

2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회,
한국환경경영학회 통합 추계학술대회

플라즈마 탄소자원화 기술의 LCA를 통한 온실가스 저감 효과분석

2020.12.10.

녹색기술센터 이종석 연구원

녹색기술센터 염성찬 선임연구원

녹색기술센터 박철호 책임연구원

※ 이 성과는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 한국에너지기술
연구원에 위탁으로 수행된 연구임(No. 1711116484)

※ 본 발표자료는 2020 국제수소에너지전시회 및 포럼의 특별세미나에서 진행한 발표를 일부 수정한 자료임

1. 연구 배경 및 목적

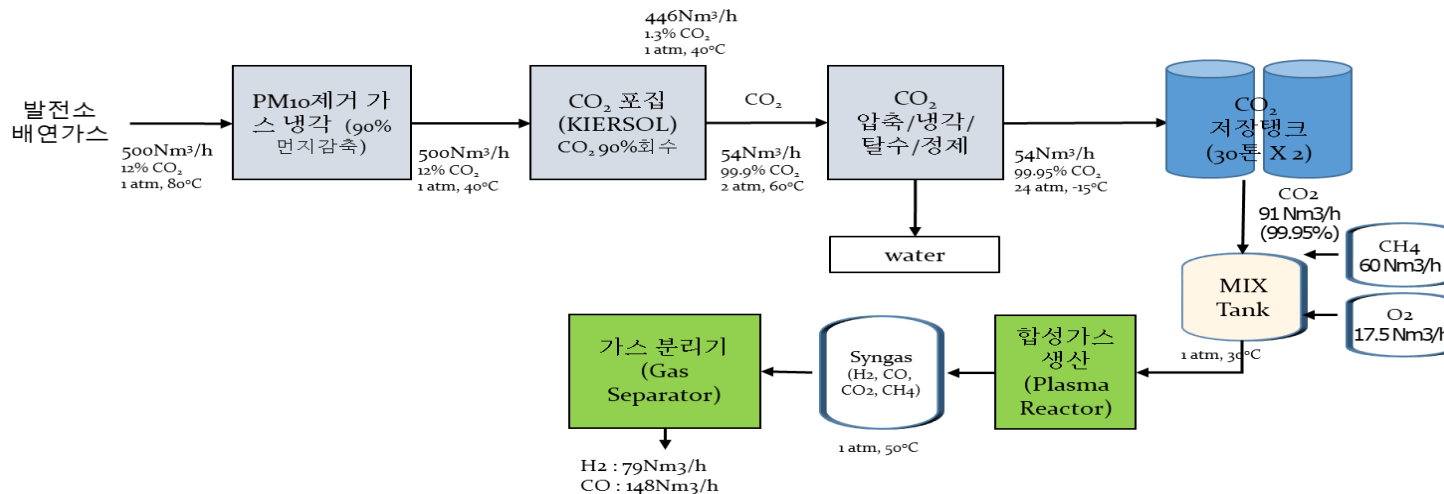
2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회, 한국환경경영학회 통합 추계학술대회 발표자료

■ CCUS 기술 개발의 한계점 및 연구 목표

☼ (연구 방향성) **CCUS 상용화를 위해선, 경제성, 환경성 평가 기반의 기술개발이 선행되어야 함**

- 주요 선진국은 CCUS 기술에 대한 다양한 환경적 평가 연구가 수행되었으나, 특히 우리나라의 경우 CCUS 관련 신기술 개발이 **환경성에 미치는 영향을 분석한 체계적인 연구가 부족한 실정임**
- 아울러 최근 환경성, 경제성 등의 CCUS 기술에 대한 다양한 문제점이 제기되고 있으므로, 이를 해결하기 위한 다양한 기술 개발 및 정책적인 지원이 요구됨

☼ (연구 목표) 이에 본 연구는 CCUS가 안고 있는 문제점을 해결하기 위한 차원에서, 고안된 **플라즈마 기술 기반의 CCU 기술을 중심으로, 비교 LCA를 통해, CCUS 산업 활성화를 위해 나아갈 방향성을 제시하고자 함**

