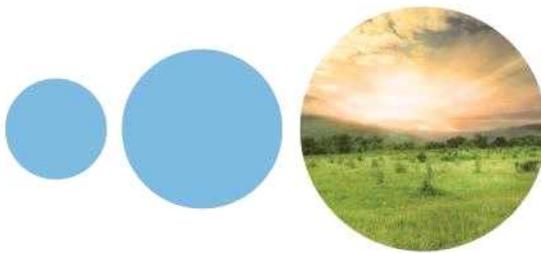


# 충남환경회의 준비세미나(미세먼지분과)

기후변화대응연구센터



충청남도 서해안기후환경연구소



2018. 9. 11.

1

비수도권 미세먼지 대응과 차별없는  
미세먼지 정책

이상신, 김종범 (서해안기후환경연구소)

# 비수도권 미세먼지 대응과 차별없는 미세먼지 정책

이상신(sinslee@cni.re.kr), 김종범 (kjb0810@cni.re.kr)

충남연구원 서해안기후환경연구소 책임연구원

## 1. 대기질 현황

### 1.1 배출량 분석(국가대기오염배출량, 2014년 기준)

전체 배출량은 3,418,856 톤이며, 경기도(14.6%), 충청남도(12.2%), 전라남도(10.2%) 등 배출량이 높은 것을 알 수 있다. 수도권(서울, 인천, 경기 면적비 11.8%)의 배출량은 24.9%이며, 비수도권(제주도, 바다 제외 면적비 88.2%)가 70.8%를 배출하고 있어 국가 전체의 대기질 관리를 위해 비수도권의 저감 정책이 필요하다. 지자체별 배출 오염물질 특성이 상이하어 지역별 저감정책이 일률적일 수 없으며, 바다(선박 등)의 배출량(특히, CO, NOx)이 4.3%에 달해 이에 대한 대책마련이 시급하다.

- 시도별 오염물질 배출비율(%) - 비산먼지, 생물성연소 및 식생 제외

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3	총량(톤)	비율	
서울시	31.0	31.1	1.8	0.7	0.7	0.6	33.1	2.3	200,547	5.9	
부산시	20.3	35.6	8.4	2.0	1.8	1.5	32.0	1.6	125,732	3.7	
대구시	23.2	31.2	5.5	4.0	2.7	1.6	33.9	2.2	93,260	2.7	
인천시	24.4	28.8	8.1	1.3	1.1	0.9	33.0	4.4	152,519	4.5	
광주시	24.0	30.4	0.9	0.9	0.9	0.8	40.9	2.9	38,142	1.1	
대전시	28.0	31.7	2.2	0.9	0.9	0.8	34.9	2.3	42,499	1.2	
울산시	12.8	21.0	20.9	2.4	1.5	1.0	37.0	5.9	241,690	7.1	
세종시	20.8	28.2	1.2	1.1	1.1	1.0	25.5	23.1	13,140	0.4	
경기도	19.6	32.7	3.1	1.7	1.4	1.0	33.7	9.2	497,904	14.6	1위
강원도	15.0	48.9	12.5	6.1	3.5	1.9	10.1	7.3	162,505	4.8	
충북도	15.4	41.9	7.9	5.2	3.1	1.9	18.3	11.3	148,817	4.4	
충남도	12.4	36.2	17.0	4.9	3.4	2.2	18.0	11.4	415,692	12.2	2위
전북도	13.6	23.0	3.4	0.9	0.8	0.7	40.1	19.0	164,503	4.8	
전남도	9.7	29.0	18.0	11.2	6.8	4.0	21.1	10.9	349,297	10.2	3위
경북도	16.0	32.6	10.6	12.7	7.7	4.4	16.9	11.3	294,359	8.6	
경남도	13.5	33.1	10.3	1.1	1.0	0.9	33.2	8.8	291,027	8.5	
제주도	23.9	33.4	4.6	1.2	1.1	1.0	17.9	19.1	40,061	1.2	
바다	30.1	51.6	6.6	2.0	2.0	1.8	9.8	0.0	147,163	4.3	
배출량 계 (톤)	594,454	1,135,743	343,161	147,194	97,918	63,286	905,803	292,501	3,418,856	100.0	

부문별 오염물질 배출량은 도로오염원(20.8%), 유기용제(16.1%), 비도로이동오염원(14.9%), 생산공정(12.0%), 제조업 연소(11.2%) 순으로 배출비율이 높게 나타났으며, 부문별 상이한 오염원을 배출하고 있어 부문별 대책수립이 필요하다.

- 부문별 오염물질 배출비율(%) - 비산먼지, 생물성연소 및 식생 제외

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3	총량(톤)	비율
에너지산업 연소	17.6	49.5	28.7	1.4	1.4	1.1	2.3	0.4	329,091	9.6
비산업 연소	40.7	43.1	13.1	1.0	0.9	0.6	1.4	0.7	188,151	5.5
제조업 연소	4.9	45.4	21.7	26.9	15.7	7.9	0.9	0.2	382,093	11.2
생산공정	6.3	13.0	24.2	3.0	1.6	1.2	44.1	9.3	408,654	12.0
에너지송및저장							100.0		27,645	0.8
유기용제 사용							100.0		549,318	16.1
도로이동오염원	39.5	50.7	0.0	1.4	1.4	1.3	6.9	1.4	712,238	20.8
비도로이동오염원	24.8	57.2	7.9	2.9	2.9	2.7	7.2	0.0	509,119	14.9
폐기물처리	2.6	19.1	2.9	0.5	0.4	0.3	74.9	0.0	64,167	1.9
농업								100.0	227,953	6.7
기타 면오염원	31.6	0.7		2.1	1.3	1.2	2.7	62.8	20,423	0.6
합계(톤)	594,454	1,135,743	343,161	147,194	97,918	63,286	905,803	292,501	3,418,856	100.0

충남은 전국에서 가장 많은 화력발전소와 대규모 석유화학단지, 제철·철강과 같은 대형 사업장들이 밀집해 있으며, 자동측정기가 부착된 전국 573 개 오염물질 다량 배출사업장 분석결과(환경부, 2016 자료), 총 401,677 톤 중 충남도가 108,707 톤(27.1%)로 가장 많고 이중 석탄화력발전소 배출량이 76,182 톤으로 70% 차지하고 있다. 전국 61 기의 석탄화력발전소 중 30 기가 충남(경남 14, 인천 7, 강원 6, 전남 4)에 위치하고 있으며 연간 114,085GWh **전력생산량(전국 총발전량의 21.6%) 중 66,799GWh (58.55%)를 수도권에 공급하여 수도권의 전력공급기지 역할 담당**하고 있다.

우리나라의 대기오염물질 다량 배출 사업장은 충남지역을 비롯해 광양권역, 부산권역, 대구권역, 울산권역 등이 있으며, 충남지역을 제외하고 대기환경규제지역이나 대기보전특별대책지역으로 국가에서 관리하고 있다.



중앙일보(2016.07.06.)



동아일보(2016.06.14.)

• 충청남도 발전시설 현황

구분 (지역 및 발전소명)	설비용량	발전원	현재 설비용량	미래 설비용량	비고	
당진 권역	한국동서발전 (1~8호기)	500 MW * 8기 = 4,000 MW	유연탄	8,343 MW	1,1306 MW (35.5% ▲)	
	한국동서발전 (9~10호기)	1,020 MW * 2기 = 2,040 MW	유연탄			
	현대그린파워 (1~8호기)	100 MW * 8기 = 800 MW	제철소 부생가스			
	GS 당진발전소 (1~2호기)	538 MW + 550 MW = 1,088 MW	LNG			
	GS 당진발전소 (3호기)	415 MW	LNG			
	GS 당진발전소 (4호기)	903 MW	석탄연소, 바이오매스			건설중(17년 6월 예정)
	GS 당진발전소 (5~6호기)	950 MW * 2기 = 1,900 MW	LNG			신설예정
	SK E&S (1~2호기)	580 MW * 2기 = 1,160 MW	석탄연소			신설예정
태안 권역	한국서부발전 (1~8호기)	500 MW * 8기 = 4,000 MW	유연탄	6,446 MW	6,446 MW	
	한국서부발전 (9~10호기)	1,050 MW * 2기 = 2,100 MW	유연탄			
	IGCC 플랜트	346 MW	석탄액화 가스(IGCC)			
보령 권역	한국중부발전 (1~8호기)	500 MW * 8기 = 4,000 MW	유연탄	5,350 MW	7,350 MW (37.4% ▲)	
	한국중부발전 (1~3호기)	1,350 MW	LNG			
	한국중부발전 (1~2호기)	1,000 MW * 2기 = 2,000 MW	유연탄			17년 준공 예정
서천 권역	한국중부발전 (1~2호기)	200 MW * 2기 = 400 MW	무연탄	400 MW	1,000 MW (150% ▲)	17년 9월 폐지
	한국중부발전 (1~2호기)	1,000 MW	유연탄			19년 예정

