

## ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’ 구축을 위한 미세먼지 취약지역 우선순위 선정

사공정희 · 백승희

충남연구원 공간·환경연구실 책임연구원·연구원

sun-road@cni.re.kr, bsh114@cni.re.kr

충남 미세먼지 저감을 위해서는 축사와 발전소 배출 미세먼지와  
편서풍에 실려 오는 미세먼지 차단이 우선 필요하므로 외부유입  
미세먼지를 원천적으로 저감시키고, 내륙발생 미세먼지를 이중 저감  
할 수 있는 ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’를 마련하고자 하였음

### CONTENTS

1. 충남 미세먼지 주요 발생원 선정
2. ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’ 정립
3. 미세먼지취약지역 우선순위 선정
4. 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을  
위한 제언

### 요 약

- 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위해 우선 충남의 미세먼지 주요  
발생원으로 축사, 발전소, 해염입자를 선정하였음
- 이로부터의 미세먼지 저감을 위해 충남의 자연자원 및 국가정책 등을  
고려하여 결과적으로, 서해안의 해안림(1차 차단막), 읍·면단위의  
마을숲(2차 차단막), 동단위의 도시숲(3차 차단막)을 ‘충남형 미세먼지  
저감숲 체계’의 구성요소로 설정하였음
- ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’의 효율성 향상을 위해 축사와 발전소,  
해염입자로 인한 미세먼지 노출도와 이에 대한 취약정도를 분석하고  
이들의 합산평가를 통해 미세먼지 취약지역의 우선순위를 최종 3단계로  
제시하였음
- 향후 충남은 이렇게 도출된 미세먼지취약지역 우선순위(1~3순위)에  
근거하여 미세먼지 저감숲을 조성 관리할 필요가 있으며, 특히, 동지역  
이의 읍·면지역에서의 마을숲 조성에도 심여를 기울일 필요가 있음

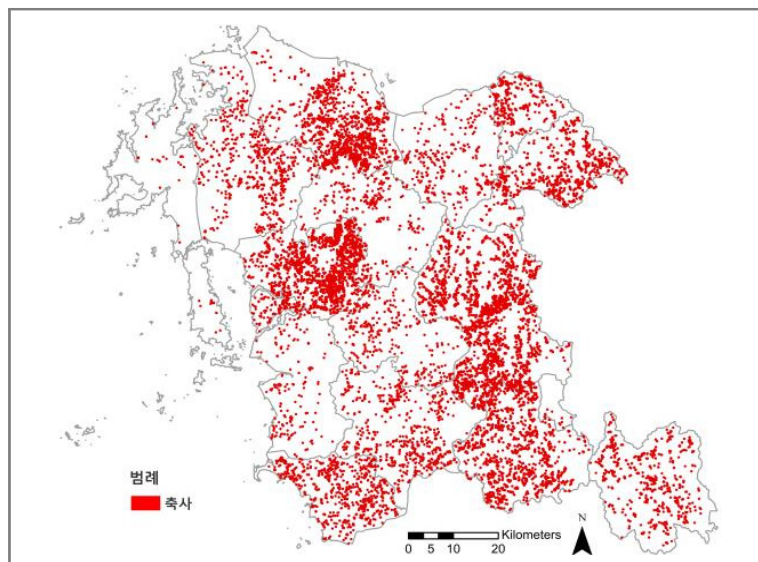


# 01

## 충남 미세먼지 주요 발생원 선정

- 주요 발생원 : 내륙발생(축사, 발전소) 및 외부유입(해염입자)

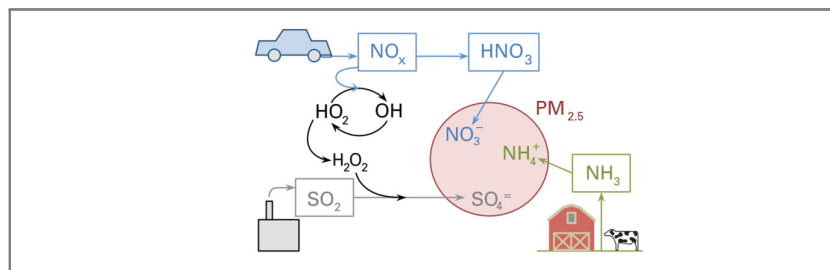
- 충남은 전국 최대 가축사육지역이고, 전국 1~10위 대기오염 배출업소 중 4곳이 위치하며(환경부, 2018), 석탄화력발전소 등 국가산업단지가 밀집하고 있어 대기오염물질 배출량 전국 1위(23%)를 차지하였음(환경부, 2019)
- 충남은 초미세먼지의 자체 기여도도 66%로서 전국 1위로 나타났는데(환경부, 2018), 이는 석탄 화력발전소·제철소·석유화학 공장이 밀집한 데다 서해안 입지로 인해 오염물질이 편서풍을 타고 내륙으로 이동하기 때문으로 분석된 바 있음(KEI, 2018)
- 이 같은 서해안 입지는 축사와 발전소 이외에도 선박과 항만시설의 배출물질 및 중국발 미세먼지 역시 편서풍을 타고 충남 내륙으로 유입될 수 있음을 의미함



〈그림 1〉 충남 축사 분포도  
출처 : 충청남도 내부 주소자료 활용.

## ● 주요 발생 미세먼지 위험성

- 축사에서 발생하는 질소산화물과 황화수소, 암모니아는 2차 미세먼지(PM2.5) 발생 전구물질이며, 특히 암모니아로 인한 미세먼지는 총 미세먼지 발생량의 26~35%에 해당함(김종범 등, 2019)
- 축사에서 발생하는 암모니아 및 휘발성유기화합물 성분은 제조업 연소과정에서 발생하는 1차 미세먼지와 달리 해수에서 유래된 나트륨이온( $\text{Na}^+$ ), 마그네슘이온( $\text{Mg}^{2+}$ ), 칼슘이온( $\text{Ca}^{2+}$ ), 염화이온( $\text{Cl}^-$ ), 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 등과 반응하여 염화암모늄( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), 황화나트륨( $\text{Na}_2\text{S}$ ), 황화마그네슘( $\text{MgS}$ ), 황화칼슘( $\text{CaS}$ ) 등의 2차 미세먼지를 생성함
- 화력발전소에서 발생하는 황산화물( $\text{SO}_x$ )은 수증기 등과 반응하여 황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )이 되고(Holt, J. *et al.*, 2015), 암모니아( $\text{NH}_3$ ) 등과 반응하여 질산암모늄( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )이나 황산암모늄( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )과 같은 2차 미세먼지를 생성함(환경부, 2016)

