

인공지능 챗봇(Chat GPT)의 가능성과 한계

과제기획 활용 가능성 점검



인공지능 챗봇(Chat GPT)의 가능성과 한계

(과제기획 활용 가능성 점검)

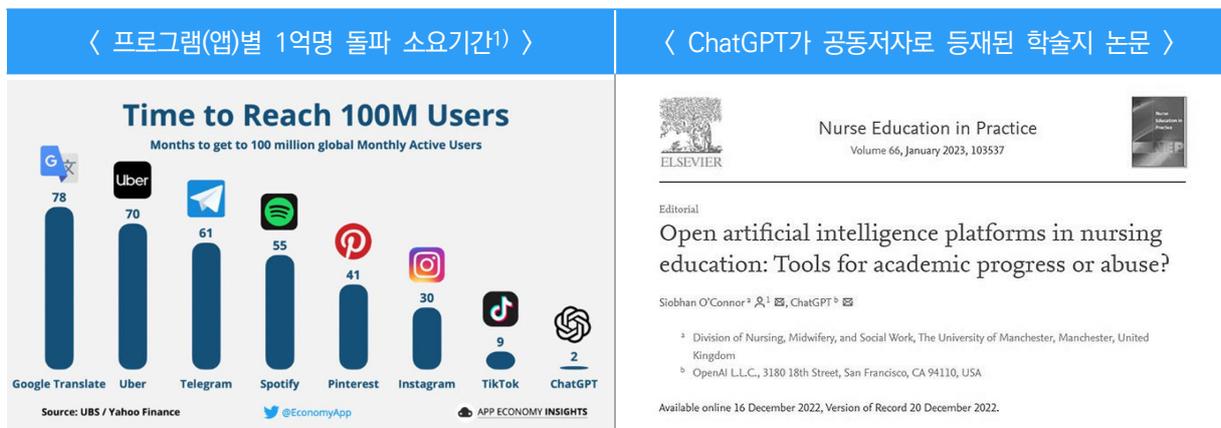
1. 들어가기

최근 인공지능 챗봇, ChatGPT의 인기가 가히 돌풍이다. ChatGPT는 22년 11월 30일에 공개되었는데, 불과 2개월만에 월간 사용자 수(MAU, Monthly Active Users)가 1억명을 넘길 정도로 대중의 관심이 뜨겁다. 이러한 월간 사용자 수 증가는 구글번역기(78개월), 인스타그램(30개월), 틱톡(9개월) 등 다른 서비스가 1억명을 돌파하는데 소요된 기간과 비교하면 매우 짧은 기간내 도달한 것이다.

이뿐만 아니라 다양한 분야에서 ChatGPT를 활용하거나, 적용한 사례가 보도되고 있다. 22년 12월 미국 노스웨스턴대 캐서린 가오 박사 연구진은 ChatGPT에게 세계적인 의학 학술지를 참조하여 논문 초록 50편을 작성하게 하였다. 이를 실제 연구자들이 쓴 초록과 함께 전문 프로그램으로 표절 검사를 하였으며, 의학 전문가들에게는 AI 제작물 여부를 심사하게 하였다.

표절 검사는 모두 통과되었고, AI 제작물 여부 심사는 68%가 통과되었다. 이는 ChatGPT가 표절하지 않았으며, 3분의 2는 기계가 아닌 전문가 같이 작성한 것으로 평가한 것이다. 또한 영국 맨체스터대 간호학과 시오반 오코너 교수는 국제 학술지에 발표한 논문에 ChatGPT를 공동 교신저자로 등재하였다. 이외에도 미국명문 MBA 와튼스쿨 시험에서 B학점을 받는 등 화제와 논란은 계속되고 있다.

해외 과학기술분야에서 초록 및 논문 작성 등 ChatGPT를 활발히 활용하고 있지만 국내에서는 아직 미미한 수준이다. 본 고에서 R&D사업의 과제기획 업무에 활용 가능성을 점검하기 위하여 연구개발 과제의 제안요청서(RFP, Request For Proposal)를 ChatGPT를 이용하여 작성해 보고, 적용 가능성을 살펴보고 그 한계와 활용방안을 제시하고자 한다.



1) 출처 : APP ECONOMY INSIGHT (www.twitter.com)

2. ChatGPT 소개

ChatGPT(Generative Pre-trained Transformer)는 OpenAI가 개발한 인공지능 챗봇이다. 먼저 ChatGPT 명명의 의미를 살펴보면, ①Chat은 Chatting을 의미한다. 텍스트를 읽고 요약하고 다음에 나올 단어를 예측할 수 있는 GPT-3.5 언어모델²⁾을 이용하여 인간의 일상 언어를 이해하고 생성할 수 있다.

②G(Generative)는 딥러닝을 통해 스스로 언어를 생성하는 능력을 갖추었다는 의미이다. 기존에 AI는 미리 만들어 놓은 몇 가지 답을 조합하여 결과를 내 놓았다면, ChatGPT는 다양한 질문에 자연적이고 논리적이며 상세한 답을 할 수 있다.

③P(Pre-trained)는 사전에 이루어진 학습에 기반하여 답을 생성한다는 의미이다. 대화 과정에서 얻은 정보나 콘텐츠는 ChatGPT에 영향을 주지 못하지만, 대화의 숨은 맥락을 파악하고 이전의 질문과 대화를 활용한 답변은 가능하다.

ChatGPT는 2021년까지의 데이터를 학습한 정보를 바탕으로 응답한다. 최신정보(22년 이후)에 관한 질문에 대해서 정확히 답하지 못하는 이유이다²⁾. GPT-3.5 업그레이드 언어모델을 사용하는 MS의 Bing(Bing) 챗봇의 경우 1시간 전 데이터 까지 학습을 하며, 곧 일반 공개가 예정된 구글의 바드(BARD)는 실시간 데이터까지 학습할 수 있을 것으로 예상되어 실시간 데이터 학습에 대한 요구는 해결 될 것으로 기대된다.

④T(Transformer)는 딥러닝 모델 아키텍처를 말하는데 언어 번역, 언어 생성 및 질의응답과 같은 자연어 처리 작업에 널리 사용되는 강력한 모델이다. ChatGPT에서 사용되는 트랜스포머 아키텍처는 언어 생성 작업에 특별히 최적화된 모델이다.

