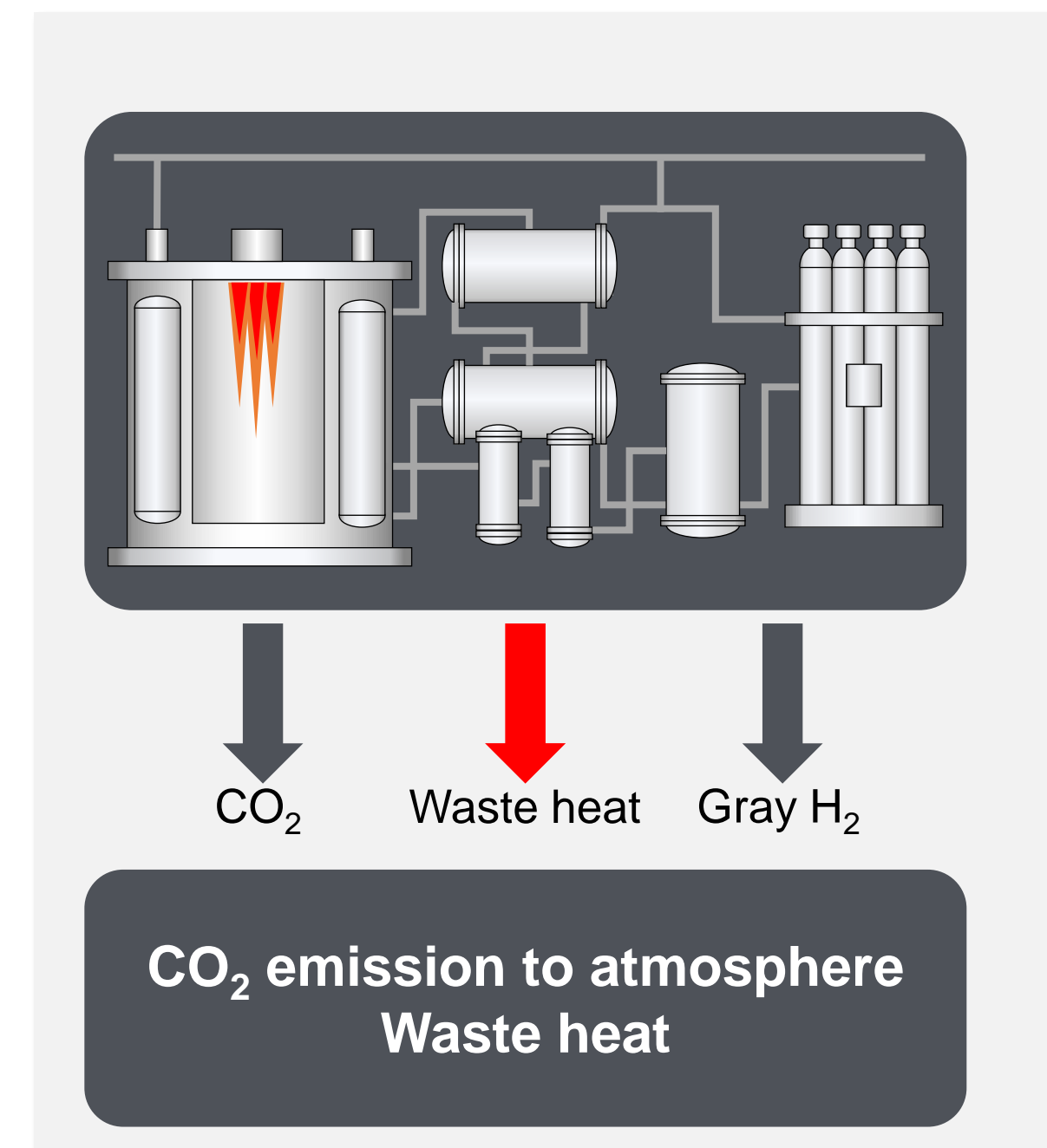
