

## 군산2국가산업단지 온실가스 감축 중장기 로드맵 수립

박성순<sup>1,†</sup> · 임경연<sup>2</sup> · 박비오<sup>2</sup> · 양고수<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한곡산업단지공단 호남권EIP사업단, <sup>2</sup>전북대학교 환경공학과

## Establishment of a Road Map for Reducing GHGs from the Gunsan2 National Industrial Complex

Seong-soon Park<sup>1,†</sup>, Kyoung-Yeon Lim<sup>2</sup>, Bi-O Park<sup>2</sup>, and Go-Su Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Honam Regional EIP Project Division, Korea Industrial Complex Corp, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Environmental Engineering, Chonbuk University, Jeonju 561-756, Korea

Received September 2, 2013/Revised September 17, 2013/Accepted September 24, 2013

The road map to reduce green house gas in the mid and long term is required to improve international competitiveness and minimize economic loss by government regulations. Many companies in the Gunsan2 National Industrial Complex should enforce the target management system of energy and green house gas and strengthen its standard in the future according to low-carbon green growth acts. In this study, the reduction of green house gas emissions was investigated through the improvement of operation methods, facilities, heat recovery of exhaust, energy conversion, and heating reactor. If this green house gas reduction plan is applied to major companies in the Gunsan2 National Industrial Complex, a total of 68,942 tCO<sub>2</sub>eq can be reduced in 2015.

**Key words:** Road map, Gunsan2 National Industrial complex, Green house gas, tCO<sub>2</sub>eq

### 1. 서 론

군산2국가산업단지는 면적 15,921 천m<sup>2</sup>으로 총 152개의 업체가 입주해 있으며, 향후 204개 업체가 추가 입주예정으로 총 356개 업체가 가동 될 예정이다. 이들 중 다소비업종 중 기계제품제조업이 19개, 자동차부품제조업이 23개, 석유화학제품제조업이 7개 등의 다소비업종이 많이 입주하여 있어, 현재뿐만 아니라 향후에도 다량의 온실가스가 발생될 것으로 예상된다. 국내 온실가스 배출량의 50% 이상이 산업체에서 배출되므로, 산업체의 온실가스 저감을 위한 노력은 꼭 필요하다.<sup>1-3)</sup> 그러나 온실가스의 무리한 저감은 생산성 및 품질 저하로 산업경쟁력을 떨어뜨릴 수 있으므로, 자원의 재활용과 친환경 공정 도입 등에 의한 방법으로 온실가스의 배출량을 저감해야 한다. 이에, 본 연구에서는 군산

2국가산업단지 입주기업의 업종 및 온실가스 배출량 분석으로 지역 내 기후변화 대응 정책수립 시 기초자료로 활용하고자 저탄소 녹색성장 기본법에 따라 에너지온실가스 목표관리 시행 및 향후 기준강화가 계획에 따라 관리업체로 추가지정이 예상되므로, 경제적 부담발생 및 기술적 지원이 필요한 시점에서 산업 입주기업의 국제 경쟁력 향상 및 정부 규제에 의한 경제적 손실을 최소화하기 위한 중장기 온실가스 감축 로드맵을 제공하고자 한다.<sup>1-4)</sup>

### 2. 연구대상 및 내용

#### 2.1. 연구대상

군산2국가산업단지를 대상으로 이산화탄소 배출감소를 위해 기업별 원료 투입 배출, 입주기업의 업종 및 온실가

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

스 배출량 분석과 온실가스 감축 중장기 로드맵 수립에 의한 기후변화 대응 정책 수립하고자 한다. 향후 입주기업의 현황을 보면, 기계, 금속, 비금속 업종이 104개 업체로 57%로 가장 많은 부분을 차지하며, 다음이 자동차 24, 목재, 가구 10개 업체가 입주예정으로 Table 1, Fig. 1에 제시하였다.<sup>1)</sup>

