

3차시. 저탄소 녹색도시계획

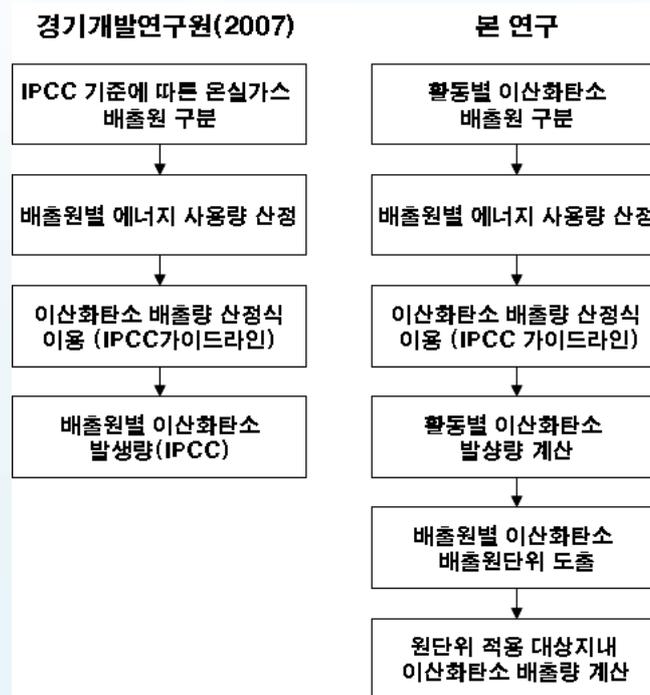
1. 탄소배출량 계산

본 장에서는 강원도 강릉시 경포녹색도시 조성시 적용되었던 탄소배출량 계산을 중심으로 논의를 진행해간다. 경포녹색도시연구는 저탄소 녹색도시를 목표로 계획이 수립되었다.

1) 이산화탄소 배출량 산정 과정

- 우리나라 국가 온실가스 배출량은 IPCC에 발간한 2008년 “국가 온실가스 인벤토리를 위한 가이드라인“에 근거하여 산정되고 있음
- 본 연구에서는 IPCC 가이드라인에 근거한 경기개발연구원(2007)의 시군단위 온실가스 배출량 산정방법을 기초로 이산화탄소 배출량을 산정함. 경기개발연구원(2007)의 이산화탄소 배출량 산정은 표와 같이 크게 4단계로 요약됨
- 본 연구에서 이산화탄소 배출량 산정방법은 경기개발연구원(2007)과 같이 전력, 열에너지와 같은 최종 에너지 사용량을 기준으로 하며, IPCC 가이드라인 기초하여 이산화탄소 배출량을 계산함
- 단, IPCC 기준에 따라 배출원을 구분하지 않고, 도시 내 활동별로 이산화탄소 배출량을 산정함. 이렇게 산정된 도시 내 활동별 이산화탄소배출량과 인구, 세대, 토지이용, 자동차등록대수, 소각 쓰레기량, 그리고 공원, 녹지면적 등과 같은 도시지표를 이용하여 각 지표별 이산화탄소 배출원단위를 도출함. 마지막으로 도출된 도시 내 활동별 이산화탄소 배출원단위를 기존 도시에 적용하여 도시의 이산화탄소 배출량을 계산함
- 대상지 탄소 배출량을 구하기 위해 대상지의 도시 내 활동별 연료소비량 데이터가 있어야 하나 대상지의 면적 및 행정 단위별 자료구축에 어려움이 있어 대상지가 속해 있는 강원도의 탄소배출량의 면적에 따른 원단위¹⁾를 구한 뒤 대상지에 적용함
- 원단위에 의한 탄소배출량 도출은 신뢰도가 떨어진다는 단점이 있지만 녹색도시의 전과 후의 탄소량 저감의 수치변화와 목표치를 제시하는데 효과적임

1) 원단위로 탄소 배출량을 구한 기준 연구로 2009년 한국토지공사에서 작성한 “동탄(2)신도시 저탄소 도시 도입연구“가 있음



<그림 1> 이산화탄소 배출량 산정 과정

2) IPCC의 탄소배출량 산정법

- IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 이산화탄소 배출량 산정방법은 다음 식과 같음. 이산화탄소 배출량을 구하기 위해서는 기본적으로 에너지소비량, 탄소배출계수, 연소율, 탄소몰입량 등에 대한 자료가 필요함

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n (\text{연료소비량}_i \times \text{탄소배출계수}_i \times (\text{연소율}_i - \text{탄소몰입율}_i)) \times \frac{44}{12}$$

i는 연료구분(석탄, 석유, 가스 등)

- IPCC에서 제시한 탄소배출계수, 연소율, 탄소몰입량은 다음과 같음

<표 1> 연료별 탄소배출계수

구분	휘발유	등유	경유	중유	무연탄	LNG	LPG
kg C/GJ	18.9	19.6	20.2	21.1	18.2	15.3	17.2
톤/천TOE	791.3	820.6	845.7	883.4	1122.1	640.6	720.1

* kg C/GJ는 단위열량당 발생하는 탄소의 양

3차시. 저탄소 녹색도시계획

<표 2> 연료별 연소율

연료구분	석탄	원유 및 석유제품	가스	발전용 PEAT
연소율	0.98	0.99	0.995	0.99

* PEAT는 이탄, 석탄의 일종

<표 3> 제품별 탄소물입율

제품구분	아스팔트	윤활유	원료탄의 Coal oils 및 tars	납사	LPG	천연가스	경유
탄소물입율	1	0.5	0.75(0.045)	0.075	0.8	0.33	0.5

