

울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동 분석 : 자발적 협약의 역할과 산업체의 특성 차이를 중심으로

An Analysis of Industrial Coping Activities for Reduction of the Greenhouse Gas in the Ulsan Region: Focusing on the Impact of a Voluntary Agreement and Discrepancy in Industrial Characteristics

김재홍

Kim Jaehong

울산대학교 사회과학부 교수

Professor, School of Social Sciences, Univ. of Ulsan
(jhkim@ulsan.ac.kr)

목 차

- I. 서론
- II. 울산지역의 온실가스 배출 현황
 - 1. 지역별 온실가스 배출현황 비교
 - 2. 울산지역 산업체의 업종별·에너지원별 CO₂ 배출량 비교분석
- III. 온실가스 감축 대응활동의 결정요인 분석
 - 1. 분석자료
 - 2. 분석모형
 - 3. 추정결과 및 해석
- IV. 결론 및 정책적 시사점

※ 본 연구는 2010년 울산대학교 교비연구비의 지원으로 수행되었으며, 한국지방정부학회 2010 하계학술대회에서 발표된 초고를 수정·보완한 것임.

I. 서론

지구온난화 문제는 범지구적 관심사가 되었으며, 이의 해결을 위한 온실가스 감축은 어느 한 나라 또는 어느 한 지역의 노력만으로는 해결될 수 있는 것이 아니다. 1997년 12월 교토의정서 채택 이후 2010년 12월 칸쿤 당사국 총회에 이르기까지 온실가스 감축 수준에 대한 국제적 협약을 통하여 온실가스 감축 압력이 증대되면서 각국은 직접규제, 경제적 유인 제공, 자발적 협약 유도 등 자국의 실정에 적합한 온실가스 감축 노력을 전개해 나가고 있다. 1990년대 초반 이후 핀란드 등 북구의 OECD 주요 선진국에서는 이미 온실가스 감축을 위하여 탄소세를 도입하고 에너지 관련 세제를 강화하는 등 시장에 기반을 둔 정책수단을 적극적으로 도입·활용하고 있으며, 그 외의 유럽 각국에서도 에너지 소비억제 및 온실가스 감축을 위해 탄소세 등의 환경친화적 세제 개편과 배출권거래제 도입, 그리고 자동차 및 에너지 관련 규제를 강화하고 있다(Goers et al. 2010; Proost & Van Regemotor. 2003; Stern. 2007). 교토의정서를 비준하지 않은 미국도 환경보호청(EPA: Environmental Protection Agency)의 다양한 자발적 협약제도를 활용한 에너지 저감정책과 더불어 2009년 6월 총량제한(cap-and-Trade) 방식의 배출권거래제 도입을 골자로 하는 포괄적 기후변화법안의 하원 통과와 자동차 관련 규제의 대폭 강화를 통하여 온실가스 감축에 대비하고 있다(이달희 외. 2009; 한기주 외. 2008).

우리나라는 OECD 국가임에도 교토의정서에서는 Non-Annex I 국가에 속해 1차 이행 기간(2008~2012년) 중에는 감축의무를 부담하지 않아도 되지만, 제2차 이행 기간(2013~2017년)에는 감축의무 대상국으로 지정될 가능성이 높다. 이에 따라 우리나라도 기후변화 문제에 대응하기 위하여 1999년 이후 3차에 걸쳐 '기후변화대응종합계획'을 수립·추진하였고,

2009년 '저탄소 녹색성장기본법'을 제정하여 탄소세, 총량제한 배출권 거래제 도입 및 대통령 직속 녹색성장위원회 설치 근거를 마련하는 등 온실가스 감축을 위한 자체노력을 추진하고 있으며, 2009년 11월에는 우리나라의 2020년 온실가스 저감목표를 2005년 기준 BAU 대비 30% 감축으로 천명하였다(이달희 외. 2009; 대통령실. 2009). 그리고 2010년 4월에는 온실가스·에너지 목표관리제 시행을 결정하고 동년 9월에는 온실가스 125천TCO₂, 에너지 500테라줄 이상의 회사와 온실가스 25천TCO₂, 에너지 100테라줄 이상의 사업장을 대상으로 410여 개의 관리업체가 지정되었고, 2011년 이후부터는 강화된 기준으로 관리업체가 지정되며 실질적인 평가와 개선명령은 2012년부터 시행된다(에너지관리공단. 2010). 이와 더불어 2010년 11월에는 2013년부터 배출권거래제를 도입하고자 하는 「온실가스 배출권 거래제도에 관한 법률(안)」을 입법예고하였다(최준영. 2011).

우리나라가 의무감축국이 될 경우 온실가스를 다량 배출하는 업종 및 에너지 다소비 업종이 상대적으로 큰 영향을 받게 될 것이며, 더욱이 우리나라의 높은 에너지 수입의존도, 무역의존도, 온실가스 한계저감비용 등을 감안할 때 온실가스 감축 의무부담은 우리나라 경제성장에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다(한기주 외. 2008).

지식경제부·에너지관리공단(2009)에서 발표한 2007년도 기준 5인 이상 사업장 모두를 포함한 제조업 부문의 시도별 CO₂ 배출량 자료를 살펴보면, 울산지역 이산화탄소 배출량은 31,863.1천TCO₂로 전국의 14.6%를 차지하고 있으며, 2005년 대비 2007년의 배출량은 12.3% 증가하여 동 기간 중 전국의 7.2% 증가보다 훨씬 높은 증가율을 보이고 있다. 이에 따라 울산광역시에는 제주, 부산, 광주에 이어 4번째로 2008년 4월 18일 환경부와 기후변화대응 시범도시 조성을 위한 협력 협약을 체결하였으며, 이 협

약에서는 2012년까지 온실가스 배출량을 2005년 수준으로 동결(BAU 대비 24.5% 저감)한다는 적극적 저감목표를 제시하고 있다(허영도 외, 2008). 울산지역 산업체의 경우 1999년부터 2009년까지 143개 업체의 158개 사업장이 울산광역시와 ‘에너지 절약 자발적 협약(VA)’에 참여하고 있으며, 일부 대기업에서는 CDM 등 다양한 온실가스 저감 및 기후변화협약에 적극적인 대응을 하고 있다. 그러나 대부분의 사업체는 기후변화협약에 대한 대응이 미약한 수준인 것으로 조사되고 있어서 온실가스 감축에 대한 사전대비가 없을 경우 향후 막대한 온실가스 감축 비용이 수반될 것이므로 울산지역 경제와 산업에 미치는 영향이 클 것으로 판단된다(이달희 외, 2009; 허영도 외, 2008). 그러므로 울산지역 산업체의 온실가스 배출 현황과 온실가스 감축을 위한 대응현황 및 문제점을 면밀히 조사·분석하여 울산지역 산업체의 온실가스 감축을 위한 대응 방안과 정책적 지원 방안을 강구할 필요가 있다.

본 연구에서는 울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동에 대한 에너지 절약 자발적 협약(향후 자발적 협약으로 기술함)의 역할과 산업체의 특성 차이를 분석한다. 전술한 것처럼 우리나라에서는 2012년부터 자발적 협약보다 높은 수준의 온실가스·에너지 목표관리제가 실질적으로 시행되지만 강제적 규제정책이 도입되기 이전에 실시된 자발적 협약이 사업체의 온실가스 감축 대응활동에 미친 영향을 평가·분석하는 것도 중요한 의의를 가진다고 판단된다. 특히 목표관리제의 관리대상에서 제외되는 중소기업의 경우 온실가스 감축은 자발적 협약 형태로

추진된다는 점에서 자발적 협약 참여기업의 특성과 온실가스 감축 대응활동에의 역할을 분석할 필요가 있다.¹⁾ 이에 따라 본 연구에서는 2009년 11월에 울산지역환경기술개발센터에서 울산지역의 250개 업체를 대상으로 실시한 ‘온실가스 저감을 위한 산업체의 대응전략에 관한 설문조사’ 자료를 토대로 표본선택 처치모형(sample selection treatment effect model)을 적용하여 자발적 협약의 역할과 산업체의 특성 차이를 계량적으로 분석한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 울산지역의 온실가스 배출현황을 분석하며, III장에서는 울산지역 산업체의 온실가스 감축을 위한 대응활동에 미치는 자발적 협약의 역할과 산업별 차이를 계량적으로 분석하기 위하여 사용하는 분석 자료, 표본선택 처치모형 등 계량적 분석 틀을 기술하고 모형의 추정결과를 분석한다. 마지막으로 IV장에서는 연구의 결과를 요약하고 정책적 시사점을 제시한다.

II. 울산지역의 온실가스 배출 현황

1. 지역별 온실가스 배출현황 비교

<표 1>에서 보는 것처럼 우리나라 온실가스 총배출량의 51.4%(산업부문 에너지연소 40.5%, 산업공정 10.9%)가 산업부문에서 발생하고 있으며, 에너지 다소비 업종이 집중되어 있는 전남, 경북, 울산 3개 시도에서 산업부문의 배출량의 50.1%가 발생되고 있다.²⁾ 그러므로 우리나라의 경우 지역적으로 산업부문 온실가스 배출량이 큰 전남, 경북, 울산이 온실가스 감축

1) 우리나라는 자발적 협약에 관한 학술적 연구가 전무한 실정이며, 시장 유인책 중심의 환경정책을 시행해온 미국 또한 자발적 협약이 온실가스 저감에 미친 영향에 대한 많은 분석은 찾아 볼 수 없으나 자발적 협약 참여의 결정요인과 오염물질 배출 저감에 미친 영향에 대한 연구로는 Anton et al.(2004), Brouhle et al.(2009), Videras & Alberini(2000), Welch et al.(2000) 등이 있음.

