

<학술논문>

DOI <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2013.37.12.1061>

ISSN 1226-4881(Print)
2288-5234(Online)

디젤 발전기 폐열을 활용한 태양열원 해수담수기의 설계변수에 따른 성능 예측에 관한 연구

장 현*, 이중섭**, 서정세***†, 정경열****, 박창대****

* 경상대학교 대학원 기계공학과, ** 경상대학교 공학연구원,

경상대학교 기계공학부&ERI, *한국기계연구원 그린환경에너지 기계연구본부

Study on Prediction of Performance with Design Variables of Solar-Assisted Still Using Waste Heat from Diesel Generator

Hyun Jang*, Chung Seob Yi**, Jeong Se Suh***†

Kyoung Yul Jeong**** and Change Dae Park***

* Graduate School of Mechanical Engineering, Gyeongsang Nat'l Univ.

** Gyeongsang Nat'l Univ. & ERI

*** School of Mechanical Engineering, Gyeongsang Nat'l Univ. & ERI

**** Environmental and Energy Systems Research Division, Korea Institute of Machinery and Materials.

(Received November 12, 2012 ; Revised September 23, 2013 ; Accepted October 10, 2013)

Key Words: Diesel Waste Heat(디젤 폐열), Solar-Assisted Still(태양열원식 담수기), Multi Effect(다중 효용), Desalination(해수담수화), Numerical Analysis(수치해석)

초록: 본 연구에서는 선행연구에서 제시된 태양열원식 해수 담수기 모델에 디젤 발전기 폐열을 적용하였을 때 설계변수에 따른 담수량을 수치해석을 통하여 예측하고, 최적설계를 위한 자료를 제시하고자 하였다. 선행연구를 기초로 수학적 모델을 설정하였고, 폐열 회수관으로부터의 열교환량을 고려하였다. 해석의 결과를 선행연구의 결과와 비교·분석하여 해석의 타당성을 확보하였고, 타당성이 검증된 해석모델을 적용하여 여러 가지 설계 변수에 따른 담수량을 예측하였다. 결과적으로 선행연구와 전반적으로 일치한 해석결과를 확인하였고, 디젤 발전기 폐열을 적용하였을 때 담수량 향상정도를 확인하였다. 또한 수치해석을 통하여 최적의 효용단 수, 유리덮개 경사각 등을 결정하였다.

Abstract: This study predicts distillate productions according to design variables by numerical analysis when the waste heat from a diesel generator is added to the solar-assisted still proposed in a previous study. Mathematical models were set up in reference to previous studies, and the amount of heat exchange from the waste heat recovery pipe was considered. To ensure the reliability of numerical analysis, the result was compared with that of a previous study and then, the distillate productions according to design variables were obtained by the analysis model. The results were found to generally be in agreement, and the increasing amount of distillate production of the still with the added waste heat was confirmed. In addition, the optimal value of the tilt angle of glass cover and the number of cells were determined by numerical analysis.

- 기호설명 -

A : 면적 [m²]

c : 비열 [J/kg·K]

m : 질량유량 [kg/m²]

Q : 열전달량 [W]

T : 온도 [K]

u : 풍속 [m/s]

V : 체적 [m³]

amb : 외기

atm : 대기

b : 수조

brn : 브라인

btm : 수조 바닥단열재

c : 대류

† Corresponding Author, jssuh@gnu.ac.kr

© 2013 The Korean Society of Mechanical Engineers

- d : 전도
- e : 증발과 응축
- gi : 내부유리덮개
- go : 외부유리덮개
- h : 습공기
- pl : 판
- r : 복사
- slr : 태양
- wk : 워
- hex : 폐열 열교환기

1. 서론

도시지역, 오지 및 저개발국가 등에서는 전력설비나 상수도 시설이 부족하기 때문에 깨끗한 식수의 확보가 중요한 문제이다. 더욱이 강, 호수, 우물 등 수원의 오염은 산업·농업 폐수에 의하여 급격히 증가하고 있어, 정화되지 않은 우수나 오염수를 식수로 사용하는 저개발지역에서는 수질오염으로 인한 질병이나 건강 문제가 심각한 상황이다. 또한 사회적 인프라가 충분치 않은 이러한 지역은 초기 구축비용, 운영 비용, 보수 및 운전 인력의 부족 등으로 대규모 담수화설비의 구축이나 운영이 용이하지 않다. 따라서, 이러한 도시지역 등에서 유용하게 사용될 수 있는 자급형 소규모 담수화장치의 개발이 필요한 상황이다.

소규모 담수화 기술로는 증기압축식, 역삼투식 및 태양열을 이용한 해수담수화 기술 등이 주로 고려될 수 있다. 증기 압축식이나 역삼투식 방법은 담수화에 필요한 에너지원의 확보와 삼투막의 주기적 교체와 같은 문제로 유지보수가 원활하지 않은 도시지역의 특성을 고려하면 장기적 관점에서 적용이 원활하지 않다. 한편 태양열 해수담수화 기술은 태양에너지의 특성상 수요자와 공급 에너지원의 시간적 불일치와 단속적 생산, 저밀도 에너지원이라는 한계로 인하여 설치 면적당 담수 생산량이 충분하지 않은 단점이 있다.

