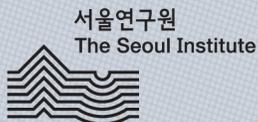


2013-PR-48

작은 연구 좋은 서울 01

## 패시브 버스정류장 모형 개발

김정수



2013-PR-48

패시브 버스정류장 모형 개발

## 연구진

연구책임	김정수	(협)환경안전건강연구소 소장
연구원	고도현	(협)환경안전건강연구소 선임연구원
	이지언	서울환경연합 에너지기후팀 팀장

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서  
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

# 요약 및 정책건의

## 1 연구의 개요

### 1.1 배경 및 목적

유엔(UN)은 1992년 브라질 리우데자네이루에서 개최된 세계환경회의에서 지구온난화를 극복하기 위하여 온실가스 감축을 위한 ‘기후변화에 관한 유엔기본협약’을 체결하였으며, 1997년 선진국의 온실가스 감축 의무를 규정한 교토의정서를 채택하였다. 우리나라는 2009년 코펜하겐에서 개최된 제15차 기후변화협약 당사국총회에서 2020년까지 온실가스 배출을 배출전망치 대비 30% 줄일 것을 선언하였다.

서울의 전력소비량은 2011년 기준 46,903GWh로 전국 전력소비량(455,063GWh)의 10.31%를 차지하고 있다. 반면 서울의 에너지 자급률은 2.8%로 에너지 대부분을 지역에서 공급받고 있으나 전력수요는 급증하고 있어 에너지 생산의 불평등이 심화되고 있다. 이처럼 전력대란에 취약성을 지니고 있어 전력대란에 대비한 에너지 자립능력에 대한 제고가 필요하며 에너지 생산의 불평등을 해소하기 위한 노력이 요구되고 있다. 일본 후쿠시마 원전사고 이후 원전이 지니고 있는 위험성이 드러났으며 시민불안감이 증대되어 안전하고 지속가능한 에너지를 확보하는 것이 중요한 과제가 되었다. 또한 지구온난화 등 기후변화가 심화되고 있어 온실가스 감축노력이 요구되고 있다. 서울시는 전력자급률을 2014년 8%, 2020년 20% 달성을 비전으로 제시하고 민관협력 거버넌스를 구축하여 실행하고 있다.

서울시는 시민과 함께 에너지를 절약하고 태양광 등 친환경에너지 생산을 확대하여 원자력발전소 1기가 생산하는 만큼의 에너지를 대체해 나가

겠다는 의지를 담은 서울시 에너지 정책을 추진하고 있다. 특히 에너지 위기와 기후변화에 선제적으로 대응하기 위해 수요감축과 신재생에너지 생산 종합대책을 시민과 함께 추진함으로써 2014년까지 최소한 원전 1기(1GW급)에서 생산되는 전력량을 절감하고, 장기적으로는 2020년까지 전력자급률 20%를 달성하는 것을 목표로 사업을 추진하고 있다.

현재 우리나라는 전체 전력생산과 공급 구조가 중앙집중적인 체계를 구축하고 있어 재생가능에너지를 통하여 전력을 생산하더라도 중앙집중적인 전력망체계에 편입되어 공급되는 특성을 보일 수밖에 없다. 따라서 분권형 에너지체계에 대한 구체적인 사례를 보여주고 에너지자립을 위한 실천을 촉진하기 위해서는 우리의 생활공간 속에서 실현가능성을 보여주는 것이 중요하다.

재생가능에너지 중에서 태양광에너지는 솔라셀만 설치하면 언제 어디서나 전력을 생산할 수 있는 장점이 있으며, 생산한 곳에서 바로 이용할 수 있고 에너지 고갈 위험성이 없다는 점도 장점으로 꼽히고 있어 관심이 집중되고 있다. 이에 따라 시민들이 많이 이용하는 버스정류장에 태양광에너지시설을 설치하면 시민들에게 재생가능에너지의 중요성을 인식시킬 수 있다.

계절에 따라 서울시내 버스 이용에 불편함이 많다. 여름에는 덥고 겨울에는 추운 상태에서 버스를 기다려야 하며, 버스를 기다리는 동안 자동차 배기가스에 그대로 노출이 되는 문제도 간과할 수 없다. 시민의 건강 영향을 최소화하기 위해서는 현재와 같은 개방형 버스정류장에서 실내형 버스정류장으로 전환하는 것이 필요하다.

우리나라 버스정류장은 버스정류장 표지판만 설치되어 있는 정류장에서부터 의자만 놓여있는 정류장, 3면과 지붕이 있는 정류장까지 다양하다. 그러나 공통적으로 지니고 있는 문제는 기후변화 등으로 여름과 겨울에 극단적인 기상특성을 보이고 있는 상황에서 더위와 추위에 노출되어 있다는 점이다. 따라서 버스정류장도 이제는 실내형으로 한 단계 업

그레이드하는 것이 필요한 시점이다.

우리나라의 4계절 기후를 고려한 실내형 버스정류장은 요구조건이 매우 까다롭다. 실내형 버스정류장은 여름에는 시원해야 하고 겨울에는 따뜻해야 한다. 또한 많은 사람이 그 안에 모여 있어야 하기 때문에 환기가 매우 중요하다. 환기는 계절에 따라 열손실과 열유입의 특성을 지니기 때문에 이 부분에 대한 대책도 마련되어야 한다. 또한 그 과정에서 많은 에너지를 사용하게 된다면 이는 사업추진의 효과와 유지관리비용에 대한 문제도 발생할 수 있다. 따라서 초기 시설비용을 투자하고 추가적인 유지관리비용이 들지 않도록 하는 것이 중요하다. 이러한 가운데 패시브 버스정류장이 대안으로서 가능성이 있는지 여부를 검토하고 추진전략을 제시하고자 한다.

## 1 2      **내용 및 방법**

### 1 2 1      **패시브 버스정류장 이론적인 검토**

패시브 버스정류장에 필요한 기본적인 구성 요인 및 이론적인 타당성 검토는 문헌분석을 통하여 실행한다. 패시브 버스정류장에 대한 이론적인 부분은 패시브하우스를 기초로 한다.

### 1 2 2      **버스정류장 현황분석**

버스정류장의 현황을 분석하고 문제점을 도출하여 패시브 버스정류장 필요성에 대한 근거를 확보하고자 한다.

### 1 2 3      **버스정류장 사례연구**

버스정류장에 대한 국내외 사례연구를 통하여 패시브 버스정류장에 요구되는 요소를 검토하고 반영하여 기본구상을 마련한다.

1 2 4      **패시브 버스정류장 개념 및 기본구상**

패시브 버스정류장에 요구되는 기본적인 기능, 기본구상 스케치, 평면도를 작성한다.

1 2 5      **패시브 버스정류장 SWOT분석**

패시브 버스정류장에 대한 SWOT분석을 실시한다. SWOT분석을 토대로 추진전략을 마련한다.

1 2 6      **패시브 버스정류장 관련 기술 개발 현황 분석**

패시브 버스정류장에 소요되는 기술개발 현황분석을 통하여 실현성 정도를 평가한다.

1 3        **주요 연구결과**

버스정류장에 대한 정책의 관심이 2013년에 서울시에서 본격적으로 고조되었다는 점에서 의미가 있으며, 서울시는 혹한에 대한 대응방안으로 버스정류장에 난방시설을 설치하고 있다.

기후변화로 인한 혹한과 폭염, 자동차 배기가스로 인한 건강영향, 안전한 승하차 등 버스를 실질적으로 이용하는 사람들에게 실질적으로 혜택이 돌아가도록 하는 보편적 복지의 일환으로 버스정류장에 대한 근본적인 재검토가 요구된다.

국내에서는 일부 실내형 버스정류장이 만들어져 운영되고 있으나 시범적인 설치에 불과하여 일반 시민들이 그 혜택을 실질적으로 누리기에는 한계가 있다. 또한 혹한에 대비한 난방 시범사업을 하고 있지만 폭염 대책은 그늘막 설치 수준에 머무르고 있어 이에 대한 대책이 근본적으로 요구된다고 할 수 있다.

패시브 버스정류장은 서울이 세계적으로 한 단계 업그레이드된 시민서

비스 정책이자 대중교통 확산 정책의 일환으로 추진가능성을 검토해 볼 만하다. 아울러 서울 관광에 대한 기대효과도 부수적으로 기대할 수 있다. 구체적으로 기술적인 검토와 경제적인 검토 등을 토대로 대대적인 개편이 절실하게 요구되고 있다. 현재 부분적으로 진행되고 있는 정책으로는 시민들이 겪고 있는 고통을 절감시키기에는 한계가 있다.

