

# 도시지역에서 설계에 의한 기후변화에 대한 적응; 위기를 기회로 !!



김 병 식 |

한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원  
hydrokbs@kict.re.kr



김 보 경 |

한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원  
winnerbk@kict.re.kr

## 1. 서 론

현재 기후변화는 가속화되어 진행 중이며, 그 주요 원인이 인간의 활동에 있다는 과학적 동의는 이미 일반화되고 인정되고 있는 사실이다. 전 세계적으로 기후변화의 주된 원인으로 알려져 있는 온실가스(greenhouse gas)를 감축해야한다는 긴급함은 모두가 공감하고 있는 사회, 경제적 문제가 되었으며 정치가와 정책 입안자들이 이를 위한 각종 규제와 법을 제정하고 있다. 이는 곧 개발자, 건축가, 도시 계획자들이 취하는 행동에 영향을 주고 있다.

그러나 현재까지는 기후변화를 설명하기 위한 노력은 저탄소 생활양식을 권장함으로써(완화 방안) 주로 온실가스 배출을 감축시키는데 초점을 두었다. 그러나 이것은 전체 기후변화 대응 정책의 절반에 해당

하는 것일 뿐이다. 기후는 이미 변화하고 있으며, 내일 당장 엄청난 양의 배출량을 감축한다 할지라도 기후 시스템에 미치는 영향이 줄어드는 것은 아니며 이미 배출된 온실가스로 인해 인류는 앞으로 수십 년 동안 영향을 받게 될 것이다. 예를 들어 이상기후로 인한 폭염, 빈번한 홍수, 물 부족과 수질 악화, 불안정한 지반 등으로 인해 도시와 도시 거주자들에 미치는 영향은 엄청날 것이다. 그러므로 전체의 나머지 절반인 기후변화 적응은 우리의 지역사회가 살기 좋고 일하기 좋은 곳으로 남기위해 필수적이라 하겠다.

기후변화에 대한 완화와 적응을 동시에 이해하지 않는다면 이미 시행되는 방법들이 실제로는 더 기후변화에 대한 영향을 악화시킬 수 있는 가능성이 크다고 할 수 있다. 예를 들어 온실가스 배출 저감을 위한 방안으로써 도시지역에서는 보편적으로 전반적인 에너지 효율을 높이기 위해 고밀도 도시개발이 추진되었다. 그러나 이는 도시열섬현상(Urban Heat Island effect, UHI)을 심화시키고 홍수위험에 대한 노출성을 증가시켜 기후변화 적응에 대한 역효과를 나타내기도 한다.

기후변화는 빠르게 변화하는 정책 분야이며 기후변화 적응을 위해서는 국가적 계획과 설계기준 수립이 필수사항이라고 할 수 있다. 본고에서는 도시에서의 기후변화에 대한 완화와 적응을 동시에 하기 위해 선진 외국에서는 도시 계획과 설계를 어떻게 수립해야 하는지를 살펴보았으며 이를 벤치마킹하여 기후변화 적응 방향에 대한 정보를 제공하고자 한다.

주) 본 원고의 내용은 영국의 PPS(Planning Policy Statement) series 관련 보고서들의 내용에서 발취하여 인용한 것임을 미리 밝히는 바이다.

## 2. 기후변화가 도시환경에 미치는 위험(Crisis)과 기회(Opportunity)

기후변화는 건물을 포함한 도시 시설물의 외장재료, 구조, 내부 환경, 서비스 구조(예: 하수도, 물, 쓰레기, 에너지, 교통, 전자통신, 개방된 공간(open space), 사람이 실내와 실외 공간을 사용하는 방법) 등을 포함하는 공간 계획과 인공적 환경의 측면에 다양한 영향을 미칠 수 있다. 기후변화로 인해 예상되는 도시환경의 주요 위험과 기회를 정리하면 다음과 같다.

- 여름철에 상승되는 기온은 도시 거주자에게 폭염 및 고온 스트레스 등에 심각한 영향을 수 있다. 특히 도시열섬현상은 인구 밀집 지역에서 건물의 냉방 수요를 증가시킬 수 있다. 그러나 겨울에 더 높아진 기온은 겨울 에너지 소비를 감소시킬 것이다.
- 높아진 기온은 도시의 녹지공간(green space), 수자원 기반 시설(blue/water infrastructure), 공개공지(open space), 그들의 필요성을 증가시킨다.
- 녹지공간과 수목은 더운 날씨를 피할 수 있는 방법을 제공하지만(그늘과 증발에 의한 냉각을 통해), 반대로 이로 인한 가용수자원의 감소, 기온 상승, 질병과 해충의 증가 등 변화된 환경에 대한 취약성이 증가될 수 있다.
- 더워진 날씨에 적응하는 확실한 방법은 창문과 문을 여는 것이다. 그러나 이는 범죄, 소음, 오염의 위험 증가와 같은 영향을 일으킬 수 있다. 그러므로 이를 해결하기 위해서는 혁신적인 도시, 건물에 대한 설계 및 기술적 해결책이 필요하다.
- 계절 강수의 양상 변화는 건물과 공개공지(open space)의 침수시켜 사망, 상해, 질병, 재산 피해, 수질 오염 등 발생시킬 수 있다.
- 겨울철 강수량의 증가는 건물 외관과 내부 구조

에 영향을 주고, 트인 공간(openings) 주변으로 더 많은 빗물이 침투하게 될 것이다.