3) 강릉 녹색도시 사례

1단계 : 강원도 지역의 이산화탄소 배출량 산정

가. 산업부문

- 도시 내 활동 중 산업 부문의 이산화탄소 배출량은 IPCC 가이드라인에 따른 에너지별 이산화탄소 배출량 산정식과 한국은행(2008)이 제시한 산업별 이산화탄소 배출계수 자료를 이용하여 산정함

$$CO2^r_i = \sum_{j=1}^n CO2^r_j$$

$$CO2^r_j = \sum_{i=1}^n (\text{연료소비량}_{i,j} \times \text{탄소배출계수}_i \times (\text{연소율}_i - \text{탄소물입율}_i)) \times \frac{44}{12}$$

$CO2^r_i$ 는 지역 r내 산업부문에서 발생하는 이산화탄소의 양,
 $CO2^r_j$ 는 지역 r내 산업부문 중 j산업에서 배출되는 이산화탄소의 양,
 i는 연료구분,
 j는 산업,

- 식2를 강원도 지역의 산업에 적용하면 산업별 이산화탄소 배출량은 <표 4>와 같음

<표 4> 강원도 산업부문 이산화탄소 배출량

tCO2	휘발유	등유	경유	중유	가스	무연탄	합계
농림수산 광업	996,088	4,756,591	26,865,512	-	-	-	
산업	211,182	1,408,150	29,828,423				
상업	148,891	16,683,126	18,634,424	33,711	-	30,578,706	
공공기타	724,134	1,689,780	43,261,386	33,711	1,064,520		
이산화탄소량	4,041,327	29,388,181	234,216,996	191,026	6,432,617	173,298,605	447,568,752

3차시. 저탄소 녹색도시계획

나. 수송부문

- 수송부문에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 차종별 승용차, 승합차, 화물차 총 3가지로 구분함
- 강원도 지역의 차종별 연료량은 IPCC의 가이드라인 탄소배출량 식에 대입하여 대상지의 수송부문 이산화탄소 배출량을 구하게 되며, 수송부문 IPCC 가이드라인 적용 식은 다음과 같음

$$CO2_k^r v = \sum_{k=1}^5 (\text{연료소비량}_{i,k} \times \text{탄소배출계수}_{i,k} \times \text{연소율}_i) \times \frac{44}{12}$$

$$CO2^r v = \sum_{k=1}^5 CO2_k^r v$$

$CO2_k^r v$ 는 지역 r내 수송부문 중 k차종에서 배출되는 이산화탄소의 양,
 $CO2^r v$ 는 지역 r내 수송부문에서 발생하는 이산화탄소의 양,
 i는 연료구분,
 k는 차종

- 강원도의 차종별 연료 소비량은 다음과 같음

<표 5> 강원도 차종별 연료 소비량

tCO2	합계	휘발유	경유	LPG
승용차	345,355	284,658		60,688
승합차	95,578		68,516	27,062
화물차	305,109		293,931	11,178

- 앞 식을 적용하여 강원도지역의 차종별 이산화탄소 배출량은 다음과 같음

<표 6> 강원도 차종별 이산화탄소 배출량

tCO2	휘발유	경유	LPG	합계
승용차	4,734,434		746,339	5,480,772
승합차		2,486,632	332,807	2,819,439
화물차		10,667,551	137,462	10,805,013
합계	4,734,434	13,154,183	1,216,608	19,105,224

다. 가계부문

- 가계부문에서 배출되는 이산화탄소의 양은 가계부문에서 사용하는 에너지의 양으로부터 계산되며, 여기서 가계부문의 에너지사용은 크게 난방과 전력으로 구분됨
- 수송부문 이산화탄소 배출량 산정은 산업부문과 마찬가지로 한국은행(2008)의 자

3차시. 저탄소 녹색도시계획

료를 이용, IPCC 가이드라인 탄소배출량 산정식에 적용하여 아래 식 과 같이 산정됨. 단, 연료는 다른 제품으로 전환하지 않고 모두 연소됨을 전제함

$$CO2_{w(e)}^r h = \sum_{i=1}^n (\text{연료소비량}_{i w(e)} \times \text{탄소배출계수}_i \times \text{연소율}_i) \times \frac{44}{12}$$

$$CO2^r h = CO2_w^r h + CO2_e^r h$$

$CO2_{w(e)}^r h$ 는 지역내 가계부문 중 난방(전력)에서 배출되는 이산화탄소 양,
 $CO2^r h$ 는 지역내 가계부문에서 배출되는 이산화탄소 양

- 앞 식을 적용하여 강원도지역 가계부문 연료별 탄소 배출량은 다음과 같음

<표 7> 강원도 가계부문 연료별 탄소배출량

tCO2	등유	가스	전력	합계
가계	9,913,691	9,531,175	722,968	953,1175

라. 폐기물 부문

- 폐기물 부문은 폐기물을 처리하는 과정을 의미하며 이러한 폐기물처리 과정에서 오염물질이 발생하게 됨. 본 연구의 폐기물부문에서는 비생물 폐기물로부터 발생하는 이산화탄소 배출량을 산정하며, 폐기물을 소각하면서 발생하는 이산화탄소량은 각 폐기물의 연간 소각량과 탄소배출계수, 소각효율을 적용하여 구함
- 폐기물 소각처리에 따른 이산화탄소 배출량은 다음의 식을 이용하여 도출됨

$$CO2^r w = \sum_{p=1}^m (\text{연간소각량}_p \times \text{소각시 탄소발생계수}_p \times \text{소각효율}_p)$$

