

# KENTECH X 에너지 동아리 탐구 자료 제출 양식

본 양식은 에너지 동아리 탐구 자료 작성 시 사용하는 가이드입니다. 이 템플릿은 전체 원고(텍스트, 표, 그래픽)의 작성 방법을 상세히 기술하고 있습니다. 학생들은 이 파일을 활용하여 자신의 연구를 체계적으로 전달할 수 있습니다.

## 양식의 활용

1. 양식의 **표시된 텍스트**에 원고를 바로 작성할 수 있습니다.
2. 텍스트 안에 그래픽을 삽입하거나 그림, 도식 또는 표로 삽입하려면 새 줄을 만들고 원하는 위치에 그래픽을 삽입합니다. 크기를 맞게 조정해야 하는 경우 그래픽 프로그램에서 그래픽 크기를 다시 조정하고 템플릿에 아트웍을 다시 붙여넣습니다 (단일 열 아트웍의 경우 최대 너비 3.3인치(8.5cm), 이중 열 그래픽의 경우 최대 너비 7인치(17.8cm)).
3. 원고를 제출하기 전에 모든 페이지에 페이지 번호가 있는지 확인하세요.
4. 이 지침과 해당 제출물에 필요하지 않은 섹션을 삭제합니다.
5. 다른 이름으로 저장(파일 메뉴)을 선택하고 .dotx 템플릿 파일이 아닌 문서 파일로 저장합니다.
6. 파일 이름에는 학교, 제목, 작성자가 표기되어야 합니다. (예: 쉐택고등학교\_탐구제목\_작성자)
7. 자신으로부터 비롯되지 않은 모든 아이디어는 출처가 표기되어야 합니다.

# 물 전기분해에서의 전해질의 온도에 따른 반응성 탐구

김운환<sup>1</sup>, 서은상<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>해룡 고등학교 <sup>2</sup>해룡 고등학교

**ABSTRACT:** 본 연구는 수소 연료전지의 핵심 과정인 물의 전기분해에서 온도가 수소 발생 속도에 미치는 영향을 예측하기 위해 수행되었다. 실험에서는 0.10 M KOH 수용액을 전해질로 사용하고, 흑연 전극을 이용하여 5 °C, 25 °C, 45 °C의 세 가지 온도 조건에서 전기분해를 계획하였다. 전류는 약 0.30–0.50 A 범위로 유지하며, 발생한 기체 부피를 일정 시간 간격으로 측정하도록 설계하였다. 아레니우스 법칙에 따르면 온도가 상승하면 반응 속도 상수가 증가하므로, 온도가 높을수록 수소 발생 속도가 빨라질 것으로 예측된다. 따라서 본 연구는 물 전기분해 과정이 온도에 따라 반응 효율이 달라질 수 있음을 탐구하고, 수소 연료전지에서의 수소 생산 효율을 향상시키는 것을 목표로 한다.

## 1. 서론 ( Introduction )

최근 전 세계가 직면하고 있는 두 가지 핵심 문제는 바로 기후변화와 에너지 자원의 고갈이다. 산업과 생활 전반에서 사용되는 대부분의 에너지는 화석연료에 의존하고 있다. 이들 에너지원은 산업의 발전과 생활의 편리함을 가져다주었지만, 그 대가로 대기 중에 많은 양의 이산화탄소를 배출해왔다. 이산화탄소는 대표적인 온실가스로, 지구의 기온 상승, 기상이변, 해수면 상승 등 다양한 환경 문제를 유발하며 인류의 삶을 위협하고 있다. 이산화탄소는 오랫동안 "줄여야 할 오염물질"로 간주되어 왔지만, 최근에는 이를 유용한 자원으로 전환하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 단순히 배출을 줄이는 것에서 나아가, 이산화탄소를 에너지 생산에 활용함으로써 기후문제 해결과 에너지 확보를 동시에 달성하려는 접근이다. 이러한 접근 방식은 탄소를 부정적인 존재에서 긍정적인 자원으로 전환한다는 점에서 기술적, 환경적으로 중요한 전환점을 의미한다. 이 기술적 전환의 중심에는 바로 연료전지가 있다. 연료전지는 연료와 산화제가 전기화학 반응을 통해 전기를 생성하는 장치로, 높은 효율성과 친환경성을 바탕으로 차세대 에너지 기술로 주목받고 있다. 기존의 연료전지는 주로 수소나 메탄올을 연료로 사용했지만, 최근에는 이산화탄소를 직접적으로 활용하거나, 이를 포름산, 메탄올 등의 연료로 전환한 뒤 다시 연료전지에 투입하는 방식의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 실험은 연료전지의 전류 생성 과정에서 사용되는 수소와 산소를 얻기 위한 물 전기분해의 과정에서 생성되는 수소의 양이 온도에 따라 어떻게 변하는지 그 상관관계를 탐구하고자 한다.