- 기온의 증가, 여름 강수량의 감소, 증발량 증가로 인해 지반에서 침하(subsidence)와 융기(heave)의 위험이 증가하게 되고 이러한 영향은 지하의 서비스 기반시설에 영향을 줄 것이다.
- 해수면 상승은 해안주변에 위치한 도시의 홍수 관리에 심각한 어려움을 가증시킬 수 있다.
- 경사진 면과 제방에서의 붕괴 및 산사태, 해수면 상승과 태풍 발생으로 인한 해안 침식의 속도 증가는 건물 및 기반시설에 위협을 가할 수 있다.
- 더욱 강해진 강우강도는 배수 시스템(지붕 배수, 하수 시스템, 차도 배수 등)의 처리능력을 초과하여 도시 지역에 침수를 야기할 것이다.
- 기후변화의 영향으로 건설현장에서는 눈과 서리로 인해 작업할 수 없는 날은 줄어들어 유리할 수도 있으나, 반면에 노동자들은 여름의 폭염을 견뎌야 할 것이다.
- 도시 설계자, 건축가, 개발자들에게는 기후변화에 대한 지역사회의 적응성을 증가시킬 수 있는 공간과 건물을 만들 수 있는 중요한 기회가 될 수 있다.

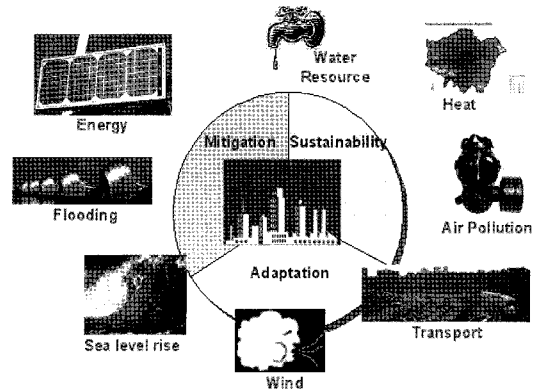


그림 1. 기후변화가 도시환경에 미치는 영향

### 3. 기후변화에 대한 적응 원칙

앞에서 언급한 바와 같이 기후변화에 대한 적응은 불가피한 변화라는 위기에 직면했을 때 더 나은 도시 환경을 확보할 수 있는 또 다른 기회를 제공한다. 적응 능력을 쌓고 훌륭한 적응 방법을 시행함으로써 도시를 더 매력적인 곳으로 만들고 삶의 질 또한 향상시킬 수 있다. 도시와 같은 인공적 환경 내에서 효과적인 적응을 하기 위해서는 강력한 정책과 시행이 필요하다. 기후변화 적응에 대한 주요 원칙과 구체적인 방법을 정리하면 다음과 같다(Gill 등, 2007).

#### (1) 새로 시행되는 개발과 현 개발에 기후변화 적응을 통합시킬 기회를 찾아라.

- 도시를 계획하고 설계하는 개발자는 새로 시행되는 모든 개발(재개발 포함)이 기후변화의 영향을 고려하도록 계획을 수립해야한다. 흔히 계획과 설계 단계에서 새로운 개발에 적용하는 것이 비용 면에서 효율적이다.

#### (2) 지역사회와 협력하라.

- 지역사회와의 협력은 현실에 가장 잘 맞는 기후변화적응대책 개발이 결정적 역할을 하며, 지역사회와의 협력은 기후변화 적응대책을 개발하는 초기 단계에서부터 시작되어야 한다.

#### (3) 변화하는 위험에 대처하기 위해 탄력성(flexibility)을 가져라.

- 시간이 지남에 따라 변화하는 기후적 위험에 대처하기 위해서 적응노력은 충분한 탄력성을 지녀야만 한다. 적절한 적응방식은 규모(도시 규모에서부터 근리지구 규모, 건물 규모에 이르는)에 따라 달라야 한다.

#### (4) 기후에 대한 현재의 취약성을 이해하고 임계치(threshold)를 파악하라.

- 기후변화 적응의 필요성은 이미 현재 기후에서 취약한 지역에서 극대화된다. 현재 기상이 지역에 어떻게 영향을 주는지를 이해하고 결정적인

임계치(예; 하수도 시스템이 대처할 수 있는 최대 강수량 등)를 파악하는 것은 언제 어떤 적응 조치를 취할지를 결정하는데 도움이 될 수 있다.

#### (5) 최근의 기후변화 시나리오를 사용하여 기후변화의 위험을 파악하라.

- 기후변화에 대한 정보와 지식은 빠르게 변하고 있다. 그러므로 가장 최신의 기후변화정보를 제공할 수 있는 기후변화 시나리오를 이용하여 기후변화의 위험을 평가하는 것이 중요하다.

#### (6) 기후적 위험을 관리하기 위한 후회 없는(No regret), 후회가 적은(low regret), 동시에 두 가지 이익을 얻는(win-win), 탄력성 있는 대책을 찾아라.

- 후회 없는(No-regret) - 현재 기후 상황에서 즉시 성과를 거두는 대책.
- 후회가 적은(Low-regret) - 막대한 이익의 가능성을 지닌 비용이 적게 드는 대책. 가능성을 최대화하고 비용을 최소화하기 위해서는 설계 단계에서 적응대책을 수립해야한다.
- 동시에 두 가지 이익을 얻을 수 있는(win-win)
  - 기후변화 적응을 통해 온실가스 배출 감축과 같은 다른 이익을 수반할 수 있는 대책.
- 지속적으로 변화하는 기후에 적응 가능한, 유연하고, 탄력적인 정책과 대책.

#### (7) 위험에 기반을 둔 대책을 개발 결정에 적용하라.

- 개발 계획에서 토지를 분배하거나 개발의 시행 여부를 결정할 때, 정책 결정자들은 더 낮은 위험 수준에서 다른 지속가능한 개발 목표에 부합되는 이용가능한 방법이 없음을 제시해야만 한다.

#### (8) 적응전략을 정기적으로 검토하라.

- 적응대책은 기후변화에 대한 지식을 보충하고 경험으로부터 배우기 위해, 정기적인 검토가 이루어져야 한다.

#### 4. 설계와 개발을 통한 기후변화에 대한 적응

현재 우리의 도시는 기후변화에 대비해 설계되어 있지 않다. 이는 계획자와 설계자들에게 심각한 문제이자 기후변화에 잘 적응하는 동시에 혁신적인 도시 환경을 만들 수 있는 엄청난 기회가 있음을 의미한다. 건축가와 개발자는 도시의 인공적 환경이 다가올 변화에 적응할 수 있도록 창조적으로 생각해야만 한다.

