

그린인프라를 보는 새로운 관점



서용원 ●●●
 영남대학교 건설시스템공학과 교수
 yseo@ynu.ac.kr

들어가며

2015년 12월 제21차 파리 기후변화협약 당사국 총회에서 채택된 신기후변화체제 파리협정은 지구 평균기온 상승을 1.5°C 이내로 제한하기 위하여 국가별 기여방안에 따라 매 5년마다 상향된 온실가스 배출 감축목표를 제출하고 2023년부터 국제사회 공동차원의 종합적인 이행점검을 실시할 예정이다. 이번 파리협정에서는 1992년 UN기후변화협약에서 분류했던 선진국과 개도국 기준을 그대로 적용하여 우리나라는 개도국에 포함되었다. 하지만 파리협정에서는 선진국, 개도국 구분 없이 감축의무가 부여되어 선진국에만 온실가스 감축의무가 부여되었던 1997년의 교토의정서와 달리 우리나라 역시 온실가스감축 의무 대상국에 포함되게 되었다. 실질적인 이행여부는 아직 미지수이나 미국, 중국, 인도와 같은 국가들이 기술우위를 통해 이행에 앞장설 경우, 다른 국가들에 대한 통상 페널티와 압박이 보다 거세질 것은 당연하다.

이미 우리나라는 2009년 온실가스 감축목표를 2020년 배출전망치 대비 30% 감축하는 것을 국제사회에 약속하였으며, 이는 기후변화에 관한 정부간 패널이 제시한 권고치(15%~30% 감축) 중 최고치에 해당한다. 국내적으로는 ‘저탄소 녹색성장기본법(약칭 녹색성장법)’ 시행령 제25조(2016년 5월 개정)에 2030년 배출전망치 대비 37% 감축 목표를 명시하고 있다. 2011년에는 국가감축 목표 설정에 대한 후속조치로 단계별, 부문별 온실가스 감축목표를 수립하였다. 이러한 부문은 산업, 발전, 수송, 건물, 공공, 농림어업, 폐기물 등 7개로 나뉘어지며 부문별 감축율은 그림 1과 같다.

이중 건물 부문으로부터의 온실가스 감축 목표는 26.9%로서 특히 2013년도 개정된 ‘녹색건축물 조성 지원법(약칭 녹색건축물법)’에 따라 녹색건축물의 조성에 필요한 사항을 정하고, 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 증진시키고자 노력하고 있다. 녹색건축물법에서는 녹색건축물 조성을 위하여 온실가스 배출량 감축, 환경 친화적이고 지속가능한 녹색건축물 조성, 신·재생에너지 활용 및 자원 절약적인 녹색건축물 조성, 기존 건축물에 대한 에너지효율화 추진, 녹색건축물의 조성에 대한 계층 간, 지역 간 균형성 확보 등의 5가지 원칙을 제공하고 있다.

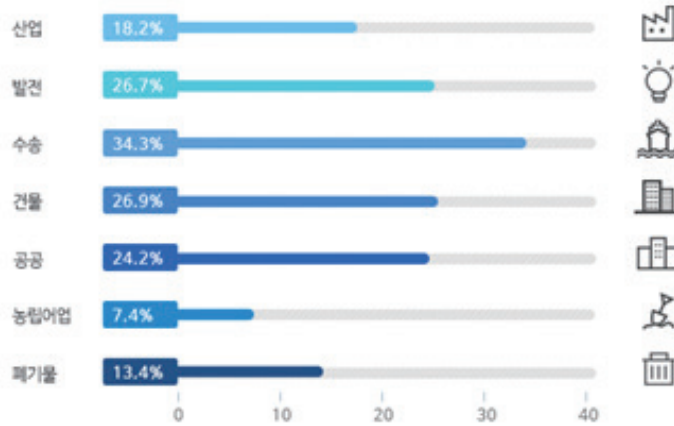


그림 1. 부문별 온실가스 배출 감축율(환경부 온실가스종합정보센터)

