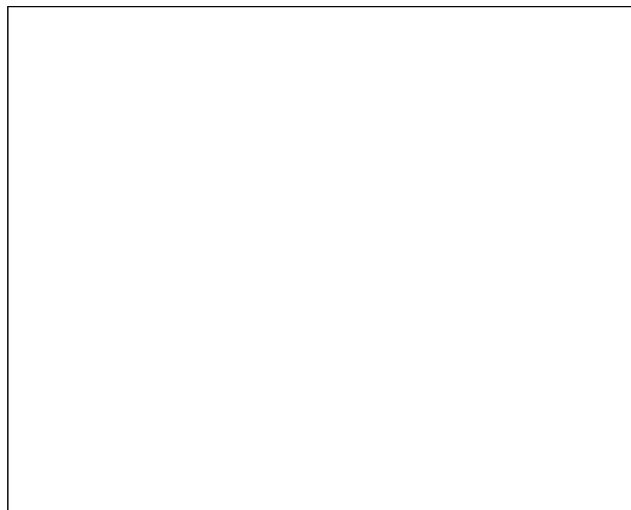


2025-12  
정책연구

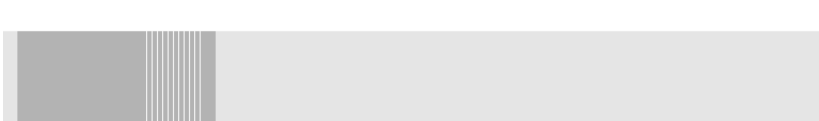
# 기후변화 대응에 따른 기존용벽 친환경 녹화방안



국립중앙도서관 출판시도서목록(CIP)







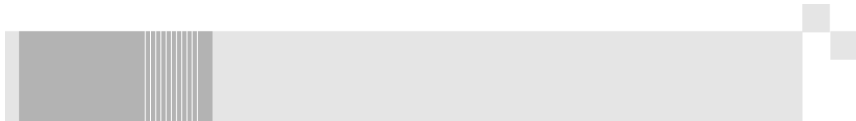
# 목차

<b>연구요약</b> .....	<b>v</b>
<b>제1장 서론</b> .....	<b>3</b>
제1절 연구의 필요성 및 목적 .....	3
제2절 연구내용 및 범위 .....	5
제3절 연구수행 방법 .....	6
<b>제2장 기후변화 현황 및 전망</b> .....	<b>9</b>
제1절 강원지역 기후변화 현황 .....	9
1. 평균기온 .....	9
2. 강수량 .....	15
3. 고온일수 .....	18
4. 강원지역 온실가스 배출현황 .....	20
제2절 강원지역 기후변화 전망 .....	21
1. 평균기온 .....	21
2. 고온일수 .....	24
<b>제3장 기존 및 친환경 용벽 주요특징</b> .....	<b>31</b>
제1절 기존 용벽 특징 .....	31
1. 기존 용벽 주요기술 .....	31
2. 기존 용벽의 적용한계점 .....	33

제2절 친환경 옹벽 .....	37
1. 친환경 옹벽 구조 .....	37
2. 친환경 옹벽의 기술 .....	42
3. 추진한계점 및 개선 방향 .....	46
제3절 기존 옹벽의 친환경 녹화방안 .....	51
1. 기존 옹벽 친환경 녹화 개념 .....	51
2. 기존 옹벽의 녹화방법 .....	53
<b>제4장 정책제언 및 기대효과 .....</b>	<b>59</b>
제1절 정책제언 .....	59
제1절 기대효과 .....	62
<b>참고문헌 .....</b>	<b>67</b>

## 표목차

표 2-1 강원지역 기온특성(ASOS 지점) .....	10
표 2-2 강원지역 주요지점의 강수일수 .....	15
표 2-3 강원지역 주요지점의 강수량 변화 .....	16
표 2-4 강원지역 주요지점의 최근 5년간 계절별 강수량 변화 .....	17
표 2-5. 영서 지역 폭염·열대야 일수 .....	19
표 2-6 강원지역의 온실가스 배출량 .....	20
표 2-7. 기후변화 시나리오에 따른 강원도 기온변화 .....	22
표 2-8. 기후변화 시나리오에 따른 강원도 극한기후일 수 변화 .....	25
표 3-1 기존 용벽의 종류 및 특징 .....	32
표 3-2 친환경 용벽의 기능적 가치 .....	40
표 3-3 친환경 용벽의 장·단점 .....	41
표 3-4 식생패널 및 식생 보강토 용벽 .....	42
표 3-5 친환경 소재 활용 용벽 .....	44
표 3-6 친환경 용벽의 친환경성 및 구조안정성 비교 .....	45
표 3-7 친환경 용벽 적용의 기술적 한계 .....	46
표 3-8 친환경 용벽 적용의 경제적 한계 .....	47
표 3-9 친환경 용벽의 제도적 한계 .....	47
표 3-10 친환경 용벽의 추진전략 .....	50
표 3-11기존 용벽 녹화 적용기술 특징 .....	54
표 3-12 기존 용벽 식재 가능 식물 .....	54
표 3-13 식생블럭에 식재가능한 저관리 식재 식물종 .....	55
표 4-1 기존용벽의 친환경 녹화방안 정책제언 .....	61
표 4-2 기존용벽과 친환경 용벽의 성능 평가 .....	64



## 그림목차

그림 1-1 추진배경 및 핵심 목표 .....	4
그림 2-1 주요지점별 강원지역의 평균기온 변화(영서지역) .....	12
그림 2-2 주요지점별 강원지역의 평균기온 변화(영동지역) .....	14
그림 2-3. 기후변화 시나리오에 의한 연도별 기온 변화 .....	21
그림 2-4 강원지역 평균기온 전망(SSP. 시나리오 기준) .....	23
그림 2-5 강원지역 폭염일수 전망 .....	24
그림 2-6. 강원지역의 열대야 일수 전망 .....	25
그림 2-7 강원지역 폭염일수 전망(SSP. 시나리오 기준) .....	26
그림 2-8 강원지역 열대야 일수 전망(SSP. 시나리오 기준) .....	27
그림 3-1 공원과 도시 숲의 열환경 지수 .....	36
그림 3-2 친환경 옹벽의 기본 원리 .....	39
그림 3-3 기존 옹벽 친환경 녹화기술 사례 .....	55



## 기후변화 대응에 따른 기존옹벽 친환경 녹화방안

---

기존의 옹벽은 도로나 절개지, 급경사지 등에서 토사를 지지하고 지형을 안정화하는 기능을 수행해 왔다. 그러나 콘크리트를 주재료로 한 기존 옹벽은 도시의 미관을 훼손하고 열환경을 악화시키며, 생태계를 단절시키는 등 환경적 측면에서 여러 한계를 지닌다. 또한 제조 과정에서 다량의 탄소를 배출한다는 문제점도 있다.

이에 본 연구에서는 기존 옹벽의 지반 안정 기능을 유지하면서도 자연환경과의 조화, 생태계 복원, 자원순환을 동시에 고려할 수 있는 친환경 옹벽의 적용 방안과 기존 옹벽에 식생층을 결합한 식생녹화 기법을 제안하였다. 주요 녹화 공법으로는 식생토낭, 식생블록, 매트식, 모듈형 플랜터, 덩굴식재 등이 있으며, 식재 식물은 지역의 기후 환경에 대한 적응력이 높고 병해충에 강하며, 유지관리 부담이 적은 덩굴성 식물, 초본류, 관목류 등이 적합하다.

또한 친환경 옹벽의 지속적인 확대를 위해서는 기술적 지원과 제도적 기반 마련이 병행되어야 한다. 이를 위해 도시녹화 조례 및 도시경관 조례 등을 개정하여 공공사업 추진 시 옹벽녹화를 의무화하고, 관련 부서 간 협업체계를 구축해야 한다. 아울러 공공 부문에서는 중앙정부와 지방정부의 매칭 방식으로 예산을 지원하고, 민간부문에는 보조금 지급, 세제 감면, 용적률 완화 등의 인센티브를 제공함으로써 참여를 유도할 필요가 있다.

도심 내 녹화된 옹벽은 도시 경관을 개선하고 주민에게 심리적 안정감을 제공할 뿐만 아니라, 다양한 생물의 서식처로 기능하여 생물다양성을 회복시킨다. 또한 구조물의 내구성을 향상시키고 소음을 저감하는 등 생활환경 개선에도 기여할 수 있다.

친환경 옹벽 도입은 탄소 흡수 및 저감 효과를 통해 기후변화에 대응하고, 도시의 경관과 생태를 동시에 회복시킬 수 있는 지속가능한 도시환경 조성의 실질적 대안으로 판단된다.

▮ 키워드 : 친환경 옹벽, 식생녹화, 도시환경, 생태계 복원

제 1 절 연구의 필요성 및 목적

제 2 절 연구내용 및 범위

제 3 절 연구 수행 방법



# 제 1 장

## 서론



### 제1절 연구의 필요성 및 목적

- 강원도의 경우 전체 국토 면적의 82% 정도가 산림으로 국토 개발에 따른 토사를 지지하거나 사면의 안정성을 확보하기 위해 콘크리트 형태 구조물의 옹벽이 다수 설치 되어있음
- 반면 콘크리트 옹벽 구조물은 자연경관과 어울리지 않는 인공구조물로 도시의 미관을 훼손하고, 산림이나 하천 등 자연환경 속에서 시각적 이질감을 유발해 경관을 훼손하고 있음
- 또한 콘크리트 구조물은 이산화탄소를 배출하여 지구온난화에 간접적으로 기여하고 있으며,
- 도심에서의 콘크리트 옹벽은 미기후를 변화시키고 인공열을 배출하여 주변온도를 상승시키고 도시의 열 환경을 가중시켜 쾌적한 도시환경의 저해 요소로 적용하고 있음
- 특히, 기후변화에 따른 이상기후의 발생빈도와 강도가 커짐에 따라 도시의 열환경은 더욱 악화될 것으로 보이며, 환경을 고려하지 않은 도시의 지속적 개발은 기후변화의 원인인 온실가스 배출의 증가요인으로 작용하고 있음

4 | 기후변화 대응에 따른 기존옹벽 친환경 녹화 방안

- 따라서, 기존의 친환경 옹벽의 녹화방안을 제시하여 자연경관의 조화를 이루고 생태적 가치를 보존하며, 기후변화의 주범인 온실가스를 저감 및 인공구조물의 식생 녹화를 통해 도시의 열섬을 완화하여 열 환경을 개선하는데 목적이 있음