기후변화의 완화와 적응은 도시 형성과 밀접한 관계가 있다. 고밀도 도시개발은 이동거리를 최소화하여 지역사회의 에너지 체계를 보다 실용적으로 할 수 있으며, 배출량을 감축할 수 있다는 이점이 있다. 그러나 도심의 고밀도 지역은 도시열섬현상이 심해지고 배수체계 능력이 현저히 감소함으로 인해 홍수위험성을 높아질 수 있기 때문에 기후변화 적응 목표에는 부합되지 않는다. 또한, 도심의 좁고 높은 거리는 더운 여름 동안 폭염 위험을 줄일 수는 있지만, 겨울에는 오히려 그늘을 조성하게 된다. 그러나, 겨울의 난방을 위한 에너지 사용을 최소화하도록 설계된 건물의 경우, 여름기간 동안에는 과열에 취약할 수가 있다. 그러므로 기후변화에 대해 적응성이 높고 지속가능한 도시환경은 냉각, 수자원의 저장, 우수 침투에 녹지공간과 수자원 기반시설이 잘 조합이 되도록 계획을 하고 설계하는 것이다. 그러나 불행하게도 도시의 녹지공간은 보통 개발의 과정에서 사라지고 있으며 이로 인해 기후변화로 인해 더욱 덥고 건조한 여름에 대처할 적응능력이 없는 도시는 기계적인 냉각 시스템의 사용을 증가시키고 있다.

그러므로 도시 개발자, 도시 설계자, 건축가는 미

래 지역사회의 지속가능성을 확보하기 위해서는 기후 변화 적응과 완화 사이의 잠재적 마찰을 고려하여 계획과 설계를 해야만 한다(Walsh 등, 2007). 영국의 PPS에 의하면 기후변화에 대응한 지속가능한 도시환경을 조성하고 기후적 위험을 관리하기 위해서는 공간적 규모에서 따라 적절한 적응방법(고온 관리, 홍수위험 관리, 수자원과 수질 관리)이 필요하다고 하였다. 이를 정리하면 다음과 같다.

##### (1) 광역도시 또는 수계 유역 규모(Conurbation or catchment scale)

이 규모에서의 기후변화 적응은 전체 도시에 적용되며, 다양한 토지이용계획이 포함된다. 비용 면에서 효율적이고 통합적인 해결책이 만들어질 가능성이 가장 크다.

##### (2) 근린지구 규모(Neighbourhood scale)

근린지구 규모는 독립된 거주그룹의 개발을 의미하며, 개별적 블록에서 대규모의 주택단지까지 그 크기가 다양할 수 있다. 건물과 주택단지 사이에 공공영역과 공간의 이용에 대한 고려가 필요하다.

##### (3) 건물 규모(Building scale)

개별 거주자, 아파트 블록, 상업 건물을 포함하는 작은 규모의 지역은 기후변화 적응을 건물에 또는 건물 주변에 적용할 수 있는 가능성을 제공한다. 현재와 미래의 기후적응 가능성을 최대화하기 위해서는 건물과 건물 주변 설계, 사용되고 관리되는 방식에 주의를 기울일 필요가 있다.

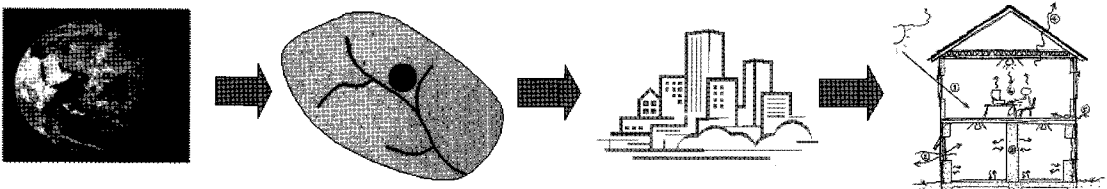


그림 2. 규모에 따른 기후적 위험 관리

#### 4.1 고온관리

##### (1) 광역규모에서의 고온관리

광역도시 규모에서 고온을 관리하는 노력은 대규모의 기반시설을 통해 도시열섬현상을 감축하는데 초점을 두어야한다. 온실가스 배출량 감축의 노력과 함께, 개발자, 건축가, 계획자, 도시 설계자는 비전과 설계, 자본, 관리하기 위한 새로운 방법들을 공유할 필요가 있으며 종합계획의 일부로 녹지공간과 수자원 기반 시설의 통합하여 개발해야 한다.

- ① 배수시설을 잘 갖춘 공개공지의 녹지공간 (green grid) : 여가와 우수 저장(storm storage)의 이점을 지닌다. 도시 내에서 녹지 기반시설은 삼림, 가로수, 공원, 야외 스포츠 시설, 지역사회 정원, 마을 정원, 개인 정원, 그린 루프(green roof)와 그린 월(green wall)을 포함된다.
- ② 강, 호수, 도시 운하와 같은 수자원 기반 공간
- ③ 지나친 태양열을 피하기 위한 그늘: 좁은 거리 또는 가로수 아래의 그늘
- ④ 건물과 거리의 형태를 활용한 수동적 통풍

##### ● 실제 사례

##### ○ ASCCUE 사업

도시환경 내에서 기후변화에 대한 적응전략 (ASCCUE, Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment) 사업은 도시 지역에서 녹지 기반시설이 기후변화의 영향을 완화시키는 가능성이 있는지를 검토한 프로젝트이다. 이 프로젝트에서는 기후변화 정책의 개발을 지원하기 위해 광역도시 규모에서의 위험과 적응평가 방법을 개발하였다 (www.k4cc.org/bkcc/asccue).

