~2020년간 9대 메이저 석유기업은 1,980억 달러 상당의 자산을 매각하였는데, 업스트림 자산이 50% 이상으로 집중적인 투자철수 대상이며, 뒤를 이어 미드스트림, 다운스트림, 천연가스 관련 자산 순

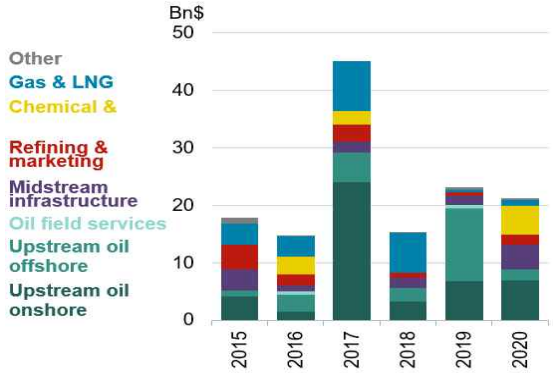
- 메이저 석유기업들의 자산매각의 65%는 역내 시장(유럽과 북미)에서 더 많이 이루어졌는데 동 지역은 ▲자산 노후화 등으로 더 높은 운영비용 또는 물리적 위험을 수반하거나, ▲기후 관련 리스크를 해결하기 위한 규제기관 및 고객, 투자자 등 이해관계자들의 탄소저감 요구사항이 높으며, 무엇보다도 ▲석유 및 석유제품 수요전망이 타 지역 대비 더 비관적인 지역

- 기업별로 2015~2020년간 생산량 대비 자산매각 규모(누적기준)를 살펴보면 Shell과 ConocoPhillips가 자산을 처분하는 데 가장 적극적, Repsol, Total, ENI가 그 뒤를 이었으며, ExxonMobil, BP, Equinor는 매각 수준이 상대적으로 덜한 편

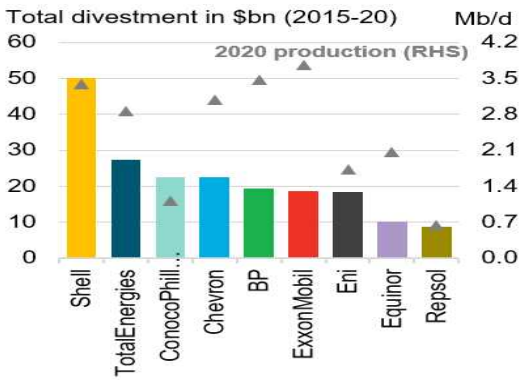
- 매각규모 기준으로는 Shell이 약 500억 달러로 선두를 달렸고 Total이 약 280억 달러 수준

- ConocoPhillips, Chevron, BP, ExxonMobil, Eni는 약 200억 달러의 비슷한 액수의 자산을 매각했으며, Equinor와 Repsol은 각각 100억 달러, 90억 달러 상당의 자산 매각

석유산업 부문별 자산매각 규모



메이저기업의 생산량 대비 자산매각 규모



주) 공시된 거래에 한함
자료: BNEF

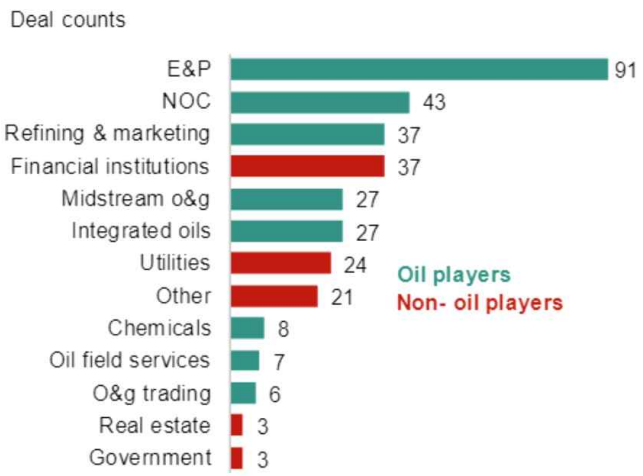
메이저 기업이 매각한 자산의 약 70%는 석유기업들이 매입하였는데 주로 독립계 탐사·생산 기업이나 국영석유기업(NOC) 등의 현지기업으로 구성

- 메이저 기업의 자산 매각은 곧 다른 석유기업들의 사업확장 기회로서 처분자산의 70%가 석유기업에 매각
  - 그 뒤를 이어 금융기관과 유틸리티 기업이 매수상위 그룹 차지
- 특히 미국, 영국, 노르웨이, 캐나다에서 독자적 세력을 키우고 있는 독립계 기업이 메이저 기업 자산의 가장 큰 구매자
  - 보통 독립계 E&P 기업들은 일반대중에게 덜 알려져 있어, 메이저 기업에 비해 탄소배출 감축 압력을 상대적으로 덜 받아, 이들 기업은 오직 전략적 적합성과 수익성에 근거하여 화석연료 자산 취득
- NOC들도 자산 구매에서 높은 비중을 차지하여 2위의 구매자 집단 기록
  - 카타르 국영석유회사인 카타르석유공사(QP)는 2015~2020년 아프리카, 중남미, 북미에 위치한 업스트림 자산 8개를 여러 메이저 기업으로부터 매입
  - 메이저 기업과 달리 NOC는 탈탄소 요구보다는 국내 에너지 생산을 우선시하는 경향이 있는데 이는 보통 NOC가 자원으로 수익을 창출하고 자국민의 에너지 접근성을 높이고, 에너지 안보를 제공하라는 정부의 정책방향에 부응해야 하기 때문
- 탄소저감 목표가 약하거나 없는 소규모 석유·가스 생산자에게 자산을 매각*하는 것이 메이저 기업의 사업 포트폴리오를 개선할 수는 있으나, 장기적으로 석유부문 전체적으로는 탄소 배출량을 개선하지 못하고 악화시킬 우려 존재

* 예) BP가 환경 실적이 더 나쁜 민간 E&P 기업인 Hilcorp Energy에 알래스카 자산을 매각한 사례

  - 석유산업 부문이 더욱 파편화됨에 따라 투명성과 감독 기능이 떨어지면서 탄소배출 감소는 커녕 배출 측정이 더 어려워질 수 있기 때문

메이저 기업이 매각한 자산의 인수자 유형



자료: BNEF

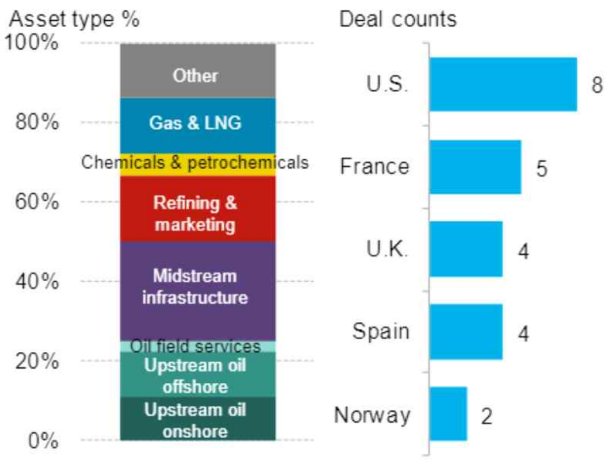
메이저 기업의 자산을 인수한 두 번째로 큰 그룹은 투자 및 사모펀드회사 등의 금융기관으로 전체 자산매각 거래의 11% 차지

- 사모펀드회사는 공공부문보다 탈탄소 유인이 적고, 소규모 독립계 E&P 기업과 달리 수익성에 따라 투자 결정하는바, 최근 몇 년간 화석연료 자산의 수익률 감소에도 불구하고, 자산가치 하락을 매력적인 수익창출 기회로 판단
- 금융기관이 취득한 자산 유형은 전체 거래의 전반적인 경향과는 상이하게 나타남