따라서 디젤 발전기로 전력을 생산하고 있는 섬 등에서 발전기로부터 나오는 폐열을 담수화에 필요한 열원으로 사용할 수 있으면, 상기 기술한 태양열 담수화 기술이 가지고 있는 문제점들을 해결함과 동시에 하이브리드 형태의 담수설비를 구축하는데 추가열원으로 활용될 수 있어, 담수의 연속적 생산이나 담수생산량을 증가시켜 경제성 향상에 기여할 수 있다.⁽¹⁾

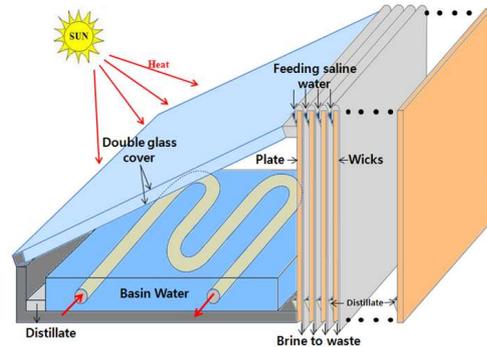


Fig. 1 Schematic representation of the solar still applied in this study

한편, 태양열을 활용한 해수담수화 기술에 관한 연구가 오래전부터 진행되어 왔다. 최근에는 H. Tanaka와 T. Nosoko 등에 의해 활발히 수행되고 있다. H. Tanaka 등^(2,3)은 태양열을 집열하는 수조형과 실제 담수효율을 극대화시키는 다중효용법이 결합된 담수기 모델을 제안하였고, 수치해석을 통하여 기존의 모델보다 높은 담수효율을 나타낼 것이라 예측하였다. 또한 다양한 설계 변수에 따른 담수량을 계산하였고, 실험을 통하여 수치해석결과와 비교 분석하였다. T. Nosoko 등⁽⁴⁾은 다중효용방식 담수기의 워(wick)에서 증발이 발생할 때 길이방향으로 해수염분이 증가하는 현상과 이 때의 BPE 현상(해수의 끓는점이 증가하는 현상)을 적용하여 효용단방향과 길이방향의 2차원 수치해석을 수행하였다. 이를 통하여 다양한 설계변수에 따른 각 효용단의 온도분포와 담수율을 예측하였다.

본 논문에서는 H. Tanaka 등⁽²⁾이 제시한 태양열 담수기 모델을 기초로 디젤 발전기 폐열을 활용하였을 때 여러 가지 설계변수에 따른 담수량을 예측하여 해당 담수기 모델의 최적설계를 위한 데이터를 마련하고자 하였다.

2. 해석대상 및 방법

2.1 태양열 담수기

본 연구에서는 Fig.1과 같이 H. Tanaka 등⁽²⁾이 제시한 수조-다중효용 복합형 해수담수화 장치의 해수조(basin) 속에 디젤 발전기 폐열 회수관을 설치한 모델을 고려하였다. 이는 크게 집열부와 담수부로 구분할 수 있으며 집열부는 2중 유리덮개(glass cover)를 통하여 태양복사열을 투과시키고 내부의 열을 축적시켜 담수부 쪽으로 보내는 역할을 한다. 담수부에서는 수직 평판(plate)과

○ Outer glass cover

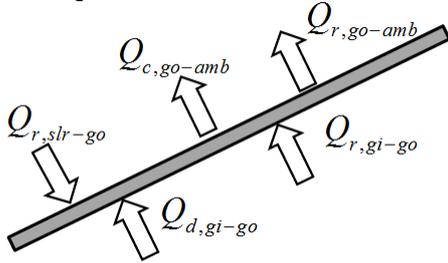


Fig. 2 Schematic diagram of outer glass cover

○ Inner glass cover

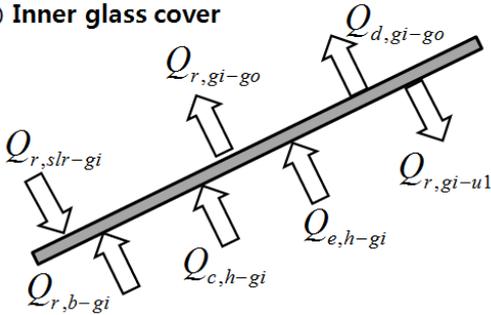


Fig. 3 Schematic diagram of inner glass cover

윅(wick)으로 구성된 효율단(cell)이 다단으로 이루어진 구조로 각 단으로 전달되는 열을 이용하여 윅상의 해수를 증발시켜 담수량을 극대화하는 역할을 한다.