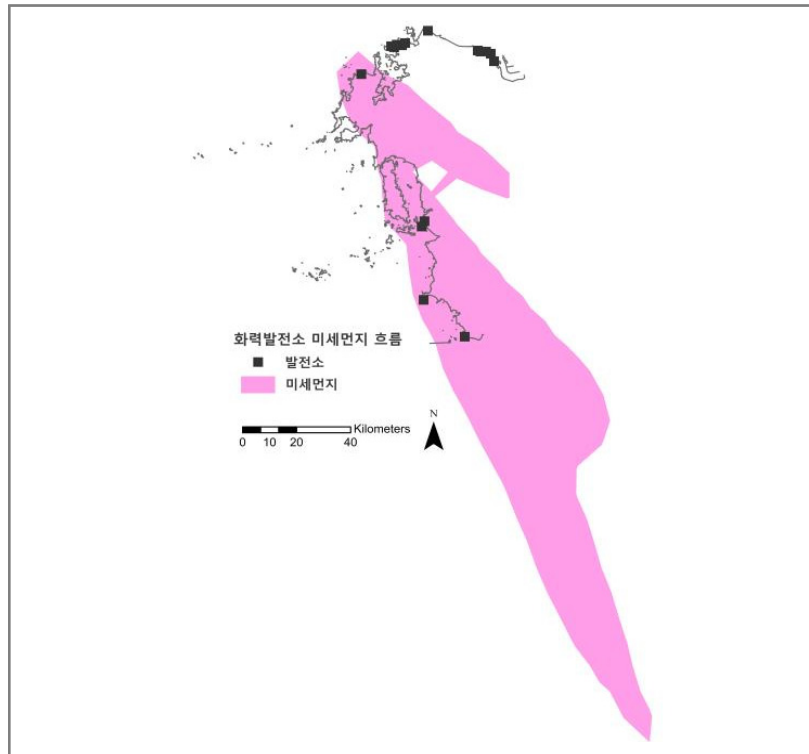


〈그림 2〉 대기 중 화학반응에 의한 2차 미세먼지 생성 과정

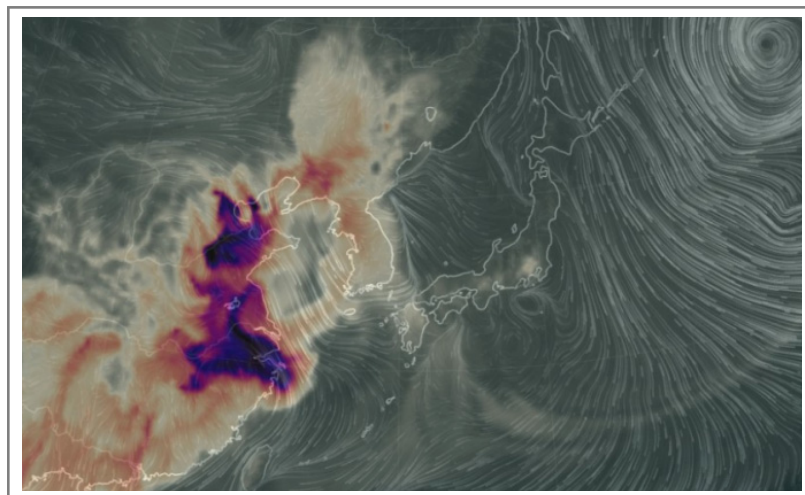
출처 : Holt, J. *et al.*(2015).

- 충남은 내륙 미세먼지뿐 아니라 편서풍에 의해 외부 및 해안에서 발생하는 미세먼지도 해안으로 빠져나가지 못하고 오히려 내륙으로 유입시키는 결과를 초래함
- 해안가 미세먼지에는 해염입자가 많이 포함되어 있는데(천성남 외, 2006), 이들은 화력발전소나 축사에서 발생하는 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ ), 질산이온( $\text{NO}_3^-$ ), 암모늄이온( $\text{NH}_4^+$ )과 반응하여 2차 미세먼지가 될 수 있음(천만영 외, 1994).
- 중국발 미세먼지도 편서풍으로 유입되는데, SO<sub>x</sub>와 NO<sub>x</sub> 배출의 주요 원인은 중국 내 에너지 소비량의 71%를 차지하는 석탄연소에 기인하는 것으로 밝혀졌으며(문광주 외, 2018), 정도가 심할 때는 중국 내 생성 오염물질의 60~80%가 유입되는 것으로 알려져 있음(중앙일보, 2019)
- 중국발 미세먼지는 서해를 거치면서 해수에서 유래된 나트륨이온( $\text{Na}^+$ ), 마그네슘이온( $\text{Mg}^{2+}$ ), 칼슘이온( $\text{Ca}^{2+}$ ), 염화이온( $\text{Cl}^-$ ) 등과 반응하여 황산나트륨( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), 황산마그네슘( $\text{MgSO}_4$ ) 등의 미세먼지입자를 생성하고, 해수면 통과 과정에서 응결되어 입자의 크기가 성장하여 상기 이온들이 표면에 흡착되어 유입될 수도 있다는 문제점이 있음

- 이상의 내용을 근거로 충남의 주요 미세먼지는 크게 ‘내륙발생 미세먼지’와 ‘외부유입 미세먼지’로 구분이 가능하고, 본 연구에서는 ‘내륙발생 미세먼지’의 주요 발생원으로서 ‘축사’와 ‘발전소’를, ‘외부유입 미세먼지’의 주요 발생원으로서 ‘해염입자’로 한정할 수 있겠음



〈그림 3〉 충남 화력발전소 배출 미세먼지 흐름(2019.03.07.)  
출처 : 충청남도(2019), 화력발전소 주변지역 기후환경영향 연구(Ⅱ), 충남연구원.



〈그림 4〉 중국발 미세먼지 위성영상  
출처 : <https://earth.nullschool.net>

## 02

## ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’ 정립

### ● 해안림(최전선의 미세먼지 1차 차단막)

- 충남 서해안을 따라 형성되어 있는 해안림은 편서풍에 실려 오는 다양한 입자들에 대해 1차 차단막 역할을 하는 숲으로서 예로부터 충남에서의 주거활동과 농사활동에 필수적인 숲이라 할 수 있음
- 그러나 현재 무분별한 개발(특히, 해안가 펜션 등)로 충남 해안림은 소규모로 파편화되고 많은 부분 훼손되는 등 외부유입 입자에 대한 1차 차단 역할이 점차 약해졌을 것으로 판단됨
- 더구나 중국발 미세먼지 등 편서풍에 의한 1차 미세먼지 및 해염입자와 합성하여 생성된 2차 미세먼지의 유입은 그 자체도 매우 유해하지만 이들은 충남 농촌지역에서 발생하는 미세먼지와 또다시 합성하여 또 다른 유해 미세먼지를 발생시킨다는 점을 고려해야 함
- 따라서 충남 해안림을 ‘충남 미세먼지 저감숲 체계’의 1차 구성요소로 정의하고, ‘미세먼지 1차 차단막’으로서의 해안림 기능성을 회복할 필요가 있겠음