- 36건의 거래 중 업스트림 자산과 관련된 거래는 25%에 불과했는데, 이는 석유기업들의 인수 자산 중 업스트림이 차지하는 비율인 50%에 비해 현저히 낮은 수준
- 즉 금융기관이 취득한 자산은 대부분 미드스트림, 인프라가 차지하고, 다운스트림과 가스가 그 뒤를 잇는데, 이는 투자회사 기준으로는 업스트림 자산이 다른 프로젝트 유형보다 덜 매력적이라는 점을 시사
- 금융기관이 인수한 자산의 소재지는 셰일오일 자산 비중이 높은 미국이 1위를 차지했는데 과거 미국 셰일 붐이 시작된 이후 금융기관들이 미국 셰일자원 탐사 및 운영에 자금을 꾸준히 지원*해 온 결과

* 2020년 유가 급락 이전까지는 미국 셰일부문의 성장 가능성을 매우 높게 평가

금융기관이 인수한 석유·가스 자산의 형태 및 소재지



자료: BNEF

2015~2020년간 메이저 기업의 석유자산 매각이 탈탄소 및 에너지 전환을 위한 투자로 이어지지는 않음

- 석유 메이저 기업 9개사가 2015-2020년간 1,980억 달러 상당의 석유·가스 자산을 매각하는 동안 총 투자비 지출은 7,130억 달러이며, 이 중 저탄소 또는 클린 에너지 기술에 투자한 금액은 450억 달러(6%)에 불과

- 메이저 기업들은 자산매각으로 발생한 현금흐름 상당부분을 에너지 전환에 투입하는 대신, 화석연료 자산이나 자사주 매입, 배당금 지급 등의 기타 지출에 약 6,680억 달러를 지출, 이는 총 매각대금의 약 3.4배에 달하는 금액

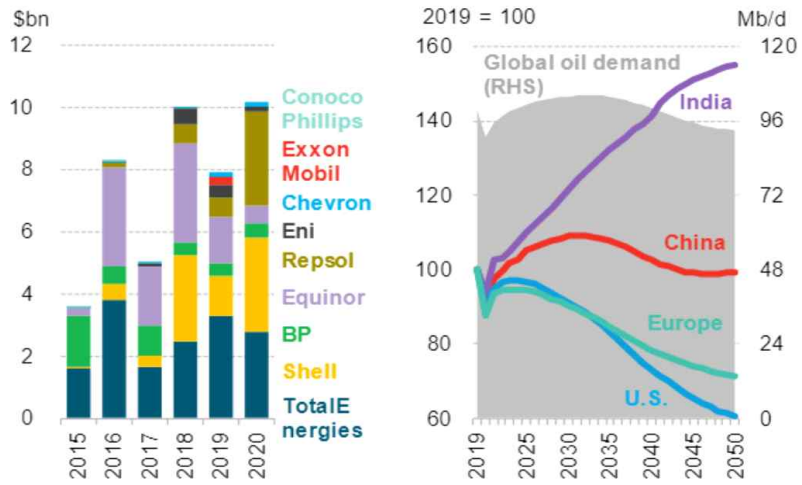
- 동기간 메이저 기업의 석유자산 매각은 저유가 환경에서 보다 유연하고 간소하며 경쟁력 있는 생산자가 되기 위한 전략에 주로 기인

- 장기 석유수요 감소 전망으로 향후에는 에너지 전환이 메이저 기업의 자산매각 결정에 가장 큰 동인이 될 전망

- 유럽, 미국 등 역내 시장의 석유수요가 고점에 달할 위험이 점점 더 현실화됨에 따라, 더 많은 양의 석유자산(특히 개발·생산 비용이 높거나 탄소 배출량이 많은 자산)을 계속해서 처분하고 재생에너지 부문의 투자를 확대할 전망

- 특히 유럽계 메이저 기업은 팬데믹 이후 저탄소부문에 대한 투자목표와 재생에너지 생산 계획 등을 공표하고 있어 에너지 전환 움직임을 주도할 것으로 예상

메이저 석유기업의 에너지 전환부문 투자 추이 및 석유수요 장기 전망



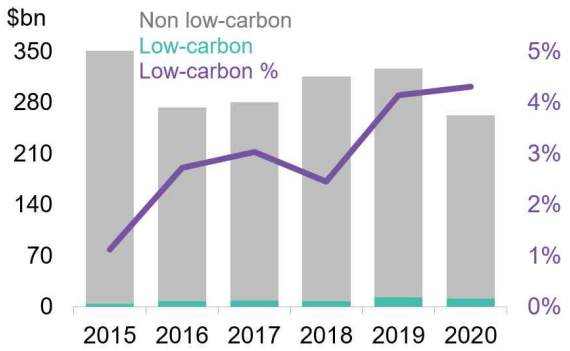
자료: BNEF

(2) 에너지 전환 부문으로의 사업 다각화

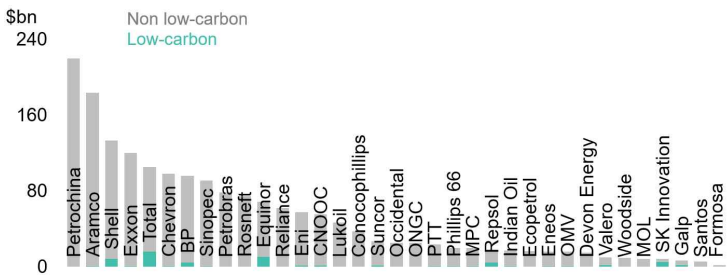
석유·가스 산업의 저탄소 부문에 대한 투자가 대폭 증가하고 있지만, 아직은 석유·가스 산업의 총투자 규모 대비 여전히 낮은 수준

- 2020년 석유·가스 업계[5]의 총투자(capex)는 팬데믹 영향으로 전년대비 약 20% 감소한 2,600억 달러 수준이며, 이 중 저탄소 부문 투자는 전년대비 약 17% 감소한 113억 달러 수준 기록
- 총 투자비 중 저탄소 투자 비중은 2015년 1.1%에서 2019년 4.1%로 빠르게 증가하였고, 2020년은 팬데믹에도 불구하고 전년대비 소폭 증가한 4.3% 기록
- 탈탄소 및 저탄소 에너지 투자 확대에 대한 석유·가스 기업들의 공약 증가에도 불구하고, 석유·가스 기업들은 여전히 저탄소 투자규모의 약 20배를 화석연료에 투자하고 있는 상황
- 에너지 전환을 위한 투자가 증가세에 있지만 석유·가스 업계에서 저탄소 부문의 투자가 유의미한 수준에는 도달하지 못하고 있음

석유·가스 산업의 투자비 추이



석유·가스 기업별 누적 투자액(2015-2020)



자료: BNEF

유럽계 기업이 에너지 전환을 위해 저탄소 부문의 투자를 주도하는 가운데, 풍력, 태양광 등 특정 재생에너지 부문에 투자가 집중되는 경향

- 유럽계 메이저 기업은 판매하는 제품의 탄소배출 강도를 낮추기 위한 목표를 발표하고, 저탄소 에너지 투자를 주도하여 Total, Equinor, Shell, BP 및 Repsol 등 상위 5개 기업이 2015년 이후 석유·가스 업계의 저탄소 부문 투자 중 70% 이상 차지

- Total은 모든 저탄소 부문에서 상위 5위 안에 드는 투자자이며, Equinor는 풍력 단일 부문에서 가장 많은 투자를 기록했고, 태양광 등 다른 기술 부문에서도 높은 수준의 투자 실시
- Shell은 풍력 부문에서 두각을 나타내는 가운데 미래 운송용 부문의 투자를 주도하고 있으며 BP와 Repsol은 각각 태양광과 풍력 부문에 집중, 스페인 Galp는 태양광 부문에 대규모 투자

5) 세계 최대의 석유·가스 생산업체 및 정유업체 34개사

- 정유업체는 일반적으로 정유제품의 가장 큰 수요처인 도로용 연료와 연관된 기술에 투자

- 한국 SK이노베이션은 전기차용 배터리 제조를 중심으로 에너지 저장기술 부문의 투자 주도
- 미국 정유업체인 Valero, Marathon Petroleum(MPC) 및 Phillips 66는 정부의 지원 정책을 바탕으로 거의 독점적으로 저탄소 연료인 바이오 연료 생산에 투자