이 연구에서는 버스정류장의 현황과 문제 및 해외사례를 살펴보고 패시브 버스정류장 모델 개발을 토대로 에너지자립형 패시브 버스정류장, 지붕녹화형 패시브 버스정류장, 불완전 패시브 버스정류장의 3가지로 구분하여 SWOT분석을 수행하였다.

에너지자립형 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과는 다음과 같다. 이 유형의 강점은 태양광발전 전력생산을 통해 버스정류장에서 소요되는 전력을 자체적으로 공급하는 체계를 갖추므로써 원전하나줄이기 운동을 강화하는 데 기여할 수 있을 뿐만 아니라 유지관리비용이 저렴하고 안전, 건강 등 시민에게 실질적인 혜택이 돌아갈 수 있다는 점이다. 기회적인 요인은 태양광 모듈 가격 완화와 기후변화협약에 따른 지자체 에너지 절약 요구 강화 등에 따라 에너지 절약과 에너지 생산 압력이 가중되고 있는 현실을 고려하면 강력한 효과가 있다는 점이다. 이 유형의 약점은 현재의 일자형 버스정류장에 비하여 상대적으로 가격이 비싸다는 점이다. 그리고 에어컨을 설치하게 되면 냉방은 확실하게 되겠지만 유지관리비용이 많이 들어 환기를 통한 온도조절 기능을 하는 것으로 설정했기 때문에 여름철 폭염 시에 환기능력의 한계 등으로 인하여 온도조절 범위가 일정한 한계를 지니고 있다는 점도 약점이다. 극단적인 기상현상의 빈번한 발생은 대중교통에 대한 시민들의 선호도에 영향을 미칠 수 있기 때문에 지속적인 분담률을 확보하기 위해서는 버스정류장에 대한 개선이 요구된다.

지붕녹화형 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과는 다음과 같다. 이 유형의 강점은 버스정류장 지붕에 흙과 식물의 식재를 통해 지붕이 받는

열을 지붕에 식재되어 있는 식물과 토양이 흡수하게 함으로써 버스정류장에 직접적으로 영향을 저감시키고 버스정류장 내부가 더워지는 것을 억제하여 쾌적한 버스정류장 실내환경을 만든다는 점이다. 여름에는 지붕식재를 통하여 시원하게 하고 겨울에는 한기를 막아주며 온기를 잡아주는 기능을 하기 때문에 물리적인 구조를 통한 온도조절 효과를 가지고 있다는 점도 강점이다. 이 유형의 단점은 자체적으로 태양광을 이용한 전력생산이 되지 않기 때문에 교통안내시스템, 조명, 터치식 자동문 개폐장치 가동 등의 전력수요에 대하여 외부에서 전기를 공급받아야 한다는 점이다. 기회적인 요인은 주변과의 조화를 이루기 쉽고, 미소생태계를 구성하고 있기 때문에 도시에 생물다양성을 증진하는 효과를 지니고 있다는 점이다. 위기적인 요인은 기후변화로 인하여 폭한과 폭염이 빈번하게 발생하고 있고 그 강도가 점차 강해지고 있다는 점이다.

불완전 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과는 다음과 같다. 이 유형의 강점은 주변지역 여건에 따라 방해받지 않는 조건이라면 태양광 발전으로 전력을 생산할 수 있다는 점이다. 이 유형의 약점은 폭염과 폭한에 노출될 수 있다는 점과 소음, 배기가스로 인한 건강영향을 받을 수 있다는 점이다. 기회적인 요인은 현재의 버스정류장이 바람을 피할 수 없는 구조로 되어 있고 바람막이를 설치하였어도 여전히 버스쪽에서 오는 바람을 피할 수 없는 한계를 지니고 있는 반면, 버스쪽에서 오는 바람도 어느 정도 피할 수 있다는 점이다. 위기적인 요인은 마찬가지로 폭염과 폭한이 빈번하게 발생하고 있기 때문에 노출되는 정도가 높다는 단점이 있어 적용에 한계가 있다는 점이다. 문이 오픈되어 있어 개폐 부분이 필요가 없어 이동성은 빠르게 확보될 수 있어 바람의 영향을 많이 받는 지역에 적용할 경우 효과가 기대된다.

이 연구 결과를 토대로 한 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 서울시 버스정류장은 패시브 형태가 필요하다. 현재 서울시 버스정류장에 대한 시설개선이 이루어지고 있는데 여전히 한계를 지니고 있으므로, 이에 대

한 개선이 요구된다. 둘째, ‘원전하나 줄이기’ ‘기후변화 실천’ 등과 결합하여 시민들이 실질적으로 생활하고 있는 공간에서 획기적인 변화를 줌으로써 일상적인 실천의 생활화를 촉진할 수 있는 계기를 확보할 수 있다. 셋째, 버스정류장이 기후변화교육의 장이 될 수 있도록 추가적인 프로그램 개발이 필요하다. 넷째, 버스중앙차로에는 에너지 자립형 패시브 버스정류장 또는 지붕녹화형 패시브 버스정류장이 적합하고, 지선버스 및 마을버스 정류장으로는 불완전 패시브 버스정류장이 적합한 것으로 나타났다.

# 차례

<b>I</b>	<b>연구의 개요</b>	<b>16</b>
1	연구의 배경 및 목적의 배경	16
1 1	연구의 배경	16
1 2	이론적 배경	18
2	연구의 내용 및 방법	20
2 1	패시브 버스정류장의 이론적 검토	20
2 2	버스정류장 현황분석	20
2 3	버스정류장 사례연구	20
2 4	패시브 버스정류장 개념 및 기본 구상	20
2 5	패시브 버스정류장 SWOT분석	21
2 6	패시브 버스정류장 관련 기술개발 현황분석	21
<b>II</b>	<b>버스정류장 현황 및 문제점</b>	<b>24</b>
1	버스정류장 현황	24
2	버스정류장 문제점	28
2 1	태양광 시설이 설치되지 않은 버스정류장	28
2 2	더위 노출	29
2 3	추위 노출	30
2 4	배기가스 노출	31
2 5	장애우 승하차가 어려운 정류장	32
2 6	중앙차로 버스정류장의 불합리한 동선 구조	32
2 7	협소한 대기공간	32

<b>III</b>	<b>버스정류장 사례연구</b>	<b>34</b>
1	브라질 쿠리치바	34
2	아랍에미레이트 두바이	36
3	영국 런던	37
4	국내 사례	37
<b>IV</b>	<b>패시브 버스정류장 기본구상</b>	<b>40</b>
1	에너지 자립형 패시브 버스정류장	40
2	지붕녹화형 패시브 버스정류장	41
3	불완전 패시브 버스정류장	42
<b>V</b>	<b>패시브 버스정류장 SWOT분석</b>	<b>46</b>
1	에너지 자립형 패시브 버스정류장 SWOT분석	46
2	지붕녹화형 패시브 버스정류장 SWOT분석	47
3	불완전 패시브 버스정류장 SWOT분석	48
<b>VI</b>	<b>패시브 버스정류장 추진전략</b>	<b>52</b>
1	S-W 전략	52
2	S-O 전략	52
3	S-T 전략	53
<b>VII</b>	<b>결론 및 정책적 시사점</b>	<b>56</b>
1	결론	56
2	정책적 시사점	56
	<b>참고문헌</b>	<b>60</b>

# 그림차례

그림 2-1	1자형 버스정류장	24
그림 2-2	중앙차로 버스정류장	25
그림 2-3	동작구 버스정류장 추위가림막	26
그림 2-4	버스정류장 전기히터	27
그림 2-5	버스정류장 온열공급 의자	28
그림 2-6	태양광시설이 설치된 버스정류장	29
그림 2-7	동작구 버스정류장 추위가림막	30
그림 3-1	쿠리치바 부스형 버스정류장	35
그림 3-2	쿠리치바 부스형 버스정류장 리프트	35
그림 3-3	분리대에 의해 구분된 버스전용차로	36
그림 3-4	두바이 실내형 버스정류장	36
그림 3-5	영국 런던 버스정류장 잔디지붕	37
그림 3-6	국내 실내형 버스정류장	38
그림 3-7	KTX 고객 대기실	38
그림 4-1	에너지 자립형 패시브 버스정류장 모형	41
그림 4-2	지붕녹화형 패시브 버스정류장 모형	42
그림 4-3	불완전 패시브 버스정류장 모형	43
그림 5-1	에너지 자립형 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과	47
그림 5-2	지붕녹화형 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과	48
그림 5-3	불완전 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과	49

# I 연구의 개요

1 연구의 배경 및 목적의 배경

2 연구의 내용 및 방법

# I 연구의 개요

## 1 연구의 배경 및 목적의 배경

### 1.1 연구의 배경

유엔(UN)은 1992년 브라질 리우데자네이루에서 개최된 세계환경회의에서 지구온난화를 극복하기 위하여 온실가스 감축을 위한 ‘기후변화에 관한 유엔기본협약’을 체결하였으며, 1997년 선진국의 온실가스 감축 의무를 규정한 교토의정서를 채택하였다. 우리나라는 2009년 코펜하겐에서 개최된 제15차 기후변화협약 당사국총회에서 2020년까지 온실가스 배출을 배출전망치 대비 30% 줄일 것을 선언하였다.