• 그린인프라와 식생

이렇듯 실질적인 온실가스 배출의 감축을 위하여 여러 부문들에서 다양한 방법들이 논의되고 있는 가운데 우리는 이와 관련하여 최근 활발히 연구되기 시작하고 있는 그린인프라(Green Infrastructure)에 주목할 필요가 있다. 그린인프라란 토양, 식생, 물, 바위와 같은 자연의 객체(object)나 증발, 광합성, 침투 등의 자연적인 프로세스(process)를 흉수 저감, 열 저감, 공기·토양·물의 질(quality) 개선 등 인간의 이익을 목적으로 기반시설로서 이용하는 것을 총칭한다. 그린인프라는 인류가 편익을 위해 조성해온 도시, 교통, 발전 등 기존 기반시설의 지속가능성에 대한 물음에서 시작하였다. 이는 앞서 언급한 기후변화로 인한 재해와 해수면 증가 등 인류에로의 위협을 줄이고자 하는 노력과도 직접 맞닿아 있다. 최근 수자원에서 널리 이용되고 있는 개념인 LID(low impact development) 혹은 BMP(best management practices)도 모두 이러한 그린인프라 도입 노력의 한 부분이라 할 수 있다. 도시 지역에 적용할 수 있는 그린인프라의 형태로서는 빗물정원(rain garden), 침투화분(infiltration

planter), 식생수로(vegetated swale), 옥상정원(green roof), 인공습지(stormwater wetland), 수변완충대(riparian buffers) 등을 들 수 있는데, 이러한 적용 형태들의 공통적인 특징으로 들 수 있는 것은 바로 식생의 광범위한 도입과 적용이다.

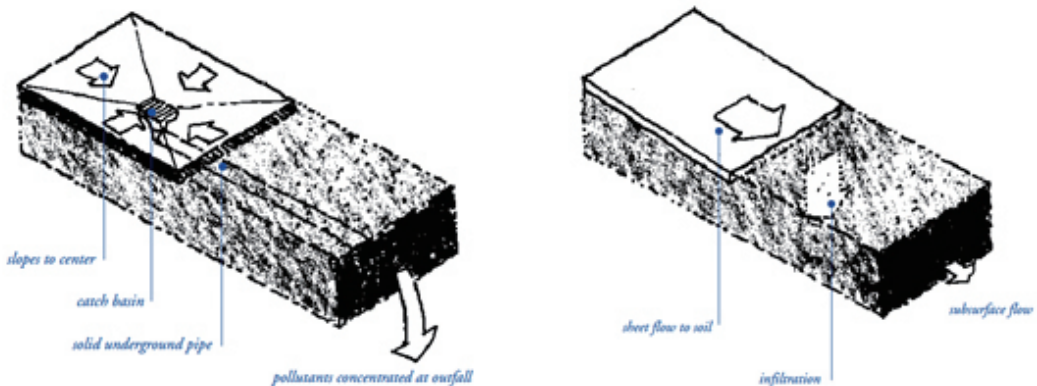
지구온난화와 식생과의 상호관계는 연구자들의 오랜 연구대상이 되어왔다. 최근 들어 일주일정도 늘어난 아마존의 건기나 온도상승으로 인한 나무 수명의 감소, 광합성 저하로 인한 아마존의 이산화탄소 흡수량은 1990년대의 연 평균 20억톤에서 2000대에는 평균 14억 톤으로 줄어들었다(Brienen et al., 2015; Doughy et al., 2015). 현재 미국 바이오연료의 95%가 옥수수로부터 만들어진다. 미국에서 생산하는 옥수수의 8%만이 식용으로 이용되는 반면 73%에 해당하는 옥수수는 사료와 바이오연료의 생산에 이용된다(DeLucia, 2016). 바이오연료의 생산에 이용되는 옥수수를 보다 바이오연료 생산에 유리한 다년생초로 바꾸는 것만으로도 온실가스의 배출량을 최대 473%까지 감소시킬 수 있고, 반대로 토양속의 탄소를 증가시킬 것으로 보고되고 있다(Davis et al., 2011). 이렇듯 그린인프라의 도입으로 인한 식생 면적의 증가는 바이오매스의 증가로 이어지며, 이는 탄소



그림 2. 그린인프라의 형태 및 저영향개발 사례(Illinois River Watershed Partnership)

저감에 직접적인 기여를 할 수 있다. 식생면적의 증가로 인한 다른 효과로는 온도저감으로 인한 냉방에너지 절감, 우수저류효과, 불투수면적 영향

감소로 인한 홍수위험감소, 기타 정서적 안정, 미적 가치 등을 추가로 들 수 있다.



