

상향식 방법을 이용한 산업 부분의 온실가스 배출량 산정 연구

안재호*, 안상전

*한경대학교 환경공학과(jhan@hknu.ac.kr)
에코 아이(주) (sjan@ecoeye.com)

A study on the calculation of greenhouse gas from the industry sector using bottom-up methodology

AN, Jae-Ho* AHN, Sang-Jueon

*Dept. of Environmental Engineering, Hankyong National University(jhan@hknu.ac.kr)
Ecoeye Co.,(Ltd) (sjan@ecoeye.com)

Abstract

Recently environmental regulations like the Kyoto Protocol, adopted in 1997, required the reduction of the greenhouse gas of 5.2% up to 1990 regulations. and 13th General Assembly in 2007, held in Bali of India, have agreed to duty reduction even in developing countries in 2013. Because of the lack of information about real process in small or middle size industries, most recent research omitted to calculate green house gas emissions from the industrial process. Bottom-up methodology will be applied for calculation of greenhouse gas emission from industry sector to solve these problems in this research. Total amount from industry sector of Shicheung-City in 2007 was about 1,797,305 tons of greenhouse gas CO₂ and 3,049,403 tons of the greenhouse gas CO₂ calculated from industry sector of Ansan-City in 2007.

Keywords : 온실가스(Green house gas), 산업공정(Industrial process), 상향식 방법(Bottom-up methodology)

기 호 설 명

B-A	: 경질중유 (l)	EFab	: 활동별 배출계수(kg/TJ)
B-B	: 중유 (l)	Activityab	: 부문 별 투입에너지(TJ)
B-C	: 중질중유 (l)	TOE	: 석유환산톤 (Kcal*107)

투고일자 : 2010년 9월 1일, 심사일자 : 2010년 9월 18일, 게재확정일자 : 2010년 12월 6일
교신저자 : 안재호(jhan@hknu.ac.kr)

1. 서 론

2013년부터는 우리나라를 포함하는 개발도상국에도 온실가스의 감축의무를 부여할 가능성이 높아지고 있다. 이에 대비하기 위하여 기초자치단체에 대한 온실가스의 배출량을 부분별로 산정한 연구가 이루어지고 있으나 지자체별로 배출원 분류와 사용하는 통계자료가 다르고 방법론에서 차이를 보이고 있어서 이들 지역 간의 직접적이고 체계적인 비교가 어려운 실정이다.¹⁾²⁾³⁾ 그러므로 중앙정부나 지자체들이 온실가스 감축목표를 설정하고 정책에 대한 효과를 가시적으로 확인해 보고 관리할 수 있는 일관된 기준이 필요한 실정이다. 또한 고재경⁴⁾은 온실가스의 저감 대책이 효과를 거두기 위해서는 지역별로 온실가스 배출특성을 고려한 정책이 필요하고 하향식의 획일화된 정책을 시행할 경우 비용에 비해 효과가 비효율적으로 나타날 수 있음을 지적하고 있다. 그리고 예로 안산시, 시흥시 등의 경우에는 산업부문에서 온실가스 비중이 높은 지역이며 기존의 연구들에서 온실가스의 산정 시에 산업공정부문과 같은 중요한 배출원을 고려하지 못하는 실정이다.

본 연구에 적용하고자 하는 산업단지를 대상으로 한 연구로는 배우근⁵⁾이 안산시에 대하여 하향식(top-down) 방법인 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 가이드라인에 따른 온실가스 산정방법을 적용한 사례가 있으나 산업부분의 공정배출 부분은 고려하지 못하고 있다. 이상에서 살펴 본 바와 같이 산업부문에서의 온실가스 배출량 산정이 대단히 미흡하게 연구되어 있음을 볼 수 있다. 본 연

구의 목적은 이를 보완하기 위하여 산업단지의 경우 배출비중이 높은 산업공정에서 배출을 정확히 반영하기 위하여 설문에 의한 산업배출원에 대해 상향식(bottom-up) 평가방법을 이용하였다. 기존의 온실가스 산정에서 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 방법을 적용한 하향식으로 다음과 같은 산정방법으로 한다.

$$\text{온실가스배출량} = \sum(\text{EF}_{ab} \times \text{Activity}_{ab}) \quad (1)$$

EF : 각 활동 별 배출계수
Activity : 각 부문 별 투입에너지(TJ)