### ● 마을숲(읍·면단위의 미세먼지 2차 차단막)

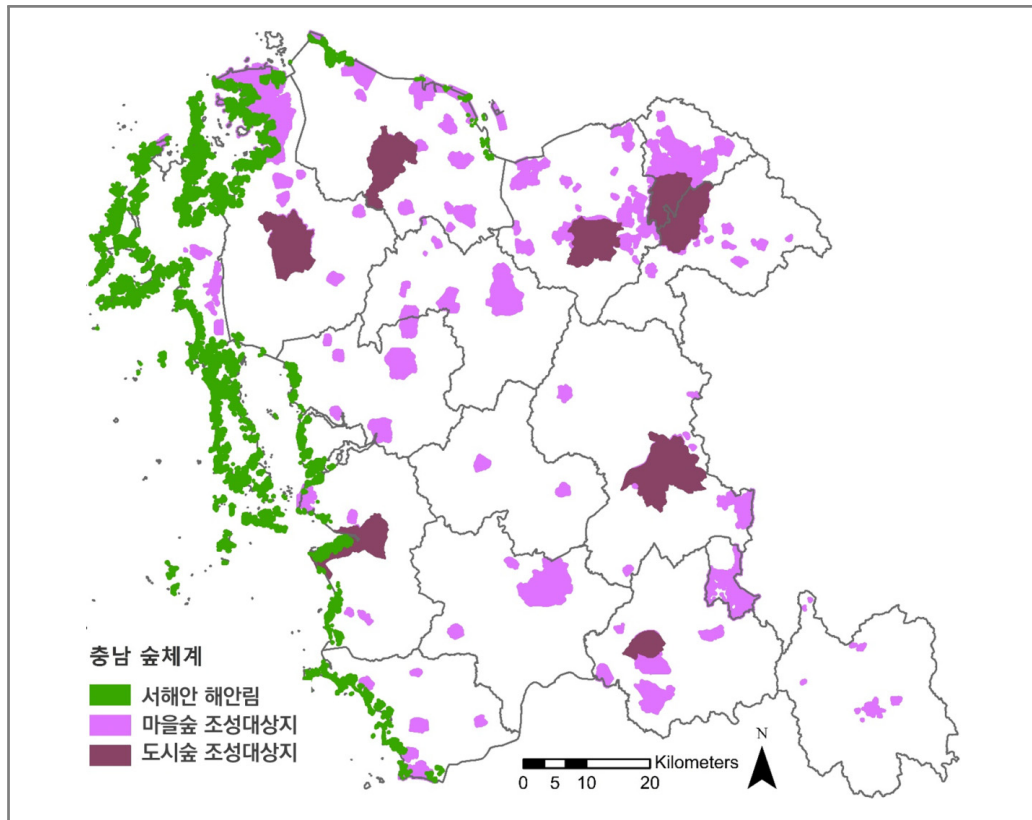
- 마을숲은 기본적으로 비사방지 기능이 있는데(김학범과 장동수, 1994), 충남의 경우 해안유입 물질과 축사 및 발전소 발생물질이 반응하여 2차 미세먼지 발생 위험이 높으므로 내륙에서의 비사방지, 특히 축사가 밀집한 마을단위에서의 미세먼지저감 기능을 확대할 필요가 있음
- 따라서 충남에서는 해안림이 미세먼지 1차 차단막 역할을 하고 그 후방에서 마을숲이 2차 차단막으로서의 역할을 수행해야 할 것으로 생각됨
- 한편, 마을숲에 대한 다양한 정의(산림청, 2020; 김학범과 장동수, 1994; 「도시숲등의조성및 관리에관한법률」제2조)를 살펴보면, 마을숲은 도시의 마을보다는 촌락지역의 마을에 더 적합한 것으로서 공간적 의미가 있다고 판단됨

- 따라서 이번 연구에서는 ‘읍·면 단위의 도시지역(국토교통부, 2020)으로 공간을 한정함으로써 도시숲과 마을숲의 입지적 차별성을 두었는데, 「도시숲등의조성및관리에관한법률」에서의 ‘법정 마을숲 정의’와 ‘기존 마을숲 개념의 입지 특성’을 반영하여 공간적 한계를 설정하였음
- 이로 인해 이번 연구에서 선정된 적정 입지는 향후 마을숲 조성사업 위치 선정에 타당성을 제공할 것으로 기대됨

#### ● 도시숲(동단위의 미세먼지 3차 차단막)

- 도시숲에 대한 정의는 「도시숲등의조성및관리에관한법률」 제2조(정의)에 “도시에서 국민의 보건·휴양 증진 및 정서 함양과 체험활동 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목을 말하며, 산림청은 ‘국민의 보건휴양·정서함양 및 체험활동 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목으로 공원, 학교숲, 산림공원, 가로수(숲) 등’으로 도시숲을 정의하고 있음
- 최근 미세먼지 피해가 높아지면서 인구가 많은 도시지역의 국민건강을 지키기 위해 미세먼지 기능이 더욱 중요해졌다고 할 수 있음
- 특히, 충남은 외부로부터의 유입, 농촌으로부터의 확산 등 지역적 특성이 반영된 미세먼지 발생원을 고려해 볼 때, 도시지역에서의 단순 차단보다는 외부에서 내륙까지 순차적인 차단이 필요함
- 이에 서해안의 해안림, 농촌지역의 마을숲과 함께 도시지역의 도시숲은 3차 차단막으로서 충남 미세먼지 저감숲 체계에 매우 중요한 구성요소라 할 수 있음
- 다만, 법률에서 제시하듯 도시숲은 도시라는 공간적 한계를 두고 있으며, 조성된 도시숲 역시 농촌지역보다는 도시지역에 집중되어 있음
- 따라서 이번 연구에서는 지금까지의 도시숲(미세먼지차단숲) 조성 위치 특성을 반영하면서 마을숲과는 공간적으로 구분하여 동단위 도시지역에 조성하는 숲으로 도시숲의 공간적 한계를 설정하였음





〈그림 5〉 충남형 미세먼지 저감숲 체계도

출처 : 사공정희·백승희(2020), 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약지역 우선순위 선정, 충남연구원.



〈표 1〉 충남 미세먼지 저감숲 체계의 구성요소 및 정의

구성요소	정의		
	기 준	산림청	해안에 발달하는 모래, 바다, 염기 위에 자라는 목본식물의 군락
해안림* (미세먼지 1차 차단벽)	재정립	충남	해안선(국립해양조사원, 2014)으로부터 1,000m 이내(「연안관리법」 제2조(정의))에 분포하는 식생군락 중 상록수림(침엽수림, 상록활엽수림, 침엽수가 70% 이상인 혼효림) 및 이와 연결되어있는 군락
	기 준	법률	산림문화보전과 지역주민 생활환경개선 등을 위해 마을주변에 조성·관리하는 산림 및 수목(「도시숲등의조성및관리에관한법률」제2조)
마을숲 (미세먼지 2차 차단벽)	기 준	산림청	전통적으로 마을 사람들의 삶과 관련하여 마을을 보호하거나 홍수 피해를 막는 등 마을의 지형적 결함을 보완하기 위해 마을 주변에 인공적으로 조성하고 관리해 온 숲
		문헌	마을의 역사, 문화, 신앙 등을 바탕으로 마을 사람들의 생활과 직접적인 관련이 있는 숲으로서 마을 사람들에 의해 인위적으로 조성되어 보호 또는 유지되어온 숲(김학범, 장동수, 1994)
	재정립	충남	산림문화의 보전과 지역주민의 생활환경 개선 등을 위하여 마을 주변에 조성·관리하는 산림 및 수목(「도시숲등의조성및관리에관한법률」제2조)으로서 읍·면단위의 도시지역(「국토의계획및이용에관한법률」에서 정한 용도지역)에 조성하는 숲
도시숲 (미세먼지 3차 차단벽)	기 준	법률	도시에서 국민보건·휴양증진 및 정서함양과 체험활동 등을 위해 조성·관리하는 산림 및 수목을 말하며, 「자연공원법」 제2조에 따른 공원구역은 제외(「도시숲등의조성및관리에관한법률」제2조)
		산림청	시민건강 증진, 정서함양 및 체험활동 등을 위해 조성 관리되고 있는 산림 및 수목을 말하며, 공원, 학교 숲, 가로수, 친수 공간 등이 해당
	재정립	충남	동단위의 도시지역(「국토의계획및이용에관한법률」에서 정한 용도지역)에서 국민의 보건·휴양 증진 및 정서 함양과 체험활동 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목을 말하며, 「자연공원법」 제2조에 따른 공원구역은 제외(「도시숲등의조성및관리에관한법률」제2조)

출처 : 사공정희·백승희(2020), 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약지역 우선순위 선정, 충남연구원.

