

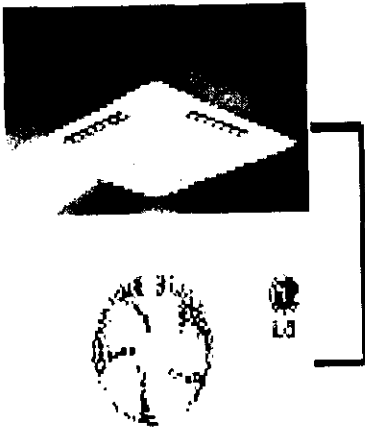
중규모공간에서의 천장형 냉난방기 적용성 평가

본고에서는 천장형 냉난방기가 중규모공간에 적용될 때의 온열환경적 쾌적성을 확보하기 위한 기술연구 동향과 아울러 중규모공간에 설치된 경우에 대한 온도 및 기류분포를 사례를 통하여 적용성에 대하여 평가하고자 한다.

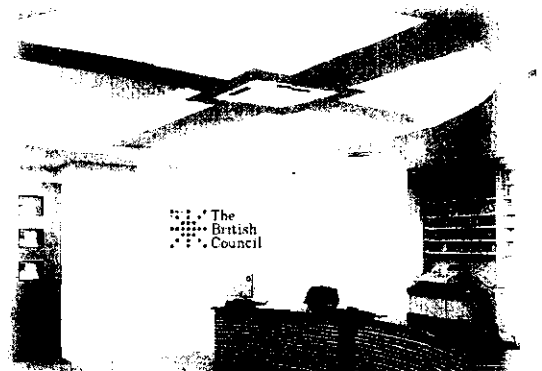
이기섭, 박효순

천장형 냉난방기는 이웃 일본에서는 소규모 점포용 공간뿐만 아니라 빌딩용 공조를 중심으로 한 중,대형 공간의 공조분야에 까지 널리 사용되고 있는 가장 일반적인 형태의 냉난방기이다. 천장형 냉난방기의 가장 일반적인 형태의 하나인 실내외기 1대 1 조합제품을 그림 1에 나타내었으며, 공간에 설치된 경우 내부 인테리어와의 적합성이 뛰어난 것을 그림 2에서 확인 할 수 있다. 국내의 경우 일반 스탠드 타입의 PAC냉난방기가 중소형 건물의 공간 공조에 대부분 사용되고 있어 많은 사용

자들이 천장형 냉난방기 제품에 대해 잘 알고 있지 못한 것이 현실이다. 그러나 천장형 냉난방기는 중,소형공간 중에서 특히 중규모공간에서 종래 스탠드 타입의 PAC냉난방기로는 달성하기 어려운 천장 은폐설치에 의한 공간 활용성 증대, 인테리어성 확보, 자유로운 공조조우닝에 대한 대응력, 균일한 기류특성 등 업무용 공조 시스템의 중요한 기능을 전부 만족하고 있어 향후 국내에서도 공조기의 주력제품으로 지위를 넓혀감과 동시에 그 시장을 확대할 것으로 예상된다. 따라서, 본고에서는 천장