2) 우리나라의 시도별 온실가스 총배출량 자료는 2009년 2월 지식경제부에서 발표한 2006년 기준의 자료가 있지만 영국규격협회(BSI)가 IPCC에서 제시한 온실가스 배출량 산정 가이드라인에 따라 2005년 기준으로 산정하여 2009년 8월에 발표한 자료는 지식경제부 자료와 차이가 있어서 본 연구에서는 2005년 기준의 BSI 자료를 <표 1>에 제시하였음.

표 1_16개 광역시도별 온실가스 총배출량 현황

(단위: 천tCO₂, 2005년 기준)

구분	인구 (천명)	에너지원소					산업 공정	농업	폐기물	합계	1인당 배출량 (tCO ₂ /인)
		산업	수송	가정상업	공공기타	탈루					
서울	9,820	2,800	12,139	31,153	2,266	580	1,449	9	1,227	51,623	5.26
부산	3,524	5,459	8,605	8,497	698	279	444	47	608	24,637	6.99
대구	2,465	4,722	3,560	6,446	549	183	306	120	471	16,357	6.64
인천	2,531	9,211	7,755	6,490	606	289	608	171	876	26,006	10.27
광주	1,418	1,540	2,043	3,490	293	88	389	72	202	8,117	5.72
대전	1,443	1,430	2,194	4,232	517	100	185	42	220	8,920	6.18
울산	1,049	26,893 (49.2%)	6,929	2,973	1,857	464	14,840 (27.1%)	137	576	54,669	52.12
경기	10,415	26,064	21,684	31,257	3,246	987	9,730	2,121	1,854	96,943	9.31
강원	1,465	11,771 (30.0%)	3,513	5,398	838	258	15,951 (40.6%)	1,067	464	39,260	26.80
충북	1,460	10,937	3,762	5,052	485	243	8,574	1,125	722	30,900	21.16
충남	1,889	17,952	5,278	5,803	707	357	1,590	2,203	1,468	35,358	18.72
전북	1,784	7,627	3,737	4,803	593	201	617	1,687	596	19,861	11.13
전남	1,820	59,249 (75.4%)	4,895	4,620	638	833	4,034 (5.1%)	2,518	1,840	78,627	43.20
경북	2,608	43,456 (63.0%)	6,032	7,632	1,226	700	4,804 (7.0%)	2,794	2,318	68,962	26.44
경남	3,056	10,975	6,392	7,652	831	310	1,243	1,630	1,374	30,407	9.95
제주	532	827	960	1,296	173	39	66	356	85	3,802	7.15
전국	47,279	240,912 (40.5%)	99,477	136,792	15,524	5,912	64,829 (10.9%)	16,100	14,900	594,446 (100%)	12.57

자료: 영국규격협회(BSI). 2009. BSI 보도자료(광역 시도별 온실가스 배출량 산출); blog.naver.com/grinman1/150067349227.

의무부담의 영향을 크게 받을 것으로 판단된다. 산업 부문 온실가스 배출량의 시도별 순위는 전남, 경북, 울산의 순이지만 전남과 경북의 경우 철강제조업체인 POSCO 광양공장과 포항공장의 배출량을 제외하면 산업부문 배출량이 가장 높은 지역은 울산이 된다.

2. 울산지역 산업체의 업종별·에너지원별 CO₂ 배출량 비교분석

<표 2>에서 보는 것처럼 전국의 산업별 CO₂ 배출량은 제1차 금속산업이 34.1%로 가장 많은 비중을 차지하고 있고, 화학제품 15.3%, 석유제품 13.6%, 비금속광물 제품 9.7%등의 순으로 나타났으며, 에

너지원별 CO₂ 배출량의 경우 석유제품 및 화학제품 업종은 석유류 소비에 의한 CO₂ 배출이 집중되어 있고, 비금속광물제품과 제1차 금속산업 업종에서는 석탄 소비, 그 외 업종에서는 전력소비에 의한 CO₂ 배출이 많은 것으로 나타나고 있다.

그러나 울산지역의 업종별 CO₂ 배출량은 석유제품 업종이 52.0%로 가장 많고 다음으로 화학 및 고무제품 업종이 28.6%를 차지하고 있어서 이 두 업종만 합쳐도 전체의 80.6%(전국의 경우 31.5%)를 차지하고 있으며, 전국에서 가장 높은 배출량을 보이는 1차금속제품 업종은 8.7%에 불과한 것으로 나타나고 있다. 울산지역의 업종별로 에너지원별 CO₂ 배출량을 살펴보면, 석유제품 업종은 석유류 소비에

표 2_4대 온실가스 집약적 제조업 부문의 산업별·에너지원별 CO₂ 배출량(2007년 기준)

(단위: 천TCO₂, %)

구분		합계		석탄류		석유류		도시가스		전력	
			%		%		%		%		%
전국	제조업 전체	224,455.5	100.0	70,471.8	100.0	63,667.4	100.0	11,987.4	100.0	78,328.9	100.0
	석유제품	30,529.2	13.6	0.0	0.0	28,253.7	44.4	4.9	0.0	2,270.6	2.9
	화학 및 고무제품	40,011.6	17.9	828.4	1.2	22,044.9	34.6	1625.6	13.6	15,512.6	19.8
	비금속광물제품	21,849.3	9.7	12,300.5	17.5	3,770.5	5.9	790.6	6.6	4,987.8	6.4
	제1차 금속산업	76,586.9	34.1	56,428.9	80.1	1,948.2	3.1	4,236.4	35.3	13,973.4	17.8
	기타	55,478.5	24.7	913.9	1.3	7,650.2	12.0	5,329.8	44.5	41,564.5	53.1
울산	제조업 전체	31,915.9	100.0	1,396.3	100.0	21,004.9	100.0	1,330.0	100.0	8,184.6	100.0
	석유제품	16,603.9	52.0	0.0	0.0	15,186.1	72.3	0.7	0.1	1,417.2	17.3
	화학 및 고무제품	9,128.2	28.6	370.9	26.6	5,012.0	23.9	569.6	42.8	3,175.8	38.8
	비금속광물제품	179.5	0.6	47.6	3.4	54.9	0.3	33.9	2.5	43.0	0.5
	제1차 금속제품	2,767.0	8.7	971.5	69.6	194.5	0.9	149.0	11.2	1,452.0	17.7
	기타	3,237.3	10.1	6.3	0.5	557.3	2.6	576.8	43.4	2,096.6	25.6

주: 1) 수송용 에너지에 의한 CO₂ 배출량 제외

2) 1인 이상 사업장 모두 포함

자료: 지식경제부·에너지관리공단(2009), 2008년 국가온실가스배출량분석보고서-산업부문(광업·제조업).

의한 CO₂ 배출이 집중되어 있어서 전체의 72.3%나 차지하고 있고, 1차금속 업종은 주로 석탄소비(69.6%), 화학 및 고무제품 업종은 도시가스(42.8%) 및 전력소비(38.8%)에 의한 CO₂ 배출이 많은 것으로 나타나고 있다.

울산과 전국 제조업의 4대 온실가스 집약적 산업별·에너지원별 CO₂ 배출량을 비교하면 울산의 산업구조와 업종별 CO₂ 배출량이 전국과 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 특히 4대 온실가스 집약적 산업의 경우에도 세부산업분류상으로 매우 상이한 업종이 포함되어 있기 때문에 이들 산업군 내에서도 화석연료 소비와 온실가스 배출에 있어서 산업분류의 범위에 따라 업종별 차이가 있음을 고려해야 할 필요가 있다. 이러한 현상은 비단 울산뿐만 아니라 포항과 광양 등의 철강산업(1차금속), 여천과 대산 등의 석유정제산

업, 강원도와 충북의 시멘트산업 등에도 동일하게 나타난다.)³⁾ 그러므로 이러한 지역별 산업구조의 차이는 향후 온실가스 배출저감 할당량을 설정하거나, 탄소세 또는 총량제한 배출권거래제를 도입할 경우 산업별 업종별 지역별 형평성과 지역경제 및 국가경제의 파급효과를 고려해야 함을 시사한다.

III. 온실가스 감축을 위한 산업체의 대응활동 결정요인 분석

1. 분석 자료

1) 자료의 개요

본 연구에서는 온실가스 감축을 위한 울산지역 산업

3) 화학제품 및 고무플라스틱 산업의 경우 기초 및 기타화학과 화학섬유 및 고무플라스틱은 매우 상이한 화석연료 소비구조를 가지고 있으며, 비금속광물의 경우에도 시멘트제조와 유리 및 도기 등은 매우 다른 에너지 소비구조를 보이고 있음.

체의 대응현황을 파악하고 이러한 대응활동의 결정 요인을 분석하기 위하여 2009년 11월에 울산지역환경기술개발센터에서 울산지역의 250개 업체를 대상으로 실시한 ‘온실가스 저감을 위한 산업체의 대응 전략에 관한 설문조사’ 자료를 사용한다. 본 연구에서 사용하는 설문조사 자료는 울산지역의 전략산업(자동차, 조선, 정밀화학, 환경) 관련 업체(150개 표본 업체)와 에너지 다소비업체인 1~3종 대기배출사업장(175개 업체 중 100개 업체 표본)을 대상으로 2009년 11월 23일부터 12월 15일까지 약 3주 동안 전문조사업체에서 각 업체 관련자와 1:1 면담을 통하여 수집되었다.