충청남도의 주요 사업장인 발전소는 서천권역을 제외하면 2만톤 이상 배출하고 있는 대형사업장이며, 많은 부분을 석탄계역의 연료를 사용하고 있어 대기오염 수준이 심각한 수준이다. 하지만 충남지역에서 생산한 전력의 60% 수준을 수도권에서 소비하고 있으며, 수도권 고농도 미세먼지 현상의 많은 부분이 충남지역에서 배출된 오염물질의 요인으로 인식하는 경향이 있다. 2017년 국립환경과학원에서는 권역 배출원별 지역간 정량적 기여도를 추정한 결과를 발표하였는데 여기서 충남에 의한 기여도를 서울 6%, 인천 7%, 경기북부 4%, 경기남부 20%로 추정하여 경기 남부를 제외한 수도권 지역에 대한 충남에 의한 낮게 나타났으며, 오히려 서울의 경우 서울 자체 영향이 12%, 경기남부 16%로 더욱 높게 나타났다. 충남의 경우 대기오염물질 다량 배출시설이 많이 위치해있는 지역적 한계에 의해 자체 기여도가 27%로 높게 나타났다. 다량의 오염물질 배출에 의해 생산된 전력을 수도권 지역에서 60% 정도 소비하고 있고, 충남지역에서 배출된 오염물질의 경우 수도권이나 외부지역에 대한 영향보다는 권역 내 자체 영향을 많이 끼치고 있는 만큼 수도권 특별법 등의 제정 시 이에 대한 고려가 되어야 한다.

- 대기오염에 의한 지역별 기여도 추정결과 (국립환경과학원, 2017)

배출원 수용지	배출원																				중국 동북	중국 중북	중국 중남	중국 동남	중국 기타	국외 기타	BC	계
	서울	인천	경기 북부	경기 남부	강원 영서	강원 영동	충남	충북	대전	세종	전북	전남	광주	경북	대구	경남	부산	울산	제주									
서울	12%	9%	3%	18%	1%	0%	6%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	8%	7%	6%	2%	13%	3%	100%
인천	2%	10%	3%	6%	0%	0%	7%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	10%	10%	7%	3%	22%	3%	100%
경기북부	6%	5%	13%	6%	1%	0%	4%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	10%	8%	7%	3%	20%	4%	100%
경기남부	3%	3%	2%	19%	1%	0%	20%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	9%	7%	6%	3%	10%	3%	100%
강원영서	2%	1%	5%	5%	8%	1%	3%	3%	0%	0%	0%	1%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	14%	11%	8%	4%	14%	5%	100%
강원영동	1%	1%	2%	3%	4%	4%	3%	2%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	12%	16%	13%	10%	6%	12%	5%	100%
충남	1%	1%	1%	3%	0%	0%	27%	1%	1%	1%	4%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	11%	11%	10%	9%	3%	8%	4%	100%
충북	1%	1%	1%	6%	1%	0%	10%	11%	1%	1%	2%	1%	0%	4%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	10%	11%	9%	8%	4%	9%	4%	100%
대전	1%	1%	1%	3%	0%	0%	18%	2%	5%	1%	5%	2%	0%	3%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	10%	11%	10%	9%	4%	8%	4%	100%
세종	1%	1%	1%	4%	0%	0%	23%	3%	2%	2%	2%	1%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	10%	11%	9%	9%	3%	8%	4%	100%
전북	1%	1%	0%	2%	0%	0%	6%	1%	0%	0%	16%	6%	1%	2%	0%	3%	1%	1%	0%	0%	10%	12%	11%	12%	4%	7%	4%	100%
전남	0%	0%	0%	1%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	21%	1%	2%	0%	3%	1%	1%	0%	0%	10%	13%	11%	13%	4%	6%	4%	100%
광주	0%	0%	0%	1%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	24%	6%	1%	0%	3%	1%	1%	0%	0%	9%	11%	10%	12%	4%	6%	4%	100%
경북	1%	1%	1%	3%	1%	1%	4%	3%	0%	0%	1%	2%	0%	19%	1%	3%	1%	2%	0%	0%	10%	12%	9%	8%	4%	8%	5%	100%
대구	1%	1%	0%	2%	0%	0%	4%	1%	0%	0%	1%	3%	0%	14%	9%	8%	1%	2%	0%	0%	9%	11%	8%	8%	4%	7%	5%	100%
경남	0%	0%	0%	1%	0%	0%	3%	1%	0%	2%	9%	0%	4%	4%	1%	18%	2%	2%	0%	0%	9%	12%	9%	10%	4%	6%	4%	100%
부산	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	1%	0%	0%	1%	3%	0%	4%	1%	14%	20%	4%	0%	0%	8%	10%	7%	9%	3%	7%	4%	100%
울산	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	1%	0%	0%	1%	2%	0%	10%	1%	8%	3%	15%	0%	0%	9%	11%	8%	9%	4%	8%	5%	100%
제주	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	1%	3%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	11%	0%	10%	16%	16%	21%	6%	6%	4%	100%
국내 전체	2%	1%	2%	5%	1%	0%	8%	2%	0%	0%	3%	5%	0%	5%	1%	3%	1%	1%	0%	0%	10%	12%	10%	9%	4%	10%	4%	100%

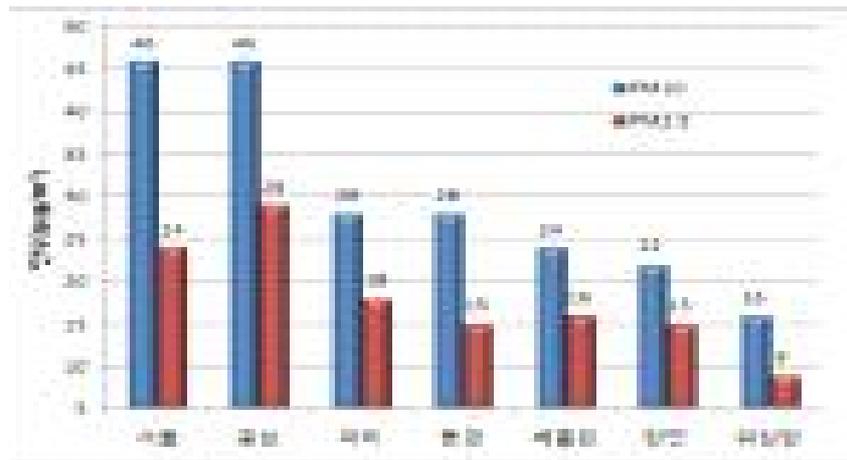
## 1.2 지역별 미세먼지 현황

IARC 에서 2012 년 자동차 배기가스에서 나오는 입자상 오염물질을 발암물질로 규정하고 있다. WHO 에서는 PM10 과 PM2.5 에 대해 각각 일평균 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  과 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  을 권고기준으로 고시하고 있으며, 우리나라의 경우 이보다 높은 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  과 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  으로 관리하고 있다.

- 대기오염에 의한 지역별 기여도 추정결과 (국립환경과학원, 2017)

단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	WHO		우리나라	
	일평균	연평균	일평균	연평균
PM10	50	20	100	50
PM2.5	25	10	35	15

WHO 에서 2015 년 기준 보고한 자료에 의하면 우리나라 미세먼지 농도는 서울의 경우 PM10 과 PM2.5 가 각각 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  으로 나타났고, 충남도 이와 유사한 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  으로 나타났다. 이는 워싱턴이나 런던과 같은 선진국 도시들에 비해 PM10 은 1.6~2.9 배, PM2.5 는 1.9~3.2 배 높은 수치로 미세먼지 관리가 시급성함을 알 수 있다.



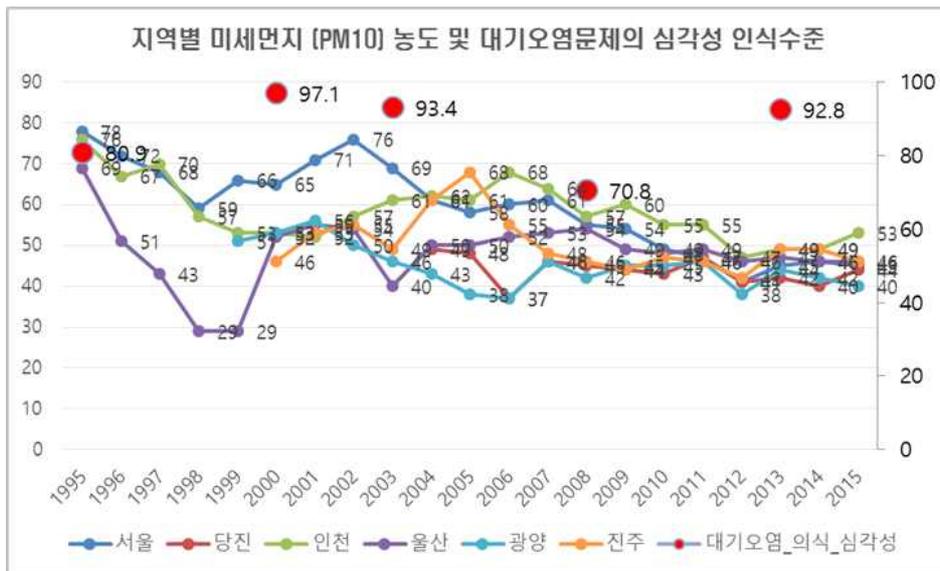
WHO자료(2015)

일발적으로 지역별 배출량이 많으면 그 지역 오염도가 증가할 것이란 편견이 있다. 2014 년 전국 입자상오염물질(TSP) 배출량 산정결과를 보면 전남이 39,170 톤으로 가장 많이 배출하였고, 충남의 경우 20,485 톤으로 전국 배출량 3 위를 기록하였고, 경기도의 경우 8,345 톤을 배출하였다. 하지만 지역별 PM10 농도 수준을 확인해 보면 전남의 입

자상오염물질 배출량의 1/5 수준인 경기도가 54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 수준으로 나타났고, 1 위와 3 위였던 전남과 충남은 각각 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 하위수준으로 나타났다.