2.2 해석방법

해석대상인 태양열 담수기의 열특성 및 담수량 계산에 대한 수치해석을 위하여 담수기 각부의 에너지 및 물질 보존방정식, 열전달 모델, 태양광선 관련 수식 등을 선행연구⁽²⁻⁵⁾를 참고하여 설정하였다.

1) 에너지 및 물질보존 방정식

태양복사에 의한 열과 내측 유리 덮개로부터 전도와 복사의 형태로 열이 유입되어 일부는 외측유리 덮개 온도를 높이는데 사용되고 나머지는 대기로 복사와 대류의 형태로 유출된다.

$$Q_{r,slr-go} + Q_{d,gi-go} + Q_{r,gi-go} = \rho_{go} V_{go} c_{go} \frac{dT_{go}}{dt} + Q_{c,go-amb} + Q_{r,go-amb} \quad (1)$$

외측 유리 덮개를 통과한 태양복사에 의한 열과 해수조 표면으로부터의 복사열, 습공간으로부터 대류와 응축 잠열의 형태로 열이 유입된다. 이

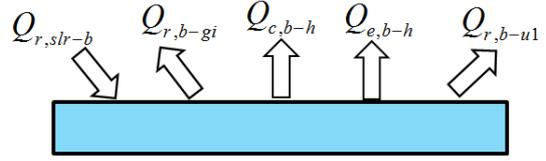


Fig. 4 Schematic diagram of basin

중 일부는 내측 유리 덮개 자체의 온도를 높이는데 사용되고 나머지는 외측 유리 덮개로 전도, 복사 그리고 첫 번째 평판(plate)으로 복사의 형태로 전달된다.

$$Q_{r,slr-gi} + Q_{r,b-gi} + Q_{c,h-gi} + Q_{e,h-gi} = \rho_{gi} V_{gi} c_{gi} \frac{dT_{gi}}{dt} + Q_{r,gi-go} + Q_{d,gi-go} + Q_{r,gi-pl1} \quad (2)$$

단, 해수조에서의 에너지 보존 방정식의 경우 디젤 발전기 폐열을 고려했을 때 회수되는 폐열이 해수조에 유입되기 때문에 식 (3)과 같은 수식을 적용하였다.

$$Q_{r,slr-b} + Q_{hex-b} = \rho_b V_b c_b \frac{dT_b}{dt} + Q_{c,b-h} + Q_{e,b-h} + Q_{r,b-gi} + Q_{r,b-pl1} + Q_{d,b-btm} \quad (3)$$

유리 덮개와 습공간의 경우 해조수에 비하여 열용량이 매우 낮기 때문에 열용량이 포함된 항을 무시하고 수치해석에 적용하여 해석상의 오류를 최소화하고자 한다. 그렇게 첫 번째 수직평판으로 유입되는 식을 표현하면 식 (4)와 같다.

$$Q_{in,pl} = Q_{c,h-pl1} + Q_{e,h-pl1} + Q_{r,slr-pl1} + Q_{r,b-pl1} + Q_{r,gi-pl1} \quad (4)$$

두 번째 효율단부터는 이전 윅(wick)으로부터 전도, 복사 그리고 증발잠열의 형태로 열을 전달받아 첫 번째 효율단과 동일한 형태로 열이 이동하게 된다. 같은 방식으로 몇 차례 효율단을 통과한 열은 마지막 효율단의 윅(wick)에서 각각 대류, 복사, 증발잠열의 형태로 대기 중으로 방출된다. 이를 고려하여 각 수직평판(plate)과 윅(wick)에서의 에너지보존 방정식은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- Energy-balance equation on the first wick

$$Q_{in,pl1} = \rho_{pl} V_{pl} c_{pl} \frac{dT_{pl1}}{dt} + Q_{d,pl1-wk1} \quad (5)$$

- Energy-balance equation on the first plate

$$Q_{d,pl1-wk1} + Q_{in,wk1} = \rho_{wk} V_{wk} c_{wk} \frac{dT_{wk1}}{dt} + Q_{d,wk1-pl2} + Q_{r,wk1-pl2} + Q_{e,wk1-pl2} + Q_{out,wk1} \quad (6)$$

- Energy-balance equation on the ith wick

$$Q_{d,wk(i-1)-pli} + Q_{r,wk(i-1)-pli} + Q_{e,wk(i-1)-pli} = \rho_{pl} V_{pl} c_{pl} \frac{dT_{pl1}}{dt} + Q_{d,pli-wki} \quad (7)$$

- Energy-balance equation on the ith plate

$$Q_{d,pli-wki} + Q_{in,wki} = \rho_{wk} V_{wk} c_{wk} \frac{dT_{wki}}{dt} + Q_{d,wki-pl(i+1)} + Q_{r,wki-pl(i+1)} + Q_{e,wki-pl(i+1)} + Q_{out,wki} \quad (8)$$