이와 같은 입주 업체 중 에너지 다소비 업체는 비철 금속제품제조업, 플라스틱제품제조업, 화학제품제조업, 선박/기계제품제조업, 금속제품제조업으로 조사되었으며, 이와 같이 조사된 에너지 다소비 업종 중 현재 에너지(온실가스) 목표관리제 대상사업장을 제외한 주요 에너지 다소비 업체를 선정하여 로드맵 수립을 위한 대상 업체로 선정하였다. 선정된 대상 업체는 비철 금속 2개, 플라스틱 1개, 화학 1개, 선박/기계 1개, 금속 2개 업체로 총 7개 업체이다.<sup>1,4)</sup>

**2.2. 연구내용**

온실가스감축로드맵 수립을 위해 선정된 7개 업체에 대한 공정분석, 에너지 분석 등을 평가하여 향후 에너지 목표관리제 대상 추가 가능업체를 예측하였으며, 향

후 에너지 목표관리제 대상 사업체에 적용 가능한 온실가스 저감 방안을 평가하여 산업단지 주요 업종별 온실가스 감축 중장기 로드맵 제시하고자 한다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 주요 에너지 다소비업체에 대한 공정분석**

**3.1.1. 금속제조업 공정분석**

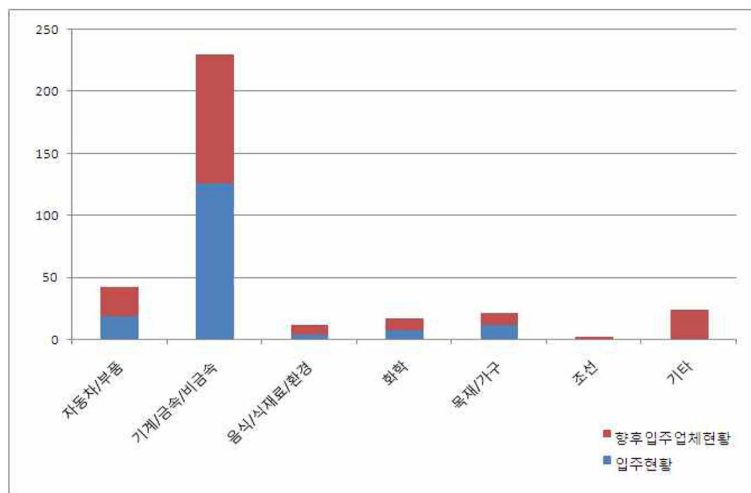
금속제조업 부문은 Fig. 2와 같이 제품 생산과정 중 탈사시설, 건조시설, 용해과정에서 주로 연료사용이 이루어지는 것으로 조사되었으며, 간접배출(전기사용), 고정연소 배출, 탈루배출, 기타 환경시설과 편의시설에서 온실가스가 배출되는 것을 보여주고 있다.<sup>5)</sup>

**3.1.2. 비철금속제조업 공정분석**

비철금속 제조공정 부문은 Fig. 3과 같이 온실가스 배출은 제련공정, 반사로에서 열처리를 위한 연소공정에서 이산화탄소가 배출되는 것으로 조사되었으며, 기타 비금속 및 광물제품 제조관련시설인 용융, 용해시설에서 열처리를 위하여 다량의 연료(에너지)가 사용되는

**Table 1.** Distribution by type of business in the Gunsan2 National Industrial Complex

Type	Auto-mobile/parts	Machinery/metal/non-metal	Chemical	Wooden/furniture	Ship building	Electricity/electron	Other	Future operated	Total
operated now	23	19	7	7	6	6	84	-	152
future operated	24	104	9	10	2	2	53	204	356