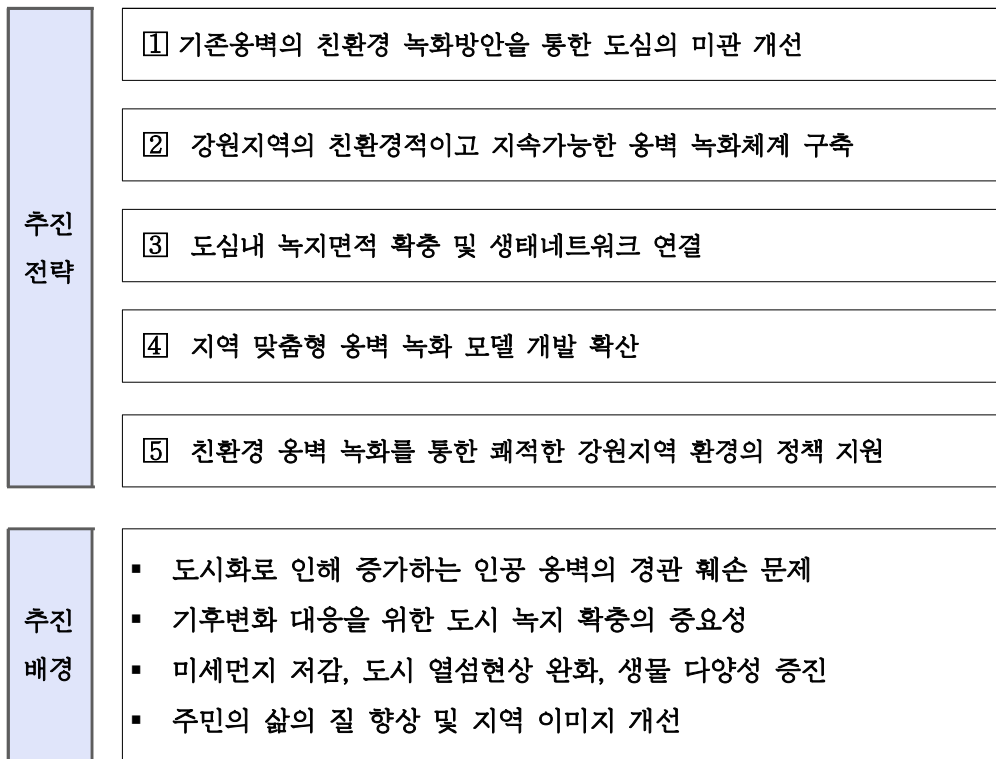


그림 1-1 추진배경 및 핵심 목표



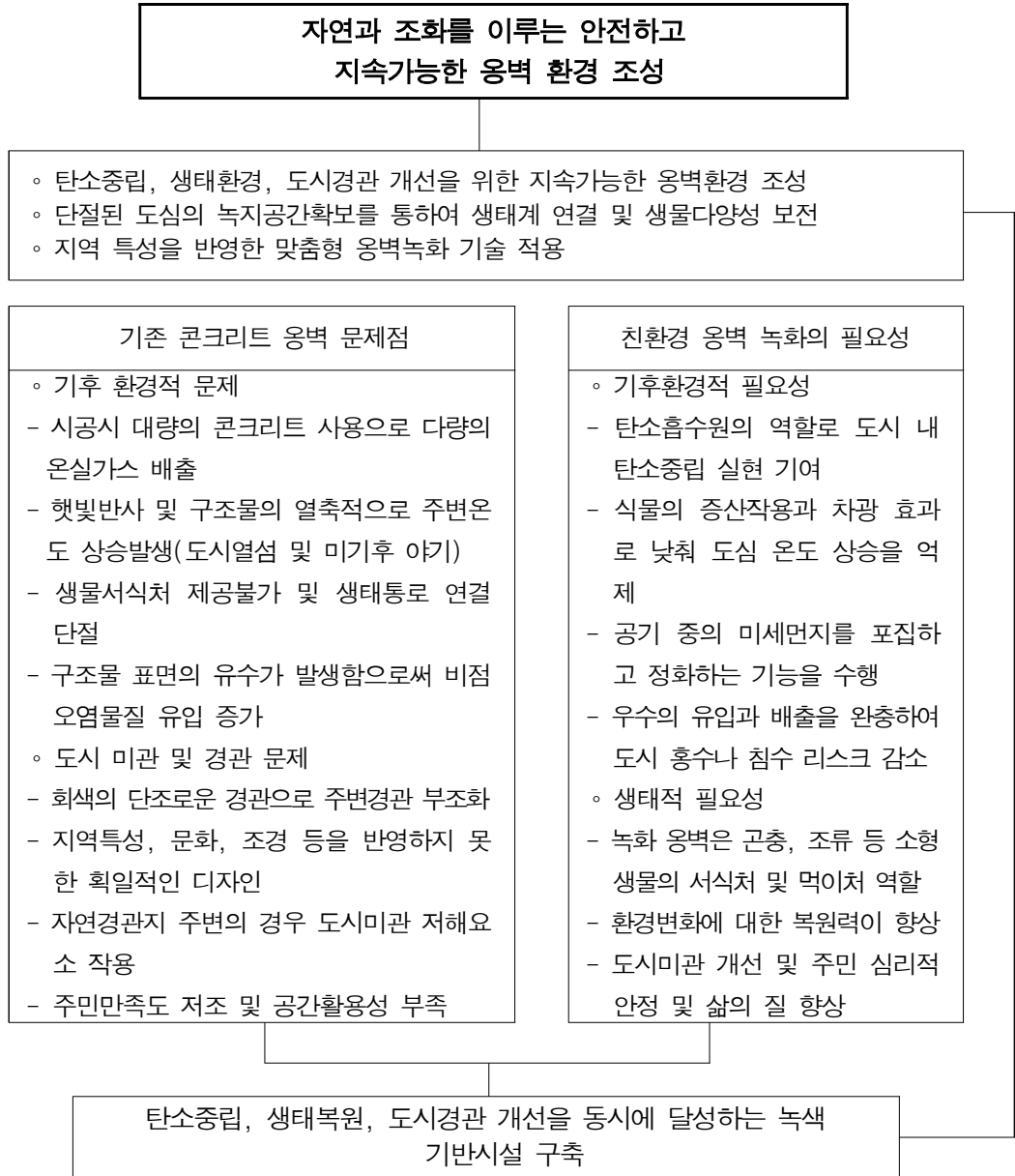
## 제2절 연구내용 및 범위

본 연구는 지속가능한 도시환경 조성을 위해 기존 옹벽의 친환경 녹화방안을 제시하여 도시의 콘크리트 구조물의 미관과 미기후를 개선하여 도시의 쾌적한 기후환경을 조성하는데 있으며, 이에 대한 연구내용은 다음과 같음

1. 강원지역의 기후변화 현황 및 전망
  - 강원지역의 ASOS 지점 기후변화 현황(기온, 고온일수 등)
  - 기후변화 시나리오를 활용한 기후변화 전망
2. 기존 콘크리트 옹벽의 문제점 및 친환경 옹벽 제언
  - 기존 콘크리트 옹벽의 환경적 문제점 및 도시열섬
  - 기존 콘크리트 옹벽의 공법 적용 및 사례
  - 친환경 옹벽의 시공사례 및 강점 분석
  - 친환경 옹벽 녹화의 추진한계점 및 기존 옹벽 비교분석
3. 기존 콘크리트 옹벽 녹화를 위한 공법 및 정책 제언
  - 친환경 옹벽 녹화방안 제언
  - 친환경 옹벽녹화의 추진한계점 진단 및 정책제언
4. 기존 콘크리트 옹벽과 친환경 옹벽녹화 공공적 효과 분석
  - 친환경 옹벽의 특징 및 공공적 효과분석
  - 강원지역의 친환경 옹벽 녹화를 위한 제도도입



### 제3절 연구수행 방법



제 2 장

# 기후변화 현황 및 전망

제 1 절 강원지역 기후변화 현황

제 2 절 강원지역 기후변화 전망



## 강원지역 기후변화 현황



### 제1절 강원지역 기후변화 현황

#### 1. 평균기온

- 강원도의 평년기온을 보면 영서 지역은 10.7℃, 영동은 12.7℃를 보여 영동지역이 영서 보다 약 2℃ 정도 높은 기온분포를 보이며,
- 최근 10년간 평균기온은 영서 지역이 평년보다 0.9℃, 영동은 0.6℃ 높게 나타나 영서 지역에서 빠른 기온변화를 보임
- 지역별로는 평년대비 최근 10년 동안 원주와 홍천지역에서 각각 1.2℃와 1.1℃ 상승하여 높은 기온변화를 보임
- 전체적으로 평균최저기온에서 높은 상승 폭을 보이고 있으며, 지역별로는 최근 4년간 2010년대 대비 영서지역은 0.7℃, 영동은 0.8℃ 상승
- 2010년대 대비 가장 큰 상승 폭을 보인 지역은 강릉지역으로 평균기온 1.3℃, 평균최고 1.5℃, 평균최저는 1.1℃ 상승

표 2-1 강원지역 기온특성(ASOS 지점)

지역	기간	평균기온	평균최고	평균최저	최고기온	최저기온
춘천	1981년~1990년	10.8	17.0	5.6	36.3 (1988.08.02)	-25.6 (1986.01.05)
	1991년~2000년	11.1	17.3	5.9	36.5 (1994.07.22)	-19.1 (1991.01.05)
	2001년~2010년	11.4	17.5	6.3	38.0 (2004.07.31)	-24.5 (2001.01.15)
	2011년~2020년	11.7	18.6	6.6	39.5 (2018.08.01)	-23.1 (2012.02.02)
	2021년~2024년	12.5	18.5	7.2	36.6 (2021.07.24)	-21.9 (2021.01.08)
원주	1981년~1990년	10.5	16.8	5.2	36.3 (1988.08.02)	-27.6 (1986.01.05)
	1991년~2000년	11.3	17.5	6.0	38.0 (1994.07.22)	-17.5 (1991.01.05)
	2001년~2010년	12.0	17.9	6.9	36.4 (2004.07.31)	-21.2 (2001.01.15)
	2011년~2020년	12.5	17.9	7.7	38.8 (2018.08.01)	-20.5 (2012.02.02)
	2021년~2024년	13.3	18.5	8.6	35.6 (2024.06.19)	-18.4 (2021.01.09)
인제	1981년~1990년	9.8	16.3	4.3	37.3 (1988.08.01)	-25.9 (1981.01.06)
	1991년~2000년	10.0	16.5	4.5	36.3 (1994.07.22)	-23.6 (1993.01.21)
	2001년~2010년	10.4	16.6	5.2	36.5 (2005.08.05)	-24.6 (2001.01.16)
	2011년~2020년	10.6	16.9	5.5	37.7 (2018.08.01)	-23.2 (2013.01.04)
	2021년~2024년	11.6	17.9	6.4	36.8 (2021.07.24)	-20.8 (2023.01.25)
홍천	1981년~1990년	10.0	17.6	4.1	37.4 (1984.08.10)	-28.1 (1981.01.05)
	1991년~2000년	10.3	17.5	4.6	38.0 (1994.07.23)	-22.0 (1994.02.10)
	2001년~2010년	10.8	17.5	5.4	36.6 (2008.08.10)	-26.7 (2001.01.16)
	2011년~2020년	11.5	18.3	6.1	41.0 (2018.08.01)	-24.1 (2013.01.03)
	2021년~2024년	12.0	18.4	6.7	36.9 (2021.07.24)	-21.5 (2021.01.09)

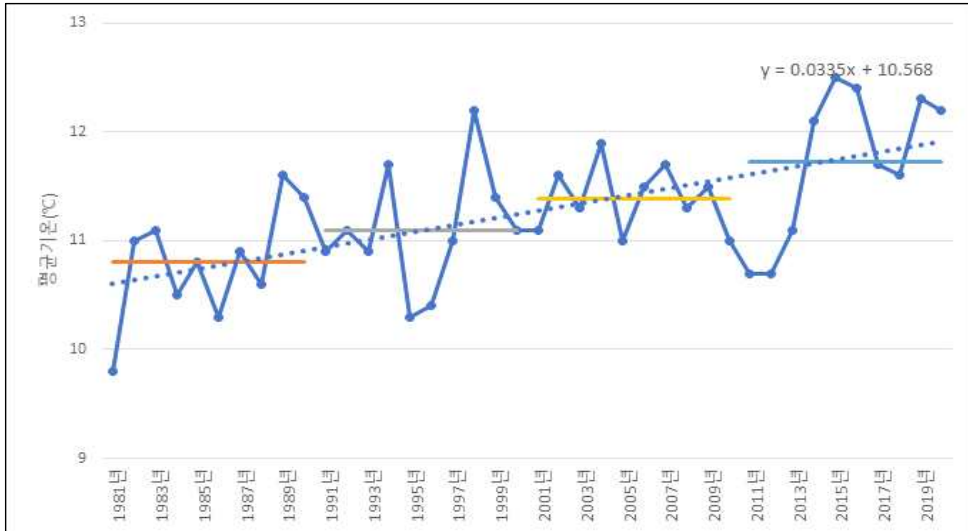
자료 : 기상자료개방포털(<https://data.kam.go.kr>)

표 2-1 강원지역 기온특성(ASOS 지점) 계속

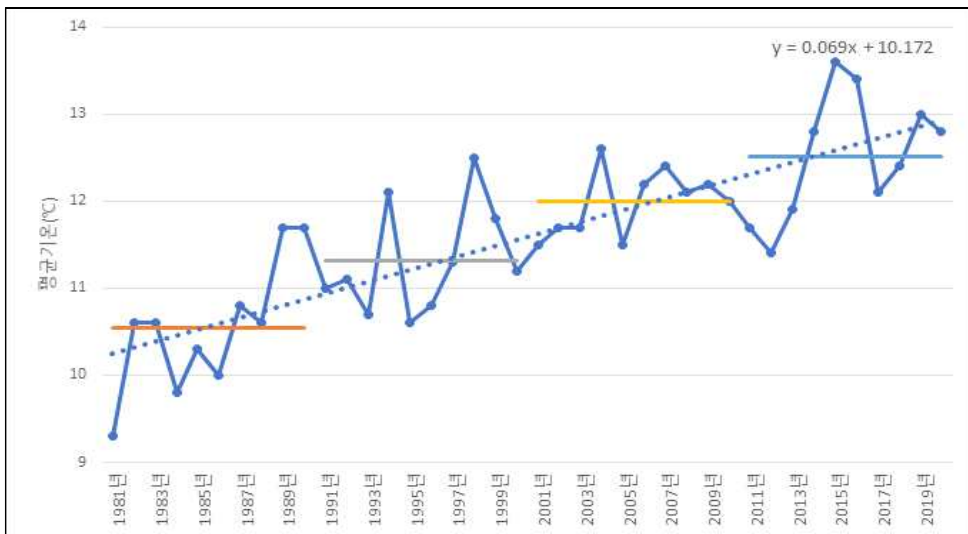
지역	기간	평균기온	평균최고	평균최저	최고기온	최저기온
속초	1981년~1990년	11.8	15.5	8.3	35.8 (1983.08.04)	-16.2 (1981.02.26)
	1991년~2000년	12.3	16.3	8.5	35.9 (1997.08.23)	-14.3 (1996.02.02)
	2001년~2010년	12.4	16.6	8.6	37.1 (2004.07.23)	-15.6 (2004.01.22)
	2011년~2020년	12.8	16.9	8.9	38.7 (2018.08.05)	-16.4 (2016.01.24)
	2021년~2024년	13.4	17.6	9.4	36.6 (2024.08.01)	-16.1 (2021.01.08)
강릉	1981년~1990년	12.7	17.2	8.8	37.6 (1983.08.04)	-15.7 (1981.02.26)
	1991년~2000년	13.3	17.8	9.2	39.3 (1997.08.23)	-13.3 (1996.02.02)
	2001년~2010년	13.4	17.6	9.6	37.1 (2004.07.23)	-15.6 (2004.01.22)
	2011년~2020년	13.7	18.0	9.9	38.2 (2018.08.05)	-14.7 (2016.01.24)
	2021년~2024년	15.0	19.5	11.0	38.4 (2023.08.03)	-15.1 (2021.01.08)

자료: 기상자료개방포털(<https://data.kam.go.kr>)

12 | 기후변화 대응에 따른 기존용역 친환경 녹화 방안

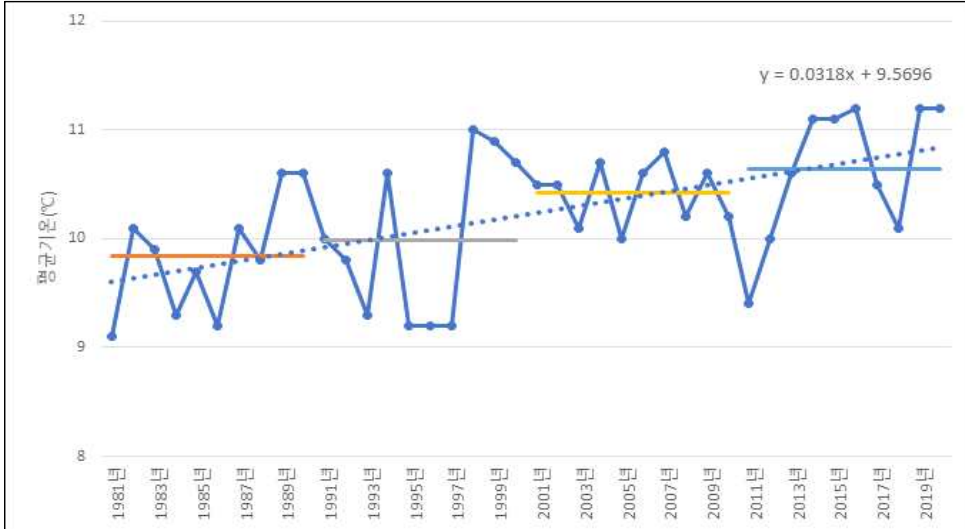


(a) 춘천

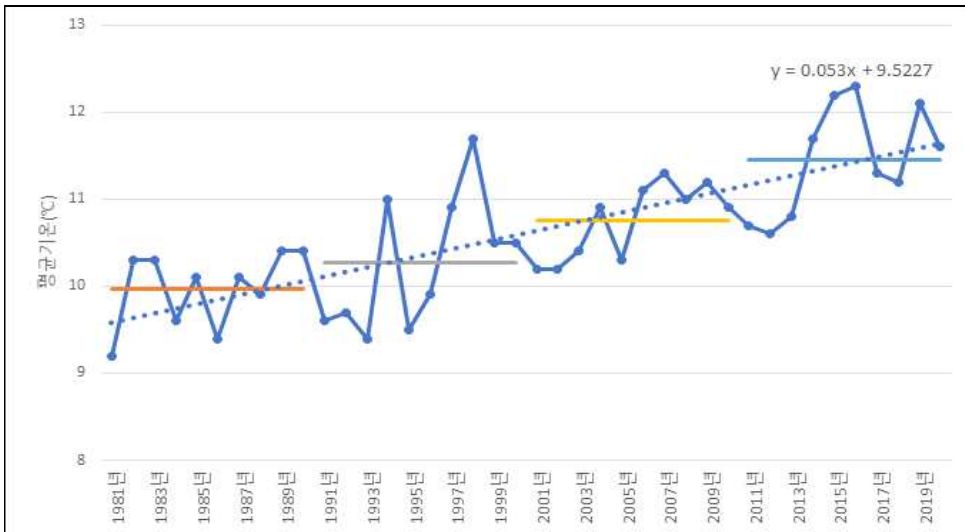


(b) 원주

그림 2-1 주요지점별 강원지역의 평균기온 변화(영서지역)



