

파리협정 제6조 국제탄소시장의 감축유형 규정에 대한 우리나라 협상 입장 수립 연구: 탄소포집·활용·저장(CCUS) 기술 기반 감축사업 측면에서

박선주* · 오채운**† · 신경남***†

*서울대학교 산림과학부 박사과정, **녹색기술센터 정책연구부 책임연구원,
***경희대학교 국제개발협력연구센터 산학협력 중점교수

Research on Korea's Negotiating Position on Types of Mitigation based on Carbon Capture, Utilization, and Storage Technology under Article 6 of the Paris Agreement

Park, Sunjoo* · Oh, Chaewoon**† and Shin, Kyungnam***†

*Department of Forest Science, Seoul National University, Seoul, Korea

**Principal Researcher, Division of Policy Research, Green Technology Center, Seoul, Korea

***Collaboration Professor, Center for International Development Cooperation (CIDE), Kyung Hee University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Article 6 of the Paris Agreement lays the groundwork for formation of an international carbon market. Under this agreement, parties are given a flexible way to achieve their nationally determined contribution (NDC) by using internationally transferred mitigation outcomes (ITMOs) produced in voluntary cooperation between or amongst parties. For implementation of Article 6, parties have been negotiating specific rules that will guide the behaviors of participating countries in cooperative approaches and sustainable development mechanism. Of the negotiating items, rules regarding the ITMOs are quintessential because they can influence ITMO production quantity, quality, exchange equivalence, etc. in the international carbon market. This can affect party decisions to participate in cooperative approaches or sustainable development mechanism, scope and level of participation, domestic mitigation actions, etc. One negotiating item is 'types of mitigation' allowed to produce ITMOs. Mainly, three types of mitigation have been discussed: i) emission reduction, ii) removal, emission removal or removal by sinks, and iii) emission avoidance. In December 2019, 'emission reduction' and 'removal' were agreed to be included as mitigation types, though 'emission avoidance' was not. This study paid attention to which types of mitigation should be supported from the perspective of carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies. The Korean government plans to achieve a significant portion of its mitigation target in NDC by utilizing CCUS technologies, which can be divided into carbon capture and storage (CCS) technologies and carbon capture and utilization (CCU) technologies. Also, Korea has pushed the development and transfer of CCUS technologies at home and abroad. Therefore, an analytical frame is formulated with four factors that define the types of mitigation: i) specific point sources, ii) strict baseline, iii) degree of temporary storage, and iv) strict methodology. With this frame, this study explains the technological characteristics of CCS and CCU technologies, attempts to define the types of mitigation activities that deploy CCS and CCU technologies, and explores Korea's current status on development and retention of these technologies. The most appropriate negotiation position on the types of mitigation for Korea was discussed. This study concludes by summarizing analytical results and suggests Korea's future actions.

Key words: Paris Agreement, Article 6, Carbon Market, Types of Mitigation, Negotiation, International Relations Theory, Realism, Carbon Capture and Storage (CCS), Carbon Capture and Utilization (CCU)

†Corresponding authors : chaewoon.oh@gmail.com (Green Technology Center, 17th floor, Namsan Square Bldg., 173, Toegye-ro, Jung-gu, Seoul 04554, Republic of Korea. Tel: +82-2-3393-3987)
kshin@khu.ac.kr (Room.223, Neo-Renaissance Bldg., 26 Kyungheedaero, Dondaemun-gu, Seoul 02447, Republic of Korea. Tel: +82-2-961-9671)

ORCID 박선주 0000-0003-0150-4748 신경남 0000-0002-5909-5046
오채운 0000-0003-1357-5519

Lead author : Park, Sunjoo / Oh, Chaewoon

Received: September 9, 2020 / Revised: September 18, 2020 1st, October 7, 2nd / Accepted: October 16, 2020

1. 서론

2020년 신기후체제의 도래를 알리는 파리협정이 2015년 채택되었다. 파리협정이 채택되던 2015년, 각 국가들은 신기후체제 하에서 자국이 국제사회에 기여하기 위한 목표를 자유재량에 따라 설정한 국가결정기여(Nationally Determined contribution [NDC])를 작성하여 유엔기후변화협약(United Nations Convention on Climate Change [UNFCCC]) 사무국에 제출하였다. 파리협정 당사국들은 자국이 제출한 NDC 상의 목표를 2021년부터 이행해야 한다. 이에, 당사국들이 의무를 이행하는 데에 지침이 되는 파리협정 세부이행규칙에 대한 협상이 2016년부터 2018년까지 3년간 진행되었다. 그리고, 2018년 12월에 대부분의 이행규칙이 카토비체 기후 패키지(Katowice Climate Package)라는 이름으로 도출되었다. 그러나 국제탄소시장 형성의 근간이 되는 파리협정 제6조에 대한 세부이행규칙은 아직 도출되지 못했으며, 2019년에 계속해서 논의가 이루어졌고,¹⁾ 2021년에 논의가 재개될 예정이다.

파리협정 제6조의 중요성은 바로 파리협정 하에서 당사국들이 NDC 상의 감축목표를 달성해야 하는데, 이 감축 목표를 유연하게 달성할 수 있는 방안이자 유인을 제공하고 있다는 점에 있다. 즉, 당사국들은 NDC를 이행하는 과정에서 “감축 및 적응 행동에 대한 의욕을 상향하기 위해 자발적인 협력을 추구” 할 수 있다 (PA, 2015, article 6.1). 따라서 제6조는 각국이 의욕적으로 감축 노력을 촉진하고 동시에 비용 효율적으로 감축목표를 달성할 수 있도록 하는 유인책이 될 수 있는 것이다. 이를 위한 국가간 자발적인 협력은 크게 세 가지 방식으로 제6.2조에 근거한 협력적 접근(cooperative approaches), 제6.4조에 근거한 지속가능발전메커니즘(Sustainable Development Mechanism [SDM]), 그리고 제6.8조에 기반한 비시장 접근법(non-market approaches)이 있다. 이 중에서 국가간 자발적 협력을 통해 국제적으로 이전되는 감축결과물(Internationality Transferred Mitigation Outcomes [ITMO])이 생산 및 이전되어 당사국들의 NDC 목표 달성에 사용되는 것이 가능한 접근법은 제6.2조의 협력적 접근과 제6.4조의 지속가능발전메커니즘이다.

제6.2조의 협력적 접근은 국제탄소시장의 매우 다양한 가능성을 모두 포괄하는 개념이자 방식이다. 당사국들이 자발적으로 다양한 양자·다자 협력 체계를 구축·운영할 수

있으며, 이를 통해 생산된 ITMO를 NDC 달성에 사용할 수 있도록 한 접근방식이다. 따라서, 협력적 접근 하에서는 국가·지역·국제 수준에서 설립 및 운영되는 배출권거래제 간의 연계나 다양한 상쇄 메커니즘의 활용 및 참여 등이 모두 가능하다. 제6.4조의 지속가능발전메커니즘은 파리협정 당사국총회에서 지정한 감축기구의 감축하에서 중앙집중형 방식으로 운영되는 국제 탄소시장 메커니즘이다 (Oh and Park, 2019, p.130).

아직 협상중인 제6조의 세부이행규칙에서 핵심은 ITMO이라고 해도 과언이 아니다. 파리협정 제6조에 기반하여 당사국들은 자국의 NDC 목표를 유연하게 달성하고자 하며, 이 목표 달성에 사용되는 것이 바로 ITMO이기 때문이다. ITMO에 대한 세부이행규칙은 제6조 세부 이행규칙 전반에 걸쳐져 있어 승인, 이전, 사용 등에 관한 직·간접적인 항목들로 매우 다양한데,²⁾ 이 연구에서는 그 중에서 ITMO로 인정받을 수 있는 ‘감축유형(types of mitigation)’에 주목하고자 한다. ITMO 협상에서 감축유형이 중요한 이유는 ITMO가 생산될 수 있는 감축유형에 따라 당사국들이 수행하고자 하는 감축활동의 범위가 영향을 받기 때문이다. 2019년 12월 개최된 유엔기후변화협약 제25차 당사국총회까지 논의된 바에 따르면, 파리협정 제6.2조 및 제6.4조에서 인정될 수 있는 감축유형으로 논의된 바는 i) 배출저감(emission reduction), ii) 제거/배출제거/흡수원에 의한 제거(removal/emission removal/removal by sinks), 그리고 iii) 배출회피(emission avoidance)이다. 그리고 제25차 당사국총회의 결정사항에서는 ‘배출저감’과 ‘제거’는 감축유형에 포함되었고, ‘배출회피’는 삭제된 상황이다. 각 감축유형에 대한 정의는 별도로 이루어져 있지 않으며, 당사국은 각국의 감축목표 달성을 위한 이익 극대화 및 감축유형에 따른 기술적 이슈 등을 둘러싸고 각 감축유형의 포함 여부를 논의하고 있다.

그렇다면, 우리나라는 이러한 감축유형에 대해 어떻게 우리나라 입장을 수립하였고, 향후에도 우리나라 입장을 어떻게 수립하여야 하는가. 이에 대한 질문에 앞서, 우리나라의 국가 온실가스 감축목표 달성 계획을 살펴볼 필요가 있다. 우리나라는 2030년 BAU(851 백만톤) 대비 37% 감축목표를 2015년 수립하였고, 이는 국내감축 목표 25.7% 그리고 국외감축 목표 11.3%로 구성이 된다. 이후, 2019년에 발표된 「제2차 기후변화대응 기본계획」에서 국

1) 2020년에 연이어 논의가 이루어졌어야 하나 COVID-19로 인해 2021년으로 협상회의가 모두 순연되었다.

2) 동 논문의 제2장에서 제6조 및 ITMO 세부이행규칙에 관해 상술하였다.

내감축 목표를 32.5%(574.3백만톤)으로 향상하고, 나머지 4.5%(잔여감축량 38.3백만톤)은 산림흡수원과 국외감축 등을 활용하여 달성하기로 결정하였다(Interagency, 2019a). 즉, 우리나라는 국내감축 외에 별도의 국외감축 목표를 설정한바, 파리협정 제6조의 협력적 접근과 지속가능발전메커니즘을 활용해야 하는 상황이며, ITMO의 ‘감축유형’에 대한 협상 결과 역시 향후 우리나라의 탄소시장의 감축활동 범주에 영향을 줄 것으로 예상된다.

이에, 2019년 우리나라는 이 감축유형에 대한 협상에 주목하였다. 그 이유는 「제2차 기후변화대응 기본계획」에서, 우리나라가 이산화탄소 포집·사용·저장(CCUS, carbon capture-utilization-storage) 기술의 개발 및 상용화를 통해 10.3백만 톤을 감축할 계획을 수립하였기 때문이다(Interagency, 2019a, p.37). 또한, 2040년까지 인도 및 동남아 국가들의 석탄 의존도는 높아질 것으로 예측되는바(KEEL, 2019), 화석연료 기반 사회에서 저탄소사회로 전환하는 데에 있어 매개기술로 존재하는 CCUS 기술에 기반한 해외 감축사업의 가능성이 존재한다고 볼 수 있다. 따라서, ITMO 생산을 인정받을 수 있는 감축유형에 협상이 진행되는 2019년, 우리나라는 감축유형에 대한 우리나라 협상 입장을 도출하는 과정에서 ‘CCUS 기술’ 관점에서 우리나라가 지지해야 하는 감축유형을 도출하는 것이 필요하였다. 이에, 2021년 파리협정 제6조에 대한 세부이행규칙에 대한 협상 재개를 앞둔 현재, 동 논문은 2019년 CCUS 기술 관점에서 우리나라가 지지해야 하는 감축유형을 도출하는 과정에 준비 및 활용되었던 내용들을 토대로 CCUS 기술에 기반한 감축사업을 추진하고자 하는 입장에서 우리나라가 지지해야 할 감축유형이 무엇인지 도출하고자 한다.