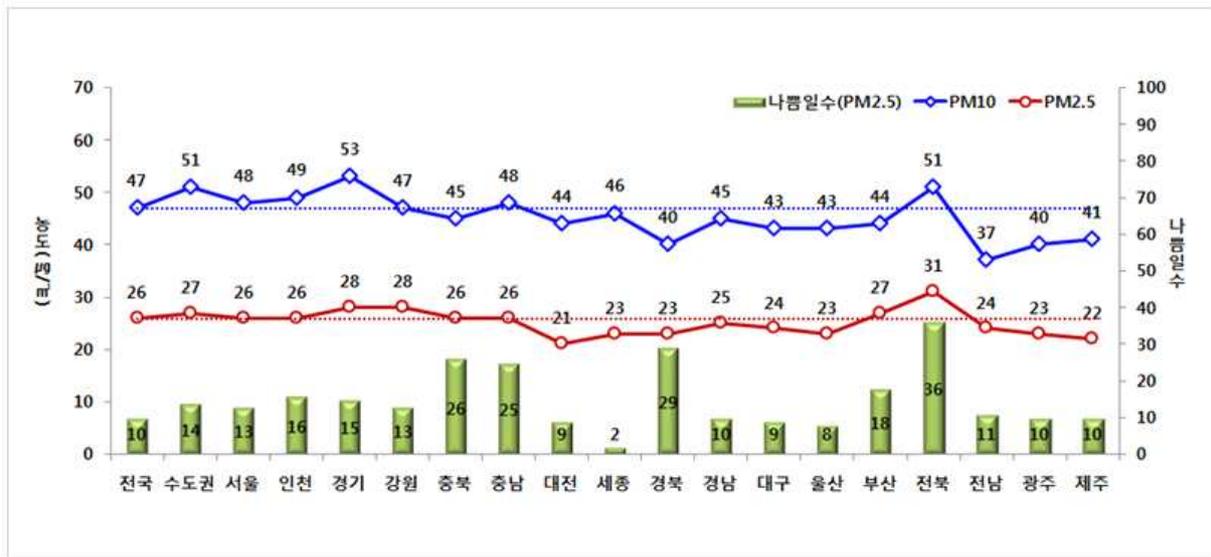


PM10 농도 변화를 살펴보면 최근 몇 년간 미세먼지 이슈에도 불구하고 꾸준히 개선되고 있음을 알 수 있으며, 지역간 농도차이가 좁혀지고 있어 수도권, 비수도권 영향이 유사한 수준이며 환경부에서 실시한 환경보전에 관한 국민인식조사 결과 대부분의 국민이 심각성을 인지하고 있음을 알 수 있다.



환경부(2013), 대기환경연보(2016)

PM2.5 농도와 나뭇잎 수의 차이는 크게 나타나지 않고 있으며, 오염물질 대량 배출지역과는 다소 상이한 농도를 보이고 있어 미세먼지의 발생특성을 고려한 대책수립이 요구됨을 알 수 있다.

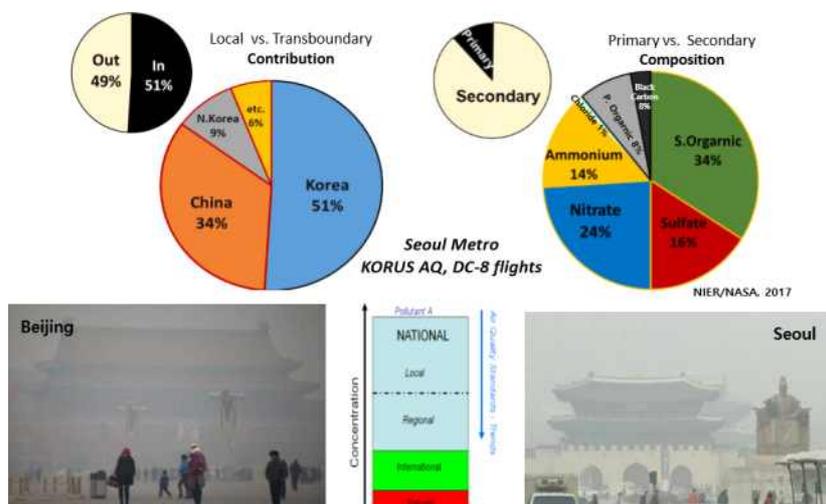


환경부(2016기준)

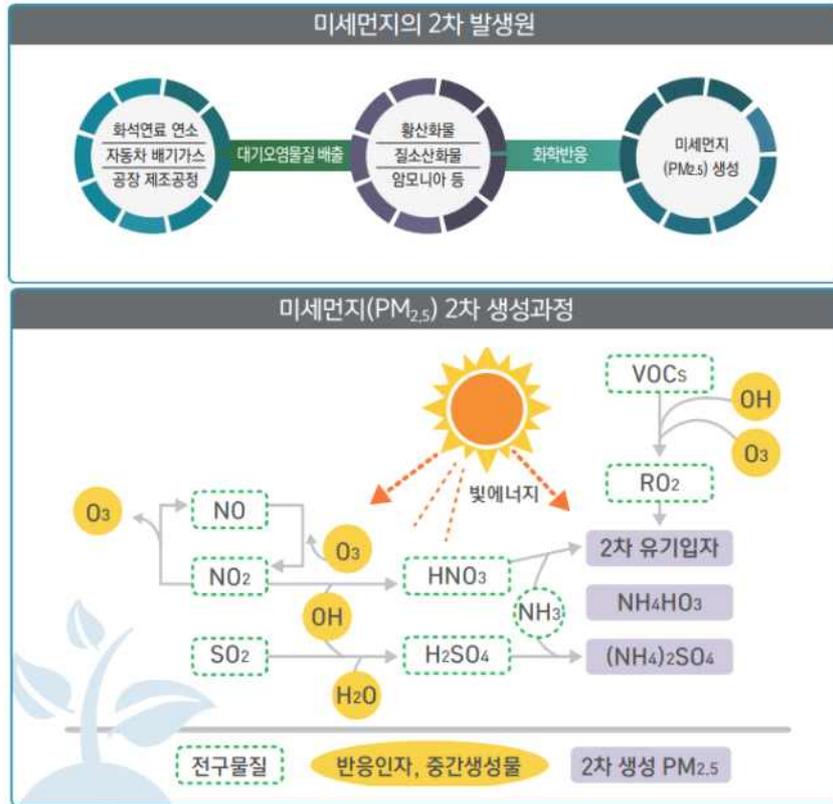
### 1.3 미세먼지(PM2.5) 생성

미세먼지는 발생원으로부터 연소 등에 의해 직접배출(1차적으로 발생)되는 것에 더하여 가스상 물질이 다른 물질과 화학반응(전이)을 통해 간접배출(2차적으로 발생)하는 것으로 구분할 수 있다. 2017년 수행된 KOLAS-AQ 연구에서 미세먼지 국내외 기여도를 추정한 결과 국내 자체 발생이 51%, 중국발 영향이 34%, 북한의 영향 9%로 나타났다. 1차 생성보다는 2차 생성에 의한 발생이 70~80%로 높은 비율을 차지하고 있으며, 2차 생성물질은 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>로 인한 생성량이 대부분을 차지하고 있었다.