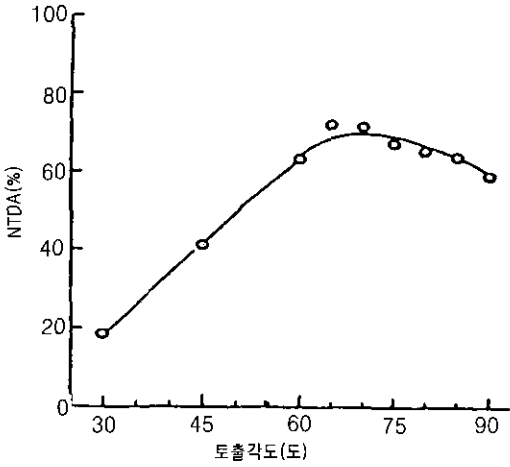
[그림 1] 천장형 냉난방기



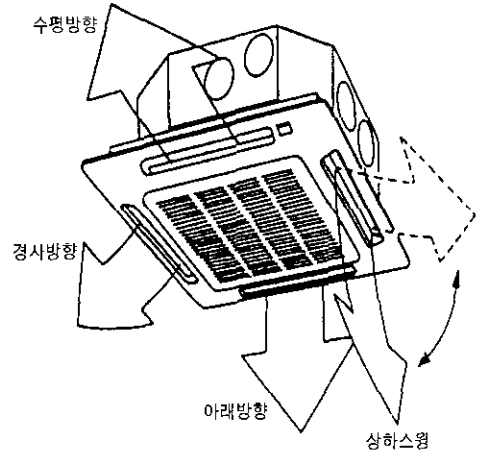
[그림 2] 천장형 냉난방기 설치 예

이 기 섭 LG전자(주) 디지털 어플라이언스 연구소 lgs@ge.co.kr

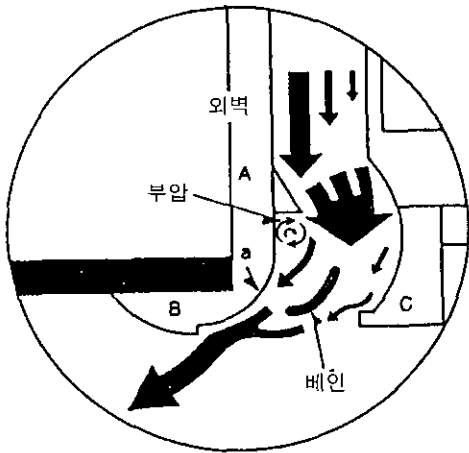
박 효 순 한국에너지기술연구원 건물연구부 hspark@kier.re.kr



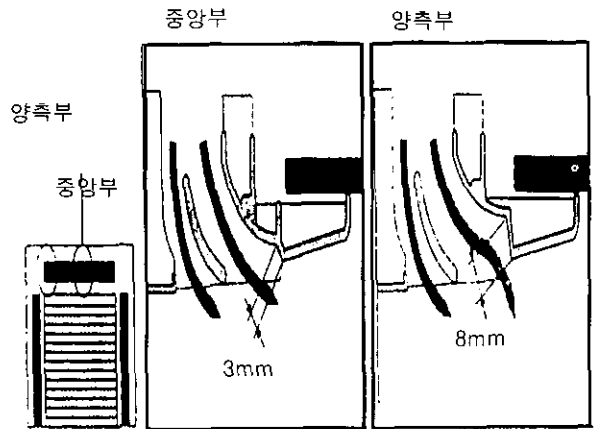
[그림 3] 온도분포 균일화를 위한 최적 각도



[그림 4] 오토스윙기능의 토출기류도



[그림 5] 최적 토출유로 설계



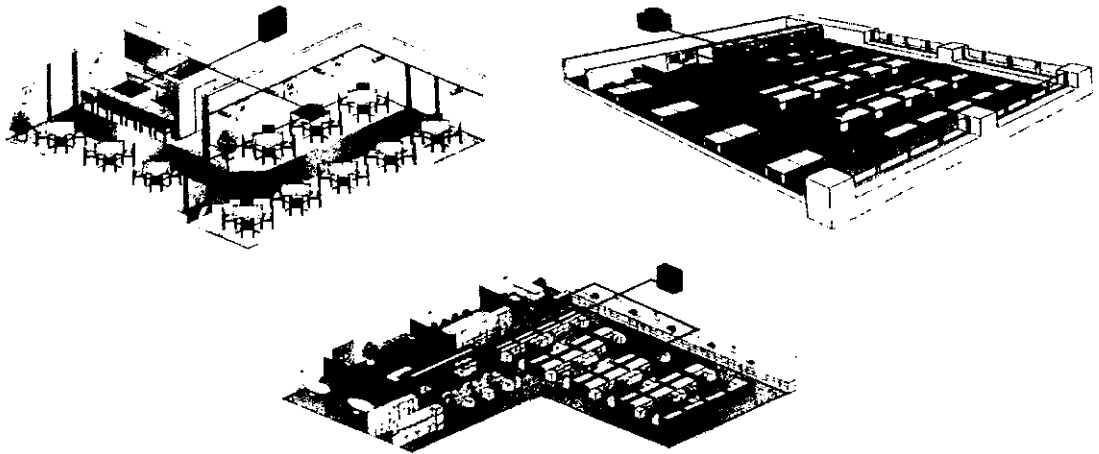
[그림 6] 최적 토출 베인 설계

형 냉난방기기가 중규모공간에 적용될 때의 온열 환경적 쾌적성을 확보하기 위한 기술연구 동향과 아울러 천장형 냉난방기기가 중규모공간에 설치된 경우에 대한 온도 및 기류분포를 사례를 통하여 적용성에 대하여 평가하고자 한다.

