

연구논문

발전소 증설이 환경, 지역사회 및 경제에 미치는 영향
- 제 3차 전력 수급계획에 의한 인천 지역의 화력발전소 증설을 중심으로 -

정창훈* · Pokarel, Rajib** · 이희관**

경인여자대학 환경보건학부*, 인천대학교 토목환경공학과**

(2008년 11월 20일 접수, 2009년 7월 17일 승인)

The Impacts of Power Plants on the Environment and Region
- Focus on Incheon Area according to the 3rd Electric Support Action Plan -

Chang Hoon Jung* · Rajib Pokarel** · Hee Kwan Lee**

Department of Environmental Health, Kyungin Women's College, Incheon, Korea*

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Incheon, Incheon, Korea**

(Manuscript received 20 November 2008; accepted 17 July 2009)

Abstract

The power plant is well known to influence air pollution as well as emission of green house gas. Because of increasing demand on electricity, the government set up the electric support action plan every 2 years. In this research, the impacts of power plants on the environment and region was studied. The study was focused on the establishment of power plant in Incheon area based on the 3rd electric support action plan. According to the 3rd electric support action plan, almost 80% of power plant in metropolitan area is planned to be built in Incheon area. The main influences of establishment of power plant are emissions of SO_x , NO_x and PM and exceed the allocated local industry emissions, which means the emission allocation of other industry is difficult. In additions, the power plant exhaust CO_2 much more than other types of fuel such as waterpower generation, atomic power station. Although several supports are given in local government, these cannot cover the whole cost due to establishment of power plant.

Subsequently, this study suggest the additional policy based on local consideration is needed and the current electricity distribution system should be reconsidered fundamentally in the long term.

Keywords : power plant, electricity, 3rd electric support action plan, emission of air pollutants

1. 서론

1. 연구의 필요성

경제발전에 따른 국민 소득의 증가와 이에 따른 산업발전 등에 의해 우리나라의 전력수요는 해마다 증가하고 있다. 이에 따라 전력 공급에 필요한 발전소의 증설이 요구되고 있는 실정이다. 특히, 전력에 있어 수도권 지역은 많은 설비와 인구 집중 등으로 인하여 타 지역에 비해 월등히 많은 수요를 보이고 있다. 2006년 현재 수도권의 전력수요는 전국수요의 약 42%를 점유하고 있으나 수도권의 공급력은 전국설비의 23%에 불과하기 때문에 부족한 공급력은 6개 송전선로를 통해 융통하고 있는 실정으로 전국단위의 예비율로는 수도권의 수급안정을 충분히 보장하지 못하는 측면이 있다. 부족한 발전설비를 보완하기 위하여 정부는 전력수급계획을 통해 장기적 전력의 수급체계를 구축하려 하고 있다. 전력수급계획은 전력 수급의 기본방향과 장기전망, 전력설비 시설계획, 전력수요관리 등이 포함된 종합적인 전력 정책으로 전기 사업법 시행령에 따라 기본계획을 2년 단위로 수립, 시행하고 있다(산업자원부, 2006).

그러나, 발전소의 증설은 지역주민의 반대, 환경오염 등 많은 사회, 경제적 문제를 유발한다. 더욱이 최근 지구온난화와 이에 따른 온실가스 배출 등의 문제가 이슈화되면서, 발전소 건설을 둘러싼 논란은 증폭될 것으로 보인다. 특히, 수도권지역은 전국 면적의 12%에 불과하지만, 총 인구의 48%가 살고 있으며, 자동차, 빌딩과 사업장 등 오염원이 집중되어 있어 대기오염을 비롯한 환경오염 부하가 매우 심각한 상황이다. 선진국 대도시와 비교하여 볼 때 수도권지역의 미세먼지 농도는 약 1.8~3.5배, NO₂ 농도는 약 1.7배로 매우 심각한 수준이며 또한 수도권지역의 NO₂, 미세먼지 환경기준 초과 측정소의 비율도 전국과 비교하여 평균 2.2배에서 1.7배가량 높은 수준이다(환경부, 2005).

이에 따라 정부에서는 2005년부터 수도권 대기환경개선을 위한 특별법에 의하여, 수도권 지역에

배출되는 미세먼지, 질소산화물 등의 대기오염물질의 총량을 규제하고 이를 위해 지역별, 사업장별 할당제를 시행중에 있다(환경부, 2005). 그러나 수도권 지역의 전력수급을 위한 발전소 증설과 대기환경 오염 억제를 위한 사업장 및 지역오염 물질 총량제와 관련한 정책이 서로 상충하면서 이와 관련한 해결방안의 모색이 지자체의 난제로 떠오르고 있다. 특히, 인천지역은 수도권지역에 증설되는 전체 발전량의 약 80여%가 집중됨으로써, 증설을 둘러싼 여러 문제가 제기되고 있다. 이러한 상황에서 발전이 환경 및 기후변화에 미치는 영향 등에 관하여 여러 연구가 진행되어 왔다. 김근배 등(2007)은 석탄화력 발전소 주변 환경요인이 어린이의 요충수 은노출에 미치는 영향등을 연구한바 있다. 고희훈 등(2005)은 원자력 발전 시스템과 화력 발전 시스템사이에 대하여 LCA를 수행하여 환경영향을 비교 평가하였고, 강희정(2006)은 국제 에너지 시스템 분석에 사용되고 있는 시장분배모형(MARKAL)모형을 이용하여 국내 발전 부문의 온실가스 배출감축 잠재량 평가를 위한 분석을 수행하였다. 조용성 등(2006)은 발전부문에서의 에너지 사용과 이산화탄소 배출요인의 추세를 분석하고, 발전 부문의 온실가스 저감방안을 제시하고자 하였다. 또한 발전에 의한 온실가스 및 환경오염 배출계수에 관련한 많은 연구 또한 다양한 방법으로 진행되어 왔다(김대곤 등, 2004; 정재학 등, 2006; 명수정 등, 2007). 그러나 발전소 증설이 미치는 다양한 환경적, 사회, 경제적 영향에 관련한 연구는 아직까지 미흡한 수준이다.

본 연구에서는 이러한 관점에서 제3차 전력수급계획에 의하여 2020년까지 인천 지역에 건설이 예정된 발전설비에 의해 배출되는 환경오염 및 CO₂의 부하를 산정해 보고, 발전소 증설이 지역에 미치는 영향을 분석한 후 발전소 증설 관련 정책이 지자체의 순응을 이끌어내기 위한 정책적 대응 및 시사점 등을 살펴보고자 한다. 인천지역의 발전 부하를 중점적으로 다루는 이유는 수도권 지역에서 향후 추가로 증설되는 전력량의 절대부분을 인천지역에서

담당하므로 실질적으로 증설에 수반되는 각종 문제가 인천지역을 중심으로 발생되기 때문이다.

2. 연구개요

1) 연구방법

본 연구에서는 제 3차 전력수급계획에 의하여 증가하는 수도권 지역의 발전 용량이 수도권 특히 인천지역에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 수도권 지역의 발전 용량 및 발전에 의한 환경적 영향을 살펴보고, 발전소 증설이 사회, 경제적으로 미치는 영향을 살펴본 뒤 정책적 대안을 제시하고자 한다. 이를 위해, 제 3차 전력수급계획에 따라 증가하는 발전용량에 의해 증가되는 환경오염 부하 및 CO₂ 부하를 산정하고, 발전소 증설이 지역에 미칠 수 있는 문제점을 분석한 뒤, 그 해결방안을 모색하고자 하였다. CO₂ 부하와 관련된 자료는 국립환경과학원의 대기오염배출량 (CAPSS) 자료에 근거한 CO₂ 배출량 산정 자료를 인용하였다. 그림 1은 본 연구에서 다루고자 하는 발전소 증설이 지역사회 및 경제에

미치는 영향에 대한 연구의 접근 방법을 개략도로 나타낸 것이다.