이에, 동 논문은 제2장에서 ITMO에 대한 규정과 감축유형에 관한 협상 현황을 설명하고, 이어 협상 차원에서 논의되는 감축유형 각각에 대한 의미를 살펴보았다. 이어, 제3장에서는 세 가지 감축유형인 i) 배출저감, ii) 제거/배출제거/흡수원에 의한 배출제거, iii) 배출회피 유형을 감축활동의 네 가지 특징적 요소인 i) 구체적인 감축활동 점원, ii) 엄격한 베이스라인, iii) 일시적 저장의 인정 수준, 그리고 iv) 방법론 측면에서 각기 구분할 수 있는 분석틀을 설정하였다. 그리고, 제4장에서는, CCUS 기술을 탄소포집·저장(Carbon Capture & Storage [CCS]) 기술과 탄소포집·사용(Carbon Capture & Utilization [CCU]) 기술로 구분하여 각 기술에 대해 설명하고, 이어 감축유형의 네 가지 특징적 요소 측면에서 CCS 기술과 CCU 기술에 기

반한 감축사업이 해당하는 감축유형이 무엇인지 도출하고, 각 해당 기술에 대해 우리나라가 보유하고 있는 기술 현황을 살펴보았다. 이를 토대로 우리나라가 취해야 할 감축유형 협상 입장을 도출하였다. 제5장은 결론으로, 동 논문의 결과를 정리하고 향후 추가적인 연구방향을 제안하였다.

2. 협상 현황

2.1 ITMO 규정 및 감축유형에 대한 협상 현황

파리협정 제6조의 이행규칙 협상은 파리협정 제6.2조의 협력적 접근, 제6.4조의 지속가능발전메커니즘, 그리고 제6.8조의 비시장 접근법을 중심으로 진행되고 있다. 협력적 접근법은 당사국들의 자발적 협력을 통해 다양한 이전 방식을 통해 ITMO를 NDC 달성에 사용할 수 있도록 한 광범위한 접근법이며(Gao et al., 2019), 지속가능발전메커니즘은 교토의정서 하에서 운영중인 청정개발메커니즘(Clean Development Mechanism [CDM])과 유사한 상쇄 접근법에 기반한 메커니즘으로서, 파리협정 당사국총회에서 지정한 감독기구의 감독하에서 중앙집중 방식으로 운영된다. 비시장 접근법은 ITMO의 활동(생산·이전·사용)을 동반하지 않는 협력 방식이다(Oh & Park, 2019, p.130). 이 중 감축사업과 직접적으로 관계된 조항은 제6.2조와 제6.4조이다.

6.2조에 기반한 협력적 접근에 참여하는 당사국들은 지속가능발전을 증진하고 환경건전성과 투명성을 보장해야 하며, 이중계산 회피 등을 보장하기 위해 파리협정 당사국회의(Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement [CMA])가 채택하는 엄격한 회계 지침을 적용해야 한다(PA, 2015, article 6.2). 이에, 2016년부터 현재까지 제6.2조 세부 이행지침에 대한 협상이 이루어지고 있다. 제6.2조의 세부이행지침으로 논의 중인 사항은 크게 i) ITMO, ii) 참여, iii) 상응조정, iv) 보고, v) 검토, vi) 기록 및 추적(tracking), vii) 적응(지원)을 위한 수익, viii) 전지구적 배출에 대한 전반적인 감축, ix) 교토의정서 유닛, x) 파리협정 제4.15조의 부정적인 사회적·경제적 영향 해결이다(UNFCCC, 2019a). 사실 ITMO에 대한 정의와 특성에 대한 규정이 이행규칙의 첫 번째 항목으로 논의되고 있으나, 나머지 이행규칙들 역시 ITMO의 승인, 이전, 사용과 관련된 세부규칙을 담고 있다는 점에서 제6.2조의 협상은 ITMO를 규정하는 것이 핵심

이라고 해도 과언이 아니다. 제6.4조의 경우, ITMO에 대한 별도의 규칙을 논하고 있지는 않으나 제6.4조 감축결과물(A6.4ERs, article 6.4 emission reductions)이 국가간 이전을 통해 NDC 달성에 활용될 경우 이 역시 ITMO로 분류가 될 수 있다.³⁾ 이러한 측면에서 제6조에 포함될 수 있는 다양한 감축결과물이 ITMO로 활용될 가능성이 열려있는 상황이다.

그렇다면, ITMO는 어떻게 정의될 수 있는지 살펴보겠다. 파리협정 제6.2조에 기반하면, ITMO는 용어에 이미 담보된 바와 같이 국가들이 국가결정기여 상의 감축목표를 유연하게 달성하는 데 사용하는 국제적으로 이전가능한 감축결과물이다. 그리고 제6.3조에 기반하면, 협력적 접근에 참여하는 당사국이 ITMO를 NDC 목표 달성에 사용하는 것은 자발적이며 당사국들의 승인에 의해 이루어진다(PA 2015, articles 6.2 and 6.3). 그러나 ITMO의 승인, 이전, 사용 방식 등에 대한 구체적인 규칙은 파리협정 상에는 규정되어 있지 않다. 이에, ITMO에 대한 세부이행 규칙은 ITMO의 특성, ITMO 생산에 관한 감축유형, ITMO 승인 절차, 측정 단위, 인정 범주/부문/온실가스 유형, 이전 절차, 수량 조정(획득에 대한 가산, 이전에 대한 가산/감산, 취소 및 사용에 대한 감산 등) 등 매우 다양하며, 각 항목을 중심으로 논쟁이 진행되어 왔다.

이 연구에서는 ITMO로 인정이 되는 감축유형(types of mitigation)에 주목하고자 한다. 파리협정 제6.2조에 기반하면 협력적 접근법에서는 감축유형을 규정하지 않았기 때문에, 기본적으로 모든 감축활동을 통해 ITMO가 생산될 수 있다. 그러나 세부이행규칙 협상 시, 세 가지 유형이 논의되었는데, 이는 i) 배출저감(emission reduction), ii) 제거/배출제거/흡수원에 의한 탄소제거(removal/emission removal/emission removal by sinks), 그리고 iii) 배출회피(emission avoidance)이다. 2019년 12월 협상결과물로서는 ‘배출저감’과 ‘제거’는 ITMO를 생산하는 감축 유형으로 포함되는 데에 합의가 되었고, 배출회피는 포함 여부가 아직 확정되지 않은 상태이다. 이는 다음과 같이 기술되어 있다.

“1. Internationally transferred mitigation outcomes (hereinafter referred to as ITMOs) are: Emission reductions

and removals, including mitigation co-benefits resulting from adaptation actions and/or economic diversification plans, or the means to achieve them, when internationally transferred” (UNFCCC, 2019a, Annex para 1(b)).

한편, 제6.4조에 대한 논의를 보면, 지속가능발전메커니즘의 감축결과물로 인정되는 감축유형에 ‘배출저감’과 ‘제거’가 포함되는 것으로 합의되었으나, 배출회피의 포함 여부는 아직 확정되지 않은 상태이며, 해당 내용은 다음과 같다.

“The activity: (a) Shall be designed to achieve mitigation of GHG emissions, including, emission reductions, increasing removals, including mitigation co-benefits of adaptation actions and/or economic diversification plans (hereinafter collectively referred to as emission reductions) and not lead to an increase in global emissions” (UNFCCC, 2019b, para 31(a)).

2.2 감축유형

감축유형이 논의의 대상이 되는 이유는 무엇인가. 모든 감축활동에는 감축기술이 포함된다. 감축유형의 인정범위가 달라짐에 따라, 국제탄소시장에서 ITMO의 생산에 활용되는 감축기술의 범주가 결정되고, 이는 ITMO의 생산(량), ITMO의 품질, ITMO의 교환등가성 등에 영향이 미친다. 이는 다시 국제탄소시장에 참여하고자 하는 국가들의 참여 여부, 참여 수준, 국내 감축활동 등의 행동에 영향을 준다. 따라서, 감축유형 각각의 정의와 협상 입장에 대해서 살펴볼 필요가 있다.

먼저, ‘배출저감(emission reduction)’은 배출량 제한이나 배출원의 조정 등을 통해 오염물질의 배출을 제한하는 활동이나 과정으로 정의되며(GEMET, 2020; InforMEA [date unknown]), 감축활동이 없을 경우의 베이스라인 배출량 대비 인위적인 감축활동을 통해 온실가스 배출량을 줄이는 것을 의미한다(J-Credit Scheme, 2017). 이를 감축유형으로 포함하는 데에 당사국 간의 이견이 없는 상태다.

한편, ‘제거(removal) 또는 배출제거(emission removal)’는 감축사업을 통해 대기 중의 온실가스를 제거하는 것으

3) 6.4조의 이행규칙은 i) 6.4조 활동과 배출 저감에 대한 정의, ii) 파리협정 당사국총회의 역할, iii) 감독기구, iv) 참여 책임, v) 6.4조 활동 주기, vi) 메커니즘 등록부, vii) 적응을 위한 수익금 부과 및 행정 비용, viii) 전지구적 배출에 대한 감축 달성, ix) 한 당사국 이 상에 의한 감축결과물 사용 회피 x) 다른 국제감축목표를 위한 감축결과물 사용, xi) 파리협정 제4.15조의 부정적인 사회적·경제적 영향 해결, xii) 교토의정서에서 제6.4조로의 이전이 있다(UNFCCC, 2019b).

로, 감축사업이 제거한 탄소량에서 감축사업이 발생시킨 배출량 및 베이스라인 배출량을 제외한 만큼을 말한다(Ibid.).⁴⁾ 이는 화석연료로부터 탄소를 포집하는 탄소포집저장(CCS) 기술처럼 인위적으로 배출량을 줄이는 활동인 배출저감과는 구별된다(Mulligan et al., 2020). 즉, 이미 배출되어 대기 중에 존재하는 이산화탄소를 일정 기간 동안 다른 물질(식생, 토양, 광물, 해양, 제품 등)에 저장하는 개념이다(Burns, 2018; IPCC, 2018, p.544). 제거/배출제거 방법으로는 조림(afforestation), 토양 탄소격리(soil carbon sequestration)부터, 탄소 광물화(carbon mineralization), 직접대기 탄소포집·저장(Direct Access Carbon Capture & Storage), 바이오에너지 탄소포집·저장(BECCS, Bioenergy with carbon capture and storage) 등이 포함된다(Burns, 2018). IPCC 1.5°C 보고서에 따르면, 대기 중 이산화탄소 흡수를 통한 제거/배출제거 기술을 배출흡수기술(NET, negative emission technology)로 규정하고 있으며, 6대 배출흡수기술로 i) 조림 & 재조림 기술, ii) 토지 관리 기술, iii) 증진된 풍화작용 기술, iv) 해양비옥화 기술, v) 바이오에너지-이산화탄소 포집·저장 기술(BECCS), vi) 직접대기 포집·저장(DACCS) 기술이 설정되어 있다(IPCC, 2018).

‘제거/배출제거’에서 더 좁은 범위의 감축유형으로는 ‘흡수원에 의한 탄소제거(emission removals by sink)’가 있다. 이 감축유형은 교토의정서 제3조에 명기되어 있는데, 이는 인위적인 토지 변화 및 산림 활동으로 인해 발생한 온실가스를 흡수원(산림 등)을 통해 제거하는 것만을 의미한다(UNFCCC, 1997, articles 3). 이 감축유형을 찬성하는 국가는 산림 등 흡수원을 통한 감축실적을 NDC 달성에 활용하고 있는 국가들이다. 다만, 제거/배출제거 감축유형은 찬성하지만 흡수원에 의한 탄소제거 감축유형을 반대하는 사우디아라비아 등 일부 국가들은 토지/산림을 통한 감축이 어렵거나, 배출흡수기술(NET)을 활용한 감축 활동은 인정받지 못하기 때문에 반대한다.

