creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

보건학 석사 학위 논문

온실가스·에너지 목표관리제 관리업체 온실가스 감축 이행의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 관한 연구

A study on GHG emission reduction related to the correlation between GHG emission and energy consumption of controlled entities in GHG and energy target management system

2014년 8월

서울대학교 보건대학원
환경보건학과 대기환경전공
고 재 균

온실가스·에너지 목표관리제 관리업체 온실가스 감축 이행의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 관한 연구

A study on GHG emission reduction related to the correlation between GHG emission and energy consumption of controlled entities in GHG and energy target management system

지도교수 이 승 묵

이 논문을 보건학 석사학위 논문으로 제출함

2014년 4월

서울대학교 보건대학원
환경보건학과 대기환경전공
고 재 균

고재균의 보건학 석사 학위 논문을 인준함
2014년 6월

위 원 장	김 호	(인)
부 위 원 장	조 경 덕	(인)
위 원	이 승 묵	(인)

초 록

정부는 감축잠재량 분석결과와 국제사회 요구수준 등을 감안하여 '2020년 BAU 대비 30% 감축'이라는 국가 중기 감축목표를 설정하였다. 이를 달성하기 위해 산업, 수송 등 해당 부문별로 일정수준 이상의 온실가스를 배출하는 업체를 관리업체로 지정하고 정부와 협의하여 목표이행년도의 관리업체별 배출량을 전망하여, 온실가스 감축 및 에너지 절약 목표를 설정한 이후, 목표이행년도 다음해에 이행결과를 평가, 인센티브와 패널티(개선명령, 과태료 등)를 적용하는 제도인 온실가스·에너지 목표관리제를 추진하고 있다. 2011년에 온실가스·에너지 목표관리제가 시행되어 명세서를 제출하고 감축목표를 설정하여 2012년도의 이행계획서를 제출하였던 관리업체는 2013년 처음으로 이행실적에 대한 평가를 받게 되었다. 2012년에 지정되었던 관리업체는 현재 2013년도의 이행실적에 대한 평가가 진행중에 있다.

본 연구의 주목적은 온실가스·에너지 목표관리제의 공정배출이 존재하는 업종에서 온실가스 감축 이행이 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 미치는 영향을 파악하여, 온실가스 감축 이행이 에너지효율 개선에 의한 온실가스 감축인지, 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축인지를 판단하는 것이다. 이를 위해 세부적으로는 첫째, 업종별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계 차이를 파악하고자 하며 둘째, 온실가스·에너지 목표관리제의 감축목표 이행이 실시된 2012년도와 그 이전년도를 비교하여, 에너지 사용과 관계없이 온실가스가 배출되는 공정배출이 존재하는 업종에서 온실가스 배출 감축 이행이 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

이를 위해 온실가스 종합정보센터(GIR)에 보고된 온실가스·에너지 목표관리제 관리업체의 2007년부터 2012년까지의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 자료를 이용하여 각 업종의 연도별 상관분석을 실시하고, 온실가스

감축 이행이 처음 시행된 2012년의 상관계수와 그 이전년도의 상관계수를 비교하기 위하여 상관계수의 Fisher Z 변환 후 t-test를 실시하였다.

그 결과, 대부분의 업종에서 p값이 0.05 이상으로 2007년~2011년 상관계수의 평균과 2012년의 상관계수가 유의미한 차이가 있다고 보기 어려웠으며, 반도체·디스플레이·전기전자, 철강 업종에서는 p값이 0.05 미만으로 2007년~2011년 상관계수의 평균과 2012년의 상관계수가 유의미하게 다른 것으로 나타났다. 관리업체의 2012년 이행실적에 의한 데이터를 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축량과 에너지 효율 개선에 의한 온실가스 감축량으로 구분한 데이터와 비교해 본 결과, 전체 온실가스 감축량 중 공정배출에 의한 온실가스 감축량이 높은 비율을 차지하는 업종은 반도체·디스플레이·전기전자 업종과 철강 업종이었다. 이 두 업종은 모두 공정배출을 포함하는 업종으로 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축이 실제로 잘 이루어져 있었고 그것을 파악하기 위해서는 본 연구에서 제시한 방법이 타당함이 입증되었다.

본 연구의 평가방법이 향후 온실가스·에너지 목표관리제의 평가도구로서 활용되어, 업종별 관리업체의 감축활동 특성 파악으로 효율적인 온실가스 감축방안을 제시하고, 효과적인 목표관리제의 운영 판단 도구로서 활용되기를 기대한다.