$CO2^r w$ 는 지역 r내 폐기물부문에서 발생하는 이산화탄소 양,
 p는 폐기물 종류,
 소각효율은 0.97

- 소각폐기물 탄소배출계수 <표 8> 소각폐기물 탄소배출계수

<표 8> 소각폐기물 탄소배출계수

폐기물	폐합성 수지	고무피혁	폐합성 섬유	폐합성 고무	폐피혁	기타 가연분
배출계수	2.347	2.094	1.408	2.299	1.870	1.045

* 자료: 김운수, 2006

3차시. 저탄소 녹색도시계획

- 위 식에 대입해 구한 강원도와 강릉시의 폐기물 이산화탄소 발생량은 강원도 348.5ton, 강릉시 6ton임

2단계 : 강원도 지역의 도시 내 활동별 이산화탄소 배출량 종합

- 앞에서 설명한 이산화탄소 배출 및 흡수량을 종합하면 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$CO_2^r = CO_2^r i + CO_2^r v + CO_2^r h + CO_2^r w$$

- 강원도 지역의 이산화탄소 배출량을 종합해 보면 다음과 같음

<표 9> 강원도 이산화탄소 배출량 종합

구분		이산화탄소 배출량(tCO ₂)
배출량	산업부문	447,568,752
	수송부문	1,365,702,649
	가계부문	594,803,652
	폐기물부문	348
	총 이산화탄소 배출량	2,408,075,401

3단계 : 이산화탄소 배출원단위 도출

가. 산업부문

- 산업부문의 원단위는 <표 10>과 같이 각 산업별 연면적당 이산화탄소 배출량으로 계산됨
- 강원도 지역에서 단위 연면적당 이산화탄소 배출량이 가장 많은 부문은 공업 및 건설업이며, 가장 적은 이산화탄소 배출량은 농림수산 및 광업으로 나타남

<표 10> 산업부문 원단위

구분	이산화탄소량(tCO ₂)	면적(m ²)	원단위
농림수산 광업	32,618,191	1,737,874,223	0.018
공업 및 건설업	31,447,755	45,341,588	0.693
상업	66,078,858	982,128,026	0.067
공공기타	46,773,531	50,154,534	0.932

나. 수송부문

3차시. 저탄소 녹색도시계획

- 강원도 지역 수송부문 차량1대당 이산화탄소 배출량은 <표 11>과 같음. 차량 1대 당 이산화탄소 배출량이 가장 큰 차종은 화물차이며 승합차, 승용차 순으로 나타남

<표 11> 수송부문 원단위

구분	이산화탄소량(tCO2)	차량대수(대)	원단위
승용차	5,480,772	382,586	14.325
승합차	2,819,439	40,202	70.131
화물차	10,805,012	131,161	82.379
합계	19,105,224	553,949	34.489

다. 가계부문

- 강원도 지역 가계부문의 세대당 이산화탄소 배출량은 <표12>와 같음. 난방의 이산화탄소 배출량은 4,271,238ton으로 전력의 722,968ton 보다 높게 나타남

<표 12> 가계부문 원단위

구분	이산화탄소량(tCO2)	세대수(호)	원단위
난방	4,271,238	594,360	7.186
전력	722,968	594,360	1.216
합계	4,994,206	594,360	8.402

라. 폐기물 부문

- 강원도 지역 폐기물부문에서 배출되는 폐기물 1ton당 이산화탄소 배출량은 <표 13>과 같음. 폐기물 1ton을 소각할 때 배출되는 이산화탄소는 348.5tCO2임

<표 13> 폐기물부문 원단위

구분	이산화탄소발생량(tCO2)	폐기물량(ton)	원단위
폐기물	348.5	195.841729	1.779

4단계 : 이산화탄소 원단위 신뢰도 분석

- 강원지역의 부문별 이산화탄소 원단위의 신뢰도는 본연구의 모델이 된 경기도의 이산화탄소 배출량산정의 원단위와의 비교를 통해 분석하고자 함. 단, 경기도의 이산화탄소 배출 분류와 본 연구의 분류 체계가 달라 비교가 어려운 부분이 있음

3차시. 저탄소 녹색도시계획

<표 14> 경기도-강원도 이산화탄소 원단위 비교

경기도			강원도				
산업부문	농림 어업광업	0.001	산업부문	농림 어업 광업	0.018		
	제조업	0.236		공업 및 건설업	0.693		
	건설업	0.155					
	전기 가스 수도사업	0.874					
	도소매업 및 음식숙박업	0.030					
	운수,창고,통신업	1.637					
	금융보험업	0.070					
	부동산 및 사업서비스업	0.071					
	공공행정 및 국방	0.019					
	교육서비스	0.015		상업	0.067		
	보건 및 사회복지사업	0.027					
	기타서비스업	0.286		수송부문	수송부문	0.932	
수송부문	승용차	4.217	승용차				14.325
	택시	33.080	승합차				70.131
	승합차	4.171					
	버스	64.917					
	화물차	8.959					
가계부문	난방	6.927	가계부분	난방	7.186		
	전력	3.158		전력	1.218		
폐기물부문	소각	5.790	폐기물부문	소각	1.779		