마지막으로 ‘배출회피(emission avoidance)’는 감축 행동에 대한 광범위한 개념으로, 일반적으로 명확하게 합의된 정의는 없으나, 전통적으로 대기중 탄소 제거(carbon sequestration)와 구분하기 위해, 화석연료 사용을 줄이는 행위인 에너지 효율 제고, 에너지 절약 강화, 비-화석에너지 지원으로 전환 등이 회피된 배출(avoided emissions) 활동으로 인식되어 왔다(Herzog et al., 2003). UNFCCC 하에서 논의된 사항을 살펴보면 산불, 산림전용 등으로 인한

온실가스 배출을 예방하기 위한 활동으로서 필요성이 논의되기 시작하였으며(IISD, 1999), 에너지 효율화에 따른 온실가스 배출 방지(IISD, 2007), 바이오매스의 부패 또는 비료 사용 감소 등 다양한 감축활동을 통해 대기 중 온실가스를 감축하거나 회피하는 활동을 포함한다(UNFCCC, 2019c). 특히, 유럽연합(European Union [EU])의 경우, 에너지 저장, 재생에너지, 에너지 집약적 산업, 탄소포집활용 및 대체제품 등에 대한 사업에 대한 별도의 온실가스 배출회피 계산 방법론을 준비해 오고 있는데, ‘온실가스 배출 회피 절대량(Absolute GHG emission avoidance)’은 사업 부재시 발생했을 배출량과 사업 활동 수행 시 배출량 간의 차이로 계산될 수 있다(EU 2020a). 이를 통해 볼 때 배출회피는 배출저감, 제거, 흡수원에 의한 탄소제거를 포함하는 가장 포괄적인 용어로 이해될 수 있다. 이 ‘배출회피’라는 감축유형을 찬성하는 국가는 앞에서 언급된 배출저감, 제거 등의 개념에 따라 인정되는 감축활동 외의 다른 감축활동을 수행함으로써 ITMO의 생산 및 이전을 희망하는 국가에서 주장하고 있다. 한편, 이를 반대하는 국가는 배출회피의 개념이 아직 광범위하고 불명확하다는 이유로 반대한다.

이를 통해, 감축유형인 ‘배출저감’, ‘제거/배출제거/흡수원에 의한 탄소제거’, ‘배출회피’가 협상의 대상이 되는 이유는, 첫째, 이 감축유형 각각의 용어가 무엇을 의미하는지 그 정의와 특성이 명확하게 구분되지 않아 협상의 여지가 있으며, 둘째, 기후변화에 대응하기 위한 소위 감축기술의 범주와 종류가 워낙 다양한데 특정 ‘감축’ 기술이 과연 배출저감, 배출제거, 배출회피 어디에 속하는가에 대해서 명확하게 정의내리기가 쉽지 않다는 데에 있다.

여기서 가장 핵심이 되는 대표적인 기술이 바로 탄소포집·활용·저장(CCUS) 기술이다. CCUS 기술은 “화석연료 기술”로서 화석연료기반 사회에서 신재생 에너지 기반 저탄소사회로 전환하는 데에 있어 징검다리 기술이다(PE, 2020). 이 CCUS에 해당하는 기술이 매우 광범위하고 그 종류가 다양하기 때문에 CCUS에 해당하는 기술들이 활용되기 위해서는 다양한 감축유형이 인정될수록 동 기술을 활용한 감축사업이 가능해진다.

그렇다면, 우리나라는 이 감축유형에 대한 논의에 있어서 어떠한 입장을 취해야 할 것인가. 우리나라는 CCUS 기술을 온실가스 감축수단으로서 설정하고 이의 기술개발 및 상용화 계획을 포함하고 있다. 저탄소 재생에너지로의

4) 여기서 제거/배출제거는 온실가스 제거, 탄소제거(CDR, carbon dioxide removal), 배출흡수(negative emissions)로 불리기도 한다(Burns, 2018). 이 논문에서는 가급적 ‘제거/배출제거’라는 용어로 통일하였고, 필요할 경우 ‘흡수원에 의한 제거’ 등을 함께 기재하였다.

전환에는 시간과 재원이 소요되는바, 에너지 전환의 징검다리 기술로서 CCUS 기술의 개발 및 확산을 추진하고 있다. 따라서, CCUS 기술개발 및 상용화를 추진한다는 우리나라 국가계획에 기반하여 우리나라 협상 입장을 수립하는 데에 상당히 중요한 요소로서 작용하였다. 이에, 이 연구에서는 우리나라의 CCUS 기술 개발 및 상용화를 통해 우리나라 NDC 감축목표를 달성한다는 측면에서, 파리협정 제6조의 세부이행규칙 중 ‘감축유형’을 둘러싼 협상 입장을 어떻게 수립하였는지에 대해서 살펴보고자 하겠다.

3. 분석틀

파리협정 제6조의 세부 이행규칙 수립에 대한 협상 과정 중에서 ‘감축유형’에 대해 우리나라 입장 수립과 관련하여, 이 연구는 우리나라가 유엔기후변화협약 하에서 2019년 12월에 개최된 제51차 과학기술부속자문회의를 앞두고 우리나라 입장을 수립한 과정과 향후 제52차 과학기술부속자문회의를 앞두고 수립해야 할 협상 입장을 설정하고자 한다.

세 가지 감축유형인 i) 배출저감, ii) 제거/배출제거/흡수원에 의한 탄소제거, iii) 배출회피에 대해서 우리나라가 개발 및 확산하고자 하는 CCUS 기술 측면에서 어떠한 입장을 수립해야 하는가를 분석하기 위해서는 두 가지의 틀이 필요하다. 첫째는 앞서 언급된 세 가지 감축유형을 비교 및 구분할 수 있는 틀이 필요하고, 둘째는 다소 포괄적인 용어인 CCUS 기술을 어떻게 분석에 적용하는가이다. 따라서, 동 섹션에서는 이 두 가지 측면의 틀을 세우도록 하겠다.

먼저, 감축유형에 대한 비교 및 구분에 대해서는 ITMO 즉 감축결과물의 ‘생산’과 관련된 협상 논의 및 기존 문헌에 기반하여 접근하고자 한다. 유엔기후변화협약 하에서 탄소시장에 대한 다양한 접근법에 있어서 반드시 포함되는 세 가지 기준으로, i) 감축결과물에 대한 기준으로 실질적(real), 추가적(additional), 영속적(permanent), 그리고 검증가능한(verified) 특성을 지닌 감축결과물이어야 하고, ii) 이중계산 방지가 이루어져야 하며, iii) 온실가스 배출량 총량 감소 또는 방지가 포함되어야 한다(UNFCCC, 2012, para 79). 이중에서, 감축결과물의 생산 자체에 적용되는 기준은 첫 번째 기준이다.

이 각각에 대해서 살펴보면, 첫째, 실질성은 배출저감/제거/회피가 “실제로 발생(really occurring)”해야 한다(Sutter & Parreño, 2007, p.80). 그런데, 이것이 발생하기 위해서 감축사업이 실제(real) 배출저감/제거/회피를 반영해야 함을 의미하고, 이를 위해서는 감축사업의 목적이 되는 감축대상이 실제로 존재해야 함을 의미한다. 따라서 감축대상이자 감축활동이 수행되는 점원(point source)이 우선적으로 존재해야 한다.

둘째, 앞서 언급된 감축결과물이 실질적이기 위해서 반드시 필요한 것이 추가성(additionality)이다. 감축결과물 관련 논의에서 감축효과가 발생했다는 것을 의미할 때 일반적으로 환경적 추가성이 있다고 표현하는데, 환경적 추가성이란 감축사업 부재 시 배출되는 온실가스보다 감축사업 실행 시 배출되는 온실가스량이 더 적은 것을 의미한다(OECD, 2000, p.22).⁵⁾ 추가성을 증명하기 위해서 필요한 것이 바로 베이스라인(baseline)인데, 이는 온실가스 감축 사업이 부재할 경우의 배출량에 대한 기준 시나리오를 의미한다(PMR, 2013). 추가성에서 베이스라인이 중요한 이유는 두 가지로, 하나는 감축사업 부재 시의 가설적 배출량을 베이스라인으로 설정하고, 베이스라인 배출량과 실제 감축사업 수행 후의 배출량 차이를 통해 추가성이 증명되기 때문이다. 다른 하나는 온실가스 감축활동으로부터 생산된 크레딧의 양을 정량적으로 ‘추정/계산’하기 위해서 베이스라인이 활용되기 때문이다(Kollmuss, 2008, p.18; Park et al., 2019).

셋째, 감축활동의 결과물은 영속성(permanence)을 가져야 한다. 영속성 문제는 탄소격리저장소(carbon sequestration reservoir)인 산림 및 토지 사용을 통한 감축활동에서 주로 논의되어 왔다. 그 이유는 탄소격리저장소를 통한 감축활동 이후, 조림 및 재조림 등의 탄소상쇄사업으로부터 획득되는 탄소제거가 벌채 또는 자연재해로 인한 훼손됨에 따라 역전되는 리스크가 존재하기 때문이다(ODI 2010, p.3). 즉, 탄소저장의 비영속성이 문제가 되기 때문이다(Cha et al., 2012; Marland et al., 2001). 영속성/비영속성의 문제는 비단 산림 및 토양에만 적용되는 이슈가 아니라 모든 감축노력에 적용되는 이슈이다. 비영속적인 저장(temporary storage)이 이뤄지는 감축활동이 과연 감축활동으로 인정을 받아야 하는 것인가에 대한 질문은 사실 물리적인 질문이자 동시에 경제적인 질문과 관련

5) 추가성에는 환경적·경제적·기술적 추가성으로 구분될 수 있는데, 동 페이지에서는 환경적 추가성을 기재하였다. 경제적 추가성은 감축사업의 경제성이 부재하여 감축사업 외에는 투자가 이루어지지 않는 것을 의미하며, 기술적 추가성은 보편적이지 않은 기술을 사용하는 것을 의미한다(Park et al., 2019; Huh et al., 2011).

된다. 물리적인 질문은 말 그대로 비영속적인 저장으로 이어지는 감축활동이 영속적인 감축활동 만큼의 감축활동으로 인정을 받아야 하는가에 대한 질문이다. 지질, 산림, 토양, 해양 등을 통한 탄소격리/탄소저장의 경우 영구적이지 않기 때문에 감축활동의 의미 자체가 저해되고 감축활동을 통한 감축결과물 역시 인정받을 수 없게 된다. 이는 일시적 저장에 관한 감축활동에 대해 회계상으로 어떻게 감축량을 산정해야 하는가에 관한 문제로 이어진다. 기존의 회계 접근법은 탄소가 격리/저장된 톤수와 격리된 기간을 기준으로 평가한다. 한편, 경제적인 질문은 사실 물리적인 측면의 질문과 연계가 된다. 먼저, 지질/산림/토양/해양 등에 대한 탄소격리/탄소저장의 경우 그 감축활동이 영구적이지 않고 다시 궁극적으로 대기중으로 돌아가게 된다면, 이 감축활동을 통해 생산된 감축결과물의 탄소가격은 영구적 감축활동을 통한 감축결과물의 탄소가격과 다르게 즉 더 낮게 책정되어야 한다는 주장이 그러하다. 다음으로, 탄소격리/탄소저장에 기반한 감축활동 자체는 재원투자에 기반한 사업을 통해 진행되므로, 이는 비용편익에 기반해 진행될 필요가 있다는 주장이다. 특정 시기에 수행된 감축사업에 대한 편익이 i) 사업수행 당시의 탄소가격, ii) 감축량, 그리고 iii) 할인율에 의해 결정될 수 있다. 따라서, 탄소누출이 일어나는 사업의 경우의 음의 순현재가치를 갖게 된다. 그런데, 만약 탄소가격이 시간에 따라 변동하여, 탄소가격이 높을 때 사업이 진행되고 탄소가격이 낮을 때 탄소누출이 이루어지는 경우에는 탄소격리/탄소저장에 기반한 감축활동이 여전히 양의 순현재가치를 갖게 된다. 즉, 비영속적 저장이 이루어지는 사업이라 할지라도 탄소가격, 감축량, 그리고 할인율을 계산한 순현재가치가 양의 값을 갖는다면, 그 감축사업은 그 가치가 존재하게 된다. 따라서, 이러한 탄소가격, 감축량, 할인율 측면에서 탄소격리/탄소저장에 대한 사업을 진행할 경우, 임시저장이 이루어지는 사업이 영구저장이 이루어지는 사업과 비교해 '가치'가 있느냐에 대한 질문은 단순히 물리적인 측면 뿐만 아니라 사업 투자의 경제적인 측면까지 고려하는 것이다(Herzog et al., 2003).⁶⁾

이는, 넷째, 검증가능성(verifiability)과 연계된다. 특정 감축기술을 활용한 감축활동에 대해서 감축사업을 수행하

고 이에 따른 감축량을 산정하는 데에 방법론이 필요하다. 즉, 감축사업의 결과물이 감축실적을 활용하고자 하는 주체의 요구사항에 부합하도록 생성되었는지 증명하는 과정으로, 일련의 측정, 산정 및 이행지침을 포함하는 방법론 및 모니터링을 통해 확인할 수 있다 (Jenkins et al., 2015).