천장형 냉난방기기의 중규모공간에 적용

시 온열환경측면의 쾌적 대응기술

천장형 냉난방기를 중규모공간에 적용시 고려해야 할 부분은 쾌적성, 기능성, 조작성, 디자인, 시공성, 보수성 등 다양한 측면에서 살펴볼 수 있으며 이를 온열환경 쾌적성 측면에서 고려한다면 다음과 같은 사항으로 정리할 수 있다.



[그림 7] 다양한 형태의 중규모공간에 대한 천장형 냉난방기의 설치 예

패적기류제어

천장형 냉난방기기의 경우 냉방효과는 공기토출 위치가 천장에 있으므로 토출냉풍을 실내에 풀고 루 보내주고 토출냉풍과 실내공기와의 비중차에 의한 자연대류 등의 이유로 상당히 양호하다. 그러나 난방효과에 대해서는 토출온풍을 부력에 반대로 하여 천장면에서 토출시키지 않으면 안 되기 때문에 아래와 같은 문제점이 지적이 되어왔다.

- 난방시임에도 발이 차다
 - 난방공조에서 온도분포가 고르지 못하다
 - 난기가 직접 몸에 닿으면 기분이 나쁘다.
- 따라서 난방운전시 온도분포를 균일하게 하기 위하여 그림 3에 보여지는 것과 같이 최적 토출각도를 선정하고 또한 그림 4의 오토스윙기능을 대부분 채용하고 있다.

난방운전시 온도분포를 개선하기 위한 또 하나의 중요한 문제는 토출구 형상의 최적화 방안이다. 그림 5는 토출기류의 방향을 제어하는 베인의 풍향제어성을 확보하고 천장면에 기류가 부착하는 코안다효과를 방지하기 위하여 다양한 형태의 돌기부를 채용한 경우이고, 그림 6은 중앙부와 양측면부의 토출각도차를 만들어 중앙부에 비해 양측면부

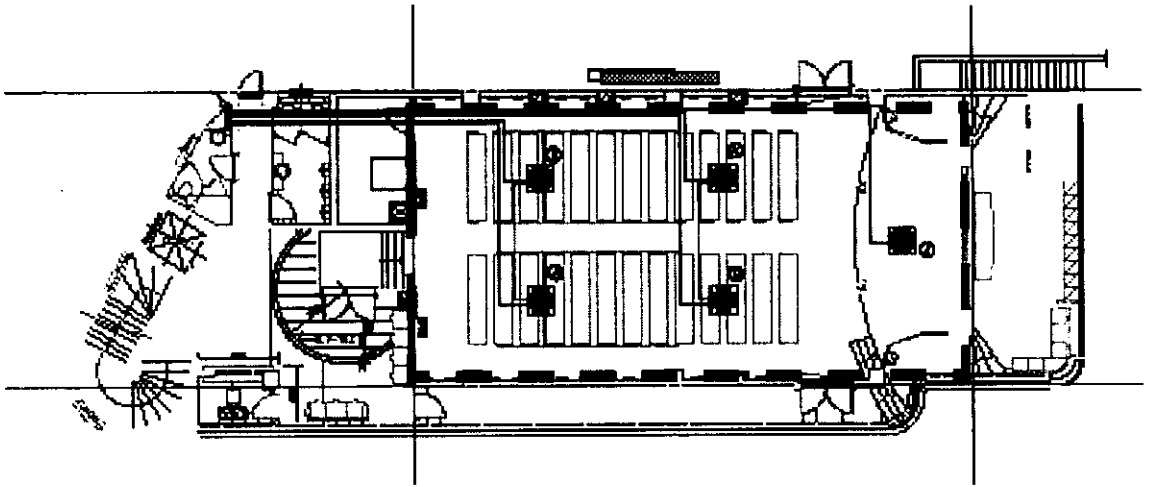
의 바람의 흐름을 하향 토출하기위한 베인의 형상을 개선 한 경우이다.