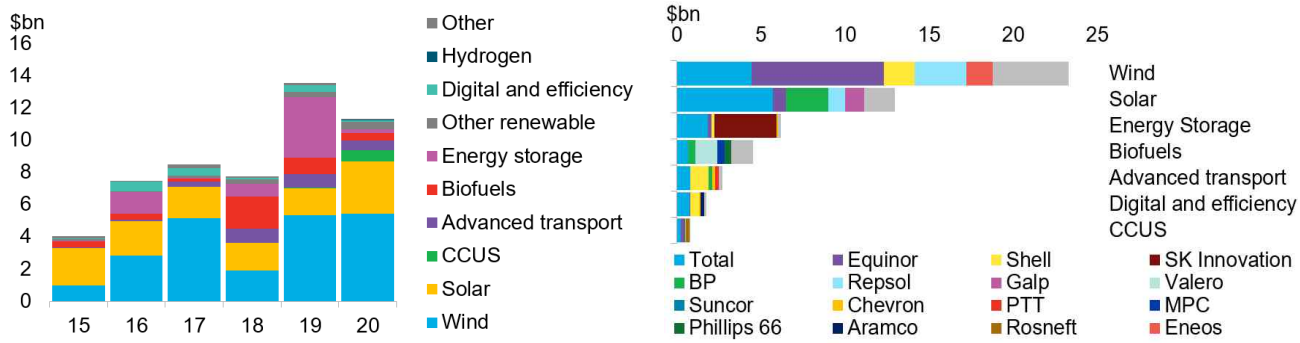
- 한편 ExxonMobil, Chevron 등 미국계 메이저 기업과 Saudi Aramco, Sinopec 및 Petrochina 등 중동·아시아 NOC의 저탄소 투자는 저조한 상황

- 이들 기업은 석유·가스 전체 설비투자의 35%를 차지하는 대규모 투자자들이나 2015-2020년간 거의 전적으로 화석연료 투자에 집중
- Saudi Aramco, Chevron 등이 디지털화 및 CCUS 기술 부문에 투자했지만 이들 기업의 저탄소 부문의 투자 비중은 2.1%에 그침

- 저탄소 투자부문은 풍력, 태양광 등 일부 특정 재생에너지 부문에 집중된 경향을 나타냄

- 태양광, 풍력은 기업들이 가장 많이 선호하는 저탄소 투자 부문이며, 에너지 저장, 바이오 연료 및 CCUS 기술에 대한 투자도 지난 3년간 빠른 속도로 증가
- 다만 수소부문에 대한 투자는 증가하는 관심과 언론 보도에도 불구하고 2020년 풍력 부문 투자규모의 0.5%에 그침

저탄소 기술별, 기업별 투자 추이(2015-2020)



자료: BNEF

에너지 전환과 관련한 전체 투자 규모 중 석유·가스 산업이 차지하는 비중은 미미한 수준

- 많은 석유·가스 기업들이 재생에너지 등 저탄소 부문에 투자하고 있으나, 2020년 에너지 전환에 투자된 5,000억 달러 중 석유·가스 산업의 투자 비중은 2.3%에 불과

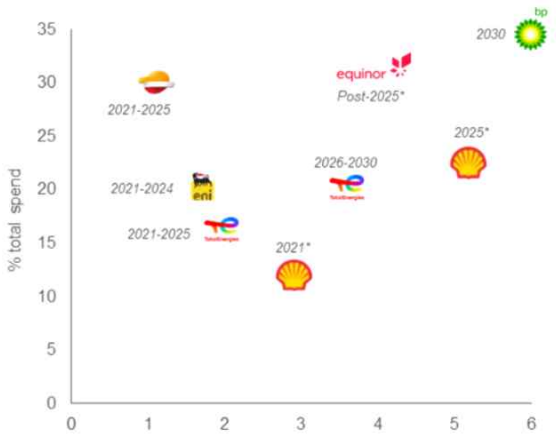
- Repsol, OMV 및 BP 등의 유럽 기업들은 글로벌 경쟁업체 대비 저탄소 부문에 대한 투자가 월등히 높은 기업으로 총투자비 대비 높은 수준의 저탄소 부문 투자목표를 선언하였고, Total은 2025년까지 35GW의 재생에너지 설비용량을 목표로 설정
- 일부 유럽계 기업의 강력한 에너지 전환 추진에도 불구하고 석유·가스 기업들 대부분은 아직 저탄소 부문에 대한 투자나 재생에너지 설비용량에 대한 명확한 목표를 밝히지 않고 있음

- 석유·가스 부문 전체적으로는 저탄소 에너지로의 전환을 위한 티핑포인트(Tipping Point)[6]에 이르지 못한 것으로 평가

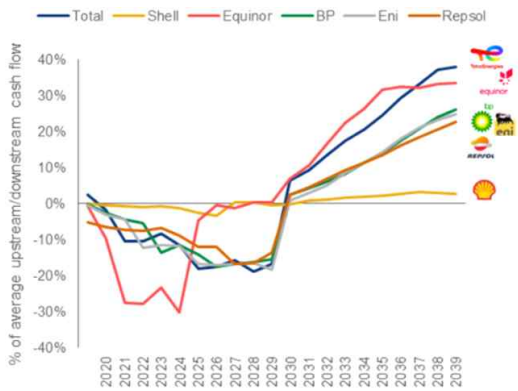
메이저 기업은 Net-zero 목표 달성을 위해 향후 10년간 재생에너지 등 저탄소 부문 투자를 대폭 확대하여 2030년경 이후 재생에너지 부문에서 양의 현금흐름 급증 전망

- 유럽계 메이저 기업은 2021년 이후 재생에너지 부문의 설비용량 목표와 그에 따른 투자 비중을 대폭 상향 조정
- 각 기업의 재생에너지 발전설비 용량 목표를 달성할 경우 2030년 전후로 재생에너지 부문의 현금흐름이 흑자로 전환되어 2040년경에는 기업의 총 현금흐름 20% 이상이 재생에너지 부문에서 발생할 것으로 예상

메이저 기업의 재생에너지 투자 계획



재생에너지 부문의 현금흐름 전망



주) 재생에너지 발전용량 목표 달성 시 현금흐름

자료: Wood Mackenzie

(3) 에너지 전환 부문의 유망기술 투자

① 수소

<참고 1> 수소 생산의 현황 및 전망 참조

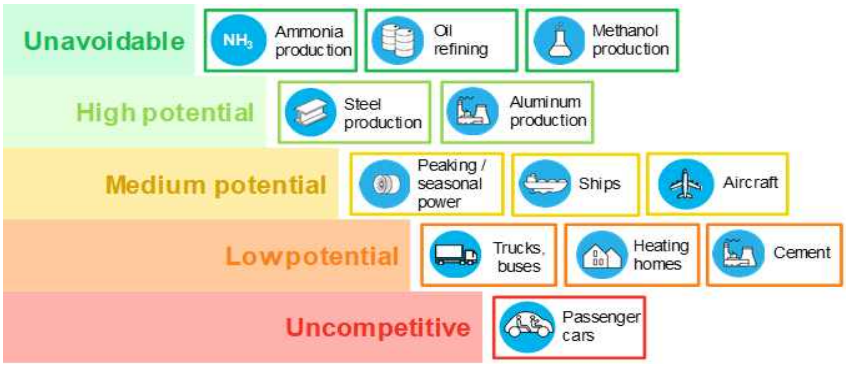
수소는 친환경 에너지원으로 부상하여, 파리협약의 1.5℃ 목표 달성을 위해 2050년 수소 수요가 2020년 대비 약 5배 증가할 것으로 전망

- 현재 화석연료 기반의 수소(브라운 수소[7]/그레이 수소[8])가 산업용(정유/석유화학 등)으로 주로 소비되고 있으나 향후 재생에너지 기반의 그린 수소[9]의 생산 경제성이 개선되어 생산이 증가하고, 산업용뿐 아니라 수송용, 가정용/상업용, 발전용 등으로 수요가 확장될 전망