……

주요어 : 온실가스 배출량, 에너지 사용량, 온실가스 에너지 목표관리제, 온실가스 감축 이행, 공정배출

학 번 : 2011-22064

목 차

초록 ····· i

목차 ····· iii

List of Tables ····· iv

List of Figures ····· v

1. 서론 ····· 1
1.1. 연구 배경 ····· 1
1.2. 기존 연구 현황 ····· 3
1.3. 연구 목적 ····· 4
1.4. 연구 가설 ····· 5
2. 연구 방법 ····· 6
2.1. 연구 자료 ····· 6
2.2. 통계 분석 ····· 9
3. 결과 ····· 11
4. 고찰 ····· 36
5. 제한 ····· 40
6. 참고문헌 ····· 41

Abstract ····· 43

List of Tables

Table 1. Industry including process emissions ····· 7
Table 2. Industry classification by including process emissions ····· 7
Table 3. Number of analysis target controlled entities by industrial classification ····· 8
Table 4. Correlation coefficient between GHG emission and energy consumption of controlled entities by industrial classification ····· 25
Table 5. Correlation coefficient between GHG emission and energy consumption of controlled entities by industrial classification after Fisher Z transformation ····· 33
Table 6. P-value of t-test between mean of correlation coefficient in 2007~2011 and correlation coefficient in 2012 by industrial classification ····· 34
Table 7. GHG emission reduction by process emission reduction and GHG emission reduction amount by improving energy efficiency in 2012 by industrial classification (unit : tCO2eq) ····· 37
Table 8. GHG emission reduction implementation result evaluation of GHG and energy target management system in 2012 ····· 39

List of Figures

Figure 1. GHG and energy target management system process ····· 2
Figure 2. Purpose of study ····· 5
Figure 3. GHG and energy target management report main information ····· 6
Figure 4. Relationship between GHG emission and energy consumption in building industry ····· 12
Figure 5. Relationship between GHG emission and energy consumption in mining industry ····· 12
Figure 6. Relationship between GHG emission and energy consumption in transportation industry ····· 13
Figure 7. Relationship between GHG emission and energy consumption in machinery industry ····· 13
Figure 8. Relationship between GHG emission and energy consumption in semiconductor, display industry ····· 14
Figure 9. Relationship between GHG emission and energy consumption in electricity industry ····· 14
Figure 10. Relationship between GHG emission and energy consumption in nonferrous industry ····· 15
Figure 11. Relationship between GHG emission and energy consumption in petrochemical industry ····· 15
Figure 12. Relationship between GHG emission and energy consumption in textile industry ····· 16
Figure 13. Relationship between GHG emission and energy consumption in cement industry ····· 16
Figure 14. Relationship between GHG emission and energy

consumption in food industry ····· 17
Figure 15. Relationship between GHG emission and energy consumption in ceramic industry ····· 17
Figure 16. Relationship between GHG emission and energy consumption in drink industry ····· 18
Figure 17. Relationship between GHG emission and energy consumption in automobile industry ····· 18
Figure 18. Relationship between GHG emission and energy consumption in oil refining industry ····· 19
Figure 19. Relationship between GHG emission and energy consumption in paper industry ····· 19
Figure 20. Relationship between GHG emission and energy consumption in shipbuilding industry ····· 20
Figure 21. Relationship between GHG emission and energy consumption in steel industry ····· 20
Figure 22. Relationship between GHG emission and energy consumption in communication industry ····· 21
Figure 23. Relationship between GHG emission and energy consumption in waste industry ····· 21
Figure 24. Time trend of correlation coefficient between GHG emission and energy consumption by industrial classification ····· 31

1. 서론

1.1. 연구 배경

IPCC[1] 5차 보고서에서는 금세기 말에 지구의 온도가 3.7도 오르고 해수면은 63 cm 상승할 것이라고 전망하면서 이러한 지구온난화가 인간의 인위적인 온실가스(GHG, Greenhouse gas) 배출이 주원이라고 밝히고 있다. 특히 우리나라는 금세기말에 최고 5.3도까지 기온이 오를 것이라고 예측하고 있다. 기후변화가 현실로 나타나게 되면 서울을 비롯한 대부분의 지역이 아열대 기후로 변하게 되고, 이에 따라 식생대의 변화, 폭염과 혹한, 그리고 집중 호우와 같은 이상기후의 빈도 및 강도가 증가하여 우리의 삶의 질에 직접적인 악영향을 미칠 것으로 예상된다.

