

AIVC학술대회에서 본 환기에너지 관련 최근 연구동향

들어가며

AIVC학술대회가 지난 9월 25~26일 양일간 그리스 아테네에서 개최되었다. 올해는 ‘건축환경의 완화와 적응을 위한 에너지 절약기술’ (Energy conservation technologies for mitigation and adaptation in the built environment)이라는 주제로 학술대회가 열렸다. AIVC는 Air Infiltration and Ventilation Center의 약자로 침기 및 환기센터 정도로 번역된다. 분야가 전문적이고 넓지 않기 때문에 참가자가 그리 많지 않지만 매년 개최되어 벌써 34회째다. 올해는 약 30개국에서 150명 정도의 참석자가 있었다. 우리나라에서는 건설기술연구원 이윤규 박사, 성균관대 송두삼 교수 연구실, 국민대 장경진 박사, 그리고 LH공사 연구원 등이 참석하였다. 특히 올해는 제3회 TightVent Conference, 제2회 CoolRoofs Conference, 그리고 제1회 Venticool Conference와 공동으로 개최되었다. 여기서는 지난 40년간의 환기 및 침기 연구에 관한 Wouter 교수의 발표내용과 아울러 위의 세 가지 주제에 관한 발표내용들을 나뉘어 정리하여 실는다.

한 화택

국민대 기계시스템공학부

교수

(hhan@kookmin.ac.kr)



▲ ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers



▲ REHVA Federation of European heating Ventilation and Air-Conditioning Associations

지난 40년간의 환기 및 침기에 관한 연구

미국의 공조냉동공학회인 ASHRAE는 1894년 창립된 ASHAE가 1954년 ASHVE가 되고 1904년 창립된 ASRE와 통합되어 1959년 지금의 이름을 갖게 되었다. RHEVA는 26개 유럽국가의 공조냉동분야 학회의 연합으로 1963년 결성되었다. 이후 1973년부터 2013년까지 40년 동안의 환기 및 침기 관련 학술대회 연혁을 10년 단위로 끊어서 살펴본다.



(1) 1973-1983

1970년대 초 세계적인 오일쇼크가 닥쳐 국제에너지기구(IEA: International Energy Agency)에서는 ECBCS (Energy Conservation in Buildings and Community)를 구성하여 건축물과 지역사회의 에너지 절약에 관한 국제적 노력을 경주하였다. 최근 ECBCS는 EBC(Buildings and Community Systems)로 명칭이 변경되었다. 이 시기에는 에너지 절약을 위해 건물이 점차 밀폐화 되면서 실내공기환경에 대한 문제가 대두되기 시작하였고 실내환경에 관한 학술대회인 Indoor Air가 3년에 한 차례씩 개최되기 시작하였다.

(2) 1983-1993

ECBCS에 AIC(Air Infiltration Center)를 설립하여 건물기밀에 관한 연구를 시작하였다. IEA-8 '재실자 행동'(Occupant behavior)와 IEA-18 '수요제어환기'(Demand control ventilation)가 발간되었고 AIVC 기술보고서 Technical Note-23 '환기에 따른 거주자 행동'(Inhabitants behavior with regard to ventilation)과 Technical Note-26 '최소환기량과 실내공기질

측정'(Minimum ventilation rates and measures for controlling air quality)이 발간되었다. 1986년 AIC는 명칭이 지금의 AIVC로 변경되었고, Healthy Building 학술대회가 매 3년에 한차례씩 개최되기 시작하였다.

(3) 1993-2003

'패시브 냉방 프로젝트'(PASCOOL)와 '자연환기 프로젝트'(NATVENT)가 진행되었고 ECBCS에서 Annex-35 '하이브리드 환기'(Hybrid ventilation)가 발간되었다. 1998년부터 2002년까지 4년간 15개국의 대학과 업체 등 30개의 기관이 참여하여 지역별로 하이브리드 환기를 채용한 대표적인 건물에 대한 에너지사용량과 실내환경에 관한 사양과 실험결과를 제시하였다.

1992년 국제 실내공기 및 기후학회인 ISIAQ (International Society of Indoor Air Quality and Climate)가 창립되었고, 1997년 지구온난화의 규제와 방지를 위한 국제협약인 기후변화협약의 수정안으로 교토의정서가 채택되었다. 정식 명칭은 기후변화에 관한 국제연합 규약의 교토의정서이다.