6) 균형을 이루던 것이 깨어지고 급속도로 특정 현상이 퍼지거나 우세하게 되는 것을 일컫는 용어(네이버 지식백과)
7) 석탄을 원료로 생산된 수소
8) 천연가스 개질 등을 통해 생산된 수소
9) 재생에너지의 전력을 이용해 물을 전기분해하여 만든 수소

- 그린 수소는 특히 탄소 저감이 어려운 산업부문(암모니아 생산, 석유정제, 메탄올 생산 등)에서 장기적으로 탈탄소화를 위한 주요 해결방안이 될 것으로 기대

산업별 그린 수소 채택 전망



자료: BNEF

- 다만 수소 에너지의 중요성과 성장 잠재력에도 불구하고, 2050년 최종 에너지 수요 중 수소 비중은 7%로 예상되어 석유를 대체하기는 어려울 전망(Wood Mackenzie)

- 수소경제를 앞당기기 위해 수소 생산의 경제성 확보뿐 아니라 수소 수요증가에 대한 불확실성으로 인한 투자 리스크를 낮출 필요가 있음
- 이를 위해서는 수소 소비의 안전성에 대한 규명, 대규모 인프라 확보, CCUS 기술 배치, 사용 장려를 위한 강력한 인센티브 정책 등이 요구됨

최종 수요별 수소 생산량 추이 및 전망



주) ETO 2050: 에너지 전환 기본 시나리오,
AET-2 2050: 파리기후협정에서 2℃ 목표 충족 시나리오,
AET-1.5 2050: 파리기후협정에서 1.5℃ 목표 충족 시나리오
자료: Wood Mackenzie

현재 석유·가스 산업에서 에너지 전환 투자 중 수소 비중은 극히 낮지만, 미래 에너지원으로서 수소부문에 대한 투자 확대 검토

- 수소는 석유·가스 생산과 온실가스 배출감소라는 두 가지 상충하는 목표를 동시에 달성하는 방안으로 향후 석유기업의 전체 수소 가치사슬에 대한 투자 확대 예상
- 특히 수소 생산은 가스 소비의 탈탄소화 수단으로서 석유·가스 기업들은 블루 수소 생산의 핵심인 CCUS 설비를 운영하며 천연가스의 공급과 동시에 배출감소 목표 충족 가능

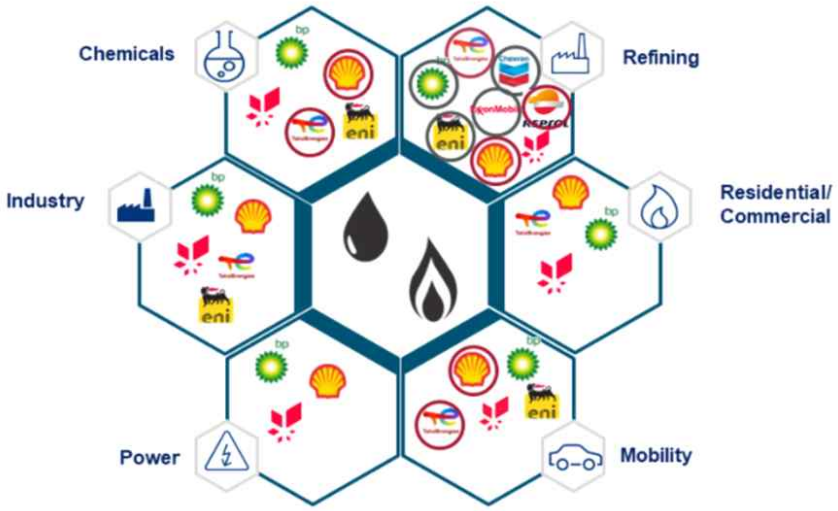
- 기존의 석유·가스 설비에서 수소를 생산하려는 경우, CCUS를 결합한 저탄소 수소(블루 수소) 생산 가능
- 세계 석유·가스 전문가 1000명을 대상으로 한 설문조사 결과, 응답자의 절반 이상이 2030년까지 수소가 에너지 믹스의 핵심이 될 것으로 예상(DNV GL, 2020)
- 조사 대상자의 회사 중 이미 수소 시장에 진출한 기업*의 비중은 20%를 상회하고, 수소경제 부문 투자는 2019년 20%에서 2020년 42%로 두 배 증가

* Saudi Aramco, BP, Shell, SINOPEC, Equinor, Total, JX Nippon Oil & Energy 등(Hydrogen Council, 2020)

- 현재 메이저 기업들의 수소 활용은 정유/화학사업에 치중되어 있으나 수송용 등 다양한 부문으로 수소 활용영역의 확장 모색

- BP, Shell, Equinor는 발전, 산업, 난방, 수송용 부문으로 수소사업을 확장할 계획
- Shell과 Total은 수송용 수소연료 공급 네트워크에 투자, 다른 기업들은 아직 진출 검토 중

메이저 석유기업이 진출/검토 중인 수소 활용 영역



주) 현재 진출한 기업은 동그라미로 표시
자료: Wood Mackenzie

② CCUS(Carbon Capture Utilization and Storage)

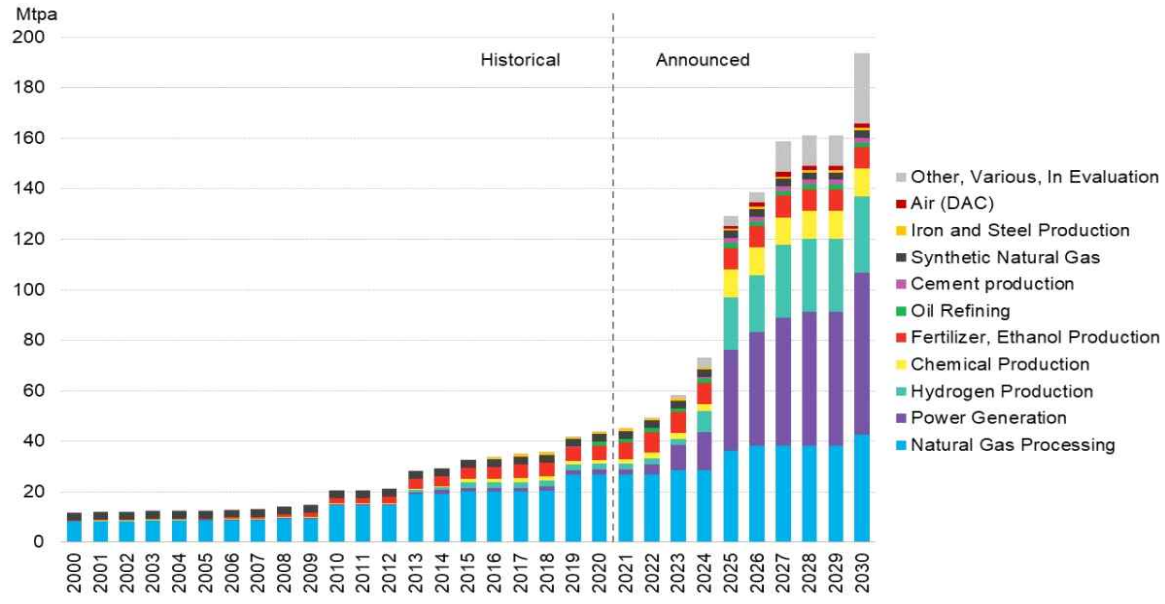
<참고 2> CCUS 기술 개요 참조

CCUS 기술은 석유·가스 산업의 저탄소화뿐 아니라 향후 세계 온실가스 감축에 크게 기여할 핵심기술로 2030년까지 미국을 중심으로 시장규모가 대폭 확대될 전망

- CCUS 산업은 지난 20년간의 실증 프로젝트를 넘어 최근 몇 년간 미국 주도 하에 급속한 성장기로 진입 중으로, 발표된 프로젝트에 따르면 탄소포집 용량이 현재 44Mtpa에서 193Mtpa로 2030년까지 4배 이상 증가할 전망(BNEF)
- 배출원별 CCUS 설비용량은 현재 천연가스 처리 공정이 가장 큰 비중을 차지하고 있으나 향후 발전 및 산업 공정의 프로젝트 수가 증가함에 따라 2030년까지 신설되는 CCUS 설비용량 중 발전부문이 가장 큰 비중을 차지할 전망