총 250개 설문대상 업체 중 230개 업체가 응답하여 회수율은 92%이며, 이 중 울산광역시와 에너지 절약 자발적 협약을 체결한 143개 업체 중 54개 업체가 포함되어 있어서 총응답업체 표본은 자발적 협약업체 54개(23.5%)와 비협약업체 176개(76.5%)를 포함하고 있다. 그러나 설문에 응답한 230개 업체

중 일반 사업체와는 다른 성격인 사업체의 부속시설(예: 사업체의 부설소각장)이거나 공동주택단지의 관리시설인 6개 표본은 분석에서 제외하여 분석에 사용된 최종 표본은 224개 업체(자발적 협약업체 53개, 비협약업체 171개)다.

설문의 내용은 기업의 일반적 특성(업지, 매출액, 영업이익, 종업원 수, 업종, 자발적 협약 등), 정부의 온실가스 감축목표에 대한 의견(감축 당위성, 국가 온실가스 저감목표 달성도, 업체별 저감목표 및 달성도), 업체별 온실가스 감축 대응활동(16개 활동 제시), 에너지 사용현황, 배출규제 대응전략(배출규제 대응방식, 배출저감 방안, 배출저감 규제 방식 등)을 포함하고 있다.

2) 업체별 온실가스 감축 대응활동의 구성

본 연구의 초점이 울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동에 대한 자발적 협약의 영향과 업종별 차이

표 3_ 온실가스 감축 대응 활동

수준	단계	대응 활동
계획 (Planning)	사용량·배출량 측정	① 원료별 에너지 사용량 조사
		② 원단위 에너지 사용량 조사
		③ 온실가스 배출량 조사
	대응 시스템 구축	④ 온실가스 대응 내부교육 실시
		⑤ 온실가스 저감 대응조직 구성
		⑥ 온실가스 인벤토리 구축
		⑦ 온실가스 저감잠재량 분석
분석 및 전략 수립	⑧ 온실가스 저감계획 수립	
	⑨ GHG 감축 시설투자·공정개선	
실행 (Implementation)	직접 감축 실천	⑩ 온실가스 감축기술 도입
		⑪ 온실가스 감축 연구개발
		⑫ 자발적 GHG 저감프로그램 참여
		⑬ 온실가스 배출권 확보
	간접 감축 실천	⑭ 국내 온실가스 감축인정분 확보
		⑮ 청정개발체제(CDM)사업 참여
		⑯ 탄소펀드 투자

를 분석하는 것이기 때문에 산업체의 온실가스 감축 대응활동의 구성요소가 매우 중요하다. 지속가능경영의 국제표준인 ISO 14000에서는 계획(plan)-실행(do)-점검(check)-시정조치(correct action)의 구조로 설정된 환경경영 평가체제를 기업의 지속적 환경성과 발전을 위한 핵심적인 요소로 파악하고 있다. 그러나 울산지역 대부분의 업체는 온실가스 감축을 위한 실행단계에도 못 미치고 있기 때문에 온실가스 감축 대응 활동을 계획과 실행의 2개 수준으로 구분하고 각 수준과 단계별로 16개의 세부 대응활동을 제시하였다.⁴⁾

계획 수준은 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 측정, 온실가스 감축 대응 시스템 구축, 온실가스 감축 관련 분석 및 전략 수립의 3개 단계, 실행 수준은 직접감축 실천, 간접감축 실천의 2개 단계로 구분하며 각 단계별 세부 대응활동의 내용은 <표 3>과 같다.

<표 3>에서 보는 것처럼 온실가스 감축 대응 활동은 수준과 단계에 따라 순차적으로 이루어지도록 구성되어 있다. 즉, 실행은 계획을 바탕으로 하며 에너지 사용량과 온실가스 배출량을 측정하지 않고서는 인벤토리 구축이나 저감잠재량 분석과 같은 대응시스템이나 분석 및 전략수립이 불가능하다. 그러나 내부교육 실시와 같은 대응시스템 구축은 사용량·배출량 측정 단계 이전에도 가능할 수 있으며, 직접 감축 실천 단계와 간접 감축 실천 단계는 사업체의 성격에 따라 우선 순위 없이 진행될 수도 있다. 또한 저감계획 수립의 경우 사업체에 따라 구체적 계획이 없이 선언적인 수준의 방향설정 정도의 수준에서도 저감계획을 수립했다고 응답할 수 있으며, 감축시설 투자·공정개선 항목에서도 온실가스 감축의 목적이 아니라 에너지절약을

위한 투자나 공정개선의 경우에도 이 항목에 참여한 것으로 응답할 가능성이 있다. 자발적 온실가스 저감 프로그램의 경우에도 직접적인 온실가스 감축프로그램이 아닌 에너지 절약 관련 프로그램 등의 참여와 혼동할 수도 있다. 이처럼 설문응답 과정에서 일부 대응활동 항목의 순차성에 약간의 문제점이 발생할 가능성도 있지만 사업체의 전반적인 세부 대응활동의 참여 정도는 <표 4>의 대응활동 항목의 번호 순으로 나타날 것으로 예상된다.

3) 울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동 현황

<표 4>에서는 각 대응활동 항목별로 ‘예’=1, ‘계획중’=0.5, ‘아니오’=0으로 설정하였을 때 설문 응답업체의 온실가스 감축 대응활동 참여정도를 보여 주고 있다.

<표 4>에서 보는 것처럼 각 대응활동 참여정도는 전체 표본, 자발적 협약업체, 비협약업체 모두에서 전반적으로 대응활동의 위계에 따라 ①부터 ⑯까지 순차성을 보이고 있다. 그러나 ⑧ 저감계획수립, ⑨ 시설투자·공정개선, ⑫ 자발적 저감프로그램 등의 경우에는 하위 단계의 대응활동 참여 수준보다 다소 높게 나타나고 있다. 이러한 이유는 전술했던 것처럼 ⑧ 저감계획 수립의 경우 구체적 계획수립 없이 지속가능경영 측면의 포괄적 계획을 수립한 업체가 저감계획을 수립했다고 응답할 수 있으며, ⑨ 시설투자·공정개선과 ⑫ 자발적 저감프로그램의 경우에도 온실가스 감축의 목적이 아니라 에너지절약을 위한 투자나 공정개선 또는 에너지 절약 관련 프로그램 등의 활동과의 혼동에 기인한다고 판단된다.

4) 허영도 외(2008)는 산업체의 기후변화협약 대응활동을 배출량 측정(11개 항목), 분석활동(12개 항목), 대응시스템 구축(8개 항목), 실천사항(9개 항목)으로 구성하고 있으나, 설문항목이 과다하고 각 단계별 항목의 내용이 중복되어 있을 뿐만 아니라 대응 활동의 순차성이 확실하지 않은 문제점이 있음. 이에 따라 본 연구에서는 보다 핵심적이고 순차성을 가진 것으로 판단되는 16개 대응활동만으로 설문지를 구성하였음.

표 4_ 응답업체 유형별 온실가스 감축 대응활동 현황

온실가스 감축 대응 활동		전체 평균 (표준편차)	자발적 협약업체 평균 (표준편차)	비협약업체 평균 (표준편차)
사용량 배출량 측정	① 원료별 에너지 사용량 조사	0.413 (0.490)	0.877 (0.324)	0.269 (0.441)
	② 원단위 에너지 사용량 조사	0.364 (0.479)	0.859 (0.345)	0.211 (0.405)
	③ 온실가스 배출량 조사	0.228 (0.407)	0.632 (0.451)	0.102 (0.297)
대응 시스템 구축	④ 온실가스 대응 내부교육 실시	0.138 (0.312)	0.359 (0.453)	0.070 (0.212)
	⑤ 온실가스 저감 대응조직 구성	0.087 (0.255)	0.302 (0.420)	0.021 (0.113)
	⑥ 온실가스 인벤토리 구축	0.087 (0.255)	0.274 (0.399)	0.029 (0.151)
전략 수립	⑦ 온실가스 저감잠재량 분석	0.085 (0.240)	0.283 (0.386)	0.023 (0.119)
	⑧ 온실가스 저감계획 수립	0.114 (0.271)	0.302 (0.408)	0.056 (0.175)
직접 감축 실천	⑨ GHG 감축 시설투자-공정개선	0.103 (0.269)	0.330 (0.415)	0.032 (0.145)
	⑩ 온실가스 감축기술 도입	0.058 (0.204)	0.170 (0.339)	0.023 (0.119)
	⑪ 온실가스 감축 연구개발	0.042 (0.175)	0.151 (0.319)	0.009 (0.066)
	⑫ 자발적 GHG 저감프로그램	0.098 (0.283)	0.311 (0.452)	0.032 (0.155)
간접 감축 실천	⑬ 온실가스 배출권 확보	0.027 (0.147)	0.076 (0.248)	0.012 (0.093)
	⑭ 국내 온실가스 감축인정분 확보	0.027 (0.147)	0.085 (0.273)	0.009 (0.066)
	⑮ 청정개발체제(CDM)사업 참여	0.025 (0.136)	0.076 (0.248)	0.009 (0.066)
	⑯ 탄소펀드 투자	0.022 (0.123)	0.660 (0.220)	0.009 (0.066)
응답업체 수		224	53	171

주: 항목별 점수는 ‘예’=1, ‘계획중’=0.5, ‘아니오’=0로 계산되었음.