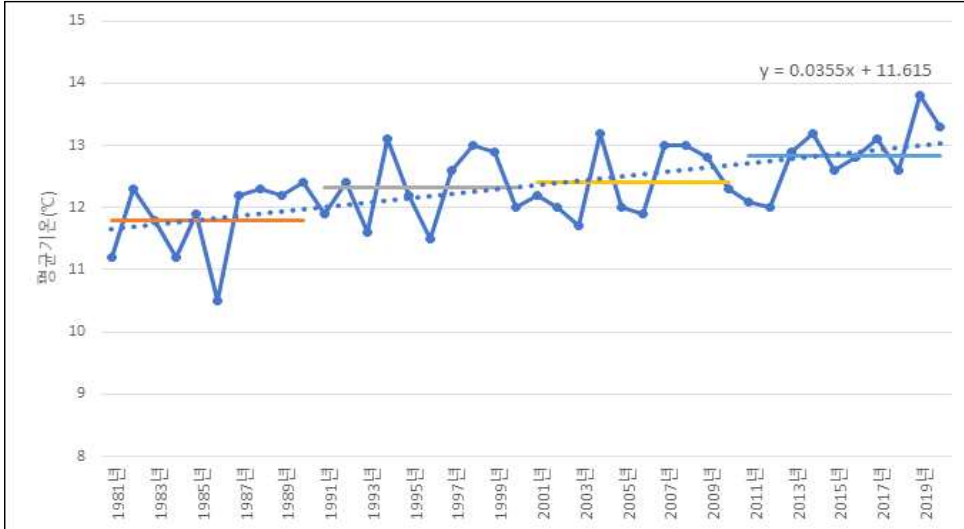
(c) 인제



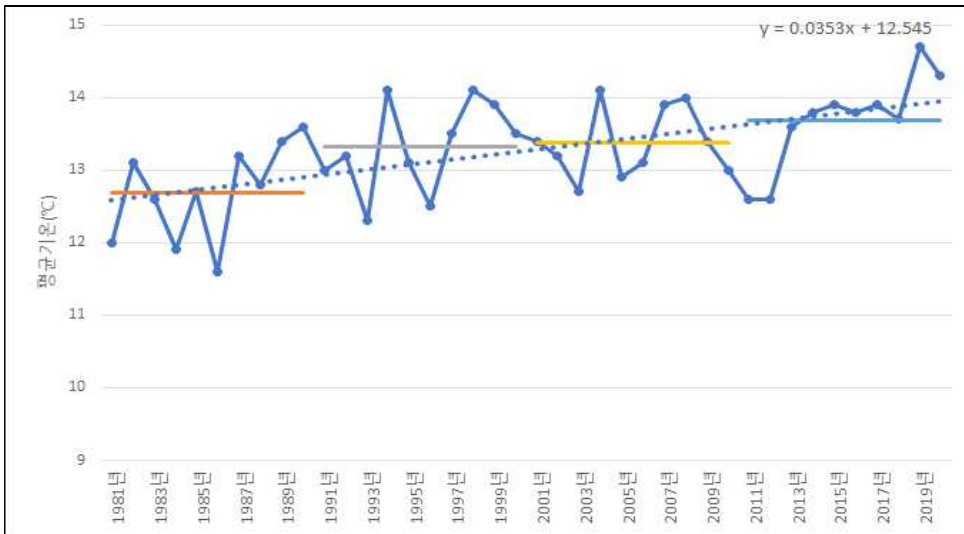
(d) 홍천

그림 2-1 주요지점별 강원지역의 평균기온 변화 계속

14 | 기후변화 대응에 따른 기존용역 친환경 녹화 방안



(a) 속초



(b) 강릉

그림 2-2 주요지점별 강원지역의 평균기온 변화(영동지역)

## 2. 강수량

- 강원도의 평년 강수량 분포를 보면, 영서지역은 1,326mm, 영동은 1,433mm의 강수량을 보임
- 최근 10년간 강수량 변화는 영서지역은 평년대비 약 129mm, 영동은 36mm 적은 강수량을 보여, 영서지역에서 급격한 강수량 변화를 보임
- 지역별로는 홍천지역이 평년대비 약 253mm 감소하여 가장 많은 변화를 보였으며, 다음으로 원주지역이 141mm 감소하여 그 뒤를 이음
- 강수량 감소에 따른 강수일수를 비교하였을 때 전체적으로 계절 및 월별 강수량 편차가 크게 발생한 것을 알 수 있음
- 강수일수는 영서지역이 106일을 영동은 111일을 보여 두 지역 간의 차이는 없는 것으로 나타났으며, 지역별 최근 5년간 강수일수를 보면, 원주와 속초지역에서 평년대비 각각 14.8일, 12.6일 적은 강수일수를 보임

표 2-2 강원지역 주요지점의 강수일수

지역	평년(일)	최근10년(일)	최근 5년(일)	비 고
춘천	106.1	103.2	97.8	
원주	113.6	106.9	98.8	
인제	102.5	109.6	104.6	
홍천	100.6	104.4	100.4	
속초	111.0	108.2	98.4	
강릉	111.1	113.5	108.8	

자료: 기상자료개방포털(<https://data.kam.go.kr>)

표 2-3 강원지역 주요지점의 강수량 변화

지역	기간	평균강수량(mm)	일최대강수량(mm)	시간최대강수량(mm)
춘천	1981년~1990년	1,313.3	260.0(1984.09.01)	62.0(1988.07.13)
	1991년~2000년	1,289.5	308.5(1991.07.25)	60.0(1991.07.25)
	2001년~2010년	1,439.2	204.0(2008.07.24)	59.5(2010.09.10)
	2011년~2020년	1,295.4	262.5(2011.07.27)	60.5(2017.08.24)
	2021년~2024년	1,345.9	166.4(2022.09.05)	48.4(2021.08.01)
원주	1981년~1990년	1,336.9	250.5(1990.09.11)	77.0(1983.08.09)
	1991년~2000년	1,298.0	181.9(2000.07.22)	66.0(1998.08.08)
	2001년~2010년	1,396.0	305.0(2002.08.07)	62.0(2002.08.07)
	2011년~2020년	1,202.9	255.5(2012.07.06)	57.4(2016.07.05)
	2021년~2024년	1,318.3	121.0(2022.08.09)	60.8(2021.06.22)
인제	1981년~1990년	1,158.9	275.8(1984.09.01)	35.5(1984.09.01)
	1991년~2000년	1,155.1	216.5(1999.08.02)	86.0(1998.08.06)
	2001년~2010년	1,317.8	202.0(2006.07.15)	70.0(2006.07.15)
	2011년~2020년	1,141.3	252.0(2016.07.05)	66.0(2011.07.27)
	2021년~2024년	1,185.0	252.0(2022.09.05)	37.2(2023.08.23)
홍천	1981년~1990년	1,352.1	276.0(1990.09.11)	57.5(1990.06.24)
	1991년~2000년	1,337.5	232.0(1992.08.27)	66.0(1995.07.10)
	2001년~2010년	1,526.6	255.5(2006.07.16)	89.0(2006.07.15)
	2011년~2020년	1,152.9	158.5(2018.05.17)	67.1(2020.08.03)
	2021년~2024년	1,323.7	158.6(2022.09.05)	48.4(2021.08.01)
속초	1981년~1990년	1,382.8	314.2(1984.09.02)	56.8(1986.08.21)
	1991년~2000년	1,369.4	195.7(1999.09.20)	47.0(1992.10.12)
	2001년~2010년	1,454.3	295.5(2002.08.31)	69.0(2004.07.04)
	2011년~2020년	1,398.2	226.2(2018.08.06)	70.1(2018.08.06)
	2021년~2024년	1,459.9	368.7(2023.08.10)	91.3(2023.08.10)
강릉	1981년~1990년	1,450.1	297.5(1990.09.11)	60.0(1987.07.16)
	1991년~2000년	1,397.3	223.0(1993.08.10)	47.2(1992.09.19)
	2001년~2010년	1,546.0	870.5(2002.08.31)	100.5(2002.08.31)
	2011년~2020년	1,391.3	310.0(2019.10.03)	93.0(2018.08.06)
	2021년~2024년	1,437.6	270.5(2023.08.10)	60.2(2021.08.08)

자료 : 기상자료개방포털(<https://data.kam.go.kr>)

표 2-4 강원지역 주요지점의 최근 5년간 계절별 강수량 변화

지점	계절	평년(mm)	최근5년(mm)	증감량(mm)
춘천	봄	204.4	237.4	33
	여름	841.0	737.8	△103.2
	가을	225.7	305.6	79.9
	겨울	69.3	64.0	△5.3
원주	봄	202.9	201.0	△1.9
	여름	784.3	760.5	△23.8
	가을	241.8	302.2	60.4
	겨울	68.8	55.3	△13.5
인제	봄	194.5	206.9	12.4
	여름	736.8	634.6	△102.2
	가을	213.1	292.6	79.5
	겨울	59.5	51.2	△8.3
홍천	봄	212.8	225.8	13
	여름	833.1	719.1	△114
	가을	231.9	310.6	78.7
	겨울	60.6	66.4	5.8
속초	봄	214.1	211.7	△2.4
	여름	683.1	612.0	△71.1
	가을	380.5	493.1	112.6
	겨울	128.2	145.6	17.4
강릉	봄	226.2	220.8	△5.4
	여름	661.6	604.1	△57.5
	가을	424.3	449.3	25
	겨울	131.1	163.4	32.3

주) '△' 은 감소

자료 : 기상자료개방포털(<https://data.kam.go.kr>)

### 3. 고온일수

- 강원지역의 폭염일수를 보면 영서지역 경우 최근 10년간 평년(10.1일)대비 4.4일 증가하였으며, 영동은 평년(7.3일)대비 3.9일 증가
- 지역별로는 영서지역의 경우 홍천지역이 평년(13.9일)대비 7일 증가하여 가장 많은 증가일을 보였으며, 영동은 속초지역이 평년(3.5일)대비 4.4일 증가하였음
- 폭염지속일수의 경우 춘천지역이 최근 10년간 평년(4.8일)대비 2.6일 증가하여 가장 긴 지속일수를 보였으며, 영동은 강릉지역이 평년(4일)대비 2.5일 증가하여 가장 많은 지속일수 변화를 보임
- 열대야일수는 영서와 영동지역이 평년대비 각각 3.7일, 5.2일 증가하였으며,, 지역별로는 영서지역의 경우 춘천과 원주지역이 각각 5.8일과 6일, 영동은 강릉지역이 5.2일 증가하여 가장 많은 증가 일수를 보임

표 2-5. 영서 지역 폭염·열대야 일수

지역	기간	폭염일수(일)	폭염지속일수(일)	열대야일수(일)
춘천	1981년~1990년	9.9	5.5	0.9
	1991년~2000년	11.1	5.3	1.8
	2001년~2010년	10.6	3.6	2.5
	2011년~2020년	14.0	7.4	7.5
	2021년~2024년	20.5	10.5	11.2
원주	1981년~1990년	8.9	5.1	1.0
	1991년~2000년	10.4	5.1	3.4
	2001년~2010년	11.7	5.9	3.5
	2011년~2020년	14.3	6.7	8.6
	2021년~2024년	17.5	17.5	12.5
인제	1981년~1990년	7.1	5.0	0.3
	1991년~2000년	7.4	3.1	0.5
	2001년~2010년	5.8	2.4	0.5
	2011년~2020년	8.6	3.7	0.8
	2021년~2024년	17.0	17.0	2.5
홍천	1981년~1990년	16.0	6.7	0.5
	1991년~2000년	14.0	6.6	1.3
	2001년~2010년	12.2	4.2	1.2
	2011년~2020년	20.9	8.9	3.6
	2021년~2024년	19.7	17.0	3.0
속초	1981년~1990년	2.1	1.5	3.0
	1991년~2000년	3.2	2.0	5.4
	2001년~2010년	5.1	2.7	5.1
	2011년~2020년	8.0	2.8	8.4
	2021년~2024년	9.7	19.7	12.0
강릉	1981년~1990년	9.9	4.1	7.6
	1991년~2000년	12.8	4.4	11.1
	2001년~2010년	12.3	3.6	12.5
	2011년~2020년	14.9	6.5	16.8
	2021년~2024년	20.7	20.7	25.2

자료 : 기상자료개방포털(<https://data.kam.go.kr>)

#### 4. 강원지역 온실가스 배출량

- 2018년 기준 강원지역 내 온실가스 총배출량(직접배출량)은 50,398.55 천톤CO2 eq 이며, 간접배출량은 10,400.96 천톤 CO2 eq. 이다.
- 배출 공종별로는 에너지 부분이 43,223.92 천톤 CO2 eq. 가장 많으며, 다음으로 산업공정이 17,047.48 CO2 eq. 로 전체 배출량의 약 85%를 차지한다.
- 흡수원은 2018년 기준 11,925.07 CO2 eq.

표 2-6 강원지역의 온실가스 배출량

단위: 천톤 CO2 eq.