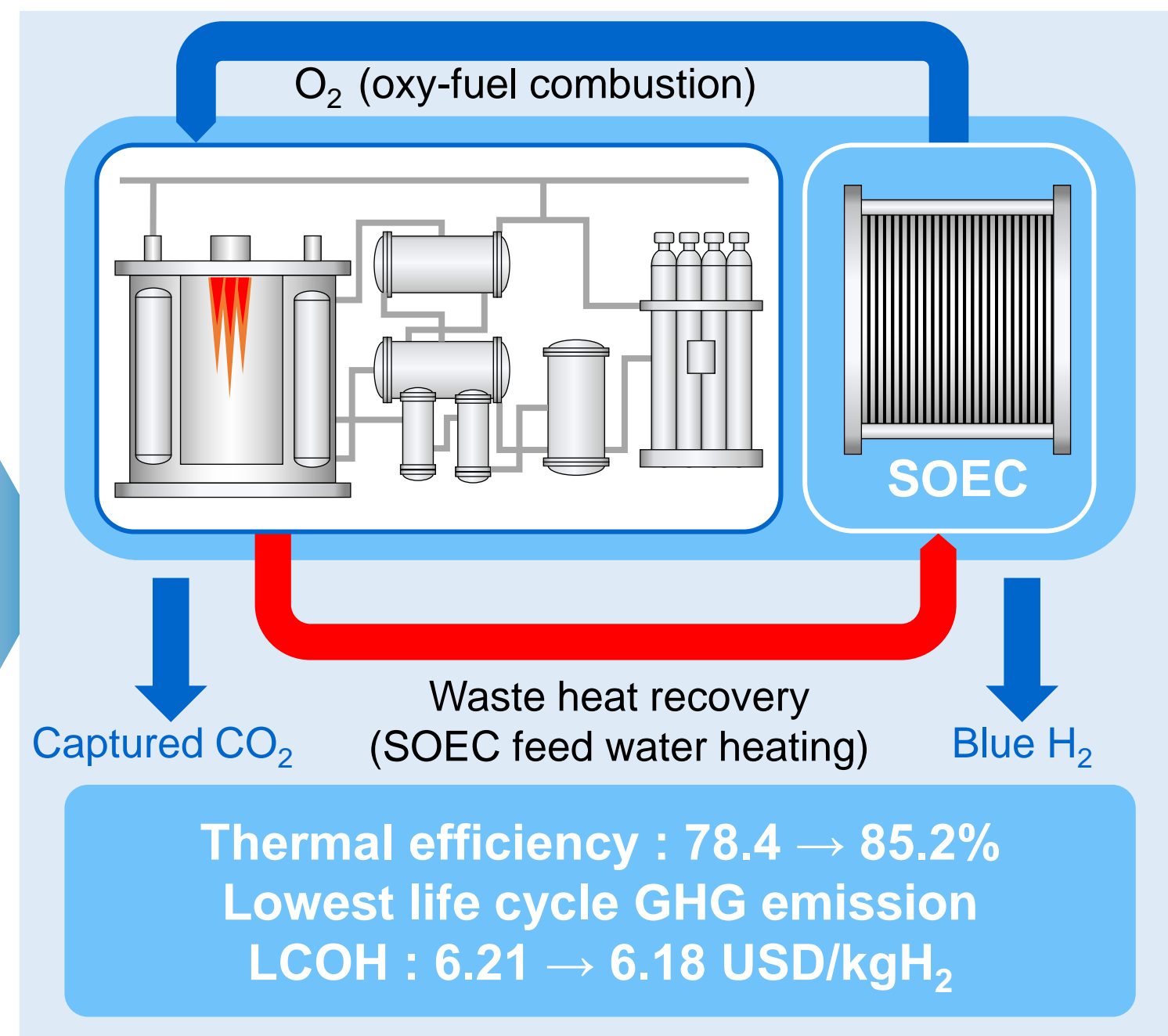


