

부유식 SMR 온배수를 열원으로 하는 온도차발전 사이클의 성능비교 Performance Comparison of ORC Cycles Using Floating SMR Warm Water as a Heat Source

문정현* · 이호생* · 박동민** · 지 호* †

Jung-Hyun Moon*, Ho-Saeng Lee*, Dong-Min Park** and Ho Ji* †

(Received 24 November 2025, Revised 23 December 2025, Accepted 23 December 2025)

초록 : IEA 보고서에 따르면, AI데이터센터의 전력소비는 2030년 945 TWh로 예상되며, 이는 2024년 데이터센터 전력소비량의 2배 이상이다. 따라서 급증하는 전력수요를 충족하기 위해 소형모듈형원전(SMR)의 실제 적용을 위한 연구가 다수 진행되고 있다. 본 연구에서는 해상 부유식 SMR의 동력변환계통 냉각 배출수를 열원으로 하고, 추가 취수되는 심층수를 열침으로 한 온도차발전에 대한 연구를 수행하였다. 총 6종 작동유체에 대한 성능 비교를 수행하였으며, 터빈 Gross power, 펌프 소모동력, 순출력을 비교한 결과, R32가 순출력 302.5 kW를 나타내며, SMR 동력변환계통의 냉각 해수 펌프, 온도차발전의 심층수 펌프 및 작동유체 펌프 소모동력을 상쇄하고도 추가적인 전력을 얻을 수 있는 것으로 확인되었다.

키워드 : 소형모듈형원전, 냉각, 온배수, 온도차발전, 심층수

Abstract : According to an IEA report, AI data center power consumption is projected to reach 945 TWh by 2030, more than double the 2024 data center power consumption. Consequently, numerous studies are underway to explore the practical application of Small Modular Reactors (SMR) to meet this rapidly increasing power demand. This study investigated Organic Rankine Cycle (ORC) using cooling discharge water from the power conversion system of a floating offshore SMR as the heat source and additional deep sea water intake as the heat sink. Performance comparisons were conducted for six working fluids. Comparing turbine gross power, pump power consumption and net power output revealed that R32 achieved a net power output of 302.5 kW. This confirmed that ORC using SMR cooling drainage could offset the power consumption of the SMR power conversion system's cooling seawater pump, the deep water pump for the ORC and the working fluid pump, while also generating additional power.

Key Words : Small Modular Reactor, Cooling, Warm Discharged Water, Organic Rankine Cycle, Deep Water

* † 지호(<https://orcid.org/0000-0003-0500-3107>) : 선임연구원,
선박해양플랜트연구소 해수에너지연구센터

E-mail : 79hoji@kriso.re.kr, Tel : 033-630-5038

*문정현(<https://orcid.org/0000-0002-5247-1029>) : 선임기술원,
선박해양플랜트연구소 해수에너지연구센터

*이호생(<https://orcid.org/0000-0003-3042-5889>) : 책임연구원,
선박해양플랜트연구소 해수에너지연구센터

**박동민(<https://orcid.org/0000-0002-9074-2299>) : 선임연구원,
선박해양플랜트연구소 친환경해양개발연구본부

* † Ho Ji(<https://orcid.org/0000-0003-0500-3107>) : Senior researcher,
Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering.

E-mail : 79hoji@kriso.re.kr, Tel : 033-630-5038

*Jung-Hyun Moon(<https://orcid.org/0000-0002-5247-1029>) : Senior
Engineer, Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering.

*Ho-Saeng Lee(<https://orcid.org/0000-0003-3042-5889>) : Principal
researcher, Seawater Energy Plant Research Center/Korea
Research Institute of Ship & Ocean Engineering.

**Dong-Min Park(<https://orcid.org/0000-0002-9074-2299>) :
Senior researcher, Eco-friendly Ocean Development Research
Division/Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering.

1. 서 론

IEA는 Energy and AI 보고서에서 전 세계 데이터센터의 전력소비가 2024년 415 TWh에서 2030년 945 TWh로 연평균 약 15% 증가될 것으로 예측하였다.¹⁾ 기술 발달로 인해 대형 모델의 연산강도가 기하급수적으로 증가하고 생성형 AI의 상용화로 인한 대규모 추론 수요 급증, 인프라 부하 증가에 따른 전력변환 손실 증가 등이 AI 데이터센터의 전력수요 급증의 원인으로 지목된다.

급증하는 전력수요를 충당하기 위해 소형모듈형원전(SMR, Small Modular Reactor)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 미국의 NuScale은 오히오, 펜실베이니아 지역에 2029년까지 데이터센터용으로 2GW 규모의 SMR 전력을 공급하는 프로젝트를 계획하고 있으며, 영국의 Rolls-Royce SMR은 2030년 SMR 배치를 목표로 지멘스와 터빈-발전기 공급계약을 체결하였다. 한국 또한 한국형 소형모듈 원자로인 SMART의 기술개발, 상용화, 수출을 추진 중이며, 이외에도 EU, 중국, 러시아 등에서 국가 단위 또는 기업단위의 연구개발이 지속되고 있다.

본 연구에서는 SMR 기술 중 하나인 용융염원자로(MSR, Molten Salt Reactor)의 발전계통 냉각수를 열원으로 한 온도차발전에 대한 연구를 진행하였다. 국내외에서 발전소 냉각에 사용된 온배수를 열원으로 한 온도차발전 연구는 다수 진행된 바 있다.

Kwon 등²⁾은 R134a를 작동유체로 원전 온배수와 심층수를 이용한 온도차발전의 해석을 수행하였다. 터빈 후단과 응축기 사이에 재열기를 설치하여 응축기에서 토출된 작동유체가 재열기를 지나 증발기로 유입되도록 사이클을 설계하였으며, 재열기 설치 시 효율은 4.43%로, 미설치 시 효율인 3.56% 대비 약 24% 높은 효율을 확인하였다.

