

## 발명의 설명

**발명의 명칭:** 배기가스 내 이산화탄소 고정 방법, 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치 및 이를 포함하는 배기가스의 이산화탄소 고정 장치

**기술분야**

- [1] 본 발명은 배기가스 내 이산화탄소 고정 방법, 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치 및 이를 포함하는 배기가스의 이산화탄소 고정 장치에 관한 기술로, 더욱 상세하게는 선박용 엔진 등의 대용량 배기가스에 포함된 이산화탄소를 고정하는 방법 및 장치에 관한 기술이다.

### 배경기술

- [2] 배기가스 내 이산화탄소는 지구온난화와 같은 환경문제를 초래하는 주요 온실가스로 알려져 있으며, 이를 효과적으로 저감하기 위한 기술이 필요하다. 기존의 이산화탄소 저감 기술 중 하나는 촉매 반응을 통해 이산화탄소를 포집 및 제거하는 방식이다. 이 방식은 배기가스를 촉매 반응기로 통과시켜 이산화탄소를 고정시키는 방법으로, 일반적으로 소량의 배기가스 처리에는 적합하지만, 선박용 엔진과 같은 대용량 배기가스 처리에는 한계가 있다. 또한, 기존 촉매 시스템은 반응부의 온도를 높이는 데 많은 에너지를 소모하므로, 에너지 효율이 낮고 대규모 적용에 어려움이 있다.

### 발명의 내용

#### 기술적 과제

- [3] 본 발명은 기존 이산화탄소 고정 방법의 한계를 극복하여 대용량 배기가스에서도 효율적으로 이산화탄소를 고정할 수 있는 기술을 제공하고자 한다. 이를 위해 플라즈마 기술과 알칼리 금속 화합물 촉매를 결합하여 이산화탄소를 저감시키는 플라즈마 촉매 분사 장치를 개발한다. 본 발명은 배기가스 내에 포함된 이산화탄소를 플라즈마 상태로 활성화된 알칼리 금속 화합물과 반응시킴으로써, 대규모 배기가스에서 효율적으로 이산화탄소를 제거하고, 에너지 소비를 최소화하는 것을 목적으로 한다.

#### 과제 해결 수단

- [4] 일 측면에서 본 발명은 플라즈마에 알칼리 금속 화합물을 분사하여 플라즈마 촉매를 형성하는 제1 단계; 및 상기 플라즈마 촉매를 이산화탄소를 포함하는 배기가스로 토출하여 상기 배기가스 내 이산화탄소를 포집하는 제2 단계를 포함하는, 배기가스 내 이산화탄소 고정 방법을 제공한다.
- [5] 본 명세서 문맥에서 알칼리 금속 화합물은, 비제한적인 예시로서 나트륨, 칼륨과 같은 1족의 알칼리 금속을 포함하는 화합물을 말한다. 상기 알칼리 금속 화합물은 배기가스 내 이산화탄소를 포집하여 고정하는 역할을 한다.