- Energy-balance equation on the last wick

$$Q_{d,wk(l-1)-pll} + Q_{r,wk(l-1)-pll} + Q_{e,wk(l-1)-pll} = \rho_{pl} V_{pl} c_{pl} \frac{dT_{pll}}{dt} + Q_{d,pll-wkl} \quad (9)$$

- Energy-balance equation on the last plate

$$Q_{d,pll-wkl} + Q_{e,wkl} = \rho_{wk} V_{wk} c_{wk} \frac{dT_{wkl}}{dt} + Q_{e,wkl-amb} + Q_{r,wkl-amb} + Q_{out,wkl} \quad (10)$$

각 Wick(wick)으로 유입되는 해수의 양은 증발되는 증기의 양과 유출되는 농축수의 합과 같기 때문에 식 (11)과 같은 물질 보존 방정식을 세울 수 있다. 이 때 T. Nosoko⁽⁴⁾의 실험데이터를 바탕으로 마지막 수직 평판의 경우 유입되는 해수의 양이 증발되는 양의 2배가 되는 것으로 가정하였다.

$$m_{in,wk} = m_{e,wk} + m_{out,wk} \quad (11)$$

연구에 적용된 디젤 발전기는 5 kW급으로 운전 조건을 측정 한 후, 열 회수관내 체적유량 8 m³/h, 폐열 기체 유입온도 300 °C을 설정하였다. 이 때 열 회수관의 운전조건이 변하더라도 관내 기체와 해수 조 사이에 충분한 열교환이 이루어지게 설계되었다고 가정하였고, 따라서 열 회수관 출구 온도는 해수조의 온도와 같다는 조건을 적용하여 열 회수관에서 해수조로 유입되는 열량(Q_{hex-b}) 식 (13)을 계산하였다.

$$Q_{hex-b} = m_{hex} c_{p,air} (T_{in,hex} - T_b) \quad (12)$$

$$c_{p,air} = 1055.05 - 0.3475 T + 6.25 \times 10^{-4} T^2 \quad (13)$$

본 연구에서는 선행연구와는 달리 참고자료에 제시

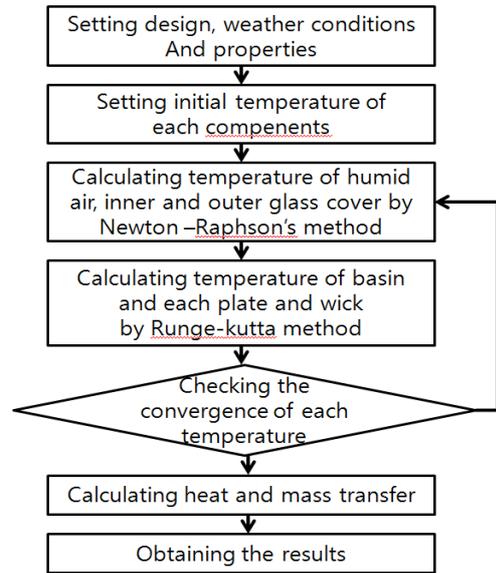


Fig. 5 Flow chart for the numerical analysis

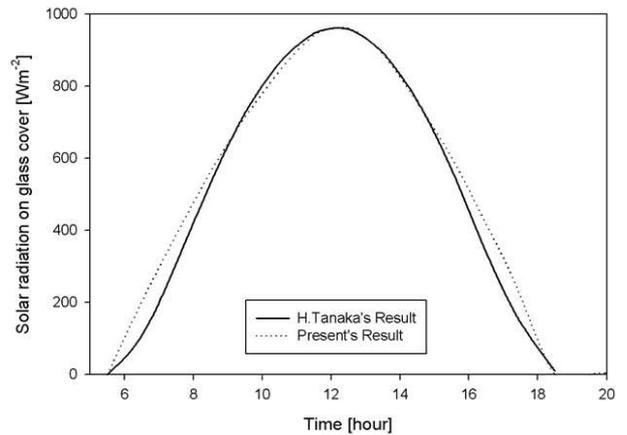


Fig. 6 Comparison of variation of solar radiation on the outer glass cover over a day with the results of reference research

되어 있는 실험값⁽⁴⁾을 바탕으로 Wick의 물성을 고려하였다. 그 이후에 먼저 담수기 각부 치수, 환경 조건, 물 성치를 H. Tanaka⁽²⁾의 연구와 동일하게 적용하여 해석 결과를 비교함으로써 수치해석의 타당성을 확보하였다. 그 이후에는 위도 36.5° (대한민국 대전 기준), 열 회수관 직경을 고려한 해수조 수면 높이 30 mm를 적용하여 변수연구(parametric study)를 수행하였다. 수치해석은 MATLAB을 이용하여 시간에 따른 담수량을 산출하는 비정상상태 해석을 수행하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 선행연구와의 결과 비교

