

입구 유량변화에 따른 메가 집열기 지관의 유량분포특성에 대한 수치해석

김휘동*, 백남춘**

*인하대학교 대학원 기계공학과(aero9803@naver.com), **한국에너지기술연구원(baek@kier.re.kr),

Numerical Study on the Flow Distribution Characteristics with Varying Inlet Flow-Rate in Mega Collector Risers

Kim, Hwi-Dong*, Baek, Nam-Choon**

*Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, In-ha University(aero9803@naver.com),

**Korea Institute of Energy Research(baek@kier.re.kr),

Abstract

Flow distribution characteristics with varying inlet flow-rate in mega collector risers have been investigated, using commercial code FLUENT. The heat transfer in mega collector was not considered in this numerical study. Through the simulation, the following results were found. First, flow distribution characteristics in mega collector risers show the similar tendency in all cases. Secondly, with increased inlet flow-rate, flow distribution uniformity was getting worse.

Keywords : 메가 집열기(Mega collector), 유량분포특성(Flow distribution characteristics), 지관(Riser), 상용코드(FLUENT)

1. 서 론

현재 일반적으로 사용되고 있는 평판형 집열기(가로 1m, 세로 2m, 집열 면적 2m²)에 대한 연구는 국내외적으로 활발한 상태이다.

하지만, 이것보다 집열 면적이 약 5배 정도 큰 메가 집열기(Mega Collector)에 대한 연구는 상대적으로 미비한 상태이다. 이에 따라 본 연구에서는 한국에너지기술연구원에서 설계한 U 타입 형태의 메가 집열기(그림 1 참고)에 대한 수치해석을 수행하였다. 상용 프로그램인 FLUENT를 통해 메가 집열기

입구에서의 유량(0.2kg/s, 0.4kg/s, 0.8kg/s, 1.0kg/s, 1.2kg/s)을 순차적으로 변화시킴으로서, 메가 집열기 각 지관에서의 유량분포가 입구 유량변화에 따라 어떠한 경향을 나타내는지 파악하고자 한다. 단 메가 집열기 내에서의 열전달은 이번 수치해석 계산과정에서 고려되지 않았다.

2. 메가 집열기의 구조

메가 집열기는 가로 5m, 세로 2m로 설계된 평판형 집열기이다. 유체가 직접적으로 흐르는 메가 집열기 내 유로는 구리로 된 주관 2개와 지관 20개로 구성되어 있으며, 각각의 직경은 32mm와 8mm이다. 그림 1에서와 같이 2개의 주관 사이에 20개의 지관이 하나씩 결합되어 있는 형태이고, 2개의 주관이 메가 집열기 유로의 입구와 출구 역할을 담당한다.

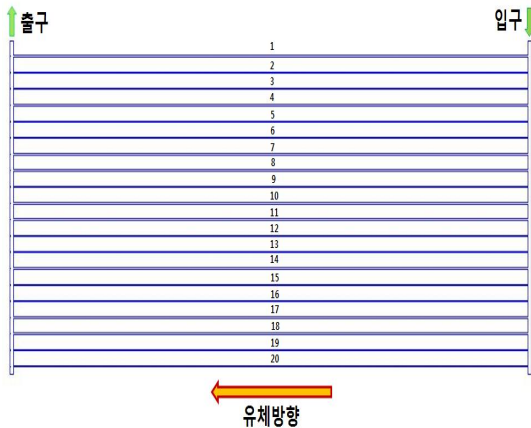


그림 2. 메가 집열기 구조

3. 수치 해석

본 연구에서는 메가 집열기 지관의 유량분포특성에 대한 수치해석을 위하여 상용 프로그램인 Fluent를 사용하였다.

3.1 수치 해석 방법

그림 2에서와 같이 GAMBIT(Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit)을 통해 실제 크기에 해당하는 메가 집열기 유로를 3차원으로 형상화하였다. 6면체와 4면체 격자를 통해 mesh 작업을 수행하였고, 총 노드의 수는 559032개이다.