## 2. 이론적배경(BackGround)

수소 연료전지란: 연료 전지는 수소와 산소의 화학에너지로 전기를 생산하는 장치이다. 연료 전지는 크게 막전극접합체(MEA, Membrane-Electrode Assembly), 전해질막, 촉매층, 가스 확산층, 가스켓, 분리판으로 구성된다.(Hickner and Pivovar, 2005) MEA는 음극과 양극을 전해질막에 부착한 것이다. MEA는 연료 전지의 핵심 부품이다. 여기서 산소와 수소의 전기화학 반응이 일어난다. MEA에는 음극(Anode, 연료극), 양극(Cathode, 공기극), 전해질이 있다. 음극에 수소를 공급하고 양극에 산소를 공급한다. 음극에서는 촉매에 의한 수소의 산화 반응이 일어난다. 이로 인해 생성된 수소 이온은 전해질을 통해 양극으로 이동한다. 양극에서는 수소 이온과 산소가 결합하며 물이 만들어진다. 음극과 양극에서 발생하는 이온의 생성과 이동으로 인하여 전위차가 발생한다. 그 결과 전자가 음극에서 양극으로 이동하며 전류가 흐른다.(O'hayre et al., 2016)

PEMFC, SOFC, AFC, MCFC, PAFC, RFC 등 많은 연료전지가 수소기체와 산소기체를 사용한다.

아레니우스 법칙에 따라 화학반응은 일반적으로 온도가 높아지면 반응속도 또한 올라간다. 온도 상승시 이온 전도도 또한 같이 증가하기 때문에 물 전기분해 반응 또한 활발해질 것이다.

## 3. 재료 및 방법 ( Materials and Methods )

### 가. 재료

수산화칼륨(KOH) 약 1.12g, 증류수, 250mL 비커, 200mL 메스플라스크, 250 mL 눈금실린더, 500mL 수조, 흑연 전극 2개, 스탠드, 클립, 실리콘 튜브, 유리관, 에폭시 수지, 테프론 테이프, 핀치클램프, 전자저울(0.01 g), 온도계(0.1°C), 디지털 멀티미터, 가변 DC 전원기(0–12 V, 전압 일정 모드 가능), 타이머, 자, 보호안경, 장갑, 앞치마, 얼음물/온수조.

### 나. 방법

#### 1)용액 준비

전자저울로 KOH 약 1.12 g을 계량한다. 계량한 KOH를 150 mL의 증류수에 넣고 완전히 녹인다. 발열이 멈추고 용액이 실온으로 식으면 200 mL 메스플라스크로 옮긴다. 증류수를 추가하여 눈금까지 채워 200.0 mL의



약 0.10 M KOH 용액을 만든다. 이 용액을 전해질로 사용한다.

## 2) 전극과 장치 준비

흑연 전극을 에탄올로 닦은 후 증류수로 행군다. 전극을 스탠드에 고정하고, 전극 간격을 2.0 cm로 맞춘다. 수조에 증류수를 채운다. 250 mL 눈금실린더를 물로 가득 채운 뒤 입구를 손바닥으로 막고, 수조 속에서 뒤집어 세운다. 전극 위쪽에 유리관을 설치하고 실리콘 튜브를 연결한다. 연결부는 테프론 테이프를 감은 후, 에폭시 수지로 밀봉한다. 밀봉 부위는 실험 하루 전에 준비하여 완전히 경화시킨 후 사용한다. 실험 전, 공기를 주입하여 기포가 생기지 않는지 확인한다. 기포가 새면 실란트를 보강한다.

## 3) 온도 조절

수조를 얼음물이나 온수 수조 안에 넣어 용액 온도를 5°C, 25°C, 45°C로 각각 조절한다. 필요할 경우 실험 중간에 얼음이나 따뜻한 물을 추가하여 온도를 유지한다.