Directly connected impervious areas(DCIA)

Isolated impervious areas(IIA)

그림 3. DCIA와 IIA의 개념(Tom Richman & Associates, 1999)

구미의 국가들과 달리 우리나라의 경우 도시 공간에의 그린인프라 도입이 매우 미약한 실정이다. 그린인프라의 도입으로 인한 효과 중 하나로 DCIA의 감소를 들 수 있다. DCIA(directly connected impervious areas)란 명칭에서 나타나는 바와 같이 배수시스템과 직접적으로 연결되어 있는 불투수면적을 의미한다. 이러한 불투수면적은 침투가 없이 시스템의 직접유출에 그대로 기여하게 되며 오염물질의 부하와 유역 출구의 홍수량 위험을 증가시킨다. 이와 상대적인 개념으로 IIA(isolated impervious areas)를 들 수 있으며 이는 명칭에 나타난 바와 같이 침투지역(pervious

areas)로 둘러 쌓여있는 불투수면적으로, 배수를 위해서는 침투과정(infiltration)을 거쳐야만 하는 불투수면적을 의미한다(그림 3 참조). 그림 4는 서울지역 배수분구 4개 지역을 대상으로 한 DCIA 분석결과를 나타낸 것이다. 서울지역의 배수분구에 대한 DCIA의 분석결과는 특이하게 토지이용에 상관없이 TIA(total impervious areas)에 대한 DCIA의 비율이 매우 높고 반대로 IIA의 비율이 매우 미미하다는 것을 보여준다. 즉 서울에서는 대부분의 불투수면적이 상호 연결되어 있으며 이들은 또한 대부분 배수망과 직접 연결되어 있다. 이는 다시 말해 현재 서울지역에의 그린인프라 도



대방(TIA: 82.3 DCIA: 79.6)



신월1(TIA: 89.8 DCIA: 88.3)



논현(TIA: 93.0 DCIA: 92.1)



역삼(TIA: 94.8 DCIA: 94.2)

그림 4. 서울지역 DCIA 분석 사례

입이 얼마나 미약한지를 역으로 보여준다고 할 수 있다. 서울시의 DCIA 분석 사례는 일면 효율성 위주로만 발전되어 온 우리나라 개발의 한 단면을 보여준다. 지금까지 홍수방어라는 측면에서도 가장 우선시되었던 명제는 우수의 효율적이고 빠른 배제였다. 그러나 역으로 이러한 개발 방식은 하류유역의 과도한 홍수부담 및 예기치 못한 국부적 홍수 위험성 증가로 이어질 수 있다.

• 정량 평가를 위한 새로운 관점과 도전

제21차 파리 기후변화협약 당사국총회에서 채택된 신기후변화체제 파리협정(2015년)로 지구 평균기온 상승을 1.5°C 이내로 제한한다는 구체적인 목표아래 국가별 기여방안에 따라 매 5년마다 상향된 온실가스 배출 감축목표를 제출하고 2023년부터 국제사회 공동차원의 종합적인 이행점검을 실시할 예정이다. 이에 따라, 탄소저감과 온도상승 저감 목표를 달성하기 위한 방안으로 도시 지역으로의 적극적인 그린인프라 도입이 예상된다. 앞서 언급한 녹색성장법 및 녹색건축물법은 이러한 도입의 법적 근거로서 작용할 것이다. 탄소배출 저감이라는 국가적 목표에 대한 전략적이며 효과적인 달성을 위해서는 그린인프라의 성능과 효과에 대한 정량적 평가노력이 반드시 필요하다. 앞서 언급한 바와 같이 기존 그린 인프라 건설의 기본 철학이 빠르고 효율지상주의적이며 배타적인 관점을 견지해왔다면 그린인프라의 도입은 느리지만 물-탄소-에너지 측면에서 선순환적인 새로운 상호 지속가능한 관점의 도입을 의미한다. 특히 식생이라는 살아있는 객체의 도입은 기존의 해석방법과 체계에 새로운 비선형 동적 요소(nonlinear dynamic component)를 추가하는 것으로서, 살아있는 생물 특히 식생의 성장과 광합성 작용, 식중에 따른 차이 등에 대한 이해를 위해

서는 생물학 및 생태학과의 학문적 교류가 필수적이라 할 수 있다. 또한 전지구적 관점의 물-탄소-에너지 순환에 대한 이해를 위해서는 지구물리학과 학문적 교류 또한 그린인프라의 정량 평가를 위하여 필수적이라 할 수 있다.