**Fig. 1.** Development of the companies in the Gunsan2 National Industrial Complex.

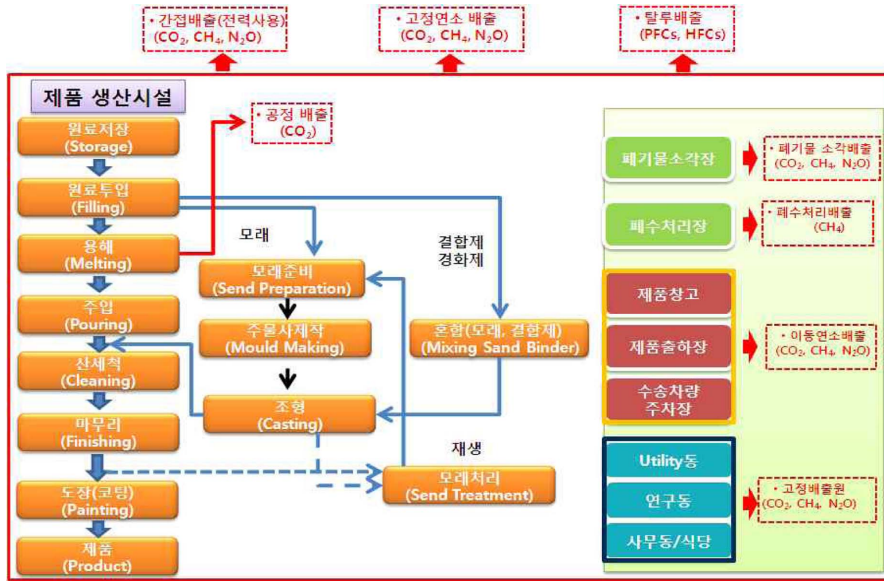


Fig. 2. The general flow chart of the metals manufacture.

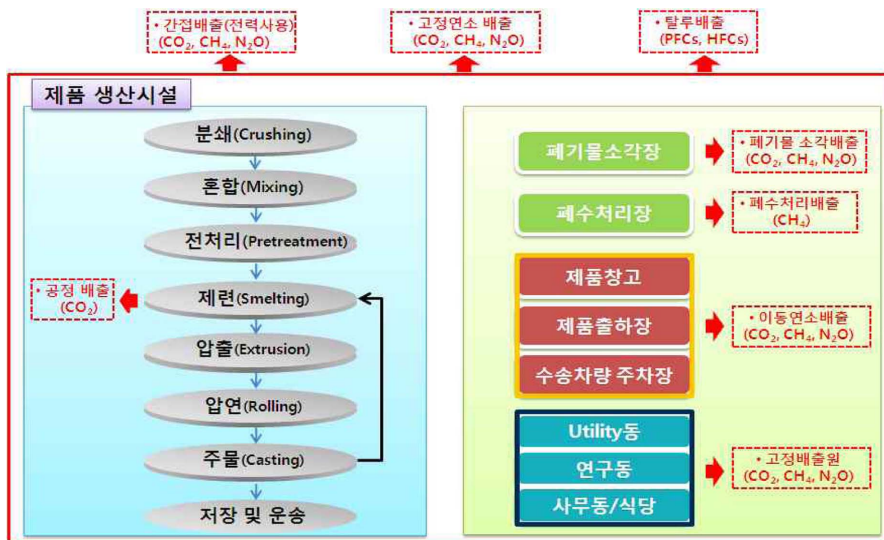


Fig. 3. The general flow chart of nonferrous metals manufacture.

것으로 조사되었다.<sup>6)</sup>

3.1.3. 화학제품제조업 공정분석

화학업종 부문은 Fig. 4와 같이 기타 유기화학제품 제조시설인 건조시설이 주요 에너지사용 시설로 조사되었으며, 전력사용으로 인한 간접배출과 고정연소배출, 탈루배출, 기타시설에서 온실가스가 배출되는 것을 보여주고 있다.<sup>7)</sup>

3.2. 온실가스 Inventory 구축 절차 및 온실가스 배출량 추계분석

군산2국가산업단지 주요 업체별 년도별 연료 및 전기 사용량, 원료 사용량, 생산품량에 근거하여 온실가스 배출원을 평가한 결과, 공정배출원은 없는 것으로 평가되었으며, 연료 및 전기 사용량에 근거하여 년도별 온실가스 배출량을 산출하였다. 단, 수송과 탈루배출부문에 대한 온실가스 배출량은 자료의 부족으로 본 연구에서



Fig. 4. The general flow chart of chemical goods manufacture.

는 제외하였다.