수치해석의 타당성을 검증하기 위하여 선행연

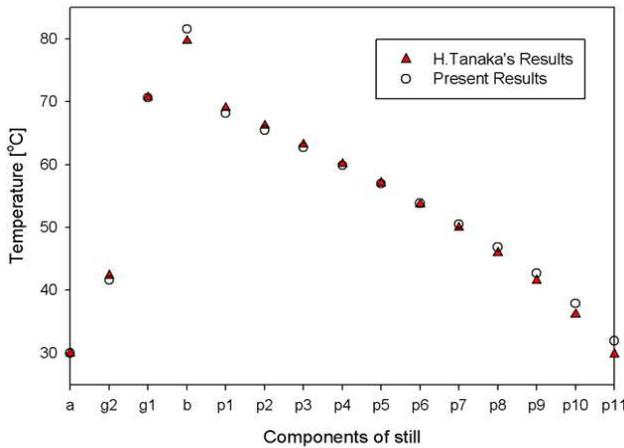


Fig. 7 Comparison of temperature distribution at the peak of the overall production rate with the results of reference research

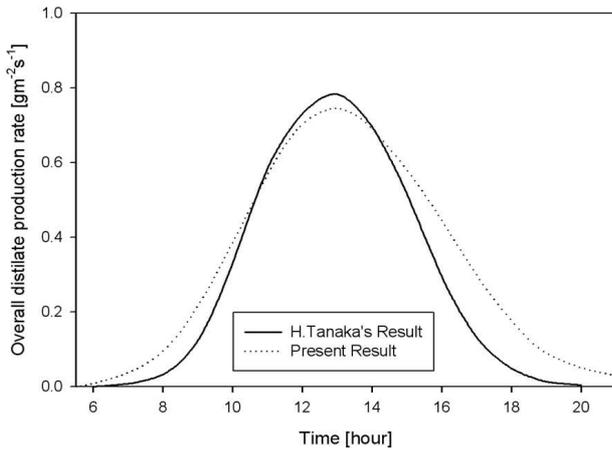


Fig. 8 Comparison of variation of production rate over a day with the results of reference research

구와 동일한 조건을 적용하여 수치해석을 수행한 후 결과를 비교분석하였다. 먼저 Fig. 3은 하지 하루 동안 외측 유리 덮개로 들어오는 일사량을 비교한 것이다. 두 결과 모두 오전 5시 30분에 태양복사가 시작되어 오후 6시 30분에 일몰되는 것으로 설정하였다. 선행연구와 본 연구의 수치해석 결과가 전반적으로 일치하였고 특히 정오일 때 약 960 W/m^2 의 열이 외측 유리덮개로 유입되는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 7과 Fig. 8은 각각 하루 중 순간 담수율이 가장 높은 순간에 장치를 구성하고 있는 각 요소의 온도분포와 하루 동안 단위면적당 담수량의 총 합의 변화를 비교한 것이다. 두 결과 모두 전반적으로 비슷한 결과를 나타내었지만 Fig. 7의 경우 선행연구에 비하여 담수부의 첫 번째 단(p1)

과 마지막 단(p11)의 온도차가 작은 경향을 보였다. 또한 Fig. 8의 경우는 13시 이후에 담수율 변화에서 차이를 나타내었고 일일 총 담수량의 경우 선행연구는 $15.4 \text{ kg/m}^2\text{day}$, 본 수치해석은 $18.0 \text{ kg/m}^2\text{day}$ 로 약 $2.6 \text{ kg/m}^2\text{day}$ 의 차이를 보였다.

이렇게 두 연구의 수치해석 결과에 차이가 발생한 가장 큰 이유는 선행연구의 경우 위의 물성을 고려하지 않은 반면 본 연구에서는 이를 고려하였기 때문이다. 위의 경우 열용량이 높은 특징이 있기 때문에 선행연구의 온도 및 담수량의 변화에 비해 전체적으로 완만한 변화를 보이는 것으로 판단된다.

3.2 설계변수에 따른 성능 예측

타당성이 검증된 해석모델을 이용하여 설계 변수에 따른 담수량을 예측하였다. 먼저 태양열만을 열원으로 사용한 경우와 태양열과 디젤 발전기 폐열을 모두 활용한 경우의 담수량을 확인하였고, 담수량에 영향을 주는 효율단의 수와 간격, 유리덮개 경사각 그리고 수조속의 해수면 높이를 설계변수로 설정하였다.