구체적인 예로 전력소비에 따른 온실가스 산정을 위한 IPCC 방법에서는 다음과 같은 산정 공식을 제시하고 있다.

$$\begin{aligned} \text{배출량}(\text{ton-CO}_2/\text{년}) &= \sum(\text{전력소비량}(\text{MWh}/\text{년}) \\ & * \text{온실가스배출원단위}(\text{CO}_2/\text{MWh}) \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{이산화탄소} &: 0.436\text{kg-CO}_2/\text{MWh} \\ \text{메탄} &: 0.436\text{kg-CO}_2/\text{MWh} \\ \text{아산화질소} &: 0.436\text{kg-CO}_2/\text{MWh} \end{aligned}$$

본 연구에서는 위에서 제시된 방법에서 나아가 산업공정에 관한 좀 더 구체적인 자료인 원료의 취득, 에너지의 소비, 제품의 생산, 폐기 및 재활용에 이르기까지 전 과정에서 발생하는 환경부하를 과학적이면서도 계량적으로 분석할 수 있는 상향식산정 방법을 적용하여 연구를 진행하고자 하였다. 특히 산업단지 내의 사업장 규모별로 구체적인 배출량 산정을 위한 기초자료를 설문조사하여 이것을 연구 대상지역 전체의 사업장에 대하여 확대 적용하는 방법으로 산업부분의 온실가스를 산정해 보고자 하였다. 구체적으로 시화·반월 산업단지를 연구대상지역으로 하여 산업공정 부문에서의 온실가스의 배출량 산정방안에 대한 연구를 수행하였다.

1) 과천시, 기후변화 대응 시범도시 조성을 위한 환경부-과천시 협약 체결 세부추진 계획, 2007,
2) 서울시정개발연구원, 서울시 온실가스 배출량 산정 및 변화 예측, 2006.
3) 영등포구, 온실가스 배출원 및 배출량 조사연구, 2006.
4) 고재경, 경기도 시군자치체의 온실가스 배출특성 연구, 경기개발연구원, 2007.
5) 배우근, 안산시 온실가스 배출원 및 배출량 조사 연구, 안산환경기술개발센터, 2007.

2. 온실가스의 상향식 산정 방법

온실가스 인벤토리는 그림 1과 같은 과정을 거쳐 구축되었고 분석에 활용되었다.

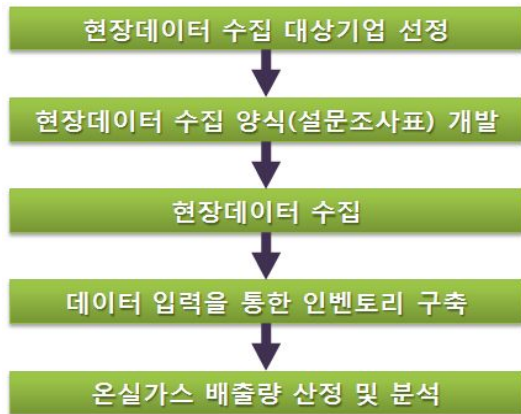


그림 1. 반월·시화 온실가스 인벤토리 구축과정

시화·반월산업단지는 현재 약 10,700개(가동업체 9,944개)의 중소기업들이 입주해 있어 전수조사는 사실상 어려우므로 업종별, 규모별에 따라 입주업체를 구분하여 그 비율에 맞게 대상기업을 선정하여 조사를 실시하였다. 11개 업종에서 대·중·소기업 각각의 시화반월산업단지 입주 업체 비율을 고려하여 600개 기업을 우선조사대상 기업으로 선정하였으며, 조사대상 업체 중에 약 20%의 자료가 회수 되었다. 업종은 한국산업단지공단에서 조사·기록하는 업종구분을 따르고, 규모는 종업원 수가 50인 미만 사업장은 소기업, 50인 이상에서 300인 미만 사업장은 중기업, 300인 이상 사업장은 대기업으로 분류하였다. 본 연구에서 실시한 설문조사는 2009년 5월부터 9월까지 조사 기업으로 선정한 업체를 대상으로 실시하였으며, 데이터 수집방법은 데이터 설문서를 1차 설문조사, 2차 현장방문을 통해 수집하였다. 또한 수집된 데이터에서 누락된 부분이 있는 경우 관련 실무담당자를 대상으로 전화인터뷰 및 이메일 또는 팩스를 이

용하여 보완하는 방법을 병행하였다.