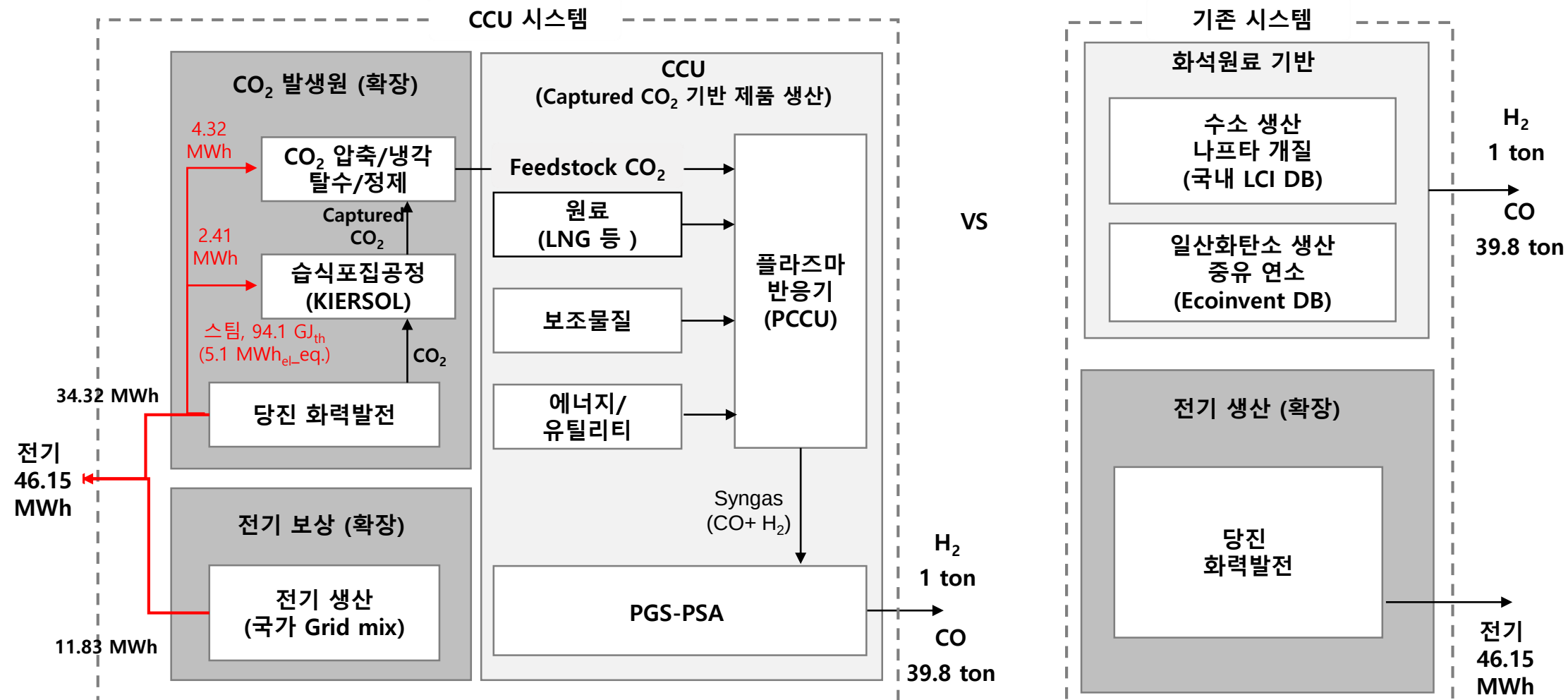


[본 연구대상 공정인 저온 플라즈마 개질 기술 공정도]

2. 연구 수행 절차 및 방법(1)

2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회, 한국환경경영학회 통합 추계학술대회 발표자료

■ 기능, 기능단위 및 시스템 경계 설정



2. 연구 수행 절차 및 방법(2)