Soto 등³⁾은 칠레 북부 해안의 740 MW 규모의 석탄화력발전소 온배수를 적용한 온도차발전에 대한 연구를 수행하였다. 암모니아를 작동유체로 한 해당 사이클은 계절에 따라 열원 온도차이에 의해 25~37 MW의 발전규모를 가지며, 계절별 효

율은 최소 2.7%에서 최대 4.1%를 나타내었다. 펌프 소모동력 3.1 MW를 제외한 연간 평균 순출력은 27.5 MW 규모로 계산되었으며, 온배수 이용 온도차발전 적용을 통해 연간 6,723 GWh의 발전량을 얻고 83,500tCO₂ 저감을 확인하였다.

Nam⁴⁾ 등은 국내 화력발전소 온배수의 경제적 유인제도에 대한 연구에서 온배수열 시스템의 LCOE가 화석연료보다 높아 보급확산을 위해 정부의 경제적 유인제도가 필요함을 확인하였다. 온배수열의 농업 및 기타 분야 적용을 위해 REC 가중치를 일률적으로 적용하기보다 열공급 거리별 차등 적용 형태로 부여하는 것이 기술 유인 및 공급확대에 유리함을 분석하였다.

Moon 등⁵⁾은 선박의 소기냉각기 냉각수를 열원으로 적용한 유기랭킨사이클의 성능을 분석하였다. 열원인 소기 냉각수의 배출온도는 54°C, 열침인 표층해수의 온도는 25°C이며, R134a를 작동유체로 사용한 해당 성능분석에서 120COT 선박 적용 시 최대 약 66 kW의 터빈출력을 얻을 수 있었으며, 해당 시스템 적용을 통해 선박의 중앙냉각 시스템 구동전력을 절감하는 추가적인 이득을 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 부유식 SMR의 동력변환계통 냉각을 위해 심층수를 사용하고, 냉각에 사용 후 배출된 배출수를 열원으로 한 온도차발전에 대한 연구를 진행하였다. 6종류의 작동유체에 대한 터빈 Gross power, SMR 동력변환계통 냉각용 심층수, 온도차발전 시스템 순환 작동유체, 온도차발전 냉각용 심층수의 유량 및 각 펌프류의 전력소모량을 계산하였으며 이로부터 실제 사용 가능한 순출력을 도출하여 온도차발전을 통해 발생된 전력이 SMR 동력변환계통 냉각을 위한 취수펌프 소모동력을 상쇄할 수 있는지 검토하였다.

2. 냉각 시스템 및 ORC 해석조건

2.1 SMR 동력변환계통 냉각시스템

Fig. 1은 MSR(용융염원자로, Molten Salt Reactor)의 원리를 돕기 위한 개념도이다. MSR은 핵연료 자체가 액체상태의 용융염으로 되어 있으며, 이

용융염이 핵분열 연쇄반응을 일으키는 원자로 용기의 공동을 통과하며 핵반응이 이루어진다. 일반적으로 MSR의 노심 입출구 온도는 600~690℃이며, 노심을 통과한 용융염을 냉각하면서 발생하는 스팀이 동력변환계통을 구동하여 전력을 생산한다.⁶⁾

본 논문에서는 전력을 생산한 스팀의 순환-재사용을 위해 브레이튼 사이클 구동 후 110℃로 배출되는 스팀을 43℃로 냉각하는데 심층수를 사용하고자 하며, 냉각에 사용된 심층수를 열원으로 한 온도차발전 사이클의 작동유체별 해석을 수행하였다.

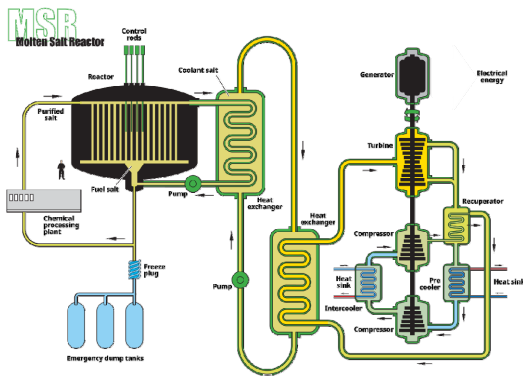


Fig. 1 MSR system diagram(source: US DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee)

2.2 온도차발전 해석 조건

Fig. 2는 MSR의 동력변환 사이클과 배출수를 이용한 유기랭킨사이클을 나타낸 그림이다. 동력변환계통에서 심층수로 냉각이 필요한 스팀은 메인 발전기에서 전력 발생 후 토출되는 110℃, 28.4 kg/s의 증기이며, 이 증기는 냉각 후 응축되어 43℃의 액체상태로 메인 가압펌프로 유입된다. 냉각에 사용되는 심층수는 5℃로 취수되어 스팀 냉각 후 30℃로 승온되어 온도차발전의 열원으로 사용된다.