고천장 대응

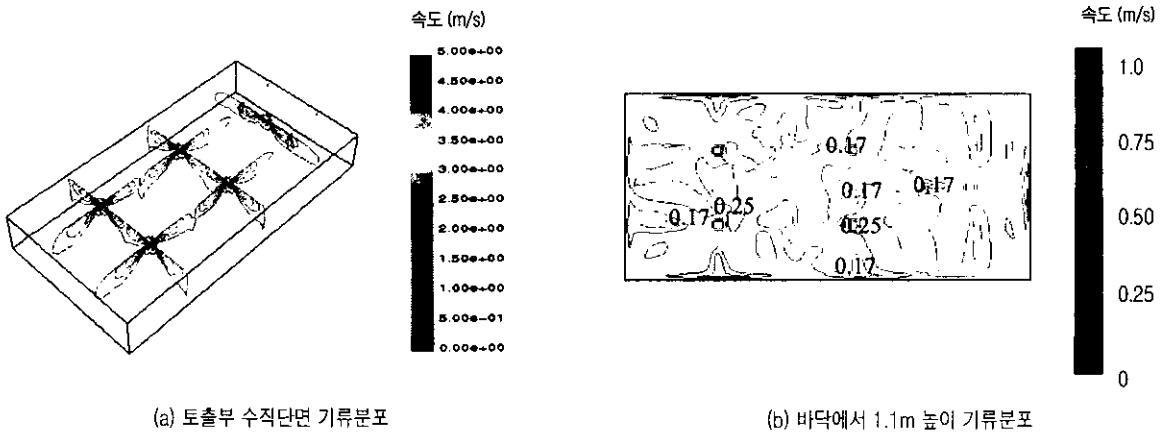
중규모공간의 경우 일반적으로 가정용 공간에 비해 천장 높이가 높다. 따라서 공조공간이 고천장이 될수록 전열에서 소개한 난방운전의 문제가 더욱 심각해지고 이에 대한 고려가 필수적이다. 고천장 기류제어를 위하여 풍량을 강력 송풍으로 늘리거나 4방향 토출에서 일부 토출구를 막는 방법, 또는 직하기류에 용이한 토출부설계를 채용함에 의해 이 문제에 대응하고 있다.

실내기 복수개의 멀티 시스템

중규모공간의 경우 그림 7과 같이 다양한 변형공간의 형태를 가지기 때문에 온도분포, 기류분포의 균일화를 기하기 위해서 실내기가 복수개가 필요한 멀티냉난방기가 된다. 1개의 실외기에 여러개의 실내기가 조합될 경우 냉매분배의 문제, 각각 다른 배관길이의 문제, 개개 실내기의 운전조건에 개별 대응하는 문제 등 상당히 고도의 사이클 최적화 기술이 필요하다.