인벤토리 구축 절차는 진행 단계에 따라 총 3가지로 분류할 수 있으며, 세부적인 절차는 총 11단계로 분류할

수 있다. 본 연구에서는 사업체별 배출원 목록 작성, 배출량 방법론 설정, 배출량 산정에 중점적으로 연구를 수행하였다.

Table 2. GHG emission by year of the main companies in the Gunsan2 National Industrial Complex

Company	Year	Fuel	Unit	Usage	kg CO <sub>2</sub>	kg CH <sub>4</sub>	kg N <sub>2</sub> O	tonCO <sub>2</sub> eq
A company	2007	LNG	1,000 m <sup>3</sup>	859.51	2,623,081	47	5	2,626
	2008	LNG	1,000 m <sup>3</sup>	1,825,370	5,570,737	99	10	5,576
	2009	LNG	1,000 m <sup>3</sup>	1,876.61	5,727,098	10	10	5,732
	2010	LNG	1,000 m <sup>3</sup>	1,906	5,816,807	104	10	5,822
		B-C oil (0.3%)	kl	2,561	8,127,077	315	63	8,153
B company	2008	refinery oil	kl	391.33	1,147,365	470	63	1,177
	2009	LNG	1,000 m <sup>3</sup>	2,351.22	5,276,124	94	9	5,281
		refinery oil	kl	3,824.88	11,214,536	4,590	612	11,501
		LNG	1,000 m <sup>3</sup>	72.44	162,558	3	0.3	163
	2010	LNG	1,000 m <sup>3</sup>	1,854.13	4,160,659	74	7	4,165
C company	2009	electricity	kWh	61,203	28704.21	0	0	29
	2010	electricity	kWh	72,173	33849.14	0	0	34
D company	2010	electricity	kWh	1,333,248	625293.3	0	0	625
E company	2009	LPG	ton	61.11	123,393	2	0	123
	2010	LPG	ton	25,500	51,489,600	816	82	51,532
F company	2008	electricity	kWh	486.9	228.3561			0.2
	2009	electricity	kWh	1,276	598.444			0.6
	2010	LNG	1,000 m <sup>3</sup>	22.67	50873.72	0.90684	0.090684	51
G company	2009	LPG	tpm	44.7	90258.24	1.4304	0.14304	90

**Table 3.** Predict the GHG emission of the main companie in the future (Unit: t CO<sub>2</sub>)

구분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Designation criteria of target management system		-	-	-	-	25000	20000	20000	15000	15000
A company	Annual	2,626	5,576	5,732	13,975	15,849	19,127	22,406	25,684	28,962
	Average of 3 years	2,626	4,101	4,645	8,42	11,852	16,317	19,127	22,406	25,684
B company	Annual	-	6,458	11,663	32,013	41,160	53,218	65,275	77,333	89,390
	Average of 3 years	-	6,458	9,060	16,711	28,279	42,130	53,218	65,275	77,333
E company	Annual	-	-	126 <sup>d)</sup>	51,532 <sup>e)</sup>	51,532	51,532	51,532	51,532	51,532
	Average of 3 years	-	-	126	25,829	34,397	51,532	51,532	51,532	51,532
D company	Annual	-	-	-	625	625	625	625	625	625
	Average of 3 years	-	-	-	625	625	625	625	625	625
F company	Annual	-	0	2	51	68	93	119	144	169
	Average of 3 years	-	0	1	18	40	71	93	119	144
C company	Annual	-	-	29	34	38	42	47	52	56
	Average of 3 years	-	-	29	31	33	38	42	47	52