- [6] 본 명세서 문맥에서 상기 플라즈마 촉매는, 플라즈마 상태로 활성화된 상기 알칼리 금속 화합물을 포함하며, 이는 배기가스 내 이산화탄소와 반응하여 탄산 화합물 또는 중탄산 화합물로 변환되어 배기가스 내 이산화탄소를 저감시키는데 도움을 준다.
- [7] 본 발명의 상기 플라즈마는 전자파 도파관을 관통한 방전관에 플라즈마 소스 기체를 주입하여 플라즈마 방전시킨 전자파 플라즈마 토치임을 특징으로 한다.
- [8] 본 발명의 상기 알칼리 금속 화합물은 고체상 또는 액상의 알칼리 금속 화합물을 파우더 형태 또는 수용액으로 공급함을 특징으로 한다.
- [9] 본 발명의 상기 알칼리 금속 화합물은 알칼리 금속 수산화물임을 특징으로 한다. 이 경우 생성물이 물이 되기에 매우 친환경적이며, 수산화물은 수산화 이온 및 알칼리 금속 이온으로 쉽게 물에 용해되어 스크러버에서 발생하는 산성 폐수에 수용액으로 공급하여 중화반응을 유도할 수 있는 장점이 있다.
- [10] 본 발명의 상기 알칼리 금속 수산화물은 NaOH 및 KOH을 포함하는 군에서 선택된 하나 이상의 고형물 또는 수용액임을 특징으로 한다.
- [11] 본 발명의 상기 알칼리 금속 화합물의 분사는, 캐리어 가스를 통해 분사되도록 구성됨을 특징으로 한다. 본 발명의 상기 캐리어 가스는 스팀임을 특징으로 한다. 알칼리 금속 화합물을 분사시킬 때 고압 스팀으로 강하게 분사하여 플라즈마 내부로 침투시킬 수 있다.
- [12] 본 발명의 상기 플라즈마는 스팀( $H_2O$ )을 포함한 플라즈마 소스 가스의 플라즈마임을 특징으로 한다. 스팀 플라즈마의 경우, 촉매 역할을 할 수 있는 OH,  $H^*$ ,  $O^*$ 와 같은 물질이 기존 가스화기에 비해 10배 이상 높은 밀도로 존재함을 특징으로 한다. 또한 이온화된 알칼리 금속 화합물이 재결합되는 것을 막고, 추가 H, O 등의 분자 생성을 통해  $H_2O$ 로의 전환을 유도할 수 있다.
- [13] 본 발명의 상기 플라즈마 소스 가스는 산소( $O_2$ )를 더 포함함을 특징으로 한다. 산소 플라즈마의 경우, 스팀을 더 추가하여 이온화된 알칼리 금속 화합물이 재결합되는 것을 막고, 추가 H, O 등의 분자 생성을 통해  $H_2O$ 로의 전환을 유도할 수 있다.
- [14] 배기가스 양이나  $CO_2$ 의 농도에 따라 이산화탄소를 포함하는 배기가스로 스팀을 추가적으로 공급할 수 있다. 이를 통해 더 많은 OH 라디칼 생성하여 이산화탄소 고정하는 반응성 향상에 도움을 줄 수 있다. 또한 추가로 공급하는 스팀은 고체상의 촉매를 사용할 때 유리한 점이 있다. 액상의 촉매는 물에 녹아 있는 상태이기에 수용액 자체가 스팀의 역할도 할 수 있기 때문이다.
- [15] 본 발명의 상기 제2 단계에서 중탄산 화합물 또는 탄산 화합물을 포함하는 화합물을 형성함을 특징으로 한다. 상기 중탄산 화합물 또는 탄산 화합물을 포함하는 화합물은 플라즈마 촉매와 이산화탄소를 포함하는 배기가스를 혼합하여 반응시킨 결과 발생하는 부산물로, 이를 통해 배기가스 내 이산화탄소를 고정하여

배기가스 내 이산화탄소 농도를 저감할 수 있다. 중탄산 화합물 또는 탄산 화합물을 포함하는 화합물 외에도  $H_2O$ 가 형성될 수 있다.