서울의 전력소비량은 2011년 기준 46,903GWh로 전국 전력소비량(455,063GWh)의 10.31%를 차지하고 있다. 반면 서울의 에너지 자급률은 2.8%로 에너지 대부분을 지역에서 공급받고 있으나 전력수요는 급증하고 있어 에너지 생산의 불평등이 심화되고 있다. 이처럼 전력대란에 취약성을 지니고 있어 전력대란에 대비한 에너지 자립능력에 대한 제고가 필요하며 에너지 생산의 불평등을 해소하기 위한 노력이 요구되고 있다. 일본 후쿠시마 원전사고 이후 원전이 지니고 있는 위험성이 드러났으며 시민불안감이 증대되어 안전하고 지속가능한 에너지를 확보하는 것이 중요한 과제가 되었다. 또한 지구온난화 등 기후변화가 심화되고 있어 온실가스 감축노력이 요구되고 있다. 서울시는 전력자급률을 2014년 8%, 2020년 20% 달성을 비전으로 제시하고 민관협력 거버넌스를 구축하여 실행하고 있다.

서울시는 시민과 함께 에너지를 절약하고 태양광 등 친환경에너지 생산을 확대하여 원자력발전소 1기가 생산하는 만큼의 에너지를 대체해 나가겠다는 의지를 담은 서울시 에너지 정책을 추진하고 있다. 특히 에너지

위기와 기후변화에 선제적으로 대응하기 위해 수요감축과 신재생에너지 생산 종합대책을 시민과 함께 추진함으로써 2014년까지 최소한 원전 1기(1GW급)에서 생산되는 전력량을 절감하고, 장기적으로는 2020년까지 전력자급률 20%를 달성하는 것을 목표로 사업을 추진하고 있다.

원자력발전은 중앙집중적인 전력공급체계를 지니고 있는 반면, 재생가능에너지는 생산지와 소비지가 일치하는 분권형 에너지체계를 구축할 수 있는 장점이 있다. 현재 우리나라는 전체 전력생산과 공급 구조가 중앙집중적인 체계를 구축하고 있어 재생가능에너지를 통하여 전력을 생산하더라도 중앙집중적인 전력망체계에 편입되어 공급되는 특성을 보일 수밖에 없다. 따라서 분권형 에너지체계에 대한 구체적인 사례를 보여주고 에너지자립을 위한 실천을 촉진하기 위해서는 우리의 생활공간 속에서 실현가능성을 보여주는 것이 중요하다.

재생가능에너지 중에서 태양광에너지는 솔라셀만 설치하면 언제 어디서나 전력을 생산할 수 있는 장점이 있으며, 생산한 곳에서 바로 이용할 수 있고 에너지 고갈 위험성이 없다는 점도 장점으로 꼽히고 있어 관심이 집중되고 있다. 이에 따라 시민들이 많이 이용하는 버스정류장에 태양광에너지시설을 설치하면 시민들에게 재생가능에너지의 중요성을 인식시킬 수 있다.

계절에 따라 서울시내 버스 이용에 불편함이 많다. 여름에는 덥고 겨울에는 추운 상태에서 버스를 기다려야 하며, 버스를 기다리는 동안 자동차 배기가스에 그대로 노출이 되는 문제도 간과할 수 없다. 시민의 건강 영향을 최소화하기 위해서는 현재와 같은 개방형 버스정류장에서 실내형 버스정류장으로 전환하는 것이 필요하다.

버스정류장은 대표적인 가로 시설물로서 견고성, 크기, 자료, 설비, 선별 등을 토대로 중요하게 다루지는 공공시설물이다. 버스정류장은 자연스럽게 주변 환경과 조화를 이루면서 기능과 필요, 심미적인 역할, 안전, 쾌적성 등이 요구되는 특성을 지니고 있다. 우리나라 버스정류장은 버스

정류장 표지판만 설치되어 있는 정류장에서부터 의자만 놓여있는 정류장, 3면과 지붕이 있는 정류장까지 다양하다. 그러나 공통적으로 지니고 있는 문제는 기후변화 등으로 여름과 겨울에 극단적인 기상특성을 보이고 있는 상황에서 더위와 추위에 노출되어 있다는 점이다. 따라서 버스정류장도 이제는 실내형으로 한 단계 업그레이드하는 것이 필요한 시점이다.

우리나라의 4계절 기후를 고려한 실내형 버스정류장은 요구조건이 매우 까다롭다. 실내형 버스정류장은 여름에는 시원해야 하고 겨울에는 따뜻해야 한다. 또한 많은 사람이 그 안에 모여 있어야 하기 때문에 환기가 매우 중요하다. 환기는 계절에 따라 열손실과 열유입의 특성을 지니기 때문에 이 부분에 대한 대책도 마련되어야 한다. 아울러 그 과정에서 많은 에너지를 사용하게 된다면 이는 사업추진의 효과와 유지관리비용에 대한 문제도 발생할 수 있다. 따라서 초기 시설비용을 투자하고 추가적인 유지관리비용이 들지 않도록 하는 것이 중요하다. 이러한 가운데 패시브 버스정류장이 대안으로서 가능성이 있는지 여부를 검토하고 추진 전략을 제시하고자 한다.

12

## 이론적 배경

패시브 버스정류장은 패시브하우스 원리에 기초하고 있다. 패시브하우스는 에너지를 보존하기 위하여 여러 가지 방법이 동원되고 효율적인 기계환기시스템을 장착하여 일정 수준 이하의 난방에너지를 요구하며 고단열, 고기밀로 설치하고 열교환기장치들을 사용한 건물이다. 패시브하우스는 1991년 독일에서 처음 선보인 후 디자인적 요소, 효율적인 시공방법, 에너지소비량에 대한 측정·평가 연구가 진행되고 있다. 독일은 1980년대 발생한 오일쇼크에 대응하여 난방에너지를  $75\text{kWh}/\text{m}^2/\text{year}$ 로 하는 저에너지 건축에 대한 표준도가 생겼다. 패시브하우스는

규정에 적합한 재료들과 기술들만을 사용하여 난방에너지 기준을 더 낮추어 15kWh/m<sup>2</sup>/year로 설정하였다. 하지만 건물에 기밀한 창호·외피는 공기교환을 줄이는 결과를 낳았고 이것은 실내 공기질을 하락시키는 문제를 야기하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 효율적인 환기장치를 설치하거나 창문을 열어 환기를 적당하게 하는 것이 필요하다. 환기율이 떨어지게 되면 실내 상대습도가 증가하여 곰팡이가 서식하기 좋은 환경이 되는 문제가 발생하게 된다. 따라서 실내공기질을 높이고 최소한의 에너지를 사용하여 열적 쾌적성을 높이는 것이 필요하다.

패시브하우스는 외피의 열성능을 높임으로써 건물에 들어가는 난방수요를 최소화할 수 있다. 이를 위해서는 첫 번째는 복사 불균형이 없는 열적 쾌적 요구량, 두 번째는 난방부하량이 필요하다. 열적 쾌적감은 열분배 시스템을 이용하여 간단하게 해결할 수 있다. 외벽, 창의 열적 성능을 높여주는 것은 복사불균형과 찬바람이 들어오는 것을 막아주어 환기장치를 통하여 충당이 가능하게 된다. 열교환 환기장치를 통하여 난방을 할 경우 건물의 열적 쾌적감을 유지할 수 있기 때문에 최저비용으로 패시브하우스를 만들 수 있어 경제적이다. 패시브하우스 기준은 외피의 경우 0.15W/m<sup>2</sup>K, 창호의 경우 0.8W/m<sup>2</sup>K로 규정하고 있다. 외피의 열성능을 향상시킬 경우 열교환현상으로 빠져 나가는 열에 대한 대책도 고려되어야 한다. 패시브하우스 환기·공조장치 기준은 환기율로 0.3~0.4/h를 기준으로 하고 있다. 열교환 환기장치를 설치하면 환기에 의한 열손실을 막을 수 있을 뿐만 아니라 난방에너지 요구량도 낮출 수 있다. 패시브하우스는 열교환 환기장치의 효율을 최소 75%로 설정하고 있다. 역류형 열교환기는 직사각형의 통을 통과해 만나고 이때 4개의 면을 통해 교환이 이뤄져 2개의 면을 통하여 교환이 되는 판형 열교환기와 다르며 실험적으로는 열교환효율이 약 92%에 달한다고 한다. 필터, 팬, 열회수장치가 달린 공기 조작장치와 히트펌프와 온수를 보관하는 등의 모든 유닛을 한 곳에 넣은 소형장치도 개발되었다. 환기와 난방시스템이 건물 내

부에서 차지하는 공간을 최소화함으로써 거주환경을 증진시키려는 노력이 이루어지고 있다.