구 분		2016	2017	2018	2019	2020
직접배출	총배출량	47,249.94	55,052.75	62,323.63	59,730.50	53,132.90
	순배출량	37,687.41	44,735.25	50,398.55	48,510.73	42,352.22
	에너지	27,531.25	35,210.28	43,223.92	40,244.89	35,276.32
	산업공정	17,650.78	17,769.55	17,047.48	17,469.20	15,828.20
	농업	1,126.46	1,163.75	1,158.36	1,157.41	1,172.83
	LULUCF	-9,562.53	-10,317.50	-11,925.07	-11,219.78	-10,780.68
	폐기물	941.46	909.18	893.87	859.00	855.55
간접배출	소계	9,288.51	9,906.87	10,400.96	9,435.25	9,435.25
	전력	8,255.18	8,881.57	9,394.95	8,435.79	7,513.06
	열	-	-	1.00	1.48	2.73
	폐기물	1,033.32	1,025.30	1,005.01	997.98	988.37

자료: 온실가스종합정보센터(<http://www.gir.go.kr>)



## 제2절 강원지역 기후변화 전망

### 1. 평균기온<sup>1)</sup>

- 강원도지역의 기온변화는 RCP 8.5의 경우, 21세기 후반기에 현재 기후대비 4.5℃ 상승하여, 연도별 기온이 점차 증가하는 추세를 보이며, 특히 2090년대(2091-2100년)가 14.4℃(+5.1)로 가장 큰 변화를 보임
- RCP 4.5의 경우, 21세기 후반기에 현재 기후대비 2.4℃ 상승하여 평균기온이 11.2℃를 보였으며, 2080년대(2081-2090년) 11.3℃(+2.5)로 가장 큰 변화를 보임
- RCP 4.5 모델보다 8.5 모델에서 약 2.6℃ 적은 기온변화를 보임

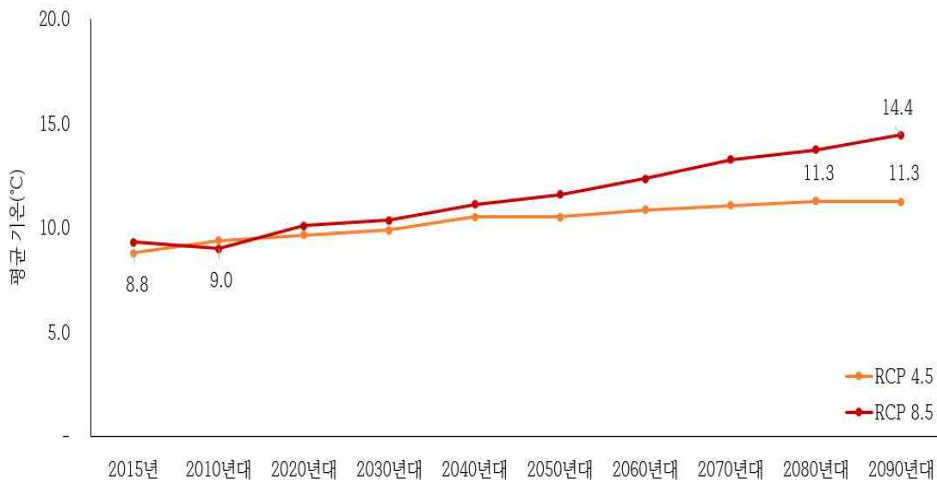


그림 2-3. 기후변화 시나리오에 의한 연도별 기온 변화

1) 기상청 기후정보 포털(<https://climate.go.kr>)

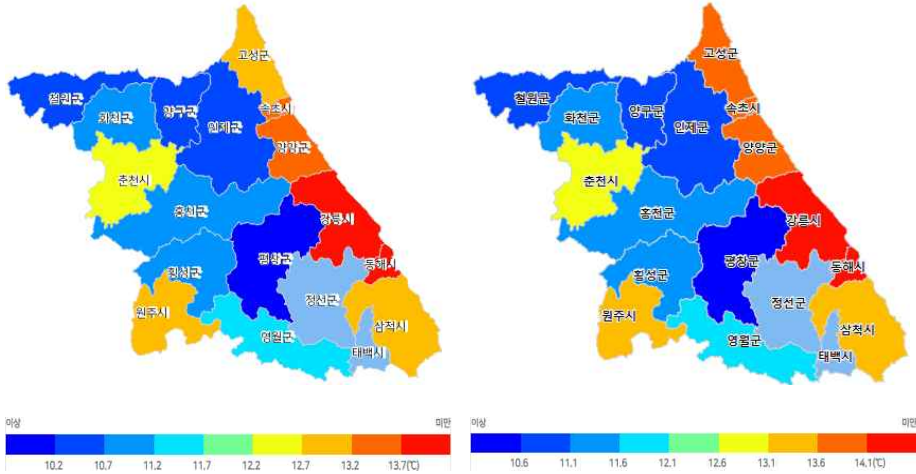
표 2-7. 기후변화 시나리오에 따른 강원도 기온변화

구분	시나리오	현재 기후	21세기 전반기 2011~2040년	21세기 중반기 2041~2070	21세기 후반기 2071~2100
평균기온 (°C)	RCP 4.5	8.8	9.7(+0.9)	10.6(+1.8)	11.2(+2.4)
	RCP 8.5	9.3	9.8(+0.5)	11.7(+2.4)	13.8(+4.5)
일 최고기온 (°C)	RCP 4.5	33.4	34.6(+1.2)	36.6(+3.2)	36.4(+3.0)
	RCP 8.5	30.9	36.0(+5.1)	36.9(+6.0)	39.4(+8.5)
일 최저기온 (°C)	RCP 4.5	-18.1	-22.3(-4.2)	-19.9(-1.8)	-19.4(-1.3)
	RCP 8.5	-17.4	-21.5(-4.1)	-17.2(+0.2)	-15.2(+2.2)

자료: 기상청(기후정보포털: [www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr))

- 시·군별 분석결과, 현재 기후대비 고성군이 5.3°C 상승하여 가장 큰 변화를 보였으며, 다음으로 인제군과 양구군에서 5.2°C의 상승 변화를 보여 그 뒤를 이음
- 가장 적은 기온변화를 보인 지역은 원주지역(4.9°C)으로 나타남

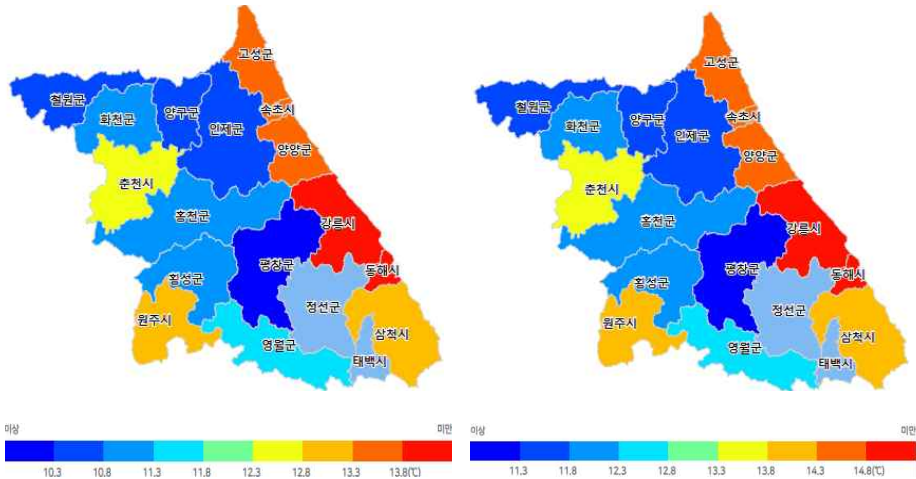
S  
S  
P  
2.6



(a) 2021~2030년 평균기온(°C)

(b) 2031~2050년 평균기온(°C)

S  
S  
P  
8.5



(a) 2021~2030년 평균기온(°C)

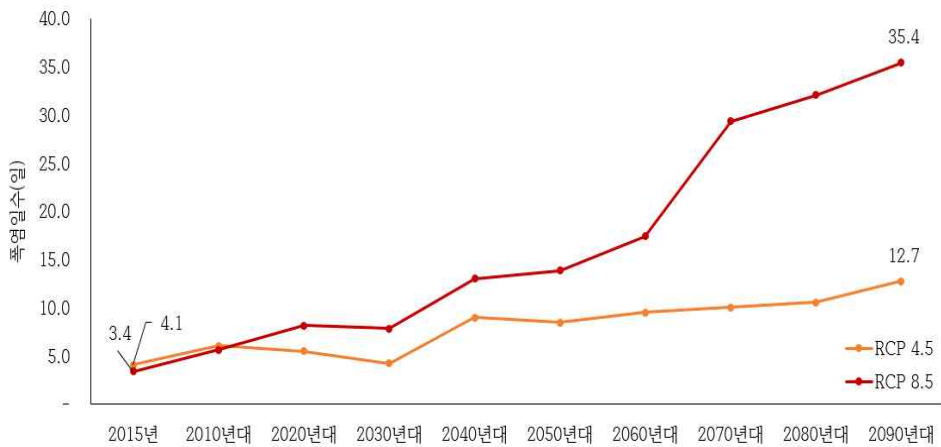
(b) 2031~2050년 평균기온(°C)

출처: 기상청(기후정보포털: [www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr))

그림 2-4 강원지역 평균기온 전망(SSP, 시나리오 기준)

## 2. 고온일수<sup>2)</sup>

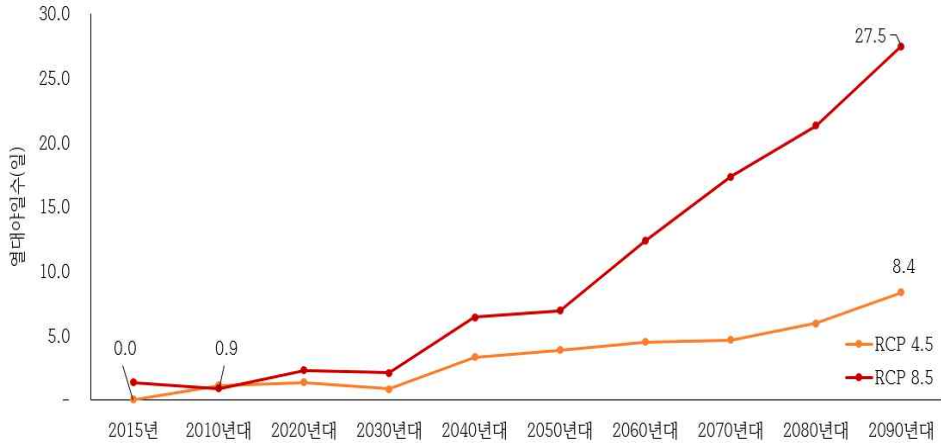
- 극한기후일수의 경우 폭염일수는 현재대비(3.4일) 21세기 말에 28.9일 증가하는 것으로 나타났으며, 열대야일수는 현재대비(1.4일) 20.7일 증가
- 연대별 극한기후일수의 변화를 보면, 21세기 중반기에 급격한 상승변화를 보임
- RCP 8.5와 4.5 모델의 기후일수 차를 보면, 8.5 모델에서 4.5 모델 보다 폭염일수는 22.7일, 열대야일수는 19.1일 높게 나타남



(a) 폭염일수 변화

그림 2-5 강원지역 폭염일수 전망

2) 기상청 기후정보 포털(<https://climate.go.kr>)



(b) 열대야 일수 변화

그림 2-6. 강원지역의 열대야 일수 전망

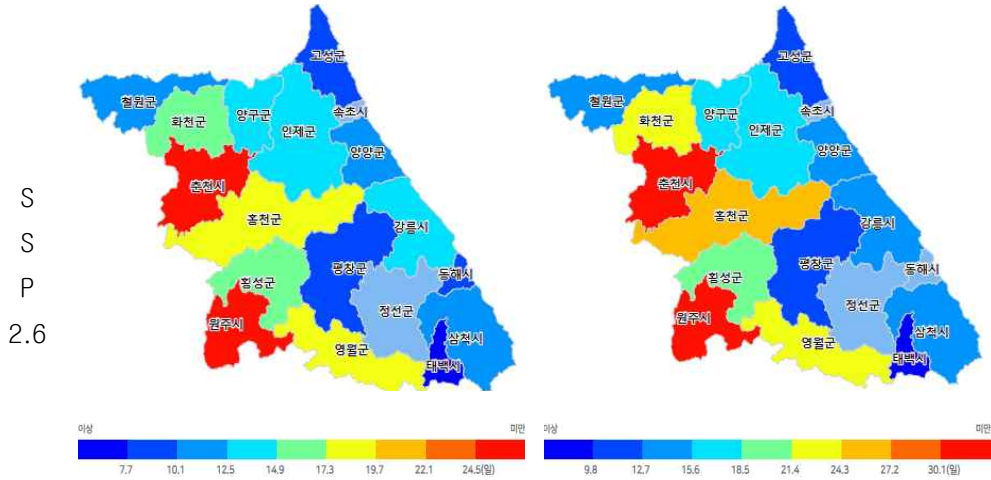
표 2-8. 기후변화 시나리오에 따른 강원도 극한기후일 수 변화

구 분	시나리오	현재 기후값	21세기 전반기 2011~2040년	21세기 중반기 2041~2070	21세기 후반기 2071~2100
폭염일수	RCP 4.5	4.1	5.3(+1.2)	9.0(+4.9)	11.1(+7.0)
	RCP 8.5	3.4	7.2(+3.8)	14.8(+11.4)	32.3(+28.9)
열대야일수	RCP 4.5	0.0	1.1(+1.1)	3.9(+3.9)	6.3(+6.3)
	RCP 8.5	1.4	1.8(+0.4)	8.6(+7.2)	22.1(+20.7)

주) 현재 기후 값은 RCP 시나리오의 2000년대 기후 값을 적용

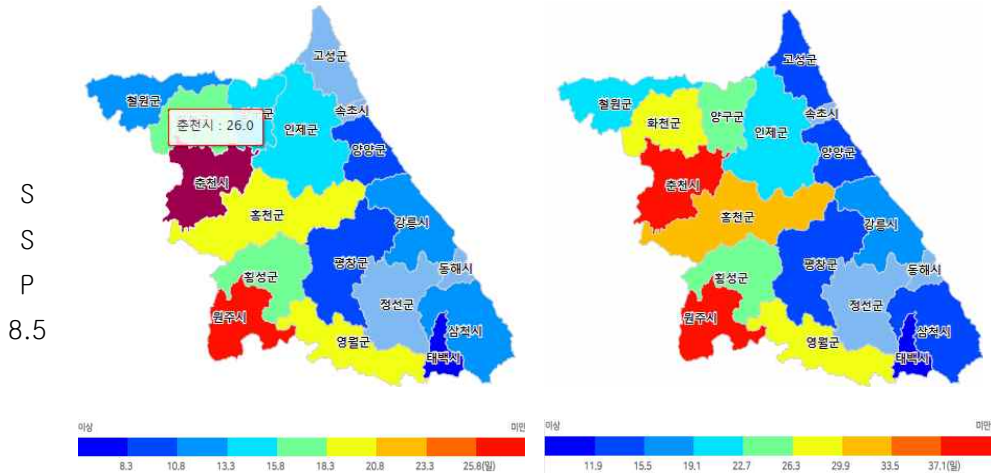
자료: 기상청(기후정보포털: [www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr))

- 지역별 폭염일수 변화를 보면, 원주와 춘천지역에서 현재대비 각각 59일과 55일 상승하여 가장 많은 기후일수 변화를 보였으며, 다음으로 횡성지역이 44일을 보여 그 뒤를 이음
- 현대대비 가장 적은 폭염일수의 변화를 보인 지역은 12.7일 상승한 태백지역으로 나타남