본 연구에서 사용한 온실가스 배출량 조사표의 구체적인 내용으로는 일반 사항으로 업종과 종업원수 등을 조사하였다. 온실가스의 배출에 관련해서는 간접적인 배출량의 산정을 위하여 전력의 사용량, 스팀, 온수와 열의 사용량을 그리고 직접적인 온실가스 배출량을 조사하기 위하여 석유, 가스, 석탄의 종류별로 원료용, 보일러용, 동력용, 공정 또는 히터용, 발전용 등으로 분류하여 자세한 사용량 용처를 구분하여 설문하였다. 그리고 산업체의 수송용(업무차량 등)으로 사용된 연료의 경유, 휘발유, LPG 별로 자료를 수집하였다. 생산품의 생산과 소비과정에 따른 온실가스의 배출을 산정하기 위하여 표 6에 분류된 바와 같이 제품별 생산량을 조사하였다. 그리고 일부의 업체에 해당이 되지만 표 7에 제시된 생산 공정 중에 배출이 되는 프레온가스의 배출량도 연간 사용량을 통하여 조사하였다. 자료의 확보가 가능한 2008년도를 기준으로 설문을 통한 자료를 구축하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 시화·반월산업단지가 많은 수의 다양한 업종이 혼재하는 특성상 본 연구에서 약 6개월의 제한된 기간에서의 수집한 자료가 일정한 한계가 있다고 사료되며, 개별 조사를 통한 상향식방법을 적용하여 온실가스의 산정을 하였다는데 의의가 있다 하겠다. 다만 설문조사 대상의 수를 좀 더 늘여간다면 온실가스 산정량의 신뢰도를 높일 수 있을 것으로 생각된다.

표 1. 배출량 산정을 위해 수집된 기업규모별 구분 현황

기업 규모 구분	데이터수(개)	비율(%)
대기업(300인 이상)	5	5
중기업(50인 이상-300인 미만)	56	57
소기업(50인 미만)	37	38
합 계	98	100

본 연구에서는 시화반월산업단지 98개 업

체에서 조사한 온실가스 배출량으로, 직접배출에서는 연료사용에 따른 고정배출과 수송 등에 필요한 이동배출 그리고 공정배출 및 탈루 배출이 해당하며 간접배출은 전력사용량과 온수 및 스팀 사용량이 해당된다.

표 2. 배출량 산정을 위해 수집된 업체 수 및 비중

	업체수	비중
음식료	3	3%
섬유의복	6	6%
목재종이	4	4%
석유화학	23	23%
비금속	1	1%
철강	7	7%
기계	21	21%
전기전자	11	11%
운송장비	9	9%
기타	6	6%
비제조	7	7%
계	98	100%

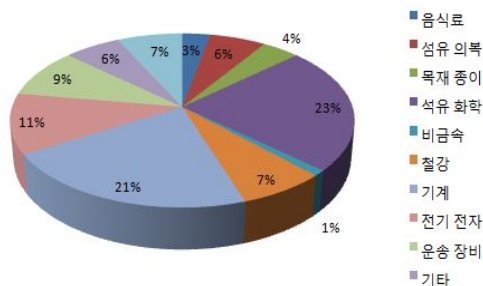


그림 2. 배출량 산정을 위해 수집된 업종별 구분

위의 표 3에서는 각 개별기업의 연료사용량을 합산하여 2006 IPCC 가이드라인⁶⁾에서 제시하는 온실가스 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 산정하였다. 이에 따른 배출량은 104,956 ton-CO₂/yr으로 전체 배출량의 약 17%를 차지하는 것으로 분석되었다.

6) IPCC, 2006 IPCC guideline Vol. 2. Chapter 2, 2006.