Table 1은 본 연구에서 온도차발전의 성능비교에 사용된 6종 작동유체의 종류와 정보를 나타낸 표이다. 2016년 10월 채택된 키갈리 개정서에 의해 냉매 시장의 대부분을 차지하는 HFC 냉매 감

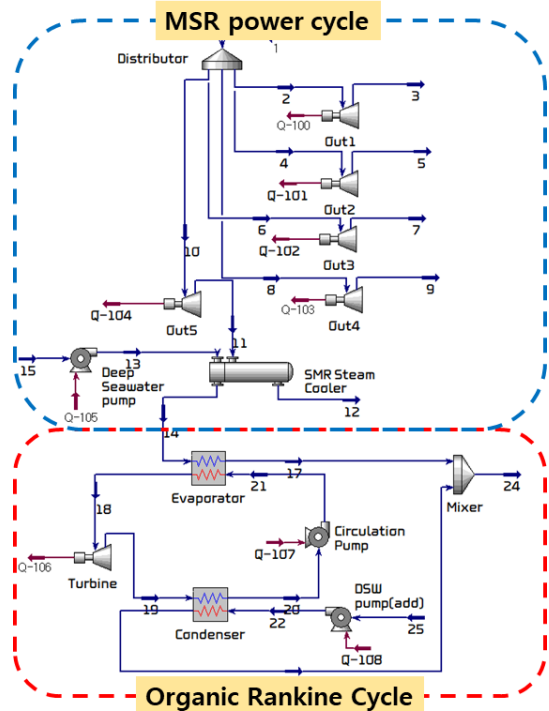


Fig. 2 MSR Power cycle and Organic rankine cycle

Table 1 Compared working fluids and characteristics
Parameter

Working fluid	Standard boiling point [°C]	Critical boiling point [°C]	Critical pressure [bar]	ODP	GWP	Safety group
Ammonia	-33.32	132.4	113.6	0	>1	B2
R32	-51.65	78.1	57.8	0	675	A2L
R290	-42.11	96.7	42.5	0	3	A3
R600a	-11.75	134.7	36.3	0	3	A3
R1234yf	-29.49	94.7	33.8	0	4	A2L
R1234ze (E)	-18.97	109.4	36.3	0	7	A2L

축이 전 세계적인 의무가 되었다. 특히 최근 각종 환경규제로 인해 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)가 충분히 낮아야 한다는 것이 냉매 선택의 핵심 고려사항이 되었다. GWP와 관련하여 유럽연합은 F-Gas 규제를 통해 HFC 냉매의 사용량을 대폭 축소하였고, 냉장, 냉동, 공조

Table 2 Analysis condition of ORC cycle

Parameter	Value	Unit
Drained water Temp.	30	℃
Drained water mass flow	667	kg/s
Deep water Temp.	5	℃
Turbine efficiency	80	%
Turbine inlet Temp.	24	℃
Pump efficiency	75	%
Head loss	10	m
Heat exchanger minimum approach	1.5	℃

장비에 사용되는 냉매를 Low GWP 물질로 대체하지 않는다면 EU 시장 진입이 불가능하도록 규정을 제정하였다.⁷⁾ 따라서 본 연구에서는 기존 연구에 사용하던 HFC계 작동유체인 R32를 비교군으로 선정한 것을 제외하고 성능비교를 위해 GWP 10 이하인 작동유체를 선정하였다. R32 이외에 사용된 작동유체는 자연계 작동유체인 암모니아, HC계 작동유체인 R290, R600a, HFO계 작동유체인 R1234yf, R1234ze(E)이다.

Table 2는 각 냉매를 작동유체로 한 온도차발전 사이클의 해석 조건을 나타낸 표이다. MSR의 동력변환계통 냉각 후 배출되는 30℃, 667 kg/s의 온배수를 열원으로, 추가 취수되는 5℃의 심층수를 열침으로 하여 성능비교를 진행하였다. 모든 작동유체에 대해 터빈 입구의 온도는 24℃로 고정하였으며, 핵심부품인 터빈의 효율은 80%, 펌프 효율은 75%로 가정하였다. 열원과 열침 펌프의 손실수두는 10 m로 가정하였으며, 열교환기의 Minimum approach는 1.5℃로 가정⁸⁾하여 시뮬레이션을 진행하였다.

터빈 입구 온도가 24℃로 고정된 상태에서 성능비교를 위해 각 작동유체별로 터빈 입구 및 출구 압력을 변경하며 터빈 출력, 필요 열침 유량, 펌프 소모동력을 계산하여 최종적으로 각 작동유체의 최대 순출력을 찾는 Case study를 진행하였다. 본 해석에서 열원의 온도와 유량이 정해져 있으므로 터빈입구 온도 24℃에서 건도 1을 유지하는 최대압력을 선정하였다. 터빈 출구에서는 설계해 둔 응축기의 Minimum approach를 만족할 수 있는 최소 압력 또는 터빈 출구에서의 건도를

0.95 이상 유지할 수 있는 압력을 기준으로 Case study를 진행하였다. 다수 저온 ORC 연구의 경우, 팽창 후 액적에 의한 블레이드 손상, 침식, 부식 리스크를 낮추기 위해 터빈 후단에서의 건도를 0.95로 가정하여 시뮬레이션을 진행한다.⁹⁻¹¹⁾

3. SMR 온배수 이용 온도차발전 성능비교

3.1 터빈 출구압력 및 Gross power

Fig. 3은 작동유체별 터빈 입구 압력을 나타낸 그래프이다. R32가 16.5 bar로 가장 높은 압력을 나타내었으며 R600a는 3.3 bar로 가장 낮은 압력을 나타내었다.

Fig. 4는 SMR 동력변환계통 냉각수를 열원으로 한 온도차발전의 각 작동유체별 터빈 출구압력에 따른 Gross power를 나타낸 그래프이다.