##### ○ 시카고의 자연보호구역

생태적 보호구역으로 개발된 시카고 자연보호구역 (Chicago Wilderness)은 북미에서 가장 큰 도시지

역 중 하나에 속해 있는 도시 숲의 모자이크이다. 보호구역은 102,000 ha가 넘는 대지와 수변공간을 포함한다. 녹지공간은 도시열섬현상을 감축시킬 뿐만 아니라, 도시의 공기정화, 방풍수목을 통한 난방비용의 절감, 유출수 흡수, 소음공해 차단을 돕는다 (www.chicagowilderness.org/).

##### (2) 근린규모에서의 고온관리

근린 규모에서 고온을 관리하기 위한 노력은 시원하고 즐거운 실외 공간을 제공하는데 있다. 이 규모에서는 적응 효율을 극대화하기 위해 기후와 환경적 상태를 고려한 생체기후적(bioclimatic) 설계의 원리를 이용해야한다.

- ① 녹색 통로(green corridor), 소규모의 공개공지, 가로수, 그린 루프(green roof), 그린 월 (green wall)의 매트릭스(matrix)로부터 증발에 의한 냉각 효과

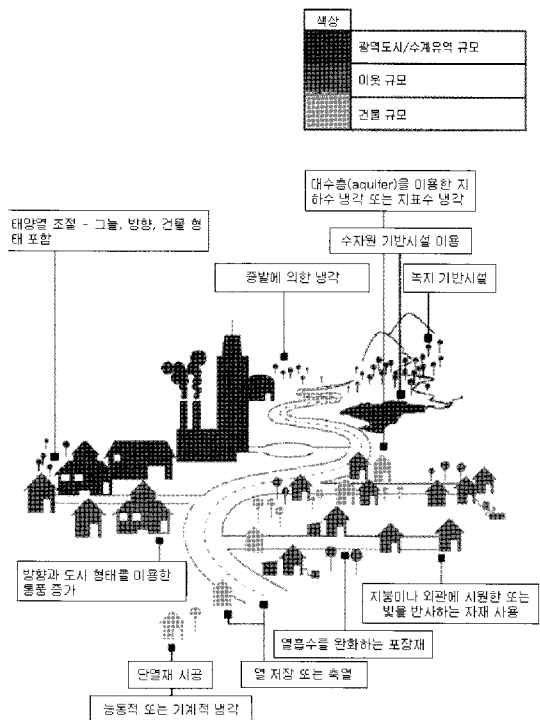


그림 3. 도시에서의 규모에 따른 고온관리 방법

- ② 연못, 길가의 배수 저습지(swale), 홍수 완화 호수, 수영장, 분수의 사용
- ③ 과도한 태양열을 줄이고 미풍을 받아들이는 건물 및 거리조성
- ④ 도로 또는 대규모 주차장에 표면 반사를 증가시키는 열흡수 완화 포장재 사용, 증발에 의한 냉각효과를 얻기 위해 투수성 포장재 사용
- ⑤ 열흡수완화 지붕(cool roofs): 태양열 흡수를 방지하고 기계적인 냉각의 필요를 줄일 수 있음

● 실제 사례

○ 독일, Hennef, 프랑크푸르트 거리 (Frankfurter Strasse)

Hennef시는 주요 도로를 개선하기 위해 거리환경 녹지화·포장 확장, 거리 시설물의 사용을 포함하는 많은 대책을 시행했다. 이는 거리 또는 완충지역(buffer)을 형성하는 나무가 우거지고 잘 설계된 공공장소를 조성했다. 이러한 계획이 일차적으로 안전한 환경을 조성하고, 마을의 주요 거리의 경제적 침체를 되돌리기 위해 설계된 것이기는 하지만 다가오는 온난화에 대해 녹지는 편안한 실외 공간을 제공한다(www.newlifeformainroads.org.uk/).

○ 도쿄의 옥상정원(Roof garden)

도쿄는 1960년대부터 에너지 소비와 불투수성 지표면(예: 아스팔트, 콘크리트, 건물) 증가로 인해 빠

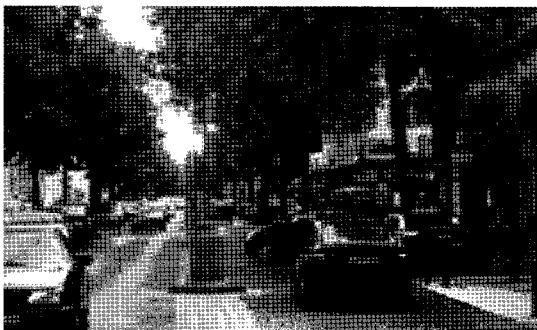


그림 4. 프랑크푸르트 거리, Hennef, 독일

르게 악화되는 도시열섬현상을 겪고 있다. 이러한 영향을 완화시키기 위해, 도쿄 시 정부는 옥상정원을 권장하는 방법을 포함하여 몇 가지 도시 녹지화 정책을 시행했다. 토지면적 1000m<sup>2</sup>(공공건물은 250m<sup>2</sup>) 이상인 새로 건설되는 모든 건물은 그린루프(green roof)와 리빙 월(living wall)을 설치해야만 하며, 이 정책은 새 건물뿐만 아니라 기존의 건물에도 확대되었다. 옥상정원을 지닌 건물은 세금 감면을 제공받고, 옥상정원을 계획 중인 건물 소유주에게는 일본개발은행이 저이율의 대출을 제공한다(www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/plan/pl\_index-e.html).

(3) 건물 규모에서의 고온관리

건물 규모에서는 잘못 적용된 설계를 피하는 것이 중요하다. 기존의 에너지효율 방법은 주변 공기에 과도한 열을 생성하고, 에너지 수요를 현저히 증가시켜, 온실가스 감축 목표를 실패하게 할 수 있다. 그러므로 최상의 적응대책(best practice)은 수동적 방법을 사용하여 가능한 한 냉각을 줄인 후, 설계 목표에 가장 잘 부합하는 방식을 이용하여 나머지 냉각 요구량을 충족시키기 위한 최상의 기계적 해결책을 찾는 것이다. 건물규모에서 고온관리를 위한 효과적인 방법은 다음과 같다.