표 3. 고정배출원에서의 온실가스 배출량

사용연료명	단위	연료사용량	총배출량 tCO ₂ e/yr
휘발유	L/yr	-	-
등유	L/yr	660,978	1,663
경유	L/yr	295,158	774
B-A유 (경질중유)	L/yr	40,333	114
B-B유 (중유)	L/yr	-	-
B-C유 (중질중유)	L/yr	7,333,324	22,193
나프타	L/yr	-	-
석유코크스	L/yr	-	-
부생연료1호	L/yr	558,200	1,432
부생연료2호	kg/yr	-	-
프로판	kg/yr	35,365	103
부탄	kg/yr	-	-
도시가스 LPG(액체)	Nm ³ /yr	533,873	893
도시가스 LPG(가스)	Nm ³ /yr	63,102	230
도시가스LNG	kg/yr	34,489,476	77,394
국내무연탄	kg/yr	-	-
수입무연탄	kg/yr	-	-
연료용유연탄	kg/yr	-	-
원료용유연탄	kg/yr	-	-
아역청탄	kg/yr	-	-
석탄코크스	kg/yr	-	-
고정배출 계			104,956

표 4. 이동 배출원에서의 온실가스 배출량

사용연료명	단위	연료 사용량	총배출량 tCO ₂ e/yr
휘발유	L/yr	758,552	1,630
경유	L/yr	3,699,845	9,705
LPG	L/yr	42,330	71
이동배출 계			11,647

또한 이동오염원은 2006 IPCC 가이드라인의 제 3장에서 제시하는 방법에 따라 산정을 하여 표 5에 나타내었다.

공정에서의 생산품의 생산과 소비에 따른 온실가스 배출량과 탈루에 의한 배출량은 에너지관리공단⁷⁾에서 제시하는 방법을 적용하

7) 에너지관리공단, 기업온실가스 배출량산정 지침서, 2006.

여 산정을 하였다. 표 5에서 산정된 배출량은 각 산업생산품의 생산량에 이를 생산과정에서의 온실가스 배출계수를 곱하여 산정한 값으로 본 연구의 대상 시화·반월산업단지, 자동차 산업 등의 부품생산의 비중이 높아 상대적으로 위의 최종생산품의 비중이 작아 온실가스배출 기여도도 작게 나타났다.

표 5. 산업 공정 배출원에서의 온실가스 배출량

사용연료명	단위	연료 사용량	총배출량 tCO ₂ e/yr
클링커	ton/yr	-	-
생석회	ton/yr	-	-
백운석	ton/yr	-	-
암모니아	ton/yr	0.2	0.3
질산	ton/yr	0.1	0.1
아디핀산	ton/yr	-	-
카본블랙	ton/yr	-	-
에틸렌	ton/yr	-	-
스티렌	kg/yr	-	-
모노머	kg/yr	-	-
이염화에틸렌(EDC)	kg/yr	-	-
코크스	kg/yr	-	-
소다회	ton/yr	52,552	21,809
석회석	ton/yr	4,300	1,892
백운석	ton/yr	-	-
전기로의 탄소전극봉	ton/yr	-	-
공정배출			23,701

프레온가스와 육불화황 등은 지구온난화지수가 HFC-134a는 1300, SF₆는 23,900에 해당되므로 소량의 배출에도 CO₂환산 배출량은 크다고 할 수 있다⁸⁾. 그러나 표 6에서 보여주는 바와 같이 연구 대상지역에서는 배출량이 아주 미미한 것으로 조사 되었다.

8) Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996.

표 6. 산업공정부문에서의 프레온가스의 배출량

사용연료명	단위	연료 사용량	총배출량 tCO ₂ e/yr
HCFC-22	ton/yr	-	-
NF ₃	ton/yr	-	-
HFC-134a (CH ₂ FCF ₃)	ton/yr	0.3	407
HFC-152a (C ₂ H ₄ F ₂)	ton/yr	-	-
SF ₆	ton/yr	0.4	9,202
공정배출			9,608

전력의 사용에 따른 온실가스 배출량은 한국전력통계⁹⁾에서 제시하는 온실가스 배출계수를 적용하여 산정하였다.

표 7. 구매전력에서의 온실가스 배출량

배출원	에너지구분	구매 전력량	총배출량
		kWh	tCO ₂ e/yr
전력사용 설비	전력	815,188,111	352,107
구매전력 계			352,107

열에너지의 사용에 따른 온실가스 배출량은 American Petroleum Institute¹⁰⁾에서 제시하는 온실가스 배출계수를 적용하였다.

표 8. 구매열에서의 온실가스 배출량

배출원	에너지구분	구매열량	총배출량
		Gcal/yr	tCO ₂ e/yr
온수사용설비	열	458,865	105,332
구매열 계			105,332

이상의 각 배출요소별 온실가스의 배출량을 합하여 산정하면 샘플 대상기업에서 배출한 온실가스의 총량은 607,352 ton CO₂/yr로 계산되었다. 이를 종합해 보면 산업체에서 직

9) 한국전력통계, 2007년 실적데이터, KEPCO, 2008

10) API, API compendium of greenhouse gas emissions methodologies for the oil and gas industry, 2009.