## 03

## 미세먼지취약지역 우선순위 선정

## ● 분석범위

- 본 연구에서는 ‘연안육역’을 공간적 범위로 한정하고 연안에 산업단지가 많은 충남의 특이성을 고려하여 충남 해안선으로부터 1,000m 이내에 분포하는 식생군락 중 상록수림(침엽수림, 상록 활엽수림, 침엽수가 70%이상인 혼효림)을 해안림의 조사대상으로 한정하였음
- 또한, 해안림과 연계한 숲체계 마련이 목적이므로 미세먼지 발생원 및 취약지역 분석범위 역시 해안림이 분포하는 충남의 6개 시·군(태안, 서산, 당진, 홍성, 보령, 서천)으로 한정하였음

## ● 축사 영향권 설정 기준 및 결과

- 본 연구에서는 미세먼지 저감기능이 필요한 지역을 최대한 도출하여 행정적 지원 범위를 확대 하기 위해 환경부, 지자체 조례, 환경부-농림부 공동연구결과(환경부, 2015) 중 최대거리를 기준으로 한우 200m, 돼지 1,000m, 닭·오리 650m를 충남 미세먼지 관련 축사 영향권으로 설정하였음
- 영향권 면적은 모든 축사의 개별영향권이 중복 없이 분포한다고 가정할 경우의 면적(개별영향권 단순합산)과 실제 중복 부분을 제외한 면적(중복영향권제외합산)으로 구분하였음
- 전자를 통해서는 해당지역 면적대비 영향권 면적을 비교함으로써 얼마나 많은 축사를 해당 시·군이 부담하고 있는지 판단할 수 있고, 후자는 전자와의 비교를 위해 도출한 값으로서 전자와의 차이가 클수록 해당지역의 축사 밀도 역시 높다고 판단할 수 있음
- ‘개별영향권단순합산’은 365,747.4ha로서 6개 시·군 전체 면적대비 109.3%에 해당하였고, ‘중복영향권제외합산’은 133,873.6ha로 6개 시·군 전체면적대비 38.9%에 해당하였음
- ‘개별영향권단순합산’과 ‘중복영향권제외합산’의 차이를 살펴보면, 6개 시·군 전체의 경우 109.3%에서 38.9%로 줄었으며, 그 차이(70.4%)의 영향권 면적이 일정 공간에 중복됨을 의미함

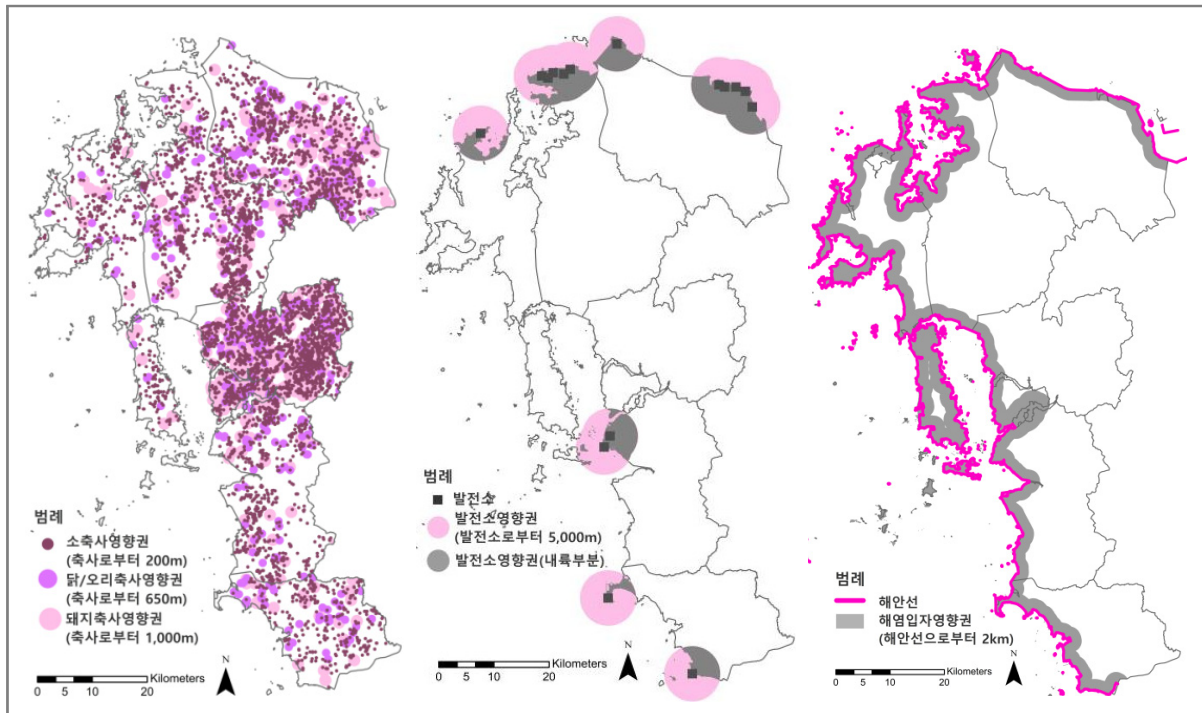
- 홍성의 경우 '개별영향권단순합산'과 '중복영향권제외합산' 차이가 291.1%로 가장 크게 나타나 축사에 의한 미세먼지 대책이 가장 시급하다고 할 수 있음

#### ● 발전소 영향권 설정 기준 및 결과

- 발전소로부터 발생하는 대기오염물질의 영향권에 대한 과학적 근거는 아직 미흡한 실정이므로 본 연구에서는 연구에서는 「발전소주변지역지원에관한법률」제2조의 발전소 '주변지역' 범위(발전소로부터 반경 5km 이내)를 영향권으로 적용하였음
- '개별영향권단순합산'은 53,535.1ha로서 6개 시·군 전체 면적대비 15.5%에 해당하였고, '중복영향권제외합산'은 25,617.5ha로 6개 시·군 전체 면적대비 7.4%에 해당하였음
- '개별영향권단순합산'과 '중복영향권제외합산'의 지역면적대비 차이를 살펴보면, 6개 시·군 전체의 경우 15.5%에서 7.4%로 줄었고, 당진 22.0%, 서산 17.7%, 보령 4.2%의 영향권 면적 중복으로 나타나 발전소에 의한 미세먼지 저감 대책은 당진과 서산에서 비교적 시급하다고 할 수 있음

#### ● 해염입자 영향권 설정 기준 및 결과

- 일반적으로 해안에서 2km 이내를 '염해지역'으로 구별하며(전남대학교, 2009), 이에 근거하여 이번 연구에서는 해안림이 존재하지 않는 경우 해염입자가 2km까지 날아갈 수 있다고 판단하여 해안선으로부터 2km 이내를 미세먼지에 대한 해안림의 영향권으로 적용하였음
- 충남 해안선(국립해양조사원, 2014)으로부터 내륙방향으로 2km까지를 해염입자 영향권으로 설정한 결과, 6개 시·군의 영향권 면적은 82,611ha로서 6개 시·군 전체 면적대비 13.6%에 해당하였고, 축사나 발전소의 영향권과 달리 중복되는 면적은 없음
- 지역별로는 태안이 67.5%로 가장 높아 내부 발생 미세먼지보다는 서해안으로부터 유입되는 미세먼지 대책 마련이 비교적 시급하다고 판단됨



〈그림 7〉 축사(왼쪽), 발전소(가운데), 해염입자(오른쪽) 영향권 분포도

출처 : 사공정희·백승희(2020), 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약지역 우선순위 선정, 충남연구원.