< 표. AI 챗봇 서비스 비교³⁾ >

| 구분 | ChatGPT2) | 빙(Bing) | 바드(BARD) |
|-------|-------------|------------------|---------------|
| 개발사 | OpenAI | MS (챗 탑재) | 구글 |
| 사용법 | OpenAI 홈페이지 | 빙 검색창 | 구글 검색창 탑재예정 |
| 학습데이터 | 2021년 데이터까지 | 1시간전 데이터까지 | 실시간 데이터까지로 예상 |
| 공개여부 | 일반공개 | 신청자 대상 순차공개 중 | 수주내 일반공개 |
| 언어모델 | GPT-3.5 | GPT-3.5 업그레이드 버전 | 구글 람다 |
| 매개변수 | 1,750억개 | 1,750억개 | 1,370억개 |

2) 2023년3월15일 ChatGPT 4.0이 출시되어 서비스되었으나 본 건에서는 GPT 3.5모델로 작성(테스트)하여 일관성 유지를 위해 ChatGPT 3.5 기준으로 작성함

3) 출처 : 챗GPT 혁명, 권기대, 베가북스, 2023

ChatGPT는 프로토타입 버전인 GPT-1을 2018년, GPT-2는 2019년, GPT-3는 2020년 6월에 발표하고 이후 22년 11월 GPT-3.5 버전, 23년 3월15일에 GPT-4.0 버전을 일반에 공개하며 화제의 중심이 되었다. 인공지능의 성능은 매개변수의 개수와 관련성이 높다.

매개변수는 흔히 인간 뇌의 신경세포 연결부인 시냅스에 비유되기도 하는데, 많으면 많을수록 더 많은 분량과 종류의 데이터를 다룰 수 있어 답변이 더 정확하고 정교해진다. GPT-3.5의 매개변수는 GPT-1보다 1,500배 많은 약 1,750억개의 매개변수를 활용하여 수준을 대폭 높였는데, 최근 발표한 GPT-4의 매개변수 수를 공개하지 않았으나 인간 뇌의 시냅스 수와 유사한 100조개에 달해 인간과 동등한 언어 구사 능력을 갖춘 것으로 알려져 있다.

3. ChatGPT를 활용한 과제 제안요청서 작성

과제 제안요청서는 일반 연구자가 정부과제의 신청을 위해 필요한 ‘과제의 개념’, ‘지원범위’ 등을 기술한 문서이다. 제안요청서는 해당분야의 5인 내외의 기술전문가가 기술수요를 검토하여 몇 차례 논의를 거쳐 적정한 주제를 정하고, 다시 몇 차례 회의를 거쳐 세부 기술적 요구사항을 요약한 결과물이다.

본 절에서는 제안요청서 작성경험이 풍부한 기획업무 담당자가 ChatGPT 3.5 모델을 이용하여 제안요청서를 작성한 결과(참고1)와 질의답변 내용(참고2)을 제시하였다

- 과제명 : 산업용 수소 보일러 기술개발* (23년1월 실제 공고된 과제명)
* 과제선정 사유 : 21년까지 학습할 공개 데이터가 충분하고 원고작성자의 기술적 이해도가 높은 기술분야
- 점검방식 : 제안요청서에 기술된 개념, 산업동향 등에 관하여 포괄적 질문에서 상세 질문 순으로 점차 영역을 좁혀가며 질의응답하고 사용언어는 한글을 기본으로 함

① 먼저 산업용 수소 보일러의 개념과 무탄소 보일러의 종류에 대하여 질문하였다. 수소 보일러의 개념은 적절하게 답변되어 기재하였다. 무탄소 보일러의 종류는 Q1의 답변과 같이 전기, 수소 보일러 등 다양한 무탄소 보일러를 나열하고 간략한 설명이 제시되었다. 다만, 마지막에 제시된 ‘지속가능한 가열시스템’은 보일러가 아닌 히트펌프에 관한 설명으로 추정되는데 수소 보일러는 아니지만 기존 보일러를 대체할 무탄소 열원기기의 한 종류로 볼 수 있는 기술이다.

- ② 제시된 여러 보일러 중 수소 보일러에 대한 구체적 개발내용(지원범위)을 질문하였다. 답변내용은 연료공급, 연소기술, 열교환기, 제어시스템 등의 필요기술이 제시되었다. 연료에 탄소(C)가 없기 때문에 수소 연소시 이산화탄소(CO₂)는 배출되지 않고 고온의 화염으로 인해 공기의 질소(N)과 결합한 질소산화물(NO_x) 배출을 최소화해야 하는데 이에 대한 언급은 없었다.
- ③ 수소는 기존의 도시가스 등 화석연료와는 달리 발화점과 화염속도가 달라 연소기술이 중요하다. 연소기술에 대하여 좀 더 구체화할 것을 주문하였다. 답변내용은 수소에 필요한 특화된 연소기술이 기 보다는 도시가스 등 일반연료를 사용하는 보일러에도 필요한 기술이다. 좀 더 깊이 있는 답변을 얻어내기 위해 답변에 있는 키워드를 재활용하여 질문을 해 보았지만 유사한 답변을 내놓을 뿐 더 구체적인 답변을 얻지는 못하였다.
- ④ 수소 보일러에 필요한 새로운 키워드를 추가하여 질문하였다. ChatGPT는 질소산화물, 열효율, 턴다운비 등을 이용한 질문에 구체적이고 정량적인 물리량을 제시해 주었다. 지면관계상 질소산화물에 대한 답변만 서술하였다.
- ⑤ 다음으로 개발하고자 하는 보일러의 용량 설정을 위하여 산업에서 사용되고 있는 보일러 용량을 질문하였다. 소형, 중형, 대형으로 보일러를 구분하여 제시하여 개발할 보일러의 용량 설정에 참고할 수 있는 수준으로 판단되었다.
- ⑥ 다음으로 산업용 보일러 시장규모 및 전망을 질문하였다. 답변은 시장보고서를 학습한 결과로 보이는 수치와 함께 시장규모를 정량화하여 제시되었는데, 실제 조사값과 유사한 수준이었다.
- ⑦, ⑧ 다음은 유럽, 일본 등 해외 기술개발 현황에 대하여 질문하였다. 유럽의 경우 해당 기업을 제시하며 설명하고 있으며, 일본의 경우 앞에서 제시하지 못했던 질소산화물 저감에 대한 기술 동향을 제시하였다.
- ⑨~⑬ 다음은 수소 보일러 개발 필요성 작성에 필요한 질문과 답이다. 제조업에서의 보일러의 탄소배출 비중, 정부 정책적 필요성, 국내 기술수준 및 산업 현황에 대한 답변들이다.