접배출 하는 비율은 25%에 해당이 되며, 전력의 사용 등을 통한 간접배출량의 비율이 75%로 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 전체적으로 전력이용을 통한 배출과 사업장의 연료의 사용으로 대부분 배출이 발생된다고 할 수 있을 것이다.

표 9. 총 온실가스 배출량의 배출원별 구성비

운영 경계	구분	배출원별 구성비	총 배출량
			tCO ₂ e/yr
직접배출	고정배출	17%	104,956
	이동배출	2%	11,647
	공정배출	4%	23,702
	탈루배출	2%	9,608
직접배출 계	25%		
간접배출	전력	58%	352,107
	스팀 및 온수	17%	105,332
간접배출 계	75%		457,439
합계	100%		607,352

큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다.

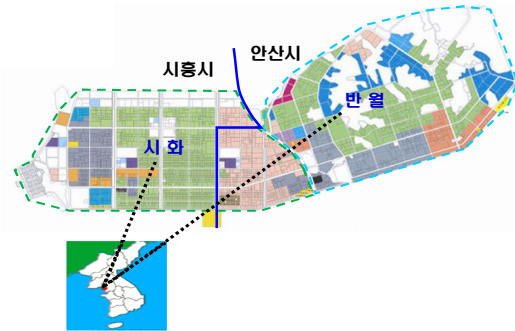


그림 3. 반월·시화 산업단지 위치

표 10. 시화산업단지 업종별 가동 업체 수 및 비중

	시화산업단지		반월산업단지	
	업체수	비중	업체수	비중
음식료	52	0.8	60	1.8
섬유의복	132	2.0	235	7.0
목재종이	216	3.3	144	4.3
석유화학	527	8.0	379	11.3
바금속	37	0.6	22	0.7
철강	524	8.0	146	4.3
기계	3,329	50.6	1,283	38.2
전기전자	795	12.1	796	23.7
운송장비	379	5.8	122	3.6
기타	149	2.3	44	1.3
비제조	445	6.8	128	3.8
계	6,585	100.0	3,359	100.0

3. 시화·반월 산업단지 온실가스 산정결과

3.1 시화·반월 산업단지의 현황

시화·반월산업단지는 80년대 이후 지난 30여 년간 시흥시 및 안산시의 도시 성장에 큰 영향을 주며 성장을 해왔다. 또한 수도권 지역의 우수한 노동력과 공해유발 업종을 중심으로 한 중소기업의 집적단지로 조성되었으며, 특히 단지 내 입주업체의 다수를 차지하고 있는 중소기업을 중심으로 한 사업장은 공해배출 등의 환경문제와 최근에 대두되는 온실가스 배출관리에 대한 관심과 대책이 시급한 실정이다.

그림 3에서는 경기도 서남부에 위치한 연구 대상지역의 위치를 나타내었다. 또한 본 연구의 상향식 방법을 적용하기 위한 시흥시와 안산시 두 지자체의 산업적인 측면에서의 특성은 표 10에서 산업단지 별 산업분야의 가동업체의 수에 따른 구성비를 나타내었다. 각 산업단지 모두 자동차 부품 생산을 중심으로 하는 기계 및 전기전자 분야의 사업장이 가장

3.2 산업 부문 온실가스 배출량

본 연구에서는 표 10에 나타난 98개 샘플링 기업을 통하여 산정된 온실가스배출량 자료를 기초로 하여 업체의 매출액을 적용하여 원단위배출량을 도출한 후 시화반월산업단지 전체로 확대하는 방법으로 단지 내의 배출량을 산정하고자 한다. 원단위는 업종별로 우선 분류한 후에 각각 업종의 온실가스 배출량 총합에 매출액 총합으로 나누어 도출하였다. 그 결과 산업 부문에서 시화산업단지에서는 1,797,305

ton CO₂/yr과 반월산업단지에서는 3,049,403 ton CO₂/yr으로 산정이 되었다. 본 연구 논문에는 제시하지 않았으나 같은 방법으로 종업원 수를 배출원단위의 기준으로 하였을 때는 시화, 반월단지 각각 3,105,496 ton CO₂/yr과 3,364,501ton CO₂/yr으로 산정이 되었다.