터빈에서의 Gross power는 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$Gross\ power = \dot{m}(h_{turb.in} - h_{turb.out}) \quad (1)$$

터빈출력은 터빈 입출구에서의 엔탈피 차이와 작동유체 유량의 곱으로 계산되며, 터빈 후단 압력이 낮을수록 전후단의 엔탈피 차이가 커지므로

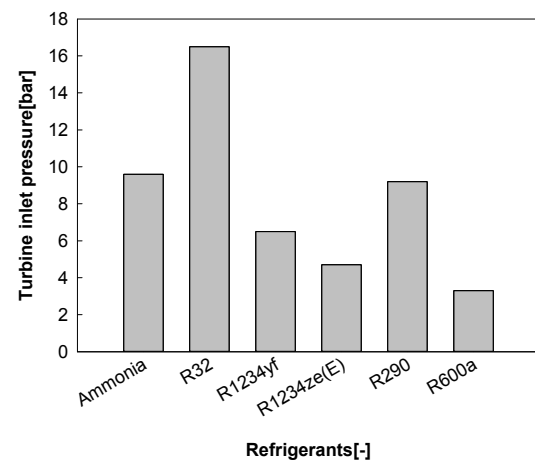


Fig. 3 Turbine inlet pressure by working fluids

부유식 SMR 온배수를 열원으로 하는 온도차발전 사이클의 성능비교

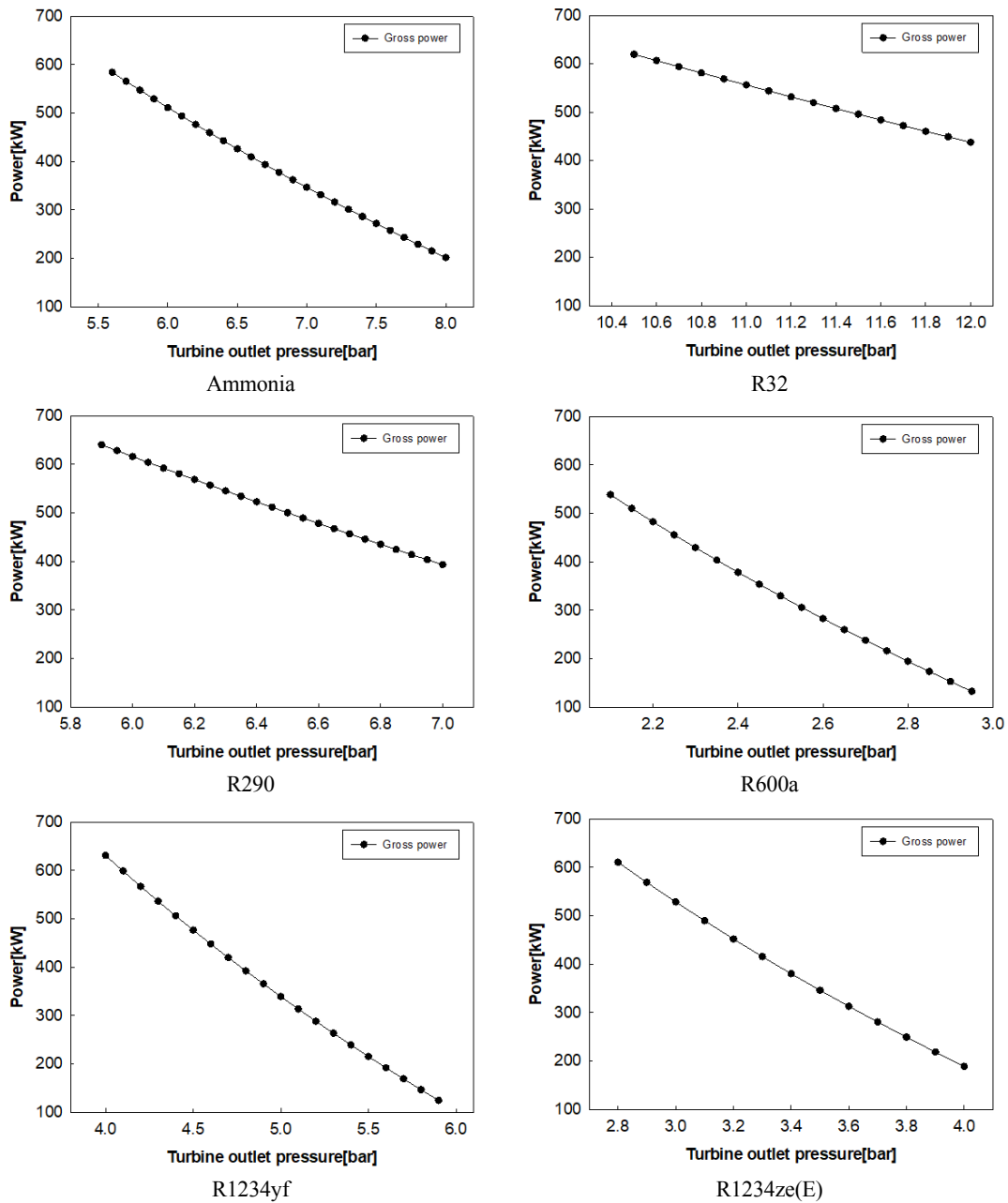


Fig. 4 Gross power based on turbine outlet pressure

모든 작동유체가 터빈 후단 압력이 높아질수록 Gross power가 낮아지는 경향을 나타내었다.

해석 결과, 암모니아는 최대 584.5 kW, 최소 201.4 kW의 Gross power를 나타내었다. R32는 최

대 619.6 kW, 최소 437.7 kW, R290은 최대 640.5 kW, 최소 393.4 kW, R600a는 최대 538.7 kW, 최소 132.4 kW, R1234yf는 최대 631 kW, 최소 124.4 kW, R1234ze(E)는 최대 610 kW, 최소 188 kW를

나타내었다.

3.2 해수, 작동유체 유량 및 펌프 소모동력

온도차발전에서 Gross power를 얻기 위해 열원이 되는 SMR 동력계통 냉각수와 열침이 되는 심층수의 취수가 필요하며, 작동유체의 순환을 위해 순환펌프 가동을 필요로 한다. 이러한 펌프계통에서의 소모전력을 기생부하(Parasitic load)라 하며, 이 값은 터빈에서의 Gross power보다 적어야 이를 제외한 실제 사용가능한 전력을 얻을 수 있다.