이러한 답변결과에 대하여 주관적 의견을 최대한 배재하고 ChatGPT가 답변한 내용에 기반하여 제안요청서(참고1 Chat GPT를이용한 과제 제안요청서)를 작성하였다.

4. 가능성과 한계점

완벽한 수준은 아니지만 제안서 작성에 필요한 정보를 획득할 수 있었으며 답변내용을 편집하면 초안 수준으로 제안요청서 작성이 가능하였다. 전문가가 작성하는 제안요청서(참고1 실제 공도된 과제 제안요청서)도 여러 기술 전문가들이 모여 3~4차례 회의를 거쳐 완성하는 것을 감안할 때 2~3시간 안에 초안을 작성할 수 있다는 것은 고무적인 일이다.

아직까지 인공지능이 인간의 고유영역을 대체할 수는 없으나, 반복적이고 정형화된 기획업무의 소요시간을 단축할 수 있을 것으로 예상된다. ChatGPT 활용의 가장 큰 장점은 사용자가 원하는 답을 빠르게 정리하여 제시한다는 것이다.

기획과정에서 기술전문가가 숙지하고 있는 정보도 있지만 대개 산업동향, 시장동향, 해외사례 등은 기존 전문자료와 구글 등에서 검색하여 관련된 링크를 하나하나 확인하고 적절한 답이 나올 때까지 각 링크의 내용을 반복적으로 확인하고 일일이 정리해야 한다.

ChatGPT를 활용하면 이러한 번거로움 없이 가장 적절한 내용들을 사용자가 판단하여 취사선택하기 때문에 자료검색 시간을 크게 절약할 수 있다. 또한, 질문이 명확한 경우는 짧은 시간에 명확한 답변을 받을 수 있었고, 모호한 질문에도 사용자의 의도에 맞는 답변(Q2, Q9, Q10, Q11)이 인상적이었다. 종합적으로 볼 때, ChatGPT에 기반한 제안요청서와 실제 전문가가 작성한 제안요청서를 비교하면 핵심 성능지표 및 목표는 일부 상이하지만, '개념', '산업동향', '지원필요성' 등의 부분에서는 초안으로는 만족할 만한 수준으로 판단된다.

반면에 ChatGPT도 한계점 및 유념할 사항이 있었다. ①OpenAI 공식 홈페이지에 공지한 한계점과 같이 부정확한 답변을 할 수 있다. 예를 들어, 수소 보일러에서는 거의 배출되지 않은 CO2나, 보일러의 범주에 들어가지 않는 히트펌프를 제시한 것은 부정확한 답변(Q1)이다. 이러한 답변 내용을 판단하는 것은 사용자 몫이다. 물론, 히트펌프가 낮은 온도 영역대의 보일러를 대체할 수 있는 열원기기로 대안기술로 영감을 줄 수 있다는 여지는 있다. ②다른 유념할 점은 질문을 잘해야 한다는 것이다.

예를들어, ChatGPT의 답변을 이용한 꼬리에 꼬리를 무는 질문을 가지고는 깊이 있는 답을 얻을 수 없었고(Q3), 질소산화물, 열효율, 턴다운비 등 연구개발에 필요한 핵심 키워드를 새로이 제시하였을 때 구체적이고 정량적인 답을 얻을 수 있었다(Q4). 즉, 질문의 품질에 따라 답변의 품질도 달라진다는 점에 유념하여야 한다. ③마지막으로 ChatGPT 설정의 이해가 필요하다.

설정값 중 'Temperature(의역을 하자면 조절기)'라는 것이 있어 확률적으로 좀 더 정확한 답변을 제시하거나 다양한 답변을 제시할 수도 있게 조절 가능한데, 사용자가 이를 적정히 활용하여 답변의 범위를 조절할 수 있어야 한다.

ChatGPT 등 인공지능이 만능은 아니다. 확률이라는 태생적 한계가 있기 때문에 부정확한 답을 할 수도 있고, 잘 모르고 질문하면 부정확한 답변을 할 수도 있다. 부정확한 답을 거르고, 질 높은 질문을 하기 위해서 여전히 전문가의 식견이 필요하다.

ChatGPT를 하나의 검색&사전조사의 툴로 활용하고 답변내용의 진위여부 등을 판단할 수 있는 전문성은 여전히 필요하다. 향후 R&D업무에서도 반복적이고 정형화된 업무는 ChatGPT 등 인공지능을 도구로서 적극 활용하고 업무에 관한 식견과 전문성을 바탕으로 창의적이고 비정형화된 업무와 현명한 의사결정에 집중할 수 있도록 변화될 것으로 기대한다.

참고 1

ChatGPT를 이용한 과제 제안요청서

1. 개념 및 산업동향

□ 개념

- 수소와 산소를 연소시켜 열을 발생시켜 물을 가열하고, 가열된 물로 증기를 발생시켜 제조업 등 산업에서 열원을 이용하는 무탄소 보일러 개발
 - 연소 안정성과 효율성을 고려한 연소 시스템을 개발 및 열에너지를 효과적으로 전달할 수 있는 열교환기 설계 및 제어 기술

□ 산업동향

- 전 세계적으로 산업용 보일러 시장은 연평균 5% 이상 성장하고 있으며, 2021년 산업용 보일러 시장은 114백억 달러이며, 2026년 세계시장 규모는 147억달러로 예측
 - * MarketsandMarkets (2021)
- 국내 제조업의 발전과 함께 산업 분야에서 보일러 사용량이 늘어나고, 탄소중립이 강조되면서 무탄소 보일러 산업에 대한 관심과 수요가 증가할 것으로 예상되나, 상용화된 제품은 없음
- 일본은 수소보일러와 관련하여 배출가스인 NOx 발생 감소에 많은 노력을 기울이고 있으며, 연소제어를 최적화함으로써 효율성과 안전성 향상 위한 연구가 활발히 진행중
- 독일의 Bosch, Viessmann 등은 수소 연료의 연소 특성을 고려한 효율성 향상과 더불어, 기존연료와 수소가 혼소 가능한 시스템 개발하여 운영 중