(a) 2021~2030년 폭염일수

(b) 2031~2050년 폭염일수

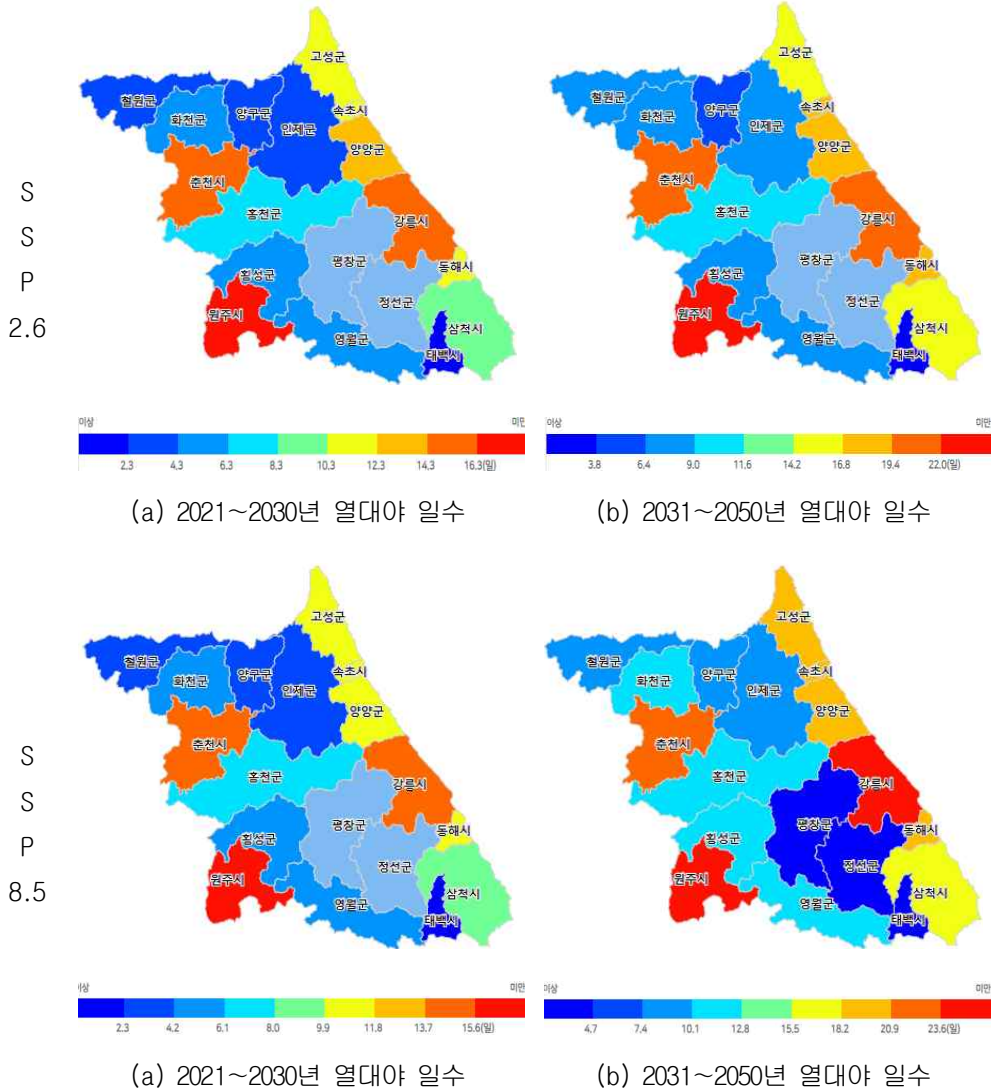


(a) 2021~2030년 폭염일수

(b) 2031~2050년 폭염일수

출처: 기상청(기후정보포털: [www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr))

그림 2-7 강원지역 폭염일수 전망(SSP, 시나리오 기준)



출처: 기상청(기후정보포털: [www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr))

그림 2-8 강원지역 열대야 일수 전망(SSP, 시나리오 기준)



제 3 장

# 기존 및 친환경 용벽 주요특징

제1절 기존 용벽 특징

제2절 친환경 용벽

제3절 기존 용벽의 친환경 녹화방안



## 기존 및 친환경 용벽 주요특징



### 제1절 기존 용벽 특징

#### 1. 기존 용벽 주요기술

- 용벽은 토압을 지지하기 위해 설치되는 구조물로 주로 경사지나 단차가 있는 지형에 토압으로부터 토사(흙)의 붕괴를 방지하여 도심의 건물이나 도로와 같은 사회 기반시설을 보호하는 데 주로 사용.
- 기존 콘크리트 용벽의 형식별 개요는 다음과 같음
  - 철근 콘크리트 용벽: 철근과 콘크리트를 결합하여 만든 구조물로 수평과 수직에서 받는 토압을 대응하여 지반의 안정성을 확보하며, 콘크리트 용벽은 수직으로 시공하기 때문에 부지의 활용도가 높은 장점이 있음
  - 보강토 용벽: 토사내에 보강재를 삽입하고 콘크리트 블록을 쌓아 흙의 전단강도를 확보하여 토사의 안정성을 확보. 흙과 보강재가 일체화 되어 있큰 횡압에도 견딜 수 있고, 신속한 시공이 가능하다는 장점이 있음

- 가비온 옹벽: 철사로 엮은 직육면체 안에 돌을 채워 만든 구조물로 이를 층층이 쌓아 토사의 침식이나 경사면을 보호. 주로 하천이나 해안, 도로 경사지 면에 많이 사용

표 3-1 기존 옹벽의 종류 및 특징

	철근콘크리트 옹벽	보강토 옹벽	가비온 옹벽
사 진			
구 조	철근과 콘크리트로 구성된 강성구조물로 외부 변위에 대한 추수성이 거의 없어 강고한 지반을 요구	흙으로 구성된 연성구조물로 외부변위에 대한 추수성이 매우 높아 연약한 지반에서도 시공 가능	골재로 구성된 중력식 연성구조물로 외부변위에 대한 투수성이 매우 높지만 경중량 구조물로 안전된 지반을 요구
지 지 력	단위중량이 2.5 ton/m <sup>3</sup> 인 중량구조물로 큰 지지력이 필요	단위중량이 1.9 ton/m <sup>3</sup> 인 경량구조물로 상대적으로 큰 지지력이 필요 없음.	단위중량이 2.4 ton/m <sup>3</sup> 인 경중량구조물로 상대적으로 큰 지지력이 필요없음
옹 벽 높 이	일반적인 콘크리트 옹벽 높이는 8m 정도	시공 공법별 높이제한(판넬식-무제한, 블록식 약 12m)	높이 제한 없음(보강개비온 국내 시공 높이 36m)
시 공 성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 강성구조물로 연약지반의 시공시 대규모 치환 또는 말뚝 기초 필요</li> <li>- 벽면 배수면적이 적으며, 거푸집, 철근 및 양생 등으로 공사시간 길다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연약지반 시공이 용이하여 압성 토공법에 사용</li> <li>- 배수면적이 넓으며 조립식으로 공사 기간이 짧으며, 거푸집 및 철근 등 작업장이 필요 없다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연성구조물이지만 중력식 구조물로 안정된 지반 필요</li> <li>- 조립식으로 골재와 철망태가 이루어진 간단한 구조물로 공사기간이 짧음</li> <li>- 현장이 깨끗하며, 거푸집 및 철근 등 작업장이 필요 없다.</li> </ul>

	철근콘크리트 용벽	보강토 용벽	가비온 용벽
경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 낮은 용벽에서는 경제성이 있으나 높아질수록 급격하게 공사비 상승</li> <li>- 대략 6m 이하에서 경제성이 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대부분 흙으로 구성되어 있어 시공비는 완만하게 상승하며, 대략 4m 이상에서 경제성이 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 높아질수록 시공비는 절감되며, 높이 5.0m 이상에서는 경제성이 있음</li> </ul>
환경성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 골재, 시멘트, 철근 및 거푸집의 채취, 가공, 운반 및 생산에 따른 산업활동으로 탄소를 많이 배출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소음/진동이 적고 생태계 영향이 적음</li> <li>- 가벼운 흙 및 보강재 사용으로 탄소배출량이 매우 적음</li> <li>- 전면 마감재에 식생블록을 통해 녹지공간 창출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 순수 골재를 사용하지 않으므로 환경친화적</li> <li>- 세월이 지남에 따라 채움재 사이의 공극에 풀이나 나무가 자라 주변 환경과 잘 어울려 지는 장점이 있음</li> </ul>

자료: <https://momopapa.tistory.com/sharing> information)

## 2. 기존 용벽의 적용 한계점

- 용벽은 도로, 절개지, 개발지, 급경사지 등에서 토압으로부터 토사를 지지하고 지형을 안정화하며, 공간을 효율적으로 활용하기 위해 사용되는 구조물이다.
- 그동안 구조적 안정성과 시공의 보편성으로 다양한 건설현장에서 시공 되어 왔으나 기후변화라는 새로운 시대적 과제에 직면하면서 생태계 등 기후변화 관련 문제점이 지적되고 있으며, 그 한계점이 드러나고 있다.
- 본 장에서는 기후변화 영향하에서의 기존 용벽의 구조적, 경제적, 한계점 등을 분석하고, 그 한계를 진단함으로써 향후 대체기술과 개선방안을 모색하고자 한다.

### 1) 사회·환경적 문제점

#### ■ 구조적 문제

- 전도 및 활동 위험: 콘크리트 옹벽은 토압을 자중(自重)으로 저항하는 방식이기 때문에, 지반 상태나 설계 오류, 배수 불량 등에 의해 전도(넘어짐) 또는 활동(미끄러짐) 현상이 발생할 수 있다.
- 균열 및 내구성 저하: 온도 변화, 건조수축, 지반 침하 등의 외부 요인에 의해 콘크리트 표면에 균열이 발생하며, 이는 시간이 지남에 따라 내구성 및 안정성을 저하
- 높이의 구조적 제한: 일정한 높이 이상에서는 구조적 보강이 필수적이며, 고벽 형성 시 설계와 시공이 복잡해지고 비용이 급증

#### ■ 경제적 문제

- 시공비용 과다: 철근, 콘크리트, 거푸집 등 자재비가 많이 들고, 시공에 전문 인력 및 증장비 투입이 필요해 전체 공사비 상승이 높음
- 공기 지연 가능성: 구조체 타설, 양생 등의 공정 소요 시간이 길고 날씨에 영향을 받기 쉬워 공사 기간이 연장되는 경우가 많음
- 유지관리 비용발생: 사용 중 발생하는 균열 보수, 배수 정비 등으로 인해 장기적인 유지관리 비용이 지속 적으로 발생

#### ■ 환경적 문제

- 경관훼손: 콘크리트 특유의 회색 단면과 인공적인 외형은 주변 자연환경과의 조화를 해치며, 미관상 부정적 영향을 미침
- 생태계 단절: 콘크리트의 수직 구조물은 공간 활용적 측면에서는 높으나 식물의 성장을 방해하고 동물의 이동을 차단하여 생태계의 연결성 단절 및 생물 다양성 감소
- 배수에 따른 환경적 오염: 강우시 뒷 채움재의 배수 성능이 불량할 경우 수압으로 인해 구조물의 전도 위험이 있으며, 집중호우시 토사유출, 침수 등의 환경적 피해 발생

## 2) 기후·환경적 문제점

## ■ 극한 강우에 따른 구조적 취약성

- 집중호우 증가: 집중호우에 따른 채움재의 배수 능력이 부족할 경우 수압상승으로 인한 용벽 붕괴 위험 증가
- 침투수에 의한 구조약화: 지하수가 벽체 안쪽으로 침투하면 균열 유도 및 콘크리트 내 철근 부식을 촉진하여 구조물의 수명을 단축
- 지반 침하 및 세굴: 극한호우와 지하수위 증가로 용벽 기초부의 세굴(침식)이 발생할 수 있으며, 이로 인해 구조물의 전도나 붕괴 위험성이 있음

## ■ 고온현상 및 열화 영향

- 열팽창에 의한 균열발생: 고온 증가에 따른 콘크리트 구조물의 열팽창 및 열응력으로 인한 구조물 표면의 균열 발생
- 콘크리트 열화 가속화: 고온과 습도증가는 콘크리트 수화 반응에 영향을 미치며, 장기적으로 강도 저하 및 내구성 열화 현상 유발
- 철근부식증가: 고온과 습윤조건이 반복하면서 철근의 부식 속도가 빨라져 구조 전체의 안정성을 위협

## ■ 환경의 비효율화 및 탄소배출

- 탄소배출량 증가: 콘크리트는 제조 과정에서 대량의 이산화 탄소가 배출되어 기후 변화를 악화
- 열섬현상: 대규모 콘크리트 용벽은 도심의 미기후를 변화시키며, 열용량과 열전도율이 높아 낮에는 태양열을 흡수시키고 야간에는 이를 배출하여 폭염 및 열대야와 같은 도심의 열환경을 악화시킴

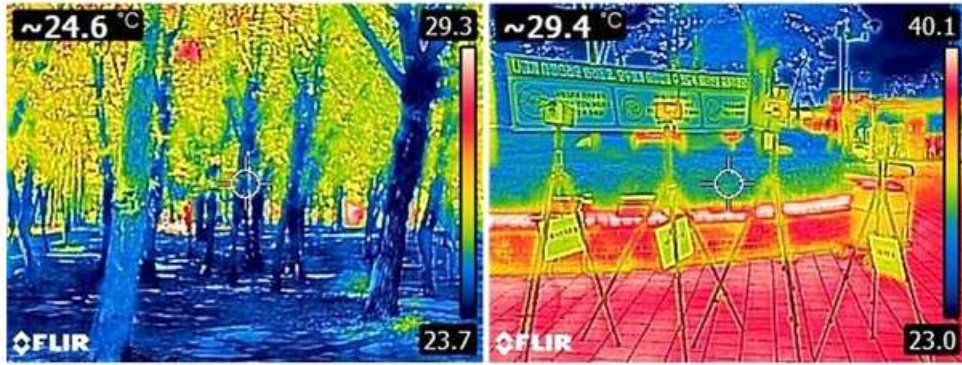


사진: 서울뉴스통신(2023.12.27.)