2) 수도권 지역의 발전용량

표 1은 전국 및 수도권 지역의 2006년 현재와 2020년 예측 발전용량을 보여주고 있다. 2020년의 발전 용량 전망은 제 3차 전력수급계획에 의한 증가량을 고려하였다(인천광역시, 2006). 표 1에서 볼 수 있듯이 2006년 현재 전국의 발전용량은 59,658 MW이며, 2020년까지 50,860MW가 추가로 증설될 예정이다. 이중 2006년 현재 수도권 지역의 발전용량은 총 13,371MW이고, 제 3차 전력 수급계획에 의하여 추가로 증설되는 발전용량은 15,637MW에 이른다. 이 양은 전국 발전 용량의 약 23%에 해당하는 용량이며, 2020년 증설이 완료되었을 때에는 약 30%로 증가하게 된다. 제 3차 전력 수급계획

1) 2008년 12월 발표된 제 4차 전력 수급계획에 의하면 2007년 설비용량은 67,246MW이며, 수도권 지역의 발전설비용량은 14,765MW를 보여주고 있다.

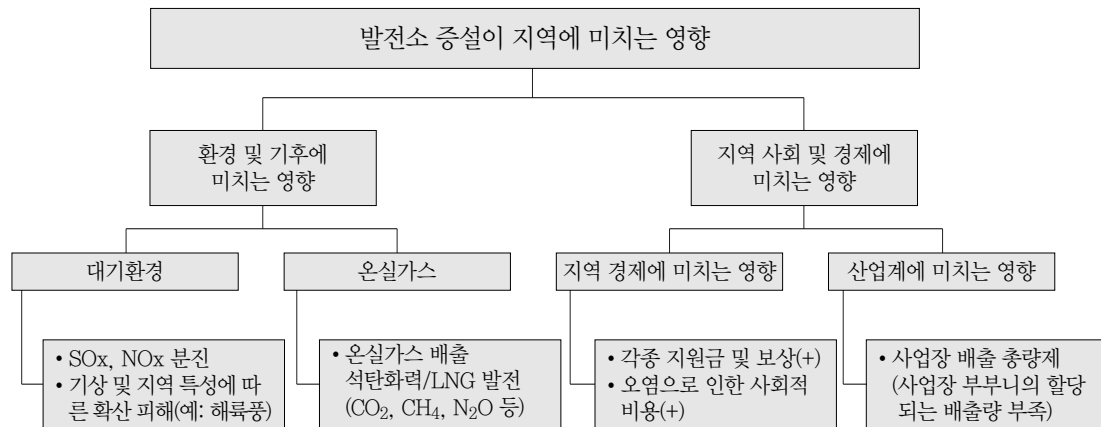


그림 1. 발전소 증설이 지역사회 및 경제에 미치는 영향

표 1. 전국 및 수도권 지역의 발전용량¹⁾

(단위: MW)

구 분	계	인 천	서 울	경 기	기 타
2006년 발전 용량 (2020년 예측 증가 용량)	59,658 (50,860)	8,704 (12,418)	387 (1,004)	4,280 (2,215)	46,287 (35,223)
2006년 전국 비율 (2020년 예측 전국 비율)	100%	15% (24%)	1% (2%)	7% (4%)	77% (70%)
2006년 수도권 비율 (2020년 예측 수도권 내 발전 용량 비율)	100%	65%	3% (80%)	32% (6%)(14%)	-

표 2. 수도권 지역의 연도별 발전증가용량 (단위: MW)

구 분	'06 ~ '07	'08 ~ '10	'11 ~ '14	'15 ~ '20
인 천	25.0	2,713.0	2,940	6,740
경 기	311.9	442.9	760	700
서 울	-	3.7	1,000	-
계	336.9	3,159.6	4,700	7,440

에서 수도권 지역의 발전용량이 증가하게 된 이유는 수도권 지역의 전력 수요가 전국 수요의 약 40%에 이르는데 비해 실제 발전용량은 전국대비 24%에 불과하기 때문에 송전 등을 통하여 공급을 받는 상황에서 사회적 비용을 최소화하여 수요 중심지에서 전력을 공급하기 위한 의도로 보인다. 수도권 전체를 다시 지역별로 보았을 때, 인천지역에서의 발전량은 8,704MW로 전국발전량의 15%, 수도권의 65%에 해당하고, 경기도지역이 4,280MW로 전국의 7%, 수도권지역의 32%에 해당하며, 서울의 경우 387MW로 전국의 1%, 수도권의 3%정도를 차지하고 있다. 이는 수도권 지역의 발전용량 중 상당부분이 인천지역에 집중되어 있음을 의미한다. 제 3차 전력수급계획에 의한 발전용량의 증가가 계획대로 이루어졌을 때, 2020년에는 인천지역이 전체 수도권 발전용량에서 차지하는 비율은 80%로 증가하는 반면, 경기도와 서울은 각각 14%, 6%에 불과하여 수도권 지역 내에서도 수급의 불균형 현상이 일어나는 것을 알 수 있다. 표 2는 수도권 지역의 발전 증가 용량을 연도별로 나타낸 것이다(인천광역시, 2006). 표 2에서 보듯이 수도권 지역 중 특히 인천 지역의 발전용량이 2008년 이후 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다.

II. 발전에 의한 대기환경 영향

1. 화력발전시설의 대기환경오염 부하

화력 발전에 의한 대기환경오염으로는 크게 발전소 가동에 의해 발생하는 분진, 질소산화물(NO_x) 그리고 황산화물(SO_x)의 문제를 들 수 있다. 이 중 천연가스(LNG)를 연료로 사용하는 복합화력의 경우 분진과 황산화물의 배출량에 비해, 질소산화물의 배출이 문제시 되고 있다. 그러나, 석탄화력 발전의 경우는 분진, 질소산화물, 황산화물이 모두 배출되어 일반적으로 환경오염에 미치는 영향이 다른 발전 방식에 비해 매우 큰 것으로 알려져 있다. 또한, 최근 문제시되고 있는 수은 배출 등의 문제도 석탄화력 발전에 의하여 주로 발생된다(장경룡 외, 2003). 표 3은 인천지역의 발전소에서 배출되는 분진, 질소산화물(NO_x) 그리고 황산화물(SO_x)의 배출량을 보여주고 있다(인천지역 환경기술개발센터, 2008). 표 3에서 볼 수 있듯이, 2006년 현재, 인천 지역은 LNG발전이 전체 발전 용량의 76%, 석탄화력이 24%를 차지하고 있으나, 오염물질 점유 비율은 석탄화력 발전의 비중이 상대적으로 매우 큰 것을 알 수 있다. 향후 증설되는 발전용량까지 고려하게 되면, 발전소에서 배출되는 오염물질의 양은 이보다 훨씬 증가할 것으로 보인다. 표 4는 수도권 지역(인천지역)에 증설되는 석탄화력 발전 증설계획을 보여주고 있다(인천지역 환경기술개발센터, 2008). 표 4에 의하면 2006년 이후 화력발전소의 증설량은 3,480MW규모로 2006년 기준으로 볼 때 인천 지역 현 발전용량의 약 40%에 해당하는 상당한 비율을 차지한다. 따라서, 이러한 화력발전 특히, 석탄화력 발전의 증설로 인한 환경오염 부하와 관련