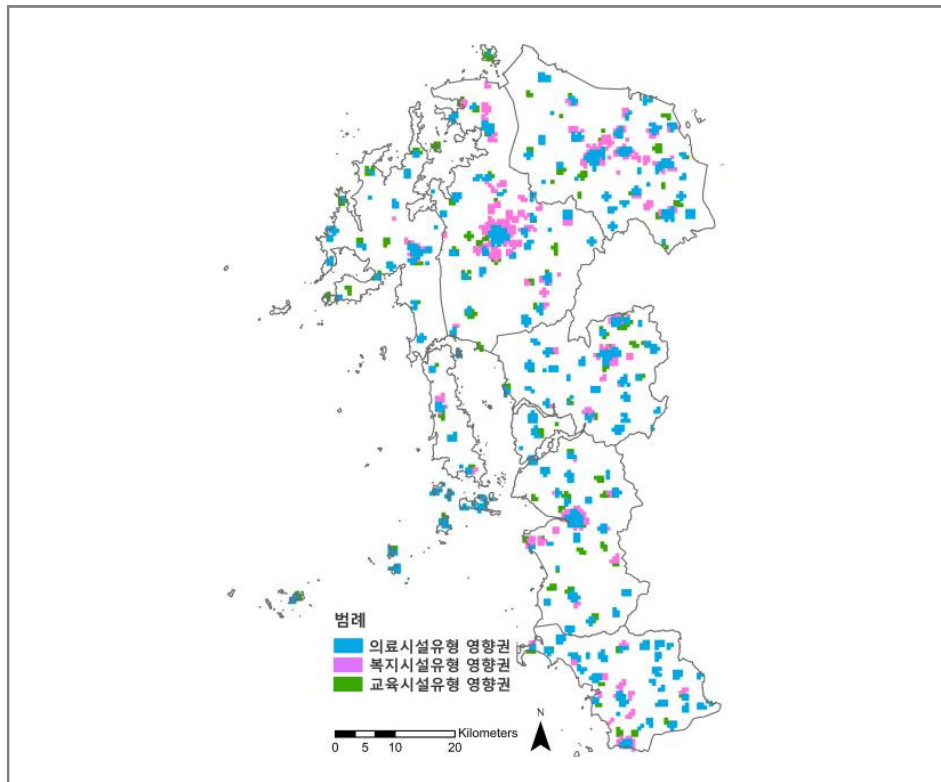
## ● 미세먼지취약시설 유형 선별

- 어린이, 노인, 장애인은 건강한 성인에 비해 미세먼지에 취약하므로(정대영 외, 2019) 이들이 주로 이용하는 시설을 취약계층 집중활동시설(이하 ‘미세먼지취약시설’)로 정의하고 해당 시설을 선별한 후 크게 세 유형(복지시설유형, 의료시설유형, 교육시설유형)으로 분류하였음
- 세 유형의 시설들을 도로명주소(행정안전부, 2020.02. 기준)에서 추출한 결과, 6개 시·군 취약 시설은 총 1,976개소로 복지시설 706개소, 의료시설 425개소, 교육시설 845개소가 추출되었음

## ● 미세먼지취약시설 영향권 설정 기준 및 결과

- 미세먼지취약시설까지 접근하는 동안의 미세먼지 노출 가능성을 고려하여 취약계층 집중 활동지역 범위(이하 ‘취약시설 영향권’)는 해당시설로부터 도보권(1km, 도보15분)으로 설정하였음
- 세 유형에 대해 영향권을 분석한 결과, ‘개별영향권단순합산’은 6개 시·군 전체 면적대비 18.9%, ‘중복영향권제외합산’은 12.2%로 나타났음

- ‘개별영향권단순합산’과 ‘중복영향권제외합산’의 차이를 보면, 6개 시·군 전체의 경우 18.9%에서 12.2%로 줄어 6.7%의 영향권 면적이 일정 공간에 중복되는 것으로 분석되었음
- 당진은 6.5%, 서산은 11.8%, 태안은 3.1%, 홍성은 6.7%, 보령은 3.8%, 서천은 8.9%의 영향권 면적 중복으로 분석되어 미세먼지취약시설의 밀집도는 서산이 가장 높은 것으로 나타났음



〈그림 9〉 충남 미세먼지취약시설 영향권 분포도

출처 : 사공정희·백승희(2020), 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약지역 우선순위 선정, 충남연구원.