- [16] 본 발명의 상기 중탄산 화합물 또는 탄산 화합물은  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $KHCO_3$  및  $K_2CO_3$ 을 포함하는 군에서 선택된 하나 이상 일 수 있다.
- [17] 본 발명의 상기 방법은 선박용 엔진 등의 대용량 배기가스에 포함된 이산화탄소를 고정함을 특징으로 한다. 기존 촉매 방법은 이산화탄소가 포함된 배기가스를 촉매 반응기로 통과시켜 촉매에 고정하는 방법으로, 이 때 촉매 활성화를 위해 촉매 반응부의 온도를 올리는데 많은 전기 에너지가 소모되는 문제점이 있다. 기존 방법은 배기가스의 양이 적은 경우에는 실현 가능하나 선박용 엔진 등의 대용량 배기가스에는 사용이 매우 힘들다. 본 발명은 상술된 방법에 의해 최소 배기가스 양이 약  $100,000 \text{ Nm}^3/\text{hr}$  인 선박용 엔진 등의 대용량 배기가스에도 사용할 수 있는 장점이 있다.
- [18] 다른 측면에서 본 발명은 전자파를 전송하는 전자파 도파관; 상기 전자파 도파관을 관통하고, 상기 전자파에 의해 플라즈마를 형성하고 플라즈마 토치를 토출하는 토출구를 포함하는 석영방전관; 상기 석영방전관은 상기 전자파 도파관 사이에 두고 상기 토출구가 위치하는 토출구측 및 상기 토출구에 반대측인 방전가스 주입측을 포함하며, 상기 방전가스 주입측에 위치한 상기 석영방전관으로 플라즈마 방전가스를 주입하는 방전가스 주입부; 및 상기 토출구측에 위치한, 상기 플라즈마로 알칼리 금속 화합물을 분사하는 알칼리 금속 화합물 주입부를 포함하는, 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치를 제공한다.
- [19] 본 발명의 상기 플라즈마 소스 가스는 스팀( $H_2O$ ) 및 산소 중 어느 하나 이상의 가스를 포함함을 특징으로 한다.
- [20] 본 발명의 상기 알칼리 금속 화합물 주입부는 캐리어 가스를 통해 상기 알칼리 금속 화합물을 주입하기 위해, 상기 캐리어 가스 주입 라인과 상기 캐리어 가스 주입 라인에 분지된 상기 알칼리 금속 화합물 주입 라인을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [21] 본 발명의 상기 캐리어 가스는 스팀임을 특징으로 한다. 알칼리 금속 화합물을 분사시킬 때 고압 스팀으로 강하게 분사하여 플라즈마 내부로 침투시킬 수 있다.
- [22] 본 발명의 상기 토출구측에서, 상기 석영방전관을 관통해 상기 플라즈마에 스팀을 포함하는 가스를 공급하는 하나 이상의 추가 가스 공급부를 포함함을 특징으로 한다. 이를 통해 더 많은  $OH$  라디칼을 생성하여 이산화탄소 고정에 도움을 준다.
- [23] 또 다른 측면에서 본 발명은 이산화탄소를 포함하는 배기가스가 지나가는 배기가스덕트; 및 상술된 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고, 상기 토출구는 상기 배기가스덕트를 관통하는, 배기가스의 이산화탄소 고정 장치를 제공한다.

- [24] 본 발명의 상기 배기가스의 이산화탄소 고정 장치는, 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고, 상기 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치는 상기 배기가스덕트의 중심을 향해 플라즈마 토치를 토출하도록 방사형을 이룸을 특징으로 한다.
- [25] 본 발명의 상기 배기가스의 이산화탄소 고정 장치는, 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고, 상기 플라즈마 촉매 발생 장치는 상기 배기가스덕트의 배기가스 이동 경로를 따라 단을 두어 순차적으로 사선 배치됨을 특징으로 한다.
- [26] 본 발명의 상기 배기가스의 이산화탄소 고정 장치는, 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고, 상기 플라즈마 촉매 발생 장치는 이의 플라즈마 토치가 상기 배기가스덕트의 배기가스 이동 경로의 순방향 사선으로 토출되도록 상기 토출부는 상기 배기가스덕트를 관통함을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

- [27] 본 발명에 따르면, 플라즈마 촉매를 이용한 이산화탄소 고정 방법은 기존 촉매 반응 방식에 비해 에너지 효율이 크게 향상되며, 대용량 배기가스 처리에 적용이 가능하다. 플라즈마 상태로 이온화된 알칼리 금속 화합물이 이산화탄소와 효과적으로 반응하여 탄산염 또는 중탄산염을 생성함으로써, 배기가스 내 이산화탄소를 고정한다. 또한, 스팀 플라즈마와 산소 플라즈마를 함께 활용함으로써 촉매 반응 속도를 높이고, 배출가스 내 유해 물질을 줄이는 효과를 기대할 수 있다. 특히, NaOH 및 KOH와 같은 알칼리 금속 수산화물을 촉매로 사용함으로써, 환경 친화적인 부산물을 생성할 수 있으며, 선박용 엔진과 같은 대규모 배기가스에도 적용할 수 있는 장점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [28] 도 1은 플라즈마 파워 모니터 사진이다.
- [29] 도 2는 보일러 가동 전, 가동 후, 플라즈마 촉매 분사 후 배기가스 측정 데이터이다.
- [30] 도 3은 탈탄소화를 위한 플라즈마 촉매의 원리를 나타내는 모식도이다.
- [31] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 고정 시스템의 다이어그램이다.
- [32] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치 및 이를 포함하는 배기가스의 이산화탄소 고정 장치를 나타낸 개략도이다.
- [33] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치의 단면도이다.
- [34] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 단면도이다.
- [35] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 단면도이다.