2. 지원 범위

- 수소 연소시스템 기술개발
 - 수소의 높은 인화점과 폭발 위험성을 고려한 연속기술
 - 연소가스(NOx) 최소화를 위한 연소시스템 제어기술
- 보일러 열교환기 기술개발
 - 열교환기 수증기의 처리 기술
 - 효율개선을 위한 열교환기 설계 기술
- 보일러 제어 시스템
 - 수소공급, 연소, 온도, 압력의 변화 등을 측정하고 제어기술
- 핵심 목표 성능

| | 핵심 성능지표 | 단위 | 달성목표 |
|---|----------|-----|------|
| 1 | NOX 배출량 | ppm | ≤ 30 |
| 2 | 보일러 열효율 | % | ≥ 90 |
| 3 | 보일러 턴다운비 | - | 1:5 |

3. 지원 필요성

- 정책적 지원 필요성
 - 국내 제조업의 발전과 함께 산업 분야에서 보일러 사용량이 늘어나고, 에너지 절약과 환경 보호의 중요성이 강조되면서 보일러 산업에 대한 관심과 수요가 증가
 - 수소 보일러는 무탄소 연료를 이용하여 탄소중립에 효과적인 기술이며, 대기 오염을 최소화 가능
- 산업적 지원 필요성
 - 유럽, 일본 등 선진국에서는 수소 보일러에 대한 연구 및 개발에 큰 관심을 가지고 있으며, 이미 상용화가 이루어지고 있어, 탄소 배출 저감과 더불어 새로운 산업창출 가능
 - 국내 보일러 제조업체들은 친환경적이며 효율적인 제품을 개발하고 생산해 나가는 노력이 필요하며
 - 이를 통해 세계적인 경쟁력을 갖추고 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있는 가능성도 크다는 것이 현재 한국 보일러 산업의 현황
- 기술적 지원 필요성
 - 국내에서도 수소 보일러의 효율성 및 안전성을 높이는 기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있으나 국내 상용화된 수소 보일러는 없으며, 선진국 대비 기술 수준이 낮음
 - 무탄소 수소 보일러는 국내 기술력을 바탕으로 신기술 개발과 경쟁력 강화를 이룰 수 있는 분야로 국내 산업의 혁신과 경쟁력을 높이는 중요한 분야

실제 공고된 과제 제안요청서(23년 1월)

1. 개념 및 산업동향

□ 개념

- 제조업 등 산업 공통 열기기인 보일러의 탈탄소화를 위해 수소를 직접 연소하는 연소기의 개발 및 수소 연소가스로부터 고압 증기를 생산하는 보일러 개발
 - 수소연료 전환 시 높은 화염전파속도에 대응하여 역화방지가 가능하면서, 고온의 화염으로 인한 NOx 배출을 최소화하는 1.5MWth급 산업용 보일러용 수소 연소기 개발
 - CO2 배출의 90% 이상 저감이 가능하도록 수소 연소가스의 열전달, 상변화 특성에 맞추어 열회수를 최대화 할 수 있는 스팀 생산기준 2ton/hr급 산업용 수소 보일러 및 열교환기 개발

□ 산업동향

- 2020년 세계 산업용 보일러시장은 146억달러로 추산되며 2025년까지 5.7%의 CAGR(복합성장률)로 193억달러 시장을 형성할 것으로 전망되며, 아시아-태평양 지역에서 수요 증가율이 높음
- 글로벌 탄소중립, ESG 평가 등의 영향으로 무탄소 기술에 대한 관심이 높으며, 특히 수소보일러의 경우 산업 공통설비이면서 연료변화가 생산 제품에 직접영향을 미치지 않는다는 점, 열효율이 연료전지 등 다른 기술 대비 높다는 장점 등으로 산업계의 관심이 높으나, 국내 제품은 전무함
- (일본) 미우라공업, 가와사키중공업 등에서 수소보일러 제품 개발을 완료하여 판매를 진행하고 있으며, 약 80~85%의 에너지효율과 40~60ppm 수준의 NOX 배출 성능을 확보함
- (독일) Saccke에서 개발한 수소연소기는 약 60ppm 수준의 NOX 배출성능을 확보하고 있으며, 독일 내 자동차 공장에 시범 보급하여 운영 중이며, Worcester Bosch는 산업용 수소보일러 시제품을 만들어 시험 가동 중임

2. 지원 범위

- 친환경 수소 혼소 및 전소 연소 기술 개발
 - 수소+LNG 혼소 및 수소 전소 역화 방지형 연소 기술
 - 고온 수소 화염 대응 저 NOX 연소 기술
- 산업 보일러용 1.5MWth급 수소 연소기 설계 기술 개발
 - 연소실 내부 형상 및 배기가스 재순환 등 친환경 기법을 고려한 화염구조 제어기술
 - 장기 연속 운전, 열부하 변동 등 상용화 연소기 내구성 확보
- 수소 연소가스 대응 보일러 동체 및 열교환기 개발
 - 휘염이 없고 고온인 수소화염 특성을 고려한 동체 내부 설계 기술
 - 고수분 연소가스의 열회수를 위한 고효율 열교환기 설계 기술

* 휘염: 탄화수소 연소 시 발생하는 고온 입자상 탄소물질에서 나오는 적외선+가시광선 영역의 복사열로 휘염 유무는 복사열전달에 영향을 미침

- 2ton/hr급 산업용 수소 증기보일러 운영 기술 개발
 - 안전한 운영을 고려한 연료/공기 주입, 점화, 소화 프로세스 및 제어시스템 개발
 - 보일러 효율, 배출가스 농도, 소음 등 상용화를 위한 시스템 최적화
- 수소 연소기 및 보일러 현장 실증
 - 현장 운용을 통한 성능 신뢰성, 트랙 레코드 확보
- 핵심 목표 성능

| | 핵심 성능지표 | 단위 | 달성목표 |
|---|----------------|--------|-------|
| 1 | 수소연소기 용량1) | MWth | ≥ 1.5 |
| 2 | NOX 배출량2) | ppm | ≤ 40 |
| 3 | 무탄소 보일러 정격용량3) | ton/hr | ≥ 2 |
| 4 | 보일러 열효율4) | % | ≥ 85 |
| 5 | 보일러 턴다운비5) | - | 1:3 |