**Table 4.** GHG emission reductions by year according to energy change

Division	Existing energy			Energy conversion		
	LNG	B-C oil	total	LNG	전기	
2011	Fuel usage	1,753,000 m <sup>3</sup>	2,904 kl	-	4,351,000 m <sup>3</sup>	23,667 Mwh
	GHG emission	6,603 tCO <sub>2</sub>	9,246 tCO <sub>2</sub>	15,849 tCO <sub>2</sub>	13,289 tCO <sub>2</sub>	11,100 tCO <sub>2</sub>
	GHG reduction	-	-	-	2,560 tCO <sub>2</sub>	4,749 tCO <sub>2</sub>
2012	Fuel usage	2,162,000 m <sup>3</sup>	2,904 kl	-	5,250,000 m <sup>3</sup>	28,562 Mwh
	GHG emission	7,969 tCO <sub>2</sub>	11,159 tCO <sub>2</sub>	19,128 tCO <sub>2</sub>	16,038 tCO <sub>2</sub>	13,396 tCO <sub>2</sub>
	GHG reduction	-	-	-	3,090 tCO <sub>2</sub>	5,732 tCO <sub>2</sub>
2013	Fuel usage	3,056,000 m <sup>3</sup>	4,106 kl	-	6,150,000 m <sup>3</sup>	33,457 Mwh
	GHG emission	9,334 tCO <sub>2</sub>	13,071 tCO <sub>2</sub>	22,405 tCO <sub>2</sub>	18,787 tCO <sub>2</sub>	15,691 tCO <sub>2</sub>
	GHG reduction	-	-	-	3,618 tCO <sub>2</sub>	6,714 tCO <sub>2</sub>
2014	Fuel usage	3,503,000 m <sup>3</sup>	4,707 kl	-	7,050,000 m <sup>3</sup>	38,352 Mwh
	GHG emission	10,700 tCO <sub>2</sub>	14,984 tCO <sub>2</sub>	25,684 tCO <sub>2</sub>	21,536 tCO <sub>2</sub>	17,987 tCO <sub>2</sub>
	GHG reduction	-	-	-	4,148 tCO <sub>2</sub>	7,697 tCO <sub>2</sub>
2015	Fuel usage	3,940,000 m <sup>3</sup>	5,307 kl	-	7,950,000 m <sup>3</sup>	43,248 Mwh
	GHG emission	12,066 tCO <sub>2</sub>	16,896 tCO <sub>2</sub>	28,962 tCO <sub>2</sub>	24,284 tCO <sub>2</sub>	20,283 tCO <sub>2</sub>
	GHG reduction	-	-	-	4,678 tCO <sub>2</sub>	8,679 tCO <sub>2</sub>

인벤토리 구축 절차에 의하여 산정된 업체별 년도별 온실가스 배출량은 Table 2와 같다. 2010년까지 산정된 온실가스 배출량에 근거한 추세분석에 의하여 향후 에너지 목표관리제 대상 추가가능업체를 예측하였다. 목표관리제 지정기준이 최근 3년간의 에너지 또는 온실가스 배출량에 근거하므로 본 연구에서도 2015년까지의 년도별 업체별 배출량을 산정 후 산정결과를 근거로 기준년도를 포함한 3년간 평균 배출량 산출하였다.

Table 3과 같이 향후 목표관리제 추가대상업체는 3개 업체로 예측되었다.

### 3.3. 에너지 다소비업체에 대한 중장기 로드맵

향후 에너지목표관리제 대상업체(3개사)별 온실가스 감축방법별 온실가스 감축량, 투자비용 등을 비교 및 평가하여 년도별 최적의 감축방법을 선정하여 3개 업체에 대한 온실가스 감축 중장기 로드맵을 제시하였다. 이 중