Introduction

Conventional SMR process

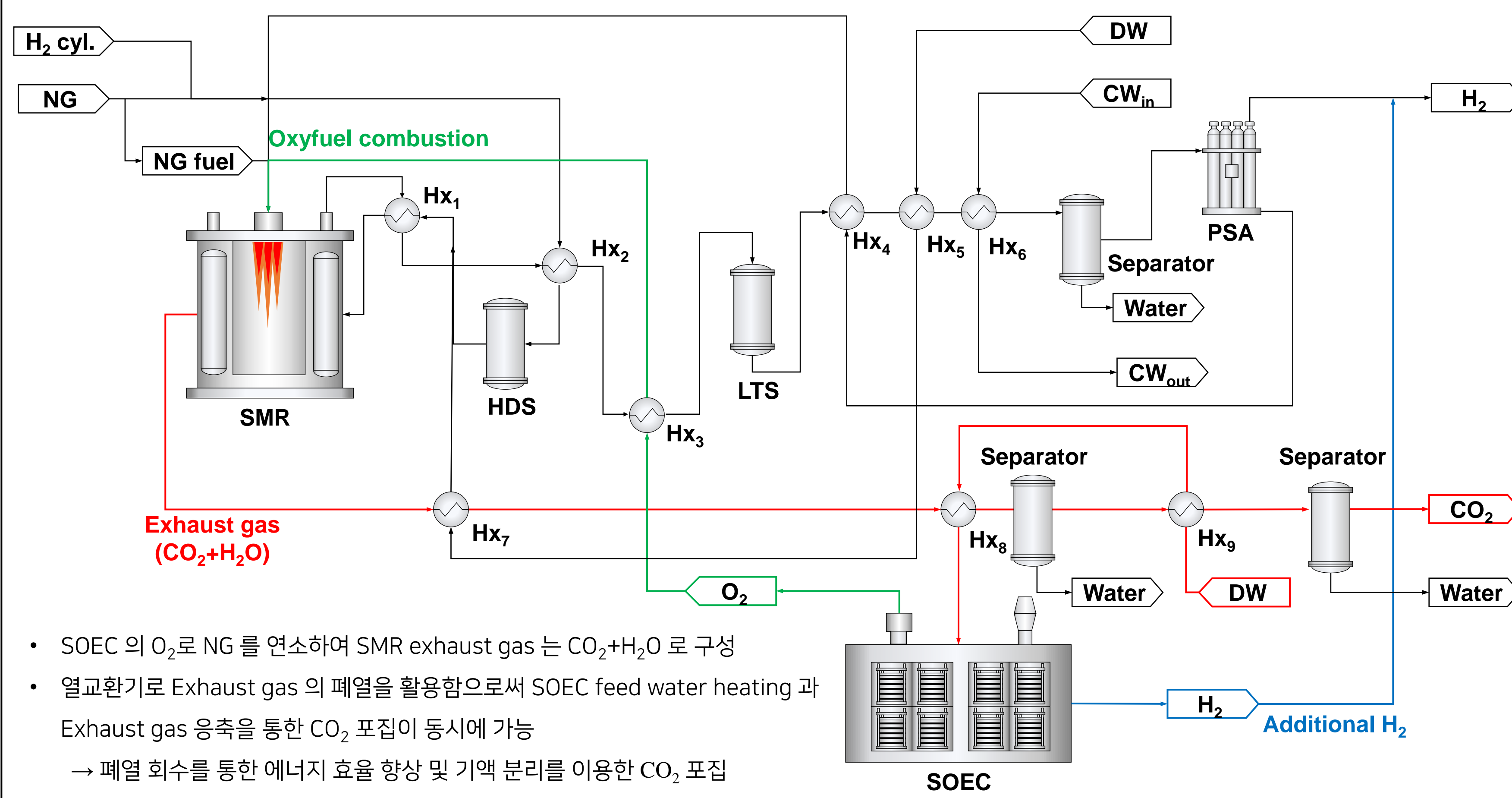


SMR + SOEC hybrid process



- SMR (steam methane reforming) 에 의해 연간 세계 수소 생산량의 76% 가 생산됨
- SMR 로 수소를 생산하게 되면 다량의 CO₂ 가 발생하며, exhaust gas 를 통해 상당량의 폐열이 버려짐
- CCUS를 적용한 블루 수소 생산 방식은 CO₂ 양을 줄일 수 있지만 수소 가격이 높아지는 문제가 있음
- Electrolyzer 를 이용하는 수소 생산 방식은 높은 수소 가격, 버려지는 산소 등의 문제점이 있음
- 본 연구에서는 Electrolyzer 에서 버려지는 산소를 SMR burner 의 oxyfuel combustion 에 활용하여 수소 생산 시 발생하는 CO₂ 를 쉽게 포집할 수 있는 새로운 블루수소 공정을 제안함