(4) 2003-2013

교토의정서가 2005년 발효됨에 따라 지구온난화 문제와 이산화탄소 문제가 더욱 심각하게 대두되기 시작하였다. 이 시기에 유럽에서는 2050년까지의 로드맵을 작성하였다. 현재 신재생 에너지 발전량이 18%에 불과한데 2050년까지 이를 전체 전기소비량의 49%까지 늘리고 5가지의 전기요금 인상 시나리오를 작성하였다. 2030년까지 수십% 정도의 증폭 인상, 2050년까지는 수백% 정도의 대폭 인상이 계획되어 있다. 이 시기에 에너지고효율제품, 재생에너지 활용, 원자력 활용, 그리고 온실가스 포집 및 저장에 관한 연구

실내로 끌어들이므로써 냉방하는 것을 말한다. 최근 전기제품의 사용이 늘면서 실내 발열부하가 많아져 중간기에도 냉방이 필요한 경우가 많다. 특히 컴퓨터 하드웨어가 밀집되어 있는 데이터센터의 경우에는 한겨울에도 심지어 냉방을 필요로 한다.

환기냉방은 패시브 냉방 중 하나의 방법이라고 볼 수 있는데 패시브 냉방은 첫째 건물에 태양으로부터 그늘이 지도록 하거나 외벽에 단열을 추가하여 건물로의 열 유입을 줄이는 방법이고, 둘째 구조체의 열용량을 이용하여 피크 부하 시간대를 지연시키거나 야간환기를 이용하여 냉방 부하를 줄이는 방법이며, 셋째 야간에 먼 하늘과의 복사나 증발 냉각 또는 지열을 이용한 열 소실을 유도하는 방법을 말한다.

1. Heat gain prevention

- Landscaping
- Solar control and shading
- Thermal insulation

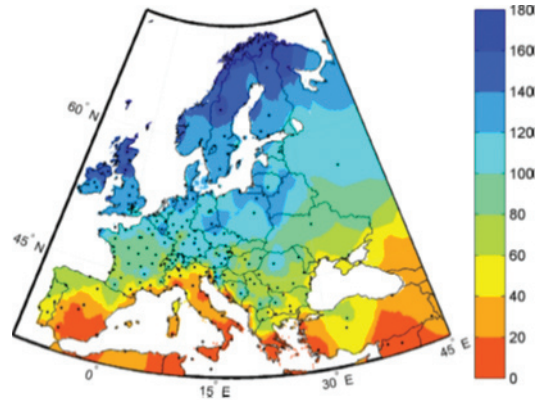
2. Modulation of heat gain

- Thermal mass of building structure
- Delay and attenuation of peak cooling load
- Nighttime ventilation and radiative cooling

3. Heat dissipation

- Radiative cooling to sky
- Evaporative cooling
- Ground cooling

환기와 깊이 관련된 방법으로 일교차를 이용한 야간환기에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 야간 환기는 에너지 절약적이기는 하나 냉방 용량에 한계가 있어서 제한적으로 사용되거나 다른 냉방 요소와의 조합이 필요하다. 야간환기는 건물 구조체의 열용량과 밀접한 관계가 있는데



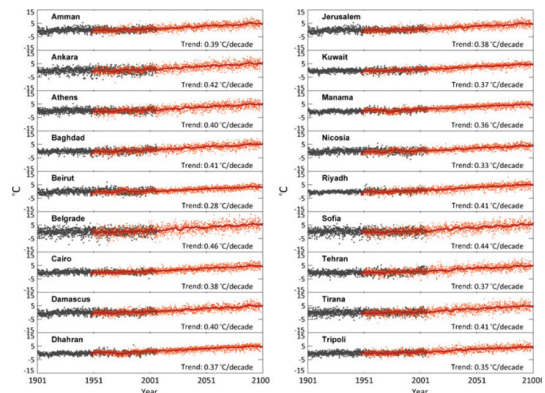
▲ 유럽의 기후냉방포텐셜 (CCP)

일반적으로 냉방 효과는 구조체의 열용량이 클수록 좋다. 실제 건물에서 야간 환기에 의한 효과를 실험한 연구들이 많이 있으며 여러 가지 야간환기 전략을 제시하고 있다.