2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회, 한국환경경영학회 통합 추계학술대회 발표자료

■ 시나리오 설정

구분	시나리오	설명
기존	Scenario 1	• 나프타 개질 및 중유 부분 연소를 통한 H₂ 및 CO 생산 • 당진화력 발전원별 비율 적용을 통한 전력 생산(현재 기준)
	Scenario 2	• 나프타 개질 및 중유 부분 연소를 통한 H₂ 및 CO 생산 • 2030년 당진화력 발전원별 비율 적용을 통한 전력생산(한국동서발전 지속가능경영보고서)
CCUS	Scenario 3	• 탄소자원화 기술을 통하여 H₂ 및 CO 생산하되, PCCU 공정에서 반응하지 않는 CO₂ 및 CH₄를 재활용(w/ recycling) • 당진화력 발전원별 비율 적용을 통한 전력 생산 + Grid mix 전력 보상(현재기준)
	Scenario 4	• Scenario 3 • 2030 당진화력 발전원별 비율 적용을 통한 전력 생산 + 국가 2030 Grid mix 전력 생산의 회피영향(Avoided impact_8차전력수급계획)
	Scenario 5	• Scenario 4 • PCCU 공정에서 발생하는 미활용 공정열을 바탕으로 CO₂ 포집을 위한 재생열에너지로 활용

3. 연구결과(1)

2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회, 한국환경영향학회 통합 추계학술대회 발표자료

■ 기존 및 CCUS 시스템 전과정평가 결과 비교(S1 vs S3)

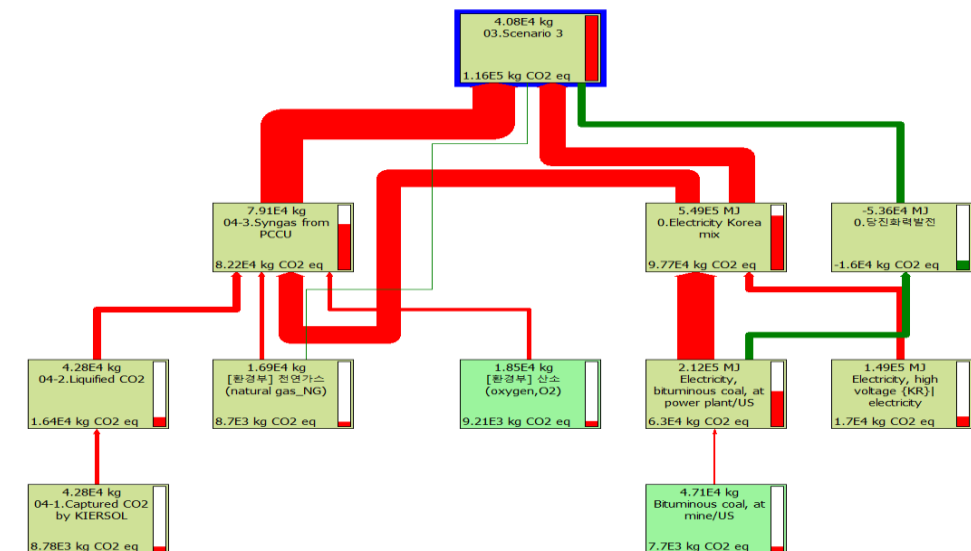
✧ 기존 시스템(S1) 대비 CCUS 시스템(S3) 경우 온실가스, 오존층파괴, 미세먼지 생성, 자원고갈 측면에서 모두 환경적으로 긍정적인 효과를 도출

- 기존기술 대비 온실가스(19% 저감), 오존층파괴(75% 저감), 미세먼지 생성(41% 저감), 자원고갈(36% 저감)

✧ 온실가스 감축 측면에서 본다면, 기존 기술 대비 19% 저감 효과가 있지만 PCCU 및 PSA 등 에너지가 많이 소비되는 공정의 에너지 절감 효과를 극대화하기 위한 기술개발이 수반되어야 함

Impact category	Unit	S1	S2	S3	S4	S5
Climate change	tonCO ₂ -eq	144.07	132.38	115.99	87.33	84.70
Ozone depletion	kgCFC-11-eq	0.0225	0.0226	0.0057	0.0027	0.0026
Particulate matter formation	kgPM10-eq	323.14	300.60	190.87	72.81	70.39
Fossil depletion	ton oil-eq	68.05	64.55	43.23	30.51	29.71

[전과정평가를 활용한 시나리오 별 탄소자원화 기술의 환경영향 값(요약)]



[Scenario 3 에 대한 기여도 분석 결과]

3. 연구결과(2)

2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회, 한국환경경영학회 통합 추계학술대회 발표자료

■ 발전원별 비율 변화에 따른 전과정평가 결과 비교(S1 vs S2, S3 vs S4, S2 vs S4)