### 우리나라 미세먼지의 국내 및 국외 기여도



우정현교수(건국대) 학술포럼 발표자료 (2018.8.19)



환경부(2016)

- 미세먼지 생성원별 발생량(환경부, 2017)

구분	합계	직접배출 (1차배출)	간접배출(2차 생성)			
			소계	NOx	SOx	VOCs
수도권	53,634톤 (100%)	14,427톤 (27%)	39,207톤 (73%)	21,348톤 (40%)	10,857톤 (20%)	7,002톤 (13%)
전국	324,109톤 (100%)	91,460톤 (28%)	262,649톤 (72%)	90,416톤 (28%)	118,418톤 (37%)	23,817톤 (7%)

## 2. 지자체 미세먼지 저감노력

- 충남을 비롯한 부산, 대구, 광주 등 미세먼지 저감대책 수립
- 지방정부의 한계 : 중앙정부와 연계한 미세먼지 관리대책 수립(충청남도)

분야		주요 대책	
		중 앙(2017.9.26.)	충남도 관련 사항
배출량 감축	발전	▶ 화력발전소 관리 등 강화	▶ 최고 수준 관리: 신서천 ※ 배출허용강화조례 시행중('17.7.1.~)
	산업	▶ 배출 총량제 수도권 외 전국 확대	▶ 충남 북부지역부터 준비 철저
		▶ 제철·석유 등 다량배출 사업장 배출허용기준 강화	▶ 주요 다량배출 사업장 자발적 협약 확대 및 배출 총량제 도입 검토
		▶ 먼지 총량제 신규 도입	
	수송	▶ 노후 경유차 임기내 77% 조기폐차	▶ 중앙 정부와 연계하여 현 상태 추진 유지
		▶ 친환경차 보급 확대('22년 200만대)	▶ 중앙 정부와 연계하여 현 상태 추진 유지
		▶ 노후건설기계 및 선박의 저공해 조치	▶ 정부 계획 검토 후 발표 필요
	생활	▶ 도로청소차량 2배 확충	▶ 중앙 정부와 연계 지속적 보급 확산
▶ 건설공사장·농촌불법소각 집중 점검		▶ 봄가을 집중 점검 기간 지정 확대	
국외	한·중	▶ 대기질 공동조사, 미세먼지 저감 환경기술 실증사업 강화	▶ 도·장쑤성 환경행정교류회를 통한 미세먼지 저감 협력 강화 ※ 우리도 대책 소개 및 공동연구 제안('17.8)
민감층 보호	환경기준	▶ 미세먼지 기준을 미국·일본 등 선진국 수준 강화(50→35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	▶ 국가기준 보다 엄격한 지역 환경기준 제정 근거 마련을 위한 연구수행 중 ※ 미세먼지: 국가 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 우리도 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	활동공간	▶ 어린이 통학차량 친환경차(LPG, CNG)로 전면 교체	▶ 도 교육청과 협의, 연계 방안 마련
		▶ 실내체육시설 및 공기정화장치 설치 지원	▶ 화력발전소 인근 학교 공기정화 장치 보급 확대
서비스	▶ 독거노인 등 민감계층 찾아가는 케어서비스 실시	▶ 중앙 세부 계획에 따라 추진계획 마련	

- 충청남도의 미세먼지 저감 노력

□ 정책·제도 건의

- 석탄화력 배출허용기준 강화, 증설 철회 등 대기환경 개선 건의(4회)
- 석탄화력발전소 주변지역 대기환경개선 특별법 제정 건의
- 대형사업자 배출기준 강화 및 대산석유화학단지 대기환경규제지역 지정 건의

□ 정책수립

- 충청남도 미세먼지 관리 종합대책 수립('16.2.)
- 중기('25년) 대기질 개선관리 추진계획 수립, 8개분야 29개 과제('17.6.)

□ 제도마련

- 충청남도 환경기본조례 개정('17.1.) ▶ 도 대기환경기준 강화
- 충청남도 대기오염물질 배출허용기준 조례 제정('17.7.) ▶ 발전시설 기준 강화

□ 사업추진

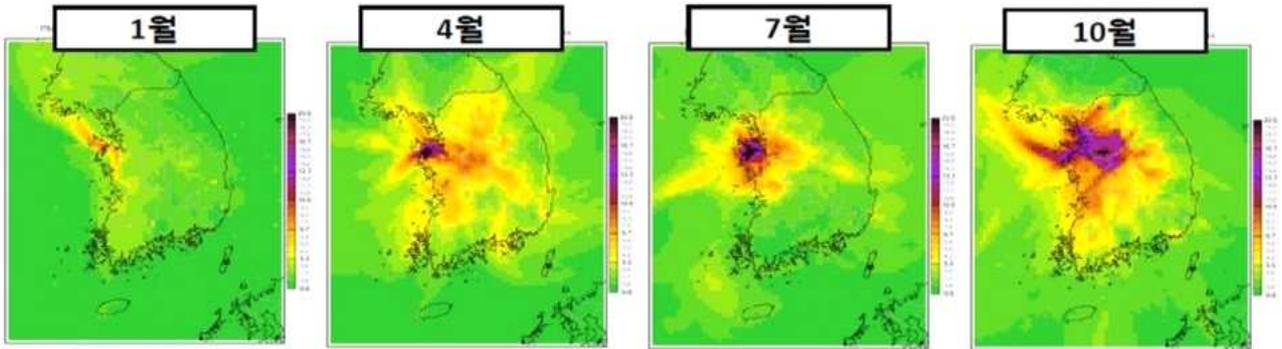
- 다량배출사업자(12개)와 대기오염물질 저감 자발적 협약 체결('17.)
- 석탄화력발전사와 미세먼지 저감사업 공동추진을 위한 협의회 구성('17.)
- 석탄화력발전소 주변지역 등 기후·건강·환경영향조사 실시('16.~)
- 탈 석탄 친환경에너지 전환 국제 컨퍼런스 개최('17.)

□ 앞으로의 계획

- 대산석유화학단지 등 환경취약지역 '대기오염물질 총량제' 도입
- 대기관리권역 지정을 통한 미세먼지 등 대기질 개선대책 추진

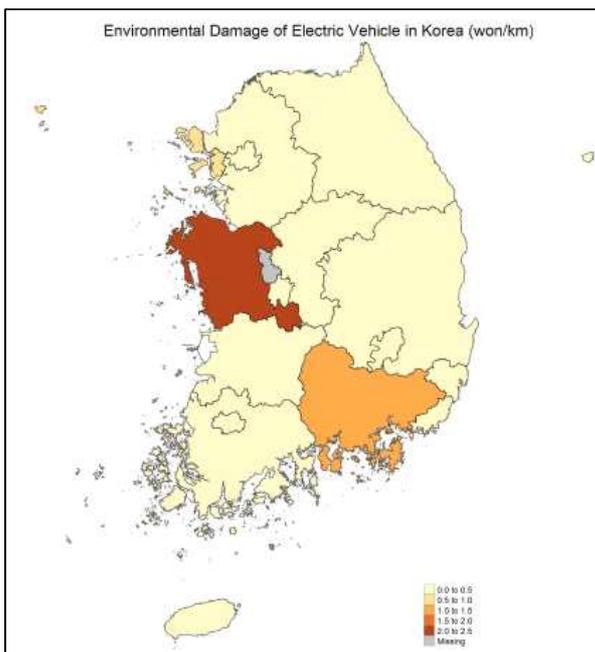
### 3. 차별없는 미세먼지 대책

- 충청남도의 경우 수도권 오염물질 유입의 주요 원인으로 지목
- 수도권 전력공급 역할 수행과 이로 인한 지역의 사회적피해비용 부담 간과 : 충남 전력생산 전국 2 위 (석탄 발전소 전국의 50% 위치) → **생산전력 1/2 수도권에서 소비**

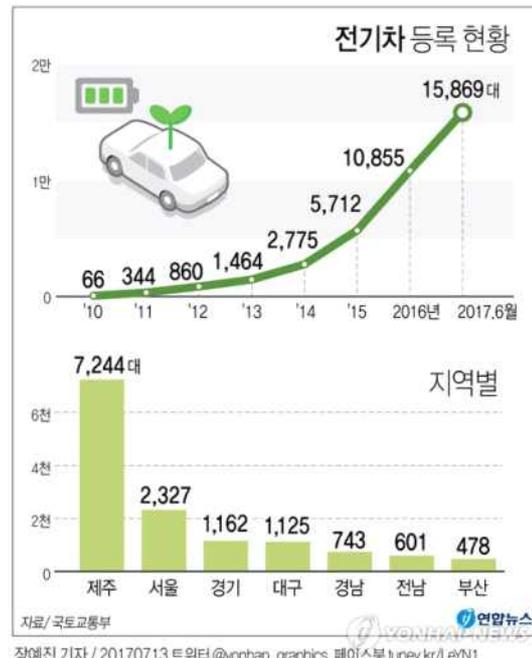


감사원(2016)

- 지역의 역할 차이는 인정하나 지역 차별적 요소로 작용할 우려발생
- 미세먼지 저감을 위한 친환경 자동차 보급으로 편익과 비용발생 불균형
- 전기자동차의 경우 주로 야간충전(기저발전-원자력, 화력발전 위주), 주간운행으로 보급이 늘어날수록 **에너지를 생산하는 지역의 대기오염 피해 증가**
- 사회적 피해비용을 고려한 전기차 보급 추진검토



전기차의 지역별 환경피해, KEI(2017)



연합뉴스(2017.07.13)