표 3. 인천지역 발전소 오염물질 배출량 (2006년 기준)

구 분	비 율 시설용량	오염물질 배출량(Kg)		
		NO _x	SO _x	먼 지
총 계	100%	8,023,901	3,485,831	298,457
LNG발전소	76%	5,106,273	54,047	140,631
석탄화력 발전소	24%	2,917,628	3,431,784	157,826

자료: 인천지역환경기술개발센터 (2008) 인천지역 발전소의 대기오염 영향검토 및 개선대책에 관한 연구

표 4. 인천지역의 석탄화력 발전소 증설 계획

구 분	계	1,2호기	3,4호기	5,6호기	7,8,9,10호기
시설용량	8,560MW	800MW×2	870MW×2	870MW×2	870MW×4
착공년도		1999	2004	2009	-
준공년도		2004년	3호기:2008 4호기:2009	2014년	2016~2020
계획반영여부		가동중	확정반영	반영	후보지반영

자료: 인천지역환경기술개발센터 (2008) 인천지역 발전소의 대기오염 영향검토 및 개선대책에 관한 연구

표 5. 인천지역 발전소 오염물질의 2014년 배출 예상량

(단위: 톤)

구 분	질소산화물	황산화물	미세먼지
2006년 발전소배출량(톤)	8,023.9	3,485.8	298.5
2014년 발전소 배출량(톤)	18,556.5	10,998	608.96

자료: 인천지역환경기술개발센터 (2008) 인천지역 발전소의 대기오염 영향검토 및 개선대책에 관한 연구

한 문제는 앞으로도 계속 문제시 될 것으로 보인다. 실제로, 발전소 건설 후보지로 반영된 7~10호기 발전량을 제외한 인천지역 발전소 오염물질의 2014년 배출 예상량은 표 5와 같아 2006년도를 기준으로 할 때, 약 2~3배 이상의 높은 오염물질의 배출 증가를 보이고 있는 것을 알 수 있다(인천지역 환경기술개발센터, 2008).

2. 발전시설 오염물질 배출이 인천지역 대기환경에 미치는 영향 모사

1) HOTMAC 모델 개요

발전소에서 배출되는 대기오염물질이 인천지역의 대기환경에 미치는 영향을 살펴보기 위해서는 인천지역 화력발전소에서 배출된 대기오염물질이 인천지역에 미치는 영향을 면밀히 살펴볼 필요가 있다. 현재 대기확산을 예측하는데 여러 가지 수학적 모델을 사용하고 있으며 주로 US EPA에서 제공 또는 추천되고 있다. 대기확산모델 중 대체적으로 많이 사용되고 있는 모델은 ISC, CALPUFF 등이 있지만 각각 모델들의 제한적인 요소로 목적에 따라 프로그램에 대하여 충분한 이해를 필요로 한다.

발전소 배출에 의한 영향을 살펴보기 위하여 환경영향평가시 사용하는 일반적인 대기확산 모델의 경우 인천지역의 지형에 고려할 경우 인천지역 특유의 해륙풍의 영향을 잘 고려하지 못하게 되는 단점이 있다(정지원 등, 2008). 즉, 해안가에 면하여

있는 인천지역의 지리적 특성상 낮에는 해풍이 밤에는 육풍이 부는 전형적인 해륙풍적 특성을 갖게 되는데 이를 고려하기 위해서는 해륙풍의 메커니즘을 고려할 수 있는 모델의 선정이 중요하다. 본 연구에서는 연구 지역의 해륙풍의 순환구조에 대한 분석을 바탕으로 국지 기상인 해륙풍의 영향이 오염물질 확산시 어떠한 영향을 미치는가에 대한 예측을 하기 위하여 복잡한 지형조건을 충분히 고려할 수 있는 HOTMAC/ RAPTAD모델을 사용하였다.

HOTMAC/RAPTAD모델은 해안 지역에서의 중규모 분산에 대한 대안모델로서 USEPA에 의해 제안되고 있으며 질량보존, 에너지보존, 운동량보존, 연속방정식, Eulerian 모델, Lagrangian random-puff 통계적 방법론 등을 기본적인 원리로 하고 있다. HOTMAC/RAPTAD 모델의 전체적인 구성은 지형 자료를 입력하는 TOPO graphy, 대기의 흐름을 분석하는 HOTMAC, 대기의 확산을 분석하는 RAPTAD, 시뮬레이션을 할 수 있는 3D graphic 모델로 이루어져 있다. HOTMAC은 바람, 온도, 습도, 구름, 안개와 복잡한 지형의 표면에서 나타나는 대기의 난류분포 등에 대하여 3차원적으로 예측할 수 있도록 만든 프로그램이다. RAPTAD는 HOTMAC에 의해 산정된 바람과 난류 특성 등을 사용하여 대기 오염물질의 농도분포를 3차원적으로 예측할 수 있도록 구성되어 있다. 연구대상 지역의 지형 자료는 이 프로그램의 지형코드에 의해 계산

되어져 복잡한 지형을 나타낼 수 있고, 또한 이를 연구 범위에 따라 3개의 grid를 이용하여 대상지역 안에서의 다른 각각의 지형 범위를 선택할 수 있도록 되어있다.

2) HOTMAC 모델링 결과

연구 범위 중 모델링 영역은 180Km×130Km로 world wide geographic data를 이용하여 설정하였다. 그림 2와 같이 각각의 국지기상과 공기확산의 기작(잠재온도, 풍속, 풍향 등)을 확인하기 위하여 4개의 지점을 Case로 정하여 설정하였는데 Case A, case B, case C, case D는 각각 인천의 해안선, 내륙의 언덕근처, 영흥도, 먼 바다에 위치한 덕적도 지역을 의미한다.

HOTMAC 모델링의 초기화는 기본 물리변수와 입력변수를 설정하여 진행한다. 이 계산모델은 기본물리, 모델링 기간, 태양각, 지리학적 지형 등에

기준을 두고 지역풍의 잠재온도, 풍순환, 난류 등을 예측한다. 구체적인 초기 변수는 표 6과 같다. HOTMAC 시뮬레이션은 수평 및 수직 방향의 대기 흐름을 1시간 간격으로 모델링 결과를 나타낸다. 그림 3은 모사결과 나타난 오전 6시와 오후 3시의 상공 10m에서의 수평적 풍순환을 보여주고 있다.

일출시기에 육지의 온도 상승은 바다보다 빠르며 이러한 현상은 잠재온도의 중요한 차이로 인하여 바다에서 불어오기 시작하여 육지 방향으로 향하는 해풍을 형성한다. 해풍의 강도는 정오 부근에 최대에 도달한다. 이와 유사하게 해가 진후에는 반대의 기작이 발생되어 육풍이 발생된다. 육풍은 자정 경에 바다로 불기 시작하여 이른 아침까지 지속된다. 잠재온도는 바람의 방향과 강도를 결정하며 해풍이 육풍보다 강하게 형성된다.