- 석유·가스 부문에서 석유회수증진(Enhanced Oil Recovery, 이하 EOR)은 몇 안 되는 성공적인 (그리고 성숙한) 이산화탄소 활용 시장 중 하나로서 석유 생산량 증가라는 부가가치 효과가 있지만, 기후 이익에 대해서는 의견이 분분한 상황
- 발전부문은 향후 재생에너지 전력 생산단가의 하락으로 석탄 발전소용 CCUS 정당화가 어렵겠지만 가스 발전소와 CCUS의 결합은 기저 전력 대안이 될 수 있을 것으로 기대
- 화학제품 제조부문에서 탄소는 비료에 사용하기 위한 암모니아 생산단계에서 이미 포집되어 포집 비용이 가장 낮고 석유화학 전구체 대신 포집된 이산화탄소를 활용할 가능성
- 철강 생산을 탈탄소화할 수 있는 몇 가지 경로 중 수소 및 전기화가 CCSU보다 더 인기 있는 옵션이지만 세계 1위의 철강사인 아르셀로미탈(ArcelorMittal)도 CCUS 기술에 대한 검토 중

배출원별 CCUS Capacity 추이 및 전망

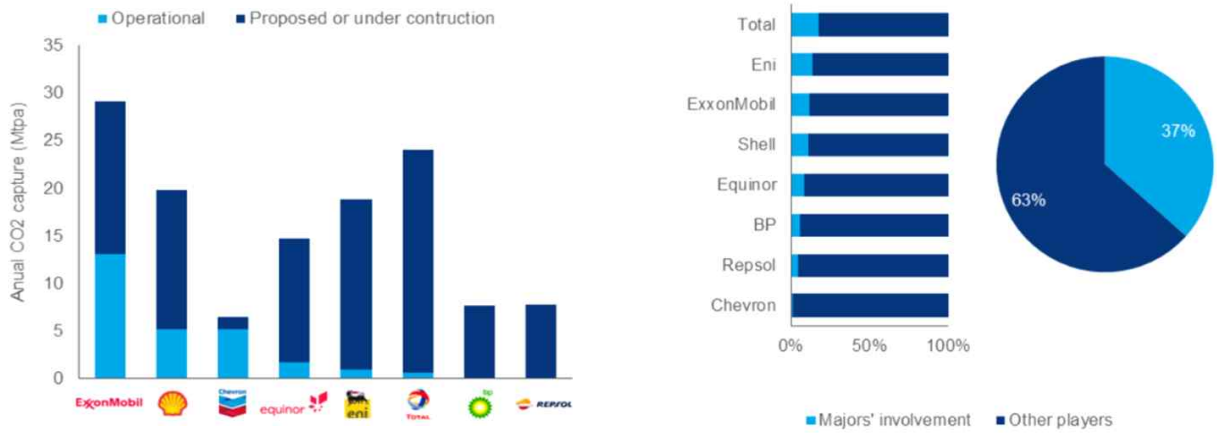


자료: BNEF

메이저 석유기업이 향후 개발자 역할을 하며 CCUS 산업을 주도할 전망

- CCUS 기술은 포집기술과 저장기술로 구분되는데 특히 저장기술의 대부분이 석유기업의 유·가스전 운영의 전문성과 자원 활용이 가능한 분야
  - 포집기술은 화석연료 발전소, 시멘트, 철강 등의 산업공정에서 이산화탄소가 대량 배출됨에 따라 발달하기 시작
  - 저장기술은 이산화탄소를 인위적으로 지하지층에 영구 저장하는 것이 지질학적으로 가능하다는 판단에서 비롯된 다양한 분야의 기술이 융·복합된 통합 기술[10]로서 석유 회수공법인 CO_2 Flooding[11] 기술에서 착안하여 도입
  - 현재 가동 중인 CCUS 프로젝트의 약 75%는 EOR 방식과 연동하여 석유·가스 저류층[12]에 이산화탄소를 주입하여 저장하고 있으며, 일부 프로젝트는 발전소나 제철소에서 이산화탄소를 포집하여 심부의 대염수층에 저장
- 세계 CCUS 증설 계획 중 메이저 석유기업의 참여 비중은 37%에 이르는 것으로 추정
  - 현재 ExxonMobil이 CCUS 산업을 주도하고 있으며, Total과 Eni는 증설계획 중인 CCUS 설비에 가장 적극적으로 참여 중

메이저 기업의 CCUS 프로젝트 증설 계획* **세계 CCUS 증설 중 메이저 기업 참여 비중**



* 증설용량(Capacity) 및 설비 위치 등 상세 계획을 발표한 CCUS 프로젝트 기준. Capacity는 해당기업의 참여 지분(net)이 아닌 참여하는 CCUS 프로젝트 전체(gross) Capacity 기준.
자료: Wood Mackenzie

10) 저장소 탐사, 저장소 선정, 심부 저장 설계, 주입 설비, 저장 플랜트, 주입공 시추완결, 모니터링, 저장소 운영 등 다양한 분야에 적용되는 기술이 요구됨
11) 석유생산 시 생산량 증진을 위해 지하 저류층에 이산화탄소 주입
12) 원유나 천연가스가 지하에 모여 쌓여있는 층

Ⅲ. 결론 및 시사점

전세계적인 기후변화 대응 가속화 추세에 따라 메이저 석유·가스 기업들도 에너지 전환 대응전략을 적극적으로 수립·검토

- 세계 각국이 net-zero 달성 및 재생에너지 용량확대 목표를 세우고, 탄소저감을 위해 각종 지원책 및 규제 확대

- 전세계적으로 탄소배출권거래제, 탄소세, 탄소국경조정세 등의 도입을 검토하는 국가들이 점차 증가하는 추세이며, 내연기관차 판매 금지, 연비규제 등 직접적인 규제도 확대되고 있어 탄소배출이 높은 산업에 대한 직간접적인 규제가 본격화될 전망

- 석유·가스 산업은 특히 에너지 전환에 따른 타격을 가장 많이 받게 될 산업으로서 특히 유럽계 메이저 석유기업이 에너지 전환에 선제적으로 대응

- 유럽의 메이저 석유기업들은 이미 2014년말 유가급락 및 파리기후변화협약 등의 영향으로 석유·가스 중심에서 신재생에너지 투자를 비롯한 저탄소 부문의 사업영역을 확장하며 종합에너지 회사로 거듭나는 중장기 전략 추진 중

- 에너지 전환 가속화에도 불구하고 인류의 석유 의존도는 중장기적으로 높게 유지될 전망으로, 메이저 석유기업은 유가스 부문은 핵심자산 중심으로 투자를 지속하는 한편 비핵심 자산은 정리하는 포트폴리오 합리화 실현

- 동시에 기업차원의 net-zero 목표를 설정하고, 재생에너지, 수소, CCUS와 같은 저탄소 부문에 대한 투자 확대를 통해 사업구조를 다각화하며 에너지 전환에 적극 대응

- 글로벌 유가스 업스트림 부문의 상당 규모의 자산을 보유한 메이저 기업의 저탄소 부문 투자 확대는 화석연료 중심의 기존 에너지 시장의 중장기적 변화를 초래할 전망

미래의 국가·산업 경쟁력은 친환경 부문의 경쟁력이 좌우할 전망으로, 국내 유가스 관련 기업들도 적극 대응할 필요

- 한국은 석유·가스 에너지원 대부분을 수입에 의존하고, 정유·화학 등 석유·가스 다운스트림 산업의 비중이 높아 국내외 탄소규제 강화 시 수익성 악화로 직결

- 당분간은 석유·가스에 대한 의존도가 높게 지속될 수 밖에 없어, 석유·가스 등 화석연료의 안정적 확보 방안을 마련하는 한편, 에너지 효율 개선 등을 통해 절대 배출량 저감 노력

- 장기적으로는 저탄소 산업구조로의 전환에 필요한 재생에너지 부문 투자를 지속 확대하고, 수소, CCUS 등 저탄소 핵심 기술 확보, 시장선점 등을 위해 산학연 협력 강화