- 기존 미세먼지 저감대책은 배출량을 저감 정책위주로 관리
- 배출된 미세먼지에 대한 취약지역과 취약계층의 보호와 적응정책개발 필요
- 저감과 적응이 조화를 이루는 정책으로 발전(국가 대책 중 민감계층 보호)
  - ※ 미세먼지 적응을 위한 물품지원, 면역력 강화지원 등의 정책 병행
    - *차별없는 환경복지사회 실현*
  
- 규제의 역설
  - ① 수도권 대기환경개선 특별법 시행으로 배출원의 비수도권 이동 효과 발생
  - ② 지역별 대기질 평준화
  - ③ 배출원은 규제하되 대기질은 관리할 수 있도록 정책유도
    - *비수도권의 상대적 소외감으로 지역 차별적 미세먼지 정책으로 인식*

## 4. 제언 및 건의

### ① 중앙정부와 지방정부의 역할분담

- 현재 비수도권은 중앙정부 대책의 실행역할에 국한된 대책수립 중
  - 중앙정부는 월경성 대기오염물질관리, 기초자료 관리, 과학적 근거지원에 집중
  - 지방정부는 지역 맞춤형 대책수립·이행
- ※ 지역배출 특성과 적응역량에 맞는 정책추진

### ② 주체별 내부 저감노력 집중

- 전지구, 국가 대기질 개선을 위한 첫걸음은 지역 오염물질 관리로 부터
- 지역간 기여율의 문제에 벗어나 지역상생 측면의 접근 필요



독일 기인 미세먼지 기여율, KBS(2017)

베이징-백령도-서울 미세먼지, KBS(2017)

### ③ 전구물질 관리를 위한 기초자료 구축, 연구지원

- 2차 생성 미세먼지 관리를 위해서는 배출량 관리 한계 존재
- 전구물질 관리와 더불어 2차 생성물질에 대한 과학적 해결역량 강화 필요

### ④ 건의사항

- 대기오염 총량제 비수도권 적용을 위한 미세먼지 저감 관련 법안의 조속한 처리
- 지역별 맞춤형 대책수립 및 이행을 위한 지역정책 발굴
- 오염물질 배출량의 9.4%에 해당하는 에너지연소 분야 저감을 위해 지역 에너지전환 추진 주체인 (가칭)지역에너지센터 지원 근거 법률 마련

※ 과학의 한계는 존재하지만, 노력의 한계는 존재하지 않는다.

참고 1. 시도별 오염물질 배출량(2014년, 단위:톤)

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3	총량	비율
서울시	62,206	62,350	3,527	1,465	1,424	1,278	66,290	4,709	200,547	5.9%
부산시	25,560	44,796	10,536	2,494	2,223	1,849	40,279	2,067	125,732	3.7%
대구시	21,608	29,052	5,120	3,775	2,532	1,480	31,654	2,051	93,260	2.7%
인천시	37,199	43,853	12,421	1,958	1,727	1,440	50,362	6,726	152,519	4.5%
광주시	9,145	11,594	349	362	354	318	15,594	1,098	38,142	1.1%
대전시	11,897	13,492	926	399	384	343	14,828	957	42,499	1.2%
울산시	30,856	50,813	50,522	5,761	3,669	2,430	89,524	14,214	241,690	7.1%
세종시	2,734	3,703	161	149	145	133	3,357	3,036	13,140	0.4%
경기도	97,589	163,061	15,511	8,345	6,763	5,135	167,552	45,846	497,904	14.6%
강원도	24,444	79,422	20,384	9,937	5,691	3,161	16,455	11,863	162,505	4.8%
충북도	22,936	62,389	11,798	7,671	4,669	2,760	27,164	16,859	148,817	4.4%
충남도	51,679	150,356	70,721	20,485	13,976	9,266	74,985	47,466	415,692	12.2%
전북도	22,323	37,853	5,597	1,413	1,357	1,195	66,046	31,271	164,503	4.8%
전남도	34,003	101,453	62,921	39,170	23,844	13,833	73,803	37,947	349,297	10.2%
경북도	47,143	95,824	31,178	37,318	22,761	12,895	49,629	33,267	294,359	8.6%
경남도	39,338	96,425	29,962	3,127	3,052	2,665	96,702	25,473	291,027	8.5%
제주도	9,560	13,364	1,858	466	449	393	7,167	7,646	40,061	1.2%
바다	44,234	75,943	9,669	2,898	2,898	2,713	14,412	7	147,163	4.3%
합계	594,454	1,135,743	343,161	147,194	97,918	63,286	905,803	292,501	3,418,856	100.0%

참고 2. 부문별 오염물질 배출량(2014년, 단위 : 톤)

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3	총량	비율
에너지산업 연소	57,856	162,818	94,562	4,733	4,508	3,679	7,697	1,425	329,091	9.6%
비산업 연소	76,594	81,143	24,668	1,908	1,629	1,045	2,558	1,280	188,151	5.5%
제조업 연소	18,716	173,660	82,982	102,738	59,975	30,322	3,280	717	382,093	11.2%
생산공정	25,855	53,311	98,927	12,167	6,407	4,903	180,351	38,043	408,654	12.0%
에너지추출및저장							27,645		27,645	0.8%
유기용제 사용							549,318		549,318	16.1%
도로이동오염원	281,225	361,230	183	10,019	10,019	9,218	49,468	10,113	712,238	20.8%
비도로이동오염원	126,103	291,171	39,991	14,865	14,861	13,671	36,873	116	509,119	14.9%
폐기물처리	1,645	12,257	1,846	335	247	204	48,061	23	64,167	1.9%
농업								227,953	227,953	6.7%
기타 면오염원	6,459	153		428	272	245	551	12,832	20,423	0.6%
합계	594,454	1,135,743	343,161	147,194	97,918	63,286	905,803	292,501	3,418,856	100.0%

2

# 에너지전환 과도기의 화력발전

이진섭 (한국품질재단)

2018. 09. 11.

# 에너지전환 과도기의 화력발전

한국품질재단

이진섭

## 목차

1. 현황 및 배경
2. 화력발전의 명암
3. 대안으로서의 신재생에너지발전
4. 발전원별 발전단가
5. 과도기의 화력발전

# 1. 현황 및 배경

## 주요 이슈

### 경제급전 vs. 환경급전

- ✓ 석탄 개별소비세 추가 인상 ('18.05)
- ✓ 기재부·산업부·환경부 ('18.06)  
"발전용 에너지 제세부담금의 합리적 조정방안 연구" KIPF·KEEI·KEI 수행

### 미세먼지 피해 대책

- ✓ 미세먼지 관리 종합대책 ('17.09)
- ✓ 지자체별 지역자원시설세 특별조례
- ✓ 지자체장 상한제약제 시범도입('18,하반기)

## 석탄화력발전 관련 이슈

### 공급지와 수요지 불균형

- ✓ 발전소 집적지와 전력 수요지 차이
- ✓ 발전소 소재 지자체의 민원 급증

### 화력발전의 기여율

- ✓ 기여율 산정 사례 (환경부, 충남도)
- ✓ 지역별(국내, 해외), 부문별 업종별 기여

# 1. 현황 및 배경

## 경제급전 vs. 환경급전

에너지경제 2018.05.03. '석탄·LNG 발전 비용격차 해소 시작'

예고대로 기획재정부는 석탄에 대한 개소세를 4월부터 kg당 6원 인상된 36원을 적용하기 시작했다. 지난해 6원 인상된 데 이어 두 번째 조치다. 현재 관계부처 합동으로 석탄, LNG 등 발전연료에 부과되는 세율에 대한 추가 조정방안을 검토 중인 정부는 내년 개소세 인상여부를 오는 7월경 결정해 법 개정작업을 추진할 계획이다. 석탄에 대한 개소세 인상이 이뤄져도 LNG와의 격차는 아직 크다. **현재 LNG에 부과되고 있는 개소세는 kg당 60원으로 석탄의 약 1.7배 수준을 보이고 있기 때문이다.**

각 에너지원별 개소세는 kg당 석탄 36원, LNG 60원, 등유 90원, 중유 17원, 부탄 252원, 프로판 20원, 부생연료 90원씩이 각각 부과되고 있다. 석탄·LNG 발전에 대한 비용격차 축소는 세제조정 이외에 환경비용 반영을 통해서도 이뤄진다. **정부는 제도화된 환경비용을 급전순위 결정 시 추가 반영해 LNG의 가격경쟁력을 제고한다는 방침이다.** 오염물질 저감을 위해 사용되는 약품비, 폐수처리비 등 환경개선 비용과 온실가스 배출권 거래비용 등이 대상이다.

환경비용을 반영할 경우 석탄의 발전원가는 19.2원/kWh 인상되고 LNG의 발전원가는 석탄에 비해 절반도 안 되는 8.2원/kWh 인상이 예측된다. 결국 환경급전의 시행으로 일부 석탄의 발전비용이 LNG보다 증가하게 되고 석탄 비중의 추가 감소와 LNG 비중의 확대가 전망된다는 분석이다. 반면, 또한 오는 2030년에 석탄은 기존 40.5%에서 36.1%로 감소하고, LNG는 14.5%에서 18.8%로 증가할 것으로 전망된다.