패시브 버스정류장은 패시브하우스와 마찬가지로 열교환과 환기가 핵심이다. 열교환 환기장치를 이용한 실제적인 공기의 교환은  $n_{inf} = 0.04/h$ 이며 열교환환기장치의 실험적인 효율과 실제효율의 차이가 3% 이내이어야 하고 열교환 환기장치를 통해 5K/W 이하로 열손실이 나와야 한다.

## 2 연구의 내용 및 방법

### 2.1 패시브 버스정류장의 이론적 검토

패시브 버스정류장에 필요한 기본적인 구성 요인 및 이론적인 타당성 검토는 문헌분석을 통하여 실행한다. 패시브 버스정류장에 대한 이론적인 부분은 패시브하우스를 기초로 한다.

### 2.2 버스정류장 현황분석

버스정류장의 현황을 분석하고 문제점을 도출하여 패시브 버스정류장 필요성에 대한 근거를 확보하고자 한다.

### 2.3 버스정류장 사례연구

버스정류장에 대한 국내외 사례연구를 통하여 패시브 버스정류장에 요구되는 요소를 검토하고 반영하여 기본구상을 마련한다.

### 2.4 패시브 버스정류장 개념 및 기본 구상

패시브 버스정류장에 요구되는 기본적인 기능, 기본구상 스케치, 평면도를 작성한다.

25 **패시브 버스정류장 SWOT분석**

패시브 버스정류장에 대한 SWOT분석을 실시한다. SWOT분석을 토대로 추진전략을 마련한다.

26 **패시브 버스정류장 관련 기술개발 현황분석**

패시브 버스정류장에 소요되는 기술개발 현황분석을 통하여 실현성 정도를 평가한다.

## II 버스정류장 현황 및 문제점

- 1 버스정류장 현황
- 2 버스정류장 문제점

## II 버스정류장 현황 및 문제점

### 1 버스정류장 현황

그동안 버스정류장은 방치되었다. 버스정류장이라는 표지판만 있는 경우가 대부분이었다. 일부 버스정류장에는 의자가 설치되어 있고, 눈·비 또는 햇빛을 피할 수 있도록 지붕도 있으나 여전히 많은 문제점을 지니고 있다. 지하철이 승객의 안전과 비산먼지를 저감시키기 위해 스크린도어를 설치하고 실내 공기질에 대한 개선이 많이 이뤄진 것에 비해 버스정류장은 상대적으로 관심이 많이 배제되어 있었다.

서울시는 2013년부터 버스정류장 사업을 대대적으로 진행하고 있다. 그동안 아무것도 없었던 버스정류장에 1자형 버스정류장을 설치하여 직사광선을 직접적으로 받는 것을 피할 수 있도록 하였으며, 강우 시에 비를 피할 수 있는 기능이 추가되었고, 의자가 마련되어 있어 앉아서 기다릴 수 있도록 개선되었다. 중앙차로에 설치된 버스정류장은 ‘ㄷ’자 형태로 되어 있다는 점 말고는 ‘1’자형과 크게 다르지 않다.



그림 2-1 1자형 버스정류장

그러나 2013년에 새로 설치되기 시작한 버스정류장이 여전히 해결하지 못한 점들은 다음과 같다. 첫째, 겨울에 시민들이 추위에 노출되어 있다는 점이다. 전철과 달리 짧게는 5분에서 길게는 20여분까지 버스를 기다려야 하는 시민들은 추위로 인한 고통을 경험하게 된다. 특히 중앙차로는 추위에 더 노출되는 특성을 보이고 있다. 둘째, 여름에는 시민들이 폭염에 직접적으로 노출된다는 점이다. 기후변화로 인하여 극단적인 현상이 나타나고 있고 여름에 고온 상태에서 버스를 기다리는 신체적으로 취약한 사람들에게는 건강을 위협할 수 있는 문제이다. 특히 아스팔트로 포장된 도로가 햇빛에 달궂어져 내뿜는 열기에 시민들이 직접적으로 노출되는 것도 문제이다. 셋째, 바람과 함께 비나 눈이 올 경우에도 시민들이 노출된다는 점이다. 넷째, 버스정류장에 도착하여 출발하는 버스의 배기가스에 시민들이 직접적으로 노출된다는 점이다. CNG가스도 시민들의 건강에 영향을 미치는 물질들이 배출되기 때문에 가능하면 시민들이 직접적으로 배출가스에 노출되지 않도록 하는 것이 필요하다. 다섯째, 건물일체형 태양전지판처럼 지붕에 햇빛에너지를 생산하기 위한 전지판이 설치되지 않았다는 점이다.



그림 2-2 중앙차로 버스정류장

동작구는 겨울철 칼바람을 피할 수 있도록 버스정류장과 교통섬에 추위 가림막을 50개 설치하였다. 추위 가림막은 버스 승차대 옆에 별도로 ‘ㄱ’자형태 또는 원통형으로 설치하였다. 기존 일자형 버스승차대가 겨울철 바람에 무방비여서 버스를 기다리는 동안 매서운 겨울바람을 피할 수 없는 문제를 해결하고자 시행되었다. 이는 서울시의 버스정류장이 지니고 있는 문제점을 기초 지자체 차원에서 극복하려고 시도한 점에서 의미가 있다. 동작구는 2013년 여름에 버스정류장과 교통섬에 햇볕을 가릴 수 있는 임시 그늘막을 설치해서 주민들로부터 호응을 얻은 바가 있다.



그림 2-3 동작구 버스정류장 추위가림막

서울시는 중앙버스전용차로 버스정류장에 추위를 저감할 수 있도록 13개 정류소 승차대 상부에 전기히터를 시범 설치했다. 도봉·미아로 명륜3가(성대앞), 경인로 영등포역, 한강로 숙대입구역, 시흥대로 구로디지털단지역, 노량진로 노량진역, 수색·성산로 연대앞, 마포로 공덕역정류소 등 13개소이다. 설치하는 전기히터는 복사열 방식을 이용한 램프식

히터로 열손실을 최소화하고 열전달 거리가 6~8m에 달한다. 전기히터의 가동기간은 12월부터 다음해 2월까지로 오전 첫차부터 8시까지, 18시부터 막차까지 타이머와 기상상황을 고려하여 탄력적으로 가동하고 있다.



그림 2-4 버스정류장 전기히터(서울시 공식블로그, 2010.01.13)

온열의자는 서울시가 합정역-이대역(양화신촌로), 사당역-이수교차로역(동작대교), 이수교차로-반포역(신반포로)에 설치되어 있고 12월부터 2월까지 오전4시부터 익일 오전1시까지 1시간 간격으로 가동되며 오후6시 이후에는 계속 가동하고 있다. 온열의자는 시민들의 반응을 보고 확대 설치할 예정이라고 한다. 온열의자 설치로 버스이용 시민들이 겨울 추위를 피하는 효과를 보게 되었다. 미세먼지가 많은 경우에는 사람들이 잘 앉지 않는 문제점도 나타났다.



그림 2-5 버스정류장 운영공급 의자

## 2 버스정류장 문제점

### 2.1 태양광시설이 설치되지 않은 버스정류장

버스정류장은 위치에 따라 태양광 발전을 위한 최적의 조건을 지니고 있는 곳이 많다. 건물 등에 의해 햇빛이 차단되지 않는 지역이라면 태양광 발전을 하기에 적당한 장소이다. 서초구는 2013년 정류장 표지판만 있던 관내 30개 마을버스 정류장에 ‘태양광 마을버스 승차대’를 설치했다. 교통편의 시설인 마을버스 승차대에 태양광 발전을 적용한 것은 서초구가 전국에서 처음이다. 태양광 마을버스 승차대 30곳에서 생산되는 전력량은 하루 100kW/h, 연간 3만6500kW/h이다. 이는 4인 가족 기준으로 17가구가 1년 동안 사용할 수 있는 전력량이다(뉴시스, 2013년 12월 26일). 서울시는 국내 최초로 CIS계 박막태양전지를 종로2가 삼일교 중앙 버스정류장에 설치하여 효과를 검증하고 있다. CIS기술은 그늘이 생기거나 흐린 날 등 햇빛이 강하지 않아도 전기를 생산할 수 있는 시설이다.