정부는 현재 이러한 기후변화의 영향을 줄이고 저탄소 녹색경제체제로의 전환을 위하여 2008년 8월 15일 '저탄소 녹색성장'을 대한민국의 새로운 국가비전으로 선포하였다. 이는 저탄소화 및 녹색산업화에 기반을 두고 경제성장력을 배가시키는 신성장 개념으로 저탄소 녹색성장을 통해 국가의 신성장동력 창출과 국민의 삶의 질과 환경을 개선하며, 선개도국간 가교역할을 통한 국제사회에 대한 기여를 목적으로 하고 있다.

비전 선포 후 '저탄소 녹색성장 5개년 계획'과 국가 온실가스 감축목표가 수립·발표되었고, 이를 이행하기 위한 '저탄소 녹색성장 기본법 시행령'이 2010년 4월 발효되었다. 정부는 감축잠재량 분석결과와 국제사회 요구수준 등을 감안하여 '2020년 BAU[2] 대비 30% 감축'이라는 국가 중기 감축목표를 설정하고, 이를 달성하기 위해 산업, 수송 등 해당 부문별로 일정수준 이상의 온실가스를 배출하는 업체를 관리업체로 지정하고 정부와 협의

---

1) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) : 기후변화에 관한 국제 정부간 패널

2) BAU (Business As Usual) : 배출전망치

하여 목표이행년도의 관리업체별 배출량을 전망하여, 온실가스 감축 및 에너지 절약 목표를 설정한 이후, 목표이행년도 다음해에 이행결과를 평가, 인센티브와 패널티(개선명령, 과태료 등)를 적용하는 제도인 온실가스·에너지 목표관리제를 추진하고 있다.

온실가스·에너지 목표관리제 총괄기관을 맡고 있는 환경부는 목표관리제가 원활하게 이행될 수 있도록 '온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침'을 2011년 3월 16일자로 확정·고시하였다. 온실가스·에너지 목표관리제는 매년 '명세서 제출(매년 3월)→관리업체 지정(매년 6월)→관리업체 감축목표 설정(매년 9월)→관리업체 이행계획서 제출(매년 12월)→감축목표 이행(차년도 1년간)→이행실적 보고 및 평가(차차년도 3월)' 순으로 진행된다.

Figure 1. GHG and energy target management system process

관리업체들은 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 등에 대한 명세서를 작성하여 외부 검증기관으로부터 명세서의 정확성에 대한 검증을 받아 제출한다. 명세서 내용에는 관리업체 및 사업장의 조직경계를 확인하고 경계 내에 어떠한 배출활동, 배출시설이 운영 중인지 확인하여 각각의 배출량 산정방식과 모니터링 방식을 정해야 한다. 또한, 사업장 고유 배출계수 등을 개발·적용해야 하는 시설에 대해서는 개발결과와 근거 등을 함께 제출한다. 이러한 명세서를 기반으로 정부는 관리업체의 목표 설정을 위한 기준년도 배출량(관리업체 최초 지정 직전 3년 평균)을 산출하게 된다. 기준년도 배출량에 기존시설의 예상성장률, 신·증설 예상배출량 등을 고려하여, 정부와 관리업체간 협상을 통해 관리업체별 예상배출량을 산정하고, 관리업체 전체의 예상배출량이 업종별 배출허용량을 초과하는 경우 이를 초과하지 않도록 감축계수를 적용하여 최종 온실가스 배출허용량 목표를 설정하게 된다.

2011년에 온실가스·에너지 목표관리제가 시행되어 명세서를 제출하고 감축목표를 설정하여 2012년도의 이행계획서를 제출하였던 관리업체는 2013년 처음으로 이행실적에 대한 평가를 받게 되었다. 2012년에 지정되었던 관리업체는 현재 2013년도의 이행실적에 대한 평가가 진행 중에 있다.