- 산업 부문의 경우 경기도의 원단위가 12개 분야로 구체적인데 반해 강원도는 4개에 불과함. 농림 어업 광업의 경우 강원도의 이산화탄소 배출 원단위가 경기도의 비해 18배 높았으며 경기도의 제조업과 건설업에 비해 강원도의 동업 및 건설업의 원단위가 3배에서 4.5배 가까이 높았음. 경기도의 공공행정 및 국방, 교육서비스의 원단위는 0.015인데 비해 강원도 공공기타의 원단위는 0.932로 훨씬 높게 나타남
- 수송부문의 경우 경기도는 5개 분야로 나뉘는 반면 강원도는 3개 분야로 나누어짐. 이는 강원도의 승용차에 버스가 포함되며 승합차에 버스가 포함되기 때문임. 경기도의 승용차, 택시의 원단위의 평균이 18.5로 강원도의 승용차 원단위와 비교해 다소 높으며, 경기도의 승합차와 버스의 평균 원단위가 34.5로 강원도가 두 배 가량 높음. 하지만 경기도 버스와 강원도 승합차와 비교했을 때는 강원도가 다소 높음. 화물차의 경우 강원도의 원단위가 경기도보다 10배 가까이 높게 나타남
- 가계부문의 경우 경기도 난방 이산화탄소 배출 원단위가 강원도에 비해 낮으나 비슷한 수치를 보이며, 경기도의 전력은 강원도의 것보다 2배가량 높게 나타남
- 폐기물부문의 경우 경기도의 이산화탄소 배출 원단위가 강원도의 것보다 3배가량 높게 나타남

3차시. 저탄소 녹색도시계획

5단계 : 대상지 탄소배출량 산정

(1) 산업부분

- 토지이용계획에 나타난 용도별 토지에 유입되는 기능을 산업분류에 따라 유사한 산업으로 구분하고, 구분된 산업별 면적당 이산화탄소 배출량의 평균값을 이용하여 산업부분의 이산화탄소 배출원단위를 도출함
- <표 15>에서 제시되었듯이 대상지의 산업부분에서 배출되는 이산화탄소는 연 161,455tCO₂로 측정됨

<표 15> 대상지내 산업부분 이산화탄소 배출량

	면적(m ²)	원단위	이산화탄소배출량(tCO ₂)	비율
농업광업	8,164,168	0.018	146,955	91.0
공업 및 건설업	4,937	0.693	3,421	2.1
상업	35,291	0.067	2,364	1.4
공공기타	9,349	0.932	8,714	5.3
합계			161,455	100

(2) 가계부분

- 대상지의 가계부분에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 계획인구와 세대수 그리고 도시 내 활동별 이산화탄소 배출원단위로부터 예측됨. 예측된 대상지의 가계부분 총 이산화탄소 배출량은 표16에 보이는 바와 같이 11,611tCO₂로 계산됨

<표 16> 대상지 내 가계부분 이산화탄소 배출량

구분	세대수	이산화탄소 배출원단위		이산화탄소 배출량(tCO ₂)			
		전력	난방	전력	난방	계	비율
단독주택	1,082	1.216	7.186	1315	7775	9090	78.29
아파트	300	1.216	7.186	364	2155	2520	21.71
합계						11,611	100

(3) 수송부분

- 대상지의 교통부분 이산화탄소 배출량 산정을 위해 가장 중요한 부분은 신도시 내 차종별 차량 대수 예측임. 본 연구에서는 강원도의 세대당 차종별 차량대수와 대상지의 세대수를 이용하여 차종별 차량대수를 계산함
- 계산된 차종별 대수는 <표 17>와 같이 승용차, 화물차, 승합차 순임

3차시. 저탄소 녹색도시계획

<표 17> 대상지 내 차종별 예상대수

차종	세대수	1세대당 강원도차량대수	대상지내 예상 차량대수
승용차	1,382	0.274241	37,900
승합차		0.025912	3,581
화물차		0.078748	10,882
계			52,364

○ <표 18>에 제시된 차량대수와 차종별 탄소배출 원단위를 이용하여 대상지의 교통 부문 배출량을 산정함. 산정된 교통부문의 이산화탄소 배출량은 <표 18>와 같음
<표 18> 대상지 내 수송부문 이산화탄소 배출량

차종	차량대수(대)	이산화탄소배출원단위 (tCO2/대)	이산화탄소 배출량 (Tco2)
승용차	5,484	14.325	78,558
승합차	518	70.131	36,327
화물차	1,574	82.379	129,664
계	7,576		244,550

(4) 폐기물 부문

○ 대상지의 폐기물부문 이산화탄소 배출량은 계획인구와 강릉시의 폐기물 발생량과 폐기물 탄소 배출원단위를 통해 구해짐. 산정된 폐기물부문 이산화탄소 배출량은 표19와 같음

<표 19> 대상지 내 폐기물 부문 이산화탄소 배출량

구분	강릉시 폐기물 발생량(ton)	대상지면적/ 강릉시면적	탄소배출원단위 (tCO2/ton)	탄소배출량(tCO2)
폐기물부문	91,250	0.0158	1.779	2,564

(5) 흡수부분

○ 본 연구에서는 흡수부분에서 산림의 면적에 의한 이산화탄소 순 흡수효과만을 고려하기로 함. 산림에 의한 이산화탄소 흡수효과는 다음의 식을 통해 산정함

$$SINK^k = \sum_i \text{탄소흡수계수}_i \times \text{산림면적}_i$$

$SINK^k$ 는 지역 r내 산림의 이산화탄소 흡수량
i는 임상종류

○ 산림청에서 제시하고 있는 우리나라 평균 나무연령인 35년 기준의 임상별 탄소흡

3차시. 저탄소 녹색도시계획

수계수는 다음과 같음

<표 20> 임상별 탄소흡수계수

임상	강원도지방 소나무	잣나무	낙엽송	리기다 소나무	편백	상수리 나무	신갈나무
탄소배출 계수	1.51	2.68	2.92	2.53	1.96	3.3	3.51

○ 위 식과 <표 20>의 계수를 적용한 강원도지역의 도시 내 활동 중 산림에 의해 흡수되는 이산화탄소량은 4,648,000tCO₂이며, 이를 강원도 전체 산림 면적으로 나눈 값은 대상지내 산림의 흡수원단위가 된다. 그 값은 8.272tCO₂/ha 이다.