따라서 온도차발전의 실제 적용을 위해 배관단 순화, 표면개질 개선 등을 통한 펌프에서의 손실수두를 줄이는 것은 터빈에서의 발전량을 늘리는 것만큼 중요한 요소이다. 일반적으로 사용되는 배관의 재질, 내경, 유체의 유속, 플랜트의 높이 등을 통해 전체 손실수두를 계산하여 반영하는 것이 일반적이나, 본 연구에서는 SMR 동력계통 냉각을 위한 심층수 및 ORC 열침용 심층수의 손실수두를 10 m로 가정하여 해석을 진행하였다.

Fig. 5는 각 작동유체별 터빈 출구압력에 따른 해수, 작동유체의 유량을 나타낸 그래프이다.

MSR 동력계통에서는 일정한 출력의 발전이 이뤄지므로 작동유체와 관계없이 MSR 동력계통 냉각 후 배출되는 배출수의 유량은 동일하다. 이로 인해 MSR 냉각용 열교환기, 즉 온도차발전의 증발기에서의 열교환량이 일정하므로 각 작동유체의 유량 또한 터빈 출구 압력 변화에 관계없이 일정한 유량을 유지하였다. 온도차발전의 열침인 심층수는 터빈 출구 압력 변화에 따라 크게 변동하였다. 응축기 출구에서의 작동유체 건도는 0으로 유지되며, 압력에 따라 온도의 상태량이 결정된다. 터빈 출구의 압력이 낮아지며 해당 위치에서 작동유체 온도도 낮아지게 되며, 열교환기에서 설정해 둔 Minimum approach를 만족하기 위해 응축기에서 심층수의 토출온도도 함께 낮아진다. 이때 응축기에서의 열교환량은 큰 변동이 없으며 아래 식 (2)에 따라 온도차이가 줄어드는 만큼 심층수의 유량이 증가하게 된다.

$$Q = \dot{m}_{DSW} c_p \Delta T \quad (2)$$

여기서, $\dot{m}_{DSW}$ 는 심층수의 유량, c_p 는 심층수의 비열, ΔT 는 응축기에서 심층수 입구-출구의 온도차이다. 터빈 출구의 압력이 높아질수록 해당 위치에서의 작동유체 온도도 함께 상승하여 응축기에서 설정해 둔 Minimum approach에 의해 심층수의 토출온도가 높아져 필요 심층수 유량이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 6은 각 작동유체별 터빈 출구압력에 따른 해수, 작동유체 펌프의 소모동력을 나타낸 그래프이다. 취수를 위한 유량과 압력에 변동이 없는 MSR 동력계통 냉각용 심층수는 소모동력의 변동을 보이지 않았다. 작동유체 순환펌프는 터빈 출구 압력이 높아질수록 소모동력이 적어지는 경향을 보였다. 작동유체 순환펌프는 응축기에서 토출된 작동유체를 증발기로 이송하는 역할을 하며, 아래 식 (3)에 따라 터빈 출구압력이 낮을 경우, 응축기-증발기 간 압력 차이 증가로 인해 동일한 유량에서 펌프의 소모동력이 증가하게 된다. 온도차발전 냉각을 위한 심층수도 식 (3)에 따라 터빈 출구 압력이 증가함에 따라 유량이 적어지므로 펌프에서의 소모동력이 줄어드는 경향을 보인다.

$$W_p = \frac{\dot{m} v \Delta P}{\eta_p} \quad (3)$$

여기서, W_p 는 펌프 소모동력, $\dot{m}$ 은 유체유량, v 는 비체적, ΔP 는 펌프 전후단 압력차이, η_p 는 펌프 효율을 나타낸다.

3.3 온도차발전 순출력

Fig. 6에는 각 작동유체별 터빈 출구 압력에 따른 Gross power, 각 펌프 소모동력의 합 및 이에 따른 순출력을 나타내었다. 순출력은 Gross power에서 펌프 소모동력을 제외한 실제 사용 가능 전력으로 다음 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Net\ power = Gross\ power - Pump\ consumption \quad (3)$$