[36] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 사시도이다.

[37] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 사시도이다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

[38] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[39] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다.

[40] 또한, 본 발명의 일 측면에 관한 설명은 타 측면에서 관한 설명에서 동일하거나 유사한 구성 또는 용어에 대해 동일하거나 유사하게 적용될 수 있다.

[41] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[42] 이하 본 발명의 실시예에 대해 서술한다. 다만, 하기에 기재된 실시예는 본 발명의 일부 실시 형태에 불과한 것으로서, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[43] 실시예 1

[44] 선박용 엔진의 최소 유량은 100,000Nm<sup>3</sup>/hr로 모의 테스트 실시하였다.

[45] 이산화탄소를 포함하는 배기가스의 준비

[46] LPG 가스버너가 부착된 보일러의 배기가스 내 CO<sub>2</sub> 농도와 플라즈마 촉매 분사 장치로 CO<sub>2</sub> 제거 테스트를 실시하며 CO<sub>2</sub> 농도를 측정하였다.

[47] LPG 버너의 가스 소비량은 295,000kcal/hr, LPG의 열량을 12,000kcal/kg으로 계산하면 약 24.6kg/hr의 가스를 소비한다. 보일러의 효율 87%를 나눠주면 보일러에 사용된 총 연료량은 약 28kg/hr이다.

[48] LPG 연료의 완전연소에 필요한 공기량을 계산해보면,

[49]  $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

- [50] 위의 식에서 프로판( $C_3H_8$ )의 질량은 44g이며 완전연소를 위해서는 산소 160g이 필요하므로 28kg의 LPG를 완전연소 시키기 위해서는 102kg의 산소가 필요하다. 산소 102kg은 3,182mol이고, 1mol은 22.4L 이므로 산소의 유량은 71,273L가 필요하다.
- [51] 공기 중 산소의 비율은 20%로 가정하고 연소공기량을 계산하면  $356.4Nm^3/hr$ 의 이론 공기량이 필요하고, 일반적으로 안전을 위해 1.3배의 과급공기를 투입하기에 전체 풍량은 약  $463Nm^3$ 이다.
- [52] 플라즈마 촉매의 준비
- [53] 전자파 플라즈마의 주파수는 915MHz이며 파워는 10kW를 인가하였고, 플라즈마 직경은 약 100mm, 길이는 600 mm 정도였다.
- [54] 플라즈마 파워 10kW와  $O_2$  150LPM으로 플라즈마를 방전시키고, 방전 후 스팀을 약 25kg/hr ( $33Nm^3/hr$ )정도 추가하였다. 도 1은 플라즈마 파워 모니터 사진이다.
- [55] 촉매로 사용된 NaOH는 60% 수용액으로 60L/hr의 용량을 가지는 노즐로 분무되었다.  $CO_2$ 와 NaOH의 반응식은 다음과 같다.
- [56]  $CO_2 + NaOH \rightarrow NaHCO_3$
- [57]  $CO_2 + NaOH \rightarrow Na_2CO_3$
- [58] 위의 반응식에 의해 배기가스 내  $CO_2$ 는 플라즈마로 이온화 된 NaOH와 반응 후 부산물로 배출된다.
- [59] 결과 확인
- [60] 보일러 가동 전, 가동 후, 플라즈마 촉매 분사 후 배기가스를 측정기를 통해 분석하였고 그에 따른 결과는 다음과 같다.
- [61] 도 2는 보일러 가동 전, 가동 후, 플라즈마 촉매 분사 후 배기가스 측정 데이터이다. 보일러 가동 전 산소 농도는 20.85%로 정상범위를 확인하였다. 보일러 가동 후 배기가스 내  $CO_2$  농도는 약 6.72%를 나타낸다. 배출가스  $463Nm^3/hr$  중  $CO_2$ 는  $31Nm^3/hr$ 이다.  $CO_2$  1몰당 무게는 44g으로 배출가스 내  $CO_2$ 의 무게는 약 60.1kg/hr이다.
- [62] 60% 농도를 가지는 NaOH 수용액은 60L/hr의 노즐로 플라즈마에 직분사 되었고 이때의 NaOH 무게는 36kg/hr이다.
- [63] 플라즈마 촉매 분사 후 배기가스 내  $CO_2$  농도는 4.17%로 약 40%가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 또한 배기가스 내 CO의 농도도 45%가 감소하였다.
- [64] 배기가스 내 산소와 NO의 농도가 증가한 것은 산소 플라즈마를 사용하며 미반응 산소와 배기가스 내 질소와 산소가 반응하여 합성된 것으로 추정된다.
- [65] 실시예 2
- [66] 상술된 실시예 1에서 KOH 수용액을 촉매로 사용한 것을 제외하고 동일하게 실험 진행하였다. 그 결과  $KHCO_3$ ,  $K_2CO_3$ 와 같은 부산물이 배출되고 배기가스 내  $CO_2$  농도가 감소한 것을 확인할 수 있었다.