- ① 태양열 흡수를 줄이기 위한 식수(planting), 그늘, 고급 광택 시스템
- ② 열흡수 완화 자재와 그린 루프/그린 월을 포함하는 열의 침투를 방지하는 자재
- ③ 대수층(aquifer) 또는 지표수를 이용한 냉각을 위한 수자원의 혁신적인 사용(지속가능한 배수 체계)
- ④ 저층고 천장공법(chilled beams)과 통풍을 증가시키고 신선한 공기를 이용한 냉각
- ⑤ 더운 기간 동안 열을 흡수하여 추운 기간에 방산하는 열매저장(thermal storage)의 이용

● 실제 사례

○ 호주 멜버른의 의사당2

이 건물(Council House 2, CH2)은 태양열을 흡수하고 내부의 공기를 상승시켜 건물 밖으로 내보내는 짙은 색상의 공기적출관(air extraction duct)을 사용한다. 남쪽 외관에는 지붕으로부터 신선한 공기를 빨아들이는 밝은 색상의 관이 있다. 야간 외기취입(night purge, 자연적인 야간 환기)으로부터 유입된 외부공기를 이용하여 두꺼운 콘크리트 천장을 냉각시키고, 천장은 이 냉기(coolth)를 저장한다. 이 냉기는 낮 동안 사무실로 방출되며, 개별적인 라인을 통해 물이 천장냉방패널과 대들보를 따라 흐르면서 건물을 더욱 시원하게 한다(www.melbourne.vic.gov.au).

○ 말레이시아, Subang Jaya, Menara Mesiniaga  
이 건물은 열 위험을 관리하기 위해 여러 가지 혁신적인 전략들을 적용하고 있다. 외관에는 나무가 심어진 깊은 발코니가 있어, 그들과 증발에 의한 냉각 효과를 제공한다. 3배 높이의 움푹 들어간 테라스를 지닌 원형의 사무실 또한 나무가 심어졌다. 이 같은 중앙 홀(atrium)은 나무가 그늘을 제공하는 동시에, 시원한 공기가 건물의 공공장소를 통과하게 한다. 태

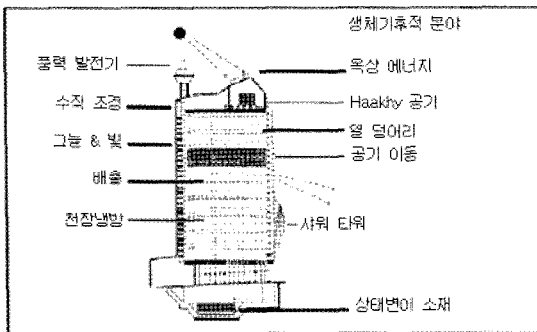
양 쪽의 창문에는 알루미늄 차양과 지붕창을 달아 태양열의 흡수를 줄이고 그늘을 제공한다. 이러한 모든 요소들은 태양열 패널과 통합된 지붕의 개폐식 채광창(sunroof)과 결합되어 있어서, 장기적인 유지비용을 줄이고 저에너지 사용에 기여한다.

4.2 홍수위험관리

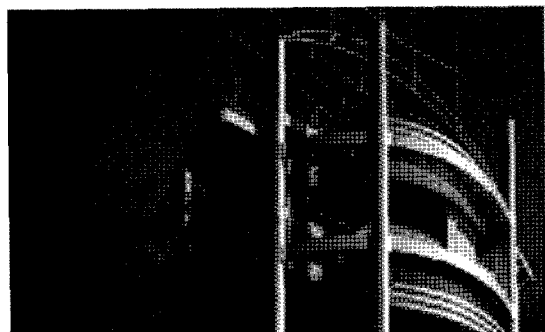
강수량의 증가, 폭우의 기간과 강도 증가, 해수면 상승은 도시지역에 홍수 위험성을 증가시킨다. 도시 지역의 불투수성 지표면은 우수가 지표로 스며드는 것을 방해함으로써 이러한 홍수 위험을 더욱 크게 만든다. 미래의 홍수 위험에 대한 가장 효과적인 방법은 노출을 줄이는 것이다. 홍수위험성을 줄이기 위해서는 도시개발이 진행되는 동안 그 위험을 평가하고 그에 따라 건물의 위치를 계획 배치하고 설계하는 것이 필요하다.

(1) 유역규모에서 홍수위험관리

유역 규모에서 가장 중요한 홍수위험은 조수와 강의 범람이다. 이 규모에서는 공간적 홍수관리 전략을 가지고 녹지공간과 인공적 공간을 통합시켜야 하며 전체 유역에서의 상호작용을 고려하는 것이 필수적이



호주 멜버른, 의사당 2 에서 발체  
출처: Corporate Communications City of Melbourne



Menara Mesiniaga IBM 본사, 출처: Ken Yeang at R. Harmzah & Yeang Sdn. Bhd. 사진 K.L. Ng Photography

그림 5. 건물규모의 고온관리 사례

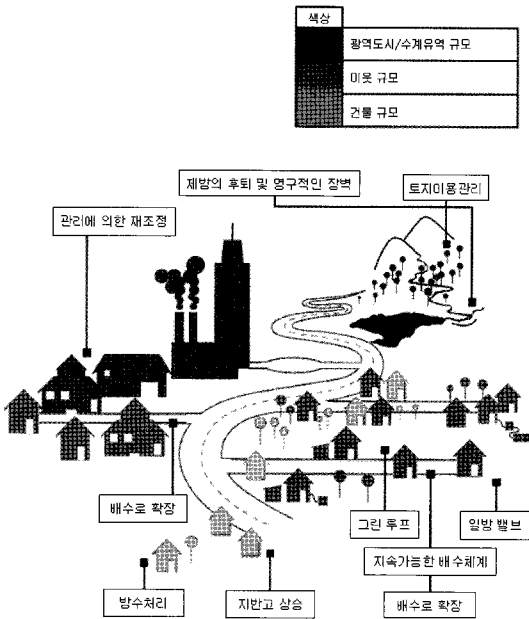


그림 6. 도시에서의 규모에 따른 홍수위험관리 방법

다. 공간 계획을 통한 홍수관리가 이루어져야하며 장벽(wall) 통한 홍수관리는 피해야 한다. 구조적인 치수(flood defence)계획은 기후변화가 홍수위험에 미치는 영향을 고려하여 지속적으로 적응할 수 있는 설계를 적용해야한다. 유역규모에서의 홍수 위험관리 전략은 다음과 같다.