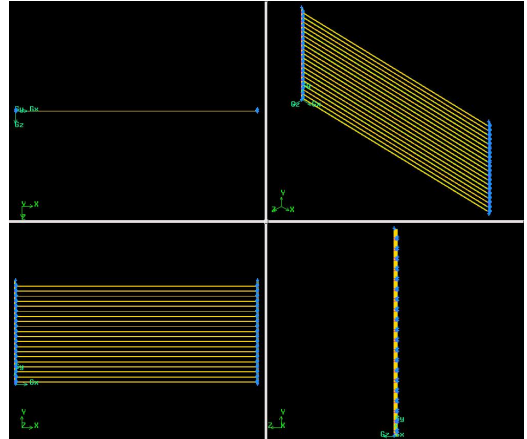


그림 3. 메가 집열기 형상

또한, 메가 집열기 지관의 유량분포특성을 중점적으로 알아보기 위해 그림 3과 같이 주관과 지관이 접하는 부분의 격자를 다른 부분에 비해 촘촘하게 구성하였다.

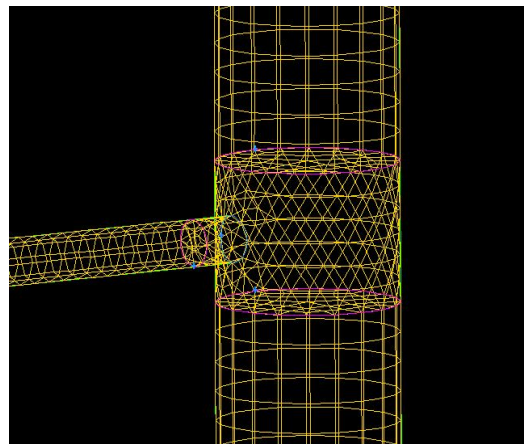


그림 4. 주관과 지관 연결부분의 Meshing

앞에서 언급하였듯이, 메가 집열기에서의 열전달은 고려되지 않았다, 유동은 3차원 정상상태로 가정하였으며, SST-K omega 난류모델을 적용하였다. 난류모델에 대한 입구 경계조건은 난류강도 10%, 수력직경은 주관의 크기인 32mm로 지정하였다. 메가 집열기 입구에서의 유량 변화에 따른 지관의 유량분포특성을 해석하는 본 연구에 따라 입구 경계 조건은 Mass-Flow Inlet 을 적용하였고, 출구 경계 조건은 Pressure Outlet 을 적용하였다. 추가적으로 메가 집열기 입구 쪽 주관이 수직으로 설계되어 있기 때문에 수치해석 계산과정에서 중력의 효과도 고려하였다. 집열기 열매체로 가장 많이 사용되고 있는 물이 수치해석을 위한 유체로 선택되었다.

3.1 수치 해석 결과

(1) 입구유량 변화에 따른 지관의 유량분포특성
 각 지관의 유량분포특성을 비교하기 위해서는 어떠한 기준이 필요하다. 본 연구는 입구 유량 변화에 따른 각 지관의 유량분포특성에 대한 비교를 위하여 각 지관에서의 유량분포가 균등(uniform)하다는 가정(즉, 각 지관에 입구유량이 5%씩 일정하게 분포)하에 결과를 분석하였다. 이러한 기준(5%)을 통하여 각 지관에서의 유량분포특성을 명확히 파악할 수 있다.

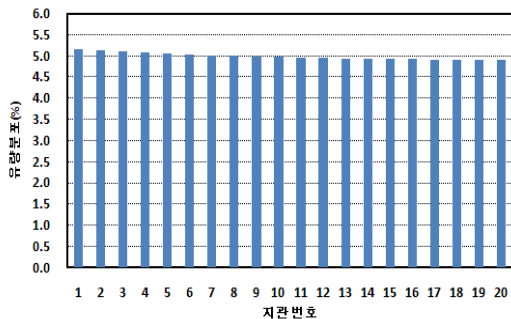


그림 5. 유량분포(%) - 입구유량 0.2kg/s

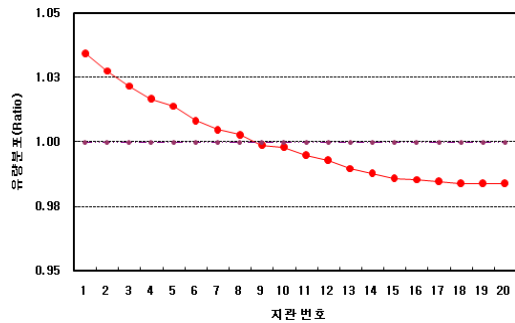


그림 6. 유량분포(ratio) - 입구유량 0.2kg/s

입구 유량이 0.2kg/s인 경우, 유량분포는 그림 4와 같다. 위에서 언급한 가정에 따라 결과를 분석해 보면 1번 지관부터 8번 지관까지는 기준보다 높은 유량분포를 보인 반면, 8번 지관 이후부터는 5% 미만의 유량분포가 나타남을 알 수 있다. 또한 1번 지관에 가까워질수록 그 비율이 점점 증가하고 있으며, 반대로 20번 지관에 가까워질수록 그 비율이 점점 감소하고 있다.