그림 4는 이러한 시간별 바람 강도의 변화를 보여주고 있다. 양의 값 풍속은 육지 방향으로 부는 해풍

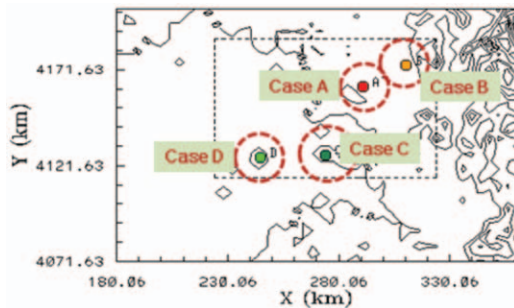
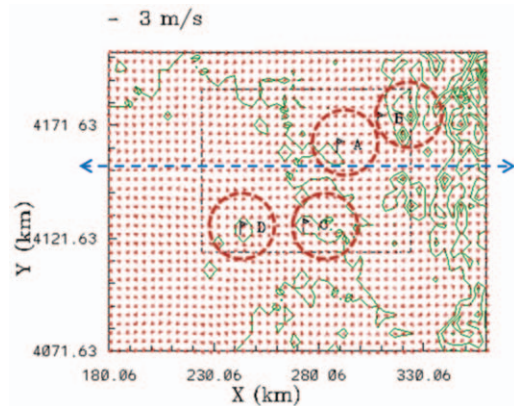


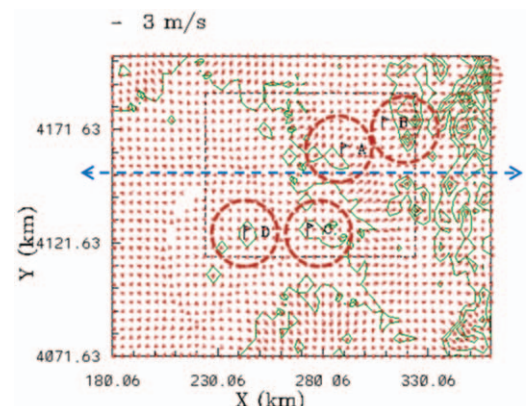
그림 2. 해륙풍 순환 모사를 위한 모델링 영역

표 6. HOTMAC 모델링을 위한 입력변수

Conditions	Input Data
Model Domain	(180Km×130Km)
Modeling period	Mid of July, (Julian day 193~199), (Continuously with one hour interval)
Potential temperature (Tm)	23°C (296K)
Initial wind speed (v)	0 (m/s)
Initial wind direction	0 degree
Inversion height (h)	1000 (m)



(a) 오전 6시



(b) 오후 3시

그림 3. 상공 10m에서의 수평적 풍순환

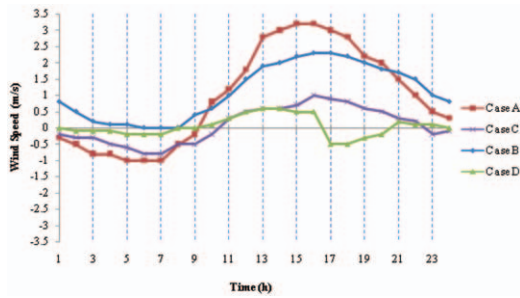


그림 4. 시간별 바람 강도의 변화(site A, site B, site C, site D)

을 의미하며, 음의 값은 바다 방향으로 부는 육풍을 의미한다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 일반적으로 이른 아침부터 약 오전 9시까지 육풍이 빈번히 발생되며 바람의 강도는 오전 11시경 무풍상태가 되는 것을 알 수 있었다. 오후가 되면서 해풍이 시작되는데 강도가 증가하여 오후 1시에서 오후 3시경에 최대가 되고 시간이 지날수록 점차 감소한다. 해풍은 오후

9시까지 관찰이 가능하며 이후 전이구간이 자정까지 지속되어 바람은 다시 무풍상태가 되었다가 육풍으로 다시 불기 시작한다. site A 와 site C는 해륙풍을 확연하게 보여주고 있으며 이 지역에 발전소가 위치하고 있다. site B는 잠재온도는 있지만 육풍이 나타나지 않고 있다. 이 지역은 산지 지형의 영향으로 산곡풍이 발생하고 있음을 알 수 있다. site D는 작은 섬에 위치하고 있어 잠재온도의 차이가 없으므로 해륙풍의 영향이 명확하지 않다.

이러한 기상적 조건에서 배출되는 오염물질이 어떻게 확산되는지를 파악하기 위하여 점오염원으로부터의 확산 모사를 이용한 3차원 컴퓨터 코드(RAPTAD)를 모사하였다. HOTMAC 프로그램에 의하여 오염물질의 농도와 바람의 난류를 예측한 후 부가적으로 RAPTAD 시뮬레이션을 위하여 입자상오염물질의 오염농도, 배출원 위치, 플럼의 높