- [67] 실시예 3
- [68] 상술된 실시예 1, 2에서 플라즈마 소스 가스가  $H_2O$ 인 것을 제외하고 동일하게 실험 진행하였다. 그 결과 배기가스 내  $CO_2$  농도가 감소한 것을 확인할 수 있었다.
- [69] 도 3은 탈탄소화를 위한 플라즈마 촉매의 원리를 나타내는 모식도이다.
- [70] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 고정 시스템의 다이어그램(400)이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 장치 또는 방법을 이용하여 도 4와 같은 시스템을 구현할 수 있다.
- [71] 도 4를 참고하면 선박엔진에서 배출되는 배기가스 내 이산화탄소를 고정하기 위해, 플라즈마 촉매를 이산화탄소를 포함하는 배기가스로 토출한다. 이 때 플라즈마 촉매와 배기가스 내 이산화탄소가 반응하여 배기가스 내 이산화탄소가 고정된다. 이 반응 통해 이산화탄소가 저장된 배기가스는  $NO_x$ ,  $SO_x$ 를 제거하는 스크러버를 통해 대기로 배출된다. 그리고 이산화탄소 고정 반응에서 발생한  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $K_2CO_3$ ,  $KHCO_3$ 와 같은 부산물, 스크러버에서 제거된  $NO_x$ ,  $SO_x$ 는 폐수로 저장된 후 따로 배출된다.
- [72] 추가로 플라즈마 촉매는, 도 4를 참고하면 스팀을 방전가스로 하여 플라즈마를 발생시키고 이 플라즈마에 촉매 역할을 하는  $NaOH$  또는  $KOH$ 를 스팀을 통해 분사하여 형성된다.
- [73] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치(500) 및 이를 포함하는 배기가스의 이산화탄소 고정 장치를 나타낸 개략도이다.
- [74] 도 5를 참조하면 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치(500)는 전자파를 전송하는 전자파 도파관(510); 상기 전자파 도파관(510)을 관통하고, 상기 전자파에 의해 플라즈마를 형성하고 플라즈마 토치를 토출하는 토출구를 포함하는 석영방전관(520); 상기 석영방전관(520)은 상기 전자파 도파관(510)을 사이에 두고 상기 토출구가 위치하는 토출구측(521) 및 상기 토출구에 반대측인 방전가스 주입측(522)을 포함하며, 상기 방전가스 주입측(522)에 위치한 상기 석영방전관(520)으로 플라즈마 방전가스를 주입하는 방전가스 주입부(530); 및 상기 토출구측(521)에 위치한, 상기 플라즈마로 알칼리 금속 화합물을 분사하는 알칼리 금속 화합물 주입부(540)를 포함한다.
- [75] 방전가스 주입부(530)로 주입되는 플라즈마 소스 가스는 스팀( $H_2O$ ) 및 산소 중 어느 하나 이상의 가스이다.
- [76] 알칼리 금속 화합물 주입부(540)는 캐리어 가스를 통해 알칼리 금속 화합물을 주입하기 위해, 캐리어 가스 주입 라인(541)과 캐리어 가스 주입 라인에 분지된 알칼리 금속 화합물 주입 라인(542)을 포함한다. 이 때 캐리어 가스 주입 라인(541)으로 주입되는 캐리어 가스는 스팀으로, 캐리어 가스로서 스팀은 플라즈마로 촉매 역할을 하는 알칼리 금속 화합물을 플라즈마로 분사시키는데 도움을 준다.