이를 통합적으로 정리하면, 감축결과물로서 필요한 특성이자 요소인 i) 실질성, ii) 추가성, iii) 영속성, 그리고 iv) 검증가능성에 대해, 감축활동 유형을 구분하는 데에 영향을 주는 요소를 i) 실질성에 기반한 '감축활동 점원', ii) 추가성에 기반한 '명확한 베이스라인', iii) 영속성에 기반한 '일시적 저장의 인정 수준', 그리고 iv) 감축활동의 결과를 산정하는 데에 필요한 '방법론'으로 추출할 수 있다.

이 네 가지 요소들에 따라, 세 가지 감축유형을 각기 구분해 보고자 한다. 첫째, 감축활동 점원 요소의 경우, 배출저감은 기존 배출활동에 대해 감축기술의 적용 등 인위적인 활동을 통해 배출량을 줄이는 것으로, 배출이 이루어지는 특정의 점원이 존재하며, 이 특정 점원에 대해 인위적인 감축활동이 수행된다. 한편, 제거/배출제거는 앞서 감축유형 논의에서 서술하였듯 대기 중의 이산화탄소를 포집하는 활동으로 이산화탄소 점원이 대기 중에 존재한다. 그리고, 배출회피는 배출이 발생하는 특정 점원 뿐만 아니라 대체 효과까지 고려해야하므로 점원이 모호할 수 있으며 대기 중 점원도 포함한다.

둘째, 베이스라인 요소의 경우, 배출제거는 명확한 점원이 존재하므로 해당 점원에서 감축 활동이 없을 경우의 배출량, 즉, 베이스라인을 비교적 명확하게 산정할 수 있다. 제거/배출제거는 점원이 대기이므로 베이스라인 산정 범위인 사업경계가 중요한데, 해당 범위 내의 대기 중 탄소의 물리적인 양에 대해 산정해야 하므로 역시 베이스라인이 명확하다고 할 수 있다. 배출회피는 감축활동 상 직접적으로 나타나는 탄소뿐만 아니라 화석연료 사용 대체 등으로 인한 영향까지 고려해야하므로, 간접적인 탄소량에 대한 고려가 필요하다. 즉, 전체 공정 과정에서 대체 되는 탄소량 등에 대한 가정이 필요하다. 따라서 베이스라인이 배출제거 및 제거/배출제거에 비해 명확하지 않다.

셋째, 일시적 저장에 대한 인정 요소 측면에서는, 배출저감 감축활동의 경우 영속성을 전제하므로, 일시적 저장

6) 일시적인 저장이 이루어지는 감축활동이 감축결과물로서 인정받을 수 있다는 주장은 일시적 저장과 영구적 저장과의 차이는 물리적인 측면에서 접근하는 것뿐만 아니라 탄소가격 등 경제적인 측면에서 접근할 때 그 가치적인 차이가 크지 않을 수 있다는 관점에 기반한다. 대신, 임시저장이 이루어지는 사업이 가치를 갖기 위한 두 가지 조건으로 "i) 만약 기후변화로 인한 한계피해(marginal damage) 즉 탄소가격이 일정하다면 또는 ii) 멀지않은 미래에 (기후변화로 인한) 피해 저감비용을 제한하는 후방기술(backstop technology)이 존재한다면, 일시적인 탄소저장 감축활동의 가치가 영구적인 탄소저장 감축활동의 가치와 거의 근접할 수 있다." 그리고, 일시적 저장의 가치가 있는지를 평가하는 데에 적절한 회계(accounting), 계산 방법론, 탄소 가격 경로 등이 필요하다(Ibid.). (Herzog et al. 2003).

이 인정되지 않는다. 한편, 제거/배출제거/흡수원에 의한 탄소제거는 영속성을 기반으로 하되, 탄소격리저장소에 대한 일시적 저장에 대한 감축사업도 인정한다. 한편, 배출회피 역시 영속성을 기반으로 하나, 일시적 저장이 이루어진다고 하더라도 화석연료 사용이 회피될 수 있다는 가치적인 측면에서 허용될 수도 있음을 시사한다.

넷째, 방법론 측면에서는, 배출저감과 배출제거는 물리적 산정을 위한 엄격한 방법론이 요구되며, 현재 다양한 방법론이 개발되어 있다. 배출회피에 대해서도 감축량 산정을 위해 방법론이 당연히 요구되나, 배출회피에 해당되는 다양한 가능한 감축활동과 그에 대한 전 과정에서의 배출량 측정 및 가정이 필요하다는 점을 고려할 때 그 방법론의 엄격성에 대해서는 의문이 들 수 있으며, 방법론적 모호성을 해결하고자 유럽연합(EU) 등에서 배출회피 산정을 위한 방법론을 개발 중에 있다(EU, 2020b).

이를 정리하면, 다음의 Table 1과 같다. 이렇게 정리된 <Table 1>은 CCUS에 대한 일반기술 및 특히 우리나라가 개발 및 확산하고자 하는 CCUS 기술을 어떠한 감축유형의 요소에 해당하는지 파악할 수 있게 해 준다.

다음으로, CCUS 기술을 분석하기 위해서 CCUS 기술에 대한 접근법이 필요하다. CCUS 기술은 탄소포집(CC, Carbon Capture), 활용(utilization), 저장(storage) 또는 제거(sequestration) 기술들이 순차적으로 엮인 체인 기술이다. 탄소포집(CC) 기술이란, 이산화탄소가 다량 배출되는 발전소 같은 대규모 점원(point sources) 또는 대기중으로부터 이산화탄소를 포집하는 기술이다. 이 포집된 기술로 무엇을 하는가에 따라서 탄소 포집·저장(CCS, Carbon Capture and Storage) 기술과 탄소 포집·활용(CCU, Carbon Capture and Utilization) 기술로 구분된다. CCS 기술은 이산화탄소를 포집하고, 이를 압축 및 수송하여 지중

혹은 해양 퇴적 암반층에 주입·저장하고 모니터링하는 기술을 의미한다. 한편, CCU 기술은 포집된 이산화탄소를 화학적·생물학적 방법 혹은 직접 활용을 통해 다른 고부가·범용 화합물 혹은 연료 등으로 전환 및 활용하는 기술을 말한다(Oh et al., 2019). CCS 기술과 CCU 기술 간의 관계에 대해서, CCU 기술을 CCS 기술의 일부기술(하부 카테고리)로 보는 관점도 있다(Metz et al., 2015). 또는 CCS 기술과 CCU 기술을 서로 다른 기술로 접근하는 관점으로, CCS 기술은 포집된 이산화탄소를 저장소에서 장기 보관하는 기술이며, CCU 기술은 포집된 이산화탄소를 제품으로 전환하는 과정에 활용하거나 또는 전환된 제품에 저장시키는 다른 기술이라는 관점이다(Cuéllar-Franca and Azapagic, 2015).

더 나아가, 포집된 탄소를 지중·해양에 저장하는 과정에서 환경 리스크가 발생할 수 있는 CCS 기술의 대체제로서 CCU 기술을 바라보는 관점도 존재한다(IEA, 2019). 한편, CCS 기술과 CCU 기술 간의 관계성에 관한 관점에서 더 나아가, CCUS 기술을 살펴보면, CCUS 기술을 서로 다른 CCS 기술과 CCU 기술을 한데 묶어 통칭하기 위해 사용하는 용어로 접근하기도 하고(Li et al., 2016), 또는 CCS 기술과 CCU 기술을 융합한 별도의 하나의 기술로 보는 관점도 있다(van der Zwaan & Gerlagh, 2009). CCUS 기술에 대해서 우리나라의 접근법은 CCS 기술과 CCU 기술을 서로 다른 관점에서 접근하고 있다. CCS 기술은 탄소포집·수송·저장 관련 기술 설비의 실증 및 규모화를 추진하고 있으며, CCU 기술 측면에서는 이산화탄소 전환 기술 개발을 통한 이산화탄소 자원화에 초점을 맞추고 있다(Interagency, 2019b). 이에, 동 페이지에서는 CCS 기술과 CCU 기술 각기에 대해서, 먼저, 각 기술에 대해서 구체적으로 설명하고, 각 기술에 대해 다음 Table 1의 네 가지

Table 1. Characteristics of mitigation types

	Mitigation type	Point source	Baseline	Temporary storage	Methodology
i)	Emission reduction	Specific point source	Strict baseline	Temporary storage, not allowed.	Strict methodology
ii)	Removal/ emission removal/ removal by sink	Atmosphere	Strict baseline	Temporary storage, allowed in certain carbon Sequestration reservoirs	Strict methodology
iii)	Emission avoidance	Specific point source or atmosphere	Baseline with assumption	Temporary storage, in certain valued cases	Methodology (developing)

(Source: formulated by the authors on the basis of negotiations and relevant literatures (PMR, 2013; Tanzer and Ramirez, 2019; EU, 2020))

요소 측면에서 어떠한 감축유형에 속하게 되는지 분석하고, 마지막으로 우리나라가 선호하는 감축유형에 대한 협상 입장을 도출하고자 한다.

4. 분석

4.1 탄소포집·저장(CCS) 기술

CCS 기술은 대량의 이산화탄소가 대기 중에 방출되는 것을 방지하는 기술로, 산업 및 에너지 관련 발생원으로부터 이산화탄소를 포집·압축·수송하여 지중 또는 해양 퇴적 암반층에 안전하게 주입 및 저장하고 모니터링하는 기술을 총칭한다(IPCC, 2018). CCS 기술은 크게 포집, 수송, 저장(주입) 단계로 구별되며 각기 다른 기술이 이용된다. 포집 단계에서는 석탄 및 천연가스 발전소, 정유 및 가스 정제소, 제철소 및 시멘트 공장 등에서 발생한 가스에서 이산화탄소를 분리하는 기술이 사용된다. 수송 단계에서는 분리된 이산화탄소가 고밀도 상태 또는 액체 상태로 압축되어 수송 및 저장에 유용한 상태로 만들어지며, 압축된 이산화탄소는 파이프라인 또는 선박 등을 통하여 저장소로 이동된다. 마지막 단계에서는 이산화탄소 저장 기술이 활용된다. CCS 기술은 발생한 이산화탄소를 포집하여 저장하는데 중점을 둔 기술로 대량의 탄소를 포집할 수 있어 감축효과가 높으며, 장기간 대기 중의 이산화탄소 농도를 저감시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 탄소를 안정적으로 오랫동안 저장할 수 있는 입지요건을 찾기가 까다로우며, 탄소포집을 위한 인프라 시설 투자비용이 높고 실증사업 추진이 어렵다는 단점이 있다. 이 외에도 경제성, 안전성, 부지 선정, 수송체계 마련, 안전한 주입과 사후관리, 사회적 수용력 등이 고려되어야 한다 (Kim, 2018). 그럼에도 불구하고 CCS 기술이 주목받는 이유는 신재생에너지로의 전환을 도모하는 과정에서 화석연료를 사용하면서 온실가스를 저감할 수 있는 현실적인 대안이기 때문이다. 일부 선진국을 제외하고는 여전히 많은 나라에서 화석연료를 주로 사용하고 있다. 국제에너지기구의 세계 에너지수요 전망 보고서에 따르면 2040년까지 인도 및 동남아시아 국가 등 신흥 개도국의 석탄 의존도는 높아져 선진국의 석탄 사용 감소분을 상쇄할 것으로 예측된다(KEEI, 2019). 따라서, CCS 기술의 효용성은 당분간 지속될 것으로 보인다.

