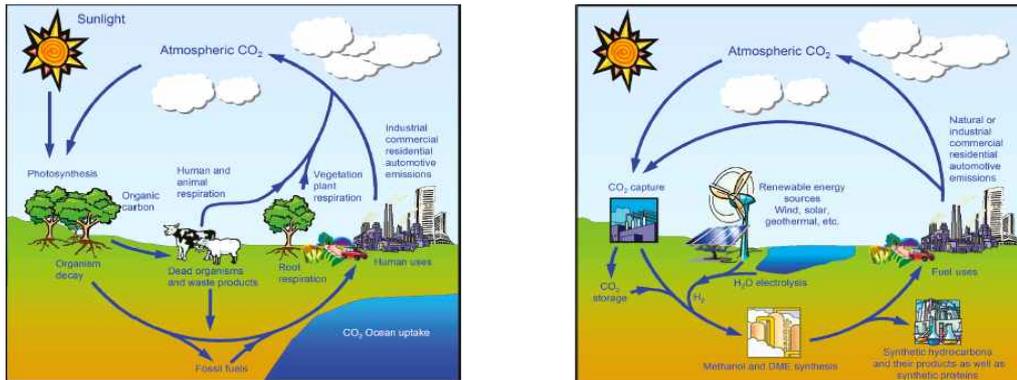


## 1. 지구온난화 방지를 위한 CCS

태양에서 지구로 도달하는 빛 에너지 중 ( $342\text{W}/\text{m}^2$ ) 약 31%는 대기 중의 구름이나 먼지 등에 의해 반사되고 지표면에는 49%인  $168\text{W}/\text{m}^2$  정도 도달한다. 지구는 태양에서 도달한 에너지중 적외선과 같이 긴 파장의 에너지를 방출하며 대기 중의 이산화탄소와 같은 온실가스에 일부가 흡수된다. 적외선을 흡수한 온실가스 분자는 들뜬 상태가 되고 안정한 상태를 유지하기 위하여 에너지를 방출하며, 이 에너지로 인하여 지구가 일정한 (약  $15^\circ\text{C}$ ) 온도를 유지할 수 있다. 이러한 온실효과가 없다면 지구의 평균온도는  $-18^\circ\text{C}$  이하로 떨어져 생명체의 생존이 불가능하게 된다. 따라서 우리가 쾌적하게 살 수 있게 만드는 요인 중의 하나가 이산화탄소와 같은 온실가스에 의한 온실효과이다. 지구 온난화 현상을 야기시키는 온실가스 (Greenhouse Gas, GHG)는 제3차 당사국총회(COP : Conference of the Parties)에서 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ), 메탄( $\text{CH}_4$ ), 아산화질소( $\text{N}_2\text{O}$ ), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 6불화황( $\text{SF}_6$ )을 6대 온실가스로 지정하였다. 6대 온실가스 중 80% 이상을 차지하며 제어 가능한 물질로 분류되는 이산화탄소에 대한 저감이 글로벌 이슈로 부각되고 있다.

지구상 탄소의 99.94%는 광물형태로 (Dead Carbon, 약  $10^{15}$ 톤) 존재하며 0.06%만이 대기, 생물계(Biosphere), 수계(Hydrosphere)에 (Live Carbon) 존재한다. 또한 Live Carbon 중 99% 이상은 바다 속에 용해된 상태로 있다. 따라서 대기 중에 존재하는 아주 작은 양의 온실가스가 지구온난화의 원인으로 작용한다. 이러한 온실가스 특히 이산화탄소는 탄소순환(Carbon Cycle)이라는 지구의 자정작용에 의하여 항상 일정한 값을 보인다. 일례로 5천7백만 년 전에 지구의 거대한 화산폭발에 의해 지구온도가 급격히 증가했을 때 도 지구의 자정작용에 의해 온화한 온도를 되찾았다. 문제는 기간이 4백만 년 걸렸다는 것이다(H.E. Dismore, Energy Convers. Mgmt., 1992). 이러한 긴 시간은 지구상의 생태계가 파괴되어 인류가 더 이상 생존할 수 없는 지경에 이른다. 따라서 인위적으로 지구 온난화 가스를 감축할 수 있는 방안이 시급히 마련되어야 한다. 과거의 일시적 온난화현상이 자연에 의한 것이었다면 현재의 온난화 현상은 산업화 시대 이후 화석연료 사용의 급격한 증가로 인한 것이며 온실가스 농도는 산업혁명시대의 280ppm에서 현재 385ppm으로 약 37% 이상 증가하였다. 지구온난화에 의하여 지난 100년간 (1906~2005년) 전 세계 평균은  $0.74^\circ\text{C}$  상승하였으며, 온실가스 저감을 위한 대책을 도입하지 않을 경우 금세기 말  $6.4^\circ\text{C}$  상승할 것으로 전망된다. 우리나라의 경우 지난 96년간 (1912~2008년)  $1.7^\circ\text{C}$ 의 온도상승으로 전 세계 온도상승의 2배 이상 증가하였다. [\* 저자사건 - 지구온난화에 의한 우리나라의 온도 증가가 전 세계 평균의 2배 이상 특히 대도시의 경우 3배 이상 된다는 점에 대한 주장은 제고의 필요가 있는 것으로 사료됨. 우리나라의 온도 증가는 지구온

난화보다는 도시화에 의한 온도상승 요인이 큼.] 지구온난화는 육상 및 해양생태계의 변화 및 인류 건강에 직간접적인 영향을 끼칠 것은 자명한 사실이며, 경제적으로도 세계 GDP의 5~20%에 달하는 막대한 비용이 기후 변화에 의해서 일어날 것으로 예측하고 있다 (Stern Report, 2006).