**Table 5.** GHG emission reductions by year according to process improvement

Division	Existing	energy conversion (B-C oil → LNG)	Improvement of operation	Improvement of facilities	Heat recovery of exhaust	Heating reactor	Improvement of Heat treatment
Reduction ratio	0 %	16%	15 %	8 %	3.7 %	3%	0.3%
2011 Energy usage(TJ)	237	199	169	156	150	145	145
GHG emission(tCO <sub>2</sub> eq)	15,849	13,313	11,316	10,411	10,206	9,725	9,696
GHG reduction(tCO <sub>2</sub> eq)	-	2,536	1,997	905	385	301	29
2012 Energy usage(TJ)	286	240	204	188	181	175	175
GHG emission(tCO <sub>2</sub> eq)	19,128	16,068	13,657	12,565	12,100	11,737	11,702
GHG reduction(tCO <sub>2</sub> eq)	-	3,060	2,410	1,093	465	363	35
2013 Energy usage(TJ)	335	281	239	220	212	206	205
GHG emission(tCO <sub>2</sub> eq)	22,405	18,820	15,997	14,717	14,173	13,748	13,706
GHG reduction(tCO <sub>2</sub> eq)	-	3,585	2,823	1,280	545	425	41
2014 Energy usage(TJ)	384	323	274	252	243	236	235
GHG emission(tCO <sub>2</sub> eq)	25,684	21,575	18,338	16,871	16,247	15,760	15,712
GHG reduction(tCO <sub>2</sub> eq)	-	4,109	3,236	1,467	624	487	47
2015 Energy usage(TJ)	432	363	308	284	273	265	264
GHG emission(tCO <sub>2</sub> eq)	28,962	24,328	20,679	19,025	18,321	17,771	17,718
GHG reduction(tCO <sub>2</sub> eq)	-	4,634	3,649	1,654	704	550	53

**Table 6.** The goal to reduce GHG by year of the main companies in the Gunsan2 National Industrial Complex (Unit: tCO<sub>2</sub>eq)

Division	Energy conversion (B-C oil → LNG)	Improvement of operation	Improvement of facilities	Condensate	Recovery of process waste heat	Heat recovery of exhaust	Heating reactor	Improvement of Heat treatment	Heat insulation	Total
2012	12,149	7,833	-	-	-	-	-	-	0	19,982
2013	15,331	21,161	3,496	997	-	-	-	-	0	40,985
2014	21,168	23,492	10,484	997	551	2,973	-	-	0	59,665
2015	24,351	25,822	11,525	997	551	3,416	1,937	188	155	68,942

1개 업체에 대한 온실가스 감축 중장기 로드맵을 3.3.1 절에 제시하였다.

**3.3.1. 군산2산업단지 A사의 온실가스 저감방안 및 효과**

군산2산업단지 내 A사가 기존 B-C유를 LNG와 전기로 전환했을 때의 에너지전환에 의한 온실가스 저감을 Table 4와 같이 2015년 배출량 대비 4,678 tCO<sub>2</sub>eq를 저감할 수 있으며, 전기로 전환했을 경우에는 8,679 tCO<sub>2</sub>eq를 저감할 수 있을 것으로 예측되었으며,

군산2산업단지 내 A사의 요인별 공정개선에 의한 온실가스 저감 가능한 량을 산출한 것으로 Table 5와 같이 2015년까지 년도별 온실가스 저감량은 에너지전환에

의한 저감효율이 가장 높으며, 그 외 설비개선, 배기가스 열회수, 공정여열회수 순으로 예측되었다.

**3.3.2. 군산2산업단지 주요업체(향후 목표관리제 대상 가능업체)의 온실가스 저감효과**

군산2산업단지내 3개 업체에 대한 저감 방법별 년도별 온실가스 저감효과는 Table 6과 같다. 에너지(온실가스)목표관리제 향후 대상업체(3개 업체의 저감량 합)에 대한 온실가스 저감방안 적용시 2015년 총 68,942 tCO<sub>2</sub>eq의 온실가스를 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

**3.3.3. 년도별 총괄 중장기 온실가스 로드맵 B-C유를 LNG와 전기로 전환했을때의 온실가스 저**

Table 7. The road map to reduce GHG by year

year	2012	2013	2014	2015
Improvement of operation	23%	27%	31%	35%
Improvement of facilities	0%	40%	45%	51%
Heat recovery of exhaust	0%	45%	51%	58%
Energy conversion (B-C oil → LNG)	0%	0%	85%	95%
Heating reactor	0%	0%	0%	100%
Improvement of Heat treatment	0%	0%	0%	100%

감효과를 제시한 연료전환 및 공정개선 등의 온실가스 저감방안을 3.3.2에서 제시된 방법에 따라 적용했을 경우의 년도별 온실가스 저감 로드맵은 Table 7과 같다. 산단내 주요업체에 대한 운전방법개선은 2012년, 설비개선, 배기가스열회수는 2013년, 화석연료간 대체는 2014년도에 적용하는 온실가스 저감 로드맵으로 제시하였다.