CCS는 하나의 기술군으로, 이 기술군 내에 다양한 기술이 존재한다. 전통적으로 CCS 기술은 화석연료 사용과

관련하여, 산업공정 및 에너지 생산과정에서 배출되는 이산화탄소에 대해 이를 포집하는 기술로 인식되고 있다 (Dutschke et al., 2016; Bui et al., 2018; GCCSI, 2019). 현재 전반적인 CCS 기술 범주를 보면 포집 단계에서의 기술이 대부분으로, 습식 및 건식 흡수제 등을 활용하는 연소 후 포집 기술, 연소 전 포집 기술, 연소 시 적용되는 기술인 순산소 연소 기술 등이 있다(Lee, 2017; Bui et al., 2018). 수송 과정에서는 파이프라인 및 선적이 활용되며, 저장기술로는 해양 저장, 광물 저장, 고갈된 가스 및 유전 지대를 활용하여 원유를 회수하는 저장기술 등이 있다 (Bui et al., 2018). 산업공정 및 에너지 생산과정에서 발생하는 이산화탄소를 줄이기 위해 적용하는 CCS 기술 기반 감축활동의 경우, 첫째, 명확하고 구체적인 점원이 존재한다. 둘째, 베이스라인과 관련하여, CCS 감축사업은 발전소 등에서 배출되는 이산화탄소를 포집하지 않고 배출하는 경우를 베이스라인으로 설정할 수 있으므로 그 기준이 명확하다(Huh et al., 2011). 셋째, 일시적 저장 관련, IPCC는 CCS 기술은 적절한 지중 저장소의 선택 시 주입된 이산화탄소는 이론적으로 100년~1000년간 장기 저장이 가능하다고 보고 있다(Metz et al., 2005; Huh et al., 2011). 그러나 지각 변동 등으로 인한 지중 저장소의 파손 시 발생하는 누출 문제에 대해서는 완벽히 담보할 수 없기 때문에, 이에 대응할 모니터링 및 별도의 계획이 필요하다. 따라서, 철저한 모니터링 및 누출 방지 계획이 존재한다면, CCS 기반 감축사업의 이산화탄소 저장의 일시성은 상당히 감소 된다. 넷째, 감축량을 산정하는 방법론과 관련하여 베이스라인 대비 추가적으로 감축되는 배출량을 감축량으로 산정할 수 있으며, 포집 과정에서의 측정 은 비교적 명확하다. CCS 사업 전반에 대한 배출량 측정은 각 과정별 모니터링이 필요한데, 수행 관련 배출 및 누출 모니터링을 포함하여 포집·수송·저장 과정에서의 이산화탄소 모니터링, 저장소 관리 모니터링을 통해 감축·배출되는 이산화탄소량 산정이 가능하다. 따라서, 이러한 감축 유형의 네 가지 요소를 종합해 볼 때, 산업공정에서 발생한 이산화탄소를 포집 및 저장하는 기술은 ‘배출저감’ 유형으로 분류될 수 있다.

한편, CCS 기술 중에서 IPCC 배출흡수기술(NET)로 분류된 기술로 두 가지 기술인 직접대기 탄소포집저장(Direct Access Carbon Capture & Storage [DACCS]) 기술과 바이오에너지 탄소포집저장(Bioenergy with Carbon Capture and Storage [BECCS]) 기술을 좀 더 살펴보도록 하겠다. 먼저, DACCS 기술은 흡수제 또는 흡착제를 이용

하여 대기 중의 이산화탄소를 직접 대규모로 포집하여 지중 저장소나 장기생산물에 저장하는 것을 말한다 (Gambhir and Tavoni, 2019). DACCS 기술은 대기 중에서 이산화탄소를 포집한다는 측면에서, 점원이 '대기'가 된다. 베이스라인의 설정 측면에서는 DACCS 기술의 추가성 입증을 위해서는 사업범위의 명확한 설정이 필요하며, 해당 범위 내에서 설비 및 흡수 과정에서의 모니터링 및 이산화탄소 측정을 통해 기존 모델에 적용하여 감축효과를 산정한다. 이때 방법론은 WITCH 에너지 모델 등 기존 모델을 적용한다(Ibid.). 저장성 측면에서는 CCS와 마찬가지로 지중 혹은 해양 퇴적 암반층에 주입·저장하고 모니터링하기 때문에 저장이 상대적으로 영구적이다. 따라서, 감축유형의 네 가지 요소를 종합해 볼 때, DACCS 기술은 배출제거 또는 제거 유형으로 분류될 수 있다.

BECCS 기술은 바이오에너지 설비에 CCS 기술을 접목한 개념으로, 과정 자체는 일반 CCS 기술과 동일하나, 바이오에너지를 사용한다는 점이 다르다. IPCC 보고서에서는 CCS 활용과 관련하여 CCS와 BECCS를 구분하고 있는데, 두 기술의 차이는 기존 CCS 기술은 보통 화석연료 연소에 따른 이산화탄소 포집 기술을 일컫는 반면, BECCS는 바이오매스 연소에 따른 이산화탄소 포집이라는 점이다(Bui et al., 2018). 바이오매스는 생장 과정에서 공기 중의 이산화탄소를 흡수하여 그 자체로 이산화탄소 저장소의 역할을 한다. 따라서 BECCS 기술은 탄소가 포집된 원료를 에너지원으로 활용한 뒤 다시 탄소를 저장하는 것으로 대기 중 이산화탄소 제거 및 에너지 발생 효과가 있어 이중의 편익을 제공한다는 장점이 있으며, 이에 따른 총배출량은 제로 또는 마이너스 배출(흡수)이 되므로 온실가스 감축 측면에서 매력적인 기술로 여겨진다(Burns, 2018; Bui et al., 2018). BECCS 기술은 바이오매스가 대기 중의 이산화탄소를 흡수하고 있다는 점에서 점원이 대기 중의 이산화탄소로 볼 수 있다. 일시적 저장 측면에서는 산림 및 토지 흡수원에 비해 반영구적이고 저장 안정성이 높다(Bui et al., 2018). 베이스라인 및 추가성 측면에서는 논쟁적인 부분이 있는데, BECCS 기술의 원료인 바이오매스를 인위적인 작물 재배 등을 통해 얻게 될 경우 재배 과정에서 발생하는 온실가스 등에 대한 고려가 추가되어야 하기 때문이다. BECCS가 배출흡수 효과를 내기 위해서는 바이오매스 재배에 따른 이산화탄소 배출보다 BECCS 활용에 따른 제거량이 높아야 감축 효과가 있다(Burns, 2018). 따라서, 바이오매스에 대한 이산화탄소 배출 및 제거량 산출 방법론이 필요하며, 탄소포집 및

저장 과정에서의 검증과정은 CCS와 동일하다. 방법론 측면에서 BECCS 기술은 배출흡수기술 중 비교적 성숙한 기술로서 다양한 방법론이 시도되었다. 따라서, 이러한 감축유형의 네 가지 요소를 종합해 볼 때, BECCS의 감축효과가 증명될 경우, BECCS 기술은 배출제거 또는 제거 유형으로 분류될 수 있다.

우리나라의 경우, 2010년 범부처 「국가 CCS 종합 추진 계획」을 수립, CCS 기술 개발에 착수하였으며, 2019년 「제3차 녹색성장계획」에서도 포집·수송·저장 기술 등의 지속적 실증 추진을 명시하였고, 2030년까지 원천기술에 대한 실증, 플랜트 기술 패키지 개발 및 상용화를 목표로 하고 있다. 포집 기술은 파일럿 규모(10MW급)에서의 석탄발전소 실증에 성공, 실증 로드맵상 2단계 설비 실증(150MW급)을 집중적으로 추진하고 있으며, 2030년 400만톤 규모의 감축을 목표로 하고 있다(Interagency, 2019b). 구체적으로 습식 포집기술은 상용흡수제 대비 35% 에너지 절감에 성공했고, 건식 포집기술은 이산화탄소 제거율이 80% 이상으로 특히 세계 최초로 상용급 '건식흡수제 이용 유동층 CO₂ 포집 공정' 관련 원천기술을 확보하고 있다(Yoo et al., 2018; GTC, 2019). 저장기술은 중소규모 실증사업을 통해 대규모 실증 및 상용화를 위한 기술개발을 추진 중이며 핵심 기술 자립화 연구 중이다. 각 부처별로 국가 잠재 저장용량 평가 및 물리·지화학적 방법을 이용한 육상 저장 연구, 해상에서의 수만 톤 규모 이산화탄소 주입 실증사업 착수, 해양 이산화탄소 수송 및 저장 실증 사업 등이 추진되고 있으며(Yoo et al., 2018), 약 3억톤 규모 및 약 1억톤 규모의 이산화탄소를 저장할 수 있는 대륙붕 저장소가 있는 것으로 추산되나 실질적 저장용량은 좀 더 낮을 것으로 평가된다(Kwon and Shin, 2018). 최근 저장기술 관련 특히 출원 수는 세계적으로도 높은 수준이다(Jang et al., 2019). 지중 저장소의 경우 지진 등으로 인해 사업 추진이 다소 미진했으나(Kwon and Shin, 2018), 제3차 녹색성장계획 해양저장소의 확보 노력 역시 강조하고 있어, 산업통상자원부 등이 동해 지역에 저장소 확보를 위한 타당성 조사 등을 이어가고 있다.

한편, DACCS 기술의 경우 우리나라에서 연구 필요성은 강조되고 있으나 현 단계에서 구체적으로 추진을 명시한 바는 없으며, 이산화탄소 흡착 소재에 대한 연구는 학계 및 민간에서 진행되고 소규모 직접 포집에 대한 연구가 진행되었다(Lee et al., 2015). 그러나 DACCS 기술은 대기 중 이산화탄소를 직접 포집하는 기술 특성상, 국가

온실가스 인벤토리 및 국가 감축목표 이행 시 조직경계를 특정화하기 어려우며, 국내에 적용하기에는 경제성 측면에서 불리하다는 단점이 지적되었다(Yoo et al., 2018). BECCS의 경우 직접적으로 명시하고 있지 않으나, 「제3차 녹색성장계획」 상에는 이산화탄소 활용기술로서 생물학적 전환 기술이 언급되고 있으며, 과학기술정보통신부(이하, 과기정통부)가 주관하는 Korea CCS 2020 사업의 한 분야로서 미세조류 등 미생물을 이용한 이산화탄소 전환 기술 원천기술을 확보하는 등 관련 연구가 진행되고 있다(KCRC, 2015). 생물학적 전환 기술은 기존의 미세조류 개량 및 배양 기술을 활용하여 온실가스 감축잠재량이 큰 연료 및 화학원료로 활용하는 것인데(Interagency, 2019b), 미세조류 바이오매스를 탄소포집 및 저장기술과 접목시킬 경우 BECCS의 개념과 동일하다고 볼 수 있다. 이상에서 논의한 CCS 기술군에 대한 사항을 감축유형 측면에서 정리하면 다음의 Table 2와 같이 나타낼 수 있다.

4.2 탄소포집·활용(CCU) 기술

한편, CCU 기술은 이산화탄소를 포집한 후 신제품을 생산하는 과정이다. CCU 기술은 탄소 포집 및 활용기술로, 이산화탄소를 자원으로 인식하여 포집하고 이를 활용하여 화학제품, 광물, 바이오연료 등으로 전환·제품화하는 기술을 말한다(Choi and Ahn, 2018). 궁극적으로 이산화탄소를 자원화하고 재활용하여 새로운 부가가치 산물을 생산하는 데 목적이 있다. CCU 기술은 i) 이산화탄소 포집 및 분리 단계, ii) CCU 기술 활용제품 제조 단계, iii) 사용 및 폐기 단계로 나눌 수 있다. CCS 기술과 비교하여 CCU 기술의 장점은 이산화탄소 포집과 전환이 다른 공간

에서 발생할 수 있으며, 대규모 저장소가 필요하지 않고 CCS 기술에 비해 입지조건 제약이 적다는 점이다. 이산화탄소 및 부산물을 원료로 이용하기 때문에 자원절감 효과가 존재하며 경제적 이익이 발생할 수 있다(Kim & Nah, 2019). 반면, CCS 기술에 비해 한 번에 다량의 이산화탄소를 처리하기 어려우며, 이산화탄소를 전환 및 재활용하는데 필요한 추가적인 에너지 및 자원 투입으로 인해 또다시 온실가스를 배출할 우려가 있으며, 반영구적인 이산화탄소 격리가 가능한 CCU 제품은 현재로서는 한정적이기 때문에 탄소 저감 기능이 제한적이며, CCS 기술을 대체하기는 어렵다고 여겨졌다(Roberts, 2019; Mac Dowell et al., 2017).

그러나 IPCC에서는 기술발전을 통한 CCU 기술의 활용가능성이 여전히 있다고 보고 있으며, 특히 이산화탄소를 대기에서 장기간 격리시키는 탄소기반 재료를 제품생산 원료로 사용할 경우와 저비용·저배출 에너지 생산이 가능하다면 CCU 기술이 지속가능하다고 보고 있다(IPCC, 2018). 또한 CCU 기술개발은 탄소포집 기술의 규모를 키우고 생산 비용을 낮추는데 도움이 될 수 있으며, 고비용·안정성 문제가 까다로운 CCS 기술의 문제점을 일부 해결할 수 있어 연구 및 상용화 가능성이 더 높다고 여겨진다(Kim, 2019). 원유 추출 등 CCS 기술을 이용해 추가적인 부가수입을 올릴 수 있는 지역을 제외하면, 이산화탄소 발생원과 지중저장소가 서로 다른 지역에서는 CCS 기술보다는 CCU 기술이 부가가치를 더 높일 수 있다고 보고 있다(Ibid., 2019). 이에 따라 유럽을 중심으로 다양한 CCU 기술 실증화 및 상용화 프로젝트들이 추진되고 있으며, 우리나라 역시 관련 연구개발 사업이 추진되고 있다.