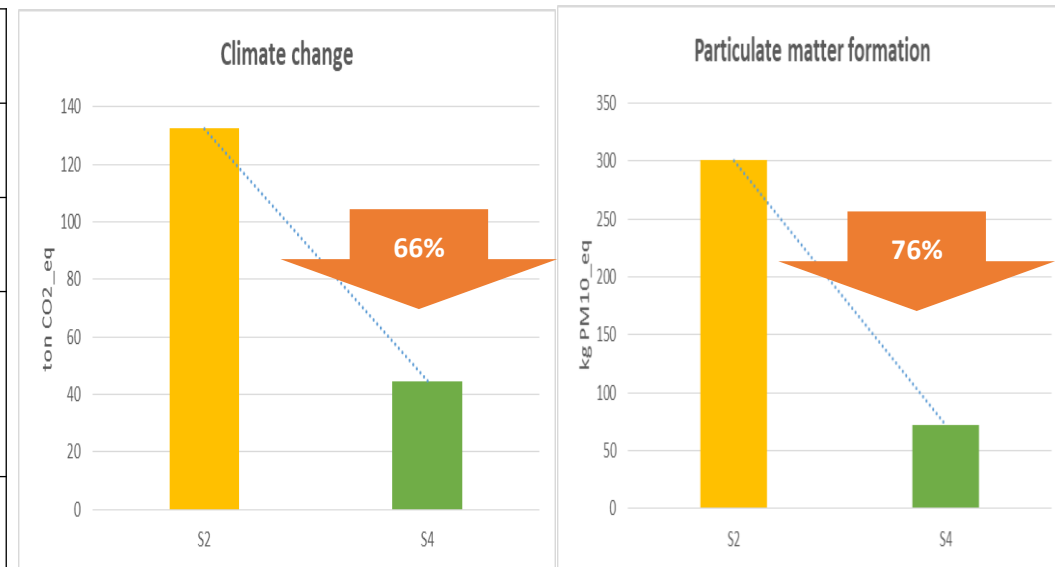
⚙ 8차 전력수급기본계획 및 당진화력발전의 2030 시나리오 반영 시 해당 영향범주에서 긍정적인 효과가 나타남

- (S1 vs S2) 기존의 경우, 온실가스 (8% 저감), 오존층파괴(동일), 미세먼지 생성(7% 저감), 자원고갈(5% 저감)
- (S3 vs S4) CCUS의 경우, 온실가스(25% 저감), 오존층파괴(52% 저감), 미세먼지 생성(62% 저감), 자원고갈(29% 저감)

⚙ 특히 2030년 기준, 재생에너지 전환만으로 약 44%의 온실가스 배출량을 저감할 수 있음(S2 vs S4)

⚙ 향후 CCUS 기술 적용 시 사용하는 에너지의 재생에너지로 전환이 필수 불가결한 요소

Impact category	Unit	S1	S2	S3	S4	S5
Climate change	tonCO ₂ -eq	144.07	132.38	115.99	87.33	84.70
Ozone depletion	kgCFC11-eq	0.0225	0.0226	0.0057	0.0027	0.0026
Particulate matter formation	kgPM10-eq	323.14	300.60	190.87	72.81	70.39
Fossil depletion	ton oil-eq	68.05	64.55	43.23	30.51	29.71



[전과정평가를 활용한 시나리오 별 탄소자원화 기술의 환경영향 값(요약)]

[Scenario 2 vs Scenario 4에 대한 온실가스 및 미세먼지 저감 효과]

3. 연구결과(3)

2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회, 한국환경경영학회 통합 추계학술대회 발표자료

■ 미활용 공정열 사용에 따른 전과정평가 결과 비교(S4 vs S5)