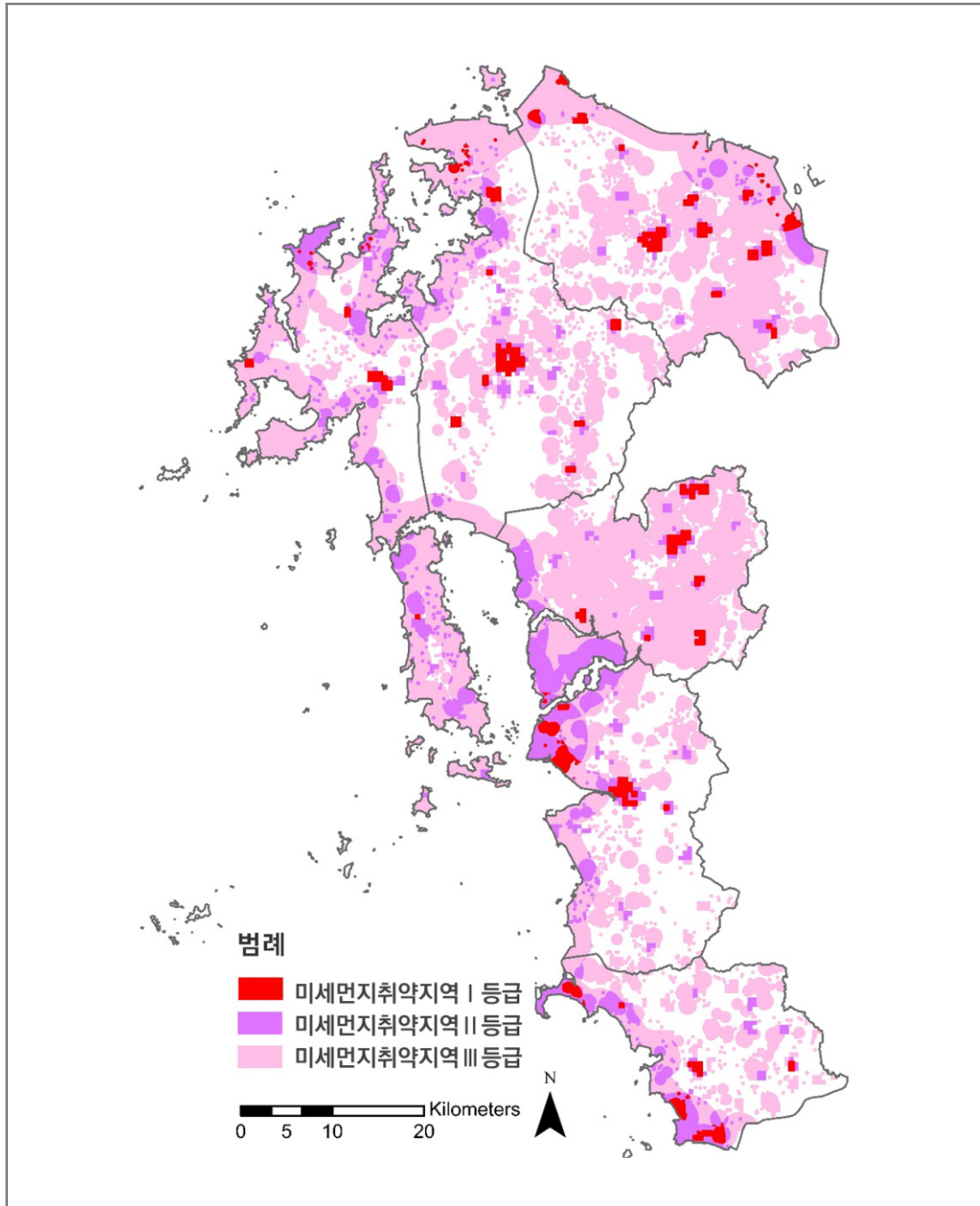
## ● 충남 미세먼지취약지역 평가 및 우선순위 선정

- 충남 미세먼지취약지역은 크게 ‘충남 미세먼지 노출정도’와 ‘충남 미세먼지 취약정도’ 두 가지를 고려하여 평가하였음
- 첫 번째 기준인 ‘충남 미세먼지 노출정도’ 평가를 위해 충남 미세먼지 발생원인 ‘축사’, ‘발전소’, ‘해염입자’ 영향권 내부에 포함되는 경우의 수에 따라 점수를 중복 부여하여 축사와 발전소가 많이 분포할수록, 해안선이 가까울수록 미세먼지 노출 정도가 높아지는 것으로 평가하였음

- 두 번째 기준인 ‘충남 미세먼지 취약정도’ 평가 역시 세 유형(의료시설, 복지시설, 교육시설) 영향권의 중복정도에 따라 미세먼지 저감이 절실한 것으로 평가하였음
- 마지막으로, 두 기준에 대한 평가결과 중 높은 등급을 따르는 방법으로 최종합산평가 하여 충남 미세먼지 저감시설이 가장 시급한 1순위부터 3순위까지의 우선순위를 최종 부여하였음
- 두 기준에 대한 최종 합산평가결과, 6개 시·군 전체면적의 62.2%가 충남 미세먼지에 일정 부분 노출되어 있거나 취약한 곳으로 나타났으며, 특히, 태안과 홍성은 각각 73.4%와 85.8%로 매우 넓은 면적이 포함되었음(태안은 해염입자, 홍성은 축사의 영향이 큰 것으로 나타남)
- 합산평가결과 I 등급(미세먼지취약지역 I 등급)은 2.1%로 나타났고, II등급(2순위)이 9.7%, III등급(3순위)이 50.4%로 나타났으며, I 등급의 면적은 당진이 1,923.8ha로 가장 크게 나타났음
- I 등급 공간의 분포를 살펴보면, 당진에 25개소, 서산에 17개소, 보령에 13개소, 태안에 12개소, 서천에 11개소, 홍성에 6개소 분포하는 것으로 나타났음

〈표 2〉 충남 미세먼지취약지역 우선순위 선정을 위한 평가기준 및 방법

평가기준	평가지표		점수	합산평가																										
충남형 미세먼지 노출정도	축사영향권	영향권 내부	2점	6점 : I등급 4점 : II등급 2점 : III등급 0점 : IV등급	<div><div></div><table><tr><td></td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr><tr><td>I</td><td>I</td><td>I</td><td>I</td><td>I</td></tr><tr><td>II</td><td>I</td><td>II</td><td>II</td><td>II</td></tr><tr><td>III</td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>III</td></tr><tr><td>IV</td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr></table><div></div></div>		I	II	III	IV	I	I	I	I	I	II	I	II	II	II	III	I	II	III	III	IV	I	II	III	IV
			I			II	III	IV																						
	I	I	I			I	I																							
	II	I	II			II	II																							
	III	I	II			III	III																							
	IV	I	II			III	IV																							
영향권 외부	0점																													
발전소영향권	영향권 내부	2점																												
	영향권 외부	0점																												
해염입자영향권	영향권 내부	2점																												
	영향권 외부	0점																												
충남형 미세먼지 취약정도	복지시설영향권	영향권 내부	2점	6점 : I등급 4점 : II등급 2점 : III등급 0점 : IV등급																										
		영향권 외부	0점																											
	의료시설영향권	영향권 내부	2점																											
		영향권 외부	0점																											
	교육시설영향권	영향권 내부	2점																											
		영향권 외부	0점																											



〈그림 10〉 충남 미세먼지취약지역 우선순위 분포도

자료출처 : 사공정희·백승희(2020), 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약지역 우선순위 선정, 충남연구원.



## 04

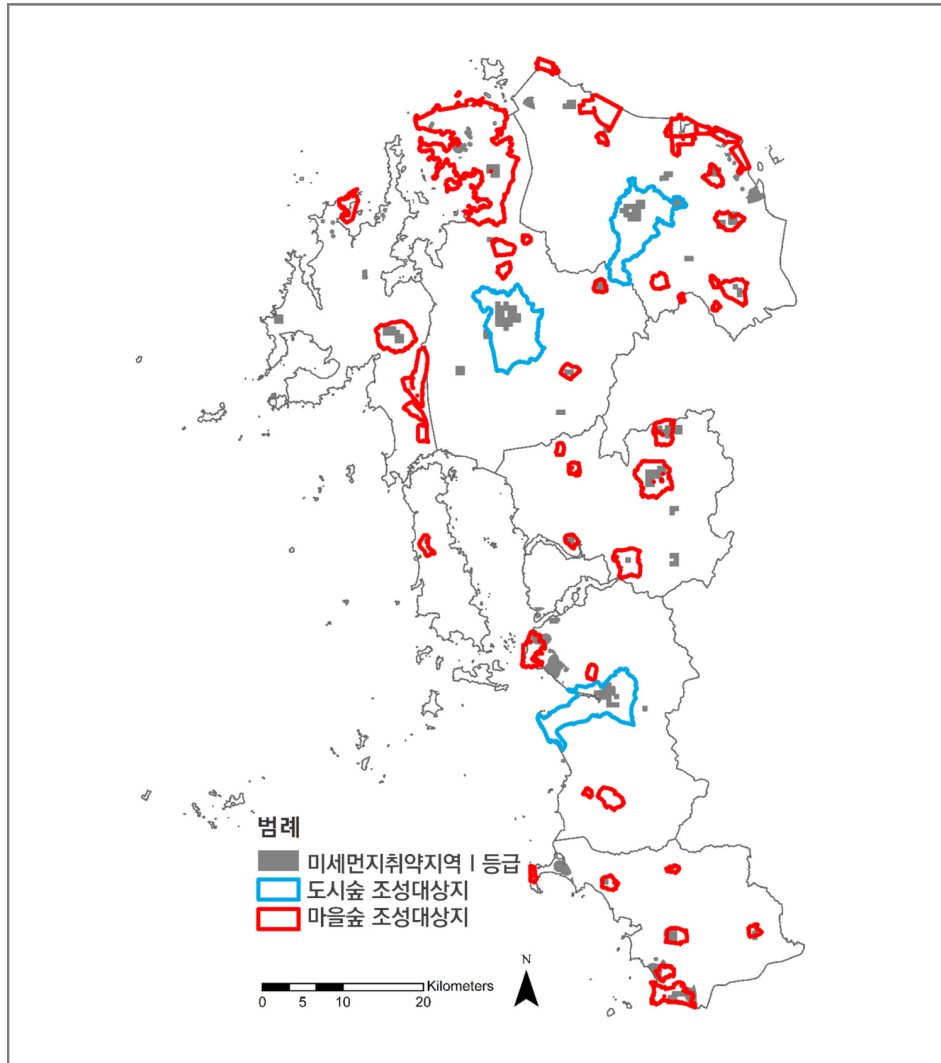
# 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 제언