1.2. 기존 연구 현황

Yeonsang Lee(2013)는 온실가스·에너지 목표관리제 최초 이행년도인 2012년 산업·발전 부문 관리업체의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 자료 분석을 통하여 제도 이행에 따른 성과분석을 온실가스 및 에너지 목표달성비율(Greenhouse Gas and Energy Achievement Ratio, GEAR) 지수를 사용하여 평가한 바 있다. 또한 한국환경공단(2012)은 온실가스와 에너지의 합리적인 연계 평가를 위해 관리업체의 2007~2010년도 온실가스 배출량과 에너지 사용량을 바탕으로 상관분석과 회귀분석을 통해 연계 평가 방안을 도출해 낸 바 있으며, Sue J. Lin et al.(2007), Lily Parshall et

al.(2009), Fei Li et al.(2011), Muhammad Shahbaz et al.(2011)은 각각 대만, 미국, 중국, 파키스탄의 온실가스 배출량과 에너지 사용량의 관계를 연구한 바 있다. 본 연구에서는 온실가스·에너지 목표관리제의 업종별 성과분석을 위한 도구로서 한국환경공단(2012)의 연구를 바탕으로 감축 이행이 온실가스 배출량과 에너지 사용량의 상관관계에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

1.3. 연구 목적

본 연구의 주목적은 온실가스·에너지 목표관리제의 공정배출이 존재하는 업종에서 온실가스 감축 이행이 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 미치는 영향을 파악하여, 온실가스 감축 이행이 에너지 효율 개선에 의한 온실가스 감축인지, 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축인지를 판단하는 것이다. 이를 위해 세부적으로는 첫째, 업종별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계 차이를 파악하고자 하며 둘째, 온실가스·에너지 목표관리제의 감축목표 이행이 실시된 2012년도와 그 이전 년도를 비교하여, 에너지 사용과 관계없이 온실가스가 배출되는 공정배출이 존재하는 업종에서 온실가스 감축 이행이 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

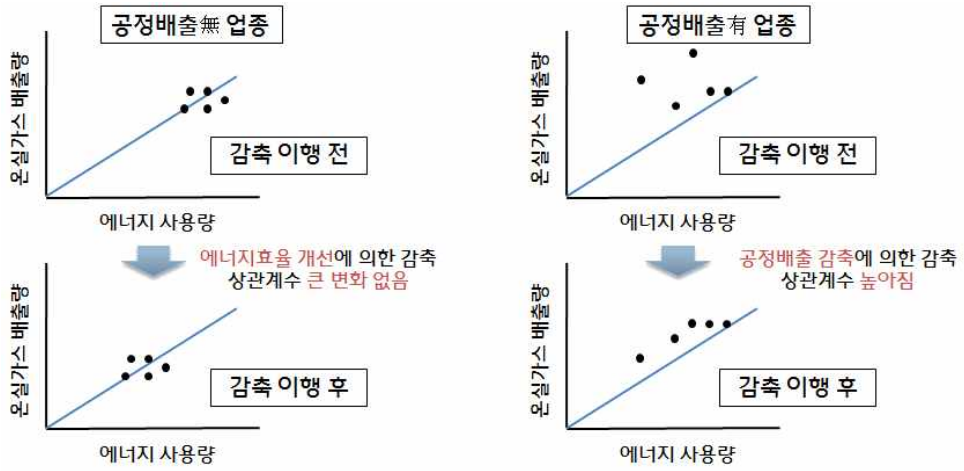

Figure 2. Purpose of study

1.4. 연구 가설

본 연구에서 설정한 가설은 다음과 같다.

1. 공정배출이 존재하지 않는 업종은 감축목표 이행이 실시된 2012년도와 그 이전년도 간에 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간에 상관관계의 차이가 없을 것이다.

2. 공정배출이 존재하는 업종은 감축이행이 실시되기 이전에는 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간에 낮은 상관관계를 보일 것이다.

3. 공정배출이 존재하는 업종은 감축목표 이행이 실시된 2012년도에 그 이전년도보다 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간에 높은 상관관계를 보일 것이다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 자료

본 연구에 사용된 자료는 온실가스 종합정보센터(GIR)에 보고된 온실가스·에너지 목표관리제 관리업체의 자료를 이용하였다. GIR에 보고된 자료에는 각 관리업체의 관장기관, 법인명, 지정업종, 매출액, 온실가스 배출량, 에너지 사용량, 검증수행기관 등의 정보를 담고 있으며, 지정업종을 통해 관리업체의 업종별 분류가 가능하다. 현재까지 2007년부터 2012년까지의 관리업체별 자료가 있으며, 2013년의 자료는 명세서의 제출과 검증이 완료되면 보고될 예정이다. 따라서 본 연구에서는 2007년부터 2012년까지의 자료를 이용하여 온실가스 감축 이행이 처음 시행된 2012년의 자료와 그 이전년도의 자료를 비교한다.