전체 응답업체의 온실가스 감축 대응활동 참여 정도는 대응활동 단계에 따라 사용량·배출량 측정단계 20~41%, 대응시스템 구축단계 8~13%, 전략수립단계 8~11%, 직접감축실천 단계 4~10%, 간접감축실천 단계 2~3% 수준인 것으로 나타나 전반적으로 낮은 수준인 것으로 판단된다. 특히 비협약업체의 경우에는 사용량·배출량 측정단계에서도 10~25% 수준이며 그 이상의 단계에서는 2~3% 이하의 수준에 머무르고 있다. 그러나 에너지절약 협약업체의 경우에는 비협약업체에 비하여 온실가스 감축 대응활동의 참여 정도가 현격히 높으며, 사용량·배출량 측정 단계에서는 60~85% 수준에 이르고 있고 15% 정도의 업체는 이미 온실가스 감축 연구

개발을 수행하고 있는 것으로 나타나고 있다.

에너지절약 자발적 협약은 연간 연료사용량 500TOE 이상으로 에너지사용량 2,000TOE 이상 또는 연료사용량과 관계없이 연간 에너지사용량 5,000TOE 이상의 사업장 및 연간 에너지 2,000TOE 이상인 건물을 협약 대상으로 하여 사업장 당 250억 원(사업체 당 500억 원) 한도의 시설자금지원과 세제지원, 기술지원 및 홍보지원을 제공하는 자발적 프로그램으로 울산광역시에서는 이 프로그램을 통하여 향후 5년 간 기업체의 에너지사용량 및 온실가스 배출량을 3~8% 감축시키는 것을 목표로 하고 있다.⁵⁾ 1999년에 시작된 에너지절약 자발적 협약 프로그램에서는 이 협약에 참여한 기업이 매년 의무적

5) 이 협약 프로그램에서는 변동금리 4%, 3년 거치 5년 분할상환 조건의 시설자금지원, 시설투자금액의 10%를 법인세 등에서 감면해 주는 세제지원, 참여기업에 대한 기술지도 및 이행계획수립을 지원하는 기술지도와 이행정도가 우수한 기업체를 언론에 홍보하는 홍보지원 등을 제공하고 있음.

으로 에너지사용량을 보고하도록 하고 있기 때문에 온실가스 감축을 고려하지 않고 참여한 기업도 궁극적으로는 온실가스 감축 대응활동에 참여하게 되는 효과가 있는 것이다. 또한 이 프로그램에 참여하는 사업체는 에너지 다소비 업체이기 때문에 조만간 시행될 온실가스 감축규제에 대응하기 위해서도 각 단계별 온실가스 감축 대응활동에의 참여는 시기의 문제일 뿐이다.

<표 5>에서는 업종별 온실가스 감축 대응활동 현황을 비교하고 있다. 업종별 대응활동의 평가점수는 16개 세부 대응활동 점수를 합산한 것이다. 전술한 것처럼 각 대응활동이 위계에 따라 순차성을 보이고 있기 때문에 가중치의 부여 없이도 이들 대응활동 점수의 합은 각 업체의 전반적 대응활동을 보여주는 지표(이후 대응지수로 표기함)로서의 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.⁶⁾ 업종별 대응지수는

코크스 및 석유제품이 16점 만점에 평균 7.70점으로 가장 높고, 다음으로 1차금속 4.42점, 펄프 및 종이 4.00점, 화학물 및 화학제품 3.33점, 고무 및 플라스틱 2.67점의 순이며, 자동차 및 트레일러와 조선해양산업은 각각 0.76점과 0.37점으로 매우 낮은 수준이다. 이러한 결과는 에너지 소비가 많은 업종의 대응지수가 높다는 것을 보여준다.

응답업체 전체의 대응지수 평균은 1.87점으로 사용량·배출량 측정단계 수준이며, 자발적 협약업체의 평균은 5.01점으로 대응시스템 구축단계 수준의 온실가스 대응활동을 보이고 있다. 그러나 비협약업체의 평균은 0.90으로 사용량·배출량 측정단계 수준의 가장 하위 활동인 원료별 에너지 사용량 조사 수준에도 이르지 못하고 있는 실정이다. 자발적 협약업체에서는 대상업체가 2개 이하인 업종을 제외하면 코크스 및 석유제품이 12.83점으로 가장 높고, 다음

표 5_ 업종별 온실가스 감축 대응활동 현황(16개 항목의 합)

산업분류	전체 평균 (표준편차) [표본 수]	자발적 협약업체 평균 (표준편차) [표본 수]	비협약업체 평균 (표준편차) [표본 수]
전체	1.871 (2.905) [224]	5.009 (3.738) [53]	0.898 (1.664) [171]
펄프 및 종이	4.000 (1.323) [3]	4.250 (1.768) [2]	3.500 (-) [1]
코크스 및 석유제품	7.700 (7.085) [5]	12.833 (1.258) [3]	0.000 (-) [2]
화학물 및 화학제품	3.327 (2.796) [49]	4.133 (2.788) [30]	2.053 (2.351) [19]
고무 및 플라스틱	2.667 (3.865) [9]	12.000 (-) [1]	1.500 (1.753) [8]
비금속 광물제품	1.100 (1.350) [10]	3.000 (-) [1]	0.889 (1.244) [9]
1차 금속제품	4.417 (4.577) [18]	6.944 (4.065) [9]	1.889 (3.689) [9]
조립금속제품	1.400 (2.089) [15]	1.000 (1.414) [2]	1.462 (2.212) [13]
자동차 및 트레일러	0.755 (1.280) [55]	4.500 (0.707) [2]	0.613 (1.064) [53]
조선해양산업	0.368 (0.704) [19]	-	0.368 (0.704) [19]
환경산업	0.600 (1.342) [5]	-	0.600 (1.342) [5]
기계 및 장비	0.296 (0.854) [22]	-	0.296 (0.854) [22]
전기기계 및 변환장치	0.125 (0.354) [8]	-	0.125 (0.354) [8]
전자부품 및 통신장비	1.500 (2.121) [2]	-	1.500 (2.121) [2]
기타	2.000 (1.414) [4]	-	2.000 (1.414) [4]

6) 지수구성에 있어서 개별 항목의 유사성, 대표성, 중복성 등에 대한 고려가 필요하고, 항목별 가중치 적용을 위하여 주성분분석 등의 적용 등이 고려될 필요가 있는 것으로 판단됨. 그러나 본 연구의 지수 산정에서는 이러한 점들이 충분히 고려되지 않았기 때문에 분석결과에 영향을 미칠 수도 있다고 판단됨.

으로 1차금속제품 6.94점, 화합물 및 화학제품 4.13점의 순으로 나타나고 있으며, 비협약업체의 경우에는 협약업체의 경우보다는 현격히 낮지만 화합물 및 화학제품 2.05점과 1차금속제품 1.89점의 순으로 나타나고 있다. 이러한 기본적인 분석만으로도 산업체의 온실가스 감축 대응활동이 에너지 소비 수준과 자발적 협약 참여 정도에 따라 차이가 남을 알 수 있다.

2. 분석모형

본 연구의 초점은 울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동에 영향을 주는 결정요인을 분석하는 것이며, 그러한 결정요인 중 특히 에너지절약 자발적 협약의 영향과 업종별 차이를 식별하는 데 있다. 이러한 분석을 위하여 본 연구에서 사용되는 종속변수는 전술한 바와 같이 산업체의 온실가스 감축 대응활동을 지수화한 대응지수(Index)이며, 독립변수는 기업의 특성변수와 자발적 협약의 유무가 된다. 이러한 유형의 분석을 위하여 일반적으로 사용되는 회귀모형은 <식 1>과 같다.

$$Y = \beta' X + \delta Z + \epsilon \quad \text{<식 1>}$$

<식 1>에서 Y는 대응지수, X는 기업의 특성을 나타내는 외생변수 벡터, Z는 자발적 협약 유무를 나타내는 더미변수이다. 그러나 <식 1>을 OLS로 추정할 경우 독립변수 Z와 X의 내생성(endogeneity) 문제가 발생한다. 즉, Z와 X는 독립이 아니며 Z는 외생변수인 X와 상호작용을 하기 때문에 <식 1>의 회귀계수는 편의를 가지게 된다. 이러한 내생성 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 Brouhle et

al.(2009)과 Anton et al.(2004) 등에서 적용한 도구변수(instrument variable)를 사용하는 2SLS(two stage least square) 형태의 표본선택 처치모형(sample selection treatment effect model)을 사용한다.⁷⁾ 본 연구에서 사용하는 2SLS 표본선택 처치모형은 <식 2>와 같다.

$$\begin{aligned} Y &= \beta' X + \delta Z + v && \text{< 식 >} \\ Z^* &= \alpha' Q + \omega \\ Z &= 1 \text{ if } Z^* > 0, Z = 0 \text{ if } Z^* \leq 0 \end{aligned} \quad \text{2>}$$

<식 2>에서는 <식 1>과는 달리 자발적 참여업체는 $Z=1$, 비참여업체는 $Z=0$ 이 아니라 자발적 참여의 추정치 Z^* 가 0보다 크면($Z^* > 0$) $Z=1$, Z^* 가 0 이하이면($Z^* \leq 0$) $Z=0$ 이 된다. 자발적 참여의 추정함수 Z^* 는 일반적으로 프로빗모형(probit model)이나 로짓모형(logit model)으로 추정하지만 본 연구에서는 프로빗모형을 이용한다. Z^* 의 독립변수벡터 Q는 산업체의 특성변수인데 본 연구에서는 Y의 독립변수벡터인 X와 동일한 변수가 사용된다. 일반적으로 2SLS 모형에서 도구변수를 OLS로 추정할 경우 도구변수 추정식과 원함수 추정식의 독립변수가 동일할 경우 모형식별문제(model identification problem)가 발생할 수 있으나 본 연구에서처럼 도구변수를 비선형모형으로 추정하게 되면 이러한 모형의 식별문제는 발생하지 않는다.