### • 연구종합

- 충남은 전국 최다 미세먼지 발생원(축사와 발전소)을 보유하는 동시에 서해로부터 유입되는 1차 미세먼지(해염입자)와 2차 미세먼지 발생 가능성도 매우 높은 지역이므로 충남 미세먼지 저감을 위해서는 축사와 발전소 배출 미세먼지와 편서풍에 실려 오는 미세먼지 차단이 우선 필요함
- 따라서 외부유입 미세먼지를 원천적으로 저감시키고, 내륙발생 미세먼지를 이중 저감 할 수 있는 ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’ 마련이 필요함
- 이를 위해 우선 축사, 발전소, 해염입자를 충남 미세먼지 주요 발생원으로 선정하고, 이로부터 발생하는 미세먼지 저감을 위해 서해안의 해안림(1차 차단막), 읍·면단위의 마을숲(2차 차단막), 동단위의 도시숲(3차 차단막)을 ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’의 구성요소로 설정하였음
- 그리고 ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’의 효율성 향상을 위해 미세먼지 노출정도와 이에 대한 취약정도를 분석하여 미세먼지취약지역의 우선순위를 선정한 결과 6개 시·군 전체 면적의 62.2%가 미세먼지에 일정 부분 노출되어 있거나 취약한 곳으로 나타났음
- 이 중 미세먼지 저감숲 조성이 매우 시급한 제1순위 지역은 당진시, 서산시, 보령시의 동지역뿐 아니라 6개 시·군의 읍·면지역에도 많이 분포하는 것으로 나타났음
- 따라서 충남은 이러한 평가를 통해 도출된 미세먼지취약지역 우선순위(1~3 순위)에 근거하여 미세먼지 저감숲을 조성 관리할 필요가 있으며, 특히, 동지역 이외 읍·면지역에서의 마을숲 조성에도 심여를 기울일 필요가 있음

## ● 연구고찰

- 이번 연구를 통해 정립된 ‘충남형 미세먼지 저감숲 체계’의 개념과 미세먼지취약지역 우선순위를 종합해 볼 때, 현재 전국 동단위에 집중되어있는 도시숲이 읍·면 단위까지 확대될 수 있는 근거가 마련되었다고 할 수 있으며, 특히, ‘해안농촌지역’인 충남의 경우 해안림 역시 미세먼지 저감 측면에서 그 가치를 재고할 필요가 있음을 확인하였음
- 그러나 이러한 정책 실행에 있어서 사유지 문제는 큰 걸림돌이 되고 있는데, 해안림의 경우 지역 차원의 복원 계획(안)을 마련했을 경우 국가는 사유림 매입비용을 지원해줄 필요가 있음
- 또한, 정부는 지자체의 해안림 복원·관리계획(미세먼지저감 해안림-마을숲-도시숲 등)에 해당하는 국유림은 우선적으로 복원·관리해주는 것이 바람직하다고 생각함
- 마을숲 역시 대부분이 사유지일 뿐 아니라 이미 건축 예정지인 경우가 많아 실제 조성가능 부지를 확보하기엔 많은 어려움이 예상되나 그럼에도 불구하고 현재 유휴지인 경우는 적극적으로 매입하거나 녹지활용계약, 녹화계약 등을 적극 활용할 수 있는 방안을 마련하여 미세먼지 취약지역 전체의 녹지율을 높이는 것이 필요하겠음
- 도시숲 역시 미세먼지취약지역 우선순위를 고려하여 우선 신청할 필요가 있으므로 향후 지자체는 이를 고려하여 해당 시를 지원하는 것도 광역 차원에서 의미가 있을 것으로 생각됨



〈그림 9〉 동 및 읍·면지역 내 미세먼지취약지역 I 등급 분포도

출처 : 사공정희·백승희(2020), 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약지역 우선순위 선정, 충남연구원.

## ● 정책제언

- 충청남도는 2020년 기후환경국 내 미세먼지대책과를 신설하였으며, 2021년에는 푸른하늘기획과로 명칭을 변경하여 미세먼지대책 추진과 선도적 대응에 집중하고 있음
- 발전부분에서는 2020년에 확력발전 가동중지 및 상한제약 상시 적용, 발전3사의 자발적 감축 유도, 산업부분에서는 자발적 감축협약 사업장 확대 운영 및 이행상황 점검, 소규모 사업장의 청정연료 전환사업 확대 및 방지시설 설치 지원, 수송부분에서는 노후경유차 운행제한 단속 시스템 구축과 친환경차 보급 및 운행차 배출가스 저감사업 추진, 생활부분에서는 미세먼지 감시단 운영, 안심마을 및 안심어린이집을 조성하였음
- 미세먼지 비상저감조치 대응으로는 기관차량 2부제, 경유관용차량 운행금지, 공공사업장·공사장 운영시간 조정, 도로청소강화, 불법소각감시, 배출가스 5등급 차량운행제한, 사업장·공사장 가동 시간 변경, 가동률조정 또는 방지시설효율 개선을 시행하였음
- 또한, 권역 내 일정 배출량 이상 사업장에 대한 오염물질 총량관리 시행 등 권역관리체제로 전환하였으며, 국가 대기환경관리 기본계획에서 배출허용총량을 확정하고, 확정된 지역별 배출허용총량에 따라 대기관리시행계획 수립, 배출량을 감축하였음
- 한편, 충청남도에서 추진하는 미세먼지 관련 과제는 국내배출량 감축에 집중되어 있어 충남 미세먼지 발생원을 분석하여 충남지역에 적합한 저감 방안을 마련하기에는 미흡해 보임
- 또한, 이미 발생한 미세먼지를 저감하기 위한 사업도 기술적인 측면에 치우쳐 있고 그나마 자연 공간 조성(숲가꾸기, 미세먼지저감 차단숲 조성, 도시바람길숲 조성 등) 관련 사업은 주로 동단위의 도시지역을 대상으로 하고 있으며, 농촌지역이나 해안지역에 대해서는 추진이 거의 없는 실정임
- 특히, 해안림과 관련해서는 해안침식방지 구조물 조성이 주를 이루고 있고, 해안방재림과의 연계 추진을 강조하지만 구체적인 방안 제시는 없는 실정임
- 더욱이 해안림의 방풍기능은 충남에서 매우 중요한 의미임에도 불구하고 편서풍에 실려 오는 외부 미세먼지와 연계한 대책은 전혀 없는 것으로 파악됨
- 이에 지금까지의 연구결과를 바탕으로 해안림, 마을숲, 도시숲에 대해 충남에서 현실성 있게 추진할 필요가 있는 사업을 <표 3>과 같이 제안함