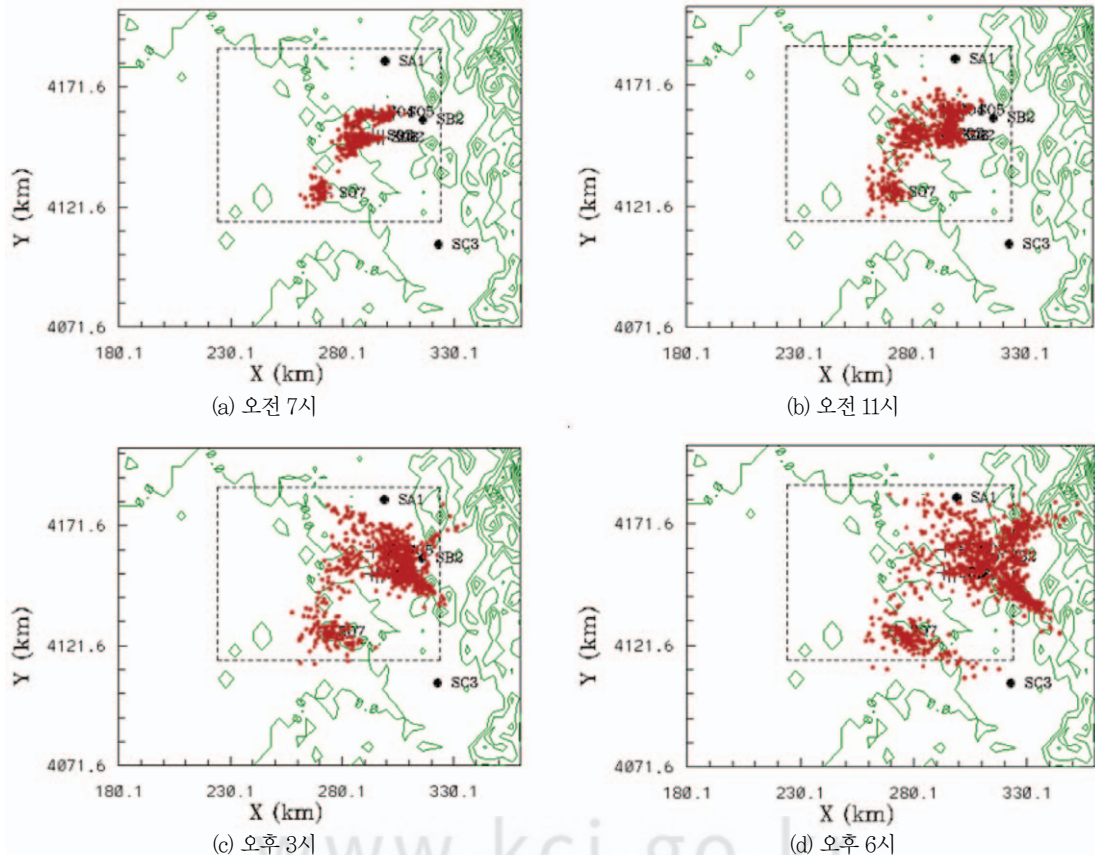


그림 5. 발전소에서 배출된 PM10의 시간대별 이동·분포현황 - (a)오전7시, (b)오전11시, (c)오후 3시, (d)오후 6시

이 등의 변수를 입력한다. 인천 지역은 인천발전소, Posco Power, 신인천발전소, 서인천발전소, 인천 C/C발전소의 5개 발전소가 서쪽의 연안에 위치하고 있고 영흥화력발전소가 영흥도에 위치하고 있다. 그림 5는 이들 발전소에서 배출된 오염물질이 확산되는 경향 및 인천 지역에 미치는 영향을 시간에 따라 살펴본 것이다. 발전소별 배출량은 2005년 CAPSS 자료에 기준으로 설정하였다. 연안에 위치한 발전소의 오염물질 배출은 섬에 위치한 배출원보다 먼거리를 이동한다. 그림 5에서 육풍의 칩투거리 약 20km~25km를 관찰할 수 있으며 해풍의 칩투거리는 약 30km~40km를 관찰할 수 있다. 정지원 등(2008)에 의해 수행된 연구에 의하면 인천지역의 해풍에 의한 영향 범위는 육지 방향으로 약 24km 정도인 것으로 보고되고 있다. 발전소에서 배출된 오염물질이 연안으로부터 약 20km 내에 설정된, 북쪽, 중앙, 남부의 인천 지역 3개의 지점(SA1, SB2, SC3)에 미치는 영향을 그림 5에서 살펴 볼 수 있다. 인천발전소, 포스코발전소, 신인천발전소, 서인천발전소, 인천 C/C발전소는 인천 해안의 북서쪽에 위치해 있는데 그곳에서의 해풍은 대부분 북동쪽과 동쪽방향을 향해 불고 있어 이들 발전소로부터 발생된 대기오염물질들이 인천지역의 북쪽과 중심부 방향으로 이동하고 있음을 알 수 있다. 영흥 지역에서 부는 해풍의 강도는 인천 해안 지역보다 약하긴 하나 인천 남부지역에 영향을 주고 있다. SC3측정점은 인천 남쪽에 위치하고 있는데 이 지역은 인천 남부해안인 영흥지역으로부터 해풍의 영향을 자주 받는 곳임을 알 수 있다. 본 연구결과로 볼 때 석탄화력발전소인 영흥발전소의 경우 배출은 주로 인천의 남부지역에 영향을 미치고 있는 것을 볼 수 있었고, 종합적으로는 인천의 중앙부인 SB2측정지점이 가장 크게 영향을 받았고 남쪽 지역인 SC3가 발전소들로부터 가장 적게 영향을 받는 것으로 보임을 알 수 있다.

III. 발전시설의 증설에 의한 CO₂ 배출 부하

최근 대기오염과 더불어 기후변화문제가 중요한 국가적 환경 이슈로 등장하고 있다. 우리나라도 1997년 교토 의정서 채택이후 아직까지 온실가스의 의무감축국은 아니나, 세계 9위의 온실가스 배출국으로 2013년 이후 포스트 교토 체계에서 의무 감축 대상국이 될 가능성이 커지고 있다. 이러한 상황에서, 정부차원에서 다각적인 온실가스 저감을 위한 정책이 진행 중에 있으며, 지자체 차원에서도 온실가스 저감을 위한 많은 시도가 계획되고 있다(고재경과 박년배, 2008). 대기정책지원시스템(CAPSS)의 배출량에 근거하여 IPCC의 산정계수를 이용하여 산정한 수도권 지역의 CO₂ 배출 현황 추이는 그림 6과 같다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 2001년에서 2005년간의 CO₂ 배출 추이는 서울과 경기 지역의

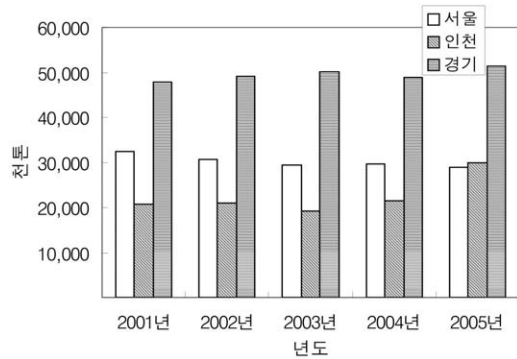


그림 6. 수도권 지역의 CO₂ 배출 추이

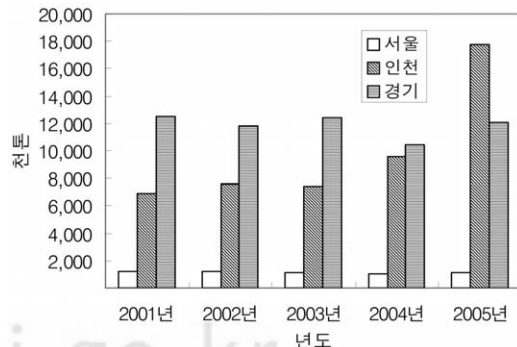


그림 7. 수도권 지역의 공공전기 및 열생산 부문 CO₂ 배출 추이

경우 비슷한 경향을 보이고 있으나, 상대적으로 인천의 증가율이 매우 가파른 것을 알 수 있다. 특히, 2005년도에 급속도로 증가한 CO₂ 배출은 인천지역의 석탄화력 발전소 가동과 밀접한 연관이 있는 것으로 보인다. 그림 7은 공공전기 및 열생산 부문에 의한 CO₂의 배출량을 보여주고 있다. 그림 7에서 볼 수 있듯이, 인천지역의 공공전기 및 열생산 부문 CO₂ 량이 급속도로 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면 서울 지역의 경우 경기 및 인천지역에 비하여 매우 낮은 비율을 차지하는 것을 볼 수 있다. 이는 서울의 경우 발전용량이 낮은 것에 기인한다. 제 3차 전력수급계획에 의하여 발전소가 증설될 경우에 이러한 수도권 지역 내에서의 발전에 의한 차이는 더욱 심화될 것으로 전망된다.

표 7은 발전에 의해 배출되는 CO₂의 양을 보여준다. 표 7에서 보듯이, 단위Kwh당 배출되는 CO₂의 양은 원자력이 9 g/Kwh인데 비해, 천연가스는 363 g/Kwh, 석탄의 경우 715 g/Kwh에 이르러,

원자력을 1로 보았을 때, 천연가스는 약 40배, 석탄은 약 88배에 이르는 양의 CO₂를 배출하는 것을 알 수 있다(과학기술부, 2006). 이를 제3차 전력 수급 계획에 의해 인천지역에 증설되는 발전용량에 적용하면, 표 8과 같은 양의 CO₂가 배출됨을 알 수 있다. 여기서 최대 생산량이란 발전용량을 100%가동하였을 때를 가정하였을 경우의 전력 생산량을 의미한다. 따라서 발생하는 CO₂의 양은 실제 가동률 및 배출계수 등에 따라 조정될 수 있다. 이와 같이 발전소에 의하여 배출되는 CO₂의 증가량은 향후 대기오염 배출문제와 더불어 발전소 증설로 인한 영향평가에 또 다른 주요 고려대상이 될 것으로 전망된다. 2008년 9월 정부의 기후변화 대응 종합계획이 발표되었고 관련 기본 법안이 정국국회에 제출될 전망이다. 법안은 온실가스 총배출량 통계(인벤토리) 구축과 온실가스 다배출 사업자의 배출량 보고 의무, 온실가스 배출권 거래제 시행 등 세 가지가 핵심이다. 이중 배출량 할당과 거래제가 시행될 경