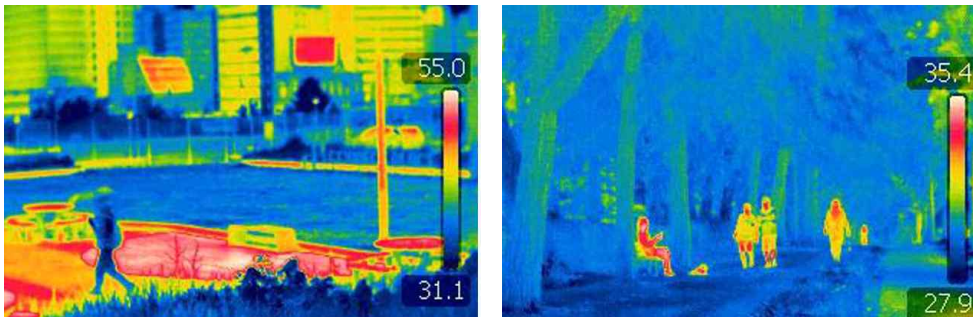


사진: 쿠키뉴스(2025.07.29., “도시의 온도를 낮춰라” )

그림 3-1 공원과 도시 숲의 열환경 지수



## 제2절 친환경 옹벽

### 1. 친환경 옹벽 구조

#### 1) 기본개념

- 친환경 옹벽은 주변환경과 조화를 고려하여 자연소재를 활용하거나 식생이 가능하게 하여 환경에 미치는 영향을 최소화하는 방식으로 만들어진 옹벽으로
- 안전하게 지반을 보호하는데 본래의 역할을 수행하면서 동시에 주변 자연과의 조화, 경과개선, 생태적 기능을 구조물에 추가하여 환경친화적인 사면안정을 보호
- 친환경 옹벽의 주요적 특징은 다음과 같음
  - 경관성 및 친화성: 기존 콘크리트 옹벽처럼 구조물 자체가 삭막하지 않고 주변 환경, 자연경관과 잘 어울리며, 식물을 착화하여 생태적인 기능을 가질 수 있음
  - 자연소재활용: 간벌재나 목재, 자연석과 같은 재료를 활용하여 시공함으로써 환경 부담을 줄일 수 있고 공사비를 절감 할 수 있음
  - 구조적 안정성: 친환경 옹벽은 토압에 효과적으로 저항하여 지반붕괴와 사면유실을 방지할 수 있는 본연의 기능을 충실히 할 수 있어야 함
  - 시공 및 경제성: 경량 자재를 사용하거나 조립식으로 제작되어 시공이 빠르고 경제적으로 구조물을 제작할 수 있음

○ 친환경 옹벽 주요기술

구 분	주요기술 적용
식생옹벽	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전면부 또는 옹벽체에 식물을 생육시켜 경관 효과를 내면서 구조적으로도 보강하는 방식.</li> <li>▪ 예로 ‘네일식생옹벽’ 공법은 네일·앵커·록볼트를 사용해 지반을 보강하고, 옹벽 전면을 식생패널로 마감하여 주변환경과 친환경적으로 설치, 구조물의 미관적 효과 개선</li> </ul>
석재옹벽	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 콘크리트 옹벽 대신 재료를 주변에서 쉽게 구할 수 있는 장점이 있고, 옹벽의 미관, 자연스러운 재질감, 내구성 등의 이점이 있으나 시공이 까다롭다는 단점이 있음</li> <li>▪ 석재옹벽은 배수 및 기초 안정성을 확보할 수 있고, 주변 재료(흙)와 쉽게 상호 연계하여 시공할 수 있는 장점이 있으며</li> <li>▪ 또한 벽면에 식생을 활착하여 주변경과의 조화와 구조물로 인해 단절된 생태계를 연결 할 수 있음</li> </ul>
목재 및 재생소재 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 콘크리트 대신 간벌목재를 활용해 옹벽을 만들거나, 블록이나 토낭(geotextile bag) 방식으로 재생가능 소재를 도입한 기술이 도입되어 있으며, 이는 도시열섬 저감효과에도 크게 기여</li> <li>▪ 이외에도 페플라스틱·농업용 비닐 등 자원순환형 소재를 사용한 저탄소 옹벽블록도 개발 중에 있음</li> </ul>
구조적+환경적 요소	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 단순히 친환경 마감만 하는 것이 아니라, 지반보강재(네일, 앵커, 그리드), 보강토 옹벽 방식, 식생 기반층 등 구조적 안정성과 친환경성을 동시에 고려</li> <li>▪ 구조물 설치 후 식생이 활착하면 흙막이 및 사면보강 효과가 향상되고, 유지관리 부담이 상대적으로 적은 장점이 있음</li> </ul>

- 친환경 옹벽은 본래의 옹벽처럼 토압을 저항하여 사면을 안정시킴과 동시에 환경적, 생태적, 자원순환 측면에서 유리하도록 설계된 구조물



- 벽은 후면 흙의 수평토압 · 외부하중을 견디고, 경사면 흙이 흘러내리지 않도록 지지하는 구조물
- 석재 옹벽은 콘크리트 옹벽에 비해 미관, 자연스러운 재질감, 내구성 등의 장점이 있지만, 설계 및 시공이 보다 까다롭다는 단점이 있음.
- 특히 석재 옹벽에서는 배수, 기초 안정성, 석재 결합 및 정착, 흙과의 상호작용이 매우 중요
- 식생옹벽: 옹벽의 전면 또는 구조 일부에 식물을 심거나 식생이 가능하도록 하여 생태계를 연결하고 도시열섬 완화, 생물다양성 등의 부가가치가 뛰어남(단, 식생의 성장, 토양의 변화, 기후조건 등을 감안한 유지관리 계획이 필요)

그림 3-2 친환경 옹벽의 기본 원리

## 2) 기능적 가치

- 친환경 옹벽을 설치하는 목적은 옹벽 본래의 토사 안정성 확보와 친환경적 가치를 결합하여 생태계를 연결하고 주변환경과 부합하는데 있음
- 친환경 옹벽은 옹벽 본래의 구조 안정성 확보라는 기본 목표를 달성하는 것을 넘어, 재료 선정 (친환경성, 지속가능성), 설계 요건 반영 (경관성, 생태계 복원), 시공 기술 (경제성, 효율성), 그리고 유지관리 (장기적인 성능 및 친환경성 유지) 등 다각적이고 복합적인 요소들을 동시에 만족해야 함

표 3-2 친환경 옹벽의 기능적 가치

구분	기능적 가치
구조안정성 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 절토(땅깎기)나 성토(흙쌓기)로 인해 불안정해진 비탈면이나 지반이 무너지는 것을 막아 구조적인 안정성을 확보</li> <li>▪ 뒤편 흠이 미는 힘(토압)에 효과적으로 저항하여 구조물과 주변 시설을 보호</li> <li>▪ 토지 이용 효율 극대화(토지 공간 최대한 활용)</li> </ul>
친환경적 기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경관 개선 및 미관 증진: 삭막한 콘크리트 대신 자연석, 목재, 식생이 가능한 블록 등을 사용하여 주변 환경과 조화로운 아름다운 경관을 연출하여야 하며. 혐오 시설로 인식되던 옹벽의 이미지를 개선시킬 수 있어야 함.</li> <li>▪ 생태계 복원 및 녹화: 옹벽 전면부에 식생 공간을 확보하여 식물을 심고 자라게 함으로써 훼손된 자연을 복원하고 녹지 면적을 확대하여 도시 생태계와 조화</li> <li>▪ 환경 영향 저감: 목재(간벌재 등), 자연석 등 친환경 소재를 활용하거나, 제조 과정에서 저탄소 공법을 적용하여 환경에 미치는 부정적인 영향을 최소화</li> <li>▪ 탄소 흡수 및 저장: 식생을 통해 이산화탄소 흡수 기능을 제공하며, 이산화탄소를 장기간 저장하는 역할을 통해 지구 온난화 방지에 간접적으로 기여할 수 있어야 함.</li> <li>▪ 수분 관리 용이성: 일부 식생형 옹벽은 보습제나 투수성 재료를 사용하여 식물 생육에 유리한 환경을 조성하고, 토양의 수분 균형이 이루어 져야 함</li> </ul>

### 3) 장점과 단점

- 친환경 옹벽은 구조의 안정성과 환경과 조화 기능을 확보 등 두 가지의 조건 등을 동시에 달성 할 수 있어야 함
- 친환경 옹벽의 장점과 단점은 다음과 같음

표 3-3 친환경 옹벽의 장·단점

구 분	내 용
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 경관 개선: 회색 콘크리트 옹벽 대비 시각적 임팩트가 낮고 주변 자연 환경과 조화</li> <li>▪ 환경적 효과: 도시열섬 완화, 미세먼지 저감, 탄소저감, 단절된 생태 연결 등의 효과 가능성 있음</li> <li>▪ 자원 효율성: 간벌목재, 폐자원 재활용 등 소재 측면에서 친환경성이 증대</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 초기 설계/시공이 보다 복잡할 수 있음 - 식생 옹벽은 식생이 활착하기 위한 토양, 배수, 식물 선택 등이 추가로 고려</li> <li>▪ 유지관리: 식생이 잘 자랄 수 있도록 초기 물주기, 잡초 제거, 배수관리 등이 필요</li> <li>▪ 구조안정성 확보: 친환경 이미지에 치중하다가 구조설계가 부족하면 옹벽의 기능적 안정성이 저하될 수 있음</li> </ul>

## 2. 친환경 옹벽의 기술

### 1) 친환경 옹벽의 주요기술

- 친환경 옹벽은 주변 환경과의 조화를 고려하고, 자연소재를 활용하거나 벽면에 식생을 활착하여 환경에 미치는 영향을 최소화 하도록 만들어진 옹벽
- 친환경 옹벽의 시공 사례는 다음과 같음

표 3-4 식생패널 및 식생 보강토 옹벽

<p>시공설명: 식생 옹벽은 옹벽 전면부에 식물이 자랄 수 있는 공간을 확보하여 시간이 지나면 녹색 벽면을 형성하는 공법</p>	
그린백(투수토낭)시스템	<p><b>특징:</b> 콘크리트 블록 대신 특수 토낭(그린백)에 흙과 종자를 혼합하여 쌓는 방식입니다. 토낭이 물을 투과시키고 식물 뿌리의 활착을 도움</p> <p><b>사례:</b> 해안 고속도로 발안 IC 부근, 청주 우회도로 지북 교차로, 충남 아산 둔포 국도, 화성 인터체인지 등 다수의 고속도로 및 국도 절개지에 적용되어 뛰어난 녹화 효과를 보이고 있음</p>
네일(앵커) 식생옹벽	<p><b>특징:</b> 지반 보강재(네일, 앵커)를 사용하고, 그 앞에 식생 패널을 설치하여 그 사이에 식생 기반층(보습제를 포함하기도 함)을 형성해 식물을 생육시키는 공법</p> <p><b>사례:</b> 도심지 재개발 구역, 산업단지 조성 부지, 비탈면 과다 절취가 필요한 현장 등 경관 개선과 환경 훼손 최소화가 요구되는 곳에 적용</p>
식생보강토 옹벽	<p><b>특징:</b> 전면 벽체를 콘크리트가 아닌 경량의 FRP식생틀을 사용하고 식물이 생육할 수 있는 식생기반층을 형성하여 식물이 발아, 생육할 수 있도록 한 공법</p> <p><b>사례:</b> 푸른숲, 한류관광타운 조성/ 만흥검은 모래해변 배후부지</p>




	
<p>출처: <a href="http://sgeotech.co.kr">http://sgeotech.co.kr</a> (에스지오테크)</p>	<p>출처: <a href="http://kor-eng.com">http://kor-eng.com</a> (대한지오이앤씨)</p>
<p>(a) 그린백(투수토낭) 시스템</p>	<p>(b) 네일(앵커) 식생옹벽</p>
	
<p>출처: <a href="http://kor-eng.com">http://kor-eng.com</a> (대한지오이앤씨)</p>	<p>출처: <a href="http://xn-zf4bt7fd125k.com">http://xn-zf4bt7fd125k.com</a> (진아산업)</p>
<p>(c) 식생보강토 옹벽</p>	<p>(b) 네일(앵커) 식생옹벽</p>

표 3-5 친환경 소재 활용 옹벽

시공설명: 자연소재를 사용하여 주변경관과의 이질감을 줄이고 지속가능성을 높이는 공법	
목재 옹벽	<b>특징:</b> 간벌재 (주로 리기다소나무 등)와 같은 친환경 목재를 이용하여 틀을 만든 후 흙이나 석재를 채워 쌓아 올림 <b>사례:</b> 산림조합 북부토목사업소 시공 현장 등에서 자연 경관과 조화되는 하천형 목재 옹벽으로 적용
강재틀 자연석 옹벽	<b>특징:</b> 강재틀을 조립하고 그 내부에 자연석을 채워 중력식 옹벽을 만듦. 자연석의 미관과 강재틀의 안정성을 결합하며 전면부에 식생을 도입 <b>사례:</b> 새만금 방조제 현장, 전북 진안군 공원, 삼척 38호선 철도부 현장 등 하천, 공원 및 도로 철도부에 적용되어 주변 환경과의 조화와 구조적 안정성을 동시에 확보
가비온 옹벽	<b>특징:</b> 철선으로 엮은 망태(철망 케이지, 주로 육각 또는 사각형) 안에 조약돌, 깎돌(쇄석), 호박돌 등의 자연석을 채워 넣어 조립한 구조물로 이 망태를 여러 단으로 쌓아 올린 옹벽 <b>사례:</b> 도로사면 및 하천 법면 등
자연석 옹벽	<b>특징:</b> 석재(돌)를 사용하여 벽체나 축대를 쌓아 올림으로써 비탈면의 안정성을 확보하고 토압을 저항 <b>사례:</b> 하천 내 제방, 축대 등
토류형 옹벽 (식생보강 or 코이어 매드옹벽)	<b>특징:</b> 흙을 주재료로 하되, 토목섬유·보강재 등을 이용하여 안정성을 높인 옹벽(자연스러운 경사면 조성, 생태복원 및 수질정화 효과)
	
출처: <a href="http://wintechenc.com">http://wintechenc.com</a> (원탁이앤씨)	출처: <a href="https://dasco.kr/">https://dasco.kr/</a> (DASCO)
(a) 목재옹벽	(b) 강재틀 자연석 옹벽

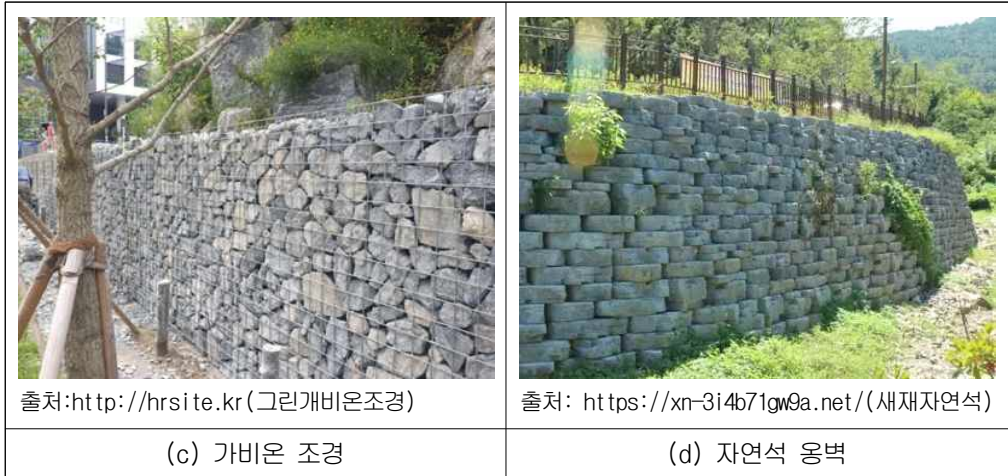


표 3-6 친환경 옹벽의 친환경성 및 구조안정성 비교

구분	주요재료	친환경성	구조안정성	유지관리
식생	식생블록, 토사, 식물	★★★★★	★★★★	중
가비온	철망+돌	★★★★	★★★★★	중
목재	통나무, 방부목	★★★★	★★	높음
자연석	자연석	★★★★★	★★★★	중
보강토	토사+보강재	★★★★	★★★★★	낮음
블록식 친환경	콘크리트블록+식생	★★★★	★★★★★	낮음
투수콘크리트	투수콘크리트	★★★★	★★★★★	낮음