[그림 8] 해석대상으로 채택한 자사 천장형 냉난방기가 설치된 중규모공간



(a) 토출부 수직단면 기류분포

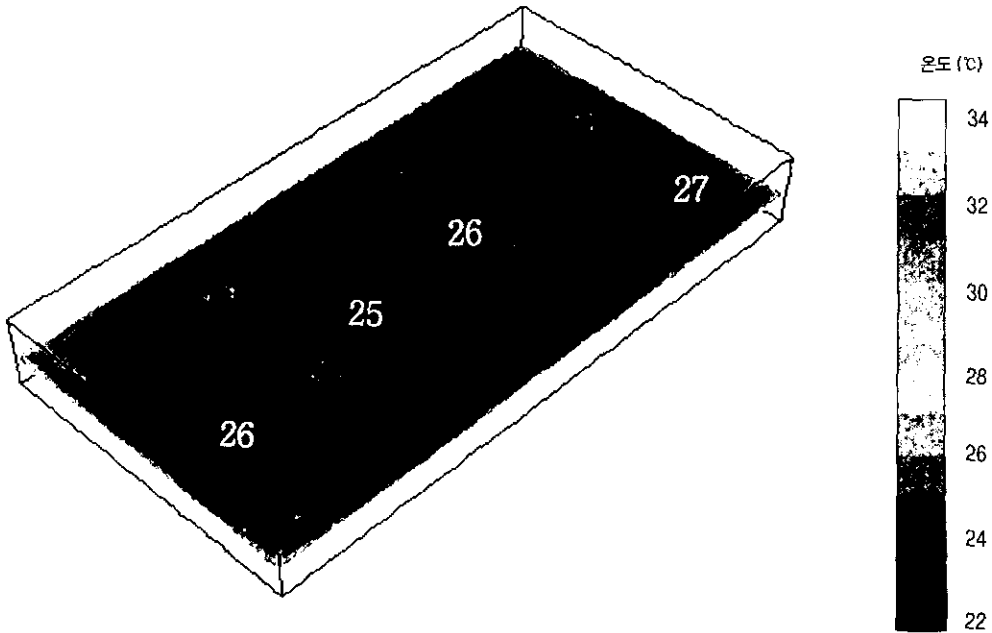
(b) 바닥에서 1.1m 높이 기류분포

[그림 9] 냉방운전시의 기류분포

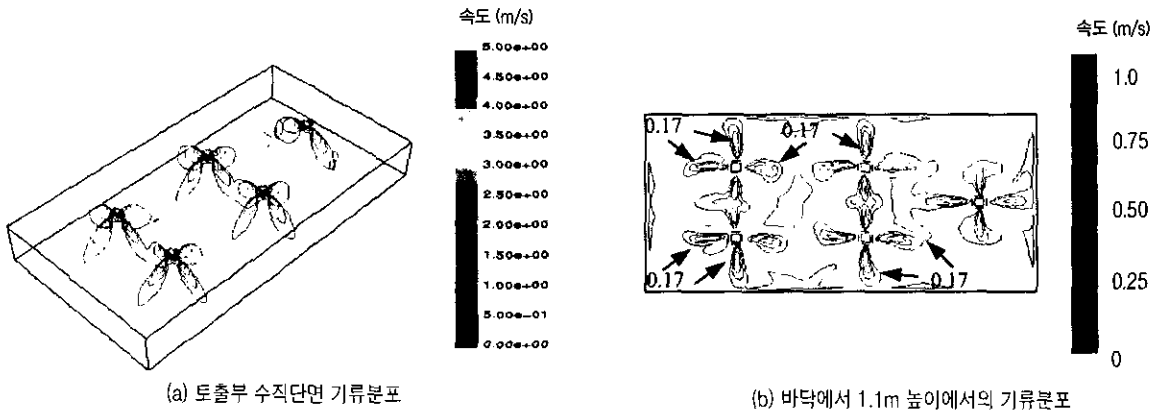
능력이변제어 및 낮은 외기온도 대응 난방

냉난방기의 경우 능력제어방식에 있어서 정속형과 인버터형의 두 가지 방식이 있다. 일정 냉방능력을 유지하도록 설계된 정속형 냉난방기는 냉방기간 중 시간에 따라 연속적으로 변하는 외기부하에 적절히 대응하지 못하여 실내온도가 설정온도에 도달하면 압축기운전이 정지하고 외기부하의

증가에 의해 다시 실내온도가 변하면 압축기운전이 시작되는 반복시동 및 정지(on-off) 운전방식을 갖는다. 압축기의 종류에 따라 약간 차이가 있지만 모터의 기동시 토크(torque)는 운전시의 약 2~3배에 이르므로 시동 및 정지운전에 따른 소비전력 증가가 공조기의 운전비용을 증대시키는 주 원인이 된다. 인버터 압축기를 사용한 공조기는 외기부하