지역별 기후에 따른 환기냉방의 포텐셜을 표시하기 위해서 기후냉방포텐셜 CCP (Climate Cooling Potential)라는 것을 정의하고 있는데 실외온도가 낮을 시간 중의 실내외 온도차와 시간의 곱 (degree · hr)의 적산값으로 정의된다.

지붕 냉각

지난 100년간의 유럽의 기후변화를 살펴보면 지역에 따라서 0.28-0.4℃ 정도의 온도가 상승한



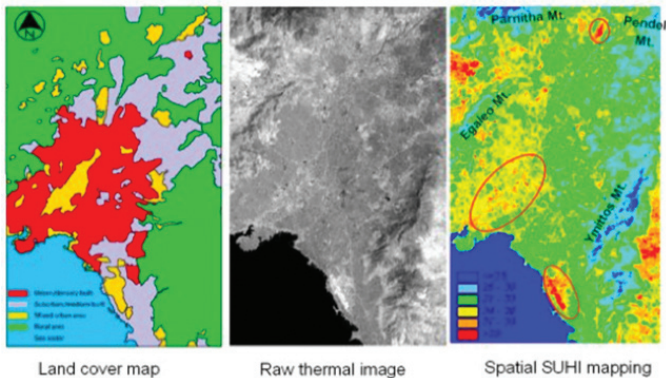
▲ 유럽과 중동의 주요 도시 온도상승 예측결과



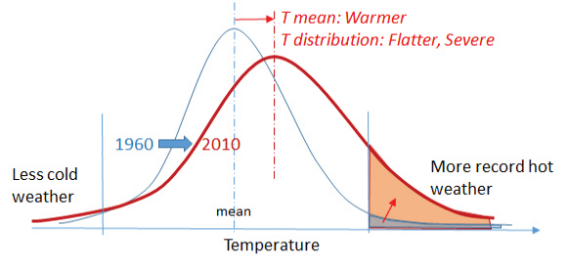
▲ 쿨루프 (cool roof)

것으로 보고되고 있으며 그중에서 내륙지방의 온도상승이 큰 것으로 보고되고 있다. 강수량은 2% 감소한 것으로 나타나 지구 온난화와 건조화가 병행되는 것으로 볼 수 있다. 특히 여름철에 평균온도보다 최고온도의 상승폭이 훨씬 큰 것으로 나타나고 있으며 지구환경 전체보다 부분적인 도시환경의 악화가 심각한 것으로 보고되고 있다.

도시의 열섬현상을 줄이기 위해 그리스에서는 건물옥상과 포장도로를 하얗게 칠하는 사업을 진행하는데 같은 흰색이라 하더라도 반사율이 큰 새로운 소재를 개발하는 연구와 반사율의 측정방법, 설치방법 등에 관한 연구가 수행되고 있다. 고반사율 코팅을 하면 5도 이상 표면온도가 감소하는 것으로 나타났고 에너지 사용량이 34%까지 주는 것으로 나타났다.



▲ 아테네의 열섬현상 온도맵



▲ 지난 50년간의 온도분포 변화

표면 재질뿐 아니라 상변화 물질을 이용한 효과에 관한 연구도 진행되고 있다. 또한, 이를 실제 건물에 적용했을 때의 냉방부하 감소효과에 대한 연구와 도시환경에 미치는 영향에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다.

특히 Santamoris 교수는 열섬 현상에 관하여 오랫동안 연구를 해오고 있는데 차량에 10 m가 넘는 안테나를 설치하여 높이별로 온도센서를 장착하고 하루종일 아테네 시내를 돌아다니면서 실시간으로 시내 곳곳의 주요 간선도로를 따라서 높이에 따른 온도를 측정하여 아테네 시내의 실시간 3차원 온도 맵을 작성한 바 있다. 최근에는 인공위성에서 적외선 카메라를 이용하여 측정한 온도데이터를 활용하기도 한다.

열섬현상에 의하여 도심에 부분적으로 온도가 상승함으로써 단순히 보행자들이나 거주자들이 더위를 느끼는 것뿐만 아니라 에어컨의 냉방성능이 저하되어 에너지 소비량이 증가한다고 보고하고 있다. 에너지 소비량 증가에 따른 경제적 손실을 분석하고 있다.