- 우리 정부는 이미 그린뉴딜 정책 추진, 2050 탄소중립 시나리오 등 기업의 에너지 전환을 위한 각종 정책을 마련 중에 있으나, 중장기적인 글로벌 경쟁력 확보를 위해 저탄소부문의 기술개발 부문에 집중적으로 지원할 필요

<참고 1> 수소 생산의 현황 및 전망

장기적인 수소경제의 실현을 위해서는 저탄소 수소의 안정적인 생산이 선행되어야 하나, 아직은 저탄소 수소의 생산 비중이 매우 낮음

- 수소는 우주에서 가장 풍부(74%)한 원소로서 주로 화석연료(탄화수소 화합물) 또는 물분자에 포함되어 있는 형태로 존재
- 탄화수소화합물에서 추출하거나 물을 전기분해하여 수소를 생산하며, 수소 제조방식에 따라 부생수소, 추출(개질)수소, 수전해수소로 구분

- 추출(개질)수소는 화석연료에서 생산한 수소로서 현재 전 세계적으로 천연가스 개질을 통해 발생하는 추출수소가 가장 큰 비중을 차지. 기존 화석연료를 활용할 수 있으나 이산화탄소 발생.
- 부생수소는 정유/석유화학 및 제철 공정에서 발생하는 수소로서 회수하여 석유화학 정제용, 반도체 세정용 등의 산업 공정용으로 대부분 활용하고 극히 일부만이 외부로 공급되고 있는데 향후 수소 수요증가 시 부생수소만으로는 공급에 한계 예상
- 수전해 수소는 전기를 이용하여 물에서 생산된 수소로서 재생에너지 기반의 전력을 사용할 경우 생산단계부터 온실가스가 전혀 배출되지 않는 저탄소 수소이나, 현재 재생에너지 전력의 생산단가가 매우 높아 경제성이 낮음

수소 생산방법별 원리 및 특징

구분	추출(개질)	부생수소	수전해
원리	천연가스, 물 → 추출 → H_2, CO_2	석유 코크스 나프타 → 화학공정 → H_2, 목적 물질	신재생에너지, 물 → 수전해 → H_2, O_2
특징	⊘ 기존 에너지 활용 가능 ⊘ CO_2 발생	⊘ 현재 가장 저렴한 방법 ⊘ 분리·정제로 생산	⊘ 탄소 제로 수소 생산 방법 ⊘ 현재는 고비용

자료: SDG 발표자료(CMRI 석유화학세미나, 2020.11월)

- 현재 생산되고 있는 수소의 96%(가스 48%, 석유 30%, 석탄 18%)가 화석연료에 기반한 탄소집약적 수소이며, 전기분해는 4%에 불과

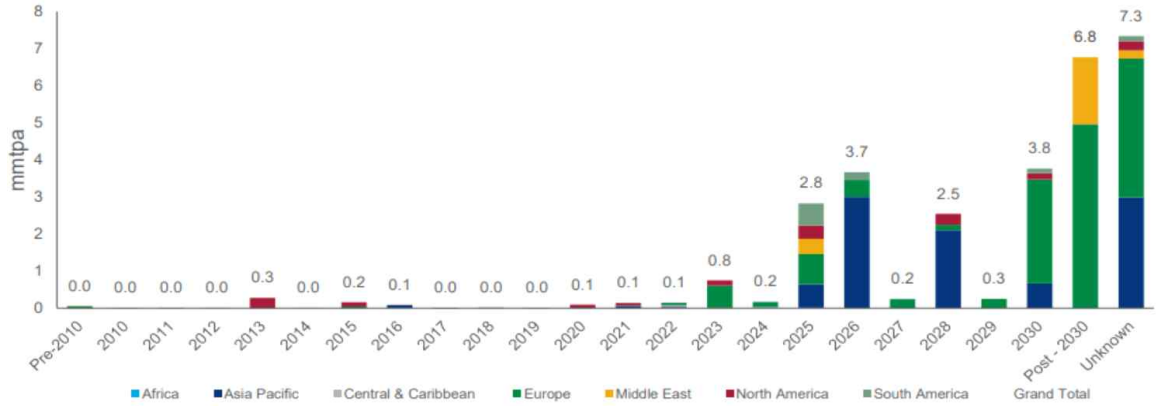
- 화석연료 중에서도 천연가스는 현재 수소생산의 주요 공급원으로서, 천연가스 개질을 통한 수소생산에 소비되는 천연가스가 전 세계 천연가스 수요의 약 6%를 차지하고 있으며, 천연가스 추출수소 생산단가의 가장 큰 비용 요소는 가스 가격으로 생산비용의 45~75% 차지
- 미주지역은 가스 가격이 낮아 수소 생산비용이 가장 저렴한 데 반해 일본, 한국 등과 같은 가스 수입국의 수소 생산비용이 높음

현재 생산되는 수소는 화석연료 기반의 그레이/브라운 수소가 대부분이나 2050년까지 재생에너지 전력기반의 그린 수소 비중이 확대될 전망

- 수소는 낮은 경제성으로 인해 에너지원으로는 거의 사용하지 않았으나 최근 에너지 전환 붐에 따라 저탄소 수소에 대한 투자 급증

- 유의미한 저탄소 수소의 생산은 수소경제가 가시화되는 10년 이후 가능할 것으로 예상

지역별 저탄소 수소 프로젝트의 연간 운영 추이 및 계획(2000~2030)

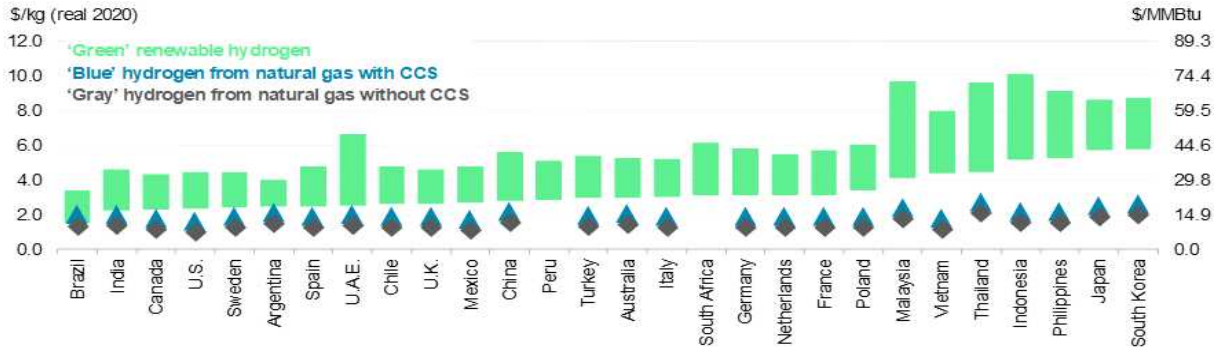


자료: Wood Mackenzie

- 궁극적으로 수소경제가 추구하는 최종 종착지인 그린 수소는 현재 생산비용이 매우 높아, 에너지 전환에 기여할 수소는 과도기적으로 블루 수소가 될 것

- 현재 블루 수소만이 수소 생산량 및 기반시설의 대규모 확장과 규모의 경제 확보가 가능하며, 향후 수십 년간 블루 수소가 그레이/브라운 수소의 일부를 대체하여 블루 수소는 2050년까지 수소 에너지 공급의 18%를 차지할 전망