그림 2-6 태양광시설이 설치된 버스정류장

그러나 이는 서울시에서 극히 일부이며, 대부분 버스정류장에는 태양광 시설이 설치되어 있지 않다. 중앙버스전용차로 버스정류장에는 주변지역 건물 영향 여부를 검토하여 태양광시설을 설치할 수 있는 가능성이 높은 정류장이 많다. ‘원전하나줄이기’ 실행의 일환으로 버스정류장에 태양광 발전을 적용한다면 정책에 대한 홍보효과도 높일 수 있고 참여도 증진할 수 있기 때문에 지속가능한 서울을 만들 수 있다.

## 2.2 더위 노출

극단적 폭염은 온대지역 여름철 사망률과 유병률을 증가시키는 기상재해이다. 기후변화에 따른 극단적인 고온현상의 증가추세는 중위도 이상 지역에서 강하게 나타나고 있다. 2003년 유럽사례와 같이 대륙적 규모에서는 수만명의 인명피해를 발생시킬 수 있다. 세계보건기구(WHO)는 날씨가 대기, 수질, 식품안전 등의 환경요인뿐만 아니라 인간의 건강에도 직접적 영향을 미치는 중요한 인자임을 강조하고 있다. 의학계에서도 최근에는 날씨를 질병을 일으킬 수 있는 병원체로 간주해야 한다는 인식

이 형성되기 시작하였다. 도시인구 집중과 고령화현상은 폭염취약계층의 증가를 야기하여 대형 인명피해의 위험성을 더욱 가중시키고 있다. 폭염은 건강에 단시간에 영향을 미치기 때문에 적합한 대책과 주의가 요구된다. 2003년 유럽에서 40℃가 넘는 폭염으로 프랑스에서 14,802명, 이탈리아에서 3,134명, 영국에서 2,045명의 초과사망이 보고되었다(이대근 등, 2010). 서울에서도 관측된 일 최고기온 38.4℃로 극값을 경신하며 80%에 달하는 초과사망자가 나타났다(김지영 등, 2006; 최광용 등, 2005). 현재의 버스정류장은 이러한 폭염에 아무런 대피기능을 지니고 있지 못한 상황이다.

23

### 추위 노출

2014년 1월 9일 서울 최저기온이 영하 10.4도로 낮았다. 버스정류장에서 이 추위에 시민들이 그대로 노출되었다. 동작구에서 버스정류장에 설치한 추위가림막도 한계를 드러냈다. 이 추위가림막은 정류장에 써 있는 ‘겨울바람 추위 따뜻한 동작구가 함께 있습니다. 동작구가 있어 따뜻합니다’라는 글귀가 무색하게 차도쪽에서 불어오는 바람을 그대로 맞는 구조여서 추위를 막는데 한계를 보였다.



그림 2-7 동작구 버스정류장 추위가림막

## 배기가스 노출

대기오염은 인간이 제품을 생산하고, 운반하며, 이동하기 위해 에너지를 소비하는 과정에서 연소에 의해 발생한다. 연료 중의 불순물이나 공연비 부족 등 불완전연소로 인하여 일산화탄소(CO), 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 재, 미세먼지, 불연소탄화수소 같은 대기오염물질을 생성한다. 건강영향과 관련하여 입자상물질 특히 PM10, PM2.5와 같은 0.1 $\mu$ m 이하의 초미세먼지, 이산화질소, 일산화탄소, 벤젠 등도 교통관련 대기오염물질로 중요하다.

서울시는 해외 BRT 성공사례를 바탕으로 국내에서 가장 먼저 중앙버스 전용차로를 설치하여 운행시간과 배차간격이 단축되는 등의 성과를 거두었다. 그러나 차도의 중앙 교통섬에서 승객들은 버스를 기다리고 있는 동안 자동차에서 배출되는 각종 배출가스, 매연, 차량소음 등과 같은 공해요인에 무방비로 노출되어 있다.

Daniel Balwin Hess 등은 버스승강장에서 입자상물질에 영향을 미치는 인자로서 통계적으로 유의한 4가지 요인이 있다면서 시간, 승객대기 위치, 버스 승강장 근처의 토지이용, 버스승강장에서 흡연자의 존재 등을 그것으로 제시하였다. 3개의 유리벽으로 된 개방형 승강장 내부에 대기하는 사람들은 오히려 승강장 외부에 대기하는 사람보다 입자상물질 특히, 초미세먼지(PM2.5)에 노출될 확률이 더 높을 수 있다고 하였다. Pope 등은 교차로, 환승허브, 버스정류장과 같이 교통과 관련된 미세환경에서는 비교적 짧은 시간에 더 높은 농도의 입자상 오염물질에 노출될 수 있으며 건강상 위해성을 증가시킬 수 있다고 주장하였다.

서울환경운동연합이 측정한 자료에 따르면 청량리역과 신논현역 버스 중앙차로에서의 이산화질소 농도는 90.8ppb~105.1ppb로 기준치의 1.7배가 넘는 것으로 나타났다(연합뉴스, 2013.4.22).

## 25 장애우 승하차가 어려운 정류장

휠체어를 이용하는 장애우가 저상버스를 이용하려면 버스정류장에 대한 접근과 이동이 자유로워야 하는데 가로수나 벤치, 화단, 불법주차 차량 등 접근을 방해하는 요소가 많이 있다. 정류장 구조가 버스를 보도블록에 가까이 대기 어려운 곳도 많아 정류장을 벗어나 승하차를 하거나 지나치는 경우가 종종 발생하고 있다.

## 26 중앙차로 버스정류장의 불합리한 동선 구조

버스정류장에서 타고자 하는 노선버스와 기다리는 사람이 엉키어 지체 되는 문제가 발생하고, 정차시간이 늘어나는 것뿐만 아니라 심지어 차도로 교행을 하여 안전을 위협하는 문제까지 나타나고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 개선대책이 필요하다.

## 27 협소한 대기공간

버스 대기공간이 부족하여 일시에 많은 사람이 몰리게 되면 안전을 위협하는 문제가 발생하게 된다. 이에 대한 개선대책도 필요하다.

### III 버스정류장 사례연구

- 1 브라질 쿠리치바
- 2 아랍에미레이트 두바이
- 3 영국 런던
- 4 국내 사례

### III 버스정류장 사례연구

#### 1 브라질 쿠리치바

브라질 쿠리치바는 승강장의 빠른 승하차를 위해 선지불방식을 도입하고, 버스와 승강대 높이를 일치시켜 승각간격을 없애 일반인과 휠체어 이동자가 함께 이용하도록 하였다. 또한 냉난방 시설을 겸비한 실내형 부스형태 버스정류장으로 쾌적한 이용과 악천후를 포함한 외부 위험요소로부터 안전하게 보호하는 체계를 갖추었다.

쿠리치바는 '지구에서 환경으로 가장 올바르게 사는 도시'로 알려져 있으며 녹색교통의 모델도시로 알려졌다. 쿠리치바는 사회적 요금제를 채택하고 있어 거리에 따라 요금이 증가하지 않고 얼마든지 환승이 가능하며, 버스체계 내에서 이동이 가능하지만 정류장 밖으로 나가게 되면 들어올 때 다시 요금을 지불하게 되어 있다. 서울에서는 정류장 밖으로 나갔다가 30분 내에만 환승을 하면 유효한 것과 비교하면 차이가 있다. 튜브형으로 되어 있어 직접적으로 배기가스 영향으로부터 보호가 되어 있으며 승하차시간을 줄이고 불필요한 엔진의 공회전을 방지해 대기오염을 30% 정도 저감시켰다고 한다. 휠체어 이동자를 위한 리프트 설치와 모든 차량이 동일평면에서 승하차할 수 있도록 되어 있어 휠체어 이동자가 배차간격 등에 대한 문제를 전혀 느끼지 않고 이동을 할 수 있다. 반면 우리는 매우 제한된 차량만이 저상버스로 되어 있어 휠체어 이동을 실질적으로 거부당하고 있다. 이처럼 쿠리치바는 보편적인 복지의 가치지향을 버스정류장에서도 잘 보여주고 있다.



그림 3-1 쿠리치바 부스형 버스정류장



그림 3-2 쿠리치바 부스형 버스정류장 리프트

자료 : [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Bus\\_Stops\\_5\\_curitiba\\_brasil.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Bus_Stops_5_curitiba_brasil.jpg)



그림 3-3 분리대에 의해 구분된 버스전용차로

## 2 아랍에미리트 두바이

아랍에미리트는 고온다습한 기후로 버스이용이 불편하기 때문에 대부분의 사람이 자가용을 이용하면서 교통체증이 일상화되자 2006년부터 대중교통활성화 정책 중의 하나로 ‘냉방버스 정류장’ 프로젝트를 시작하였다. ‘냉방버스 정류장’은 기존 버스 정류장에 에어컨을 설치하여 22~24도로 실내온도를 유지하도록 하여 1,200여 개에 달하는 두바이 모든 버스정류장에 설치하였다.