부산일보 2017.03.21. '발전설비 울산·충남 편중, 지역별 전력생산·소비 간 불균형'

석탄화력발전과 원자력발전이 주된 발전원(源)으로 자리 잡으면서 이들 울산·충남 등 발전소 지역으로 발전설비가 편중되고 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 전기를 많이 생산하는 지역과 소비하는 지역이 따로 노는 불균형 구조도 갈수록 심화하고 있다. 21일 한국전력의 전력통계속보 등에 따르면 지난해 전국 17개 시·도 가운데 발전설비용량이 가장 많이 증가한 곳은 원자력발전소가 몰려 있는 울산이었다. 울산의 경우 지난해 12월 신고리 원전 3호기가 완공되면서 발전설비용량이 약 1420MW(메가와트)로 전년보다 43.2% 증가했다. 반면, 울산의 지난해 전력 소비량은 321억kWh(메가와트어워)로 전년(약 303억kWh)보다 약 6% 증가하는 데 그쳤다. **중략**

그다음으로 충남에는 지난해 당진화력 9·10호기, 태안화력 9호기 등 총 3513MW의 신규 석탄발전소가 들어서면서 설비용량이 전년도인 2015년보다 약 21% 증가했다. **충남은 전체 발전설비 용량이 2만 419MW로 전국에서 발전설비가 가장 많고(전체의 19.3%) 들어서 있으며,** 특히 전체 석탄화력발전소(3만 2023MW)의 약 48%(1만 5310MW)가 이 지역에 세워져 있다. 지난해 새로 지어진 전체 석탄발전설비 약 4690MW 중에서도 약 75%가 충남 지역에 들어섰다. 그러나 지난해 전국의 전력사용량 가운데 **충남에서 소비한 양은 485억kWh로 9.7%에 그쳤다. 전년대비 증가율도 2.5%에 불과했다.** **중략**

원전과 석탄발전은 바닷물을 발전용수로 사용하는 데다 연료 수입이 용이하고 안전사고 때 피해를 최소화하기 위해 해안가에 주로 건설한다. 특히 환경 문제나 안전규제 등으로 인해 이들 발전소는 전력의 주 수요처인 수도권에는 들어서기 힘들다. 그러다 보니 이처럼 지역별 전력생산·소비 간 불균형이 심화하고 있는 실정이다.

## 공급지와 수요지 불균형

## 미세먼지 피해 대책

KBS 2018.05.23. '올 하반기부터 미세먼지 주의보때 지자체가 석탄발전 제한'

올 하반기부터 시·도지사가 미세먼지 배출이 많은 석탄·중유발전의 발전을 제한할 수 있는 발전 상한 제약제를 시범 도입할 수 있게 됩니다. 백운규 산업부 장관은 오늘(23일) 오전 충남 당진화력발전소를 방문해 주민들과 국회의원 등이 모인 자리에서 미세먼지를 줄이기 위한 보완대책 마련을 약속하며 이같이 밝혔습니다. 우선 산업부는 **미세먼지주의보가 발령되면 시·도지사가 미세먼지 배출이 많은 석탄·중유발전의 발전을 제한하도록 하는 상한제약제를 하반기부터 시범적으로 도입하기로 했습니다.**

이와 관련해 산업부는 전체 석탄·유류발전 68기 중 42기에 대해 출력을 80%로 제한하는 방안을 검토 중이며 환경부·지자체와 최종 협의한 뒤 확정할 예정입니다. 또 황 함유량이 적은 저유황탄 연료로 전환해 나가고, 전체 61기 석탄발전소 중 환경설비 개선이 필요한 곳에 대해 올해 21기, 내년까지 총 30기를 먼저 개선할 예정입니다. 이 밖에도 발전소 주변 지역 대기를 개선하기 위해 석탄 하역부대에 육상 전원 공급장치 설치, 발전소 주변 지역에 노후 경유차 폐차 지원 및 공기정정기 지원 등도 추진합니다.

산업부에서도 미세먼지 감축 대책을 산업계와 함께 추진하겠다고 밝혀 미세먼지를 많이 배출하는 제철·석유화학 등 4대 업종을 중심으로 미세먼지 감축 기술을 개발해 산업 현장에 적용하고, 개별 산업이 아닌 산업단지별로 미세먼지를 통합 관리·감축하는 방안을 마련할 예정입니다.

전기신문 2018.03.01. '석탄발전소 가동 중단에 따른 미세먼지 저감 효과 분석이 우선'

환경단체 "신규석탄 허가 취소하고 환경급전 도입, 과세 강화 시급"  
발전업계 "석탄발전 퇴출보다는 배출기준 강화해서 기술 개발 유도해야"

정부가 미세먼지 저감을 위해 3월부터 6월까지 노후 석탄화력발전소 5기의 가동을 중단한다고 밝혔다. 하지만 이를 두고 환경단체와 발전업계가 바라보는 시각이나 미세먼지 저감 해법은 전혀 달라 향후 논란이 예상된다. 산업부는 범부처 미세먼지 관리 종합대책과 제8차 전력수급기본계획에 따라 미세먼지 저감을 위해 노후 석탄발전 5기에 대한 불철(3·6월) 가동중단을 3월 1일부터 시행한다고 밝혔다. 지난해는 8기에 대해 6월 한 달간 시범 시행했지만, 이 중 3기(서천 1·2호기, 영동1호기)는 이후 폐지돼 올해는 나머지 5기에 대해 4개월간 가동중지를 시행하게 됐다. **정부는 이번 노후석탄 5기의 가동중단으로 감축되는 미세먼지(PM2.5)를 813톤으로 전망했다.** 이는 지난해 석탄발전의 4개월치 배출량인 9472톤의 8.6%에 해당된다. **환경부는 가동정지 대상 5개 발전소 인근과 수도권 등에서 가동정지 전후의 미세먼지 농도 변화를 추정·분석함으로써 불철 가동정지에 따른 미세먼지 개선효과를 분석할 계획이다.**

환경단체, 노후석탄 가동 중단해도 신규석탄 가동으로 미세먼지 되레 늘어  
**발전업계, 석탄발전 가동중단에 따른 효과 검증이 먼저..기술개발 통해 감축 가능** **중략**

## 화력발전의 기여율

# 2. 화력발전의 명암

## 화력발전의 특성 (미세먼지, 온실가스)

### 발전원별 온실가스 배출계수

발전원	온실가스 배출계수 (kgCO <sub>2</sub> e/kWh)	발전량 (GWh)
석탄화력	0.8203	213,740
석유화력	0.7018	14,253
천연가스	0.3625	120,758
원자력	0	161,995
신재생	0	23,061

\*자료: 제2차 에너지기본계획(2014), 발전량은 2016년 기준

<8차계획>	발전부문 목표량 2.37(억tCO <sub>2</sub> e) / 579.5 (TWh) = 0.409 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
--------	--

\*자료: 제8차 전력수급기본계획(2017.12)

## 화력발전의 특성 (비용, 기저, 안정성)

### 발전원별 발전단가

발전원	발전단가 (원/kWh)	발전량 (GWh)
석탄화력	73.93	213,740
석유화력	109.10	14,253
천연가스	92.73	120,758
원자력	68.02	161,995
신재생	88.37	23,061

\*자료: 제2차 에너지기본계획(2014)

# 참고. 국내 화력발전 경과

- 1차 오일쇼크(1973년)- 유류 위주 탈피, 발전연료 다원화 필요성 대두
- 제4차 전원개발계획(1976년)- 장기대책으로 유연탄과 원자력을 주전원으로하는 방향전환 시도
- 전력수요 급증(1980년대)- 대용량의 석탄화력발전소 건설 강력 추진
- (1980년대 후반) 공급과잉으로 신설 억제, (1990년대) 예비율 급감으로 LNG 건설 급증
- (2000년대) 공급과잉으로 신설 주춤, (2010년대) 예비율 감소로 LNG 건설 증가
  
- 최근- 초초임계(USC) 2007년 당진 9,10호기 시작으로 삼척화력 1,2호기, 태안 9,10호기, 신보령 1,2호기, 신서천화력 등
- 가압유동층 발전(PFBC) 및 석탄가스화 복합발전(IGCC)은 비용개선 중