위 식에서 나타낸 바와 같이 Gross power가 크더라도 펌프에서의 소모동력이 크다면 실제 사용

부유식 SMR 온배수를 열원으로 하는 온도차발전 사이클의 성능비교

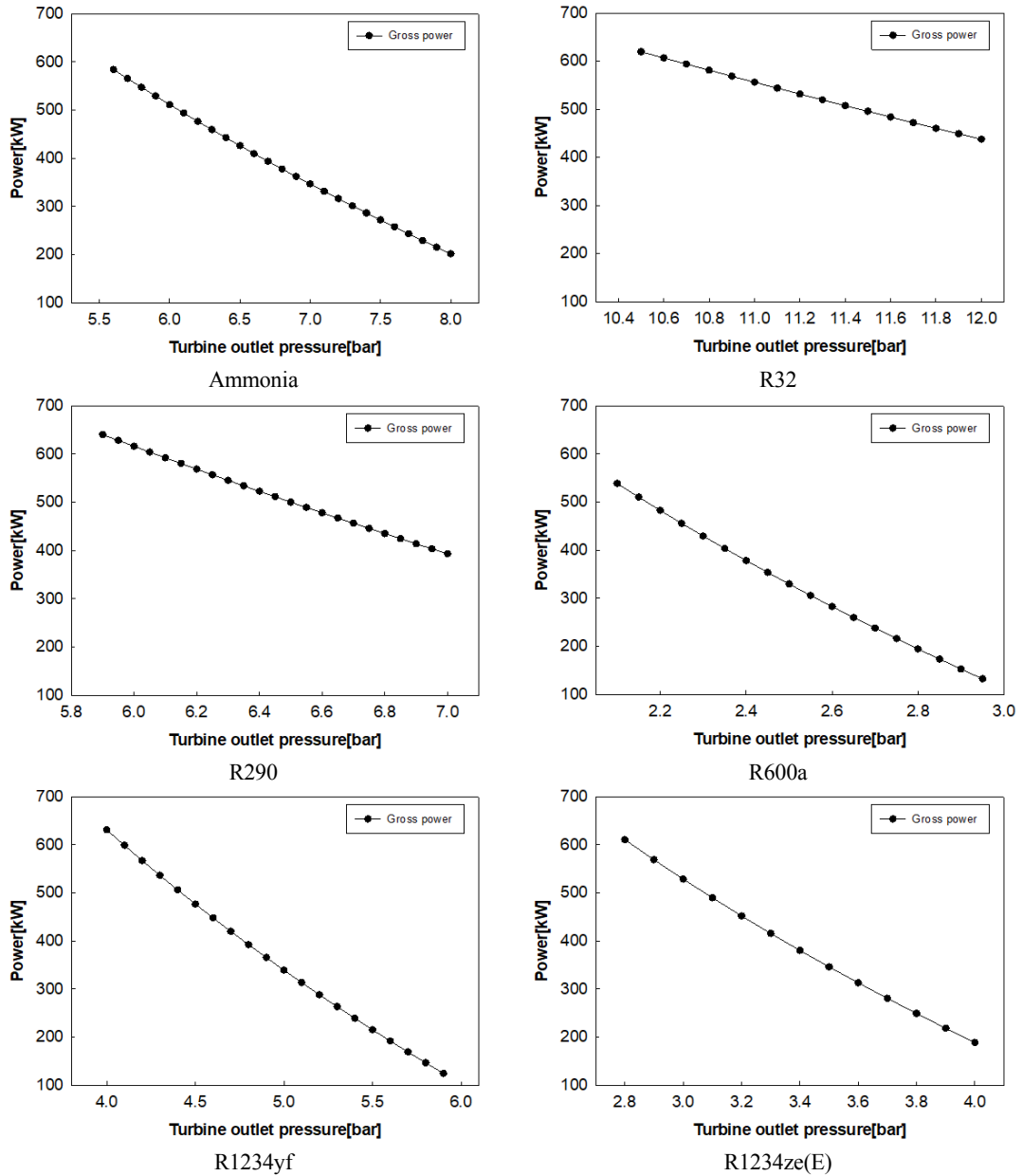


Fig. 5 Seawater and working fluid mass flow

가능한 순출력은 줄어들 수밖에 없다.

각 작동유체에서 터빈 출구압력이 낮을 때 최대의 Gross power를 보였으나 펌프에서의 소모동력에 의해 순출력은 낮았으며, 터빈 출구압력이 변화함에 따라 최대 순출력을 나타내었고, 번곡점

을 지나며 감소하는 추세를 보였다.

암모니아는 터빈 출구 압력 6.0 bar에서 최대 순출력인 292.1 kW를 나타내었고, R32는 터빈 출구 압력 11.1 bar에서 최대 순출력 302.5 kW를, R290은 터빈 출구 압력 6.35 bar에서 최대 순출력