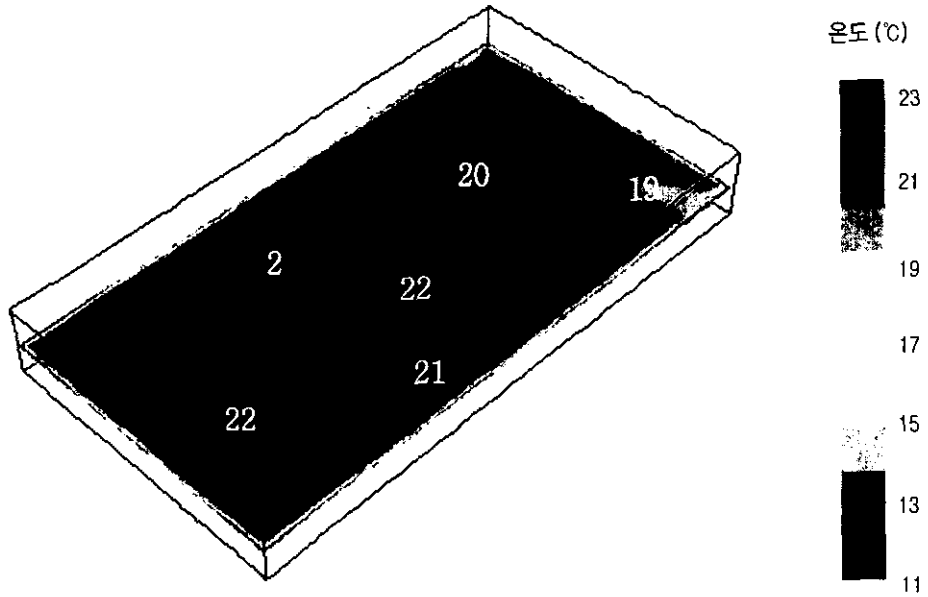
[그림 10] 냉방운전시의 바닥에서 1.1m 높이에서의 온도분포



[그림 11] 난방운전시의 기류분포

에 따라 압축기 회전수를 조절하므로 시동 및 정지 시 발생하는 기동토크에 의한 소비전력증가를 줄일 수 있고 외기부하가 크게 변하지 않는 운전조건 일때는 설정온도 근처에서 회전수를 감소시켜 정지되지않고 계속 운전할 수 있도록 제어함으로써 절전성능을 개선할 수 있다.

특히 중규모공간의 천장형 냉난방기의 경우 상당히 큰 능력의 압축기가 사용되므로 운전비용측면에서 인버터형이 큰 장점이 있다. 또한 업무용 건물에 들어가는 냉난방기기는 난방기능이 필수 기능이다. 그러나 난방운전의 경우 실내기가 응축기 역할을 하여 상대적으로 응축기 크기가 작아져 불리



[그림 12] 난방운전시의 바닥에서 1.1m 높이에서의 온도분포

한 면과, 낮아진 외기온도 때문에 저압측이 낮아져 냉매 질량유량이 감소해 결국 성능이 저하하는 현상에 대하여 역시 회전수를 증가시키는 것으로 그 문제를 해결할 수 있다. 이와 같이 인버터회로를 이용하여 회전속도를 변화시키는 압축기를 사용함으로써, 냉,난방운전이 가능한 공조기를 인버터 히트펌프(variable speed or modulating heat pump)라 한다. 또한 전철에서 언급했다시피 중규모공간의 경우 대부분 다수의 실내기를 필요로 하므로 중규모공간에서 사용되는 천장형 냉난방기기는 인버터 멀티 히트펌프의 형태가 적합하다.

천장형 인버터 냉난방기의 중규모공간 설치에 대한 온도, 기류해석

냉난방기기의 냉,난방운전시에 실내에 형성되는 온열 환경을 파악하는 방법으로 인공기후실에도 모델실을 설치하고 기류속도와 온도분포 등을 측정하는 것이 넓게 사용되어 왔다. 그러나, 중규모공간의

경우 공간의 크기 제약 때문에 이러한 연구를 수행하는데는 한계가 있다. 따라서 최근의 컴퓨터의 발달과 열유체 해석이론의 발전에 따라 수치해석에 의해 온열 환경을 예측하는 것이 활발해 지고 있다. 따라서 중규모공간에 냉난방기기가 설치된 경우에 대해 온열환경 특성을 고찰하고자 수치해석을 수행하였고 그 해석결과를 간단하게 언급하고자 하였다.