# 참고. 제8차 전력수급기본계획 개요

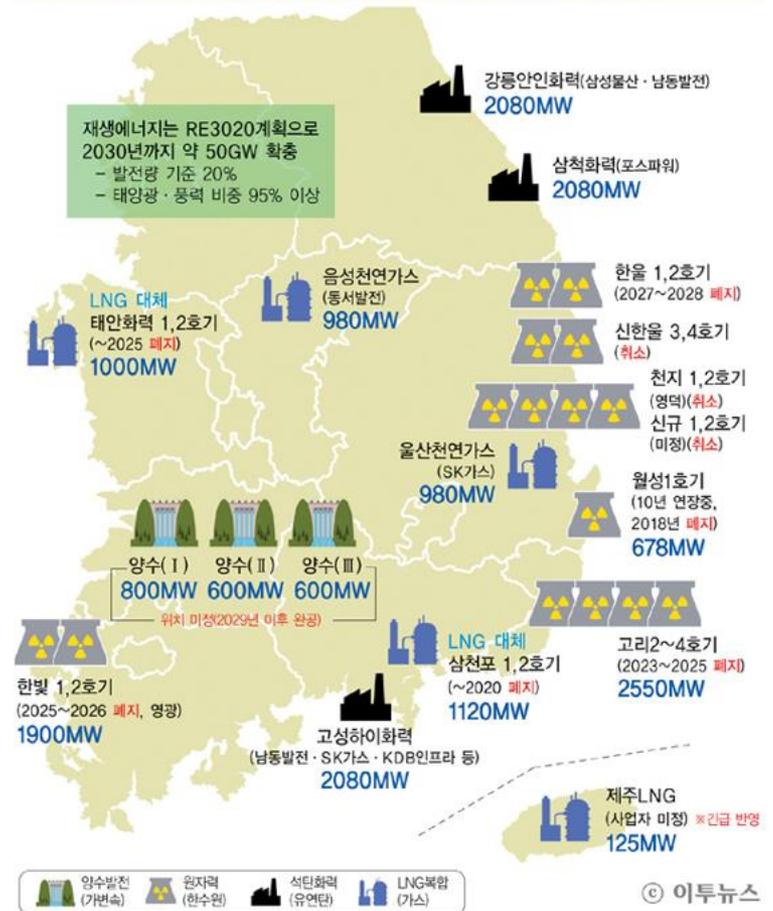


충남도 화력발전 연도별 설비용량 (단위: MW) 제8차 전력수급기본계획 반영

년도		2017년	2018년	2019년	2020년	2022년	2025년
합계		22,869.5	23,055.5	24,055.5	24,055.5	23,055.5	23,055.5
전년 대비		▲ 3,528	▲ 186	▲ 1,000	-	▽ 1,000	-
중부발전 (서천)	석탄	0	0	1,000 <sup>①</sup>	1,000	1,000	1,000
	LNG 복합	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
중부발전 (보령)	석탄	5,852	6,038 <sup>②</sup>	6,038	6,038	5,038 <sup>③</sup>	5,038
	LNG 복합	-	-	-	-	-	1,000 <sup>④</sup>
서부발전 (태안)	석탄	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	5,100 <sup>④</sup>
	LNG 복합	-	-	-	-	-	1,000 <sup>④</sup>
GS EPS (당진)	LNG 복합	2,261.7	2,261.7	2,261.7	2,261.7	2,261.7	2,261.7
동서발전 (당진)	석탄	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040	6,040
현대그린파워 (당진)	부생가스 복합	800	800	800	800	800	800
씨지엔 대산전력 (서산)	경유 복합	465.8	465.8	465.8	465.8	465.8	465.8

※ 자료1: 전력거래소(2018.07) 「2017년도 발전설비 현황」  
 ※ 자료2: 산업통상자원부(2017.12) 「제8차 전력수급기본계획(2017~2031)-발전설비 건설계획- 참고  
 \* 참고①: 2019년 신서천(#1) 1,000MW 초초임계 석탄화력 추가 예정  
 \* 참고②: 2018년 신보령(#1) 93MW, 신보령(#2) 93MW 용량 추가 예정  
 \* 참고③: 2022년 보령(#1) 500MW, 보령(#2) 500MW 폐지 예정  
 \* 참고④: 2025년 태안(#1) 500MW, 태안(#2) 500MW의 석탄화력을 폐지하고 LNG로 연료전환 예정

■ 제8차 전력수급기본계획(2017~2031) 주요설비 신설·폐지 계획



# 참고. 제8차 전력수급기본계획 개요(당진계획 변경 등)

## 전원 구성 전망

구분	2017년	2022년	2030년
원자력	22.5 GW	27.5 GW	20.4 GW
석탄	36.9 GW	42.0 GW	39.9 GW
LNG	37.4 GW	42.0 GW	44.3 GW
신재생	11.3 GW	23.3 GW	58.5 GW

\*자료: 제8차 전력수급기본계획(2017.12)

## 확정 설비 용량 (2030년 총 118.3 GW)

구분	원전	석탄	신재생	LNG	기타	계
실효용량(GW)	20.4	38.9	8.8	44.3	6.0	118.3
정격용량(GW)	20.4	39.9	58.5	44.3	6.1	169.2

\*자료: 제8차 전력수급기본계획(2017.12)

# 3. 대안으로서 신재생에너지

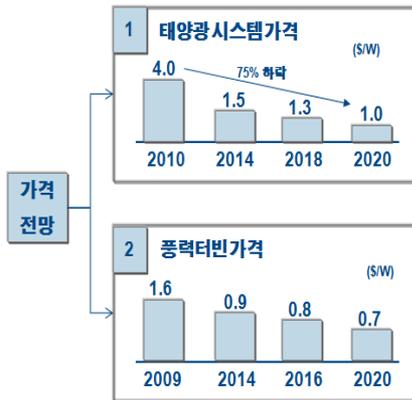
## 비용 (태양광, 풍력 발전단가 변화)

주요 원별 발전단가 비교



※석탄 및 가스 발전단가는 유럽 및 미국 등 선진국 발전단가 평균

태양광 및 풍력시스템가격전망



\*출처: 수출입은행(2016), 한국전력(2016)

## 간헐성, 출력변동

### 독일 사례

- 발생일시 : 2017년 1월 24일(화), 오전 시간대
- 발생개요 : 구름이 낀 날씨와 바람이 불지 않는 기상 상태에서 전체 수요의 약 30%를 담당하는 신재생 발전 출력이 5%이하로 급격히 떨어짐 -> 수요가 급격히 증가하는 상황에서 예비 발전소를 가동하여 정전 사태 직전의 위기를 넘김

## 수용성

- 수용성(경관훼손): 국내 태양광 발전 용량 가운데 63%가 농촌의 농지나 임야 등에 밀집돼 있는데 이는 경관 훼손이 주된 이유임.
- 수용성(인허가): 주민들의 불만이 커지면서 지자체의 인허가 문턱도 높아지는 악순환 발생.

\* 출처: 중앙일보(2018.06.29) 농촌 태양광사업은 장밋빛인가

## 부지

- 국내 태양광 현황: 2012년 1451개소에서 3년 만인 2015년 6338개소로 증가. 2015년에 새로 지은 태양광발전소 가운데 소규모(100kW 미만) 발전소 비중은 90%에 이룸.
- 전국 지자체 226곳 중 약100곳이 농촌 태양광발전설치에 관한 조례 제정(예. 주거지와 도로에서 최소 100m, 최대 2km까지 떨어져야 설치 가능)

# 3. 대안으로서 신재생에너지

## 전원별 설비면적 및 설비비용

 <p>1978~1986년 월성원자력발전소 (월성 1~4호기)</p>	<p>발전용량 <b>2779</b> MW</p> <p>설비면적 <b>218</b>만㎡ (약 66만평)</p> <p>1MW당 소요면적 <b>784</b>㎡ (약 237평) 필요</p> <p>건설비용 <b>6428</b>억원 (당시 기준)</p>	 <p>2018~2019년 예정인 고리원자력발전소 (신고리 5·6호기)</p>	<p>발전용량 <b>2800</b> MW</p> <p>설비면적 <b>257만4000</b>㎡ (약 78만평)</p> <p>1MW당 소요면적 <b>919</b>㎡ (약 279평) 필요</p> <p>건설비용 <b>8조6000</b>억원</p>
 <p>1989~1997년 분당LNG 복합화력발전소</p>	<p>발전용량 <b>900</b> MW</p> <p>설비면적 <b>21만3578</b>㎡ (약 7만600평)</p> <p>1MW당 소요면적 <b>237</b>㎡ (약 72평) 필요</p> <p>건설비용 <b>5110</b>억원</p>	 <p>2015년 동두천LNG 복합화력발전소</p>	<p>발전용량 <b>1800</b> MW</p> <p>설비면적 <b>25만6526</b>㎡ (약 7만7600평)</p> <p>1MW당 소요면적 <b>142</b>㎡ (약 43평) 필요</p> <p>건설비용 <b>1조6000</b>원</p>
 <p>2008년 엘지태안태양광</p>	<p>발전용량 <b>14</b> MW</p> <p>설비면적 <b>30</b>만㎡ (약 9만9750평)</p> <p>1MW당 소요면적 <b>2만1428</b>㎡ (약 6481평) 필요</p> <p>건설비용 <b>1100</b>억원</p>	 <p>2015년 상주수상태양광</p>	<p>발전용량 <b>6</b> MW</p> <p>설비면적 <b>6만4000</b>㎡ (약 1만9360평)</p> <p>1MW당 소요면적 <b>1만666</b>㎡ (약 3226평) 필요</p> <p>건설비용 약 <b>360</b>억원</p>

## 1MW 당 소요면적

원자력

278평

화력(LNG)