- ① 범람원 내에서 전략적 홍수위험평가와 순차적인 개발 필요. 특히 취약한 지역에 거주하는 사람들을 이동시키는 것을 고려하도록 한다.
- ② 침투 홍수량을 줄이기 위해 홍수 발생 시 홍수 지연 지역(flood retarding basin)과 희생 지역(sacrificial areas)(예: 운동장과 주차장)을 계획
- ③ 홍수량을 저장을 위해 저수지 및 댐 건설; 고지(upland) 관리
- ④ 해안지역의 경우 해안선의 관리에 의한 재조정을 통해 해안 장벽과 같은 기존의 방어물을 제거한 후 그 뒤에 있는 땅이 침수되도록 한다. 또한, 식생을 통해 태풍 발생 시 파도 에너지를 분

산시키며, 해안이 침식을 줄인다.

- ⑤ 도수로 및 하도개선을 통한 홍수량의 분담
- ⑥ 지표 유출수를 관리하고 느리게 하기위해 지속 가능한 배수체계(SUDS)를 이용하고 자연적 물 순환 체계로 방출

● 실제 사례

○ 네덜란드의 ESPACE 지침

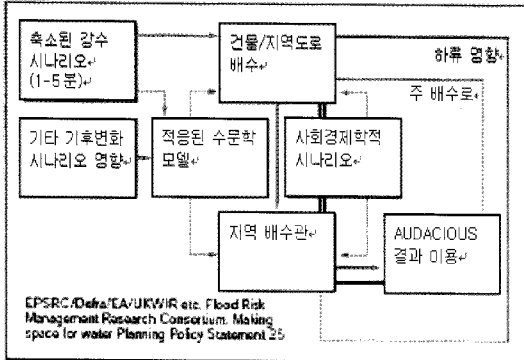
- 저지대에 위치하고 인구가 밀집된 네덜란드의 공간계획 프로젝트(European Spatial Planning: Adapting to Climate Events, ESPACE) 사업은 홍수 위험 관리를 위해 저류 공간을 개발하고 다기능적 토지이용을 위한 전략을 개발하는 것이다([www.espace-project.org](http://www.espace-project.org)).

(2) 근린 규모에서 홍수 위험의 관리

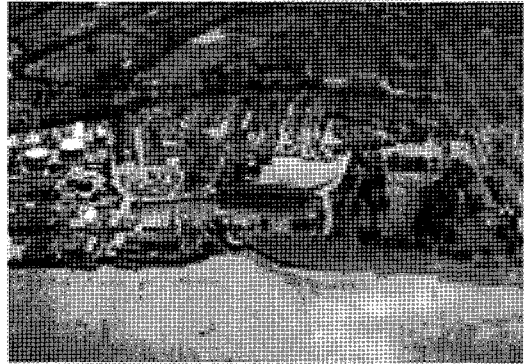
근린 규모에서의 노력은 홍수의 경로를 이해·관리하고, 위험 지역을 보호하는 데 초점을 두는 것이다. 잘 계획된 근린규모의 적응정책은 수질과 수자원 관리에 대한 부가적인 이점을 지니며, 공간 활용성을 향상시킬 수 있다. 유역규모에서의 관리 전략과 유사한 방법들이 근린 규모에서도 적용될 수 있다.

- ① 범람원 내에서 전략적 홍수위험평가와 순차적인 개발
- ② 불투수성 지표면을 투수성 포장재, 자갈 또는 풀과 같은 지속가능한 배수체계(SUDS)로 교체하여 물이 스며들 수 있게 한다. 공원과 녹지공간 내에 연못(infiltration pond)과 같은 공간 개발
- ③ 소규모의 장벽 건설 및 후퇴 수방(setback flood defence)의 2차 장벽 건설
- ④ 유출수 감소와 배수체계 개선을 위해 녹지 공개공지와 그린 루프의 이용
- ⑤ 홍수경로를 관리 및 배수 용량을 증가시키기 위해 배수로 확장





AUDACIOUS 사업 계획



Gravesend의 운하 유역 복원

그림 7. AUDACIOUS 사업의 내용과 Gravesend의 운하 유역 복원

● 실제 사례

○ 기후 변화에 적응성 있는 도시 배수로, AUDACIOUS 연구 사업

- AUDACIOUS 사업은 미래의 잠재적인 기후변화를 고려하여 도시 지표유출수와 연관된 내수침수(sewer surcharging)의 문제에 초점을 두었다. 이 프로젝트는 지표수관리계획(surface water management plan, SWMP)을 이용해서 홍수 위험을 이해하고 대처방안을 계획하는 것을 제안하였다.

(www.k4cc.org/bkcc/audacious)

○ Gravesend의 운하 유역 복원

Gravesend는 Thames 강어귀에 위치하며, 운하 유역 복원 지역의 상당 부분은 저지대 습지의 범람원에 속한다. 전략적 홍수위험평가(Strategic Flood Risk Assessment, SFRA)가 주요 위험을 분석하기 위해 실시되었으며 지역 개발자와 건축자는 기후변화와 같은 극단적 현상에 대한 계획을 위해 지역 홍수 위험평가를 이용한다(www.gravesham.gov.uk).