그림 3-4 두바이 실내형 버스정류장

자료 : 노컷뉴스, 2013년 12월 9일

## 영국 런던

런던에서는 옥상녹화기술이 버스정류장으로 응용되어 잔디지붕 정류장이 만들어졌다.



그림 3-5 영국 런던 버스정류장 잔디지붕

자료 : <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=760>

## 국내 사례

국내에서는 처음으로 인천서구청 앞에 설치된 승강장에 사방을 투명소재로 하여 자연채광이 되는 지붕과 각종 편의시설이 갖춰져 있으나 설치비용이 4,345만원으로 다소 비싸다. 충북 제천시는 2009년 2월 2,800여만원을 들여 냉·난방 시내버스 승강장을 설치하여 운영 중이다(박기형 등, 2011).



(a)인천

(b)경북 포항

(c)충북 제천

**그림 3-6 국내 실내형 버스정류장**

자료 : 박기형 등, 2011

국내 철도 사례로는 KTX 고객대기실이 대표적이다. 여름에는 시원하게 냉방이 되고 겨울에는 따뜻하게 난방이 되는 시설이 고객대기실에 설치되어 있어 이용승객의 쾌적성을 향상시켰다.



**그림 3-7 KTX 고객대기실**

자료 : <http://realog.net/570>

## IV 패시브 버스정류장 기본 구상

- 1 에너지 자립형 패시브 버스정류장
- 2 지붕녹화형 패시브 버스정류장
- 3 불안전 패시브 버스정류장

## IV 패시브 버스정류장 기본 구상

### 1 에너지자립형 패시브 버스정류장

에너지자립형 패시브 버스정류장은 다음과 같은 특징을 지녀야 한다. 첫째, 지붕에 태양광집광판을 설치하여 전력을 생산하도록 한다. 생산된 전력은 버스정보시스템과 조명, 환기장치 가동 등에 사용하도록 한다. 둘째, 밀폐형 구조를 통하여 단열을 통한 온도를 유지할 수 있도록 한다. 투명유리 단열재를 사용하여 단열을 함으로써 버스정류장 내부 온도를 쾌적하게 유지할 수 있도록 한다. 겨울에는 유리를 통하여 들어오는 광에 의한 난방효과도 기대할 수 있다. 여름에는 단열이 되었다고 할지라도 유리를 통하여 들어온 햇빛에너지에 의해 버스정류장 실내 공기가 데워지는 온실효과가 나타날 수 있다. 이 때문에 지붕 아랫부분 뒤편면에 환기장치를 설치하여 지속적으로 외부로 내보내는 동시에 외부의 신선한 공기를 유입하면서 온도를 조절하는 장치를 설치하는 것이 필요하다. 셋째, 터치개폐 도어시스템은 지붕에 설치된 태양광 집광판이 충분한 전기를 생산할 수 있을 때 가능하나 부족할 경우에는 수동으로 전환하여 사용할 수 있도록 자동과 수동 겸용으로 설치하도록 한다. 넷째, 태양광 집광판을 통하여 생산된 전기를 이용하여 온열의자를 가동시킬 수 있도록 한다. 실내 공기를 데워주는 역할과 앉았을 때 온기를 전달해 줌으로써 쾌적성을 확보할 수 있도록 한다. 다섯째, 접이식 의자를 설치하여 기다리는 동안에 쉴 수 있도록 한다. 관광지가 포함된 버스정류장은 상황에 따라 단조로움을 해소할 수 있도록 그네를 설치하는 것을 검토할 필요가 있다. 그네는 그 자체로 사람들에게 다양한 변화를 제공해주기 때문에 안전성만 확보될 수 있다면 이용객 수가 적은 곳을 대상으로 설치 후보지를 찾는 것이 바람직하다. 여섯째, 버스중앙차로 정류장은 에너

지자립형 패시브 버스정류장을 도입하기에 유리한 조건을 지니고 있으므로, 주변지역 토지이용특성 등을 반영하여 결정하도록 한다. 일곱째, 버스중앙차로 정류장은 가로변 차로에 비하여 대기오염물질과 미세먼지 등에 노출되는 문제가 크기 때문에 시민의 건강을 고려할 때 기본적으로 패시브 버스정류장으로 설치하도록 한다. 여덟째, 바닥에 태양광을 이용한 온열매트를 설치하도록 한다. 아홉째, 패시브 버스정류장은 겨울에 온도 고려와 바람, 눈, 미세먼지 대응 등 복합적인 역할을 하도록 한다.

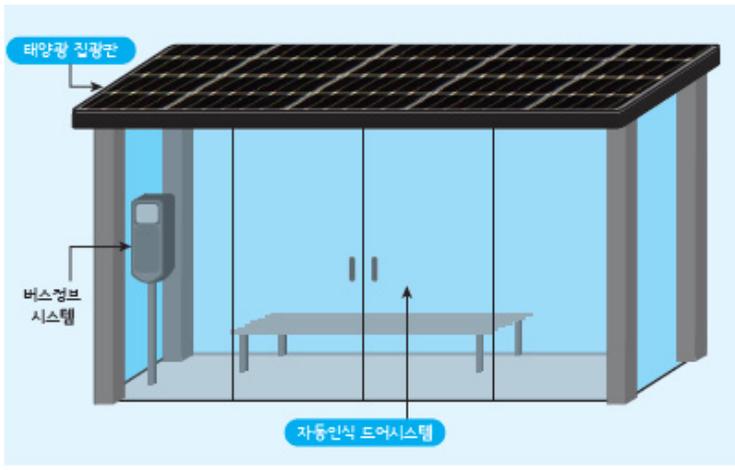


그림 4-1 에너지 자립형 패시브 버스정류장 모형

## 2 지붕녹화형 패시브 버스정류장

지붕녹화형 패시브 버스정류장은 전력생산이 불가능한 지역을 대상으로 에너지수요관리 측면에서 에너지소비를 최소화할 수 있다. 지붕녹화형 패시브 버스정류장은 다음과 같은 특징을 지녀야 한다. 첫째, 지붕에 태양광집열판 대신에 잔디 등을 식재하여 패시브정류장 내부 온도를 관리할 수 있도록 한다. 둘째, 지동인식 도어시스템은 전력수요를 높이기

때문에 수동식 개폐장치를 선택하도록 한다. 셋째, 중앙차로 에너지자립형 설치가 어려운 정류장이나 지선버스 정류장에 설치하도록 한다. 넷째, 패시브 버스정류장 내부와 외부 열전달효율을 최소화할 수 있도록 한다. 다섯째, 내부 의자는 온열의자를 설치하여 내부 온도를 조절할 수 있도록 한다. 여섯째, 여유공간에 접이식 의자를 설치하여 버스를 기다리며 쉴 수 있도록 한다. 일곱째, 뒤쪽 지붕 아랫부분에 환기장치가 설치되도록 한다.

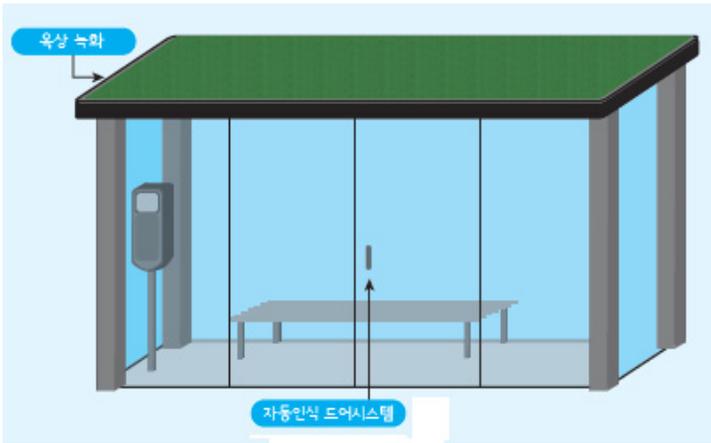


그림 4-2 지붕녹화형 패시브 버스정류장 모형

### 3 불완전 패시브 버스정류장

불완전 패시브 버스정류장은 다음과 같은 특징을 지녀야 한다. 첫째, 내부와 외부가 명확하게 구분이 되지 않도록 한다. 겨울철에 바람 영향을 차단하는 역할을 할 수 있으나 4면이 대부분 막혀 있어서 외기에 노출되어 있기 때문에 추위에 대한 부분은 문제를 지니고 있다. 따라서 서울시에서 시범적으로 설치하고 있는 난방적용을 검토할 필요가 있다. 둘째, 지붕은 햇빛에너지를 이용하여 태양광발전을 할 수 있도록 한다. 주변지

역 여건으로 태양광 발전이 어려운 경우에는 지붕녹화를 실시한다. 셋째, 환기는 자연환기를 통하여 쾌적성을 유지할 수 있도록 한다.