43평

태양광(육상)

6,481평

태양광(수상)

3,226평

# 참고. 신재생 단점 보완방안(예시)

- **독일** (국가 간 계통연계) 인접 유럽국가(스웨덴, 덴마크, 노르웨이) 송전망과의 연계 확대 및 조정예비력을 상호 보조
- **스페인** (효율적 예비력 운영체계) 인접 계통연계에 의존하지 않고, 자체 보조 서비스 체계 확립을 통한 풍력발전 간헐성에 대응
- **영국** (예측 가능한 출력변동성 대응) 신뢰성 있는 백업전원(가스, 탄소포획 저장 설비를 갖춘 석탄 등) 추가 및 인근 유럽 송전망과의 연계 확대

키워드

계통  
연계

간헐성  
대응

## 동북아 슈퍼그리드?



\*자료: 8차수급계획-「동북아 슈퍼그리드」 구축을 통한 독립계통 한계 극복

## 육상풍력 대신 해상풍력?

그리드 패리티(Grid Parity·화석연료 발전단가와 신재생 에너지 발전단가가 같아지는 시점)가 근접한 풍력의 경우, 육상과 해상 모두 환경파괴 우려가 높아지고 있음. 육상풍력은 소음 진동, 경관 훼손, 공간적 제한성이라는 단점이 있었고 이에 세계 각국은 해상으로 눈을 돌림.

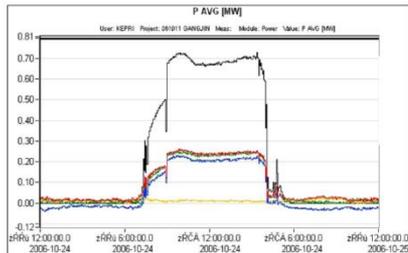
해상풍력발전은 안정성과 원천적인 에너지인 바람의 이용, 풍속의 변화가 적다는 것이 장점임. 하지만 엄청난 소음과 진동으로 인한 생태계 파괴, 각종 해상사고 유발, 지나치게 강한 바람으로 인한 수리 등의 문제점이 있음.

# 3. 대안으로서 신재생에너지

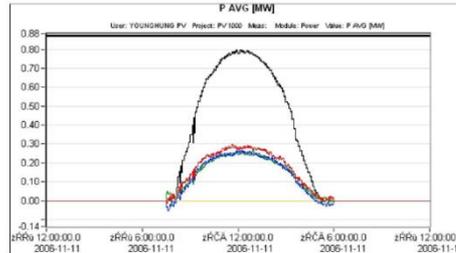
## 신재생에너지 발전의 특성 (간헐성 등)

- 태양광과 풍력발전은 기상 및 기후의 변화, 즉 햇빛, 바람, 구름과 같은 자연현상에 영향 받음
- 출력의 간헐성** - 이에 따라 발전의 **출력이 간헐적**임(intermittency). 간헐성의 영향에 따라 태양광 및 풍력의 출력이 시시각각 변하기 때문에 변동성이 높음
- 출력의 불확실성** - 또한 기상기후의 영향으로 발전의 출력에 대한 정확한 예측이 어려움

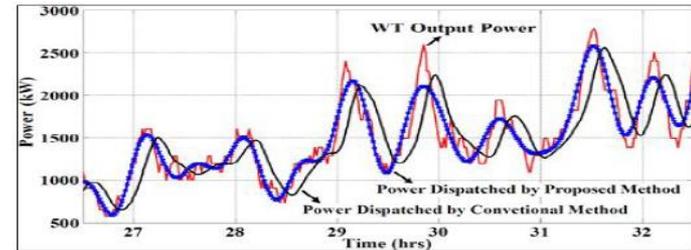
강진 태양광 1MW 설비의 전일간 출력변동



영흥 태양광 1MW 설비의 전일간 출력변동



3MW PMSG 풍력발전기의 출력(제주도, 2012년 3월)



\*자료: 에너지경제연구원(2014) 계통안정성을 이용한 태양광·풍력 발전의 경제성연구

## 간헐성에 대한 대응방안

- 유연성 자원 - 대규모 신재생에너지의 간헐성에 대응 가능한 유연성 자원 확보 필요
- 백업설비 고려 - 백업설비를 고려한 설비에비율 반영. 또한 백업설비 구축, 관제기능 강화, 백업설비에 대한 합리적인 보상기준 마련

# 4. 발전원별 발전단가

## 석탄화력발전의 대안별 발전단가

구분	기설석탄 (기준전원)	연소후CCS (전량설치)	LNG발전 (제약금전)	신규원전 (추가건설)	육상풍력 (추가건설)	태양광 (추가건설)
발전단가 (원/kWh)	<b>40.04</b> (연료비)	<b>100.13</b> (총원가)	<b>90.99</b> (연료비)	<b>43.11</b> (총원가)	<b>135.13</b> (총원가)	<b>192.73</b> (총원가)
감축비용 (원/톤)		86,373	115,350	3,972	123,014	197,529
경제적 우선순위		②	④	①	③	⑤
기술적 용이성		낮음	높음	높음	높음	높음
사회적 수용성		중간	높음	낮음	낮음	높음

\*참고자료: 전력거래소(2016) Post 2020 전력부문 온실가스 대응방안

# 4. 발전원별 발전단가

## 석탄화력발전의 대안별 발전비용

구분	당진 석탄화력 (총10기, 2017년)	LNG발전	육상풍력	태양광
설비용량	6,040 MW	-	-	-
발전량	35,212,952 MWh	35,212,952 MWh	35,212,952 MWh	35,212,952 MWh
발전단가 (천원/MWh)	40.04	90.99	135.13	192.73
발전비용	1조4천억원	3조2천억원	4조7천억원	6조8천억원
석탄화력 대비 발전비용 차이	-	▲1조8천억원	▲3조3천억원	▲5조4천억원

\*설비용량 및 발전량은 전력거래소「2017년도 발전설비 현황」참고

## 충남도 석탄화력발전소 발전현황

구분	당진 석탄화력 (총10기, 2017년)	보령 석탄화력 (총10기, 2017년)	태안 석탄화력 (총10기, 2017년)	합계
설비용량 (MW)	6,040	5,852	6,100	17,992
발전량 (MWh)	35,212,952	40,717,374	38,748,676	114,679,002

\*자료: 전력거래소「2017년도 발전설비 현황」

\*보령 석탄화력의 경우, 신보령#1#2 포함

## 참고

기존 당진에코파워(SK가스, 동서발전 등), 당진에 석탄화력발전소 580MW\*2기 건설 계획

정부의 석탄화력발전 감축 정책에 따라 2017년 '제8차 전력수급기본계획'이 수립되면서 계획변경

충북 음성(970MW급 LNG복합화력발전소), 울산(970MW급 LNG-LPG 복합화력발전소) 추진, 당진에는 9.8MW급 태양광발전시설과 에너지저장 시설(ESS) 사업 추진

# 5. 과도기의 화력발전

## 과도기 석탄화력발전의 대안기술 비교

\*참고: 에너지경제연구원(2016) 발전부문의 장기 온실가스 감축목표 달성방안 연구

구분	종류	장점	단점
신기술 도입	초초임계압 발전소	·현존 석탄화력의 최대효율기술	·전력수급계획과 부합성 ·부지확보 문제
	H, J급 CCGT	·현존 가스복합화력의 최대효율기술	·전력수급계획과 부합성 ·부지확보 문제
	순환유동층 발전소	·연료선택성 증대	·아임계, 초임계에 국한 ·초초임계 개발 단계
	석탄가스화 복합발전소	·고효율 및 친환경적 기술 ·CCS와 연계가능	·전력수급계획과 부합성 ·부지확보 문제
	바이오매스 발전소	·감축효과 우수	·연료수급 불안정 ·부지확보 문제
	연료전지	·고효율 및 친환경적 기술	·높은 연료비용 ·규모의 한계
	풍력 및 태양광	·무공해 전원 ·연료비 없음	·간헐적 발전 특성 ·규모의 한계
연료 전환	석탄→LNG	·감축효과 우수 ·신규설비 비해 낮은 투자비용	·용량 확대시 감축효과 감소 ·기존 LNG발전소의 이용률 증가에 비해 비경제적
	석탄→바이오매스	·감축효과 우수	·연료수급 불안정 ·부지확보 문제
	바이오매스 혼소	·적용이 용이한 기술	·연료수급 불안정 ·혼소비율 5% 이내
효율 개선	석탄화력 레트로핏	·비교적 낮은 투자비용	·용량 확대시 감축효과 감소
	CCGT 가스터빈 교체	·비교적 낮은 투자비용	·신규 건설 선호
기타	CCS	·감축효과 우수 ·석탄화력 유지	·발전효율 감소 ·기술 개발단계

\* **신재생으로 전환하는 과도기의 전원믹스에 대한 합의/고민 필요**

\* **기저발전 장점(비용,안정성)은 유지하면서, 화력발전 단점(미세먼지,온실가스)은 보완**

**감사합니다**