(3) 건물 규모에서 홍수 위험의 관리

건물 규모에서의 홍수위험 관리의 목표는 취약성을 줄이는 구조적 방법을 적용하는 동시에, 홍수의

노출성을 최소화하는 것이다. 홍수 위험은 시간이 지남에 따라 변하기 때문에, 새로운 건물들은 홍수 위험에 대응할 수 있도록 지어졌는지 그리고 주변 지역의 위험이 악화되지 않았는지를 주의 깊게 평가할 필요가 있다. 건물 규모에서 홍수 위험의 관리대책은 다음과 같다.

- ① 유출수를 줄이고 배수체계의 압력을 줄이기 위한 그린 루프
- ② 홍수 경로의 관리와 '점점'을 제거하여 폭우 시 우수가 배출될 수 있도록 한다.
- ③ 역류를 방지하기 위해, 영구적으로 배수로와 오수관에 적합한 일방 밸브(one way valve) 설치, 배수용량 증대를 위한 배수로 확장
- ④ 지반고의 상승 및 방수처리, 내홍수화(flood proofing)
- ⑤ 직접적인 홍수와의 접촉에서 일정 시간동안 큰 피해 없이 견딜 수 있는 건축자재의 이용
- ⑥ 임시적으로 물을 막기 위한 장벽을 형성할 수 있는 홍수 보드(flood board), 공기 벽돌 커버(air brick cover), 홍수 덮개(flood skirt)의 이용

4.3 수자원과 수질 관리

변화하는 강수의 양상은 수자원과 수질에도 중요

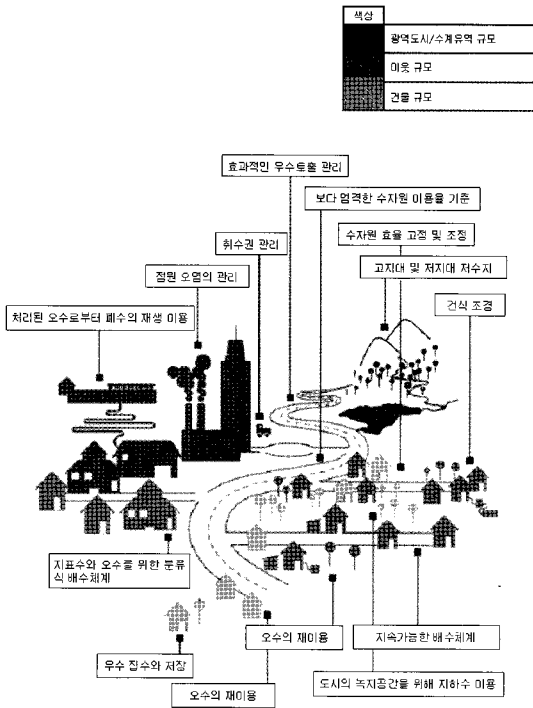


그림 8. 도시에서의 규모에 따른 수자원과 수질위험 관리 방법

한 영향을 미칠 것이다. 여름철 높아진 기온은 물 수요를 빠르게 늘어나게 할 것이다. 건조한 여름 동안 적어진 하천수량은 냉방 수요가 최고에 달할 때, 취수가 어려워질 수 있다. 적어진 하천수량은 오염원을 희석시키지 못하며, 부영양화와 조류의 과잉증식과 같은 연쇄적인 수질 문제를 야기한다. 인간이 사용하기 위한 물을 처리하고 분배하기 위해서는 상당량의 에너지를 필요로 한다. 따라서 물의 사용량을 줄이는 것은 온난화가스 배출량 감축에 상당량 기여할 수 있다.

(1) 유역 규모에서 수자원과 수질의 관리

수계 유역 규모에서 수자원과 수질의 관리는 다양하고 건강한 생태계를 유지하고 여가활동의 기회를 제공하며, 지역사회의 요구를 지원하는 깨끗한 강과 호수의 보호에 초점을 맞추고 있다. 개발자, 건축가, 계획자, 도시 설계자는 새로운 도시 개발 시 변화하는

기후의 영향을 고려하여 설계되는지를 확인해야한다. 수자원과 수질 관리는 녹지공간과 수자원 기반시설을 통해서 관리되어야 한다. 유역규모의 수자원과 수질의 관리에 대한 전략은 다음과 같다.

- ① 고지대와 저지대 저수지(자연적/인공적)는 폭우 시 하류의 홍수 가능성을 줄이는 동시에, 여름 동안 충분한 물 공급량 확보를 돕는다.
- ② 물 부족을 겪는 지역에서는 엄격한 수리권에 대한 수립이 필요하다. 특히 물 부족은 미래에 심화될 것으로 보인다.
- ③ 지하수 함양량을 위해 지속가능한 배수체계(SUDS)의 이용 권장
- ④ 지표수와 우수를 위한 개별적인 배수체계의 사용을 증가시켜, 지표유출수를 직접적으로 수로로 돌려보내어 처리의 부담을 줄인다.
- ⑤ 폐수와 우수의 고급 처리와 여과과정을 거친 개량되거나 순환된 수자원의 사용 증가. 관개용, 변기와 같은 비식수(non-drinking)용으로 활용 유역 규모에서 혁신적인 수자원 및 수질 위험관리 방법들은 싱가포르와 뉴멕시코와 같이 이미 심각한 수자원 압박을 받고 있는 도시에서 사용되고 있다.

● 실제 사례

○ 싱가포르의 도시 수자원 관리

물 기근 국가인 싱가포르에서는 제한적인 우수 저장 지역 때문에 장기적인 물 안보가 중요하다. 싱가포르는 상수도(drainage) 체계와 하수도(sewerage) 체계를 분리하여 관리하고 있으며, 폐수의 재이용을 권장하고 있다. 싱가포르는 폐수와 우수를 공동으로 관리하며, 제도적 효율성을 강조하는 매우 드문 국가 중 하나이다(www.thirdworldcentre.org/ijjwrdr.html).

