

2015학년도 연세대학교 모의논술 문제(화학)

[문제 3] 다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하십시오.

(가) 화석연료의 사용으로 발생한 대기 중 이산화탄소는 지구온난화와 같은 환경문제의 주원인으로 인식되고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 공기중의 이산화탄소를 포집하여 저장하는 기술과 이산화탄소의 배출을 획기적으로 줄일 수 있는 친환경 에너지원이 각광을 받고 있다. 이산화탄소를 저장하는 대표적인 방법으로는 다공성 물질 내부에 저장하는 방법과 탄산염 광물 형태로 저장하는 방법이 있으며, 친환경 에너지원으로는 태양열을 이용한 방법과 수소-산소 연료전지 등이 있다.

(나) 다공성 물질은 스펀지, 숯과 같이 내부에 많은 구멍을 가진 물질들로 흡착의 과정을 통해 다른 물질들을 내부구멍에 저장할 수 있다. 특히 나노미터 크기의 매우 작은 내부구멍들을 가지는 다공성 물질들은 기체 분자를 저장할 수 있으며 다공성 물질 내부에 넓은 표면적을 제공하여 단위 부피당 많은 양의 기체 분자를 효과적으로 포집할 수 있게 한다. 결정형태의 다공성 물질은 일정한 크기의 내부구멍을 규칙적으로 가지고 있으며, 종류에 따라 내부구멍에 특정한 작용기를 도입하여 포집된 분자와의 상호작용이나 화학반응을 촉진시킬 수도 있다. 현재 다양한 종류의 다공성 물질이 알려져 있으며 이를 이용하여 기체들을 선택적으로 포집하거나 분리하려는 노력들이 이루어지고 있다.

(다) 연료전지는 수소와 산소의 화학반응으로 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로 화석연료를 이용한 발전에 비해 매우 효율이 높으며 이산화탄소의 배출이 없는 친환경적인 기술이다. 다음 화학반응식은 수소-산소연료전지를 나타내는 것으로 금속촉매를 주입한 다공성 탄소전극과 전도성 전해질을 포함하고 있다. 수소와 산소기체는 각각 분리된 전극에서 수소는 산화되고 산소는 환원된다. 이 때 산화전극에서 발생한 전자는 외부 회로를 통해 환원전극으로 이동하며 부산물로는 수증기가 발생한다.

산화전극(-) $\text{H}_2(\text{g}) \mid \text{KOH}(\text{aq}) \mid \text{O}_2(\text{g})$ 환원전극 (+)

산화전극: $2\text{H}_2(\text{g}) + 4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4\text{e}^-$

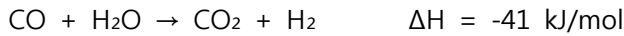
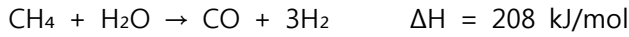
환원전극: $2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-(\text{aq})$

전체반응: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

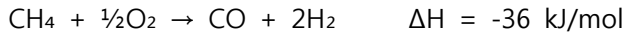
수소기체를 이용한 연료전지를 상용화하기 위해서는 수소기체의 생산, 운반, 저장기술의 발전이 필수적이다.

(라) 수소는 화석연료와 모든 유기물질에 존재하는 원소이다. 수소기체는 자연적으로 얻어지지 않으나 다양한 기술들을 이용하여 쉽게 생산할 수 있다. 수소기체를 생산하는 방법에는 천연가스, 석탄과 같은 화석연료에서 열화학적 방법으로 뽑아내는 방법과 물의 전기분해 또는 광분해를 통해 얻는 방법 외에 다양한 방법들이 개발되고 있다. 이 중 메테인 (CH_4)이 주성분을 이루는 천연가스에서 열화학적 방법을 통해 수소기체를 추출하는 두 가지 방법이 널리 쓰이고 있다. 수증기