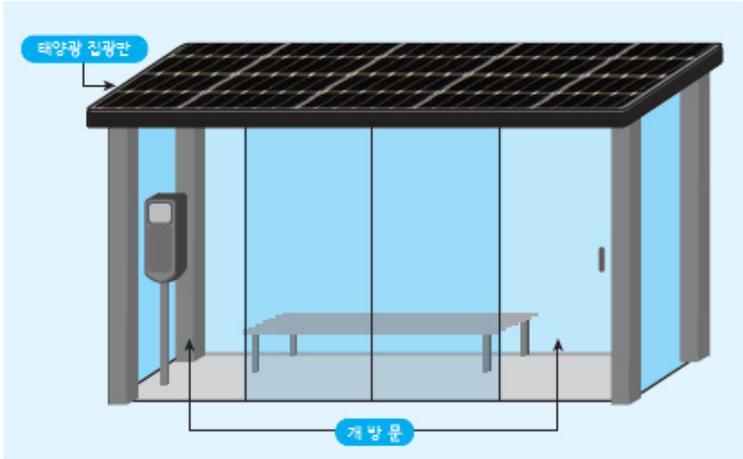


그림 4-3 불완전 패시브 버스정류장 모형

## V 패시브 버스정류장 SWOT 분석

- 1 에너지 자립형 패시브 버스정류장 SWOT 분석
- 2 지붕 녹화형 패시브 버스정류장 SWOT 분석
- 3 불완전 패시브 버스정류장 SWOT 분석

## V 패시브 버스정류장 SWOT분석

### 1 에너지 자립형 패시브 버스정류장 SWOT분석

에너지 자립형 패시브 버스정류장의 강점은 태양광발전 전력생산을 통해 버스정류장에서 소요되는 전력을 자체적으로 공급하는 체계를 갖추므로써 원전하나줄이기 운동을 강화하는데 기여할 수 있을 뿐만 아니라 유지관리비용이 저렴하고 안전, 건강 등 시민에게 실질적인 혜택이 돌아갈 수 있다는 점이다. 기회적인 요인은 태양광 모듈 가격 완화와 기후변화협약에 따른 지자체 에너지 절약 요구 강화 등에 따라 에너지 절약과 에너지 생산 압력이 가중되고 있는 현실을 고려하면 강력한 효과가 있다는 점이다. 이 유형의 약점은 현재의 일자형 버스정류장에 비하여 상대적으로 가격이 비싸다는 점이다. 그리고 에어컨을 설치하게 되면 냉방은 확실하게 되겠지만 유지관리비용이 많이 들어 환기를 통한 온도조절 기능을 하는 것으로 설정했기 때문에 여름철 폭염 시에 환기능력의 한계 등으로 인하여 온도조절 범위가 일정한 한계를 지니고 있다는 점도 약점이다. 기후변화는 최근 미국 영화 ‘투마로우’에서 나오는 가상이야기가 현실에서 나타나고 있기 때문에 기후변화에 대한 적응 차원에서 버스정류장을 개선하는 것이 시급하다. 극단적인 기상현상의 빈번한 발생은 대중교통에 대한 시민들의 선호도에 영향을 미칠 수 있기 때문에 지속적인 분담률을 확보하기 위해서는 버스정류장에 대한 개선이 요구된다. 최근 폭염쉼터를 지정하여 운영하고 있지만 이와 더불어 공공시설로 운영되고 있는 버스정류장에도 이 유형의 도입을 검토할 필요가 있다.

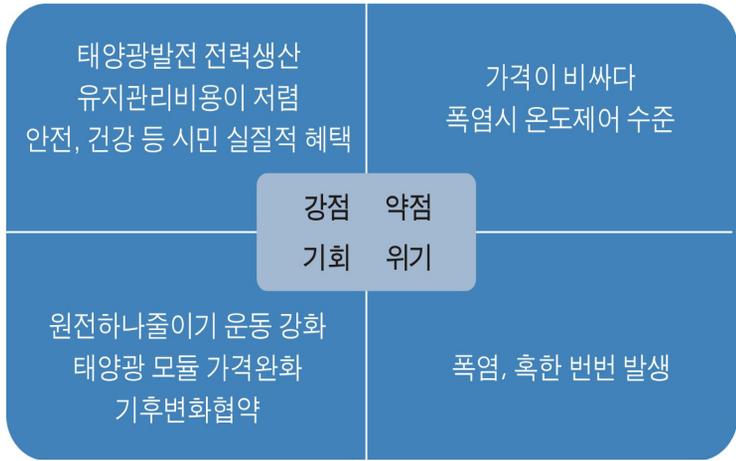


그림 5-1 에너지 자립형 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과

2

## 지붕 녹화형 패시브 버스정류장 SWOT 분석

지붕녹화형 패시브 버스정류장은 중앙차로 버스정류장 가운데 주변 건물로 인하여 지붕에 태양광 집열판을 설치할 수 없는 경우에 배치가 가능한 구조로서 보완적인 성격을 지니고 있는 유형이다. 이 유형의 강점은 버스정류장 지붕에 흙과 식물의 식재를 통해 지붕이 받는 열을 흡수하게 함으로써 버스정류장 내부가 더워지는 것을 억제하고 쾌적한 버스정류장 실내환경을 만든다는 점이다. 여름에는 지붕식재를 통하여 시원하게 하고, 겨울에는 한기를 막아주고 온기를 잡아주는 기능을 하기 때문에 물리적인 구조를 통한 온도조절 효과를 가지고 있다는 점도 강점이다. 이 유형의 단점은 자체적으로 태양광을 이용한 전력생산이 되지 않기 때문에 교통안내시스템, 조명, 터치식 자동문 개폐장치 가동 등의 전력수요에 대하여 외부에서 전기를 공급받아야 한다는 점이다. 기회적인 요인은 주변과의 조화를 이루기 쉽고, 미소생태계를 구성하고 있기 때문에 도시에 생물다양성을 증진하는 효과를 지니고 있다는 점이다. 위기적인 요인은 기후변화로 인하여 혹한과 폭염이 빈번하게 발생하고 있고 그

강도가 점차 세지고 있다는 점이다.



그림 5-2 지붕녹화형 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과

3

### 불완전 패시브 버스정류장 SWOT 분석

불완전 패시브 버스정류장의 강점은 주변지역 여건에 따라 방해를 받지 않는 조건이라면 태양광 발전으로 전력을 생산할 수 있다는 점이다. 이 유형의 약점은 폭염, 혹한에 노출될 수 있다는 점과 소음, 배기가스로 인한 건강영향을 받을 수 있다는 점이다. 기회적인 요인은 현재의 버스정류장이 바람을 피할 수 없는 구조로 되어 있고 바람막이를 설치하였어도 여전히 버스쪽에서 오는 바람을 피할 수 없는 한계를 지니고 있는 반면, 버스쪽에서 오는 바람도 어느 정도 피할 수 있는 점이 있다. 위기적인 요인은 마찬가지로 폭염, 혹한이 빈번하게 발생하고 있기 때문에 여기에 노출되는 정도가 높다는 단점이 있어 적용에 한계가 있다는 점이다. 문이 오픈되어 있어 개폐 부분이 필요가 없어 이동성은 빠르게 확보될 수 있기 때문에 바람의 영향을 많이 받는 지역에 적용할 경우 효과가 기대된다.



그림 5-3 불완전 패시브 버스정류장 SWOT 분석결과

## VI 패시브 버스정류장 추진전략

- 1 S-W 전략
- 2 S-O 전략
- 3 S-T 전략

## VI 패시브 버스정류장 추진전략

### 1 S-W 전략

에너지자립형 패시브 버스정류장은 태양광발전 전력생산, 유지관리비용의 저렴, 안전, 건강 등 시민에게 실질적인 혜택을 제공하는 강점이 있지만, 가격이 비싸고 폭염 시 온도제어 수준에 한계를 지니고 있다. 따라서 이 유형은 버스중앙차로 정류장에 도입하기 위한 기술적인 검토가 요구된다.

지붕녹화형 패시브 버스정류장은 지붕녹화를 통하여 물리적인 환경을 개선함으로써 온도를 조절하는 효과를 기대할 수 있고 그 자체에 대해서는 에너지가 추가적으로 투입되지 않는 장점이 있으나 버스 정류장에 필요한 안내시스템, 조명, 문개폐 등에 요구되는 전기를 외부에서 공급해야 한다는 단점을 지니고 있다. 따라서 이 유형도 기술적인 검토를 위한 과정이 요구된다.

불완전 패시브 버스정류장은 태양광발전으로 전력을 생산할 수 있는 강점이 있지만 폭염, 혹한에 노출되고 소음, 배기가스 등에 노출되어 건강 영향을 받는 약점도 지니고 있다. 따라서 이 유형 역시 기술적인 검토를 할 필요가 있다.