표 11. 시화산업단지의 업종별 온실가스 배출량

업종	시화산업단지(tCO ₂ /yr)		
	총배출량 (tCO ₂ /yr)	원단위 (tCO ₂ /백만원,년)	매출액
기계	111,275	0.021	5,380,364
비금속	9,656	0.124	78,065
목재종이	9,887	0.014	685,181
비제조	10,758	0.032	334,884
석유화학	236,441	0.067	3,536,518
섬유의복	206,933	0.601	344,512
운송장비	60,565	0.034	1,778,899
음식료	20,165	0.040	506,410
전기전자	274,394	0.165	1,659,065
철강	362,174	0.110	3,281,482
기타	495,057	0.518	956,177
합계	1,797,305		18,541,557

표 12. 반월산업단지의 업종별 온실가스 배출량

업종	반월산업단지(tCO ₂ /yr)		
	총배출량 (tCO ₂ /yr)	원단위 (tCO ₂ /백만원,년)	매출액
기계	665,929	0.178	3,751,454
비금속	7,050	0.124	56,994
목재종이	235,611	0.250	941,625
비제조	74,374	0.374	198,675
석유화학	97,926	0.030	3,312,202
섬유의복	1,435,082	1.063	1,350,029
운송장비	45,624	0.018	2,579,648
음식료	38,300	0.040	961,838
전기전자	355,861	0.082	4,317,519
철강	36,860	0.020	1,800,409
기타	56,786	0.232	244,531
합계	3,049,403		19,514,924

그러나 기존의 IPCC의 하향식 산정방법에 의한 경기개발연구원¹¹⁾의 반월단지의 3,728,503 ton

CO₂/yr과 시화단지의 1,444,348 ton CO₂/yr의 결과와 비교해 볼 때 산업체의 종업원의 수 보다 매출액을 기준으로 배출원단위로 산정한 것이 보다 합리적인 결과를 보이는 것으로 사료된다.

표 13. 시화산업단지의 업종별 온실가스 직접배출량

업종	시화산업단지(tCO ₂ /yr)			
	고정배출	이동배출	공정배출	탈루배출
기계	13,087	1,945	-	-
비금속	*3,223	*159	-	-
목재종이	-	355	-	-
비제조	1,217	4,846	8,659	42,114
석유화학	56,613	7,508	685	-
섬유의복	14,413	20	69,021	-
운송장비	273	1,536	-	-
음식료	*7,822	*291	-	-
전기전자	-	233	-	-
철강	151,417	2,867	6	-
기타	44,656	1,954	15,320	1,785
합계	292,720	21,716	93,691	43,899

*샘플기업이 없는 업종에 대하여, 시화 또는 반월의 동일한 샘플데이터 적용

표 14. 반월산업단지의 업종별 온실가스 직접배출량

업종	반월산업단지(tCO ₂ /yr)			
	고정배출	이동배출	공정배출	탈루배출
기계	59,148	14,753	5	-
비금속	8,538	421	-	-
목재종이	74,115	11,633	-	-
비제조	10,974	25,302	38,088	-
석유화학	24,569	10,296	-	-
섬유의복	67,414	578	1,087	-
운송장비	21,606	4,570	-	-
음식료	20,724	772	-	-
전기전자	7,742	15,247	-	205
철강	92,422	1,311	-	-
기타	139,144	-	-	-
합계	526,395	84,885	39,180	205

우리나라는 2009년 11월에 국내 온실가스 배출량을 2020년까지 2005년 대비 4% 감축

11) 김동영, 경기도 온실가스 배출량 산정 시스템 개발, 경기개발연구원, 2008

하기로 확정했다. 이는 개도국 최대 수준으로 국내 제조업계에 큰 부담이 될 것으로 예상된다. 시화반월산업단지는 중소기업을 포함한 다수의 제조업체가 밀집되어 있으며, 중소기업 개별단위의 온실가스 및 에너지 사용량은 크지 않으나, 전체 산업체중 중소기업의 온실가스배출 비중은 약 43% 수준으로 산업단지 전체를 고려할 경우 온실가스 배출량 및 잠재저감량은 크다.