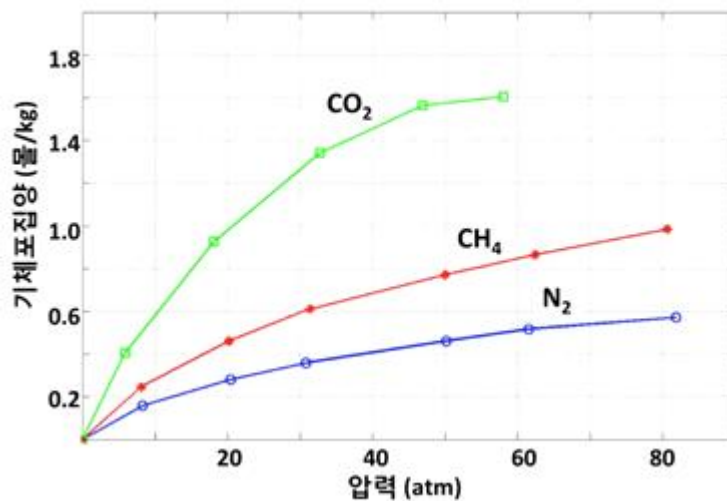
개질법은 천연가스에 고온의 수증기를 개질시켜 수소를 얻는 방법으로 현재 가장 널리 쓰이는 수소 생산법 중 하나이며 다음과 같이 두 단계의 반응으로 이루어진다.



부분산화법은 천연가스를 적은 양의 산소와 반응시켜 일산화탄소와 수소를 얻는 방법이며, 생성된 일산화탄소는 수증기 개질법의 두 번째 단계와 동일하게 수증기와 반응하여 이산화탄소와 수소기체로 변환될 수 있다.



(마) 석탄층에 존재하는 석탄층메테인가스(CBM)는 석탄층 속에서 미생물과 압력, 온도의 작용으로 인해 석탄 표면에서 생성되는 가스를 말한다. CBM은 메테인을 약 95% 함유하고 있으며 그 외에 테인(C₂H₆), 이산화탄소, 질소로 구성되어 있고 연소 시 유해 물질 발생량이 적어 청정화석연료로 분류된다. CBM은 지층수의 압력에 의해 석탄층의 미세한 구멍이나 틈과 같은 표면에 흡착되어 존재한다. [그림 1]은 압력에 따른 석탄층의 CBM 포집 용량을 나타낸 것이다. CBM 생산은 석탄 채굴 이전에 탄광에서 갱내가스를 제거하는 과정에서 시작되는데, CBM 가스를 추출함으로써 채탄과정의 안정성 및 청정에너지원 확보 등 1석2조의 효과를 거둘 수 있다. 휘발성 역청탄이나 무연탄 중에 1톤당 16~25m³의 메테인이 다량 발생한다. CBM의 1/3은 1,000m이내의 석탄층 내에 있고, 2/3는 1,000~2,000m 부근에 부존하여 일반가스에 비해 석탄층의 심도가 낮게 분포되어 있어 생산에서의 유리한 점을 가지고 있다. 또한 일반 천연가스가 특정지역에 집중되어 있는 반면, CBM 석탄층은 세계적으로 고르게 널리 분포되어 있다는 것도 장점이다.



[그림 1] 압력에 따른 석탄층의 CBM포집 용량

- [3-1] 제시문(나)에서 제시된 결정형태의 다공성 물질의 기체 포집 용량을 증가시킬 수 있는 방법을 3가지 이상 제시하시오 (5점).
- [3-2] 천연가스를 이용한 수소생산의 마지막 단계는 수소기체와 이산화탄소의 분리 공정이다. 제시문(나)에서 제시된 결정형태의 다공성 물질을 이용하여 이를 수행할 방법을 설명하고, 이에 적합한 다공성 물질의 조건을 제시하시오 (10점).
- [3-3] 제시문(라)에 제시된 천연가스로부터 열화학적으로 얻는 주요한 두 가지 방법의 장단점을 환경적인 측면과 에너지적인 측면에서 비교하여 서술하시오 (10점).
- [3-4] 수증기 개질법을 이용한 수소기체 생성반응은 평형반응이다. 대략 75%로 알려진 수증기 개질법을 이용한 수소생산효율을 개선할 수 있는 방법을 3가지 이상 제시하시오 (5점).
- [3-5] 제시문(마)에 제시된 석탄층으로부터 메테인가스를 추출할 수 있는 방법을 3가지 이상 제시하고 각 방법의 장단점을 서술하시오 (10점).