〈표 3〉 충청남도 미세먼지 저감숲 체계 마련을 위한 사업(안)

구분	중점 추진과제		
	과제명	과제내용	
미세먼지저감숲	미세먼지저감관련조림사업	기존	-도시외곽산림, 미림목지, 산업단지 등 미세먼지 발생지역 근교 우선 추진 -도시근교공한지, 산업단지 및 발전소 주변, 그린벨트, 둔치 등 지속 발굴
		제안	-미세먼지취약지역 Ⅰ등급 내 우선 조림
	숲가꾸기사업	기존	-도시주변 숲의 건강성 증진을 위한 생활밀착형 숲 가꾸기 추진
		제안	-미세먼지취약지역 Ⅰ등급 내 우선 추진
	미세먼지저감 차단숲조성사업	기존	-
		제안	-전통마을숲 복원(당진, 서산, 홍성 우선 추진) -미세먼지취약지역 Ⅰ등급 내 유휴지 매입 또는 장기 임대 -미세먼지취약지역 Ⅰ등급 내 사유지 녹지활용계약* 및 녹화계약** 활성화 -미세먼지 저감장치 병행 설치
	도시바람길숲조성사업	기존	-
		제안	-미세먼지취약지역 Ⅰ등급 내 우선 조성 -사유지에 대한 녹지활용계약 및 녹화계약 활성화
해안림	해안지역해안침식방지사업	기존	-구조물 조성
		제안	-미세먼지취약지역 Ⅰ등급 우선 복원·관리 -1ha 미만 군락을 1ha 이상으로 확대 조성하거나 주변 해안림과 연결 -미세먼지취약지역 Ⅰ등급 내 사유지 녹지활용계약 및 녹화계약 활성화
	지역특화조림사업	기존	-안면소나무(후계림) 육성
		제안	-미세먼지취약지역 Ⅰ등급 내 우선 조림 -해안림 내부 및 경계 훼손지(묘지 및 경작지) 우선 매입 또는 장기 임대 -건축물과 해안림 사이 유휴지 매입 및 녹화(또는 자연방치) -충남 해안림 특성을 고려한 복원(소나무, 상수리나무, 갈참나무, 아까시나무, 졸참나무, 쥐뚝나무, 진달래, 때죽나무, 개웃나무, 그늘사초, 쑥, 청미래덩굴, 산벚나무 등의 조합으로 군집 조성) -미세먼지 저감장치 병행 설치(배후지역 관광화)

\* : '녹지활용계약'란 도시민이 이용할 수 있는 공원녹지를 확충하기 위하여 도시지역의 식생 또는 임상이 양호한 토지의 소유자와 그 토지를 일반 도시민에게 제공하는 것을 조건으로 시장 또는 군수가 해당 토지의 식생 또는 임상의 유지·보존 및 이용에 필요한 지원을 하는 것을 내용으로 하는 계약(도시공원및녹지등에관한법률 제12조\_녹지활용계약)

\*\* : '녹화계약'이란 도시 지역 안의 수림대 등의 보호, 해당 지역의 면적 대비 식생 비율의 증가, 해당 지역을 대표하는 식생의 증대 등을 목적으로 시장 또는 군수가 토지 소유자 또는 거주자와 묘목의 제공 등 필요한 지원의 제공을 내용으로 체결하는 계약(도시공원및녹지등에관한법률 제13조\_녹화계약)

기존사업 출처 : 충청남도(2020), 2020년도 산림사업 추진계획, 충청남도 내부자료.

※ 본 리포트는 충남연구원 2020년 전략과제 "충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약 지역 우선순위 선정"을 요약, 재구성한 것임

사공정희 · 백승희

충남연구원 공간·환경연구실 책임연구원·연구원  
sun-road@cni.re.kr, bsh114@cni.re.kr

- 국립해양조사원(2014), 제1차 해안선 조사 5년(2001~2013).
- 국토교통부(2020), <http://www.molit.go.kr/portal.do>
- 김종범, 이상신, 김동훈(2019), 축산악취관리를 통한 온실가스 미세먼지저감, 충남기후정보브리핑 39(1):1-8.
- 김학범, 장동수(1994), 마을숲, 서울:열화당.
- 문광주, 채혁기, 전권호, Yang Xioayang, Meng Fan, 김대곤, 박현주, 김정수(2018), 중국 초미세 먼지 현황 및 정책동향 34(3):373-392.
- 문난경, 서지현(2018), 환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영 : 지자체별 오염원별·물질별 미세먼지 기여도 및 전환율 산정, 한국환경정책·평가연구원.
- 사공정희·백승희(2020), 충남형 미세먼지 저감숲 체계 구축을 위한 미세먼지취약지역 우선순위 선정, 충남연구원.
- 산림청(2020), <https://www.forest.go.kr>
- 전남대학교(2009), 해염입자가 미세먼지 농도 측정에 미치는 영향 조사 연구 보고서.
- 정대영, 최윤의, 전진형(2019), 미세먼지저감 도시숲 조성을 위한 가용공간의 중요도 분석, 한국조경학회지 47(6):103-114.
- 중앙일보(2019), 보도자료(2019.01.14.), <https://news.joins.com/article/23286549>.
- 천만영, 이영재, 김희강(1994), 서울시 부유분진 중 해염입자에 의한 입자상 nitrate 농도, 한국대기보전학회지 10(3):191-196.
- 천성남, 박철배, 김동명(2006), 해안지역에서 염분오염의 발생 및 이동 특성, 한국대기환경학회 학술대회논문집 464-466.
- 충청남도(2019), 화력발전소 주변지역 기후환경영향 연구(II), 충남연구원.
- 충청남도(2020), 충청남도 내부자료(2020년도 산림사업 추진계획).
- 행정안전부(2020), 도로명주소 지도(2020.02. 기준).
- 환경부(2015), 지자체 가축사육제한 조례 제·개정 관련 권고안.
- 환경부(2016), 바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까.



환경부(2019), 미세먼지 관리 종합계획.

환경부(2018), 보도자료(2018.7.4.).

환경부(2019), 보도자료(2019.4.1.).

Holt, J. et al.(2015), Env. Sci. Technol., 49:4834-4841.

<https://earth.nullschool.net>

■ 충남연구원 홈페이지([www.cni.re.kr](http://www.cni.re.kr))에서 쉽게 볼 수 있으며, 인용시 출처를 정확히 밝혀주세요!

■ 본 연구보고서는 충남연구원의 자체보고서로 발간된 것이며, 충남도의 공식입장과 다를 수 있습니다.