Table 2. Characteristics of CCS technology

Category	Characteristics				Mitigation Type
	Point Sources	Baseline	Storage	Methodology	
CCS	Specific facilities	Strict baseline	Long-term	Verifiable	Reduction
DACCS	Atmosphere	Strict baseline with clear boundary	Long-term	Verifiable	Removal
BECCS	Atmosphere		Long-term	Verifiable	Removal

(Source: formulated by the authors)

CCU 기술을 감축유형을 결정하는 특징적 요소 측면에서 살펴보면, 첫째, 점원과 관련하여, 일반적인 CCS 기술과 마찬가지로 산업공정 및 에너지 생산과정에서 배출되는 이산화탄소에 대해 이를 포집하는 기술에서 시작하기 때문에 배출 점원이 명확하다. 둘째, 베이스라인과 관련하여, 기존 제품생산 시 발생하는 이산화탄소 배출량을 벤치마크로 두거나, 기준년도에 발생하는 해당 설비의 이산화탄소 배출량을 베이스라인으로 둘 수 있다. 셋째, 일시적 저장 측면에서 CCU 기술은 이산화탄소 발생원 및 이산화탄소 전환 과정에서의 에너지원, 제품의 수명 등에 따라 감축에 기여할 수 있는지를 판단하는데, IPCC 1.5°C 보고서에서는 CCU 제품 중 이산화탄소가 충분한 시간 동안 제품에 저장함으로써 이산화탄소를 격리시킨 경우 이를 CCUS 기술로 칭하며, 이산화탄소 격리 시에만 CCUS 기술이 이산화탄소 제거로 이어질 수 있다고 간주하기도 한다(IPCC, 2018, p.544). 그리고, 이산화탄소 활용을 통해 제조한 제품은 사용 및 폐기를 통해 이산화탄소가 단기간 내 다시 방출되는 경우와, 충분한 시간 동안 제품 내에 저장되는 경우로 나눌 수 있다(Yoo et al., 2018). 단기간 내 이산화탄소가 재방출 되는 경우 중 하나는 포집된 탄소를 활용한 제품이 연료인 경우가 있다. 이때 연료 사용을 통해 이산화탄소가 재방출 되기는 하지만, CCU 활용연료를 사용하지 않았다면 화석연료를 사용했을 것이기 때문에 화석연료를 대체한 효과가 있으며, 이에 따른 배출회피 효과가 있다고 본다(Ibid.). 또한, CCU 제품이 연료가 아닌 경우에도 제품 생산 단계에서 포집된 이산화탄소를 활용했기 때문에 해당 제품생산 및 사용에 대한 이산화탄소 발생 대체효과가 존재하므로 역시 배출회피 효과가 있다고 볼 수 있으며, 단, 이때 CCU 기술로 생산되는 제품은 기존 제품과 동일하거나 유사 기능을 가졌고 기존 원료가 이산화탄소가 아닌 경우를 가정한다(Ibid.). 이러한 전 과정을 볼 때 CCU 기술은 탄소저장 효과, 배출회피 효과, 이산화탄소 사용 효과를 가졌다고 볼 수 있으며, 감축유형으로는 배출저감 및 배출회피에 해당한다고 볼 수 있다. 넷째, 방법론 측면에서 베이스라인 배출량에 대해 CCU 제품 공정 과정에서 발생하는 배출량을 차감하는 방식으로 감축실적을 산정할 수 있는데, 이에 대한 공정 과정 전체의 모니터링이 병행되어야 하며, 직접적인 배출량뿐만 아니라 간접적인 배출량이나 누출에 대한 모

니터링 방법론이 필요하다.

이를 종합하면, 감축유형 측면에서 CCU 기술의 탄소저장 기능을 고려할 때, CCU 기반 감축활동은 ‘배출저감’ 유형으로 포함될 수 있는 가능성을 담보하고 있다. 그러나, CCU 기술에 기반한 제품 등에 이산화탄소를 저장하는 ‘기간’이 짧을 경우, 배출저감 유형이 어려울 수 있다. 사실, 배출저감 유형으로 분류될 수 있는 가능성에 가장 많은 영향을 주는 것이 바로 CCU 기술을 적용하여 생산된 제품에 이산화탄소가 얼마나 영속성 있게 저장되는가의 여부이다. 물론, ITMO의 특성에 대한 협상에 있어서, ITMO의 특성으로 i) 실질성(reality), ii) 검증가능성(verifiability), iii) 추가성(additionality)만 포함되는 것으로 확정이 되었고 영속성(permanence)은 빠져 있다(UNFCCC 2019a, Annex para 1(a)).⁷⁾ 그러나, 협력적 접근에 참여하는 당사국들은 현재 및 향후 NDC 타임프레임에 걸쳐 감축의 비-영속성(non-permanence)의 리스크를 최소화해야 한다는 점이 합의되었다는 점을 상기할 때, 감축활동의 영속성은 중요한 요소이다(Ibid., Annex para 28(g)). 또한 공정과정에서 이산화탄소 포집 및 화석연료 대체 이후의 공정 과정상 발생하는 이산화탄소로 산업공정 전체 사이클상에서 이산화탄소 감축 효과를 입증하기 어려운 경우도 배출저감 유형이 어려울 수 있다. 최근까지 교토의정서 하의 CDM 하에서 CCU 기술에 기반한 감축사업을 인정받기 위한 첫 관문인 CCU 기술 방법론이 승인받지 못했다는 것은 상기 ‘영속성’의 문제와 ‘입증 가능성’의 문제를 모두 포괄하며, 이에 따라 ‘배출저감’ 감축유형으로 인정받는 데에 어려움이 있다. 따라서, CCU 기술은 탄소저장 기능 및 화석연료 대체 가능성에 기반하여, 보다 광범위한 범주의 감축행위를 다루는 ‘배출회피’ 감축유형으로 포함될 수 있다. 이상에서 논의한 CCU 기술 특성을 감축유형 측면에서 살펴보면 다음의 Table 3과 같다.

이러한 맥락 하에서 우리나라의 CCU 기술개발 및 보유 현황을 살펴보면, 2016년 탄소자원화 기술이 국가전략 프로젝트로 선정되어, 범부처 단일 사업단이 발족되었다. 2017년부터 2020년까지 총 475억 원 규모의 탄소자원화 기술 개발 및 실증 연구 계획이 수립되었고, 학계 및 정부 출연 연구소를 중심으로 탄소전환을 통한 생산기술을 지속적으로 개발하고 있으며, 이에 따라 산업계의 참여도

7) 실질성 및 검증가능성이란 협력적 접근법을 통해 획득된 배출 감소량에 대한 독립적인 검증의 보장, 구체적으로는 모니터링, 보고, 검증 등을 통해 실질적인 배출량 감소 측정이 가능한 것을 말하며, 추가성이란 감축활동이 없는 기존 상태(BAU)에 비해 감축효과가 발생한 것을 의미한다 (Michalowa et al., 2019).

예상된다. 탄소자원화 실증 로드맵을 통해 기술 이전 등의 성과 확산 및 온실가스 감축수단으로서 활용할 계획에 있다. 탄소자원화 분야 관련 특히 역시 국내 연구기관의 특허 출원률은 세계적으로 상위권이다(Jang et al., 2019). 탄소자원화 연구 분야로는 산업 부생가스를 분리·활용하여 원료를 생산하는 탄소전환 기술과, 발전소에서 배출된 이산화탄소를 포집·활용하는 탄소광물화 기술이 제시되어 현재 실증 연구단계에 있다(Ibid., 2019).

특히, 탄소광물화 기술에 대한 연구가 상당히 활발히 진행되고 있다. 동 연구는 탄소광물플래그십 사업을 통해 추진 중인데, 현재 세계 최초 저농도 이산화탄소 활용 복합탄산염 생산 공정기술을 개발, 소규모 실증을 완료하였으며, 본격적인 생산 실증을 거쳐 상용화를 목표로 하고 있다. 복합탄산염은 포집된 이산화탄소를 활용하여 건설 자재·제지·페인트 및 정밀화학 제품 등에 활용할 수 있는 기술로써, 국내에서는 주로 슬래그나 시멘트 부산물 등 산업부산물을 원료로 사용하고 있다(GTC, 2019). 또한 탄소를 저장한 광물을 광산 채움재로 지하 공간에 충전하여 채광량 증대 및 광산 수명 연장 효과를 가져올 수 있어, 현재 강원도 및 충청도에 플랜트를 설치하고 2022년까지 실증사업 진행 예정이다(Jang et al., 2019). 이 외에도 보크사이트 잔여물을 통해 이산화탄소를 고정시킬 수 있는 보크사이트 잔여물 탄산염화 기술 등은 폐기물을 재활용할 수 있는 효과가 있으며, 이산화탄소 감축 잠재성이 높은 것으로 평가받고 있다(Ibid.).

이러한 탄소광물화 기술개발을 위한 노력과 더불어, 최근 한국지질자원연구원은 ‘차수성 시멘트활용 폐광산 차수, 채움재 실증기술’에 대해 감축사업으로 인정받기 위해 동 기술에 대한 CDM 감축사업을 위한 감축량 계산 방법

론을 개발하였고, 이를 국제적으로 인증받기 위한 노력을 해왔다. 그 결과, 2020년 올해 UNFCCC CDM 방법론위원회에서 동 기술에 대한 CDM 감축사업 방법론이 승인되었다(MSIT, 2020). 이를 통해 기술 수출 가능성 및 개도국에서의 해외사업 확대, 국제탄소시장 이용 가능성이 높아졌다. 해당 기술은 발전소 발생물을 활용한 복합탄산염을 사용하여, 원료단계에서 석회석 대체원료를 투입함으로써 공정과정에서 발생하는 이산화탄소 배출을 회피할 수 있으며, 저(低) 에너지 공정이 가능하여 화석연료 사용량을 절감할 수 있다. 또한 공정 과정에서 발생하는 이산화탄소 양이 감소하는 배출저감 효과도 존재한다. 이에 대한 차수성시멘트 적용 원료에 대한 원천기술을 확보한 상태이다. 해당 기술로 기존 시멘트 10% 대체시 2030년까지 총 14백만톤의 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있을 것으로 보고 있다(Ibid., 2020). 이는 CCU 기술에 기반한 감축사업을 통해서 감축결과물(크레딧)이 발생할 수 있는 기틀을 마련하였다고 볼 수 있다.

4.3 감축유형에 대한 우리나라 입장 수립

CCS 기술과 CCU 기술을 감축유형 요소에 기반하여 분류해 보았고, 또한 우리나라의 CCS 및 CCU 기술의 개발 및 활용 노력을 살펴 보았다. CCS와 CCU 기술의 감축유형 분류에 대한 논의 결과를 종합적으로 정리하면 다음의 Table 4와 같다.

이에 기반하여, 감축유형에 대한 우리나라 협상 입장을 도출해 보도록 하겠다. 먼저, CCS 기술 측면에서 볼 때, CCS 기술은 그 종류에 따라 배출저감 유형과 제거/배출 제거 유형에 걸쳐질 수 있다. 우리나라는 CCS 기술을 할

Table 3. Characteristics of CCU technology

Category	Characteristics				Mitigation Type
	Point Sources	Baseline	Storage	Methodology	
CCU (Releasing carbon in a short term)	Specific facilities	Baseline in consideration of life cycle assessment	Short-term	Verifiable with strict monitoring in life cycle process	Emission avoidance
CCU (Long-term storage)	Specific facilities		Long-term		Emission Reduction only in the case of internationally approved methodology or Emission avoidance

Source: formulated by the authors.