Process description

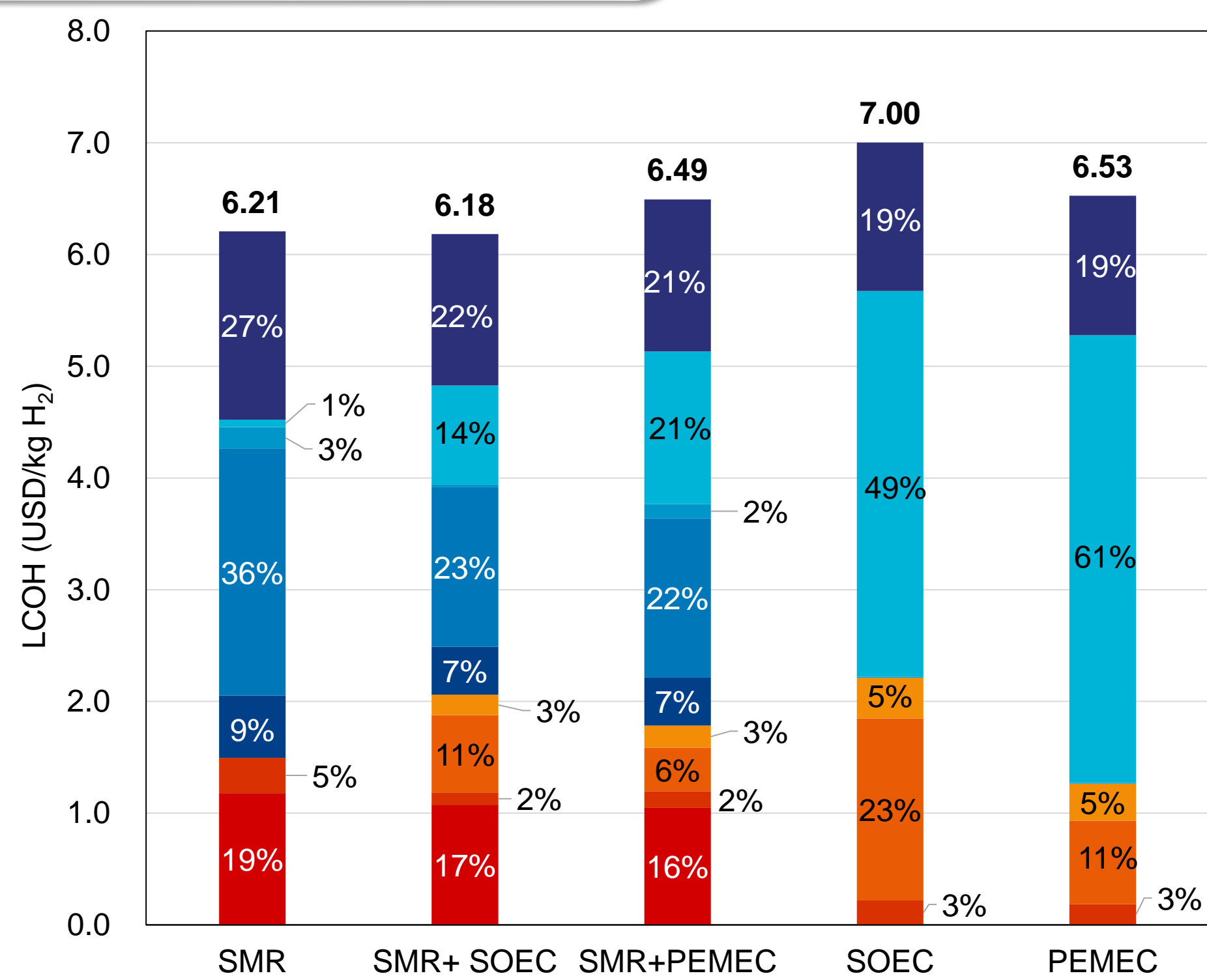


- SOEC 의 O₂로 NG 를 연소하여 SMR exhaust gas 는 CO₂+H₂O 로 구성
- 열교환기로 Exhaust gas 의 폐열을 활용함으로써 SOEC feed water heating 과 Exhaust gas 응축을 통한 CO₂ 포집이 동시에 가능
→ 폐열 회수를 통한 에너지 효율 향상 및 기액 분리를 이용한 CO₂ 포집
- 기존 Amine scrubbing 방식에 비해 적은 에너지로 CO₂ 분리 가능
- SOEC 를 통해 기존 SMR 생산량 대비 50%의 추가적인 H₂ 생산 가능