고체 상태의 촉매일 경우 유리하다. 알칼리 금속 화합물 주입 라인(542)으로 주입되는 알칼리 금속 화합물은 NaOH 또는 KOH일 수 있다. 이를 통해 촉매 역할을 하는 NaOH, KOH를 고압 스팀으로 강하게 분사하여 플라즈마 내부로 침투시킬 수 있다.

- [77] 토출구측(521)에서, 석영방전관(520)을 관통해 플라즈마에 스팀을 포함하는 가스를 공급하는 하나 이상의 추가 가스 공급부(550)를 포함한다. 이 때 공급되는 추가 스팀은 이산화탄소 고정 반응의 반응성 향상에 도움을 준다. 다시 말해, 물과 배기가스 내 이산화탄소와 반응하여 더 많은 OH 라디칼을 생성하고, 더 많은 OH 라디칼은 CO<sub>2</sub>와 Na, K의 반응을 쉽게 함으로써 이산화탄소 고정에 도움을 준다.
- [78] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치의 단면도이다. 도 6을 참조하면 플라즈마로 촉매를 분사시키고 반응성 향상을 위해 추가 스팀을 투입하는데, 이 경우는 고체상태의 촉매일 경우 유리하다. 촉매 분사노즐만 적용된 경우(도 6의 중간 그림)는 액상의 촉매는 물에 녹아 있는 상태로 수용액 자체가 스팀의 역할도 해줄 수 있기에 유리하다. 도 6과 같이 복수의 촉매 및 스팀 분사 노즐이 적용된 경우는 배기가스 내 CO<sub>2</sub> 농도가 높거나 더 많은 CO<sub>2</sub>와 반응을 원할 경우 추가적으로 촉매 및 스팀을 넣어줄 수 있는 방안이다.
- [79] 도 5를 참조하면 배기가스의 이산화탄소 고정 장치는 이산화탄소를 포함하는 배기가스가 지나가는 배기가스덕트; 및 상술된 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치(500)를 포함하고, 상기 토출구는 상기 배기가스덕트를 관통한다.
- [80] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 단면도이다. 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 단면도이다. 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 사시도이다. 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 배기가스의 이산화탄소 고정 장치의 사시도이다.
- [81] 배기가스 유량에 따라 하나 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치가 배치될 수 있다. 복수의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하는 경우 배치 위치는 마주보거나(도 7의 왼쪽), 배기가스덕트의 배기가스 이동 경로를 따라 단을 두어 순차적으로 사선 배치되거나(도 7의 중간, 도 9), 플라즈마 촉매 발생 장치의 플라즈마 토치가 배기가스덕트의 배기가스 이동 경로의 순방향 사선으로 토출되도록 토출부가 배기가스덕트를 관통하게 배치(도 7의 오른쪽, 도 10)될 수 있다.
- [82] 도 8을 참조하면 배기가스의 이산화탄소 고정 장치는, 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고, 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치는 배기가스덕트의 중심을 향해 플라즈마 토치를 토출하도록 방사형을 이룰 수 있다.

- [83] 도 7 및 도 9를 참조하면 배기가스의 이산화탄소 고정 장치는, 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고, 플라즈마 촉매 발생 장치는 배기가스덕트의 배기가스 이동 경로를 따라 단을 두어 순차적으로 사선 배치될 수 있다.
- [84] 도 7 및 도 10을 참조하면 배기가스의 이산화탄소 고정 장치는, 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고, 플라즈마 촉매 발생 장치는 이의 플라즈마 토치가 배기가스덕트의 배기가스 이동 경로의 순방향 사선으로 토출되도록 토출부는 배기가스덕트를 관통할 수 있다.
- [85] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

## 청구범위

- [청구항 1] 플라즈마에 알칼리 금속 화합물을 분사하여 플라즈마 촉매를 형성하는 제1 단계; 및  
상기 플라즈마 촉매를 이산화탄소를 포함하는 배기가스로 토출하여 상기 배기가스 내 이산화탄소를 포집하는 제2 단계를 포함하는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,  
상기 플라즈마는 전자파 도파관을 관통한 방전관에 플라즈마 소스 기체를 주입하여 플라즈마 방전시킨 전자파 플라즈마 토치인,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,  
상기 알칼리 금속 화합물은 고체상 또는 액상의 알칼리 금속 화합물 파우더 형태 또는 수용액으로 공급함을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,  
상기 알칼리 금속 화합물은 알칼리 금속 수산화물인,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,  
상기 알칼리 금속 수산화물은 NaOH 및 KOH을 포함하는 군에서 선택된 하나 이상의 고형물 또는 수용액인,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,  
상기 알칼리 금속 화합물의 분사는, 캐리어 가스를 통해 분사되도록 구성되는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,  
상기 캐리어 가스는 스팀임을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,  
상기 플라즈마는 스팀( $H_2O$ )을 포함한 플라즈마 소스 가스의 플라즈마임을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,  
상기 플라즈마 소스 가스는 산소( $O_2$ )를 더 포함함을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,