- 1) MWth은 단위 시간당 투입연료 열량을 의미, 1.5MWth는 2ton/hr급 보일러용 연소기에 해당
- 2) 대기환경보전법 시행규칙 준용, 수소전소 조건, 배기가스 산소농도 4% 기준
- 3) 단위시간당 스팀 생산량
- 4) 연료 보유 열량 중 보일러 회수 열량 비율 (고효율 에너지 기자재 인증 시험방법 준용)
- 5) 보일러 최소 : 최대 열부하 비율, 보일러 효율적 운전 지표

3. 지원 필요성

- 정책적 지원 필요성
 - '18년 산업부문 온실가스는 국가 총 배출의 36%를 차지하고 있으며 열원 공급기기는 산업부문 탄소배출의 60% 이상을 차지함
 - 산업용 보일러는 산업부문의 범용 열에너지 공급설비로 특정 산업분야에 한정되지 않으며, 2017년 기준 전 산업부문의 에너지소비량 중 18.3%를 차지하고 있어, 2050 Net Zero 정책 추진에 필수 품목임
 - '22년 11월 발표된 새정부 수소정책에서 민간주도의 수소경제활성화 및 수소 수요의 다양화를 제시하고 있어, 산업 공통설비인 보일러의 연료 전환이 필수적임
- 산업적 지원 필요성
 - 국내 산업용 보일러 관련 시장만 살펴보면 약 40여개 기업이 있으며 총 매출액 규모 (보일러 및 주변기기 포함)는 '17년 5,920억원, '18년 6,200억원, '19년 7,438억원으로 해마다 증가하는 추세로 (국내 대표기업 A의 해외 수출비중은 '20년 1.0%, '21년 1.5%, '22년 상반기 1.7%로 빠르게 증가 중) 신제품 개발의 성과확산 효과가 높음
 - 국내 산업 구조 상 보일러는 공통설비이면서 중소기업 위주의 생산, 공급망을 구성하고 있어, 일본(미우라, 가와사키), 독일(보쉬) 등 글로벌 선도기업들과의 경쟁이 어려운 상황으로, 지원을 통한 기술 경쟁력 향상이 필요함

- 기술적 지원 필요성
 - 글로벌 탄소중립과 관련하여 선진국에서는 이미 수소, 암모니아 등 무탄소 연료를 활용한 보일러를 개발하여 판매를 시작하는 단계로, 향후 시장은 무탄소 연료 보일러로 재편될 것으로 예상되는 상황이지만, 국내 기술력은 부족한 상태임
 - 수소는 연소속도, 화염온도, NOX 발생량 등이 기존 연료와 크게 차이 나므로 전용 연소기술 확보가 매우 중요하며, 현재 기술보안 수준이 높아 기술도입이 불가함

참고 2

ChatGPT 질문 및 답변내용

Q1 탄소 중립을 위한 산업용 무탄소 보일러의 종류

 산업용 무탄소 보일러는 대개 연료를 사용하여 열을 생성하는 과정에서 이산화탄소(CO₂) 배출을 최소화하거나 제로로 만드는 보일러를 말합니다. 다음은 몇 가지 대표적인 산업용 무탄소 보일러의 종류입니다.

전기 보일러 : 전기 보일러는 전기 에너지를 이용하여 물을 가열하여 증기를 생성하는 방식으로 작동합니다. 이 방식은 연소 과정이 없기 때문에 배출 가스가 발생하지 않으며, 무탄소 보일러 중 하나입니다.

수소 보일러 : 수소 보일러는 수소를 연소시켜 열에너지를 생성하는 방식으로 작동합니다. 수소를 연료로 사용하기 때문에 배출 가스가 거의 없고, 친환경적인 보일러입니다.

지열 보일러 : 지열 보일러는 지열 에너지를 이용하여 물을 가열하여 증기를 생성하는 방식으로 작동합니다. 지열 에너지는 지하 수나 바닥열을 이용하며, 연료를 이용하지 않기 때문에 배출 가스가 발생하지 않습니다.

바이오매스 보일러 : 바이오매스 보일러는 산물물, 나무, 쌀껍질, 일반 쓰레기 등의 재생 가능한 생물성 폐기물을 연소시켜 열에너지를 생성하는 방식으로 작동합니다. 바이오매스는 생물의 분해 과정에서 생성되기 때문에 환경적으로 친화적인 보일러입니다.

지속 가능한 가열 시스템 : 지속 가능한 가열 시스템은 증기와 열을 생성하기 위해 직접 연료를 연소하는 것이 아니라, 열 교환과 열 펌프를 이용하여 가열을 수행합니다. 이러한 시스템은 열 손실을 최소화하고, 친환경적인 보일러로 분류됩니다. 이 외에도 여러 가지 산업용 무탄소 보일러가 있으며, 그 중에서도 적절한 보일러는 사용 목적과 상황에 따라 다를 수 있습니다.

Q2 수소 보일러에 대한 구체적 개발내용

 수소 보일러는 수소 연료를 사용하여 열에너지를 생산하는 보일러입니다. 이러한 보일러를 개발하는 데에는 다음과 같은 개발 내용이 포함됩니다.

연료 공급 시스템 : 연료인 수소와 산소를 안전하게 공급할 수 있는 시스템이 필요합니다. 보일러 내부에 탱크를 설치하여 수소 공급이 가능하도록 하거나, 수소를 안전하게 보관할 수 있는 압축 수소 탱크를 외부에 설치하는 방법이 사용됩니다.

연소 시스템 : 수소와 산소를 정확하게 혼합하여 연소할 수 있는 시스템이 필요합니다. 연료 공급 시스템에서 공급된 수소와 산소가 연소되면 물과 열이 발생합니다. 연소 시스템은 안전성과 연소 효율을 고려하여 설계됩니다.