1. 출제 의도

- 대표적인 분자간의 힘들의 특성을 적용해 여러 가지 현상들을 설명할 수 있는 지를 알아보고자 하였다.
- 열화학 및 화학평형의 기본원리들을 활용해 화학반응을 해석하고 효율적으로 개선할 수 있는지를 알아보고자 하였다.
- 고등학교에서 배운 화학의 기초 정보들을 통합적으로 적용할 때 분자들의 상호작용 과정과 관련된 응용 분야를 이해하고 예측할 수 있음을 보여주고 있다.

2. 제시문 설명

- 1) 제시문 (가)는 분자간의 힘을 이용한 이산화탄소의 저장법과 신에너지 기술을 제시하였다.
- 2) 제시문 (나)는 다공성 물질이 정장매체로서 사용되는 과정에서 분자간의 힘을 설명하고 응용성을 설명하였다.
- 3) 제시문 (다)는 산화환원 반응으로 화학에너지를 생성하는 대표적인 응용 예 중 하나를 설명하였다.
- 4) 제시문 (라)에서는 수소 생산법의 대표적인 예를 두 가지 설명하였다.
- 5) 제시문 (마)에서는 석탄층에 존재하는 석탄층메테인가스를 소개하고, 채굴과정과 기체의 저장에 대한 원리를 설명하였고, 기체의 종류에 따른 포집량의 실험 예를 제시하였다.

3. 문항 분석

문제	문항분석
문제 3-1	<p>제시문 (나)에서 제시한 내용을 바탕으로 다공성 물질에 기체가 흡착하는 과정을 이해하고 이를 분자들 간의 힘의 개념으로 설명할 수 있는지 평가한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기체분자와 작용기의 힘을 구분할 수 있는지 보고자 하였다. • 온도와 압력에 따른 분자 간의 힘의 변화에 대한 이해를 보고자 하였다.
문제 3-2	<p>기체 분자의 종류에 따른 분자간 힘을 이해하고 있으며 그에 따른 상호작용 물질을 제시할 수 있는지 평가한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수소와 이산화탄소 분자의 특성을 구별하고 분자간 힘을 구분할 수 있는지 보고자 하였다. • 작용기와 기체의 상호작용을 이해하고 극성, 분자간의 작용하는 상호작용의 관점에서 응용할 수 있는지를 보고자 하였다.

문제	문항분석
문제 3-3	<p>제시문 (라)에서 제시한 화학반응의 열화학적 특성을 이해하고 분석할 수 있는지 평가한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 화학반응식의 열화학적 이해도를 평가한다. • 발열반응과 흡열반응의 조건을 구별할 수 있는지 평가한다. • 온도와 열화학적 반응의 상관관계를 응용할 수 있는지를 보고자 하였다.
문제 3-4	<p>제시문 (라)에서 주어진 화학식과 평형반응을 이해하고 응용할 수 있는지 평가한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 평형반응, 정반응, 역반응의 의미를 이해하고 있는지를 평가한다. • 평형반응에 대한 이해를 바탕으로 진행방향을 조절할 수 있는 응용성을 평가한다.
문제 3-5	<p>제시문 (마)에서 주어진 기체포집양 <그림 1>의 실험 결과를 토대로 기체와 석탄표면의 상호작용을 이해하고 상대적인 분자간의 상호작용에 대한 상대적인 크기를 유추하여 분자간의 힘의 상대적인 차이를 기체의 선택적인 저장에 응용할 수 있는지 평가한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 지문의 내용을 분석하여 고체표면에서 기체를 이탈시키는 방법을 유추할 수 있는 능력을 알아보하고자 하였다. • <그림 1>의 그래프에 나와있는 기체분자들의 상대적인 포집용량을 해석하고 응용하는 능력을 알아보하고자 하였다.