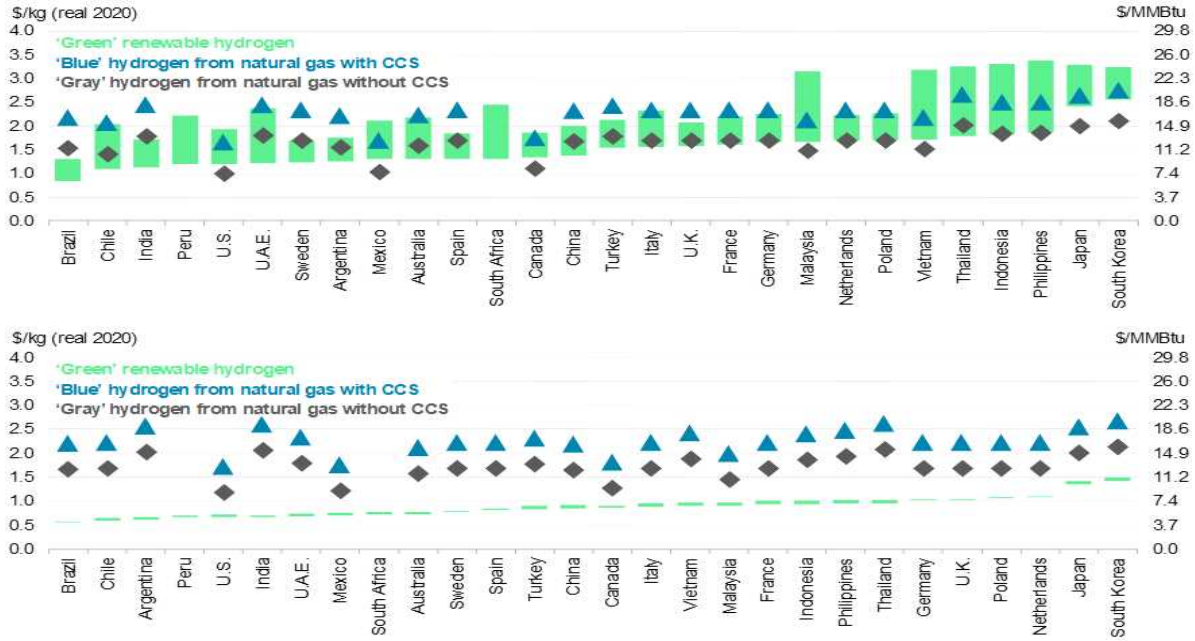
국가별 수소 생산비용(2021)



자료: BNEF

- 재생에너지 기반의 전력생산비용 감소에 따라 현재 고가인 그린 수소 생산비용이 2030년까지 30% 감소(IEA, 2020)하여 블루 수소 대비 경제성이 점차 개선될 전망

2030년(위)과 2050년(아래) 수소 생산비용 전망

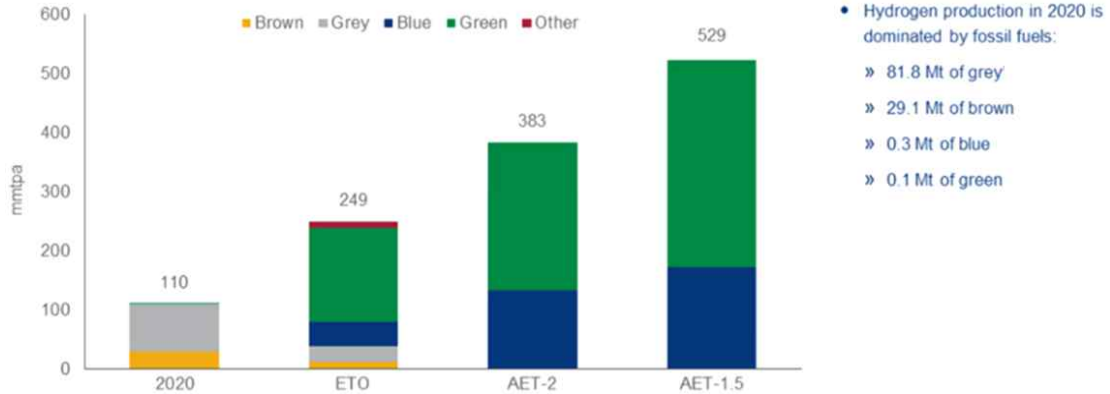


자료: BNEF

- 재생에너지 생산원가 하락에 힘입어 2050년 그린 수소 비중이 50% 이상을 차지할 전망

- 생산원가가 낮아진 재생 에너지가 전력 믹스에 들어가면서 그린 수소의 경제성이 점차 개선됨에 따라 미래의 수소 생산 중 태양광 및 풍력 발전소와 같은 전용 독립형 재생 에너지에 의한 전기분해 생산 비중이 높아질 것

2050년 수소 유형별 생산 전망



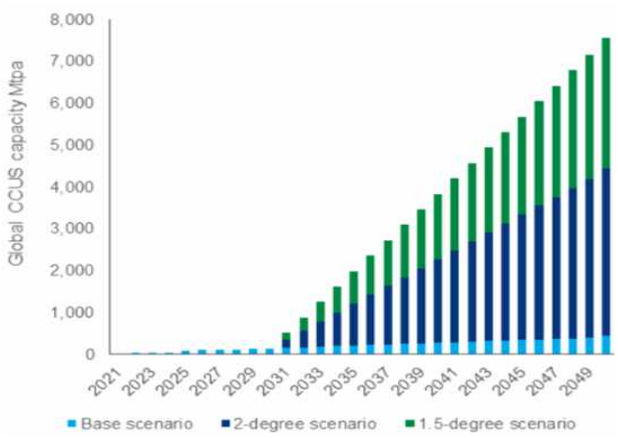
주) ETO 2050: 에너지 전환 기본 시나리오,
AET-2 2050: 파리기후협정에서 2℃ 목표 충족 시나리오,
AET-1.5 2050: 파리기후협정에서 1.5℃ 목표 충족 시나리오
자료: Wood Mackenzie

<참고 2> CCUS 기술 개요

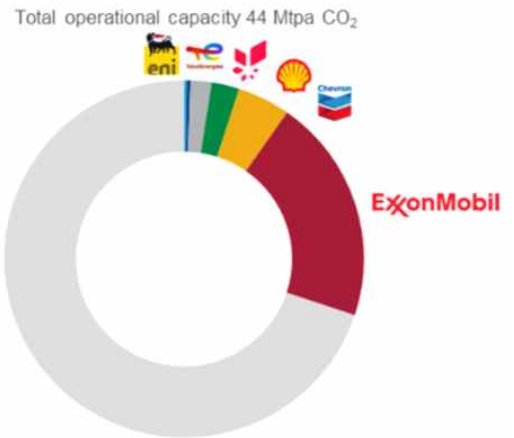
CCUS 기술은 최근 net-zero 달성의 핵심기술로서 주목받고 있음

- 국가 및 기업 수준에서 모두 net-zero 목표를 설정하고, net-zero 달성을 위해 공급원료 및 산업 공정에 대한 근본적인 변화 또는 CCUS(탄소 포집 및 저장)의 광범위한 구현 필요
- 특히 산업의 특성상 탄소저감이 어려운 부문에서 탄소배출을 상쇄하기 위한 대안으로서 CCUS 채택 가능
  - 에너지 전환으로 가는 과정에서 화석연료 중 상대적으로 이산화탄소 배출량이 적은 천연가스가 각광받고 있으나 화석연료라는 한계가 있으며, 현재 에너지 효율상 유·가스전과 해상풍력 등 신재생에너지의 결합만으로는 탄소저감 목표달성이 어려움
- 석유·가스 산업에서 CCUS는 실질적인 저탄소화 이행을 가능케 하고, 세계 온실가스 감축에도 상당한 기여를 할 것으로 기대되는 핵심적인 기술
  - IPCC, IEA 등은 파리협약상 공동 목표인 지구온도 평균 2℃ 이하의 상승 제한은 CCUS기술 없이는 사실상 불가능하다고 평가
  - 특히 천연가스 개질과정에서 CCUS 기술의 적절한 배치가 블루 수소 생산에 있어 핵심적인 요소
  - 메이저 기업 중 ExxonMobil이 CCUS 기술 채택에 가장 적극적