<표 21>와 같이 개발전과 개발후의 녹지 및 공원 면적에 따라 나누어 개발 전 공원 녹지 면적 798ha에서 흡수되는 이산화탄소량은 약 175,416tCO₂인 것으로 나타남

<표 21> 대상지내 산림부문 이산화탄소 흡수량

구분	공원녹지 면적(ha)	이산화탄소 흡수원단위(tCO ₂ /ha)	이산화탄소 흡수량(tCO ₂)
개발전(녹지 44%)	798	8.272	175,416
개발후(녹지60%)	1,100	8.272	239,207

(6) 탄소 배출량 종합

○ 대상지의 도시 내 활동별 탄소 배출량을 종합하면 표7과 같음. 대상지의 총 탄소 배출량은 216,383tCO₂로 예측되며, 예측된 총 이산화탄소 배출량에서 흡수되는 175,416tCO₂를 제외하면 순 이산화탄소 배출량은 40,967tCO₂이라 할 수 있음

<표 22> 대상지내 이산화탄소 배출량 종합

도시 내 활동		이산화탄소 배출량(tCO ₂)	비율(%)
배출량	산업부문	161,455	38.42
	수송부문	244,550	58.20
	가계부문	11,611	2.76
	폐기물부문	2,564	0.61
	총이산화탄소 배출량	420,180	100
흡수부문(B)		175,416	
순 이산화탄소 배출량(C=A-B)		244,764	

6단계 : 녹색도시 조성 후 탄소배출량 산정

- 여기에서는 강릉시가 녹색시범도시로 개발 될 경우 도시 내 배출될 이산화탄소의 양을 산정하고자 함
- 저탄소 도시는 앞 장에서 제시 된 바와 같이 도시 내 다양한 부문에서 이루어질

3차시. 저탄소 녹색도시계획

수 있음. 여기서는 앞장의 부문별로 아래와 같은 개발 방안에 대한 이산화탄소 배출량을 산정하고자 함

<표 23> 개발방안에 대한 이산화탄소 배출량 산정

부문	배출량 산정
산업부문	농업 및 광업의 경우 경포호, 습지 복원을 통해 농경지를 녹지로 토지이용 변경 그 밖의, 공업 및 건설업, 상업, 공공 기타의 경우 현 시설 유지
수송부문	녹색도시내 자동차 이용 차단. 자전거 도로 공급, 온라인자동차등 대중교통 활성화
가계부문	에너지 효율 향상 및 건물 녹화
폐기물부문	폐기물 처리기술 향상
흡수부문	건물 녹화, 공원 및 녹지 추가 공급

(1) 산업부문

- 농업 및 광업의 경우 경포호, 습지 복원을 통해 농경지를 녹지로 토지이용 변경하며 약 82%의 이산화탄소를 저감함

<표 24> 대상지 내 산업부문 이산화탄소 배출 감축량

구분	면적(m ²)	면적변화(m ²)	원단위	조성 후 이산화탄소 배출량(tCO ₂)	이산화탄소 증감을
농업광업	8,164,168	-1,460,000	0.018	120,675	- 82%
공업 및 건설업	4,937	-	0.693	3,421	-
상업	35,291	-	0.067	2,364	-
공공기타	9,349	-	0.932	8,714	-
합계	8,213,745	-1,460,000		135,174	- 89%

(2) 수송부문

- 강릉 녹색시범도시의 기본구상안에 따르면 수송부문의 경우 단지 내 승용차와 같은 이산화탄소를 발생시키는 모든 교통을 차단하고 자전거 및 온라인 자동차등 무탄소 교통수단으로 대체하게 됨. 따라서 대상지 내 수송부문 이산화탄소의 발생량은 0tCO₂임

<표 25> 대상지 내 수송부문 이산화탄소 배출 감축량

구분	이산화탄소 배출량 (Tco ₂)	이산화탄소 증감을	조성후 이산화탄소 배출량(Tco ₂)
수송부문	244,550	-100%	0

(3) 가계부문

3차시. 저탄소 녹색도시계획

- 강릉 녹색시범도시의 기본구상안에 따르면 가계부문의 경우 패시브하우스와 건물 녹화 등으로 건축물의 에너지 효율을 증대시킴
- 건물녹화의 경우 오양섭 외(2006)의 연구결과에 따르면 전체 옥상녹화 시 8.5~10.5%의 냉난방비 절감효과가 있는 것으로 나타남. 본 연구에서는 그 중간 값인 9.5%의 냉난방 절감효과가 발생하는 것으로 봄.
- 건축물 에너지 효율 향상(20%, 30%)과 전체 단독주택 중 녹화를 실시한 단독주택의 비율(10%)을 적용하여 계산된 대상지의 가계부문 이산화탄소 배출량 및 저감량은 다음 표와 같음

<표 26> 대상지 내 가계부문 이산화탄소 배출 감축량

구분	이산화탄소 배출량 (tCO2)	이산화탄소 증감율			조성후 이산화탄소 배출량(tCO2)		
		-9.5%	-20%	-30%	10,507	9,288	8,127
가계	11,611	-9.5%	-20%	-30%	10,507	9,288	8,127