열교환 시스템 : 연소 시스템에서 발생한 열은 열교환기를 통해 물을 가열하여 에너지를 전달합니다. 열교환기의 재질과 설계는 내구성과 효율성을 고려하여 선택됩니다.

배기 시스템 : 연소형 수소 보일러는 연소과정에서 CO₂와 물방울(H₂O)만이 배출됩니다. 배기 시스템은 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해 설계됩니다.

제어 시스템 : 수소 보일러는 연료의 특성상 가스 보일러에 비해 연소제어가 복잡합니다. 따라서 제어 시스템은 수소의 안전한 공급과 연소를 위한 안정적인 연소 조절을 가능하게 해야 합니다.

이러한 구체적인 개발 내용을 통해 수소 보일러의 성능을 개선하고 안전한 운영을 보장할 수 있습니다. 또한, 보일러의 효율성을 높여 배출 가스를 최소화하고 지속 가능한 환경을 위한 기술 발전에 기여할 수 있습니다.

Q3 수소 보일러의 연소기술에 대한 구체적 개발내용

 수소 보일러의 연소기술에 대한 구체적 개발내용은 다음과 같습니다.

수소 연료의 특성 파악 : 수소 연료는 고체 연료나 액체 연료와는 달리 가스 상태에서 연소됩니다. 따라서, 연소 과정에서 생기는 문제들을 파악하고, 이에 대한 대처 방안을 연구해야 합니다. 또한, 수소의 연소 특성에 따라 적절한 산소 공급과 같은 연소 환경 조건을 설정해야 합니다.

수소와 공기 혼합 비율 개선 : 수소와 공기를 혼합하는 비율은 연소 효율과 배출 가스의 양에 영향을 미치는 중요한 요소입니다. 따라서, 수소와 공기의 정확한 비율을 파악하고, 이를 조절하기 위한 적절한 장치 및 제어 시스템을 설계하고 개발해야 합니다.

연소 온도 및 압력 조절 기술 개발 : 수소 연료는 고온, 고압의 연소 환경에서 가장 효과적으로 연소됩니다. 따라서, 연소 과정에서 수소와 공기의 온도와 압력을 조절하면서 연소 효율과 안전성을 개선할 수 있는 연소 기술을 개발해야 합니다.

수소 연소 시 발생하는 이산화탄소 제어 기술 개발 : 수소 연소 시 생성되는 이산화탄소는 대기 오염원이 될 수 있기 때문에, 이를 효과적으로 제어하기 위한 기술 개발이 필요합니다. 이를 위해 적절한 배기 시스템 및 이산화탄소 제거 시스템을 개발해야 합니다.

안전성 평가 기술 개발 : 수소 연료는 폭발성이 매우 높기 때문에, 수소 보일러의 안전성 평가가 매우 중요합니다. 따라서, 연소 과정에서 발생하는 가스의 농도, 온도, 압력 등을 측정하는 센서 기술을 개발하고, 이상 발생 시 즉각적인 대처를 위한 경보 시스템을 구축해야 합니다.

이러한 연소 기술 개발을 통해, 안전하고 효율적인 수소 보일러를 개발하고 운영할 수 있습니다.

Q4 수소보일러의 질소산화물 가능 배출량

 연소식 수소보일러의 질소산화물(NOx) 배출량은 보일러의 종류, 설계, 운영 등에 따라 다양하게 나타날 수 있습니다. 그러나 일반적으로 연소식 수소보일러는 NOx 배출량이 매우 적습니다.

보통 연소식 수소보일러는 고온 연소를 방지하기 위해 저온 연소를 적용하고, 공기와 연료의 정밀한 혼합을 통해 연소 효율을 높입니다. 이러한 기술은 보일러 내부에서 질소산화물의 생성을 최소화하며, NOx 배출량을 극도로 낮출 수 있도록 합니다.

실제로 유럽 연합(EU)에서는 2018년부터 새로운 연소식 수소보일러의 NOx 배출량을 56mg/kWh 이하로 제한하고 있습니다. 또한, 연구 결과에 따르면 일반적으로 연소식 수소보일러의 NOx 배출량은 30ppm 이하로 유지되며, 일부 최신 기술의 경우에는 10ppm 이하의 매우 낮은 수준으로 유지될 수 있습니다.

하지만 보일러의 설계나 운영 등에 따라 NOx 배출량이 다소 차이가 있을 수 있으므로, 보일러 제조업체나 설치 업체에게 문의하여 관련 정보를 확인하는 것이 좋습니다.

Q5 산업에서 많이 사용하고 있는 보일러 용량

 산업에서 사용되는 보일러의 용량은 사용 목적과 산업의 종류에 따라 다양하게 나뉘어집니다. 일반적으로 보일러 용량은 열의 단위로 측정되며, 다음과 같이 크게 세 가지로 나뉩니다.

소형 보일러(0.1~1MW) : 소규모 제조업체나 건물에서 사용하는 보일러로, 대개 가스나 경유를 연료로 사용합니다. 적은 수요와 경제성을 고려하여 소형 보일러를 사용하는 경우가 많습니다.

중형 보일러(1~10MW) : 공장, 건물 등 대규모 열 수요가 있는 장소에서 사용하는 보일러로, 대개 석탄, LNG 등을 연료로 사용합니다. 중형 보일러는 대체로 연료 효율성이 높고, 열 생산량이 많아 대량 생산이 필요한 산업에서 많이 사용됩니다.

대형 보일러(10~100MW 이상) : 화학, 제지, 석유화학 등 대량의 열을 필요로 하는 산업에서 사용하는 보일러입니다. 대형 보일러는 대규모 발전소에서 사용되며, 연료로는 석탄, 천연 가스, 원유 등을 사용합니다.

산업에서 사용되는 보일러의 용량은 사용 목적, 산업의 종류, 지리적 위치 등에 따라 달라집니다.

Q6 산업용 수소보일러 현재 시장 규모 및 향후 전망

 2021년 현재, 산업 분야에서 보일러 수요가 지속적으로 증가하기 때문에 산업용 보일러 시장은 전 세계적으로 지속적으로 성장하고 있습니다.