<식 2>의 추정모형 함수는 <식 3>과 같으며, 추정절차는 1단계에서 자발적협약 함수를 프로빗모형으로 추정한 다음 2단계에서는 자발적 협약의 추

7) Brouhle et al.(2009)은 미국의 199개 금속가공산업체 표본을 대상으로 배출저감 자발적 협약의 참여와 실제 배출저감량에 미치는 자발적 협약의 영향을 2SLS 형태의 표본선택 처치모형을 사용하여 분석하였으며, Anton et al.(2004)는 S&P 500에 포함된 기업을 대상으로 한 설문조사자료를 기반으로 환경경영체제(EMS: environmental management system) 자발적 참여의 결정요인과 이러한 자발적 참여가 유해 배출량 감소에 미치는 영향을 도구변수를 사용한 2SLS와 3SLS모형으로 분석하였음.

정함수의 추정치를 기반으로 대응지수 함수의 자발적 협약 더미를 재설정하여 대응지수 함수를 OLS로 추정한다. 본 연구에서는 이러한 2SLS 추정을 위하여 LIMDEP9.0을 이용하였다.

대응지수 =
 f_1 (입지, 종업원수, 매출액, 산업유형,
 감축당위성, 자발적협약)

자발적협약 =
 f_2 (입지, 종업원수, 매출액, 산업유형,
 감축당위성)

<식 3>

<식 3>의 모형추정에 사용되는 변수의 설명 및

기술통계량은 <표 6>과 같다. 종속변수인 대응지수와 도구변수인 자발적 협약에 관해서는 진술한 바와 같으며, 두 함수에 공통적으로 사용되는 독립변수는 감축당위성 변수를 제외하고는 모두 더미변수 형태로 처리되었다.

입지변수로는 국가산단, 지방산단, 농공단지, 개별입지가 고려될 수 있으나 사전 분석결과 지방산단, 농공단지, 개별입지 간에는 대응지수와 자발적협약의 통계적으로 유의한 차이가 없고 국가산단에 입지한 산업체는 이들 세 개 유형의 입지와는 통계적 차이를 보였기 때문에 국가산단 더미변수만을 사용하였다. 입지변수 NIC(national industrial complex)

표 6_추정모형의 변수 설명 및 기술통계량

변수		설명	평균 (표준편차)
대응지수(INDEX)		산업체별 온실가스 저감 대응지수 (0~16점)	1.871 (2.905)
자발적협약(VA)		에너지저감 자발적 협약업체=1, 비협약업체=0	0.237 (0.426)
입지	NIC	국가산단=1, 기타=0	0.397 (0.490)
종업원 수	EMP50_100	종업원 수 50인 이상 100인 미만=1, 그 외=0	0.219 (0.414)
	EMP100_300	종업원 수 100인 이상 300인 미만=1, 그 외=0	0.174 (0.380)
	EMP300	종업원 수 300인 이상=1, 그 외=0	0.121 (0.326)
매출액	SALE50_100	50억 ≤ 매출액 < 100억=1, 그 외=0	0.134 (0.341)
	SALE100_300	100억 ≤ 매출액 < 300억=1, 그 외=0	0.214 (0.411)
	SALE300_500	300억 ≤ 매출액 < 500억=1, 그 외=0	0.071 (0.258)
	SALE500_1000	500억 ≤ 매출액 < 1,000억=1, 그 외=0	0.071 (0.258)
	SALE1000_3000	1000억 ≤ 매출액 < 3,000억=1, 그 외=0	0.094 (0.292)
	SALE3000_5000	3000억 ≤ 매출액 < 5,000억=1, 그 외=0	0.049 (0.217)
	SALE5000	5000억 ≤ 매출액=1, 그 외=0	0.103 (0.326)
산업 유형	PULP	펄프 및 종이=1, 그 외=0	0.013 (0.115)
	PET	코크스 및 석유정제=0, 그 외=0	0.022 (0.148)
	CHEM_PL	화학물, 화학제품, 고무 및 플라스틱=1, 그 외=0	0.259 (0.439)
	NON_METAL	비금속 및 광물제품=1, 그 외=0	0.045 (0.207)
	METAL1	1차금속=1, 그 외=0	0.080 (0.272)
	FAB_METAL	조립금속제품=1, 그 외=0	0.067 (0.250)
	AUTO	자동차 및 트레일러=1, 그 외=0	0.246 (0.431)
	SHIP	조선해양산업=1, 그 외=0	0.085 (0.279)
	ENV	환경산업=1, 그 외=0	0.022 (0.148)
ELEC_COM	전자, 통신, 기타=1, 그 외=0	0.027 (0.162)	
감축당위성(PROP)		GHG 감축당위성 인지도(매우 부정=1, ..., 매우 긍정=5)	4.071 (0.699)

는 산업체가 국가산단에 입지할 경우 1, 그 외의 지역에 입지할 경우 0의 더미변수이며, 국가산단에 입지한 업체의 대응지수와 자발적 참여정도가 다른 입지의 업체에 비하여 높을 것으로 예상된다.

종업원 수는 기업의 규모를 대표하는 변수로서 연속변수 형태로 사용될 수도 있지만 본 연구에서는 기업규모 간의 차이를 분석하기 위해서 50인 미만, 50~99인, 100인~299인, 300인 이상의 4개 집단으로 구분하고 50인 미만을 통제집단으로 사용하여 세 개의 더미변수가 사용되었으며, 기업규모에 따라 대응지수와 자발적 참여정도가 높을 것으로 예상된다. 매출액의 경우에도 연속변수를 사용할 수 있으나 업체의 매출액 수준에 따른 차이를 분석하기 위하여 매출액 수준에 따라 8개 집단으로 구분하고 매출액 50억 미만 집단을 통제변수로 하여 7개의 더미변수가 사용되었으며, 종업원 수와 마찬가지로 매출액 규모에 따라 대응지수와 자발적 참여정도가 높을 것으로 예상된다.

산업유형 변수는 업종별 온실가스 감축활동의 차이를 분석하기 위하여 설정되었다. 본 연구에서는 가능한 범위 내에서 세부 업종 간의 차이를 분석하기 위하여 표본집단을 11개 업종으로 구분하고 전술한 <표 9>에서 보는 것처럼 온실가스 감축활동 대응지수의 평균이 가장 낮은 전기기계·변환장치와 기계·장비 업종을 통제집단으로 하여 10개의 업종 더미를 산업유형(업종) 변수로 사용하였다. 고무·플라스틱 업종의 경우 사전 기술통계분석에서 자발적 협약업체가 1개뿐이고 비자발적 협약업체와의 대응지수 차이가 현격히 크게 나타나 특이값의 존재에 기인하여 대응지수 함수와 자발적 참여 함수의 추정을 오도할 가능성이 있어서 유사한 업종인 화학물 및 화학제품 업종과 통합하였다. 업종변수의 경우 에너지 다소비 업종인 석유(PET), 화학관련(CHEM_PL), 1차금속(FE1) 등의 대응지수와 자발적 참여 정도가

높을 것으로 예상된다. 감축당위성(PROF) 변수는 온실가스 감축의 당위성에 대한 사업체의 응답결과를 지수화한 것으로 ‘매우 부정적’=1, ..., ‘매우 긍정적’=5으로 기입되었으며, 온실가스 감축의 당위성에 긍정적일수록 대응지수와 자발적 협약 참여정도가 높을 것으로 예상된다.

3. 추정결과 및 해석

본 연구에서는 에너지절약 자발적 협약의 영향과 업종별 차이를 중심으로 울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동에 영향을 주는 결정요인을 분석하기 위하여 2SLS 표본선택 처치모형(2SLS SSTE model)을 적용하였으며, <표 7>에서는 2SLS 모형과 OLS 모형의 추정결과를 비교하고 있다.

<표 7>에서 보는 것처럼 모형 1)의 대응지수 OLS 추정결과와 모형 2)의 2SLS 추정결과는 전반적으로 유사하지만 회귀계수의 크기와 유의성에서 다소의 차이가 발생하고 있다. 이러한 이유는 모형 1)에서처럼 대응지수함수를 OLS로 추정할 경우 자발적 협약(VA) 변수의 내생성 문제에 기인하여 회귀계수가 과소 또는 과대 추정되어 추정치에 편의가 발생하기 때문이다. 모형 2)의 추정결과는 자발적 협약(VA) 함수의 프로빗 추정결과를 도구변수로 이용하여 대응지수함수를 2SLS로 추정한 것이기에 자발적 협약(VA) 변수의 내생성 문제가 교정된 추정결과이다. 이에 따라 본 연구에서는 모형 2)의 추정결과를 중심으로 울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동의 결정요인을 분석한다.