- 상기 제2 단계에서 중탄산 화합물 또는 탄산 화합물을 포함하는 화합물을 형성함을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,  
상기 중탄산 화합물 또는 탄산 화합물은  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KHCO}_3$  및  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 을 포함하는 군에서 선택된 하나 이상 일 수 있는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 12] 제1항에 있어서,  
상기 방법은 선박용 엔진 등의 대용량 배기가스에 포함된 이산화탄소를 고정함을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소 고정 방법.
- [청구항 13] 전자파를 전송하는 전자파 도파관;  
상기 전자파 도파관을 관통하고, 상기 전자파에 의해 플라즈마를 형성하고 플라즈마 토치를 토출하는 토출구를 포함하는 석영방전관;  
상기 석영방전관은 상기 전자파 도파관을 사이에 두고 상기 토출구가 위치하는 토출구측 및 상기 토출구에 반대측인 방전가스 주입측을 포함하며, 상기 방전가스 주입측에 위치한 상기 석영방전관으로 플라즈마 방전 가스를 주입하는 방전가스 주입부; 및  
상기 토출구측에 위치한, 상기 플라즈마로 알칼리 금속 화합물을 분사하는 알칼리 금속 화합물 주입부를 포함하는,  
배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치.
- [청구항 14] 제13항에 있어서,  
상기 플라즈마 소스 가스는 스팀( $\text{H}_2\text{O}$ ) 및 산소 중 어느 하나 이상의 가스를 포함하는,  
배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치.
- [청구항 15] 제13항에 있어서,  
상기 알칼리 금속 화합물 주입부는  
캐리어 가스를 통해 상기 알칼리 금속 화합물을 주입하기 위해,  
상기 캐리어 가스 주입 라인과 상기 캐리어 가스 주입 라인에 분지된 상기 알칼리 금속 화합물 주입 라인을 포함하는 것을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치.
- [청구항 16] 제15항에 있어서,  
상기 캐리어 가스는 스팀임을 특징으로 하는,  
배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치.
- [청구항 17] 제13항에 있어서,  
상기 토출구측에서, 상기 석영방전관을 관통해 상기 플라즈마에 스팀을 포함하는 가스를 공급하는 하나 이상의 추가 가스 공급부를 포함하는,  
배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장치.

- [청구항 18] 이산화탄소를 포함하는 배기가스가 지나가는 배기가스덕트; 및  
제13항의 배기가스 내 이산화탄소의 포집을 위한 플라즈마 촉매 발생 장  
치를 포함하고,  
상기 토출구는 상기 배기가스덕트를 관통하는,  
배기가스의 이산화탄소 고정 장치.
- [청구항 19] 제18항에 있어서,  
둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고,  
상기 둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치는 상기 배기가스덕트의 중심을  
향해 플라즈마 토치를 토출하도록 방사형을 이룸을 특징으로 하는,  
배기가스의 이산화탄소 고정 장치.
- [청구항 20] 제18항에 있어서,  
둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고,  
상기 플라즈마 촉매 발생 장치는 상기 배기가스덕트의 배기가스 이동 경  
로를 따라 단을 두어 순차적으로 사선 배치됨을 특징으로 하는,  
배기가스의 이산화탄소 고정 장치.
- [청구항 21] 제18항에 있어서,  
둘 이상의 플라즈마 촉매 발생 장치를 포함하고,  
상기 플라즈마 촉매 발생 장치는 이의 플라즈마 토치가 상기 배기가스덕  
트의 배기가스 이동 경로의 순방향 사선으로 토출되도록 상기 토출부는  
상기 배기가스덕트를 관통하는,  
배기가스의 이산화탄소 고정 장치.