2021년 기준 산업용 보일러 시장 규모는 약 114.5억 달러로 추산되며, 석유 및 가스, 석탄, 바이오매스, 폐기물 및 산업 프로세스와 같이 보일러가 필요한 다양한 산업 분야에서 사용됩니다.

시장 조사 보고서에 따르면, 산업용 보일러 시장은 2021년부터 2026년까지 연평균 복합 성장률(CAGR) 5.0%로 성장하며, 2026년에는 약 147.4억 달러 규모로 성장할 것으로 예상됩니다.

미래에는 보다 엄격한 환경규제가 예상되어 친환경 보일러 기술의 개발을 이끌 것으로 예상됩니다. 따라서, 이 시장은 지속적인 성장이 예상됩니다. 또한 COVID-19 대유행으로 인해 공급망 붕괴와 특정 종류의 최종 사용자 산업에서 수요가 감소하는 등 시장에 영향을 미쳤습니다.

정확한 출처를 제공하기 위해, 다음과 같은 시장 조사 보고서를 참고하시면 됩니다

MarketsandMarkets, "Industrial Boilers Market by Fuel Type (Natural Gas & Biomass, Oil, Coal), Boiler Type (Fire-Tube, Water-Tube), Boiler Horsepower, End-Use Industry (Chemical, Food, Refineries, Metals & Mining), and Region - Global Forecast to 2026" (2021)

Q7 유럽의 수소 보일러 기술개발 현황

 유럽의 연소형 보일러 제조업체 중 Bosch, Viessmann, BDR Thermea Group, Remeha 등은 수소 보일러 기술 개발을 진행하고 있습니다. 이들 회사는 대형 산업용 보일러부터 가정용 보일러까지 다양한 제품을 생산하고 있으며, 수소 보일러 분야에서도 활발하게 기술 개발을 추진하고 있습니다.

Bosch는 연소형 수소 보일러의 개발에 주력하고 있습니다. Bosch의 연소형 수소 보일러는 청정 연료에 대한 이해도가 높은 유럽에서 인기가 있으며, 높은 효율성과 성능으로 평가를 받고 있습니다. Bosch는 수소 연료의 연소 특성을 고려한 기술을 적용하여 연료의 효율성을 높이고, 녹색 에너지 생산을 위한 보일러 시스템을 개발하고 있습니다.

Viessmann은 수소 보일러를 비롯한 다양한 친환경 제품을 제조하고 있습니다. Viessmann은 수소 보일러를 개발함으로써 친환경적인 전략의 일환으로 녹색 에너지 시장에 진출하고 있으며, 지속 가능한 미래를 위한 보일러 솔루션을 제공하고 있습니다.

BDR Thermea Group은 수소 보일러를 개발하고 있으며, 이를 통해 환경을 보호하고 지속 가능한 에너지 시장에서 경쟁력을 확보하고자 합니다. BDR Thermea Group은 기존 연료와 수소 연료를 조합하여 연료의 효율성을 높이는 기술을 개발하고 있습니다.

Remeha는 수소 보일러의 개발에 노력을 기울이고 있습니다. Remeha는 친환경적인 에너지 전환을 지원하기 위해 수소 연료를 사용한 보일러 시스템을 개발하고 있으며, 이를 통해 지속 가능한 미래를 위한 보일러 솔루션을 제공하고 있습니다.

이들 회사는 수소 보일러 분야에서 높은 기술력을 바탕으로 적극적으로 연구 개발을 추진하고 있습니다. 유럽에서의 수소 보일러 기술 개발은 환경 문제 해결과 함께 미래 에너지 시장에서 경쟁력을 확보하는 데 큰 기여를 할 것입니다.

Q8 일본의 수소 보일러 기술개발 현황

 일본에서는 연소형 수소 보일러를 개발하는 기술적인 연구와 시범 사업이 진행되고 있습니다. 연료전지를 제외한 기술 개발 현황은 아래와 같습니다.

연소형 수소 보일러를 이용한 산업용 스팀 보일러 : 일본에서는 수소를 연료로 사용하는 연소형 보일러를 산업용 스팀 보일러에 적용하여 개발하는 기술 개발을 진행하고 있습니다. 이러한 시스템은 수소 연료의 대체 가능성을 검증하고 있으며, 이를 통해 산업 분야에서 보일러의 친환경적인 대체 기술을 연구하고 있습니다.

다양한 스타일의 연소형 수소 보일러 : 일본에서는 다양한 스타일의 연소형 수소 보일러를 개발하고 있습니다. 예를 들어, 제품의 크기, 형태, 사용 가능한 연료 등을 고려하여 다양한 스타일의 연소형 수소 보일러를 개발하고 있습니다. 이러한 연구는 산업 분야에서의 보일러 용도뿐만 아니라 일반 가정용 보일러 등 다양한 용도로 확장될 것으로 예상됩니다.

수소 연소에 따른 NOx 발생량 감소 기술 : 일본에서는 수소 연소 시 발생하는 NOx의 발생량을 감소시키는 기술 개발에도 많은 노력을 기울이고 있습니다. 이러한 기술은 환경 문제를 해결하는데 기여할 것으로 기대됩니다.

인공지능 기반의 연소 제어 기술 : 일본에서는 연소형 수소 보일러의 연소 제어 기술 개발에도 많은 노력을 기울이고 있습니다. 인공지능 기술을 활용하여 보일러 연소 제어를 최적화하여 효율성과 안전성을 높이는 기술 개발이 진행되고 있습니다.

일본에서는 이와 같이 다양한 연소형 수소 보일러 관련 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있습니다. 이러한 기술 개발은 지속 가능한 에너지 사용과 대기 오염 문제 해결에 기여할 것으로 기대됩니다.

Q9 수소 보일러의 개발 필요성

 연소형 수소 보일러는 수소를 연료로 사용하여 가동되는 보일러입니다. 연소 과정에서 발생하는 배출 가스는 수증기 뿐이며, 이로 인해 온실 가스 배출량이 크게 감소하고, 대기 오염을 최소화할 수 있습니다. 따라서 연소형 수소 보일러는 환경 친화적인 보일러로 평가됩니다.