(4) 폐기물부문

- 강릉 녹색시범도시의 기본구상안에 따르면 폐기물부문은 폐기물 처리기술의 향상에 따른 이산화탄소 배출량 감소가 예상됨. 본 연구에서는 폐기물 처리기술로 인한 소각 시 15%, 20%의 이산화탄소 배출 저감될 것으로 봄. (산업자원부(2007) 자료 : 폐기물고형화연료시설(RDF) 설치 시, 일반 소각보다 21%의 온실가스 저감 효과 제시)
- 각각의 폐기물 소각 시 이산화탄소 배출량 저감비율에 따른 폐기물부문의 이산화탄소 배출량은 다음 표와 같음

<표 27> 대상지 내 폐기물부문 이산화탄소 배출 감축량

구분	이산화탄소 배출량 (tCO2)	이산화탄소 증감율		조성후 이산화탄소 배출량(tCO2)	
		-15%	-20%	2,196	2,067
폐기물부문	2,584	-15%	-20%	2,196	2,067

(5) 흡수부문

- 강릉 녹색시범도시의 기본구상안에 따르면 흡수부문은 산림녹지 비율 향상에 따른 이산화탄소 흡수량 증가가 예상됨. 기본구상(안)에는 녹지율을 최고 60%를 목표로 하고 있음. 그에 따른 흡수량은 다음 표와 같음

<표 28> 대상지 내 흡수부문 이산화탄소 흡수 증감량

구분	이산화탄소 흡수량 (tCO2)	녹지면적 목표 증감율	조성후 이산화탄소 흡수량(tCO2)
			239,207
흡수부문	175,416	60%	239,207

3차시. 저탄소 녹색도시계획

- 단 대상지 북측 재생에너지단지 조성 여부가 이산화탄소 흡수량에 상당한 영향을 끼침으로 조성여부에 따른 이산화탄소 흡수량 변화를 별도로 산정함
- 단지 경계 내의 산림탄소 고정량 산정 : 총 35,741.29ton으로 추정됨
 - 침엽수림 III영급(85,447.99m²) → 1,615.82ton
 - 침엽수림 IV영급(1,512,653.74m²) → 34,125.47ton
- 신재생 에너지 복합단지 개발 시 탄소 손실량
 - 건폐율 & 인공화 지역 면적 50%일 경우, 약 17,857.15 ton 손실
 - 건폐율 & 인공화 지역 면적 50%이면서 생태건축(40% 이상)으로 대응 및 녹지회복할 경우, 약 10,708.89 ton 손실

<표 29> 대상지 내 흡수부문 이산화탄소 흡수 증감량

구분	단지 내 이산화탄소 흡수량	신재생에너지단지 조성 후 흡수 증감량		조성 후 이산화탄소 흡수량 (Tco2)	
		건폐율 50%	건폐율 50% & 생태건축 40%	건폐율 50%	건폐율 50% & 생태건축 40%
흡수부문	35,741	-17.857	-10.808	18,514	24,933

(6) 녹색도시 조성 후 이산화탄소 배출량 종합

- 앞에서 설명한 대상지내 활동별 이산화탄소 배출 및 흡수량을 종합하면 다음 표와 같음. 여기서 이산화탄소 배출량과 흡수율은 기본구상안의 부문별 목표치에 의해 산정하였고, 목표치에 따라 최저, 최고 이산화탄소 배출량과 흡수율을 종합하여 산정함
- 강릉 녹색도시 조성 후 이산화배출량은 최저 104%, 최고 138% 감축되는 것으로 나타남

<표 30> 녹색도시 조성 후 이산화탄소 배출량 종합

구분	조성 전 이산화탄소양 (tCO2)	조성 후 이산화탄소양(tCO2)		증감율(%)		
		최저	최고	최저	최고	
배출량(A)	산업부문	161,455	135174		16.3감소	
	수송부문	244,550	0		100감소	
	가계부문	11,611	10,507	8,127	9.5감소	30감소
	폐기물부문	2,584	2,198	2,067	15감소	30감소
흡수부문(B)	175,416	-157,559	-239,207	10증가	236감소	
순 이산화탄소 배출량 C=A-B	244,784	-9,680	-93,839	104감소	138감소	

2. 저탄소를 위한 녹색도시계획기법

1) 친환경적 계획기법의 도입.

- 도시계획 단계에서 탄소중립성(Carbon Neutral)을 고려한 온실가스 감축형 도시 계획 및 설계기법의 도입이 필요함.
 - 적절한 토지이용계획(공원 및 녹지계획 포함)

3차시. 저탄소 녹색도시계획

- 도시내의 에너지 효율성 향상 및 신·재생에너지 도입 등 에너지 사용계획
- 대중교통수단을 강화하는 교통모델 등 통합적인 국토 및 도시계획 기준이 마련

저탄소 도시 실현을 위한 각종 시범사업 추진이 요구됨

- 유비쿼터스 기술과 친환경기술이 융합된 U-Eco city 조성
- 자연, 문화, 경제가 어우러지는 생태도시 조성
- 살고 싶은 도시만들기사업을 통해 모범적 기후변화 대응 도시 조성
- 농산촌 지역을 대상으로 탄소순환 시범마을 조성

2) 계획요소에 기후변화 대응요소 필요

토지이용계획에 기후변화 대응 요소가 포함될 수 있도록 사전환경성 검토 및 환경영향평가제도의 활용 및 보완 필요

3) 충분한 공원녹지 확보

저탄소 녹색도시 조성을 위해서는 공원녹지의 다량 확보는 기본임. 해외의 사례를 살펴보면 우리보다 훨씬 경제적으로 열악하다고 하는 방콕이나 말레이시아 등의 도시들도 도심내에 충분한 녹지공간이 확보되어 있음. 따라서, 녹지의 양적 증가뿐만 아니라 녹지가 네트워크를 형성하도록 계획하고, 도시 내 생물서식 공간을 보전하고 복원하고 창출하여 비오톱네트워크를 형성하도록 하는 것이 중요.