지구의 온난화로 겨울은 덜 춥고 여름은 더 더워지는데 단순히 평균온도의 상승폭보다 최대 온도의 상승폭이 훨씬 커서 열대야 등 기록적

인 더위를 보이는 날수가 큰 폭으로 증가하는 것으로 보고하고 있다. 이러한 기록적인 온도변화는 특히 저소득층에게 치명적인 영향을 미치는 것으로 주장하고 있다. 에너지 비용이 충분하지 않은 사람에게 지구온난화에 의한 온도 상승의 몇 배에 해당하는 도심 온도의 상승이 이루어지고 기록적인 기온이 오랜 기간 지속됨으로써 건강을 악화하고 삶의 질이 급격히 떨어지고 있다는 것이다. Santamoris 교수는 기후변화에 의한 충격을 완화하기 위해서 기후변화에 대한 대비와 방지를 위한 노력의 중요성을 강조하고 있다.

맺음말

지금까지 AIVC학술대회에서 나온 얘기를 중심으로 엮어 보았다. 여기서 언급된 내용은 일부 사실과 다르거나 잘못 이해한 부분이 있을 수 있음을 밝힌다. 원문을 정확하게 확인하지 않고 들은 대로 또는 아는 대로 나름대로 각색하여 정리한 것임을 양해해 주기 바라며 정확한 정보를 원하는 독자는 34th AIVC 초록집을 참조하기 바란다. 어쨌든 최근 유럽에서 제로에너지빌딩을 추구하면서 환기 및 에너지에 관한 연구가 상당히 활발하게 진행되고 있음을 확인할 수 있었다.

요즘 그리스는 재정위기로 인해 사회가 불안정하며 연일 시위가 계속되고 있다. 학술대회가 열린 기간에도 아테네 시내에는 대규모 구조조정 반대시위가 있어 교통이 통제되었다. 덕분에 학술대회 이후 계획했던 Santamouris교수 실험실 방문이 제대로 이루어지지 못했다. 또한, 원래



▲ Santamouris교수와 함께



▲ 폴란드 고르카 교수와 이윤규박사

는 이번 학술대회를 에게해에 있는 멋진 섬 중 하나에서 하려고 계획을 했었으나 정정이 불안하여 그나마 파업이 진행되더라도 교통에 별문제가 없는 아테네에서 개최되었다고 한다. 다음 AIVC 학술대회는 내년 10월 폴란드에서 개최하기로 하였다.

여담으로 그리스에 가보니 당연한 얘기지만 모든 간판이 그리스문자로 씌여 있었다. 간판에 등호만 집어넣으면 마치 어려운 수식과 같이 보일만한 것들이 많이 있었다. 사진은 지하철에서 흔히 볼 수 있는 안내판인데, 로마자로는 Exodos로 Exit이라는 의미이다.

참고문헌

1. Akbari, H., 2013, Optimization of nighttime

ventilation parameters to reduce buildings energy consumption by integrating DOE2 and MATLAB, Plenary lecture, AIVC Conference.

2. Artmann, N., Manz, H., and Heiselberg, P., 2007, Climatic potential for passive cooling of buildings by night-time ventilation in Europe, *Applied Energy*, Vol. 84, pp. 187-201.

3. Deria, 2013, Summing up of the cool roofs track, Plenary lecture, AIVC Conference.

4. Heiselberg, P., 2013, Summing up of the ventilative cooling track, Plenary lecture, AIVC Conference.

5. Lelieveld, J., 2013, Model predicted heat extremes and air pollution in Mediterranean and Middle East in the 21st century, Plenary lecture, AIVC Conference.

6. Lelieveld, J., et al., 2012, Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East, *Climate Change*, Vol. 114, pp. 667-687.

7. Liddament, M., 2013, Summing up of the air tightness track, Plenary lecture, AIVC Conference.

8. Santamouris, 2013, Building urban mitigation and adaptation technologies for a resilient built environment, Plenary lecture, AIVC Conference.

9. Santamouris, M. and Argiriou, A., 1997, Passive cooling of buildings-Results of the PASCOOL program, *Int. J. of Solar Energy*, Vol. 19, pp. 3-19.

10. Sherman, M. and Dickerhoff, D., 1998, Air tightness of US dwellings, LBL-35700.

11. Wouter, P., 2013, Where are we today with ventilation and infiltration in buildings?, Plenary lecture, AIVC Conference. 