또한, 연료 전환을 통한 탄소 배출 저감이 급속도로 진행되는 현재, 수소 경제를 위한 인프라 구축과 활성화가 각국에서 진행되고 있습니다. 따라서 연소형 수소 보일러는 수소 경제의 핵심 기술 중 하나로 각광을 받고 있습니다.

특히, 유럽, 일본 등 선진국에서는 연소형 수소 보일러에 대한 연구 및 개발에 큰 관심을 가지고 있으며, 이미 상용화가 이루어지고 있습니다. 이를 통해 탄소 배출 저감과 환경 보전에 기여하고, 새로운 비즈니스 모델을 구현할 수 있는 가능성이 크다는 것이 연소형 수소 보일러의 개발 필요성을 높이는 중요한 이유 중 하나입니다.

또한, 지속 가능한 미래를 위해 전기, 수소 등 신재생 에너지에 대한 수요가 높아질 것으로 예상되고, 이에 따라 수소 보일러와 같은 수소 에너지 관련 기술의 수요도 높아질 것으로 예상됩니다. 따라서 연소형 수소 보일러를 비롯한 수소 에너지 관련 기술 개발은 지속 가능한 에너지 발전에 필수적입니다.

Q10 한국 제조업에서 보일러가 차지하는 탄소배출 비중

 한국 제조업에서 보일러가 차지하는 탄소 배출 비중은 상당히 높은 편입니다. 보일러는 제조업뿐만 아니라 건물, 열병합 발전소 등에서도 많이 사용되며, 전체적으로 에너지 소비량이 큼니다. 따라서 보일러 운전 시 발생하는 탄소 배출량도 많아지게 됩니다.

한국의 산업 분야에서 발생하는 온실 가스 배출량 중에서 보일러 운전으로 인한 탄소 배출량은 매우 큰 비중을 차지합니다. 한국환경공단에서 발표한 2018년 산업 분야 온실가스 감축 대책 집행계획 보고서에 따르면, 2016년 한국 산업 분야에서의 온실 가스 배출량은 641백만 톤이며, 이 중 보일러에서 발생하는 온실 가스 배출량은 약 210백만 톤으로, 전체 온실 가스 배출량의 약 33%를 차지합니다. 이는 제조업 분야에서 가장 많은 탄소 배출량을 일으키는 분야가 보일러 운전이라는 것을 보여줍니다.

따라서 보일러를 대체할 수 있는 친환경적이고 효율적인 대체 에너지 기술의 개발이 필요하며, 연소형 수소 보일러와 같은 기술은 이러한 문제를 해결할 수 있는 유망한 대안으로 떠오르고 있습니다.

Q11 정부에서 정책적으로 무탄소 보일러를 지원해야 하는 이유

 첫째, 에너지 절약 및 탄소 배출 감소

무탄소 보일러는 에너지 효율이 높고 탄소 배출이 적은 기술입니다. 따라서 무탄소 보일러를 사용하면 에너지 절약과 탄소 배출 감소를 동시에 이룰 수 있습니다. 이는 전 세계적으로 환경 보호와 지속 가능한 발전을 위해 노력하고 있는 상황에서 매우 중요한 이슈입니다.

둘째, 에너지 안정성 및 경제성 증대

무탄소 보일러를 사용하면 에너지 안정성 및 경제성이 증대됩니다. 이는 에너지를 효율적으로 사용하여 에너지 비용을 절감하고, 더 많은 에너지를 안정적으로 공급받을 수 있도록 하기 때문입니다. 이는 전략적인 에너지 정책의 중요성을 높이는 요소 중 하나입니다.

셋째, 신기술 개발 및 경쟁력 강화

무탄소 보일러는 신기술 개발과 경쟁력 강화를 이룰 수 있는 분야 중 하나입니다. 무탄소 보일러의 연구 및 개발은 국내 산업의 혁신과 경쟁력을 높이는 중요한 요소 중 하나이며, 이를 통해 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있습니다.

넷째, 환경 보호 및 건강 증진

무탄소 보일러는 환경 보호와 건강 증진에 큰 영향을 미칩니다. 이는 대기 오염과 관련한 질병 발생률 감소 등으로 나타날 수 있습니다. 따라서 무탄소 보일러의 활용은 국민 건강 및 국가적으로 환경 보호의 역할을 수행할 수 있습니다.

이러한 이유들로 인해, 정부에서는 무탄소 보일러의 연구 및 개발을 지원하고 보급하며, 다양한 장치를 활용하여 이러한 보일러의 사용을 유도하고 있습니다. 이는 지속 가능한 경제 발전과 환경 보호에 중요한 역할을 수행합니다.

Q12 수소 보일러 한국의 기술 수준

 한국에서는 연소형 수소 보일러에 대한 기술 개발이 진행되고 있습니다. 국내 보일러 제조업체들도 연소형 수소 보일러에 대한 연구 및 개발에 많은 투자를 하고 있으며, 이를 통해 기존 보일러와 비교하여 높은 효율과 저탄소 배출 특성을 가진 보일러를 개발하고 있습니다.

한국에서는 2018년부터 연소형 수소 보일러에 대한 대규모 프로젝트인 "수소보일러 기술개발 사업"이 진행되고 있습니다. 이 프로젝트는 산업통상자원부와 에너지경제진흥원이 주도하여, 국내 주요 보일러 제조업체 및 대학 연구기관 등이 참여하여 연소형 수소 보일러의 기술 개발 및 상용화를 목표로 하고 있습니다.

또한, 연구개발자들은 새로운 재료 및 제어 기술 등을 활용하여 연소형 수소 보일러의 효율성 및 안전성을 높이는 기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있습니다. 특히, 수소의 특성상 연소 시 산소보다 높은 연소온도가 발생하는 문제가 있으므로, 이러한 문제를 해결하기 위한 기술 연구도 진행되고 있습니다.

그러나 아직 국내에서 상용화된 연소형 수소 보일러는 많지 않으며, 선진국들과 비교하면 기술 수준이 아직은 낮은 편입니다. 따라서, 국내 보일러 제조업체들은 보다 높은 기술력을 바탕으로 연구 개발에 노력을 기울여, 보다 안전하고 효율적인 연소형 수소 보일러를 개발하고, 상용화를 추진해 나가야 할 것입니다.