자발적 협약 함수의 추정은 대응지수함수의 OLS 추정에서 발생하는 내생성 문제를 해결하기 위한 측면도 있지만, 자발적 협약의 참여 유무가 산업체의 온실가스 감축 대응활동 정도에 유의한 영향을 미치고 있기 때문에 그 결정요인을 분석하는 것도 중요

한 의미를 가진다. 자발적 협약 함수에서 조선해양 (SHIP), 환경산업(ENV), 전자통신(ELEC_COM) 등의 업종에서는 자발적 협약에 참여하는 업체가 없기 때문에 추정에서 제외되었으며, 프로빗 추정결과는 다음과 같다. 국가산단(NIC)에 입지한 업체는 일반산단, 농공단지, 개별입지 등의 업체에 비하여 자발적 협약에 참여하는 확률이 높지만 통계적인 유의성은

없는 것으로 나타났다. 종업원 변수(EMP50_100, EMP100_300, EMP300)는 모두 양의 값을 가지므로 종업원 50인 미만 업체에 비하여 50인 이상 이상의 업체가 자발적 협약 참여 확률이 높은 것으로 나타나고 있다. EMP50_100과 EMP100_300의 경우에는 각각 10%와 5%의 유의수준에서 통계적인 유의성이 있고 EMP100_300의 한계효과⁸⁾가 EMP50_100보다

표 7_ OLS 모형과 2SLS 모형의 추정결과 비교(매출액 포함 모형)

변수	모형 (1)		모형 (2)	
	대응지수 (OLS)	자발적 협약 (Probit)	대응지수 (2SLS)	
	회귀계수 (t값)	회귀계수 (t값)	회귀계수 (t값)	
상수	-0.614 (-0.699)	-2.426 (-2.372)**	-0.729 (-0.850)	
NIC	0.499 (1.593)	0.450 (1.509)	0.540 (1.766)*	
EMP50_100	0.641 (1.580)	0.781 (1.942)*	0.706 (1.789)*	
EMP100_300	1.145 (2.299)**	1.045 (2.413)**	1.271 (2.624)***	
EMP300	1.499 (2.174)**	0.410 (0.709)	1.655 (2.482)***	
SALE50_100	-0.077 (-0.163)	0.493 (0.668)	-0.063 (-0.139)	
SALE100_300	0.614 (1.391)	0.327 (0.577)	0.629 (1.469)	
SALE300_500	0.109 (0.171)	0.613 (0.917)	0.200 (0.322)	
SALE500_1000	1.663 (2.439)**	0.497 (0.800)	1.624 (2.456)**	
SALE1000_3000	0.671 (0.998)	1.156 (1.968)**	0.428 (0.612)	
SALE3000_5000	0.590 (0.691)	2.209 (2.992)***	0.551 (0.609)	
SALE5000	2.034 (2.464)**	2.298 (3.189)***	1.990 (2.248)**	
PULP	0.926 (0.733)	1.794 (2.015)**	1.165 (0.945)	
PET	4.664 (4.520)***	0.812 (1.001)	4.617 (4.559)***	
CHEM_PL	0.963 (1.847)*	1.397 (3.208)***	1.195 (2.366)**	
NON_METAL	1.157 (1.527)	0.697 (0.868)	1.312 (1.792)*	
METAL1	2.145 (3.345)***	1.673 (2.838)***	2.318 (3.693)***	
FAB_METAL	0.855 (1.305)	0.710 (1.081)	0.957 (1.511)	
AUTO	0.375 (0.809)	-0.042 (-0.076)	0.413 (0.921)	
SHIP	0.191 (0.318)		0.141 (0.241)	
ENV	0.499 (0.510)		0.469 (0.495)	
ELEC_COM	-0.092 (-0.096)		0.591 (0.638)	
PROP	0.010 (0.052)	-0.179 (-0.882)	0.032 (0.163)	
VA	1.736 (3.706)***		1.335 (2.057)**	
R-SQ	0.577	0.547+	0.556	
F-value	11.86***		10.90***	
Log우도		-55.417	-452.494	
Chi-SQ		134.284***	207.440***	
표본 수	224	224	224	
종속변수: 평균	INDEX: 1.871	VA: 0.237	INDEX: 1.871	

주: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, + McFadden Pseudo R-SQ

8) 프로빗모형의 한계효과는 $\frac{\partial F(Z)}{\partial X_i} = f(Z)\beta_i$ 로 계산되며, $F(\cdot)$ 는 cdf, $f(\cdot)$ 는 pdf를 의미함.

크기 때문에 적어도 종업원 300인 미만의 업체에서는 종업원이 많은 기업일수록 자발적 협약 참여 확률이 높다고 말할 수 있다. 그러나 종업원 300인 이상 업체(EMP300)의 경우에는 자발적 협약 확률이 종업원 50 미만 업체에 비하여 높기는 하지만 통계적인 유의성이 없는 것으로 나타나고 있다. 이러한 이유는 종업원 300인 이상(EMP300)과 매출액 5,000억 원 이상 집단(SALE5000) 간의 강한 상관관계에 의한 다중공선성 때문인 것으로 판단된다.9)

매출액 변수에서는 매출액 1,000억 이상(SALE1000_3000~SALE5000)의 업체는 매출액 50억 미만 업체보다 자발적 협약에 참여할 확률이 적어도 5% 수준에서 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타나고 있다. 매출액 50~1,000억 미만(SALE50_100~SALE500_1000)의 경우는 매출액 50억 미만 업체보다 자발적 참여 확률이 다소 높지만 통계적인 유의성은 없는 것으로 추정되었다. 이러한 추정결과는 <표 8>의 기술통계에서 보는 것처럼 매출액 1,000억 이상 업체의 자발적 협약 참여비율은 그 이하의 업체와 현격한 차이를 보이고 있는 것과 일치한다. 또한 이러한 결과는 연간 연료사용량 500TOE 이상으로 에너지사용량 2,000TOE 이상 또는 연료사용량과 관계없이 연간 에너지사용량 5,000TOE 이상의 사업장이라는 에너지절약 자발적 협약의 참여 조건

과도 관련이 있는 것으로 판단된다.

산업유형에서는 예상했던 것처럼 CHEM_PL(화학물 및 화학제품, 고무 및 플라스틱),¹⁰⁾ METALI(1차금속), PULP(펄프 및 종이) 등 에너지 다소비 업종의 자발적 협약 참여 확률이 적어도 5% 수준에서 통계적으로 높게 나타나고 있다. 5개 표본 중 3개 업체가 자발적 협약에 참가하고 있는 PET(코크스 및 석유정제)의 경우 예상과는 달리 회귀계수가 통계적으로 유의하지 않게 나타나고 있다. 그 이유는 PET의 표본이 적으며, 자발적 협약에 참여하고 있는 3개 업체 중 2개 업체의 매출액이 1조 이상이고 1개 업체는 2,900억으로 한계확률효과가 매우 높은 매출액 변수(SALE1000_3000과 SALE5000)와 강한 상관관계를 가지고 있기 때문인 것으로 판단된다. 울산지역의 전략산업인 자동차산업의 자발적 참여 확률은 매우 낮은 것으로 나타나고 있고, 조선해양산업과 환경산업 등의 경우에는 표본 중 자발적 협약에 참여하는 업체가 없어서 추정에서 제외되었다.

울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동을 지표화한 대응지수의 결정요인을 2SLS로 추정한 결과는 다음과 같다. 국가산단에 입지한 업체의 대응지수는 그 외의 지역에 입지한 업체보다 다른 조건이 일정할 때 10% 수준에서 통계적으로 유의하게 0.54점 높은 것으로 나타났다. 종업원 규모 변수의 추정

표 8_ 매출액 규모별 자발적 협약 참여업체의 비율

구분	SALE 50억 미만	SALE 50_100	SALE 100_300	SALE 300_500	SALE 500_1000	SALE 1000_3000	SALE 3000_5000	SALE 5000
VA 평균 (표준편차)	0.035 (0.184)	0.033 (0.183)	0.083 (0.279)	0.188 (0.403)	0.313 (0.479)	0.476 (0.512)	0.818 (0.405)	0.826 (0.388)
[표본 수]	[59]	[30]	[48]	[16]	[16]	[21]	[11]	[23]

9) EMP300과 MA5000의 상관계수는 0.598로 매우 강한 상관관계를 보이지만 매출액 300억 이상부터 매출액 5,000억 미만 집단과는 MA1000_3000 집단(10% 수준에서 유의한 양의 상관관계가 있음)을 제외하면 통계적으로 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타나고 있음.

10) CHEM_PL 중 화학물 및 화학제품 업종의 경우에는 자발적 참여 비율이 61.2%로 업종 중 가장 높지만 고무 및 플라스틱 업종의 자발적 참여 비율은 11.1%로 전체 표본평균인 23.7%보다 낮음. 그러므로 화학물 및 화학제품 업종만을 대상으로 한다면 CHEM_PL의 계수는 과소추정된 것이라고 할 수 있음.

결과는 예상했던 것처럼 종업원 규모가 클수록 대응 지수가 높으며 EMP50_100은 10% 수준에서, EMP 100_300과 EMP300은 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 다른 조건이 일정하다면 종업원 50인 미만 업체에 비하여 각 집단의 대응지수는 EMP50_100 0.71점, EMP100_300 1.27점, EMP300 1.66점 높다는 것을 보여주며 종업원 규모가 커짐에 따라 온실가스 감축 대응활동이 증가한다는 것을 의미한다.