(2) 근린 규모에서 수자원과 수질의 관리

근린 규모에서 수자원과 수질의 관리 노력은 공공장소(public space)를 활용하는 것이다. 예를 들어, 우수 집수와 저장 계획은 추가적인 수자원 공급을 제

공하는 동시에 도시 홍수의 위험을 줄인다. 다음의 전략들이 시행될 수 있다:

- ① 지붕 또는 공공장소에 우수 집수와 저장. 이 전략은 토양 수분을 증가시키고, 증발에 의한 냉각을 지속시키며, 도시 홍수의 위험을 줄인다.
- ② 물을 모으고 저장하기 위한 지속가능한 배수체계(SUDS)
- ③ 배관체계(plumbing system)로부터 나오는 폐수를 관개에 이용하기 위한 오수의 순환이용(grey water recycling)
- ⑤ 효과적인 우수 역류(storm overflow) 관리를 통한 지표수 오염을 방지
- ⑥ 점원 오염원(point source pollution)의 관리를 통한 하천수의 수질 위험 관리

● 적용사례

○ Maidenhead의 Greenfields 친환경 건설

2001년에 완성된 Greenfields 계획에서는 19개 아파트와 8개 주택은 목욕, 샤워, 변기사용으로부터 나오는 폐수를 재이용하는 오수의 순환이용체계를 사용했다. 적은 양의 물을 이용하는 변기와 물 이용률이 좋은 수도가 설치되었다. 지붕으로부터의 지표수가 집수되고, 박테리아를 죽이기 위해 UV선으로 처리된 후, 공동 정원에 필요한 물을 위해 지하에 저장된다(www.rbwm.gov.uk/web/eh\_sustainable\_homes\_greenfields.htm).

(3) 건물 규모에서 수자원과 수질의 관리

건물 규모에서 설계자, 개발자, 건축가는 수자원 관리, 홍수 위험, 에너지 보전 간에 시너지효과를 개발할 수 있다. 예를 들어, 그린 루프는 내부 온도를 조절하여 에너지 보전을 달성하고 건물의 수요량을 충족하기 위해 물을 저장하는 동시에 유출수를 줄이고 홍수 위험을 낮출 수 있다. 건물규모에서 물 공급량을 관리하고 수요량을 줄이는 효과적인 방법다음과 같다.

● 적용사례

○ 런던 Newham의 'The Hub'

Newham의 지역사회 개발센터 건물은 지붕으로부터 집수된 우수는 식물에 주는 물로 사용되며 우수 저장탱크는 외부 운동장 아래에 건설되었고 연간 약 50%의 물을 절약할 것으로 예상된다(www.betterpublicbuildings.gov.uk).

5. 맺음말

본고에서는 기후변화가 도시환경에 미치는 잠재적 영향과 기후변화에 대한 완화와 적응을 동시에 하기 위하여 외국도시에서 도시계획과 설계를 어떻게 수립하고 있는지에 대하여 살펴보았다. 현재, Newyork, Seattle, Singapore, Tokyo 등 외국의 여러 대도시에서는 잠재적인 기후변화 영향을 이미 인지하고 “후회 없는(no-regrets)” 정책으로 불확실한 미래를 준비하고 있다. 여기서, “후회 없는(no-regrets)” 정책이란 기후변화의 결과가 예상대로 발생하는지의 여부에 상관없이 실행하는 것으로 미래 발생할 수 있는 기후변화의 위기를 적응과 완화 전략을 지원하여 기회로 삼는 것을 의미하는 것이다. 그러나 불행하게도 우리나라의 경우 아직까지도 기후변화에 대한 불확실성을 핑계로 적응 정책 수립이 미루어지고 있는 것이 현실이다. 본문에서도 언급한 바와 같이 미래의 기후변화의 위기는 기회가 될 수 있으며 이를 위해서는 기상 및 기후조건을 고려한 도시계획 및 설계방법의 개선이 필요하며 명확한 계획요소의 추출과 실효성 있는 계획내용, 설계기준의 설정이 매우 중요하다고 할 수 있다. 우리가 잘 느끼지 못하는 사이에 기후변화를 기폭제로 밀려드는 환경혁명은 어느새 우리의 일상생활에서부터 국가의 전략에 이르기까지 모든 것을 바꾸고 있다.

'중(種)의 기원'으로 알려진 생태학자 찰스 다윈은 “궁극적으로 살아남는 종은 강한 종도, 지적 능력이

뛰어난 종도 아닌, 변화에 가장 잘 적응한 종”이라고 강조하였다. 찰스다윈의 말처럼 우리 가 기후변화라는 변화에 살아남기 위해서는 변화에 현명하게 적응할 필요가 있다. 그러므로, 국토를 관리하고 계획하는 정부와 실제 도시를 설계하고 계획하는 전문가들은 기후변화에 대한 감축정책과 적응정책을 동시에 만족할 수 있는 녹색기반시설(Green Infrastructure)과 지속가능한 녹색도시(Green City)를 추진함으로써 기후변화를 위기가 아닌 새로운 도약의 기회로 활용해야만 한다. 이는 곧 정부의 녹색뉴딜 정책을 실천하는 하나의 방향이라고 생각된다.

### 참고문헌

Communities and Local Government (2006). Planning Policy Statement: Planning and Climate Change - Supplement to PPS1. Consultation  
Gill, S., Handley, J., Ennos, R., and Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change:

the Role of the Green Infrastructure. Built Environment, 33(1): 115-133.

Walsh, CL., Hall, JW., Street, RB., Blanksby, J., Cassar, M., Ekins, P., Glendinning, S., Goodess, CM., Handley, J., Noland, R., and Watson, SJ. (2007). Building knowledge for a Changing Climate: Collaborative Research to Understand and Adapt to the Impacts of Climate Change on Infrastructure, the Built Environment and Utilities. Newcastle University

Planning Policy Statements: PPS1 (Delivering sustainable development) and supplement, PPS11 (Regional Spatial Strategies), PPS12 (Local Development Frameworks), and PPS25 (Development and flood risk).

McEvoy, D., Lindley, S., and Handley, J. (2006). Adaptation and mitigation in urban areas: synergies and conflicts. Municipal Engineer 159, Issue ME4. 🌀