3.2.1 폐열 활용에 따른 성능 향상

Fig. 7은 태양열만을 열원으로 사용했을 때와 다중열원(태양열+디젤 발전기 폐열)을 사용했을 때의 하지 하루 동안 담수율 변화를 비교한 것이다. 일몰 후에도 디젤발전기는 계속 작동이 되기 때문에 일조시간을 기준으로 담수량을 계산하였다. 두 경우 모두 최고 담수율이 나타난 시간은 태양의 일사조건이 가장 좋은 정오 이후로 2시간 정도 후였다. 이 때 태양열만을 이용한 경우는 $0.8 \text{ g/m}^2\text{s}$, 다중열원을 사용한 경우는 $1.2 \text{ g/m}^2\text{s}$ 의 최고 순간 담수율을 나타내었다. 또한 일몰 후에도 시스템 내부에 존재하는 열에 의하여 일정량의 담수가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 태양열만을 이용한 경우 $17.87 \text{ kg/m}^2\text{day}$, 다중열원을 사용했을 경우에는 $33.17 \text{ kg/m}^2\text{day}$ 의 일일 총 담수량이 생산될 것으로 예측할 수 있다. 즉, 태양열과 디젤 발전기 폐열을 함께 사용하면 태양열만을 사용한 경우보다 하지의 경우 담수 생산량이 약 85% 향상될 것으로 판단된다.

3.2.2 효율단의 수와 간격의 영향

효율단의 수와 간격은 담수기의 성능에 결정적인 영향을 주는 설계 변수로서 수치해석을 통하

여 효율단 수와 간격에 따른 담수기 성능을 예측해보고자 하였다. 효율단 간격의 경우 최대한 좁게 배치하는 것이 성능에 유리하지만 응축면에 발생하는 droplet의 크기를 고려하여 결정해야 하고, 선행연구들에 대한 분석을 통하여 약 5 mm 정도가 현재 적용할 수 있는 가장 작은 간격임을 알 수 있었다. 또한 효율단 수의 경우에도 최대한 많이 설치하는 것이 성능의 측면에서는 좋겠지만 일정 수 이상이 되면 그 효과가 줄어들어 가공비용만 증가시키는 결과를 가져올 수 있다.

Fig. 8과 9는 각각 하지일 때 태양열만을 사용한 경우와 다중열원을 사용한 경우의 효율단 수와 간격에 따른 일일 총 담수량을 나타낸 것이다. 전체적으로 효율단의 수가 많고 간격이 좁을수록 담수량이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 태양열만을 열원으로 사용한 경우는 12개 이상, 다중열원을 활용한 경우는 20개 이상의 효율단을 적용했을 때 효율단의 수 증가에 따른 일일 총 담수량의 증가 효과가 거의 없어짐을 확인할 수 있었다.

따라서 본 수치해석을 통하여 태양열만을 이용할 경우에는 효율단 수를 12 개 정도로 하고, 태양열과 디젤 발전기 폐열을 함께 사용한다면 효율단의 수를 20 개 정도로 하는 것이 최적일 것이라 판단된다.

3.2.3 유리덮개 경사각의 영향

유리덮개 경사각의 경우 유입되는 태양 복사열량과 직접적인 관련이 있는 중요한 설계 변수이다. 뿐만 아니라 경사각이 변함에 따라 기하학적으로 집열부의 부피도 변하기 때문에 담수량에

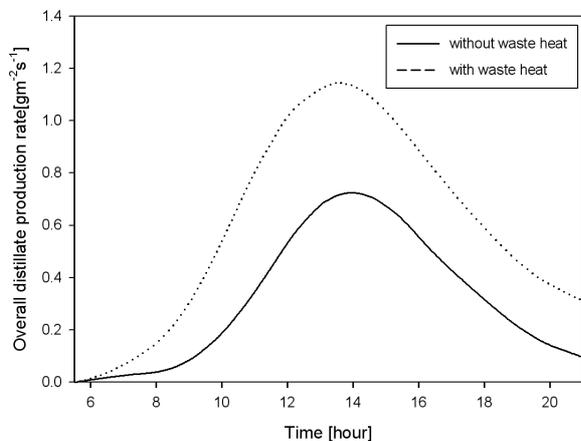


Fig. 9 Variation of overall distillate production rate over a day according to whether use of the waste heat or not

미치는 영향을 쉽게 예측할 수 없어 수치해석을 통하여 이를 확인한 후 최적의 경사각을 결정하고자 하였다. 집열부의 수직높이의 경우 담수부

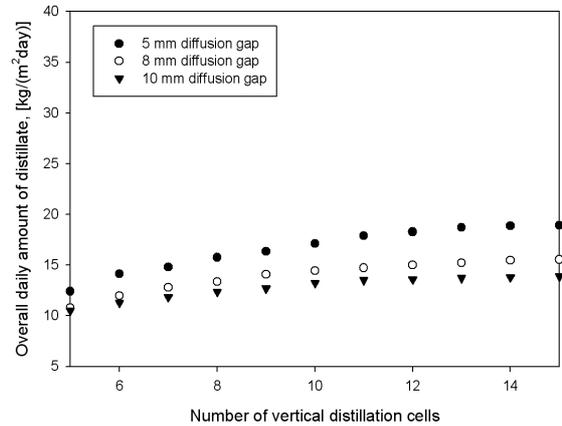


Fig. 10 Comparison of overall daily amount of distillate according to the number of vertical distillation cells without waste heat