매출액 변수는 흥미로운 결과를 보여주고 있다. 일반적으로 매출액이 많은 업체일수록 대응지수가 높을 것으로 예상된다. 그러나 추정결과는 매출액 터미변수 중 SALE500_1000과 SALE5000의 대응지수가 매출액 50억 미만 업체보다 5% 수준에서 통계적으로 높은 것으로 나타났으며, 그 외의 매출액 집단에서는 전반적으로 양의 부호를 가지지만 통계적인 유의성이 없는 것으로 추정되었다. <표 9>에서 보는 것처럼 매출액 규모별 대응지수의 평균은 SALE5000이 가장 높고, 다음으로 SALE500_1000, SALE3000_5000, SALE1000_3000의 순이고 매출액 500억 미만 집단의 대응지수 평균은 매출액 500억 이상 집단과 현격한 차이를 보인다. 한편 매출액 규모별 대응지수 평균에 대한 일원배치 분산분석의 던칸(Duncan) 사후검정 결과를 요약한 <표 10>에서

보는 것처럼 동일 집단군은 매출액 500억 미만의 집단, 매출액 500억~5,000억 미만의 집단, 매출액 5,000억 이상의 집단 등 세 집단으로 구분된다. 500억 미만의 집단의 경우 회귀분석의 추정결과는 공변량을 포함하고 있음에도 불구하고 매출액 50억 미만 업체와 대응지수 평균의 통계적 차이가 없다는 일원배치 분산분석의 결과와 일치한다. 그러나 일원배치 분산분석의 결과 매출액 500억~5,000억 미만 집단의 대응지수 평균은 매출액 50억 미만 업체와 통계적 차이가 있지만 회귀분석에서는 SALE500_1000만이 통계적으로 유의한 것으로 추정되는 이유는 무엇인가? 첫째, 물론 회귀분석에서는 공변량을 포함하고 있기 때문에 단순히 집단 간 평균차를 비교하는 일원배치 분산분석의 결과와는 차이가 날 수 있다. 둘째, SALE500_1000 집단의 대응지수 평균이 매출액 1,000~5,000억 집단(SALE1000_3000 및 SALE3000_5000)보다 높을 뿐만 아니라 표준편차가 크기 때문에 SALE500_1000 집단에는 상대적으로 대응지수가 높은 업체들이 비교되는 집단보다 많다는 점이다. 마지막으로 회귀식에 포함되지 않은 공변량이 존재할 수 있다는 사실이다. 울산지역의 중소기업들은 대체로 울산에 본사를 두고 있지만 매출액 1,000억 이상의 중견기업과 대기업의 경우 울산에는 사업장만 존재하고 본사는 타 지역에 있는 경

표 9_ 매출액 규모별 대응지수 비교

대응지수	SALE 50억 미만	SALE 50_100	SALE 100_300	SALE 300_500	SALE 500_1000	SALE 1000_3000	SALE 3000_5000	SALE 5000
평균 (표준편차) [표본 수]	0.305 (0.793) [59]	0.267 (0.537) [30]	1.281 (1.732) [48]	1.406 (1.715) [16]	3.688 (3.568) [16]	3.214 (3.289) [21]	3.682 (1.471) [11]	6.174 (4.412) [23]

표 10_ 매출액 규모별 대응지수의 일원배치 분산분석 Duncan 사후검정 결과

동일 집단군	SALE 50억 미만	SALE 50_100	SALE 100_300	SALE 300_500	SALE 500_1000	SALE 1000_3000	SALE 3000_5000	SALE 5000
1 집단								
2 집단								
3 집단								

우가 많다. 그러한 업체의 경우 울산지역 사업장에서는 온실가스 감축 대응활동과 같은 의사결정 능력이 없기 때문에 울산지역에 본사를 둔 업체보다 대응지수가 낮게 나타날 가능성이 크다. 본 연구의 자료에서는 본사입지나 의사결정능력 등에 관한 변수가 없기 때문에 이러한 효과를 통제할 수는 없지만 이러한 설명할 수 없는 요인이 SALE1000_3000과 SALE3000_5000 변수가 통계적으로 유의하지 않은 원인 중의 하나가 아닐까 추측한다.

산업유형(업종) 변수에서는 석유정제업(PET)과 1차금속제품(METAL1)은 1% 수준에서, 화학물, 화학제품, 고무 및 플라스틱 업종군(CHEM_PL)은 5% 수준에서, 비금속 및 광물제품(NON_METAL)은 10% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타나고 있다. 통계적 유의성을 가진 이러한 업종들은 에너지 다소비 업종으로 온실가스 배출량이 많기 때문에 온실가스 감축을 위한 대응활동도 상대적으로 높은 수준인 것으로 판단된다. 그러나 자동차(AUTO), 조선해양(SHIP), 환경산업(ENV), 전자통신(ELEC_COM) 등의 경우에는 양의 부호를 가지기는 하지만 통제집단인 기계 관련 업종군과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는다.

감축당위성(PROP)은 양의 부호를 가지기는 하지만 통계적 유의성은 없는 것으로 추정되었으며, 그 이유는 산업체의 규모, 매출액, 업종에 관계없이 온실가스를 감축해야 한다는 당위성에는 대체로 긍정적이며 업체 간의 편차가 거의 없기 때문이다.

자발적 협약(VA)의 경우 2SLS 추정에서 자발적 협약 추정 업체는 미협약 추정 업체에 비하여 다른 조건이 일정할 때 5% 수준에서 통계적으로 유의하게 대응지수가 1,335점 높은 것으로 추정되었다. 본

연구에서의 자발적 협약은 울산광역시와의 에너지 저감 자발적 협약의 참여 유무를 기준으로 설정되었기 때문에 산업체 측면에서는 의도적으로 온실가스 감축 대응활동을 수행하지 않은 경우에도 에너지 저감 자발적 협약에 참여한 업체는 성격상 온실가스 감축 대응활동 중 에너지 사용량 조사와 직접감축 실천의 초기단계인 시설투자 등의 대응활동을 한 것으로 나타나기 때문에 대응지수가 높을 수밖에 없다. 그러나 에너지 저감은 궁극적으로 온실가스 감축으로 나타나기 때문에 에너지 저감 자발적 협약은 온실가스 감축에 직접적인 영향을 미친다는 점에서 긍정적인 의미가 있으며, 중앙정부에서 추진하고 있는 목표관리제와는 별도로 지방자치단체 차원에서 목표관리제의 관리대상에서 제외되는 중소기업을 중심으로 이러한 유형의 자발적 협약을 체계적인 온실가스 저감 자발적 협약으로 확대 시행해야 할 필요가 있음을 시사한다.

IV. 결론 및 정책적 시사점

울산지역의 인구는 전국대비 2.2%인 반면 2007년 기준으로 산업부문 온실가스 배출량은 전국대비 13.6%, 제조업 부문 온실가스 배출량 14.2%로 전남(광양), 경북(포항)과 더불어 기후변화협약의 이행에 가장 취약한 지역 중의 하나이다. 그럼에도 불구하고 일부 대기업을 제외하면 울산지역 산업체의 온실가스 감축을 위한 대응활동은 매우 미진한 실정이다.¹¹⁾ 이에 따라 본 연구에서는 울산지역의 산업체의 온실가스 감축 대응활동 현황을 조사하고 산업체의 온실가스 감축 대응활동의 결정요인을 분석하였다. 특히 본 연구에서는 에너지 저감 자발적 협약 참

11) 울산지역의 주요 대기업을 중앙정부에서 관리하는 온실가스-에너지 목표관리제 관리업체이며 이들 대기업을 자체적으로 온실가스 감축대응이 이루어지고 있음.

여 업체와 미참여 업체 간의 온실가스 감축 대응활동의 차이를 분석하기 위하여 울산지역의 250개 업체를 대상으로 실시한 ‘온실가스 저감을 위한 산업체의 대응전략에 관한 설문조사’ 자료를 토대로 표본선택 처치모형(sample selection treatment effect model)을 적용하여 자발적 협약의 영향과 산업체의 특성 차이를 계량적으로 분석하였으며 주요 분석결과와 정책적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 에너지 저감 자발적 협약업체는 다른 조건이 일정할 때 미협약업체보다 온실가스 저감 대응지수가 평균 대응지수인 1.871의 70.3%에 해당하는 1.335점 높은 것으로 나타나 에너지 저감 자발적 협약 유무는 온실가스 감축 대응활동에 매우 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 특히 향후 시행예정인 산업부문 온실가스·에너지 목표관리의 대부분을 중앙정부에서 수행하게 되므로 현시점에서 지방자치단체 차원에서는 직접적으로 산업부문의 온실가스 감축정책을 수행하기는 어려운 실정이다(이상현, 2010). 그러므로 이러한 결과는 산업부문 온실가스 배출량이 80% 수준인 울산지역의 경우 중앙정부에서 추진하고 있는 목표관리제와는 별도로 온실가스 저감 자발적 협약과 같은 지방자치단체 차원에서 수행할 수 있는 간접적 온실가스 감축정책을 목표관리제 관리대상이 아닌 중소기업을 중심으로 선도적으로 수행할 필요가 있음을 시사한다.