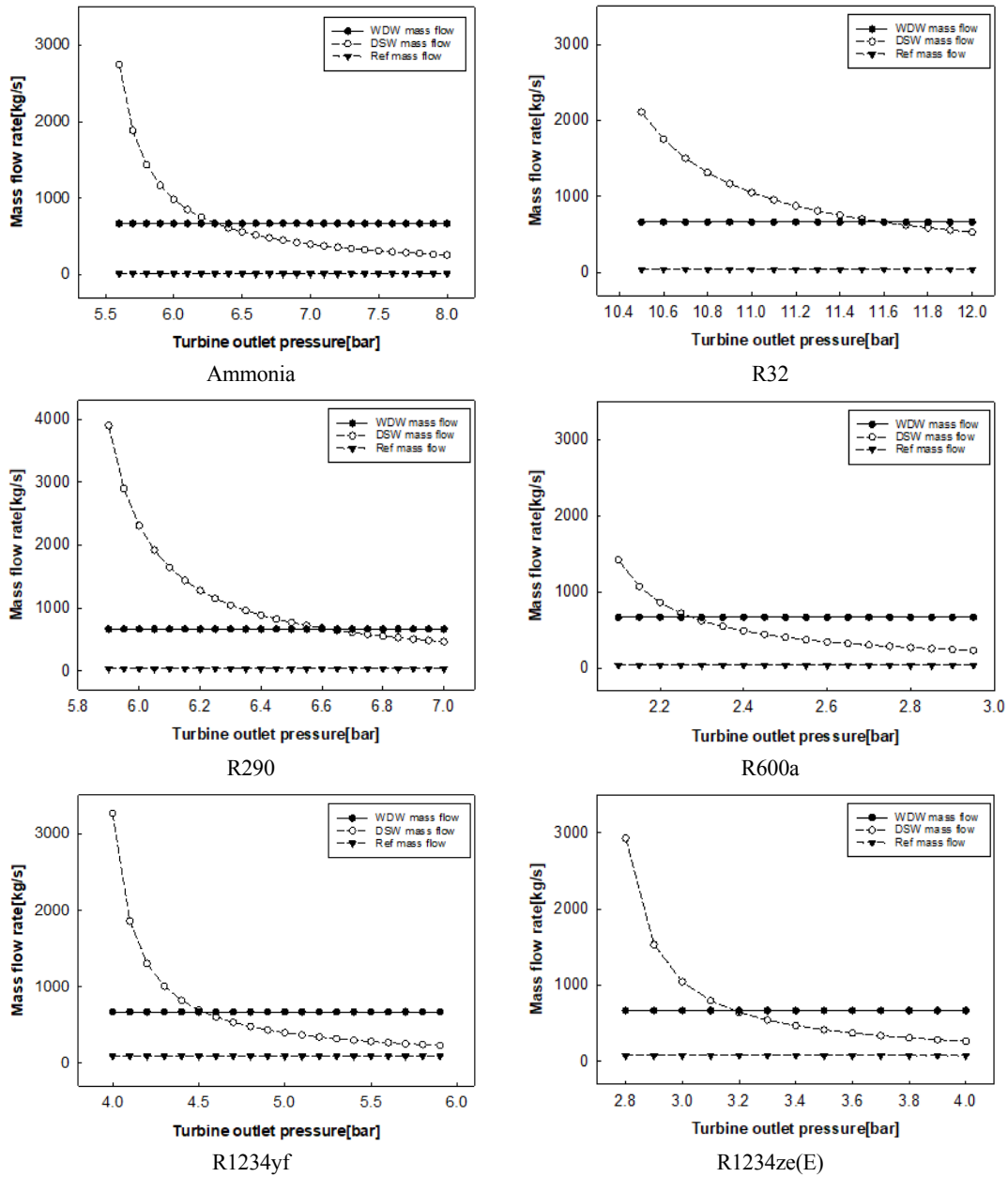


Fig. 5 Seawater and working fluid pump power consumption

295.4 kW를, R600a는 터빈 출구 압력 2.15 bar에서 최대 순출력 275.9 kW를, R1234yf는 터빈 출구 압력 4.3 bar에서 최대 순출력 298.2 kW를, R1234ze(E)는 터빈 출구 압력 3 bar에서 최대 순출력 293.8 kW를 각각 나타내었다.

R32가 가장 높은 순출력인 302.5 kW를 나타내었으며, R600a가 가장 낮은 순출력인 275.9 kW를 나타내었다.

부유식 SMR 온배수를 열원으로 하는 온도차발전 사이클의 성능비교

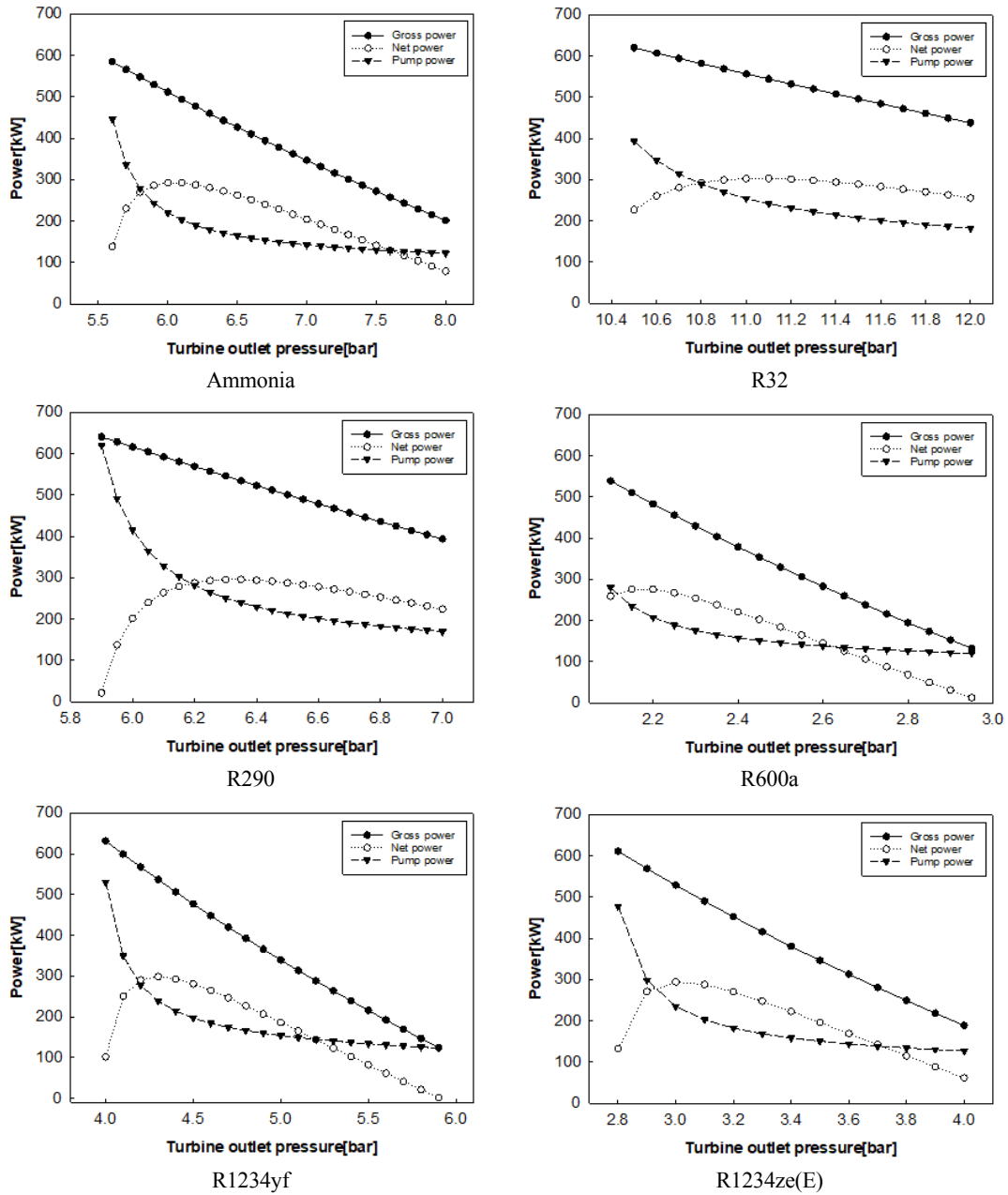


Fig. 6 Gross, pump consumption and net power by working fluid

4. 결 론

본 논문에서는 심층수를 취수하여 부유식 SMR의 동력변환계통 냉각에 사용 후 배출되는 배출

수를 열원으로 한 온도차발전 사이클의 성능을 비교하였다. 암모니아, R32, R290, R600a, R1234yf, R1234ze(E) 6종의 작동유체가 해석 및 성능비교에 사용되었으며, 작동유체별 주어진 조

건에서의 사이클 최적화를 통해 Gross power, 유체 유량, 유체 펌프류의 소모동력 및 순출력을 산출하였다.