4) 에너지 효율성 확대

에너지 분야와 관련해서는 건물에너지 효율 등급제도를 모든 건물로 단계적으로 확대하고, 소각하폐수, 폐열·여열회수 및 매립장 매립가스 회수 등을 통하여 에너지 순환형 기반시설 설치를 확대하여야 함. 지자체, 지자체소속 공공기관, 가정·상업(대형건물 포함) 등의 참여를 유도할 수 있는 다양한 감축수단을 발굴하여 탄소저감 실적에 따른 인센티브를 부여하여 감축 동기를 제공하는 것이 중요

5) 물순환기능 구축

물순환체계분야에서도 중수도를 적극 도입하거나, 자연적인 물길을 조성하는 물순환체계를 구축하고 지역적으로 이용가능하고 물의 재생·재순환이 가능한 수자원을 최대한 이용하여 저탄소를 위한 물순환체계를 구축하여야 함.

6) 녹색교통

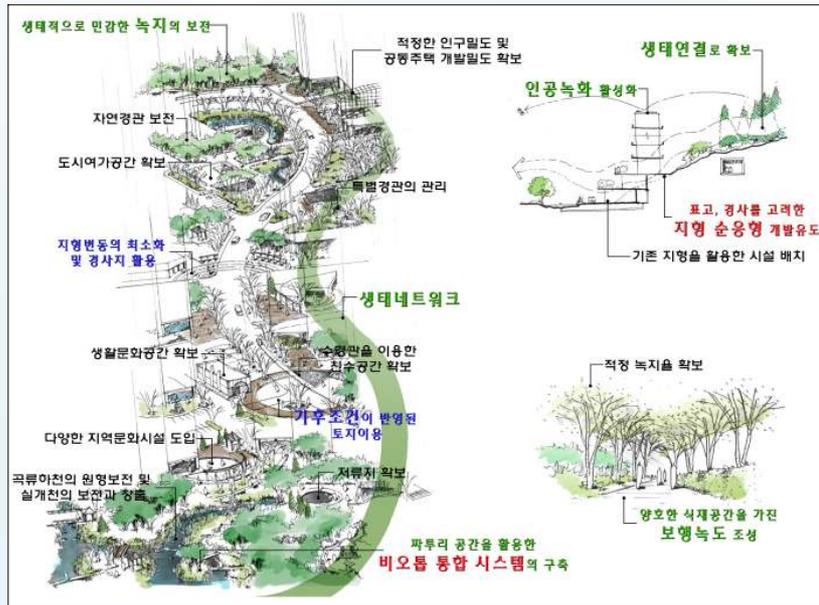
녹색교통과 관련해서는 에너지 효율이 높은 대중교통 수단을 구축하고, 전기자동차와 같은 무공해자동차를 개발 보급하는 노력과 함께 보행자도로, 자전거 도로, 자가용 없는 날, 카풀 등의 제도가 보완되어야 함.

7) 도시내 전반적인 부분의 저탄소 대책

도시의 공간구조와 토지이용분야, 녹색교통, 에너지, 산업, 환경, 주택, 도시녹지, 도시내의 농업 등 도시의 전반적인 부분과 생활공간을 포함하여 저탄소를 위한

3차시. 저탄소 녹색도시계획

대책이 강구되어야 하며, 부문별로 개념도를 살펴보면 다음과 같음.