둘째, 석유화학 및 1차금속 관련 업종 등 에너지 다소비 업종의 온실가스 감축 대응지수와 에너지 저감 자발적 협약의 참여 확률이 다른 업종에 비하여 통계적으로 유의하게 높은 것으로 추정되었다. 그러나 2007년 기준으로 석유화학 및 1차금속 관련 업종의 온실가스 배출량이 울산지역 제조업 전체의 89.3%를 차지하고 있다는 점을 고려하면 전반적으로 이들 업종의 온실가스 감축 대응활동은 여전히 미진한 실정이다. 자체적으로 온실가스 저감대책을

마련하고 있는 일부 대기업을 제외하면 울산지역 대부분의 화학 및 1차금속 관련 중소기업체는 온실가스 저감 전략수립 단계에도 미치지 못한 상태이기 때문에 중앙정부 차원의 목표관리제 시행과 더불어 지방자치단체 차원에서도 에너지 저감 자발적 협약의 수준을 상회하는 온실가스 저감 자발적 협약 단계로의 이행을 고려할 필요가 있다.

셋째, 매출액 규모가 큰 업체일수록 온실가스 감축 대응지수가 높게 나타나고 있으나 매출액 1,000~5,000억 규모 집단의 대응지수가 매출액 500~1,000억 규모보다 낮게 나타나고 있으며 회귀 분석 결과에서도 통계적인 유의성이 없는 것으로 추정되었다. 이러한 이유는 크게 두 가지로 설명될 수 있는데, 그 첫 번째는 이 규모 집단에는 자동차 조립 등 온실가스 저배출 업종이 다수 포함되어 있다는 점이고 두 번째는 매출액 1,000억 이상의 중견기업과 대기업을의 경우 울산에 사업장이 있지만 본사와 다른 사업장은 타 지역에 있는 업체가 다수 존재하고 있으며 이들 업체의 경우 울산지역 사업장에서는 온실가스 감축 대응활동과 같은 의사결정 능력이 없기 때문에 울산지역에 본사를 둔 업체보다 대응지수가 낮게 나타날 가능성이 크다는 점이다. 그러나 이러한 문제는 다수 사업장을 가진 업체의 경우 온실가스와 에너지사용량의 총량을 기준으로 관리대상을 설정하는 목표관리제 시행과 더불어 완화될 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로 울산의 전략산업인 자동차 및 조선해양 관련 업체의 온실가스 감축 대응활동은 매우 낮을 뿐만 아니라 에너지 저감 자발적 협약에는 소수의 대기업만이 참여하고 있는 것으로 나타나고 있다. 자동차 및 조선해양 관련 업체는 에너지 소비와 온실가스 배출이 상대적으로 적은 편이기는 하지만 울산지역 산업에서 차지하는 비중이 매우 크기 때문에 이들 업종에서도 목표관리제나 배출권거래제와

는 별개로 온실가스 감축을 위한 대응활동을 촉진시킬 수 있는 제도적 조치가 필요할 것으로 판단된다.
참고문헌 ●●●●●

대통령실. 2009. “2020년, 온실가스 30% 감축. 대한민국의 미래가 달려있습니다”. 청와대 정책소식(2009.12.14). 서울 : 청와대.

에너지관리공단. 2010. “온실가스-에너지 목표관리제 추진방안”. 에너지관리공단(2010.8).

영국규격협회(BSI). 2009. “광역 시도별 온실가스 배출량 산출”. BSI 보도자료(2009.8.12).

울산광역시. 2010. http://dept.ulsan.go.kr/economy/policy/policy_21.jsp. 자발적 협약(VA) 추진. 경제정책. 울산광역시 경제통상실.

이달희·김재홍·허영도·강영훈·이승훈. 2009. 울산지역의 탄소세 도입 방안과 지역경제주력산업 등에 미치는 영향. 울산지역환경기술개발센터 2009년도 최종보고서 09-1-80-81. 울산 : 울산지역환경기술개발센터.

이상현. 2010. “온실가스감축정책의 문제점과 대안”. UDI 이슈리포트 제29호. 울산 : 울산발전연구원.

임재규·김정인. 2008. “온실가스 감축을 위한 배출권거래제와 탄소세의 정책혼합 효과 분석”. 자원·환경경제연구 제12권 제2호. 서울 : 한국자원경제학회·한국환경경제학회. pp243-274.

정현석·이성욱. 2007. “SGM_Korea 모형을 이용한 탄소세의 이산화탄소 배출저감 효과 분석”. 자원·환경경제연구 제16권 제1호. 서울 : 한국자원경제학회·한국환경경제학회. pp129-171.

지식경제부. 2009. “지사제별 온실가스 배출량 및 배출특성 분석결과”. 지식경제부 보도자료(2009.7.31). <http://www.mke.go.kr>.

지식경제부·에너지관리공단. 2009. 2008년 국가온실가스배출량 분석보고서-산업부문(광업·제조업).

최준영. 2011. “온실가스 배출권거래제도의 주요 내용 및 쟁점”. 이슈와 논점 제203호. 서울 : 국회입법조사처.

한기주·임동순·곽대중·정은미·황윤진. 2008. 온실가스 배출저감 의무부담의 산업별 영향과 산업구조 고도화 전략. 서울 : 산업연구원.

허영도·김재홍·박주식·이명균·강영훈. 2008. 기후변화협약에 따른 울산 전략산업의 대응방안 : 환경경영체제를 중심으로. 울산 : 울산지역혁신협의회.

Anton, W. R. Q., Deltas, G and M. Khana. 2004. “Incentives for Environment : Self-regulation and Implications for Environmental Performance”. *Journal of Environmental*

Economics and Management 48. US : the Association of Environmental and Resource Economists. pp632-654.

Brouhle, K. Griffiths, C. and A. Wolverton. 2009. “Evaluating the Role of EPA Policy Levers : An Examination of a Voluntary Program and Regulatory Threat in the Metal-Finishing Industry”. *Journal of Environmental Economics and Management* 57. US : the Association of Environmental and Resource Economists. pp166-181.

Goers, S., Wagner, A. and J. Wegmayt. 2010. “New and Old Market-based Instruments for Climate Change Policy”. *Environmental Economics and Policy Studies* 12(1/2). Japan : the Society for Environmental Economics and Policy Studies. pp1-30.

Proost, S. and D. Van Regemorter. 2003. “Climate Change Policy in European Countries and Its Effects on Industry”. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 9. Netherlands : Springer. pp453-457.

Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change : The Stern Review*. Cambridge. UK : Cambridge University Press.

Videras, J. and A. Alberini. 2000. “The Appeal of Voluntary Environmental Programs : Which Firms Participate and Why?”. *Contemporary Economic Policy* vol.18, no.4. US : the Western Economic Association International. pp449-461.

Welch, E. W., Mazur, A. and S Bretschneider. 2000. “Voluntary Behavior by Electric Utilities : Levels of Adoption and Contribution of the Climate Change Program to the Reduction of Carbon Dioxide”. *Journal of Policy Analysis and Management* vol.19, no.3. US : the Association for Policy Analysis and Management. pp407-425.

- 논문 접수일: 2011. 1.20
- 심사 시작일: 2011. 1.27
- 심사 완료일: 2011. 3.11

An Analysis of Industrial Coping Activities for Reduction of the Greenhouse Gas in the Ulsan Region: Focusing on the Impact of a Voluntary Agreement and Discrepancy in Industrial Characteristics

Keywords: Greenhouse Gas, Voluntary Agreement, 2SLS Sample Selection Treatment Model

This study analyzes the industrial coping activities for the greenhouse gas reduction and their determinants focusing on the effects of a voluntary agreement for energy reduction and the industrial characteristics based on the interview data of 224 establishments in the Ulsan region. A two stage sample selection treatment effect model is applied in this analysis. The major findings are as follows: First, the index of the greenhouse gas reduction activities is estimated significantly higher in the establishments with the voluntary agreement for energy reduction. Second, the petro-chemical and metal-finishing industries show the significantly higher indices and the higher participation probability for the voluntary agreement, while the auto and shipbuilding industries, which are the strategic industries in the Ulsan region, are very inactive to cope with the greenhouse gas reduction. Finally, the index of the greenhouse gas reduction activities tends to grow with the amount of sale of the establishments, but the indexes of the establishments with the sale size of 100~500billion KRW are lower than those with the sale size of 50~100billion KRW.

울산지역 산업체의 온실가스 감축 대응활동 분석
: 자발적 협약의 역할과 산업체의 특성 차이를 중심으로

주제어: 온실가스, 자발적 협약, 2SLS 표본선택 처치모형

본 연구는 울산지역 250개 산업체 대상의 설문조사자료를 기반으로 울산지역의 산업체의 온실가스 감축 대응활동 현황과 온실가스 감축 대응활동의 결정요인을 2단계 표본선택 처치 모형을 적용하여 에너지 저감 자발적 협약의 영향과 산업체의 특성 차이를 중심으로 분석하였으며, 주요 분석결과는 다음과 같다. 첫째, 에너지 저감 자발적 협약업체는 다른 조건이 일정할 때 미협약업체보다 온실가스 감축 대응활동지수가 유의하게 높은 것으로 추정되었다. 둘째, 석유화학 및 1차금속 관련 업종 등 에너지 다소비 업종의 온실가스 감축 대응지수와 에너지 저감 자발적 협약의 참여 확률이 다른 업종에 비하여 통계적으로 유의하게 높은 것으로 추정되었으나, 울산의 전략산업인 자동차 및 조선해양 관련 업체의 온실가스 감축 대응활동이 매우 낮을 뿐만 아니라 에너지 저감 자발적 협약에는 2개의 자동차 관련 업체만이 참여하고 있는 것으로 나타나고 있다. 셋째, 매출액 규모가 큰 업체일수록 온실가스 감축 대응지수가 높게 나타나고 있으나 매출액 1,000~5,000억 규모 집단의 대응지수가 매출액 500~1,000억 규모보다 낮은 것으로 추정되었다.