열원의 온도와 유량이 고정되어 있으므로 이를 바탕으로 터빈 입구 압력을 설정하였으며 열교환기 성능 설정 및 터빈 출구의 건도를 고려하여 터빈 출구 압력 범위를 선정하였다. 해석 결과, R290이 640.5 kW로 가장 높은 순출력을 나타내었다.

작동유체별 터빈 출구 압력이 낮은 경우 설정된 응축기의 minimum approach를 만족하기 위해 심층수 토출 온도가 낮아져 심층수의 유량 증가와 함께 펌프에서의 소모동력이 증가함을 확인하였다. 또한 터빈 출구 압력이 높아질수록 작동유체 순환을 위한 펌프에서의 압력차이가 적어져 작동유체 순환펌프에서의 소모동력이 감소함을 확인하였다.

작동유체별 각 펌프에서의 소모동력을 제외한 순출력은 R32가 302.5 kW로 가장 높은 순출력을 나타내었으며, 275.9 kW로 가장 낮은 순출력을 나타낸 R600a를 제외한 나머지 작동유체는 292.1~298.2 kW의 유사한 순출력을 나타내었다.

사이클적인 측면에서는 R600a를 제외한 나머지 작동유체가 모두 적절한 성능을 나타내어 온배수와 심층수를 이용하는 온도차발전 적용 시 SMR 전력변환계통의 냉각을 위한 심층수 취수펌프의 소모전력을 상회하는 전력을 생산할 수 있음을 확인하였다. 추가적으로 SMR 배출수 이용 온도차발전의 실제 적용을 위해 사이클 측면 이외에 안전성의 고려가 필요하며, 부유식 해상구조물에 설치되는 특성에 따라 각 작동유체 별 핵심장치의 기본 설계 및 이에 따른 설치 면적 도출 등 추가적인 해석이 필요할 것으로 생각된다.

후 기

본 논문은 선박해양플랜트연구소의 기본사업인 “소형모듈원전(SMR) 추진 선박·해양플랜트 개념 설계 연구(2/5)”에 의해 수행되었습니다(PES5490).

Author contributions

J. H. Moon; Conceptualization, Formal analysis, Writing-original draft, Writing-review & editing. H. S. Lee, Methodology, Supervision, D. M. Park, Project administration, H. Ji; Conceptualization, Methodology.

References

1. IEA, 2024, Energy and AI, World Energy Outlook Special Report, 1-304.
2. D. H. Kwon, E. J. Jeon and G. Y. Heo, 2019, Conceptual Design of MW-scale Combined Ocean Thermal Energy Conversion in Nuclear Power Plants, Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting, 1-3.
3. R. Soto and J. Vergara, 2014, “Thermal Power Plant Efficiency Enhancement with Ocean Thermal Energy Conversion”, Applied Thermal Engineering, 62, 105-112.
(<http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.09.025>)
4. T. S. Nam, K. Y. Lee and K. N. Kim, 2016, “A Study on the Incentive-based Strategies for Utilization of Thermoelectric Power Plant Hot Waste Water : Focusing on the Analysis of Levelized Cost of Energy(LCOE)”, Journal of Energy Engineering, 25(1), 29-42.
(<http://dx.doi.org/10.5855/ENERGY.2015.25.1.029>)
5. J. H. Moon, H. S. Lee and J. B. Seo, 2021, “Performance Analysis of ORC Cycle Using Waste Heat”, Journal of Power System Engineering, 25(5), 43-50.
(<https://doi.org/10.9726/kspse.2021.25.5.043>)
6. Y. H. Yoo, S. J. Kim, D. Y. Yeo, T. W. Kim and M. K. Lee, 2024, “Operational Concept Study of a Micro Mobile Molten Salt Reactor”, Journal of Korean Society of Mechanical Technology, 26(6), 1324-1332.
(DOI:10.17958/ksmt.26.6.202412.1324)

7. D. H. Lim, J. G. Lee, K. J. Park, J. H. Cho, Y. D. Jeong and M. S. Lee, 2023, “Analysis of Trend in Existing Refrigerant Regulation Environment and Next-generation Alternative Refrigerant Technology”, The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 888-891.
8. G. C. Nihous, 2005, “An Order-of-Magnitude Estimate of Ocean Thermal Energy Conversion Resources”, Journal of Energy Resources Technology, 127(4), 328-333.
9. C. Zhang, J. Fu, P. Yuan, J. Liu, 2018, “Guidelines for Optimal Selection of Subcritical Low-Temperature Geothermal Organic Rankine Cycle Configuration Considering Reinjection Temperature Limits”, Energies, 11(11), 2878. (DOI:10.3390/en11112878)
10. D. Fiaschi, A. Lifeshitz, G. Manfrida and D. Tempesti, “An innovative ORC power plant layout for heat and power generation from medium-to low-temperature geothermal resources”, Energy Conversion and Management, 88, 883-893. (<http://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.08.058>)
11. K. Hossin, K. Mahkamov and B. Belgasim, 2020, “Thermodynamic Analysis and Sizing of a Small Scale Solar Thermal Power System Based on Organic Rankine Cycle”, Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 8(3), 493-506.