### 3. 추진한계점 및 개선방향

#### 1) 추진한계점

- 최근 도시, 도로, 하천 등에서 주변경관과 부합하며 생태계 연결등을 위해 자연친화적 옹벽 구조물의 필요성은 논의되고 있으나 기술·경제·제도적으로 많은 제약이 따르고 있음
- 이는 친환경 옹벽의 현장 적용에 있어 문제점으로 작용하고 있음

표 3-7 친환경 옹벽 적용의 기술적 한계

구 분	내 용
구조적 안정의 검증 어려움	식생보강토, 가비온, 코이어 옹벽 등은 전통 콘크리트 옹벽에 비해 구조계산 기준이 명확하지 않아, 안전성 검토나 설계 검증이 어려움
재료의 내구성	목재·야자섬유·식생블록 등은 장기 내구성이 떨어져 유지보수가 필요하고, 장기적 구조 안정성 확보가 어려움
시공 기술 표준화 부족	친환경 옹벽은 현장 조건에 따라 맞춤 시공이 많아, 표준화된 시공 절차나 품질 관리 지침이 부족
배수·침투 관리의 어려움	투수 구조이므로 장마·집중호우 시 배수 불량이나 세굴 발생
식생활착의 불확실성	토양조건·기후·계절에 따라 녹화율과 유지율이 달라져 계획한 생태 효과가 일정치 않음

표 3-8 친환경 옹벽 적용의 경제적 한계

구 분	내 용
초기 공사비 증가	친환경 재료, 식생 기반 구조, 보강재 등 추가 요소로 인해 초기 비용이 일반 콘크리트 옹벽보다 10~30% 상승
유지관리비용 부담	식생 관리(제초, 관수, 보식 등), 보강재 교체 등 지속적 유지관리 비용 발생
단·장기적 평가 구조 부족	공공사업 평가체계가 “초기 공사비 중심”으로 단기적 평가 구조로 장기 생태적 편익이 반영되지 않고 있음

표 3-9 친환경 옹벽의 제도적 한계

구 분	내 용
설계·시공 기준의 미비	「도로공사 표준시방서」, 「하천설계기준」 등에서 친환경 옹벽의 명확한 구조기준이 부족
인허가 절차의 복잡	친환경 옹벽은 일반 콘크리트 옹벽과 달리 환경·경관·생태 요소가 포함되어 있어서, 여러 법률이 동시에 적용되어 일반 옹벽보다 인허가 기간이 1.5~2배 정도 길어짐
지자체의 기술인식 부족	일부 지자체의 경우 친환경 옹벽에 대한 이해 부족으로 설계·감리 시 보수적으로 접근
부처간 협의 절차 복잡	기본계획(친환경 구조적용 여부), 환경영향검토(식생, 배수, 토양오염 검토), 경관심의(옹벽재료, 형태 등), 구조안전검토(구조 안정성 및 배수설계), 유지관리계획 승인(식생유지관리 방안) 등 부처 간 협의 절차 복잡
복합적 법령적용 검토	「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「도로법」, 「하천법」, 「환경영향평가법」, 「경관법」, 「산지관리법(산지경사지 시공)」, 「자연공원법(공원내 설치)」, 「문화재보호법(문화재 주변)」 등 환경·경관·생태 요소가 포함되어 있어 여러 법률이 동시에 적용

## 2) 개선방향

- 친환경 옹벽은 자연과 조화를 이룬다는 측면에서는 이점이 있으나 설계기준의 제도 미비, 유지관리체계 부재, 초기비용 부담 등으로 현장 적용에 있어 많은 제약이 따른다.
- 따라서 본 절에서는 친환경 옹벽의 실효성을 높이고 제도적으로 활성화 하기 위한 개선안을 마련하고자 한다.

### (1) 제도적 기반 강화

- 「친환경 옹벽 인증제」 도입을 통한 기술의 신뢰성을 확보하고 설계·시공·유지관리 성능평가 기준 마련
  - 국토교통부 주관의 성능기반 인증제 신설.
  - 구조적 안정성, 환경성, 경관성, 유지관리성 등을 종합 평가
  - 인증 획득 시 공공사업 입찰시 가점 부여.
- 「친환경 옹벽 표준 설계지침」 및 설계·시공 매뉴얼 제정 및 기준 마련
  - 「친환경 옹벽 설계·시공·유지관리 지침」을 별도로 마련.
  - 식생 선택, 배수·토양 설계, 구조 보강 기준 등 세부 매뉴얼화.
  - 설계 단계에서 친환경 옹벽 채택 시, 환경영향평가 연계.
- 환경영향평가, 도로사업, 택지개발 사업 시 친환경 옹벽 적용 의무화 단계적 확대
  - 일정 규모 이상의 도로·택지개발·공원 조성사업에 대해 친환경 옹벽 의무 도입 비율 적용
  - 중앙부처, 지방자치단체, 공공기관 공사 사업평가지 친환경 옹벽 적용의 가산점 부여

(2) 기술개발 및 성능검증 강화

- 토목섬유, 지오그리드 등 보강재 적용을 통한 구조적 안정성 확보 기술 개발
- 투수성 콘크리트, 재활용 플라스틱 블록 등 복합소재의 재활용 재료를 활용할 수 있도록 내구성 향상 연구추진
- 실증사업을 통한 장기 모니터링 데이터를 축적하여 성능 변화에 대한 데이터, 빅 데이터 기반의 설계를 반영하여 기준 고도화
- 비점오염 저감, 탄소흡수량, 생태연결성 등을 수치화하여 환경효과에 대한 정량 모델을 개발하고 이를 DB 화

(3) 유지관리체계 고도화

- 스마트 유지관리 기술도입: 용벽 표면 또는 식생층 내에 토양 수분, 온·습도, 일사량, 식물 생육상태를 측정하는 센서를 설치하여 관리자가 식물의 생육환경을 상시 확인할 수 있도록 하여야 함
- 지자체-주민 공동관리 모델 구축: 용벽 녹화사업의 지속가능성을 높이기 위해서는 지자체와 지역주민이 함께 참여하는 공동관리 체계가 필수적이며, 지자체는 기술적·재정적 지원을 담당하고, 지역주민은 일상적인 점검 및 단순 관리활동에 참여하는 주민참여형 관리제도를 도입
- 한편, 유지관리 재원의 안정적 확보를 위해 지자체는 지방환경기금 또는 개발부담금 환원금의 일부를 용벽 녹화 유지관리비로 활용하는 방안을 검토할 필요가 있음

(4) 생태·경관적 가치 강화

- 지역의 기후 특성, 토양조건, 강우 패턴 등에 적합한 토종 및 자생식물 중심의 식재 기준을 마련하여 지역별 식생 가이드라인을 제정함으로써 무분별한 외래종 도입을 방지하고, 지역 생태계의 지속가능성과 생물 다양성 유지

- 옹벽 상부와 주변부를 도시 내 기존의 공원, 가로수, 하천변 녹지축 등과 연계하여 생태 네트워크(Ecological Network)의 일부로 기능하도록 계획하며, 이를 통해 단절된 도시 생태계를 연결하고, 곤충·조류 등 생물 종의 이동 통로를 제공하여 도시 생태계의 연속성과 회복력을 강화
- 친환경 옹벽은 구조적·생태적 기능뿐 아니라 도시미학적 가치도 고려해야 하며, 이를 위해 옹벽의 색채, 질감, 조명, 재료 구성 등을 종합적으로 설계할 수 있는 경관디자인 가이드라인 마련
- 인공구조물의 단순한 녹화기능을 넘어 빗물관리 및 비점오염 저감 기능을 동시에 수행할 수 있도록 배수 시스템에 빗물저류 및 재활용 기능을 통합 설계하고, 유출수 내 오염물질(SS, T-N, T-P 등)을 저감할 수 있는 친환경 여과재 및 식생 기반 정화기술 접목하여 비점오염원 관리

표 3-10 친환경 옹벽의 추진전략

구 분	주요내용	주관기관	시기
제도정비	친환경 옹벽 인증제 및 설계지침, 성능평가기준 마련, 공공사업적용 의무화 추진	국토교통부, 환경부, 지자체	단기(1~2년)
기술개발	복합재료 기반 옹벽 기술개발 및 실증	국토연구원, 한국건설기술연구원	중기(2년~5년)
유지관리	IoT 기반 스마트 모니터링 시범사업	지자체, 공공기관	중기(3년 내)
경제성 확보	정부 보조 및 인센티브 제도화	기획재정부, 국토부	단기(1년 내)
생태경관 강화	식생 가이드라인·경관디자인 표준 수립	환경부, 지자체	장기(5년 이상)



## 제3절 기존 용벽의 친환경 녹화 방안

- 본 절에서는 기존 콘크리트 또는 석재 용벽을 대상으로 적용 가능한 식생녹화 기술의 종류와 특성을 분석하고 현장 여건에 따른 최적의 공법 적용 방안을 제시하는데 있음

### 1. 기존 용벽 친환경 녹화 개념

- 기존 용벽 녹화는 인공 구조물 표면에 식생기반(토양, 배수층 등)을 형성하고 식물을 식재하여 주변 자연경관과 부합시키는 개념의 방식이다.
- 녹화 기본 원리는 식물 생육에 필요한 기본 성장 여건을 마련하여 구조물 위에 최소 인프라를 구성, 식생을 활착하여야 하며, 이에 대한 기본 구성 요소는 다음과 같다.

#### 1) 친환경 용벽 녹화의 핵심 요소

##### - 식생기반층(Vegetation Base Layer)

- 토양 또는 인공토(경량 배합토, 코이어, 펄라이트 등)를 이용하여 식물이 뿌리를 내릴 수 있는 최소 토심을 확보한다.
- 용벽 표면에 직접 고정하거나 모듈·블록 형태로 부착한다.
- 일반적으로 토심은 10~20cm를 확보하는 것이 이상적이며, 식물종에 따라 조정한다.

##### - 배수 및 관수 시스템(Drainage & Irrigation System)

- 과습으로 인한 식물 뿌리 부패 및 구조물 손상을 방지하기 위해 배수층을 반드시 포함해야 함

- 기초에 자갈층 + 부직포 조합을 통해 배수를 유도하며, 점적관수(drip irrigation) 방식으로 최소량의 물을 자동으로 공급할 수 있도록 한다.
- 구조물 인근에 빗물 저금통 등을 설치하여 빗물 재활용 시스템과 연계할 경우 수자원 절약과 친환경성에 향상된다.

- **지지 및 고정 시스템(Anchoring & Support Structure)**

- 옹벽 표면에 식생층을 안정적으로 고정하기 위한 금속 앵커, 와이어, 메쉬망, 모듈 지지틀 등을 사용하여 식생층을 안정화 하여야 한다.
- 인공 구조물의 하중 증가를 최소화하도록 하기 위해 식생층 재료는 경량 재료를 사용하며, 내구성·내식성이 검증된 자재를 사용해야 한다.

2) 구조·생태적 연계

- 기존 옹벽녹화는 단순한 구조물 벽면의 단순 피복이 아니라, 주변 생태와의 연계를 통해 도시 생태 네트워크 일부분을 가능하도록 하여야 한다.
- 주변 사면, 도로변, 하천변 녹지와의 식생연속성을 확보하여야 함
- 곤충·조류의 서식처 및 생태계의 이동 통로 역할 기능이 확보 되어야 한다.
- 토양 미생물 활성화를 통한 자연 순환이 유도되어야 하며, 도시 생태 복원형 인프라 기능을 다하여야 함

## 2. 기존 옹벽의 녹화방법

- 녹화 식물은 병충해 및 유지관리 부담이 적어야 하며 내건·내한성, 내염성에 우수하여야 한다.
- 기존 옹벽에 대한 녹화방법 순서는 다음과 같음

단 계	세부과정	주요내용
1. 현장조사 및 진단	옹벽안정성 확인	▪ 균열, 배부름, 침하 등 구조적 결함 확인 후, 필요 시 보강공사 시행
	주변 환경 분석	▪ 일조량, 통풍, 주변 경관 등을 분석하여 적합한 식물 종류 파악
2. 녹화계획 수립	공법 선정	▪ 벽면 녹화: 덩굴식물 유도 또는 지지구조물 설치 ▪ 식생옹벽: 식생블록·토낭 이용 ▪ 행잉 공법: 옹벽 상단에 화분 설치
	식물 선정	▪ 공법과 생육환경에 적합한 식물 선택
3. 녹화공사	옹벽 정리	▪ 벽면 이물질 제거 및 보수
	식재기반 조성	▪ 식재 가능한 도양·구조물 설치(팬널 및 와이어)
	식물식재	▪ 기반 위에 식물식재 및 활착
	관수 시스템 설치	▪ 자동 또는 수동 관수시스템 설치
4. 사후관리	관 수	▪ 초기 활착기 동안 정기적 물 공급
	전정 및 가지 유인	▪ 불필요한 가지 제거 및 활착방향 유도
	병해충 관리	▪ 병해충 발생 예방을 위한 방제
	보수 관리	▪ 녹화시설 및 옹벽 정기적 관리

○ 기존 옹벽의 식재가능 식물 및 녹화 공법은 다음과 같음

표 3-11 기존 옹벽 녹화 적용기술

공법	특징	장점	단점	적용대상
토양주머니 (식생토낭)	부직포 주머니에 토양·종자 혼합 후 부착	시공 간단, 비용 저렴	토양유실 가능성	완만한 콘크리트 옹벽
식생블럭	블럭 내부 공간에 식재	내구성 우수, 유지관리 용이	중량 증가	블럭형 옹벽
매트식 녹화	종자·비료 혼합 매트 부착	경사면 적용 용이	토심 얇음	노출 콘크리트면
모듈형 플랜트	모듈화된 화분 형태 부착	도시 미관 우수, 교체 용이	초기비용 높음	수식형 옹벽
덩굴식물 식재	옹벽 하단 또는 상단 식재	자연친화적, 유지관리 용이	생육기간 장기	배수양호지역