표 7. 발전에 의한 CO₂ 배출

발 전 원	수 력	원자력	석 탄	석 유	천연가스
배출 CO ₂ 량(g/Kwh)	16	9	792	715	363
원자력 발전 CO ₂ 배출 기준	2배	-	88배	79배	40배

표 8. 발전용량 증가에 의하여 예상되는 CO₂ 배출 예상량

년도별	발전용량MW(석탄화력)	최대 생산량(MWh)	CO ₂ 배출예상량(천톤)	비 고
2007	8,766	76,790,160	33,888	
	(1,600)			
2008	9,636	84,411,360	39,924	영흥#3가동
	(2,470)			
2009	10,479	91,796,040	45,874	송도열병합, 영흥#4, 인천#2 가동, 인천#3,4폐지
	(3,340)			
2010	11,479	100,556,040	49,054	포스코복합#2가동
	(3,340)			
2011	11,479	100,556,040	49,054	
	(3,340)			
2012	12,679	111,068,040	52,870	송도복합#1, 인천#3호기 가동, 인천화력#1,2폐지
	(3,340)			
2013	12,679	111,068,040	52,870	
	(3,340)			
2014	14,419	126,810,440	64,942	영흥#5,6 가동
	(5,080)			

우 온실가스 배출량이 현행 대기오염 총량제 등에서 시행 및 추진하는 바와 같이 지자체별로 할당되거나, 배출권 거래제 등이 시행될 수 있어, 향후 이를 둘러싼 지자체별, 산업부문별 논란이 예상된다.

IV. 발전소 증설이 지역 경제 및 산업계에 미치는 영향

1. 발전소 건설을 통한 지역사회의 이득

발전소 건설이 지역경제에 미치는 긍정적 측면으

로는 주로 경제적 측면에서의 논의가 필요하다. 일반적으로 발전소 건설을 통하여 지역이 얻을 수 있는 경제적 효과는 대규모 사업비가 투자되는 사업을 유치함으로써 얻을 수 있는 고용증대 효과를 들 수 있다. 예컨대, 500MW급 2기를 건설하고자 하는 송도 LNG발전소의 경우, 건설인력이 연인원 약 28만명에 발전소 운영 인력 약 70-80명에 이르며 이들 인력중 상당수가 지역에서 충당될 것으로 보고 있어 지역 경제 활성화에 기여할 것으로 보고 있다 (김정관, 2008). 또한, 발전소 준공 후 취득세/등

표 9. 발전소 주변지역 지원사업

지원사업 종류	지원대상 및 지원금 등	사업시행자	지 원 기 간
기본지원 사업	발전소 주변지역 대상 지원금산정: 발전원별, 전년년도 발전량 기준	지방자치단체장 발전사업자	건설 및 가동기간, 특별히 인정하는 경우 건설 준비기간 포함
특별지원사업	발전소 건설 중 또는 건설이 예정된 주변지역 및 당해시군 및 자치구 건설비(부지구입비 제외)의 1.5 또는 2% 이내 ※ 가산금: 원전 자율유치신청 경우	지방자치단체장	전원개발사업 실시계획의 승 인고시일로부터 운전 개시일 전일 전원개발사업 실시계획 승인 고시일(공사 설비계획인가일 또는 신고일) 전일까지 요청 시 가산함
홍보사업	대국민 홍보를 위한 필요경비	한국원자력문화재단	지속적
기타사업	원전 민간 환경감시 기구의 운영비 및 장비구입비	지방자치단체장	지속적

표 10. 주요 화력 발전소의 지역별 납부 지방세

(단위 : 백만원)

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	평 균
강원	동해화력	356	268	670	950	1,186	719.3
	영동화력	164	1,220	1,865	1,907	981	1,146.8
	소 계	520	1488	2535	2857	2,167	1,866.2
경남	삼천포화력	1,820	3,637	5,323	5,923	2,945	3,715.2
	하동화력	7,152	2,420	3,224	4,485	2,944	3,335
	소 계	8,972	6,057	8,547	10,408	5,889	5,978
인천	영흥화력	1,368	849	1,841	9,800	3,518	2,867
	인천화력	309	1,231	1,931	2,373	2,061	1,467
	서인천화력	271	989	1,470	1,778	355	1,164
	신인천화력	234	396	916	1,177	920	1,068
	소 계	2,182	3,465	6,158	15,128	6,854	6,566
전남	여수화력	35	1,004	1,501	1,590	821	703
	호남화력	114	228	392	516	647	631
	소 계	149	1,232	1,893	2,106	1,468	1,334
충남	당진화력	797	771	1,740	4,509	6,003	5,195
	보령화력	966	4,152	6,497	7,609	5,033	4,305
	서천화력	1,418	2,148	2,600	1,487	1,330	1,138
	태안화력	2,985	3,853	5,500	6,239	4,573	4,669
	소 계	6,166	10,924	16,337	12,243	16,939	15,307

자료: 한국지방재정학회 (2007) 화력발전소에 관한 지방 세제 개선 연구

록세 및 재산세, 법인 소득세 등 각종 세수로 인한 재정 수입 및 발전소 건설 시 특별 지원 사업비로 건설비의 1.5%가 지원되며, 운영기간동안 기본지원 사업비 등이 지원되어 발전소 건설 지역의 개발과 주민의 복리 증진을 위한 각종 지원 사업으로 추진되고 있다. 그러나 발전소 주변지역 지원사업에 해당되는 지역의 주민들은 발전소 입지를 통한 피해를 일정부분 보상받을 수 있는데 비해, 발전소 입지 지역과 일정정도 떨어진 지역 내 기타 지역의 경우, 발전소 입지를 통한 보상이 없음에도 불구하고 대기오염 등과 같은 환경 피해에 노출될 수 있는 문제점이 있다. 이와 같이 기본지원금은 피해지역의 보상금 성격으로 사용되고 있어, 해당 지자체가 지역 개발을 위한 재원으로 사용할 수 있는 여력이 없으며, 특별 지원금의 경우, 발전시설 유치를 위해 일시적으로 지원되는 재원이어서, 지자체의 안정적 재원으로서의 기능을 하지 못한다. 따라서 이러한 지원 사업은 지자체 차원에 부과되는 환경오염 저감 및 관리에 발생하는 행정수요, 오염으로 인한 피해 비용 등의 추가적 비용발생요인 등을 고려하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 표 9와 10은 화력발전소 발전소 주변지역 지원사업 목록과 주요 화력발전소의 지역별 납부 지방세를 보여주고 있다(한국지방재정학회, 2007).

2. 발전소 건설로 인한 지역의 부담

발전소 건설이 지역에 미치는 부정적 측면은 크게 대기환경의 오염과 온실가스 배출분야로 구분할 수 있다. 앞서 기술한바와 같이 발전소 건립을 통하여 지역에는 세수와 경제 활성화등의 동인이 발생할 수 있다. 그러나, 그의 반대 급부로 지역은 대기오염물질의 배출이라는 부담을 갖게 된다. 발전설비 중 수력이나 원자력은 발전용수와 발전량을 대상으로 지역 개발세를 과세하고 있는 반면, 가장 높은 전력 생산 비중을 점하고 있는 화력발전은 지역 개발세 과세대상에서 제외되어 있다. 수력발전에 비해 화력발전은 환경오염등의 부정적 외부성을 유발하므로, 과세의 형평성과 중립성을 확보하지 못

하고 있다는 지적이 있어 충청남도의 경우 지역 개발세를 화력발전에 과세하려는 움직임을 보이고 있다(한국지방재정학회, 2007). 특히, 환경오염배출에 의한 사회적 비용을 추정하여 볼 때, 오염물질 배출에 의하여 지역이 감당하여야 할 사회적 비용은 경제적 측면에서 볼 때에도 지역이 수혜하는 경제적 이득을 초과할 수 있다. 2005년부터 시행중인 수도권 대기환경 개선을 위한 특별법에 의하면, 지역의 대기오염배출량을 사업장 부문에 대하여 할당하고 이를 2001년 배출량 대비 일정 비율씩 감소시켜 수도권지역의 대기질을 미세먼지 40 mg/m³, 질소산화물의 농도를 22 ppb까지 감소시키고자 하고 있다.