(a) Natural Carbon Cycle      (b) Anthropogenic Chemical Carbon Cycle

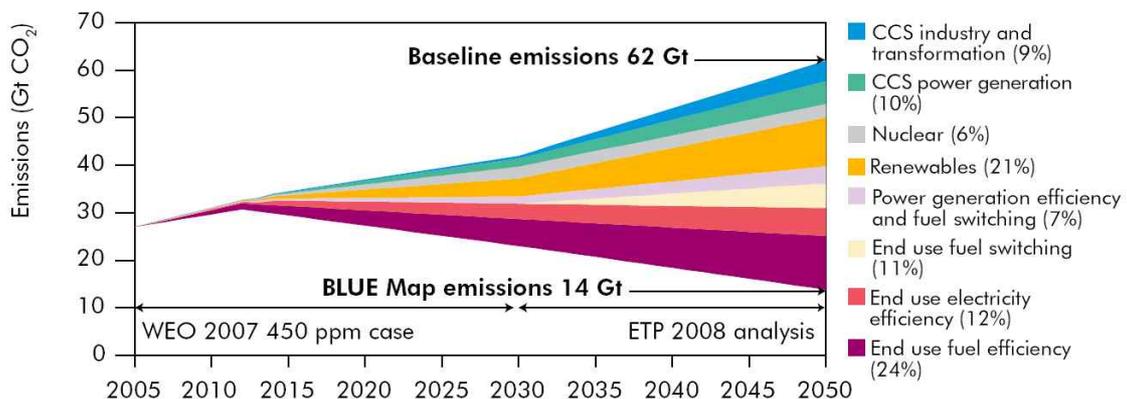
[그림 1-1] 탄소 순환 개념도 (George A. Olah et. al., JACS, 2011)

이와 같은 환경적 대재앙을 방지하기 위하여 1992년 6월 브라질 리우환경회의에서 지구 온난화에 따른 이상 기후현상을 예방하기 위한 목적으로 “기후변화에 관한 국제연합 기본 협약”이 채택되었다. 이후 1997년 선진국(Annex 1)의 구속력 있는 감축목표 설정, 공동 이행제도, 청정개발체제(CDM : Clean Development Mechanism) 및 배출권 거래제 등이 포함된 교토의정서가 채택되었다. Annex 1 그룹으로 분류된 선진국들은 2008 ~ 2012년 교토의정서 1차 공약기간중 이산화탄소를 1990년 기준 -8%에서 +10%까지 차별적인 저감 의무를 규정받고, 국가별로 대응 정책을 수립하여 추진 중이다. 개도국 지위를 인정받은 우리나라는 1단계 동안인 2012년까지 이산화탄소 감축 목표 시행을 유예 받았으나 2005년 우리나라의 이산화탄소 배출량은 1990년 대비 99.7% 증가하여 세계에서 두 번째로 높은 증가율을 보이고 있으며, 전체 이산화탄소 배출량도 세계 9위로 나타나고 있다. 따라서 세계 10위의 경제규모와 이산화탄소 배출량을 고려할 때 2차 공약기간인 2013년부터 우선적으로 온실가스 배출 규제국이 될 가능성이 큰 것으로 사료된다.

지구 온난화를 방지하는 방법은 화석연료 사용을 억제하는 것으로 귀결된다. 화석연료 사용을 억제하는 방법은 에너지효율 증가, 신재생에너지의 보급 확대를 들 수 있다. 에너지 효율 증가를 시키는 방법이 가장 용이한 방법이나 이는 지구 온난화방지 문제가 아니더라도 많은 부문에서 이미 시행되고 있기 때문에 효율 증대를 통한 온실가스 감축효과를 얻기는 용이하지 않은 것으로 분석되고 있다. 태양광, 풍력, 연료전지와 같은 신재생에너

지의 보급 확대가 미래 에너지원 확보측면에서 가장 바람직한 모습이나 상용화를 위해서는 앞으로 극복해야 할 많은 난관이 존재하여 가까운 미래에 우리 사회가 탈 화석연료 사회로 전환되는 것은 힘들 것으로 예측된다. 국제에너지기구(IEA : International Energy Agency)에서는 신재생에너지 분야의 기술발전이 지속되더라도 화석연료의 의존도는 2005년 80%에서 2050년 84%로 오히려 증가될 것으로 예측하고 있다 (IEA Energy Technology Perspective, 2008). 즉, 신재생에너지 사회로의 에너지 패러다임이 변환되기 전까지는 별도의 온실가스 감축 기술이 필요하며 이의 대안으로 가장 부각되고 있는 기술이 이산화탄소 포집 및 저장 (CCS : Carbon Dioxide Capture & Storage)기술이다.