해석대상으로 삼은 중규모공간을 그림 8의 점선부로 표시하였다.

이 공간은 서울 강서구에 소재한 집회, 공연, 영화관람등을 목적으로하는 중규모의 강당이다. 가로×세로비가 19×10m로 약 57.6평정도 되며 천장높이는 2.5m이다. 이 공간에 실내외기 2:1 조합제품인 멀티 천장형냉난방기기가 2대, 실내외기 1:1 조합제품이 1대 설치되어 있다. 수치해석에서는 계산격자의 복잡성을 피하기 위해 인간이나 가구등의 장애물은 배치하지 않았다. 그리고 토출속도와 토



출온도는 정격시험조건에서 측정된 값을 사용했다. 토출각도는 냉방운전의 경우는 통상 사용되는 수평토출의 형태를 가지도록 천장면으로부터 35도로 했고 난방운전의 경우는 직하토출의 형태를 가지도록 50도로 했다. 벽부하조건은 축열상황을 고려하기 어렵고 궁극적으로 시간에 따라 계속 변화되므로 정확하게 묘사하는 것이 어렵다. 따라서 본 해석에서는 실내평균온도가 적정한 상태가 될 때(냉방의 경우는 26℃, 난방의 경우는 21℃)를 가정하여 이때 냉난방기가 제거 또는 투입하는 열량과 벽으로 부터의 열량이 같다는 조건을 사용하였다. 계산 난류모델은 표준 $k - \epsilon$ 모델을 적용했으며 상용화 프로그램인 FLUENT를 사용하였다.

냉방운전에 대한 기류분포 계산결과를 그림 9에 나타내었다. 바닥에서 1.1m높이의 기류분포는 0.25 m/s 이하의 미약한 기류가 대부분이다. 공조 공간에서 기류의 속도가 너무 크면 국부불쾌감이 발생하는데 이것을 드래프트(draft)라고 한다. 드래프트를 평가하는 지표로는 ADPI(air distribution performance index)가 있다. ADPI지표를 계산할 때 기류속도를 0.35 m/s 이하로 제한하고 있는데, 1.1m 높이에서의 기류분포는 이 기준을 만족하고 있다. 그림 10에서 보듯이 온도분포는 2~3℃ 정도의 차이를 보이고 있어 상당히 균일한 것으로 나타났으며 다수의 천장형 실내기가 설치되어 있는 중규모 공간에서 냉방운전은 효과가 우수하다는 것을 확인할 수 있었다.

난방운전에 대한 기류분포 계산결과는 그림 11에 나타내었다. 바닥에서 1.1m높이의 기류분포는 0.35 m/s 이상의 기류가 존재하기는 하나 전체 공간영역에서 볼 때 아주 작은 부분이므로 무시할 만한 수준이라고 생각된다.

그림 12에서 보듯이 온도분포는 4~5℃ 정도의 차이로 상당히 균일하게 나타났는데 이러한 결과는 실제보다 이론적 계산의 경우 수치확산(numerical diffusion)이 더 발생되므로서 이것이 온도분포를 균일하게 나오도록 하는데 기여한 것으로 판단되고 있다. 따라서 본고에서 계산결과와 정확성 평가를 위한 분석이 더 이루어지는 것이 바람직하나 차후 연구로 미루기로 한다.

맺음말

그동안 천정형 냉난방기기는 소규모 공간의 냉난방기기로 채택되어 적정한 기기로 평가되어 왔으나 사용자의 쾌적공간에 대한 요구는 해마다 고급화, 다양화하고 있고, 또한 보다 섬세한 기류제어에 의한 쾌적성 향상과 소규모공간이 아닌 중대형공간의 냉난방을 위한 인버터냉난방기기(멀티히트펌프기술)의 조속한 개발이 요구되고 있는 시점에서 중규모공간의 천정형 인버터 냉난방기기의 적용 사례를 통하여 온도 및 기류분포해석을 시도함으로써 적용성을 평가 하였다. ●