표 11은 수도권 대기환경관리 기본계획상 수도권 지역의 배출허용 총량의 할당량을 보여주고 있다. 환경용량을 초과한 수도권의 대기오염개선을 위해서는 환경용량 이내로 오염물질 배출량을 관리할 필요가 있으며, 시·도별 분산관리로는 대기환경개선에 한계가 있으므로, 수도권 전체 환경용량을 산정하고 이를 토대로 시·도별 지역 배출허용총량을 할당 하도록 하고 있다. 할당된 지역배출허용총량 범위내로 오염물질을 줄이기 위한 오염원별 관리방안은 시행계획에 반영·추진하도록 유도하고 있다(환경부, 2005).

이때, 할당된 지역 배출허용 총량은 다시 부문별로 할당하여 삭감량을 정하고 관리하게 되는데 표 12에서 볼 수 있듯이 인천지역의 경우 발전소에서 배출되는 오염물질의 배출량이 2014년 기준으로 볼

표 11. 수도권 지역의 배출허용총량 할당량

구 분	SOx	NOx	PM ₁₀	VOC	
2001년 배출량 (톤)	계	70,188	309,387	14,681	262,479
	서울	10,399	98,188	4,408	88,538
	인천	16,362	60,184	2,567	54,029
	경기	43,427	151,015	7,706	119,912
2001년 대비 삭감율(%)	38.7	53.0	38.7	38.7	
배출허용 총량(톤)	계	43,025	145,412	8,999	160,900
	서울	6,375	46,148	2,702	54,274
	인천	10,030	28,286	1,574	33,120
	경기	26,621	70,977	4,724	73,506

표 12. 인천지역 배출허용총량(사업장) 대비 발전소 오염물질 배출 예상량

구 분	질소산화물	황산화물	미세먼지
2014년 사업장 할당량(톤)	11,727.21	6,515.17	498.91
2014년 발전소 배출량(톤)	18,556.5	10,998	608.96
발전소/사업장 할당량 대비(%)	158.2	169	122.1

자료: 인천지역환경기술개발센터 (2008) 인천지역 발전소의 대기오염 영향검토 및 개선대책에 관한 연구

때 이미, 사업장에 할당할 수 있는 할당량을 초과하게 됨으로써, 다른 사업장에 할당할 배출량을 산정하지 못하는 등의 문제가 발생하고 있다(인천지역환경기술개발센터, 2008). 이는 결과적으로 수도권 지역의 전체 오염물질을 감소시키려는 배출 총량제의 목적 달성에 있어 장애요인으로 작용한다.

발전소 건설을 둘러싸고 제기되는 또 하나의 문제점은 온실가스와 관련된 부분이다. 장기적으로 온실가스 할당제, 온실가스 배출권 거래제 등이 지자체등으로 확대 시행될 경우, 발전소가 위치한 지역의 지자체의 경우, 할당 및 거래 등에 있어 타 지자체에 비해 대기오염 할당제와 비슷하게 사업장의 할당을 둘러싼 각종 문제가 발생할 수 있다. 그밖에 석탄화력발전소의 경우, 지금까지 논의된 SO_x, NO_x, 분진 등의 오염물질 외에도 수은배출을 둘러싼 위해성의 문제가 제기될 수 있다. 그밖에 발전소로부터 전력을 전송하는 송전선로의 경우 경과지가 광범위하여 이를 둘러싼 지역 주민간의 마찰 등이 발생하고 있다.

V. 결론 및 제언

늘어나는 전력수요를 충족시키기 위하여 발전설비의 추가확충이 불가피한 상황에서, 발전소의 증설은 해당 지역의 저항으로 인하여 많은 어려움을 겪고 있다. 수도권 지역의 경우 부족한 전력을 수도권 남부지역에서 공급받고 있으나, 송전선로를 통하여 전력을 공급받을 경우, 비용 및 지역의 반발 등의 문제로 수요지에 발전소를 건설하여야 한다는

의견이 대두되고 있다. 문제는 수도권지역을 전체로 놓고 보았을 때에는 전력 수요 중심지를 수도권으로 보고 발전소를 건설하자는 주장이 타당하다고 볼 수 있으나, 수도권 지역 중 인천지역에 발전소 건설이 편중됨으로 인하여 수도권 지역 내에서도 지역 편중에 관련한 형평성의 문제가 발생하게 된다는 것이다. 앞서 제시한 대기오염문제와 온실가스 문제를 비롯하여 수도권지역의 경우 대기오염 총량제에 따른 기존 사업장 오염물질 할당의 어려움 등의 문제들이 대두되고 있다. 본 연구에서는 수도권지역 화력발전소 건설이 지역에 미치는 영향을 인천지역을 중심으로 살펴보았다. 발전소 건설은 부족한 전력의 생산이라는 국가적 필요와 이로 인해 환경적, 사회적 피해에 직면하게 되는 지자체가 어떠한 합의를 이루어 내는가에 따라 그 성공적 집행이 달려 있다. 따라서, 발전소 건설을 둘러싼 문제가 기피시설의 입지를 둘러싼 갈등으로 치닫지 않고 수용성을 높이기 위하여서는 발전소 증설과 관련되어 있는 이해집단간의 숙의와 합의가 필요하다. 특히 전력 생산과 이로 인한 환경오염의 발생이라는 상황 하에서 발생하는 여러 문제에 대하여 많은 논의와 고려가 필요하다. 특히, 다음의 사항 등이 근본적으로 논의되어야 할 것으로 사료된다.

첫째, 발전소 건설로 인한 지역에 발생하는 비용과 편익에 관련한 면밀한 분석이 필요하다. 지금까지는 발전소 입지와 관련하여 경제적 효율성의 논리가 지배적으로 작용하였으나, 발전소 증설로 인하여 발생하는 여러 환경오염에 대한 사회적 비용을 함께 고려하여야 한다. 또한 향후 발생할 수 있는 추가적인 비용에 대한 고려가 필요하다. 예를 들어 발전소 건설로 인한 온실가스 배출 등에 의한 비용도 마땅히 고려되어야 한다. 발전소 건설과 관련된 지자체 및 지역 주민의 순응을 확보하기 위하여서는 필요에 따라서는 이러한 추가적, 잠재적 비용에 관련한 보상체계의 구축을 고려하여야 한다. 이러한 고려는 발전소 입지로 인하여 발생하는 사회적 비용을 저감시키는 방향으로 진행되어야 하며 경제성의 논리에 의하여 편중된 발전시설의 지역적

편중에 대한 갈등을 완화 시킬 수 있도록 진행되어야 한다. 예컨대 지역 간 수익자와 수혜자, 건설사와 주민 혹은 지자체 등의 이해관계가 고려되어 형평성의 원칙에 벗어나지 않도록 추진되어야 한다.