IEA에서는 온실가스를 감축하기 위한 ACT Map 시나리오와 BLUE Map 시나리오의 2가지 안을 제시하였다. ACT 시나리오는 2050년 온실가스 배출을 2005년 수준으로 유지하기 위한 방법론을 제시한 것이며, 현재 개발된 기술이나 상당한 기술적 진전이 있는 기술을 적용하여 온실가스를 줄이는 것으로 2050년까지 약 17조억달러의 비용이 소요될 것으로 예측하고 있다. 그러나 IPCC에서는 2005년 대비 2050년 온도 증가를 2~2.4°C로 유지하기 위해서는 2005년 배출된 온실가스를 50% 감축하여야 한다고 제시하였으며, 2007년 G8회의(Heiligendamm Summit)에서도 이에 대한 노력을 기울이기로 하였다. 이를 달성하기 위한 시나리오가 BLUE Map 시나리오로 현재 연구개발 중인 새로운 기술이 적용되어야 하며 이를 위해서는 약 45조억달러의 막대한 비용이 소요될 것으로 예측된다. BLUE Map 시나리오에서는 온실가스를 줄이기 위한 다양한 기술들이 제시되고 있으며 CCS 기술이 약 19%의 온실가스 감축에 기여를 해야 할 것으로 판단하고 있다.

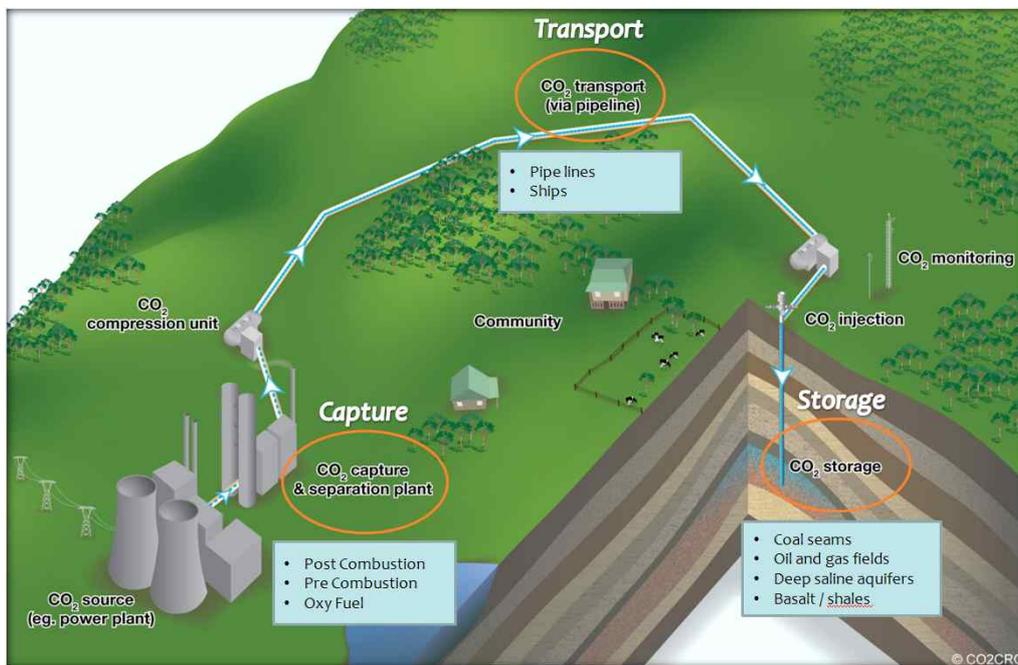


[그림 1-2] BLUE Map 시나리오에 따른 기술별 온실가스 감축 분율.

우리나라는 2009년 국가온실가스 중기감축목표를 발표하였으며 2020년 BAU

(Business As Usual) 대비 30% 감축안을 제시하였다. 이는 개발도상국이 제시할 수 있는 가장 강력한 안이며 이를 달성하기 위한 주요 감축수단으로 차세대 그린카 보급, 최첨단 고효율 제품 도입 등과 함께 CCS 도입 강화를 들고 있다.

이상의 결과로 볼 때 CCS는 온실가스 감축을 위한 불가피한 선택으로 볼 수 있다. CCS는 석탄화력발전소, 제철공정, 시멘트공정, 석유화학공정과 같은 다량의 이산화탄소를 배출하는 공정으로부터 이산화탄소를 포집하고 이를 압축하여 수송, 저장하는 일련의 공정을 의미한다.



[그림 1-3] CCS 개념도.

※ 다음 호에서는 CCS의 장단점과 CO<sub>2</sub> conversion 기술의 도입 필요성에 대한 기술하겠음.