그림 5는 기준(5%)에 해당하는 유량을 1로 가정하였을 때의 유량분포특성을 나타낸 것이다. 그림 4와 달리 그림 5를 통하여 더 뚜렷한 유량분포특성을 알 수 있다.

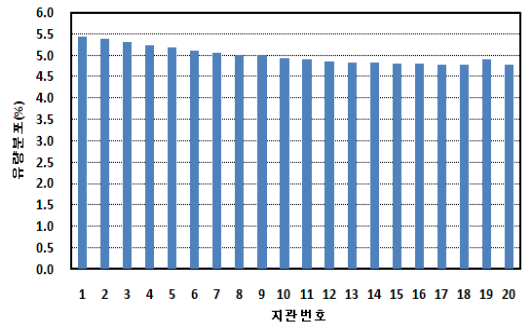


그림 7. 유량분포(%) - 입구유량 0.4kg/s

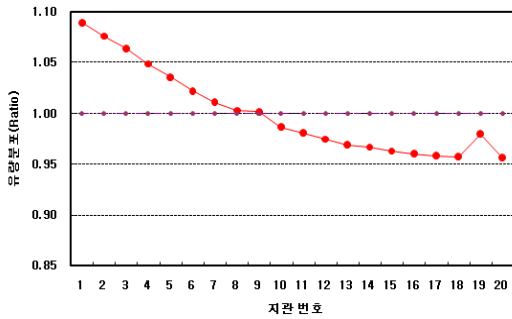


그림 8. 유량분포(%)-입구유량 0.4kg/s

그림 6과 7을 통하여 입구유량이 0.4kg/s 인 경우에도 0.2kg/s와 유사한 경향이 나타남을 알 수 있다. 그 밖에 0.8kg/s, 1.0kg/s, 1.2kg/s 인 경우에도 그림 8부터 13에서 보여 지는 것처럼 앞의 두 경우와 마찬가지로 비슷한 유량분포특성이 나타남을 알 수 있다.