둘째, 발전소 증설로 인하여 발생하는 환경오염 및 기후변화의 영향 등을 최소화하기 위한 기술적 타당성을 가진 대책이 필요하다. 예컨대 최근 활발히 논의되고 있는 신재생 에너지 기술의 개발이나 관련 기술을 이용한 전력 생산을 고려하여야 한다. 발전소가 입지하는 지역에 신재생 에너지를 이용한 발전소의 건설과 온실가스를 저감할 수 있는 기술을 우선적으로 지원하는 방안 등이 고려되어야 한다.

최근 신재생에너지 보급률을 증대시키려는 정부의 적극적인 의지로 볼 때 향후 신재생 에너지의 발전방향은 정부주도의 시장형성을 통해 국내 산업기반 구축 및 세계시장 진출여건 마련의 형태를 보일 것으로 보인다. 따라서 에너지사용에 따른 환경규제를 통해 친환경적 에너지원인 신재생에너지에 대한 수요 및 시장 창출을 유도하는 방향이 가능하며 발전시설에 대하여는 기존의 화력발전에 비하여 신재생에너지의 친환경성 및 사회적 수용성 제고 노력 강화하는 방향으로 정책이 추진되어야 할 것으로 보인다. 일례로 신재생 에너지분야의 선도국인 독일의 경우, 발전차액지원제도와 같은 직접 지원제도뿐만 아니라 환경친화적 조세개혁을 통한 간접적 경쟁력강화정책등을 시행하고 있으며, EU는 정유회사에게 연료의 정제, 수송, 이용에 있어 에너지 단위당 이산화탄소 배출량을 2011년부터 2020년까지 매년 1% 감축을 의무화할 예정이다. 따라서 인천시의 발전 부문에 대하여서도, kWh당 평균허용 오염물질배출량을 규정하여 일정규모이상의 발전회사에 대해 기준 준수를 의무화하고 이를 신재생에너지 건설과 연계시키는 대책마련등을 고려해 보아야 한다.

셋째, 효율성의 측면에서 기존 전력 가격 체계 등에 대한 제고가 필요하다. 현행 전력요금체계(2007년 기준)에 의하면 1kWh 당 평균 전기요금은 77.85원이다. 주거용으로 사용되는 주택용 전기는

1kWh 당 114.31원, 영업용 및 공공용으로 사용되는 일반용 전기는 1kWh 당 97.68원에 판매된다. 하지만 광·공업용 등 기업들이 주로 사용하는 산업용 전기는 1kWh 당 64.56원이다. 따라서 산업용 전력을 사용하는 기업들이 평균 전기요금에 비해 부담하는 비용이 줄어들게 되고 이는 일반용 및 주택용 전기 사업자에게 전가된다. 이 때문에 현재의 전기요금 구조는 전력량에 있어서는 오히려 적은 부분을 차지하는 주택일반용 소비자가 더 많은 전력소비를 하고 있는 산업부문을 보조하는 상황이다. 이러한 왜곡된 가격체계는 상대적으로 산업부문에 에너지 손실이 심한 전력사용을 부추기는 기능으로 작용하여 과도한 전력 사용과 이를 위한 과도한 발전소 건설 그리고 이로 인한 지역의 갈등과 사회적 비용 유발로 이어지게 된다.

마지막으로 환경오염의 예측에 있어 지역의 특성과 상황에 맞는 모델의 선정이 매우 중요하다. 현재 수준의 기술을 고려해 볼 때, 발전소에서 발생하는 오염물질의 농도에 미치는 기여율을 정확히 산정하고 이를 예측하기는 한계가 있으며, 현재의 환경영향평가는 이러한 주어진 한계점내에서 최적화된 결과를 내기 위한 하나의 수단일 뿐이다. 이러한 상황에서 인천지역의 경우 해륙풍의 영향등에 의한 지역적 특성에 의해 발전소에서 배출된 대기오염물질의 확산이 일반적인 내륙지역에서의 확산패턴과 다른 경향을 보일 수 있다. 따라서 보다 정확한 확산 예측을 위해서는 이러한 상황을 정밀히 고려하여야 모델을 적용함이 바람직하다. 또한 확산에 의한 배출오염물질이 농도에 미치는 영향을 신뢰성을 가지고 산정하기 어려운 많은 한계가 있으므로, 배출 총량을 가지고 오염부하를 산정하고 이를 저감하는 방식으로 저감대책을 추진하는 것이 바람직한 정책 추진 과정이다. 본 연구에서 보듯이 발전소의 증설 문제는 국가 전력 수급이라는 당위적 합리성에도 불구하고 환경오염, 기후변화, 주민저항 뿐 아니라, 입지를 둘러싼 중앙정부와 지자체간의 이해관계의 상충 등의 문제 등을 수반하게 된다. 따라서 전술한 여러 요인들을 고려한 합리적 보상체계의 확립 및

전력 체계에 대한 보다 근본적 고찰이 필요하다.

사 사

본 연구는 인천지역 환경기술개발센터의 2008년도 연구개발사업비(지원과제번호 08-1-40-41)에 의해 수행 되었습니다.

참고문헌

- 고광훈, 황용우, 박광호, 조현정, 제무성, 2005, LCA 기법을 이용한 발전시스템의 환경성 평가, 대한환경공학회지, 27, 704-711.
- 고재경, 박년배, 2008, 기초자치단체 온실가스 배출량 산정에 관한 연구-경기도 시,군 지자체를 중심으로-, 환경정책, 16, 29-61.
- 강희정, 2006, 발전부문 온실가스 배출과 가스발전의 역할 분석, 한국가스학회지, 10, 11-16.
- 김근배, 김대선, 강택신, 박희진, 이종화, 2007, 발전소 주변 환경요인이 어린이의 요증 수에 노출에 미치는 영향에 관한 연구, 한국보건교육·건강증진학회 학술대회 발표논문집, 340-344.
- 김대근, 엄윤성, 홍지형, 이석조, 석광설, 이대균, 이은정, 방선애, 2004, 화력발전소의 대기오염물질 배출계수 산정연구, 한국대기환경학회지, 20(3), 281-290.
- 김정관, 2008, LNG기지내 화력발전소 토론회 자료집.
- 명수정, 정재학, 김진수, 전의찬, 2007, 발전소의 온실가스 배출계수 개발에 관한 연구, 2007년 환경공동학술대회 초록집, 1721.
- 조용성, 조영대, 박순애, 2006, 발전부문의 온실가스 배출요인 분석, 환경정책, 14, 215-236.
- 장경룡, 백점인, 안희수, 양완섭, 이시훈, 2003, 화력발전소 배가스 수은 배출 저감에 관한 연구, 한국대기환경학회 추계학술논문집, 147-148.
- 정재학, 전의찬, 사재환, 노기환, 배위섭, 2006, 화력발전소의 이산화탄소 배출계수 비교 연구, 한국대기환경학회 학술대회논문집, 87-88.
- 정지원, 이임학, 이희관, 2008, 수치모델링을 이용한 서해안 지역에서의 해륙풍 영향권 산정에 관한 연구, 한국 대기환경학회지, 24(2), 259-270.
- 과학기술부, 2006, 2006년 원자력백서.
- 인천지역환경기술개발센터, 2008, 인천지역 발전소의 대기오염 영향검토 및 개선대책에 관한 연구, 환경기술연구개발사업 연구보고서.
- 산업자원부, 2006, 제 3차 전력수급기본계획.
- 인천광역시, 2006, 제3차 전력수급기본계획「공고에 따른 발전소의 대기오염 영향검토 및 개선대책.
- 한국지방재정학회, 2007, 화력발전소에 관한 지방세 제개선 연구.
- 환경부, 2005, 수도권 대기환경관리 기본계획.

최종원고채택 09. 07. 23