맺으며

지금 세계의 대학은 학문간 교류(interdisciplinary)와 융합이 대세로 자리잡고 있다. 많은 사례에서 확인 할 수 있듯이 하나의 전공분야에 대한 지식은 다른 전공지식분야와 만나 새로운 학문적 분야와 기술적 성과를 거쳐 최종적으로 신시장 개척 및 경제적 가치를 만들어내고 있다. 최근 몇 년간 국내 다수의 연구기관들에서는 기후변화 적응을 위한 도시 인프라 구축의 방법을 제시하고 있다. 특히 환경부 산하 연구기관을 중심으로 그린인프라의 도입방안, 자연적 물순환 구축, 비점오염원관리 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이에 반해 물-탄소-에너지 수지 측면에서 그린인프라의 정량적 평가는 아직 매우 미흡한 실정이다. 그린인프라의 정량 평가는 분명 아직 우리의 몫으로 남아 있다. 하지만 지구온난화의 우려와 그린인프라의 도입은 우리에게 효율성 위주의 관점을 넘어 보다 다양한 관점을 가질 것을 요구한다. 또한 그린인프라에 대한 정량 평가라는 목표의 달성을 위해서는 타 학문분야 특히 생물학, 생태학, 지구물리학 등과의 교류와 협력에 주저함이 없어야 한다. 이러한 새로운 교류와 협력이 구미사례와 같이 우리나라에서도 지속가능한 개발을 목표로 하는 새로운 그린인프라 시장을 창출하리라는 기대 그리고 각각의 학문분야의 위상과 부흥에 큰 기여를 하리라는 기대를 조심스럽게 하며 글을 맺고자 한다.



[1] Brienen, R. J. W., Phillips, O. L., Feldpausch, T. R., Gloor, E., Baker, T. R., Lloyd, J., Lopez-Gonzalez, G., Monteagudo-Mendoza, A., Malhi, Y., Lewis, S. L., Martinez, R. V., Alexiades, M., Davila, E. A., Alvarez-Loayza, P., Andrade, A., Aragao, L. E. O. C., Araujo-Murakami, A., Arets, E. J. M. M., Arroyo, L., Aymard, G. A., Banki, O. S., Baraloto, C., Barroso, J., Bonal, D., Boot, R. G. A., Camargo, J. L. C., Castilho, C. V., Chama, V., Chao, K. J., Chave, J., Comiskey, J. A., Valverde, F. C., da Costa, L., de Oliveira, E. A., Di Fiore, A., Erwin, T. L., Fauset, S., Forsthofer, M., Galbraith, D. R., Grahame, E. S., Groot, N., Herault, B., Higuchi, N., Coronado, E. N. H., Keeling, H., Killeen, T. J., Laurance, W. F., Laurance, S., Licona, J., Magnussen, W. E., Marimon, B. S., Marimon, B. H., Mendoza, C., Neill, D. A., Nogueira, E. M., Nunez, P., Camacho, N. C. P., Parada, A., Pardo-Molina, G., Peacock, J., Pena-Claros, M., Pickavance, G. C., Pitman, N. C. A., Poorter, L., Prieto, A., Quesada, C. A., Ramirez, F., Ramirez-Angulo, H., Restrepo, Z., Roopsind, A., Rudas, A., Salomao, R. P., Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, J. E., Silveira, M., Stropp, J., Talbot, J., ter Steege, H., Teran-Aguilar, J., Terborgh, J., Thomas-Caesar, R., Toledo, M., Torello-Raventos, M., Umetsu, R. K., Van der Heijden, G. M. F., Van der Hout, P., Vieira, I. C. G., Vieira, S. A., Vilanova, E., Vos, V. A., and Zagt, R. J. (2015). "Long-term decline of the Amazon carbon sink." *Nature*, 519(7543), 344–346.

[2] Davis, S. C., Parton, W. J., Del Grosso, S. J., Keough, C., Marx, E., Adler, P. R., and DeLucia, E. H. (2012). "Impact of second-generation biofuel agriculture on greenhouse-gas emissions in the corn-growing regions of the US." *Front Ecol Environ*, 10(2), 69–74.

[3] Delucia, E. H. (2016). "How Biofuels can cool our climate and strengthen our ecosystems." *EOS*, 97(4), 14–19.

[4] Doughty, C. E., Metcalfe, D. B., Girardin, C. A. J., Amezquita, F. F., Cabrera, D. G., Huasco, W. H., Silva-Espejo, J. E., Araujo-Murakami, A., da Costa, M. C., Rocha, W., Feldpausch, T. R., Mendoza, A. L. M., da Costa, A. C. L., Meir, P., Phillips, O. L., and Malhi, Y. (2015). "Drought impact on forest carbon dynamics and fluxes in Amazonia." *Nature*, 519(7541), 78–U140.

[5] Tom Richman & Associates (1999). *Start at the source: Design guidance manual for stormwater quality protection*, Bay Area Stormwater Management Agencies Association (BASMAA) New Development Committee, CA USA.