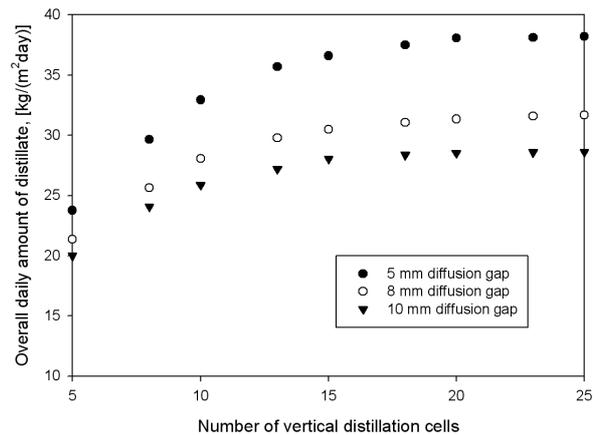


Fig. 11 Comparison of overall daily amount of distillate according to the number of vertical distillation cells with waste heat

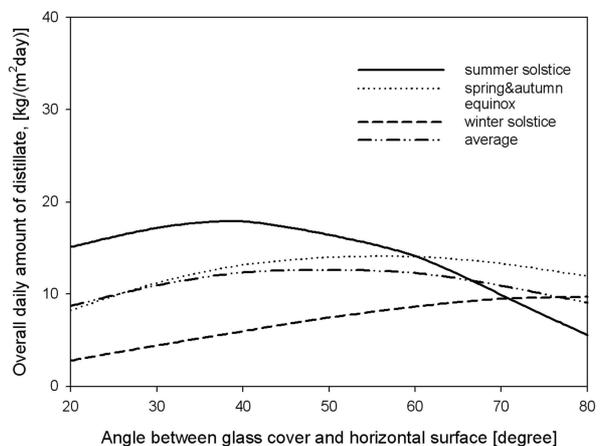


Fig. 12 Comparison of overall daily amount of distillate according to the angle between glass cover and horizontal surface without waste heat

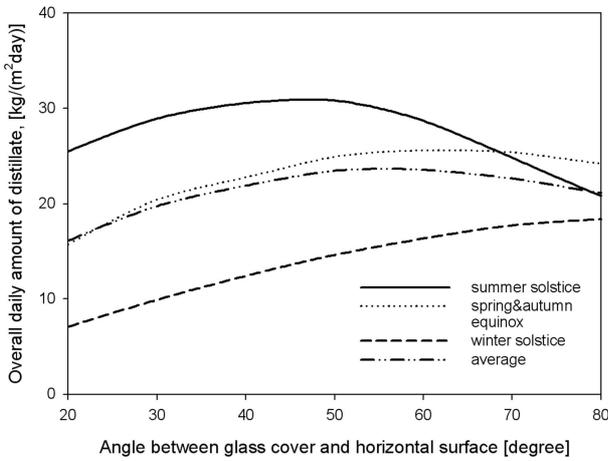


Fig. 13 Comparison of overall daily amount of distillate according to the angle between glass cover and horizontal surface with waste heat

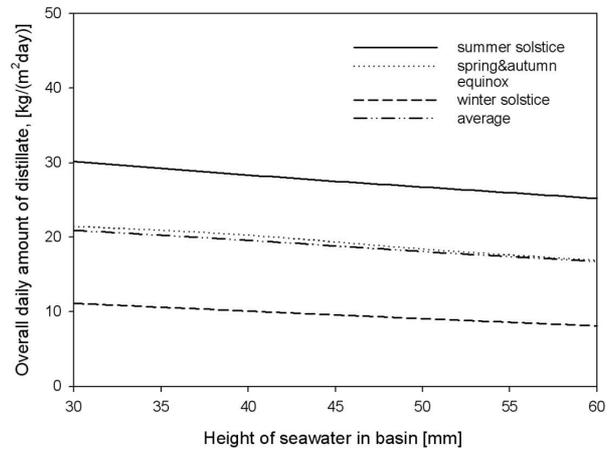


Fig. 15 Comparison of overall daily amount of distillate according to the height of seawater in basin with waste heat

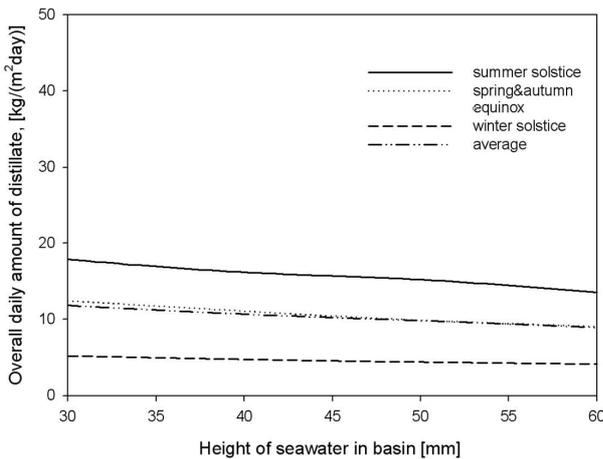


Fig. 14 Comparison of overall daily amount of distillate according to the height of seawater in basin without waste heat

의 효율단 높이와 관련 있기 때문에 본 수치해석에서는 이를 고정시킨 상태에서 경사각이 변함에 따라 수조의 길이가 변하는 것으로 설정하였다.