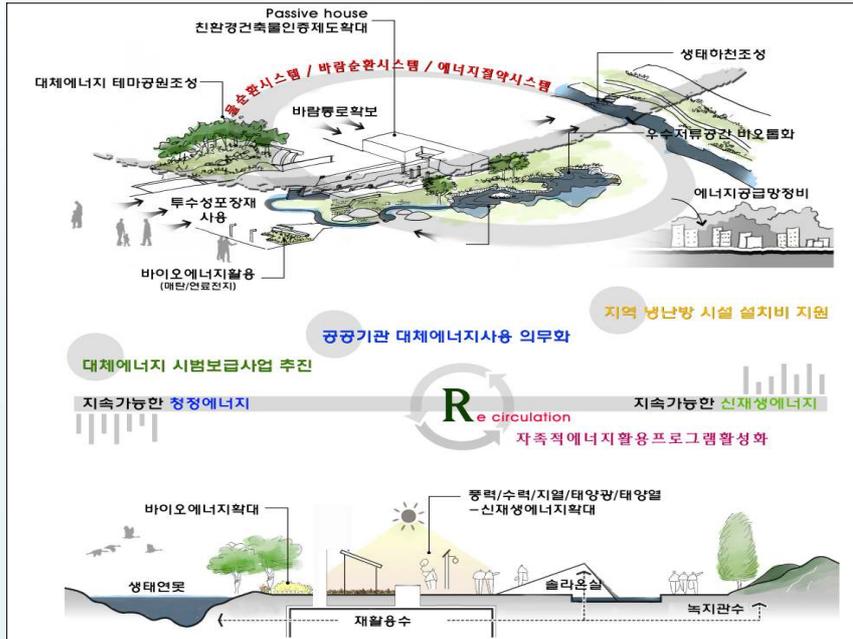


<그림 2> 저탄소 녹색도시의 지속가능한 토지이용부문 조성개념도

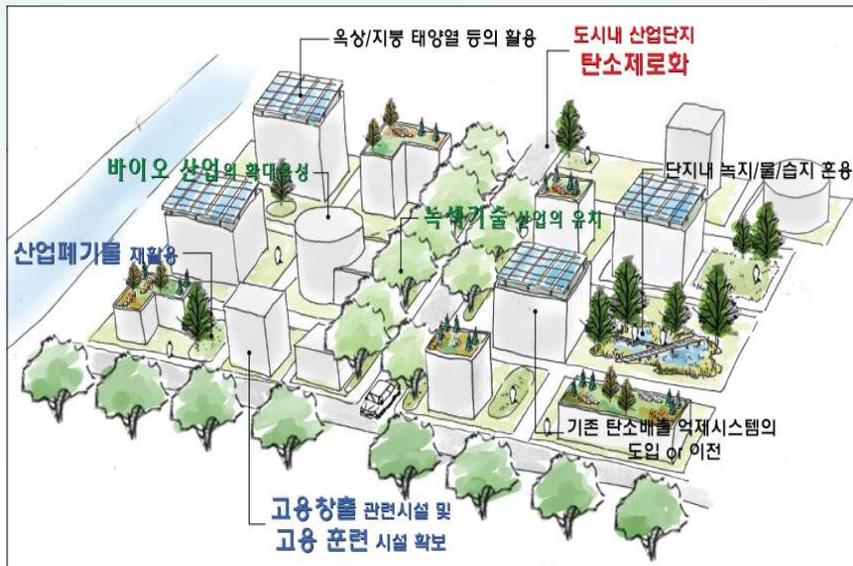


<그림 3> 친환경 녹색교통부문 조성개념도

3차시. 저탄소 녹색도시계획



<그림 4> 청정/신재생에너지 활용부문 조성개념도



<그림 5> 산업부문 조성개념도





<그림 6> 친환경부문 조성개념도



<그림 7> 환경농업부문 조성개념도

3. 녹색도시를 향한 지자체별 차별적 접근

3차시. 저탄소 녹색도시계획

- 온실가스관리를 통한 녹색도시 현황 및 문제점
 - 지방자치단체의 온실가스 수립을 통한 녹색도시 기반은 여전히 취약함.
 - 현재 지방자치단체들의 저탄소 정책들은 모두 획일화 되어있음.
 - 주로 재생가능에너지 보급, 교통 분야 이산화탄소 감축, 교육과 홍보 등에 초점이 맞춰져있었음.
 - 지역 특성 보다는 인지도가 높은 정책 선점을 위한 경쟁차원에서 진행되는 경향이 드러남.
 - 이름은 다르나 유사한 성격의 정책들이 많이 시행중임.
 - <인벤토리 작성→ 저감 잠재량 분석→,저감 목표 설정> 단계를 거치지 않고, 목표만 제시하는 경우가 많음.

- 인벤토리 구축현황
 - 자체 조사한 온실가스 인벤토리 자료를 갖고 있는 곳은 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 경기도, 강원도, 제주특별자치도 6곳.
 - 인벤토리를 구축 중인 곳은 인천광역시, 광주광역시, 울산광역시, 경상남도, 전라남도 5곳.
 - 인벤토리 구축 예정인 곳은 경상북도, 충청남도, 대전광역시 3곳.
 - 지역별로 인벤토리를 작성하고 있으나 지역마다 산정방법이 달라 비교하기 어렵고, 기초통계자료 부족으로 신뢰도도 낮음.
 - 중앙정부가 인벤토리 구축 표준안 등 가이드라인을 제시하지 않아 정책 실행에 어려움을 겪고 있음.

- 온실가스감축 목표치 설정현황
 - 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 강원도, 전라남도, 제주특별자치도 7곳의 광역지방자치단체가 온실가스감축 목표치를 설정
 - 광주광역시, 대구광역시는 BAU 대비 감축을 목표 나머지 5곳은 절대량을 기준.
 - 정부가 목표를 제시하지 못했기 때문에 각 지자체별로 목표연도와 기준연도도 제각각.

- 기후변화대응 저탄소 대책을 위한 예산
 - 광역지자체 중에서 기후변화대응만을 위한 예산이 마련된 곳은 9곳.
 - 예산을 마련한 지방자치단체들은 자체 예산을 편성하거나 환경관리공단, 환경부 등에서 예산을 신청해 지원 받은 것으로 나타났음.
 - 기후변화대응 예산은 최고 서울특별시 600억 원, 최저 울산광역시 1,000만원.
 - 환경부는 2006년 서울특별시, 울산광역시, 전주, 영등포구 등 4곳, 2007년 제주특별자치도, 전라남도, 수원, 익산, 영등포구 등 5곳에 총 4억 원을 지원한 바 있음.
 - 예산이 턱없이 부족해 기후변화 대응 사업을 펼치는데 어려움.
 - 조사결과 많은 광역지방자치단체들이 기후변화 대응 정책 수립의 중요성에 대해 인식하고, 준비하고 있었음.
 - 그러나 구체적 감축 목표나 실현방안에 대한 제시가 없어 답답해하고 있음.
 - 지역적 특성을 고려한 정책수립과 목표설정이 바람직.
 - 장기적으로 교통, 산업, 주거 등 모든 분야에서 기후변화대응이 필요함.

3차시. 저탄소 녹색도시계획

1-3. 부문별 탄소 배출 현황