용한 해외 감축사업의 실증 및 확산을 추진하고자 하는 바, ‘배출저감’이라는 감축유형에 대해서는 기본적으로 지지한다. 그리고, BECCS 기술에 기반해 ‘제거’ 또는 ‘배출 제거’에 대한 감축유형에 대해서도 포함될 것을 지지할 필요가 있다. 여기서 고려할 점은 우리나라에서 산림을 통한 국외감축분 확보를 지향하고 있다는 것이다. 산림청의 경우, ‘배출저감’에 대해서는 기본적으로 동의하며, ‘배출제거’에 대해서는 파리협정 및 교토의정서에 이미 등장하는 표현인 ‘흡수원에 의한 제거(removal by sink)’를 삽입해야 한다는 입장이다. 이는 흡수원이라는 표현이 식생 및 토양을 활용한 탄소 저장이라는 의미를 포함하고 있기 때문이다(Noble and Scholes, 2001). 그러나, ‘흡수원에 의한 배출제거’는 이러한 용어적 특성으로 인해 산림 및 토지에 기반한 감축활동 외에는 적용되기 어렵기 때문에, 가장 포괄적인 ‘제거’가 감축유형으로 포함되는 것이 바람직할 수 있다.

Table 4. Mitigation types of CCS and CCU technology

Mitigation Type	CCS technology type	CCU technology type
Emission reduction	CCS*	CCU with long-term storage & and strict methodology*
Removal	BECCS* DACCS	
Emission Avoidance		CCU with short-term storage (releasing carbon in a short term) and methodological uncertainty

Note: Technologies with an asterisk are the type of technology that Korea has pursued for development and transfer.
(Source: formulated by the authors.)

다음으로, CCU 기술 측면에서 볼 때, CCU 기술은 포집된 이산화탄소 저장 기간에 따라 배출저감 유형에 속할 수 있는 가능성은 있으나, CCU 기술이 실제로 배출저감 유형으로 분류된 적은 지금까지 없었다. 일시적 저장의 특성 및 엄격한 방법론의 부재로 인해, CCU 기술은 배출회피 유형에 속할 가능성이 더 높다. CCU 기술에 대한 개발·활용·해외확산을 적극 추진하고 있는 우리나라는 기본적으로 CCU 기술에 기반한 감축사업이 되도록 파리협정 제6.2조 협력적 접근 및 6.4조 메커니즘 하에서 인정받는

것이 목표이다. 따라서, CCU 기술에 대한 CDM 감축사업 방법론을 개발하고 2020년 CDM 방법론 위원회에서 인정받음으로써 CCU 기술도 ‘배출저감’으로 인정받을 수 있는 첫 관문을 열었다고도 볼 수 있다. 물론, 이는 다양한 CCU 기술 중 상대적으로 저장의 영구성이 확보된 기술인 ‘차수성 시멘트활용 폐광산 차수, 채움재 실증기술’에 한정되어 있기는 하다. 따라서, 향후 ‘일시적 저장’ 기술을 발전시켜 저장이 영구성을 높이고 동시에 CCU 기술을 활용한 감축사업에 대해 감축량을 계산하는 ‘방법론’ 연구를 추진할 경우, CCU 기술에 기반한 사업이 역시 ‘배출저감’ 감축유형으로 인정받을 수 있는 가능성이 높아질 수 있다. 그러나, CCU 기술에 대한 감축사업 방법론에 대한 승인이 이제 이루어지고 있는 상황에서, 이는 시간이 다소 소요될 것으로 보인다. 그리고, 이 방법론 개발에도 상당한 시간과 비용이 소요된다. 따라서, CCU 기술을 감안한다면, 우리나라는 ‘배출회피’가 감축유형으로 포함되어야 한다고 대외적으로 강력히 주장할 필요는 없으나, ‘배출회피’가 포함될 수도 있다는 긍정적인 입장을 수립할 수 있다. 물론 ‘배출회피’에 포함되는 활동이 산불방지 등도 존재하는데, 이러한 활동에 기반한 사업을 통해 생산된 ITMO를 ‘배출제거’ 차원의 감축사업을 통해 생산된 ITMO와 동일한 품질의 ITMO로서 시장에서 거래되는 것은 사실상 바람직하지 않다. 따라서, ‘배출회피’가 감축유형으로 인정될 경우, 이 때에는 배출회피로서 인정받기 위한 최소한의 기술적 요건 또는 기술 리스트가 마련될 필요가 있다고 추가적인 입장을 세울 필요가 있다.

5. 결론

동 논문은 파리협정 제6조 세부 이행규칙 관련 협상 현안인 ITMO 생산을 인정받을 수 있는 ‘감축유형’과 관련하여, 현재 논의중인 i) 배출저감, ii) 제거/배출제거/흡수원에 의한 배출제거, iii) 배출회피 유형에 대해, 우리나라의 CCUS 기술의 개발 및 활용 관점에서 우리나라가 지지해야 할 감축유형에 대해서 분석하였다. 동 분석을 위해, 감축결과물로 인정받는 데에 필요한 네 가지 특성인 실질성, 추가성, 영구성, 검증가능성 각각으로부터 감축활동 유형에 영향을 주는 네 가지 요소로 i) 구체적인 감축활동 점원, ii) 엄격한 베이스라인, iii) 일시적 저장의 인정 수준, 그리고 iv) 감축활동의 결과를 산정하는 데에 필요한 방법론을 도출하였고, 이를 토대로 감축유형을 구분하는 분석틀을 설정하였다. 그리고, 이 틀에 따라 CCS 기술과

CCU 기술을 네가지 요소에 따라 분석하여 각기 어떠한 감축유형에 속하는 지 파악하고, 우리나라가 보유 및 개발한 기술 수준을 살펴보았다. 동 분석 결과에 기반하여, 우리나라가 지지해야 하는 감축유형과 구체적인 협상 입장을 도출하였다.

분석 결과, CCS 기술은 화석연료 연소에 따른 CCS 기술과 더불어 직접공기포집 기술인 DACCS 기술과 바이오 에너지를 활용한 BECCS 기술 등을 포함하고 있는데, 전자의 일반적인 CCS 기술은 ‘배출저감’ 유형으로, DACCS 및 BECCS 기술은 ‘제거’ 유형으로 분류될 수 있다. 우리나라의 CCS 기술은 아직 연구개발 및 실증 단계에 머물러 있으나, 화석연료 발전소 및 산업공정시설에 적용할 수 있는 CCS 기술을 보유하고 있으며 상용급 원천기술을 확보하는 등 그 기술 수준이 세계적으로도 높은 편으로, 실증 사업을 확대하고 있으며 상용화를 추진하고 있다. 또한 미세조류를 이용한 이산화탄소 전환 관련 원천기술을 확보하는 등 생물학적 전환 기술 연구가 진행되고 있어, 바이오에너지를 활용한 CCS 기술의 접목 가능성 역시 배제할 수 없는 상황이다. 이에, ‘배출저감’과 ‘제거’가 감축유형으로 포함될 필요가 있다는 협상 입장을 도출하였다. 이에, CCS 기술 측면에서는 ‘배출저감’ 및 ‘제거’ 유형이 포함되어야 한다는 결론에 도달하였다.

한편, CCU 기술은 제품 생산 과정에서의 탄소배출을 줄일 수 있다는 측면에서 배출저감 유형의 가능성과 함께, 대기 중 탄소 배출을 회피할 수 있다는 측면에서 배출회피 유형으로 분류될 가능성도 존재한다. 그러나, CCU 기술의 경우 CCU 기술 기반 제품의 탄소저장의 임시성에 대한 우려가 있다. 또한, 탄소배출 회피와 관련하여 직접적인 배출량 뿐만 아니라 간접적인 배출량이나 누출에 대한 엄격한 모니터링 방법론이 필요하다. 따라서, CCU 기술을 적용한 감축사업이 배출저감 유형으로 분류되는 데에 어려움이 있을 수 있다. 우리나라의 경우 국가전략프로젝트를 통해 탄소자원화 기술 개발 및 실증 연구가 진행 중에 있으며, 특히 탄소광물플래그십 사업을 통한 탄소광물화 제품 활용 및 탄소 저장 관련 기술 연구가 활발하게 진행 중이다. 최근 국내 탄소광물화 기술 감축사업이 CDM 감축사업 방법론으로 승인되었는데, 국내 CCU 기술을 활용한 배출저감 기술이 국제적으로 인정받았다는 측면에서 의의가 있다. 이에, 우리나라의 CCU 기술 상황, 향후 기술개발 및 감축사업 방법론 개발 가능성을 고려할 때, 우리나라는 ‘배출저감’ 만이 포함되어야 한다고도 볼 수 있다. 그러나, 수많은 CCU 기술 중 일부 기술

만이 배출저감으로 인정받고 있으므로, CCU 기술 기반한 활동들에 기반한 조건부적 접근에 기반하여 ‘배출회피’ 역시 감축유형으로 포함될 수 있도록 가능성을 열어놓는 것도 전략적 대응방안일 수 있다.

이러한 상황을 종합할 때, 2021년 파리협정 제6조의 세부이행규칙 협상을 앞두고, CCUS 기술 측면에서 ‘배출회피’에 대한 입장은 CCS 및 CCU 기술은 하나의 감축유형에 국한되어 있지 않으며 다양한 감축유형에 걸쳐져 있다고 보아야 할 것이며, 이에 따라 우리나라의 감축유형 협상 입장은 감축유형에 대한 다양성을 지지하는 것이 기본이 되어야 할 것이다. ‘배출저감’ 유형은 CCS 및 CCU 기술의 기본적인 감축유형으로서 지지하는 것이 타당하며, ‘제거/배출제거/흡수원에 의한 제거’ 유형에 대한 입장은 부처별로 다소 차이가 있는데, 우리나라 CCS 기술의 파리협정 제6조 메커니즘 상에서의 활용 가능성을 극대화할 수 있도록 포괄적인 의미의 ‘제거’ 유형을 지지하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 배출회피 감축유형의 경우 ITMO 품질에 대한 방법론적 논란이 존재하지만, CCU 기술이 개발 초기 단계에 있다는 점, 방법론 개발에 상당한 시간이 필요하다는 점을 고려할 때, 현재 단계에서 배출회피 유형을 배제하는 것은 향후 CCU 기술 개발을 배출저감 기술로만 국한시킬 염려가 있다. 따라서 우리나라는 감축유형으로써 배출저감 및 제거 유형을 지지하되, ‘배출회피’가 감축유형으로 포함되어야 한다고 적극적으로 주장하기보다는 ‘배출회피’ 유형이 포함되는 것에 대해서 긍정적인 입장을 보유하고 이를 주장하는 다른 나라를 지지하거나, 또는 ‘배출회피’가 포함되더라도 이에 대해서는 제한적인 기술군 또는 기술 기반 활동(CCU 기술 포함)을 조건으로 하는 ‘조건부 배출회피’에 대해서만 받아들일 필요가 있다.

향후 연구는 감축유형에 대한 기존의 국내·외적으로 이미 설립 및 운영된 국제탄소시장 제도에서 ‘감축유형’이 어떻게 규정되었는지를 살펴볼 필요가 있을 것으로 보인다. 이러한 ‘제도적 측면’에서 접근한 연구를 통해, 우리나라의 협상 입장에 대해서 모색할 뿐만 아니라 향후 우리나라의 탄소시장 제도인 배출권거래제 및 한국형 시장 메커니즘에서의 감축유형에 대한 대응방안 역시 도출될 수 있을 것으로 예상된다.

사사

본 연구는 한국연구재단 2019년도 연구과제 「탄소광물

화 기술의 국제기구 연계 해외 기술이전 및 사업화 연구 (N19008)», 녹색기술센터 2019년도 연구과제 「UNFCCC 하 기술 관련 제도 분석 및 기술 메커니즘 활성화 연구 (C19231)», 그리고 녹색기술센터 2020년도 연구과제 「녹색·기후 기술 협력을 위한 국제 및 국가 정책·제도 분석 연구: UNFCCC·IPCC·SDG·CPS를 중심으로(C20211)」 지원에 의해 수행되었습니다. 또한, 동 연구는 2020년 한국 환경정책학회 추계학술대회에서 ‘파리협정 제6조 국제탄소시장의 감축유형 규정에 대한 우리나라 협상 입장 수립 연구: 탄소포집·활용·저장(CCUS) 기술 기반 감축사업 측면에서’라는 제목으로 발표되었습니다.