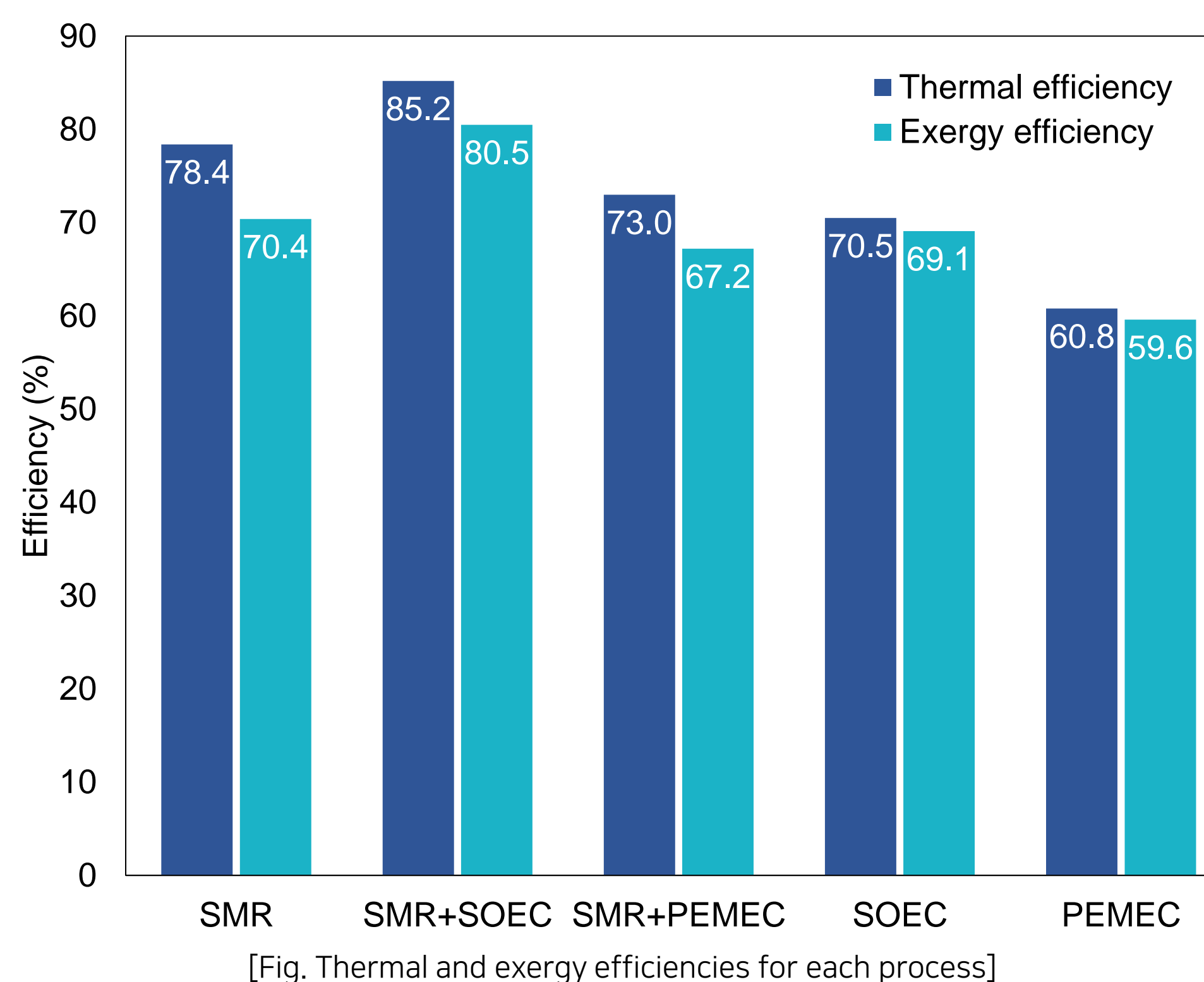
[Fig. Overview of SMR+SOEC process]

Methodology & result

Economic analysis



Thermodynamic analysis



ECONOMIC analysis

- 수소 생산 공정별 균등화수소원가(LCOH) 를 계산하여 경제성을 비교함
- 제한한 SMR+SOEC 공정의 LCOH 가 6.18 USD/kg H₂ 로 가장 낮았으며, SMR, SMR+PEMEC, PEMEC, SOEC 순으로 낮은 LCOH 값을 보였음