Fig. 12와 13은 각각 태양열만을 열원으로 사용할 때와 다중열원을 사용할 때 계절별 유리덮개 경사각에 따른 일일 총 담수량을 나타낸 것이다.

해석결과 최적의 경사각은 계절별로 다르게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 계절별로 태양의 고도를 비롯한 태양광선 관련각도들이 변하기 때문이다. 따라서 계절별 평균을 통하여 최적의 경사각을 결정하고자 하였다. 그 결과 태양열만을 열원으로 사용할 경우는 약 40° ~ 50°의 경사각이, 다중열원을 사용할 경우에는 50° ~ 60° 정도로 경사각을 결정하는 것이 최적임을 알 수 있었다.

3.2.4 수조의 해수면 높이의 영향

디젤 발전기 폐열을 활용하지 않을 경우는 수조의 해수면 높이를 최대한 낮게 유지하는 것이 담수량을 높이는 데 유리하지만, 폐열을 활용할 경우에는 열 회수관의 직경을 고려한 해수면 높이를 유지해야 한다. 특히 폐열 회수관내 체적유량이 높을수록 담수량이 증가하는데 이 때 관의 직경을 늘린다면 불가피하게 해수면을 높게 유지해야 한다. 따라서 해수면 높이 증가에 따른 담수량 감소 정도를 수치해석을 통하여 분석하였다.

Fig. 14와 15는 각각 태양열만을 열원으로 사용한 경우와 다중열원을 사용한 경우의 계절별 수조의 해수면 높이에 따른 일일 총 담수량을 나타낸 것이다. 해석결과 총 담수량은 해수면의 높이에 따라 감소하는 경향을 나타내었고, 높이 증가에 따른 일일 총 담수량의 감소폭은 계절에 따라 약간의 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 하지의 경우 해수면 높이에 따른 일일 총 담수량의 변화가 크고, 동지의 경우에는 그 변화가 미미하였다. 또한 태양열만을 사용한 경우보다 다중열원을 활용했을 때 해수면 높이에 따른 일일 총 담수량의 변화가 커지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 계절평균 값을 적용하였고 그 결과 수조의 해수면 높이가 30 mm에서 60 mm로 증가 할 때 태양열만을 사용했을 때는 일일 총 담수량이 2.96 kg/m²·day, 다중열원을 사용하였을 때는 4.17 kg/m²·day만큼 감소하는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 선행연구에 제시된 태양열원식 해

수 담수기 모델에 디젤 발전기 폐열을 적용하였을 때 설계변수에 따른 담수량을 수치해석을 통하여 예측하였고, 세부적인 연구 결론은 다음과 같다.

(1) 다중열원을 사용한다면 태양열만을 열원으로 사용한 경우보다 하지의 경우 담수 생산량이 약 85% 향상될 것으로 판단된다.

(2) 태양열만을 열원으로 이용할 경우에는 효율단 수를 12 개 정도로 하고, 다중열원을 사용한다면 효율단의 수를 20 개 정도로 하는 것이 최적일 것이라 판단된다.

(3) 태양열만을 열원으로 사용할 경우는 약 $40^\circ \sim 50^\circ$, 다중열원을 사용할 경우에는 $50^\circ \sim 60^\circ$ 정도로 유리덮개의 경사각을 결정하는 것이 최적임을 알 수 있었다.

(4) 수조의 해수면 높이가 30 mm에서 60 mm로 증가할 때 태양열만을 사용했을 때는 일일 총 담수량이 $2.96 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$, 다중열원을 사용하였을 때는 $4.17 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$ 만큼 감소하는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) Park, C. D., Lim, B. J. and Tanaka, H., 2010, "Development of Seawater Distiller Utilizing Waste Heat of Portable Electric Generators," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 34, No. 6, pp. 607~613.
- (2) Tanaka, H., Nosoko, T. and Nagata, T., 2000, "A Highly Productive Basin Type Multiple Effect Coupled Solar Still," *Desalination* 130, 279~293.
- (3) Tanaka, H., Nosoko, T. and Nagata, T., 2002, "Experimental Study of Basin-Type, Multiple-Effect, Diffusion-Coupled Solar Still," *Desalination* 150, 131~144.
- (4) Nosoko, T., Kinjo, T. and Park, C. D., 2005, "Theoretical Analysis of a Multiple-Effect Diffusion Still Producing Highly Concentrated Seawater," *Desalination* 180, 33~45.
- (5) Tanaka, H., 2011, "A Theoretical Analysis of Basin Type Solar Still with Flat Plate External Bottom Reflector," *Desalination* 279, 243~251.