시나리오별 2050년까지 필요한 세계 CCUS 설비용량



메이저 기업이 운영 중인 CCUS 설비용량



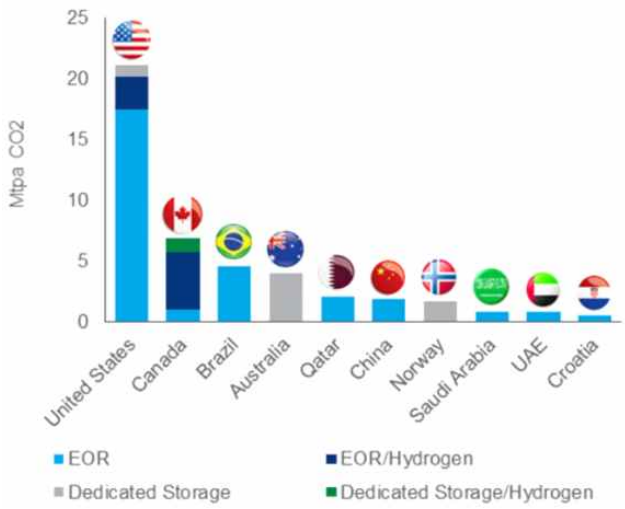
자료: Wood Mackenzie

CCUS 기술이 석유·가스 산업을 중심으로 지난 수십 년간 사용되었지만 대규모 상용화는 아직 미흡한 수준

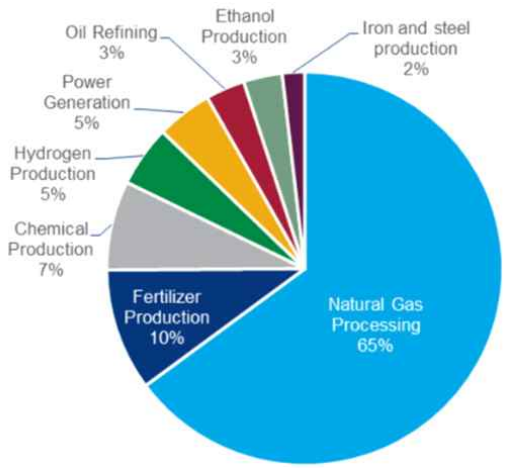
- EOR이 많이 이루어지는 미국 Permian, 캐나다 오일샌드 지역을 중심으로 CCUS가 활용되며, 산업별로는 이산화탄소 포집비용이 저렴한 천연가스 처리과정에서의 CCUS 설비 비중이 가장 큰 비중(65%) 차지

- 대규모 CCUS 프로젝트는 주로 미국, 캐나다, 노르웨이 등에서 진행 중이며 파일럿 규모(50 MW이하)는 상대적으로 더 많은 국가*에서 설치
  * 중국, 일본, 미국, 유럽, 호주, 캐나다, 네덜란드, 스페인, 스웨덴, 아이슬란드 등

국가별 CCUS 운영 설비용량



산업별 운영 중인 CCUS 설비용량



자료: Wood Mackenzie

- 2050년 온실가스 감축에서 CCUS 기여 비중은 15%가 될 것으로 전망(IEA)되나, 최근까지도 CCUS 대규모 상용화를 위한 투자나 시장형성은 미진한 상황

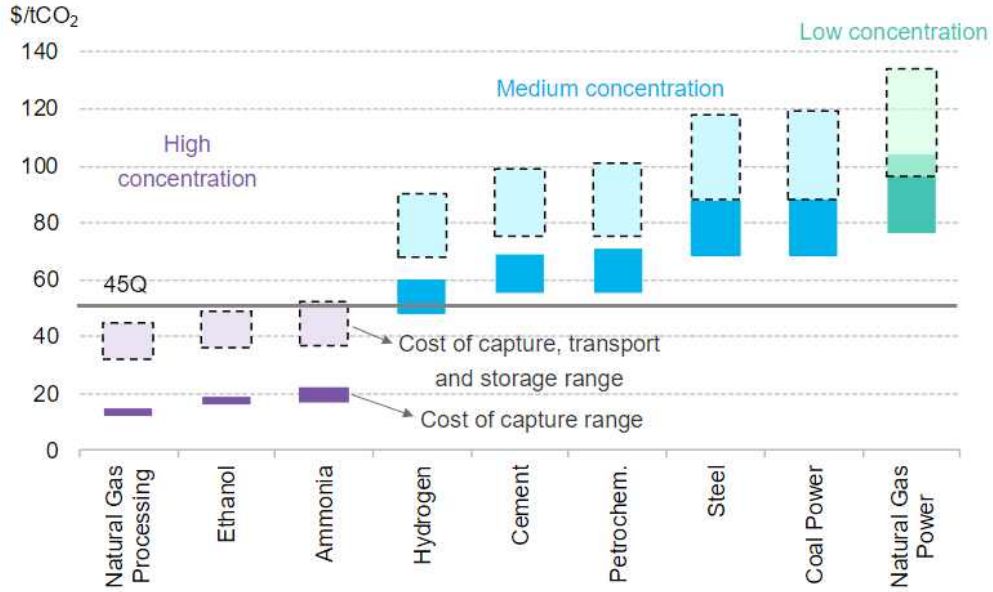
- 이산화탄소의 산업용 수요가 거의 없어 상업적 이익을 기대하기 어렵고 보편적인 기술이 아닌 고비용 신기술이라는 점, 그에 따른 금융조달 어려움, 육상 지층 저장에 대한 대중의 부정적인 인식 등이 CCUS의 대규모 상용화를 어렵게 하는 요인들

- 현재 1세대 포집기술은 아민[13] 용매를 사용한 액체 흡착 방법을 사용하는데 이산화탄소가 이미 화학 공정의 일부 또는 고순도 부산물로 분리되는 설비(천연가스 처리, 에탄올 및 암모니아 시설 등)에서 포집 비용이 가장 낮음

- 총 저감 비용 제공을 위해 운송 및 저장 비용도 포집 비용에 추가되어야 하는데, 프로젝트 규모, 저장소까지의 거리, 선택한 운송 유형(가장 일반적인 유형은 파이프라인)에 따라 다르지만 일반적으로 운송 및 저장 비용은 $20-30/tCO2 범위

13) 암모니아의 수소원자를 탄화수소기로 치환한 형태의 화합물

1세대 탄소 포집기술*의 배출원별 포집 비용 비교



* 아민 용매를 사용한 액체 흡착
자료: BNEF

CCUS 경제성 확보 및 대규모 상용화를 위한 지원정책 및 기술개발 투자 확대 필요

- CCUS 프로젝트의 경제성 확보를 위한 탄소배출권 가격*은 현재 형성된 가격과 차이가 있어 경제성 확보를 위한 지원책 마련과 기술개선을 위한 투자 필요

* 이산화탄소 포집비용은 톤당 60달러대 수준으로 탄소배출권가격이 이보다 낮을 경우 기업들의 CCUS 설치 유인 부족

- 또한 이산화탄소의 안전한 운송에 필요한 인프라 확충, 이산화탄소 저장의 무결성을 보장하는 배출감소 검증도 중요하며, 이산화탄소 주입 전 누출가능성에 대한 사전평가와 주입 중/주입 후 지속적인 모니터링 필요

< 참고 문헌 >

1. 김동호, "국내 수소산업 동향 및 산업용 수소 활용사례", CMRI 석유화학산업 전망 세미나 중 SDG 발표자료, 2020.11월
2. 김준식, "에너지 전환 대응 전략 및 사례: 가스, 풍력, 수소 그리고 CCUS", 한국석유공사, 2020.6월
3. 정대로, "기업의 미래, 환경(E)이 답이다", 미래에셋대우, 2020.9월
4. 한국석유공사, "에너지 전환이 석유업계에 미치는 영향과 대응전략 분석", 2020.8월
5. Adela Woojung Kim, "The Majors: Strategies for the energy transition", Wood Mackenzie, 2021.9월
6. David Lluis Madrid Garcia, "CCUS Market Outlook", BNEF, 2021.8월
7. DNV, Energy Transition Outlook 2021, 2021.
8. Kristen Sullivan 외 3, "Sustainability Transformation & ESG Strategy", Deloitte Insights
9. Luxi Hong, "Oil and Gas: Divestment Trends", BNEF, 2021.7월
10. Luxi Hong and David Doherty, "Oil and Gas: Energy Transition Investment Trends", BNEF, 2021.2월
11. Maria Yee, "Global Hydrogen Trends", Wood Mackenzie, 2021.9월
12. Martin Tengler, "Hydrogen for Begginers", BNEF, 2021. 9월 등