## 4) 전기분해

전원기를 전압 일정(CV) 모드로 설정하고, 전류를 디지털 멀티미터로 측정하여 기록한다. 전류는 약 0.30~0.50 A 범위에서 유지되도록 전압을 조절한다. 눈금실린더가 물로 완전히 채워진 상태에서 실리콘 튜브를 연결하고 핀치클램프를 닫는다. 전원을 켜면서 동시에 타이머를 시작한다. 기포가 일정하게 발생하면 핀치클램프를 서서히 열어 음극에서 나오는 기체가 눈금실린더로 들어가게 한다. 60초마다 기체 부피, 전류, 전압, 온도를 기록한다. 6분이 지나면 전원을 끄고, 핀치클램프를 닫은 뒤 최종 기체 부피를 읽는다. 수온을 기준으로 수증기압을 보정하여 실제 기체 부피를 계산한다.

## 5) 반복 측정

각 온도 조건에서 새로운 KOH 용액으로 2회 이상 반복 실험한다. 전극의 마모나 변색이 생기면 교체하거나 세척 후 사용한다.

## 4. 결론

KOH 용액의 전기분해 속도는 온도가 높아질수록 빨라질 것으로 예상된다. 아레니우스 법칙에 따르면, 온도가 증가하면 반응에 참여할 수 있는 분자의 충돌 빈도가 높아지고, 활성화 에너지를 극복할 수 있는 분자의 비율이 늘어나 반응 속도가 증가한다. 따라서 이번 실험에서는 낮은 온도에서는 기체 발생이 느리고, 온도가 높아질수록 수소 발생 속도가 점차 빨라지는

경향이 나타날 것으로 예상된다. 이는 물 전기분해 반응이 온도에 민감하게 영향을 받는다는 사실을 보여주는 결과가 될 것이다.

## 5. Example Questions

**Q1 :** 화석 연료를 사용하는 산업의 에너지를 수소 에너지로 대체하면, 탄소 배출량을 효과적으로 줄일 수 있다. 현재 탄소 배출량이 많은 국가(2~3개 정도)는 어느 곳이며, 그 규모는 어떠한지 찾아보자. (어떠한 기준 및 지표로 국가별 탄소 배출량을 비교할 수 있는지 찾아보자. 또한 그러한 기준이 타당한지 고민하여 보자.)

**A :** 가장 많은 탄소를 배출하는 국가는 중국, 미국, 인도 순으로 상위권을 차지한다. IEA의 2023년 분석에 따르면 중국은 약 12.6 Gt의 CO<sub>2</sub>를 배출해 전 세계 배출에서 큰 비중을 차지하며, 미국은 약 4.4 Gt, 인도는 약 2.7 Gt으로 보고된다. 국가별 배출량을 비교할 때 흔히 사용되는 기준은 다음과 같다.

(1) 절대 배출량: 한 국가 내에서 발생한 CO<sub>2</sub> 총량으로, 국제 협상과 국가 온실가스 인벤토리에서 주로 사용되며 대규모 산업국을 판단하는데 적합하다.

(2) 1인당 배출량: 인구 규모를 고려하여 생활 수준과 개인 행동의 영향을 반영한다.

(3) GDP 대비 배출 강도: 경제 효율성, 즉 탄소집약도를 보여주며 정책 효율성을 평가할 때 유용하다.

(4) 누적 배출량: 역사적 책임을 논할 때 중요한 지표이다.

(5) 소비기반 배출량: 수입된 제품 생산에 포함된 배출까지 반영하여 실제 소비가 초래한 배출을 측정한다. (자료 출처: Our World in Data, EDGAR 등)

이 지표들의 타당성은 사용 목적에 따라 달라진다. 기후협약이나 국가 감축 목표 설정·보고에서는 통상 영토기반 수치를 기준으로 사용하므로 정책적, 법적 책임 판단에는 적합하다. 반면 ‘누가 실제로 배출을 유발했는가’를 확인하거나 생활·소비 수준을 비교하려면 소비기반이나 1인당 배출량 지표가 더 적합하다. GDP 대비 배출 강도는 기술적·정책적 효과를 보는 데 유용하지만, 개발도상국의 발전 욕구와 사회경제적 맥락을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다. 이처럼 어떤 지표가 적절한지는 목적에 따라 달라지며, 여러 지표를 함께 제시해 교차 검토하는 것이 바람직하다.