표 15. 시화·반월산업단지의 온실가스 간접배출량

업종	시화산업단지 (tCO ₂ /yr)		반월산업단지 (tCO ₂ /yr)	
	전력배출량	스팀온수 배출량	전력배출량	스팀온수 배출량
기계	12,772	-	1,485,913	70,421
비금속	*4,219	-	11,177	-
목재종이	9	-	45,901	-
비제조	33,269	26,868	89,635	3,597
석유화학	109,726	46,972	99,853	87,653
섬유의복	18,482	18,292	89,749	183,372
운송장비	10,403	-	142,981	584
음식료	*35,341	*20,881	93,629	55,319
전기전자	8,303	-	478,878	12,181
철강	155,658	4,173	81,810	7,166
기타	259,809	227,144	38,103	-
합계	647,992	344,329	2,657,627	420,293

*샘플기업이 없는 업종에 대하여, 시화 또는 반월의 동일한 샘플데이터 적용

산업단지내의 온실가스 감축을 효과적으로 달성하기 위해서는 개별기업의 온실가스 저감 사업 및 산업단지 내 기업 간의 네트워크 구축을 통한 저감사업 병행으로 시너지효과 창출이 필요하다. 따라서 산업단지내의 온실가스 감축 가능한 시나리오로 중소기업 에너지 효율성화 사업, 신재생에너지 보급사업, 기업 간의 폐자원 교환망 구축사업 등을 통해 예상되는 온실가스 감축량을 도출하였다.

4. 시화·반월 산업단지 온실가스 저감방안

4.1 산업단지 내 태양광 발전 단지 조성

국내의 경우 태양광 발전설비 설치 적정부지의 부족(나대지 설치 시 kw당 20m²의 부지 필요)하고, 대기업들의 경우 자체적으로 신재생에너지 사업 추진이 가능하나 규모가 작은 산업단지의 입주기업들은 자체적으로 사업을 수행하기 힘든 형편이다. 산업단지 유희부지(공장 옥상, 주차장, 공공건물 등)를 활용, 태양광발전 사업 타당성을 조사 및 분석하고 시범모형을 조성하고 태양광 발전사업 성공모델 제시하거나, 신재생에너지 지방보급사업과 같은 산업단지 내 보급사업 실시하여 공장 옥상을 이용할 경우 부지 매입비용이 들지 않음으로 비용절감이 가능하다. 시범산업단지(시화·반월) 총면적의 0.1%에 해당하는 50,000m²를 태양광 모듈로 설치할 경우 1.5MW 정도의 발전이 가능하고 전력통계에서 제시하는 온실가스 배출계수를 적용하여 산정할 때 연간 약 42,276 ton CO₂의 온실가스 감축이 산정되었다. 이는 시화·반월산업단지의 산업부부분에서의 온실가스배출량인 4,846,708 ton-CO₂/yr의 0.87%에 해당된다.

4.2 에너지 효율화(고효율기기보급) 사업

산업단지의 영세한 중소기업들은 에너지 절약 효과를 알고 있음에도 불구하고 비용문제로 인해 이를 수행하기가 쉽지 않다. 현재 200 TOE (Ton of Oil Equivalent)에서 2000 TOE 사이의 중소규모 기업들에 대해서도 전기진단과 열진단을 시행하는 등 중소기업들도 에너지이용합리화 법에 따라 에너지관리공단에서 지원하는 에너지효율화사업을 적용해 볼 수 있다. 구체적으로 고효율기기 보급, 고효율 펌프교체, 스마트밸브 도입, 구내 배관 및 가압관로의 손실수두 최소화, 펌프 성능(유량, 양정, 전력원단위 등)에 대한 실시간 모니터링을 통한 운전조합 최적화방안 등

을 제시할 수 있을 것이다. 이러한 방법을 통하여 대기업을 제외한 중소기업의 에너지효율이 증가하여 구매전력 및 구매열 사용량이 10% 저감됐을 경우를 가정하여 2장에서 제시한 American Petroleum Institute의 계수를 이용하여 산정하면 온실가스 감축량은 년간 41.676t CO₂로 산업부문배출량의 0.86%에 해당된다.

위에서 살펴본 두 가지 저감방안의 예와 같이 본 연구와 관련이 있는 분야에서의 온실가스 배출저감방안은 2005년 대비 4% 감축을 목표에 대비해야 하는 지자체에서는 의미가 있는 저감방안이 될 수 있을 것이다. 그리고 수송부문에서의 바이오디젤의 적용, 지표면 녹지에 의한 에너지저감 방안 등 다양한 부문에서의 저감방안의 병행을 통해 최종 저감목표에 도달이 가능할 것으로 사료된다.