### 2 S-O 전략

에너지자립형 패시브 버스정류장은 원전하나줄이기 운동과 기후변화협약에 따른 시민실천 강화, 생산증가에 따른 태양광 모듈가격 인하 등 실질적인 효과를 기대할 수 있는 여건이 개선되고 있기 때문에 시민들이 일상적으로 생활하고 있는 공간에서 에너지 문제와 기후변화문제를 실질적으로 체험하고 교육하는 공간으로 활용할 수 있다. 또한 버스정류장

에 대한 인식을 개선하여 안전과 건강, 환경을 위한 사회적, 경제적, 생태적 지속가능성을 확보하는 전략으로 실행할 수 있다. 이 유형은 버스정류장에 적절한 교육프로그램의 실행 가능성이 있기 때문에 확장성에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

지붕녹화형 버스정류장은 물리적인 환경 조성을 통하여 자동적으로 온도를 조절하는 효과를 지니고 있는 강점이 있으며, 주변환경과 조화를 이루고 생물다양성을 증진할 수 있기 때문에 버스정류장이 징검다리 생태계 역할을 할 수 있을 것으로 보인다. 이에 따라 우선적으로 설치가 요구되는 특성을 지닌 곳에 대한 연구가 필요하며, 기본적으로 버스중앙차로정류장에 도입되는 것이 바람직하다. 현재 버스정류장 안전바에 식물이 식재되어 있는데, 이 유형은 그 규모가 더 크고 안정적으로 이루어지고 있으며, 도시인에게 심미적인 효과를 제공한다는 점에서 의미가 있다. 또한 도시 열섬효과를 미약하지만 개선하자는 점에서 그 의미가 있다. 불완전 패시브 버스정류장은 태양광 발전으로 전력을 생산할 수 있고 바람의 영향을 어느 정도 피할 수 있는 장점도 있기 때문에 교외, 마을버스, 지선버스 정류장에 적합한 유형이라고 볼 수 있다. 이 유형은 버스 이동량이 많지 않아 배기가스로 인한 영향이 직접적이지 않은 지역에 적용이 가능하다.

### 3

## S-T 전략

서울시는 2013년에 버스정류장에 대한 대대적인 시설투자를 하고 있다. 그러나 유감스럽게도 시민들이 피부로 느끼는 문제를 해결하는 데에는 많은 한계를 지니고 있다. 특히 기후변화로 인하여 폭염과 혹한이 그 강도를 더해가고 있는데 우리의 그러한 기후적인 특성을 반영하지 않고 개방형 버스정류장을 신설하고 있어 많은 문제를 안고 있다. 현재의 버스정류장 시스템을 이 연구에서 제안하는 방식으로 전환할 수 있는 방안

을 마련하는 것이 S-T전략의 핵심방안이다. 최근 미세먼지가 시민의 건강을 심각하게 위협하는 것으로 인식이 강화되고 있다. 특히 버스중앙차로는 버스에서 배출되는 대기오염 물질인 미세먼지에 시민들이 노출되는 문제가 반복적으로 발생하기 때문에 이에 대한 개선이 매우 중요한 과제로 대두되고 있다. 따라서 여름철 혹서와 겨울철 혹한 대한 대피장소 또는 쉬어 갈 수 있는 기능을 제공하고, 점차 심화되어 가는 미세먼지의 위협으로부터 시민들의 건강을 지키기 위해서는 현재의 버스정류장 구조로는 많은 한계를 지니고 있어 패시브 버스정류장으로 전환이 요구된다.

## VII 결론 및 정책적 시사점

- 1 결론
- 2 정책적 시사점

## VII 결론 및 정책적 시사점

1

### 결론

2013년은 서울시가 버스정류장 정책을 본격적으로 실행했다는 점에서 의미가 있다. 그러나 실내형 버스정류장이 소수에 불과하고 시범적인 설치에 그치고 있으며, 일반 시민들이 실질적인 혜택을 누리기에는 한계가 있다. 또한 혹한에 대비해 버스정류장에 난방시설을 설치하는 시범사업을 하고 있지만, 폭염 대책은 동작구에서 그늘막 설치 수준에 머무르고 있어 이에 대한 근본적인 대책이 요구된다.

기후변화로 인한 혹한과 폭염, 자동차 배기가스로 인한 건강영향, 미세먼지로 인한 건강영향, 안전한 승하차 등 버스를 이용하는 시민들에게 실질적인 혜택이 돌아가도록 하는 보편적 복지의 일환으로 패시브 버스정류장의 도입을 검토할 필요가 있다.

패시브 버스정류장은 서울이 세계적으로 한 단계 업그레이드된 시민서비스 정책이자 대중교통 확산 정책의 일환으로 추진될 경우 서울 관광에 대한 기대효과도 부수적으로 기대해 볼 수 있다. 현재 부분적으로 진행하고 있는 대응으로는 시민들이 겪고 있는 고통을 절감시키기에는 한계가 있기 때문에 구체적인 기술 검토와 경제적인 검토 등을 토대로 대대적인 개편이 필요하다. 또한 버스정류장에 대한 인식을 개선하여 혹서와 혹한에 대한 대피처 기능을 할 수 있도록 하며, 휴대폰 충전 등의 기능이 제공될 수 있도록 검토할 필요가 있다.

2

### 정책적 시사점

이 연구 결과를 토대로 한 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 서울시 버스중앙차로에는 패시브 버스정류장 도입이 필요하다. 이는 버스를 이

용하는 시민들이 버스 중앙차로에서 자동차에서 배출되는 대기오염물질인 미세먼지에 노출되고, 흑한과 흑서에 직접 노출되는 문제를 해결하여 건강한 대중교통이 될 수 있도록 할 뿐만 아니라 자가용 이용도 억제함으로써 자가용에서 배출되는 미세먼지를 저감시키는 효과를 기대할 수 있기 때문이다. 둘째, 온도와 바람은 버스정류장 구조를 결정하는데 중요한 역할을 하는데 현재의 버스정류장은 많은 한계를 지니고 있어 대중교통 활성화에 한계로 작용하고 있다. 셋째, ‘원전하나 줄이기’, ‘기후 변화 실천’ 등과 결합하여 시민들이 실질적으로 생활하고 있는 공간에서 획기적인 변화를 줌으로써 일상적인 실천의 생활화를 촉진할 수 있는 계기를 확보할 수 있다. 넷째, 버스정류장이 기후변화교육의 장이 될 수 있도록 추가적인 프로그램 개발이 필요하다. 다섯째, 버스중앙차로에는 에너지자립형 패시브 버스정류장 또는 지붕녹화형 패시브 버스정류장이 적합하며, 지선버스 및 마을버스 정류장에는 불완전 패시브 버스정류장이 적합한 것으로 나타났다.

## 참고문헌

## 참고문헌

김지영·이대근·박일수·최병철·김정식, 2006, “한반도에서 여름철 폭염이 일 사망률에 미치는 영향”, 대기, 16권 4호, 269~278.

노컷뉴스, 2013, “LG전자, 두바이 실내 버스정류장 프로젝트 참여”, 2013년 12월 9일

뉴시스, 2013, “서초구, 태양광 마을버스 승차대 30곳 설치”, 2013년 12월 26일

박기형·도우곤·유은철, 2011, “버스승강장 시설 개선을 통한 대기오염물질 저감방안 및 위해성 평가”, The Annual Report of Busan metropolitan city Institute of Health & Environment 20(1), 163~175.

아시아경제, 2014, “동작구, 버스정류장 등 50개소에 추위가림막 설치”, 2014년 1월 8일

연합뉴스, 2013, “서울환경운동연합, 버스환승센터 주변 공기오염 심각”, 2013년 4월 22일

최광용·최종남·권호장, 2005, “높은 체감온도가 서울의 여름철 질병 사망자 증가에 미치는 영향”, 1991-2000, 예방학회지, 38권, 283~290.

Daniel Balwin Hess, Paul David Ray, Anne E. Stinson, JiYoung Park, 2010, “Determinants of exposure to fine Particulate matter (PM2.5) for waiting passengers at bus stops”, **Atmospheric Environment**, 44, 5174~5182

Pope, C.A., D.W., “Health effects of fine particulate air pollution : lines that connect”, **Journal of the Air & Waste Management Association** 56(6), 709~732.

<http://www.greenroofs.com>

그린루프 닷컴(그린루프 & 그린월 프로젝트  
데이터베이스)

서울연 2013-PR-48

패시브 버스정류장 모형 개발

발행인 이창현

발행일 2014년 2월 2일

발행처 서울연구원

137-071

서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1319

비매품 ISBN 979-11-5700-001-2 93530

본 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.