#### 4. 결 론

군산2국가산업단지의 기후변화대응 정책 수립시 기초자료로 활용하고자 산단 입주기업의 업종 및 온실가스 배출량 분석과 온실가스 감축 중장기 로드맵을 제시하였다.

군산2국가산업단지는 152개 업체가 입주하여 가동 중이며, 주요 업종으로는 다소비업종 중 기계제품제조업이 19개, 자동차부품 제조업이 23개, 석유화학제품제조업이 7개 등의 다소비업종이 많이 입주해 있으며, 향후 204개 업체가 입주 예정으로 조사되었으며, 주요 업종으로는 기계, 금속비금속, 자동차부품, 석유화학제품 등으로 조사되었다.

군산2국가산업단지 내 주요 업종별 온실가스 배출공정 분석결과, 금속제조업은 제품 생산과정 중 탈사시설, 건조시설, 용해과정에서 주로 연료사용이 이루어지는 것으로 조사되었으며, 비철금속제품제조업은 제련공정, 반사로, 열처리를 위한 연소공정, 화학제품제조업은 유무기화학제품 제조시설인 건조시설이 주요 에너지사용 시설로 조사되었다.

주요 온실가스 배출업체를 대상으로 에너지 사용량, 원료사용량, 생산품, 주요공정을 조사한 결과, 3개 업체가 향후 에너지(온실가스)목표관리제 대상 기능업체로 조사되었으며, 온실가스 감축수단 적용 시 2015년(2015년 예상 에너지 사용량은 2,490 TJ, 온실가스 배출량은 169,884 tCO<sub>2</sub>eq 예측) 총 68,942 tCO<sub>2</sub>eq의 온실가스

를 감축할 수 있을 것으로 예측되었다.

군산2국가산업단지 내 주요업체에 대한 저감 방법별 온실가스 저감효과 평가결과, 운전방법개선, 설비개선, 배기가스 열회수, 에너지전환, 가열설비, 열처리개선을 통한 온실가스저감이 경제적이면서 기술적 측면에서 효과적인 것으로 조사되었으며, 에너지다소비업체의 공정개선, 기업 간 공생적 네트워크를 형성함으로써 자원순환의 극대화를 통한 미활용 및 재생에너지 네트워크 구축(생태산업단지구축)을 통하여 경제적 이득과 온실가스 저감 방안을 제시하였다.

#### 감사의 글

이 논문은 산업자원통상부에서 시행한 한국산업단지공단 생태산업단지구축사업 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 산업자원통상부 한국산업단지공단 EIP사업단 홈페이지 (<http://www.eip.or.kr>).
2. 온실가스에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침, 「저탄소 녹색성장 기본법」 2011, 환경부 고시.
3. 온실가스배출량, 2011, 국립환경과학원.
4. 에너지목표관리제, 에너지관리공단홈페이지(<http://www.kemco.or.kr>), 에너지관리공단.
5. 철강업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인, 에너지관리공단, 2009
6. 비철금속업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인, 에너지관리공단, 2009
7. 석유화학업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인, 에너지관리공단, 2009
8. 저탄소자원순환형 사회구축을 위한 환경정책, 2009, 한국환경정책평가연구원.
9. 박성순, 강공언, 박비오, 익산산업단지 온실가스 감축 중장기 로드맵 수립, 2012, 한국환경분석학회지, 15(1), 55-60.

10. Ernest A. Lowe, John L. Warren, Stephen R. Moran, An Executive Briefing and Sourcebook, **1997**.
11. Branden R. Allenby, Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation, **1999**.
12. Dominique Bourg and Suren Erkman, Perspectives on Industrial Ecology, **2003**.
13. T. E. Graedel, and B. R. Allenby, Industrial Ecology and Sustainable Engineering, **2010**.
14. Michael F. Ashby, Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice, **2009**.