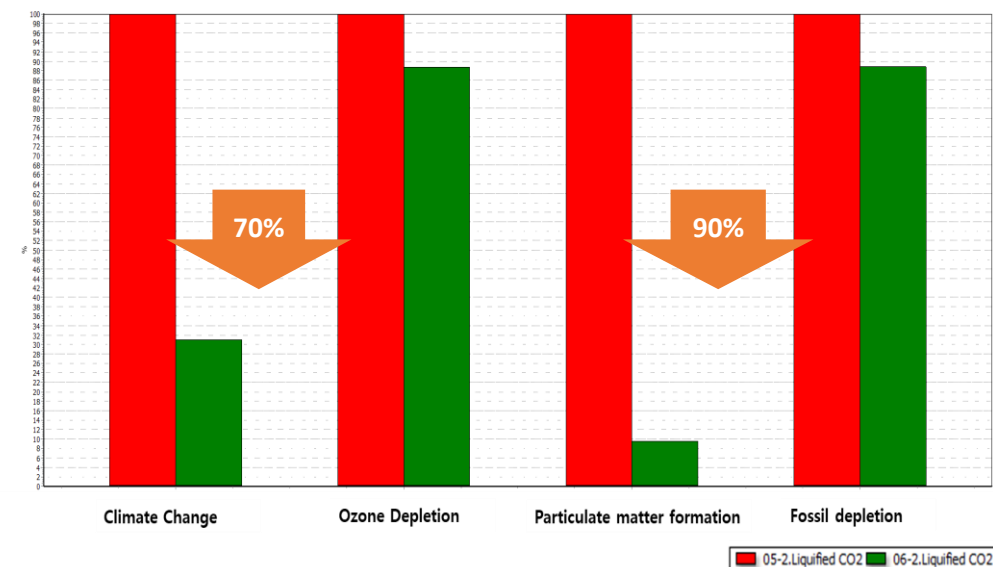
☼ 8차 전력수급기본계획 및 당진화력발전의 2030 시나리오를 반영하고, PCCU 공정에서 발생하는 미활용 공정열을 재활용하는 시나리오가 모든 영향범주에서 환경영향이 낮게 도출

- (S4 vs S5) 온실가스 (3% 저감), 오존층파괴(3.3% 저감), 미세먼지 생성(3% 저감), 자원고갈(3% 저감)

☼ CO₂ 포집을 위해 소비되는 재생열에너지는 포집 및 액화 공정에서 소비되는 전체 에너지의 약 43%를 차지

☼ 향후 CCUS 기술을 적용하는데 있어서 미활용 공정열이 발생하는 공정을 대상으로 하는 것이 바람직함

Impact category	Unit	S1	S2	S3	S4	S5
Climate change	tonCO ₂ -eq	144.07	132.38	115.99	87.33	84.70
Ozone depletion	kgCFC11-eq	0.0225	0.0226	0.0057	0.0027	0.0026
Particulate matter formation	kgPM10-eq	323.14	300.60	190.87	72.81	70.39
Fossil depletion	ton oil-eq	68.05	64.55	43.23	30.51	29.71



[전과정평가를 활용한 시나리오 별 탄소자원화 기술의 환경영향 값(요약)]

[CO₂ 포집 및 액화공정에서 미활용 공정열 사용 시 환경영향 저감 효과]

4. 결론 및 시사점

2020년 한국전과정평가학회, 산업생태학회, 한국환경경영학회 통합 추계학술대회 발표자료

■ 전과정평가 수행 결과를 종합적인 분석하여, 기술 및 정책 측면에서 CCUS 상용화 촉진을 위한 방향성을 아래와 같이 제시함

기술적 측면

- ❖ 2050 장기저탄소 발전전략에서 제시한 **탄소중립 목표(Net Zero)**를 달성하기 위해서, 기존 에너지를 100%로 신재생에너지를 전환하기에 한계가 있으므로, **기존 화석 연료 기반의 에너지와 CCUS 기술과의 연계**를 위한 다양한 연구가 필요함
- ❖ CCUS 공정의 전력원으로서 **신재생에너지와 연계**하기 위한 기술 개발의 중요성 높음
- ❖ CCUS 기술의 효과성을 온실가스 감축 측면에서만 평가하기 보다는 **다양한 환경 영향 범주 측면에서 다각적인 평가 및 기술개발을 추진할 필요성이 있음**

정책적 측면

- ❖ RE100과 연계하여 CCUS 도입 시, 시장형성을 위한 인센티브 마련 등 관련 법적 제도적 보완 체계 정비함으로써, 기업 등 민간의 자발적인 참여를 유인하여야 함
- ❖ CCUS는 재생에너지 연계, 수소 생산, 화학원료 생산 기술 등 연계성이 높은 기술 분야이므로, **CCUS와 타기술 분야의 융합연구에 대한 투자 비중을 확대해야 함**