표 3-12 기존 옹벽 식재 가능 식물

유형	주요식물	비고
덩굴성	담쟁이 넝글, 송악, 인동덩굴	벽체 피복용
초본성	세덤류(기린초, 평의비름), 돌나물	건조환경 적응성 높음
관목류	황금측백, 자산홍, 남천, 사철나무	저관리형의 조경 가능

표 3-13 식생블럭에 식재가능한 저관리 식재 식물종

과 명	한국명	개화기 및 개화색	특 성
돌나물과	기린초	6~7월, 노랑색	양지, 반음지, 건생식물
	애기기린초	6~8월, 노랑색	양지, 건생식물
	돌나물	5월, 노랑색	양지, 건생식물
	동근바위솔	8~9월, 흰색	양지, 건생식물
	바위채송화	6~8월, 분홍색	양지, 건생식물
	외래새덤류	-	양지, 건생식물
괘의 비름과	괘의 비름	8~9월, 분홍색	양지, 건생식물
백합과	흰줄무늬 비비추	7~8월, 보라색	양지, 반음지, 건생식물
범의귀과	돌단풍	5월, 흰색	양지, 중생식물
	바위취	5월, 흰색	반음지, 음지, 중생식물
백합과	두메부추	5월~10월, 분홍색	양지, 중생식물
석죽과	상록패랭이	6~9월, 분홍색	양지, 건생식물
꿀풀과	백리향	6~7월, 자주색	양지, 건생식물
붓꽃과	노랑꽃창포	5~6월, 노랑색	양지, 중생식물
노박덩굴과	줄사철	6~7월, 노랑색	양지, 건생식물
꽃고비과	꽃잔디	4월~9월, 빨강색, 분홍색, 흰색	양지, 건생식물

자료: “식재가 가능한 녹화용 보강도 용벽블럭(한국도목성유학회학회지 제7권1호)”





	
<p>출처: <a href="http://wallnslope.com">http://wallnslope.com</a></p>	<p>출처: <a href="https://topblock.co.kr">https://topblock.co.kr</a></p>
<p>(a) 식생토낭 녹화</p>	<p>(b) 식생블럭</p>
	
<p>출처: 국제 신문(25.12.27.)</p>	<p>출처: News Wire(09.11.10.)</p>
<p>© 매트식 녹화</p>	<p>(d) 덩굴식물 식재</p>

그림 3-3 기존 옹벽 친환경 녹화기술 사례

제 4 장

# 정책제언 및 기대효과

제 1절 정책 제안

제 2절 기대효과



## 정책제언 및 기대효과 점



### 제1절 정책제언

- 기존 옹벽의 녹화는 단순히 식물을 심는 사업이 아니라, 도시의 회색 인프라를 생태적으로 전환하는 도시환경 혁신정책으로 접근해야 하며,
- 정책은 기술적 측면, 제도·행정적 측면, 그리고 재정적 지원 체계의 세 가지 축을 중심으로 종합적으로 추진될 필요가 있음.
- 따라서 본 절에서는 친환경 옹벽 녹화의 지속가능한 추진체계와 제도적 기반을 마련하고자 함

#### (1) 기술적 방안

- 기존 옹벽은 콘크리트 구조로 식재 공간이 부족하고 식물의 생장이 어려운 특성을 갖고 있으므로, 벽체 표면에 부착 가능한 경량형 식생모듈 또는 패널형 플랜터 적정
- 공법으로는 토양층과 배수층을 내장하고 있는 앵커형, 클램프형, 또는 표면 고정형 방식으로 설치가 가능
- 식재측면에서는 생육환경을 고려하여 지역 자생식물을 중심으로 녹화모델을 적용하며, 식종은 내건성, 내염성, 내한성 등을 고려여 중부지방 같은 경우 청미래덩굴, 억새류, 붓꽃류 등의 식생이 유리

- 유지관리의 효율성을 위해 자동 관수 및 영양공급 시스템을 결합할 경우 안정적인 유지관리가 가능

### (2) 제도·행정적 방안

- 현재 대부분의 지자체 녹화조례나 도시경관 관련 법령에서는 신축건물의 벽면녹화에 대한 규정만 존재하며, 기존 옹벽은 관리대상에 포함되어 있지 않음
- 따라서 「도시녹화 조례」 또는 「경관법 시행령」 등을 개정하여 기존 옹벽의 녹화사업을 공공녹지 확충의 한 형태로 인정하고 도시재생사업이나 도로확장, 하천정비사업 등 공공사업을 시행할 경우 옹벽녹화의 연계 추진을 의무화
- 옹벽은 현재 대부분 토목부서의 관리대상으로 분류되어 있으나, 녹화사업은 조경 또는 환경부서가 담당하는 경우가 많음. 이로 인한 행정절차 지연이나 복잡으로 사업추진 중 단절되는 경우가 많음. 따라서 지자체 내 기존 옹벽에 대한 「도시녹화사업단」 등을 구성하여 부서간 협업체계도 하나의 방법임
- 옹벽의 안전진단 및 보수보강 사업을 수행할 경우 '녹화 가능성 평가 항목'을 의무화 하여 정비 시점에 녹화를 동시에 추진할 수 있는 행정절차 마련

### (3) 재정·인센티브 방안

- 재정적 지원체계는 옹벽녹화의 지속성과 확산을 좌우하는 핵심 요소. 따라서 공공부문에서는 중앙정부와 지방정부의 매칭 방식으로 예산을 지원하고, 관련 기관의 사업비를 일부 전용하여 활용할 수 있는 근거 마련
- 민간부문에 대해서는 보조금 및 세제 인센티브 제도를 신설하고, 일정 기준 이상 옹벽녹화를 시행하거나 소유한 자에게는 사업비의 일부를 보조 또는 용역을 완화나 재산세 감면 등의 혜택 부여
- 옹벽녹화 사업은 초기 조성비뿐 아니라 유지관리비의 지속적 확보가 필수적이므로, 예산 편성 시 유지관리 항목을 별도로 분리

표 4-1 기존 응벽의 친환경녹화 방안 정책 제언

구 분	추진 방안	기대효과
기술적 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 모듈형 녹화시스템 도입(경량 플랜터·식생패널)</li> <li>▪ 자동관수·배수시스템 구축</li> <li>▪ 자생식물 중심 식재모델 적용</li> <li>▪ 빗물재활용형 관수체계 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 안정적 식생 유지 및 관리 효율 향상</li> <li>▪ 생태적 적응력 강화</li> <li>▪ 물순환 개선 및 유지관리 비용 절감</li> </ul>
제도·행정적 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 응벽녹화 관련 법·조례 제정 및 개정</li> <li>▪ 도시재생·도로사업과 연계 추진</li> <li>▪ 전담 관리조직 및 전문가 자문단 구성</li> <li>▪ 응벽정비 시 녹화가능성 평가 의무화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 행정체계 효율화 및 추진 일관성 확보</li> <li>▪ 공공·민간 협력체계 강화</li> <li>▪ 지속 가능한 관리기반 마련</li> </ul>
재정 및 인센티브 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 공공·민간 매칭형 예산 지원</li> <li>▪ 보조금 및 세제혜택 제공</li> <li>▪ 광고·기업후원형 민간참여 모델 도입</li> <li>▪ 예산 편성시 유지관리비 별도 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 사업 지속성 확보</li> <li>▪ 민간참여 확대 및 자원 다양화</li> <li>▪ 장기적 비용절감 효과</li> </ul>



## 제2절 기대효과

- 도시의 경관은 인공적이고 삭막한 이미지로 변모하고 있으며, 열섬현상, 미세먼지, 소음, 생태단절 등 다양한 환경 문제가 심화되고 있으며, 특히 도로변, 절개지, 개발지 등에서 필수적으로 설치되는 옹벽은 도시 내 대표적인 인공 구조물로 환경적·경관적 측면에서 개선이 요구되고 있는 실정
- 본 절에서는 친환경 옹벽녹화의 도입을 통해 기대할 수 있는 환경적, 경관적, 기능적, 사회·경제적 효과를 종합적으로 분석하고, 이를 바탕으로 향후 도시환경 개선 및 지속가능한 개발 추진의 필요성을 제시하고자 함

### (1) 환경적 효과

- 대기질 개선 및 미세먼지 저감: 옹벽녹화 식생은 광합성 작용을 통해 탄소(CO<sub>2</sub>)를 흡수하며, 주변 대기의 질을 개선(잎과 줄기 표면은 미세먼지, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등의 오염물질을 흡착·분해하는 능력을 가짐)
  - 교통량이 많은 도로변 지역에서 직접적인 미세먼지 저감 효과를 유발하며, 상록성 덩굴식물 및 잎의 표면적이 넓은 종은 연중 지속적인 정화 기능을 수행
- 도시 열섬현상 완화 및 미기후 개선: 콘크리트 옹벽은 태양복사열을 흡수하여 주변 온도를 상승하여 도시의 열환경을 가중시키고, 야간에는 열대야 현상을 야기시킴. 반면, 식생이 덮인 옹벽은 식물의 증산작용(Evapotranspiration)과 음영효과로 인해 표면 온도를 감소하여 도시 열환경 개선
- 여름철 옹벽 표면 온도는 일반 콘크리트 대비 약 10~15℃ 낮아질 수 있으며, 이는 주변의 열섬현상을 완화하고 냉방 에너지 사용량을 절감시키는 효과로 이어짐

- 생태계 복원 및 생물다양성 증진: 녹화된 옹벽은 조류, 곤충, 소형 포유류 등 다양한 생물의 서식처 역할을 하며, 인근 녹지와 연결성을 높여 도시 내 생태 네트워크를 형성하여 생물다양성 확보
- 다양한 식재층(지피식물, 관목, 덩굴식물)의 조합을 통해 생태적 다양성을 확보할 수 있으며, 이는 도시의 생물다양성 회복에 긍정적인 영향을 가짐

### (2) 경관적 효과

- 대기질 개선 및 미세먼지 저감 : 옹벽녹화는 인공적이고 단조로운 콘크리트 구조물을 자연 친화적인 녹색 공간으로 전환함으로써 시각적 쾌적성을 향상시키며, 계절에 따라 변화하는 식생의 색채와 질감은 도시경관에 생동감을 부여
- 심리적 안정감: 도로변이나 주거지역 인근의 옹벽녹화는 주민에게 자연과의 접점을 제공함으로써 정서적 안정감과 생활환경 만족도를 높이며, 심리적 안정과 스트레스 완화 효과를 가짐
- 도시이미지 개선: 옹벽녹화는 도시의 친환경적 이미지를 강화하여 도시의 브랜드 가치 제고와 계절별로 변화하는 식생 경관을 통해 시민에게 자연 친화적 공간 제공

### (3) 기능적 효과

- 구조물 보호 및 내구성 향상: 식생층은 옹벽 표면을 덮어 자외선, 강우, 온도 변화 등 외부 환경요소로부터 구조물을 보호하여 옹벽의 내구연한 연장 및 유지관리비 절감
- 배수 및 침식방지: 식물의 뿌리계는 토양 입자의 마찰력을 확보하여 빗물로 인한 토사 유실과 침식 현상을 방지하고, 빗물의 흐름을 분산시켜 배수체계의 부담을 경감, 지반 안정성을 향상
- 소음저감 효과: 식생층은 음파를 흡수하거나 산란시켜 소음을 감소시키는 자연 흡음재 역할을 하며, 연구결과 식생 구조를 도입할 경우, 도로 소음을 약 5~10 dB 까지 줄이는 효과가 있음

표 4-2 기존 옹벽과 친환경 옹벽의 성능 평가

구 분	기존옹벽	친환경 옹벽	성능 평가
환경적 측면	열섬현상 유발, 미세먼지 축적, 대기정화 기능 없음	공기정화, 온도 완화, 미세먼지 저감, 생태계 복원	기존: 낮음 친환경: 매우우수
경관적 측면	단조로운 외관, 시각적 피로감 증가	녹색 식생으로 자연친화적 경관 형성, 심리적 안정 제공	기존: 보통 친환경: 매우우수
기능적 측면	표면 균열, 배수·침식 문제, 소음 반사	식생층 보호로 구조물 내구성 향상, 배수·침식 방지, 소음 저감	기존: 보통 친환경: 우수
사회경제적 측면	주민 만족도 낮음, 지역 이미지 저하	경관 및 주민 만족도 향상, 부동산 가치 상승, ESG 실천 가능	기존: 보통 친환경: 우수
유지관리 측면	잡은 구조물 보수 필요, 장기적 보수비용 발생	외부환경으로부터 구조물 보호(균열, 침식, 표면열화 등)	기존: 보통 친환경: 우수
시공비용	상대적으로 저렴	초기 공사비용 높음	기존: 우수 친환경: 보통

- 친환경 옹벽녹화는 식생층보호, 침식방지, 소규모 유지관리, 열·수분 완화 등으로 인해 기존 옹벽보다 유지관리 비용을 줄이고 장기적으로 안정성을 확보할 수 있어 장기적 관점에서 경제, 기술, 환경적으로 유리한 것을 알 수 있음

## 참고문헌



## 참고문헌

- 국토교통부(2022), 도시 옹벽의 친환경 녹화 적용 가이드라인
- 환경부(2023), 도시열섬 완화 및 생태계 복원 가이드 라인
- 환경부(2022), 친환경 옹벽녹화 기술 개발 및 적용지침
- 한국환경정책평가연구원(2019), 친환경 옹벽 녹화의 경제적 효과 분석
- 김철수·박영희·이민수(2023), “친환경 옹벽 녹화 기술의 구조적 안정성 및 유지관리 효율성 분석”, 한국환경공학학회지 제45권 제3호
- 이상훈·정재훈(2021), “식생층에 의한 콘크리트 옹벽의 열화저감 효과 분석”, 한국건축학회 논문집 제37권 제12호
- 최지혜·김동현(2020), “도시 열섬 완화를 위한 옹벽녹화의 기여도 분석”, 환경과학기술 제32권 제4호
- 한중근·한승호(2008), “식재가 가능한 녹화용 보강토 옹벽블록”, 한국토목섬유학회 학회지 제7권1호
- 기후정보포털 : [http:// climate.go.kr](http://climate.go.kr)
- 기상자료개방포털 : <http:// data.kma.go.kr>





연구책임 | 박수진 한국기후변화연구원 수석연구위원

정책연구 2025-12

기후변화대응에 따른 기존용역 친환경 녹화방안

- \* 인 쇄 \_ 2025년 10월
- \* 발 행 \_ 2025년 10월
- \* 발 행 인 \_ 한국기후변화연구원장
- \* 발 행 처 \_ 한국기후변화연구원
- \* 주 소 \_ 24239 강원도 춘천시 수변공원길 11
- \* 홈페이지 \_ [www.kric.re.kr](http://www.kric.re.kr)

ISBN\_ 979-11-94619-18-5