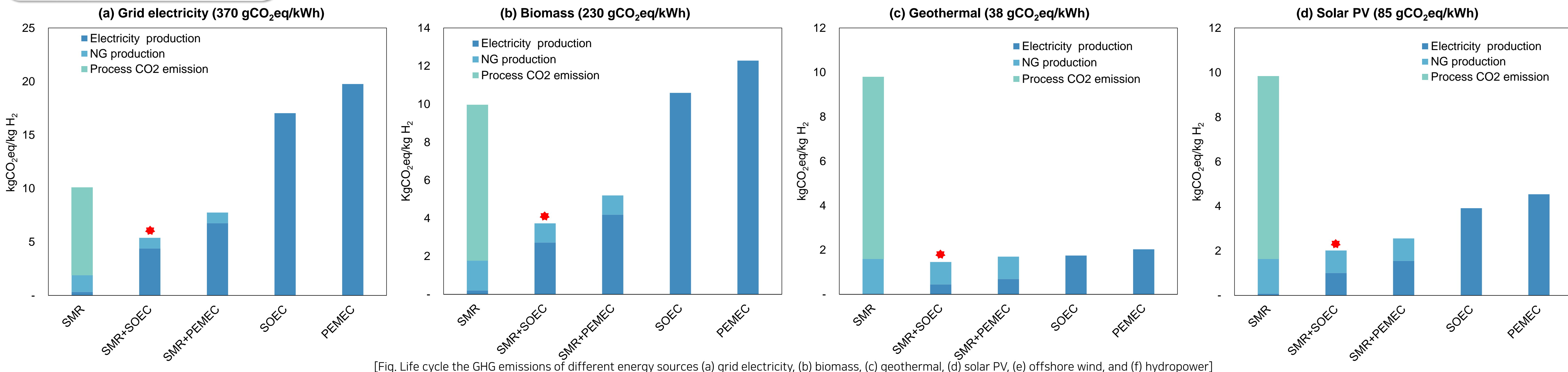
Thermodynamic analysis

- SMR+SOEC 공정의 열효율과 엑서지 효율이 각각 85.2, 80.5%로 가장 높았음
- SMR+SOEC 공정은 SMR exhaust gas 의 폐열을 SOEC 의 feed water heating 에 활용하였기 때문에 높은 효율을 보였음

GHG analysis

- GHG analysis 결과 기존 SMR 공정의 GHG emission 이 가장 많았음
- 공정 자체의 대기중 CO₂ 배출이 없는 SOEC, PEMEC도 GHG emission 이 큰 전력원을 사용시 기존 SMR 보다 GHG emission 이 컸음
- SMR+SOEC 공정은 공정 자체의 CO₂ 배출이 없고, 사용하는 전력량도 낮기 때문에 비교 공정들 중 가장 낮은 GHG emission 을 보였음

GHG analysis



Conclusion

- 본 연구에서는 SMR 에 SOEC 를 결합하여 oxy fuel combustion 을 통한 Carbon capture 및 Exhaust gas 폐열 활용 등의 이점을 갖는 새로운 블루수소 공정을 제안하였음.
- 기존 SMR 은 에너지, 엑서지 효율이 78.4, 70.4% 였으나 SMR+SOEC 공정은 85.2, 80.5%로 효율이 향상되었으며, 다른 수소 생산 공정들에 비해서도 높은 열역학적 효율을 보임.
- 경제성 평가 결과 SMR+SOEC 공정의 LCOH 는 6.18 USD/kg H₂ 로, SMR 과 PEMEC, SOEC 등 여러 수소 생산 공정 중 가장 낮았으며, GHG analysis 결과 가장 낮은 GHG emission 을 보였음.
- 본 연구에서 제안한 SMR+SOEC 공정은 열역학적 효율, 경제성, GHG emission 의 측면에서 기존 수소 생산 공정에 비해 이점을 갖는다고 판단되며, 추후 그린 수소 전환으로의 과도기에 적합한 공정으로 기대됨.

Reference

- [1] Yun, S., Lee, J., Cho, H., & Kim, J. (2023). Oxy-fuel combustion-based blue hydrogen production with the integration of water electrolysis. *Energy Conversion and Management*, 291, 117275.
- [2] Finke, C. E., Leandri, H. F., Karumb, E. T., Zheng, D., Hoffmann, M. R., & Fromer, N. A. (2021). Economically advantageous pathways for reducing greenhouse gas emissions from industrial hydrogen under common, current economic conditions. *Energy & Environmental Science*, 14(3), 1517-1529.
- [3] Sanusi, Y. S., Mokheimer, E. M., & Habib, M. A. (2017). Thermo-economic analysis of integrated membrane-SMR ITM-oxy-combustion hydrogen and power production plant. *Applied Energy*, 204, 626-640.