References

- Bui M, Adjiman CS, Bardow A, Anthony EJ, Boston A, Brown S, Fennell PS, Fuss S, Galindo A, Hackett LA et al.. 2018. Carbon capture and storage (CCS): the way forward. *Energy and Environmental Science* 5: 1062-1176.
- Burns W. 2018. The Royal Society’s New Report on Greenhouse Gas Removal; [Accessed 2020 Aug 24]. <http://ceassessment.org/the-royal-societys-new-report-on-greenhouse-gas-removal/>
- Cha JH, Lee JH, Han KJ, Bae JS, Seol MH, Joo RW. 2012. Research on the Solution of Non-permanence Problem of Forest Carbon Offset Project Focused on the Introduction of Buffer System. *Journal of Korea Forest Society* 101(1): 83-90.
- Chae KS. 2016. Pilot-Scaled Field Monitoring for CO₂ Geological Storage to Reduce Greenhouse Gas Emissions - Focusing on CO₂-EOR Meruap Project in Indonesia. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* 64(1): 14-19.
- Choi JN, Ahn JJ. 2018. Analysis Method of Greenhouse Gas Emission Reduction Effect of CO₂ Utilization (CCU) Technology. *Journal of Energy & Climate Change* 13(2): 154-165.
- Cuéllar-Franca RM, Azapagic A. 2015. Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts. *Journal of CO₂ Utilization* 9: 82-102.
- Dütschke E, Wohlfartha K, Höller S, Viebahn P, Schumann D, Pietzner K. 2016. Differences in the public perception of CCS in Germany depending on CO₂ source, transport option and storage location. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 53: 149-159.
- EU (European Union). 2020a. Methodology for calculation of GHG emission avoidance: First call for proposals under the Innovation Fund. https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/innovation-fund/20200605_calculations_en.pdf.
- EU. 2020b. Methodology for calculation of GHG emission avoidance; [Accessed 2020 Sep 23]. https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/innovation-fund/20200605_annex_a_en.pdf
- Gambhir A, Tavoni M. 2019. Direct Air Carbon Capture and Sequestration: How It Works and How It Could Contribute to Climate-Change Mitigation. *One Earth*. 1(4): 405-409.
- Gao S, Li MY, Duan MS, Wang C. 2019. International carbon markets under the Paris Agreement: Basic form and development prospects. *Advances in Climate Change Research* 10: 21-29.
- GCCSI. 2019. Global Status of CCS 2019; [Accessed 2020 Aug 28]. https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2019/12/GCC_GLOBAL_STATUS_REPORT_2019.pdf
- GEMET. 2020. Emission reduction. [Accessed 2020 Oct 14]. <https://www.eionet.europa.eu/gemet/en/concept/2670>
- GTC. 2019. Feasibility Study for Overseas Application of Carbon Mineralization Technology linked to International Mechanism. Seoul, Korea: Green Technology Center (in Korean).
- Herzog H, Caldeira K, Reilly J. 2003. An issue of permanence: Assessing the effectiveness of temporary carbon storage. *Climate Change* 59: 293-310.
- Huh C, Kang SG, Ju HH. 2011. Consideration of Carbon dioxide Capture and Geological Storage as Clean Development Mechanism Project Activities: Key Issues Related with Geological Storage and Response

- Strategies. *Journal of the Korean Society for Marine Environment and Energy* 14(1): 51-64
- IEA (International Energy Agency). 2019. Carbon capture, utilization and storage; [Accessed 2020 Sep 1]. <https://www.iea.org/topics/carbon-capture-and-storage/>
- InforMEA. Emission reduction. [Accessed 2020 Oct 14]. <https://www.informea.org/en/terms/emission-reduction>
- IPCC. 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In Press.
- IISD. 1999. Summary of the fifth conference of the parties to the framework convention on climate change; [Accessed 2020 Sep 1]. <https://enb.iisd.org/vol12/enb12123e.html>
- IISD. 2007. Vienna Energy Efficiency and Climate Meetings Bulletin; [Accessed 2020 Sep 1]. <https://enb.iisd.org/crs/cdmegm/html/ymbvol136num1e.html>
- Interagency. 2019a. Basic Plan for Coping with Climate Change; [Accessed 2020 Aug 14]. https://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10259&seq=7394 (in Korean)
- Interagency. 2019b. Green Growth 3.0; [Accessed 2020 Aug 14]. <https://www.greengrowth.go.kr/download/1905-1summary.pdf>
- Jang JG, Cho HD, Lee KH, Lee HJ, Kim JS, Jeong SH. 2019. Economic Evaluation and Commercialization Plan of CO₂ Mineralization Technology. Seoul, Korea: STEPI. Policy Research 2019-15 (in Korean).
- J-Credit Scheme. 2017. Japan Greenhouse Gas Emission Reduction/Removal Certification Scheme Implementation Outline Ver. 4.1; [Accessed 2020 Aug 14]. https://japancredit.go.jp/english/pdf/documents/01_youkou_english.pdf
- Jenkins C, Chadwick A, Hovorka SD. 2015. The state of the art in monitoring and verification—Ten years on. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 40: 312-349. <http://ips3.doi.org.libproxy.snu.ac.kr/10.1016/j.ijggc.2015.05.009>
- KCRC. 2015 Jun 30. Development of Core Source Technology for Screening and Cultivating Microalgae; [Accessed 2020 Aug 14]. http://kcrc.re.kr/html/business_05.html?mode=v&bbs_data=aWR4PTQzMzcmY29kZT1idXMx%7C%7C
- KEEI (Korea Energy Economics Institute). 2019. World Energy Market Insight; [Accessed 2020 Aug 14]. [http://www.keei.re.kr/web_keei/d_results.nsf/0/80D38330F0DD7801492584C1001AC354/\\$file/WEMI1942.PDF](http://www.keei.re.kr/web_keei/d_results.nsf/0/80D38330F0DD7801492584C1001AC354/$file/WEMI1942.PDF) (in Korean)
- Kim HM, Nah IW. 2019. Brief Review on Carbon Dioxide Capture and Utilization Technology. *Korean Chemical Engineering Research* 57(5): 589-595. (in Korean with English abstract)
- Kim KH. 2019. Government project and R&D Funding on CCS and CCU; [Accessed 2020 Aug 14]. https://www.konetic.or.kr/include/EUN_download.asp?str=WEBZINE.dbo.TBL_REPORT&str2=2251
- Kim KS. 2018. Construction and Reconstruction of CCS Act for Reduction of Carbon Dioxide. *Administrative Law Journal* 55: 105-125.
- Kwon YK, Shinn YJ. 2018. Suggestion for Technology Development and Commercialization Strategy of CO₂ Capture and Storage in Korea. *Economic and Environmental Geology* 51(4): 381-392.
- Lee JH, Lee DW, Kwak NS, Lee YY, Kim BJ, Shin SH, Shim JG. 2015. Feasibility Study of on board Carbon Capture Process from Ship. *Journal of Energy & Climate Change* 10(2): 77-94.
- Lee YR. 2017. A study on plans for commercializing the domestic carbon capture and storage technology [dissertation]. [Seoul]: Hanyang University (in Korean with English abstract).
- Li Q, Chen Z.A, Zhang J-T, Liu L-C, Li X.C, Jia L. 2016. Positioning and revision of CCUS technology development in China. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 46(2016): 282-293.
- Lim SS. 2018. Current status on standardisation of CCS.

- Seoul, Korea: KATS. Technical Report 2018-114; [Accessed 2020 Sep 1]. http://www.kats.go.kr/cwsboard/board.do?mode=download&bid=132&cid=20430&filename=20430_201811051109586000.pdf (in Korean).
- Mac Dowell N, Fennell PS, Shah N, Maitland GC. 2017. The role of CO2 capture and utilization in mitigating climate change. *Nature Climate Change* 7: 243-249.
- Metz B, Davidson O, De Coninck H. 2005. Carbon dioxide capture and storage: special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press.
- Michaelowa A, Espelage A, Muller B. 2019. Negotiating cooperation under Article 6 of the Paris Agreement. European Capacity Building Initiative; [Accessed on 2020 Aug 14]. https://www.perspectives.cc/fileadmin/Publications/Michaelowa_et_al_2019_-_Negotiating_cooperation_under_Article_6_of_the_PA.pdf
- MOE (Ministry of Environment). 2030 GHG mitigation roadmap revision and 2018-2020 emission allowance allotment confirmation; [Accessed 2020 Aug 14]. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?pagerOffset=1170&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=&orgCd=&boardId=886420&boardMasterId=1&boardCategoryId=&decorator=> (in Korean).
- MSIT (Ministry of Science and ICT). 2020 Jul 7. UN CDM Methodology Committee's approval of new methodologies for the first time in Korea - First approval as an international GHG reduction technology on new CCUS technology using carbon mineralization technology. MSIT (in Korean).
- Mulligan J, A Rudee, K Lebling, K Levin, J Anderson, B Christensen. 2020. CarbonShot: Federal Policy Options for Carbon Removal in the United States. Washington, DC: World Resources Institute; [Accessed 2020 Aug 14]. www.wri.org/publication/carbonshot-federal-policy-options-for-carbon-removal-in-the-united-states
- Noble I, Scholes J. 2001. Sinks and the Kyoto Protocol. *Climate Policy* 1(1): 5-25. <https://doi.org/10.3763/cpol.2001.0103>.
- OECD. 2000. Emission Baselines: Estimating the Unknown; [Accessed 2020 Aug 14]. <https://doi.org/10.1787/9789264188488-en>
- ODI. 2010. Additionality, non-permanence and leakage; [Accessed 2020 Aug 14]. <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/6086.pdf>
- Oh CW, Park SC. 2019. Research on current discussion and our negotiating Position on Corresponding Adjustment to Cooperative Approaches under Article 6.2 of the Paris Agreement. *Journal of Climate Change Research*, 10(2), 129-143.
- Oh CW and sixteen others. 2019. Facilitation of research·development·demonstration of CCUS technologies: Barrier-based analysis on Korea's current policies and future policy suggestions. Green Technology Center.
- PA (Paris Agreement). 2015. Paris Agreement; [Accessed 2020 Aug 14]. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- Park SJ, Oh CW, Park SC. 2019. Research on the Analysis of and Korea's Negotiating Position on Project Baseline Methodology of Sustainable Development Mechanisms under Article 6.4 of the Paris Agreement. *Journal of Climate Change Research* 10 (4): 381-400. (in Korean with English abstract)
- PE (Petroleum Economist). 2020. Is the CCUS the solution?; [Accessed 2020 Aug 14]. <https://www.petroleum-economist.com/articles/low-carbon-energy/energy-transition/2020/is-ccus-the-solution>
- Roberts D. 2019 Nov 22. Pulling CO2 out of the air and using it could be a trillion-dollar business; [Accessed 2020 Aug 24]. <https://www.vox.com/energy-and-environment/2019/9/4/20829431/climate-change-carbon-capture-utilization-sequestration-ccu-ccs>
- Sutter, C. and Parreño, J.C. 2007. Does the current Clean Development Mechanism (CDM) deliver its sustainable development claim? An analysis of officially registered CDM projects. *Climate Change* 84: 75-90.
- Tanzer SE, Ramirez A. 2019. When are negative emissions negative emissions?. *Energy Environ. Sci.* 12: 1210-1218.

- UNFCCC. 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change; [Accessed on 2020 Aug 14]. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/107a01.pdf>
- UNFCCC. 2019a. Draft CMA decision on guidance on cooperative approaches referred to in Article 6, paragraph 2, of the Paris Agreement; [Accessed 2020 Sep 23]. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/DT.CMA2_i11a.v3_0.pdf
- UNFCCC. 2019b. Draft CMA decision on the rules, modalities and procedures for the mechanism established by Article 6, paragraph 4, of the Paris Agreement; [Accessed 2020 Sep 23]. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CMA2_11b_DT_Art.6.4_.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/sites/default/files/resource/CMA2_11b_DT_Art.6.4_.pdf)
- UNFCCC. 2019c. CDM Methodology Booklet; [Accessed 2020 Aug 14]. <https://cdm.unfccc.int/methodologies/>
- van der Zwaan B, Gerlagh R. 2009. Economics of geological CO₂ storage and leakage. *Climatic change* 93(3-4): 285-309.
- Yoo DH, Shim SH, Shon IS. 2018. A Study on the CCS Policy Implementation Plan according to the Change of Domestic and Foreign Environment. Seoul, Korea: Korea Energy Economics Institute.