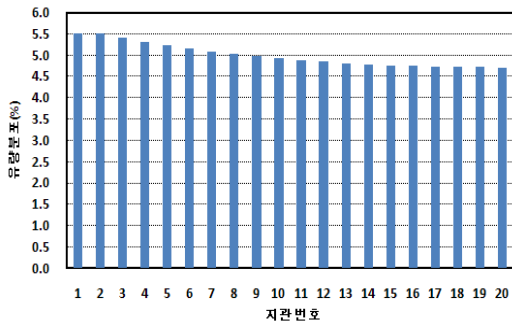


그림 9. 유량분포(%)-입구유량 0.8kg/s

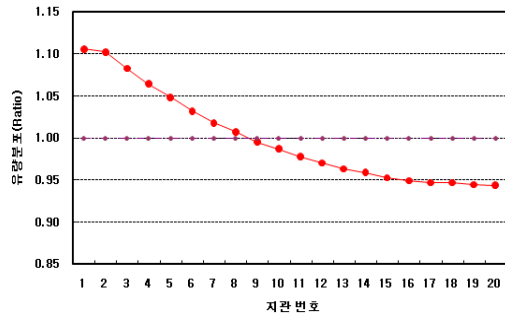


그림 10. 유량분포(ratio) - 입구유량 0.8kg/s

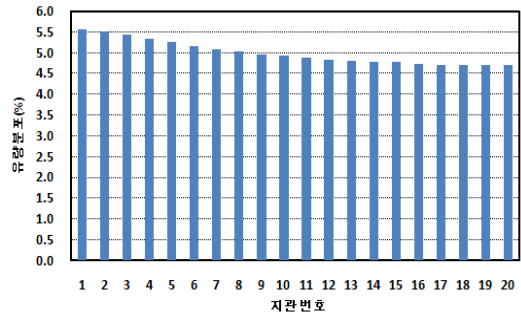


그림 11. 유량분포(%) - 입구유량 1.0kg/s

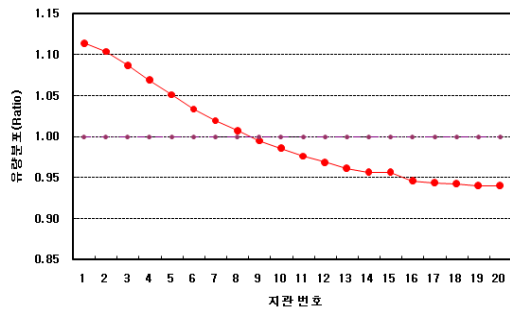


그림 12. 유량분포(ratio) - 입구유량 1.0kg/s

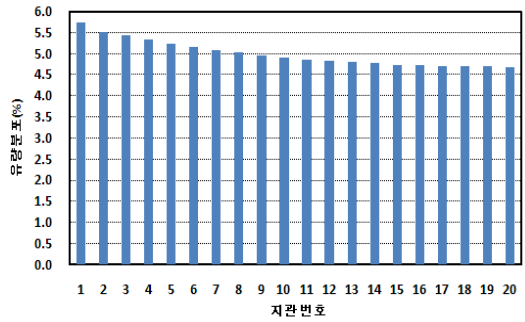


그림 13. 유량분포(%) - 입구유량 1.2kg/s

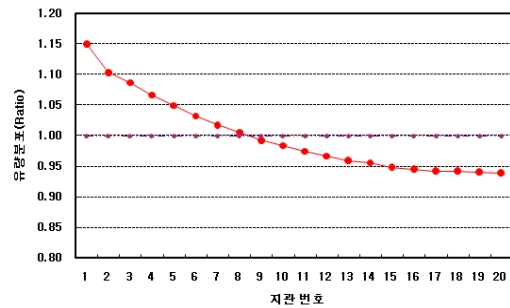


그림 14. 유량분포(%) - 입구유량 1.2kg/s

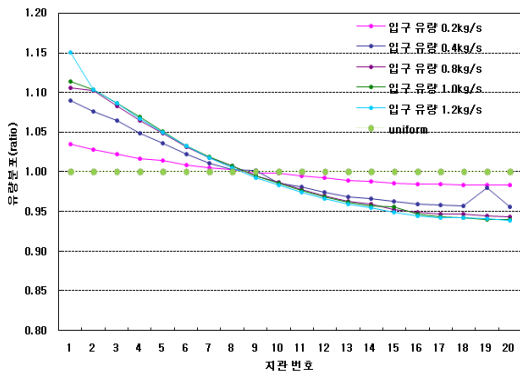


그림 15. 입구유량변화에 따른 지관 내 유량 분포

그림 14는 입구유량에 따른 유량분포특성을 비교하기 위해 그림 5, 7, 9, 11, 13을 한 그래프에 동시에 나타낸 것이다. 입구 유량 변화에 따라 각 지관들의 유량분포가 유사한 경향들을 나타내고 있지만, 입구 유량이 증가할수록 유량분포의 비 균등성(Non-uniformity)이 조금씩 증가함을 알 수 있다.

5. 결론

메가 집열기 지관의 유량분포특성을 FLUENT를 통하여 해석하였고, 수치해석을 통한 결과를 다음이 같이 정리하였다.

(1) 메가 집열기에서 열전달을 고려하지 않는 경우, 입구 유량변화에 따른 메가 집열기 지관들의 유량분포특성이 유사한 경향을 보였다.

(2) 입구 유량변화에 따라 메가 집열기 각 지관에서의 유량분포가 유사한 경향들을 나타냈지만, 입구 유량이 점점 증가할수록 유량분포의 비 균등성(Non-uniformity)이 조금씩 증가함을 알 수 있었다.

(3) 메가 집열기 지관들 중 집열기 입구/출구 쪽에 가장 가까운 1번 지관에서 제일 높은 유량분포를 나타냈으며, 반대로 가장 먼 20번 지관에서 제일 낮은 유량분포를 나타냈다.

(4) 메가 집열기 지관에 대한 수치해석 결

과가 참고문헌 3과 4의 결과와 아주 유사함을 보였다.

참고문헌

1. 김정배 외, 메가 집열기 유로 설계에 관한 연구.
2. 김정배 외, 평판형 집열기의 지관 수에 따른 유동특성에 대한 수치해석 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 27, No. 3, 2007.
3. Jianhua Fan et al., Flow distribution in a solar collector panel with horizontally inclined absorber strips, 2007.
4. G. F. Jones & Noam Lior, Flow distribution in manifolded solar collectors with negligible buoyancy effects, Solar Energy, Vol 52, No. 3, pp. 289-300, 1994.