5. 결 론

온실가스의 저감은 지역별로 상이한 온실가스 배출특성을 고려한 정책이 필요하고, 안산시, 시흥시 등의 경우에는 산업부문에서 온실가스 비중이 높은 지역이며 기존의 연구들에서 온실가스의 산정 시에 산업공정에서의 배출과 같은 중요한 배출원을 고려하지 못하는 실정이다. 본 연구에서는 이를 보완하기 위하여 연구 대상지역에 대해 상향식 평가기법을 이용하였다. 산업부문에서의 원료의 취득, 에너지의 소비, 제품의 생산, 폐기 및 재활용에 이르기까지 전 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 계량적으로 산정하는 연구를 진행하고자 하였다. 구체적으로 시화·반월 산업단지를 대상지역으로 하여 산업공정 부문에서의 온실가스의 배출량 산정방안에 대한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 본 연구에서는 98개의 기업을 샘플링 조사하여 산정된 온실가스배출량 자료를

기초로 하여 업체의 매출액을 적용하여 원단위배출량을 도출한 후 시화반월산업단지 전체로 확대하는 방법으로 단지 내의 배출량을 확대 산정하였다. 그 결과 산업 부문에서 시화산업단지에서는 1,797,305 ton CO₂/yr과 반월산업단지에서는 3,049,403 ton CO₂/yr으로 산정이 되었다.

(2) 기존의 연구와 비교분석해 볼 때 종업원수를 배출원단위의 기준으로 산업부문에서의 온실가스 산정량과 산업체의 매출액을 배출원단위로 온실가스의 배출량을 산정한 것이 보다 합리적인 결과를 보여주었다.

(3) 온실가스 저감방안의 하나로 시화·반월 산업단지의 총면적의 0.1%에 해당하는 50,000m²를 태양광 모듈로 설치할 경우 1.5MW 정도의 발전이 가능하고 전력통계에서 제시하는 온실가스 배출계수를 적용하여 산정할 때 연간 약 42,276 ton CO₂의 온실가스 감축이 되어 시화·반월산업단지의 산업부문에서의 온실가스배출량인 4,846,708 ton-CO₂/yr의 0.87%로 산정되었다.

(4) 고효율기기 보급, 고효율 펌프교체, 스마트밸브 도입, 구내배관 및 가압관로의 손실수두 최소화, 펌프 성능개선 등의 구체적인 방법을 통하여 에너지효율이 증가하여 구매전력 및 구매열 사용량이 10% 저감됐을 경우를 가정하면 산정된 온실가스 감축량은 년간 41.676t CO₂로 산업단지 전체 배출량의 0.86%에 해당되었다.

(5) 이상의 본 연구에서 제시한 산업 단지 내 태양광 발전 단지 조성 및 에너지 효율화 사업과 함께 수송부문에서의 바이오디젤의 적용, 지표면 녹지에 의한 에너지저감 방안 등의 다른 저감방안과 병행을 한다면 현재 국가에서 목표로 하는 2005년 대비 4% 감축을 위한 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 시흥환경기술개발센터의 2009년도 연구개발 사업비 지원 (과제번호: 09-1-40-41)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 과천시, 기후변화 대응 시범도시 조성을 위한 환경부-과천시 협약 체결 세부추진 계획, 2007.
2. 서울시정개발연구원, 서울시 온실가스 배출량 산정 및 변화 예측, 2006.
3. 영등포구, 온실가스 배출원 및 배출량 조사 연구, 2006.
4. 고재경, 경기도 시군자치체의 온실가스 배출특성 연구, 경기개발연구원, 2007.
5. 배우근, 안산시의 온실가스 배출원 및 배출량 조사 연구, 안산환경기술개발센터, 2007.
6. IPCC, 2006 IPCC guideline Vol. 2. Chapter 2, 2006.
7. 에너지관리공단, 기업온실가스 배출량산정 지침서, 2006.
8. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996.
9. 한국전력통계, 2007년 실적데이터, KEPCO, 2007.
10. American Petroleum Institute, API compendium of greenhouse gas emissions methodologies for the oil and gas industry, 2009.
11. 김동영, 경기도 온실가스 배출량 산정 시스템 개발, 경기개발연구원, 2008.