온실가스 에너지 목표관리 명세서 주요정보

2012 조회 엑셀 다운로드

본 명세서 주요정보는 추후 관장기관 수정 보완요청에 따라 변경가능합니다.(2013년 06월 29일 기준 정보임)

번호	관장기관	법인명	지정업종	매출액 (백만원)	온실가스 배출량 (tCO_2 eq)	에너지 사용량 (TJ)	검증수행기관
1	산업통상자원부	(유) 스태츠 칩팩코리아	반도체,디스플레이,전기전자	625,998,731	64,581	1,319	(주)신화엔지니어링종합건축사사무소
2	산업통상자원부	(유)에스케이씨에보닉페록사이드코리아	석유화학	44,501	47,329	911	(재)한국품질재단
3	농림축산식품부	(주) 농심	식료품 제조업	1,958,918	181,526	3,557	(재)한국품질재단
4	국토교통부	(주) 부영덕유산리조트	건물	69,000	24,930	442	(주)신화엔지니어링종합건축사사무소
5	농림축산식품부	(주)MSC	식료품 제조업	114,908	23,297	465	대일이엔씨기술(주)

Figure 3. GHG and energy target management report main information

에너지 사용량과 관계없이 온실가스가 배출되는 공정배출로 온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침에서는 광물산업, 석유정제활동, 화학산업, 금속산업, 전자산업, 폐기물의 처리 등을 제시하고 있다. 따라서 공정배출이 존재하는 업종으로는 광업, 시멘트, 요업, 정유, 석유화학, 철강, 비철금속, 반도체·디스플레이·전기전자, 제지목재, 폐기물 처리업 등으로 표본을 정하여 분석한다.

Table 1. Industry including process emissions

공정배출 해당산업	해당업종
광물산업	광업, 시멘트, 요업
석유정제활동	정유
화학산업	석유화학
금속산업	철강, 비철금속
전자산업	반도체·디스플레이·전기전자
폐기물의 처리	제지목재, 폐기물 처리업

Table 2. Industry classification by including process emissions

공정배출 포함 업종	광업, 시멘트, 요업, 정유, 석유화학, 철강, 비철금속, 반도체·디스플레이·전기전자, 제지목재, 폐기물 처리업
공정배출 미포함 업종	건물, 교통, 기계, 발전·에너지, 섬유, 식료품 제조업, 음료 제조업, 자동차, 조선, 통신

본 연구에서 분석 대상으로 한 각 연도별 관리업체 수는 업종별로 다음 표와 같다.

Table 3. Number of analysis target controlled entities by industrial classification

업종	관리업체 수					
	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
건물	33	39	39	39	40	52
광업	2	2	2	2	2	2
교통	11	11	11	11	11	15
기계	15	20	20	20	19	27
반도체·디스플레이·전기전자	30	33	34	35	34	45
발전·에너지	30	33	33	33	33	40
비철금속	19	22	23	23	21	23
석유화학	75	80	81	81	78	85
섬유	13	14	14	14	14	16
수도사업	1	1	1	1	1	3
시멘트	24	24	24	24	21	23
식료품 제조업	23	23	23	23	21	24
요업	19	19	19	19	20	26
음료 제조업	4	5	5	5	5	5
자동차	19	20	20	20	19	28
정유	4	5	5	5	5	5
제지목재	54	54	54	54	53	53
조선	8	8	8	8	8	10
철강	39	40	40	40	40	44
통신	5	6	6	6	6	7
폐기물 처리업	20	25	25	25	25	31
합계	448	484	487	488	476	564

2.2. 통계 분석

자료분석에 있어 두 변수 간의 관계에 대해 알고 싶을 때, 변수들 사이의 관계정도를 분석하기 위하여 회귀분석과 상관분석 등의 방법을 사용하게 된다. 이 두 통계기법은 서로 어느 정도 관련이 있지만 실제 사용되는 목적은 서로 다르다.

회귀분석은 변수들 간의 관계를 파악하는데 유용하며 이 기법을 사용하면 어떤 변수를 통하여 다른 변수의 값을 예측 또는 추정할 수 있다. 회귀분석방법의 착상은 영국의 과학자 Sir Francis Galton(1822-1911)이 행한 유전에 관한 연구에서 비롯되었다. 그는 부모의 신장이 크건 작건 간에 그들의 2세의 평균신장이 일반 인구의 평균치 쪽으로 복귀(revert)하게 되는 특성을 발견하였다. 그는 처음에 이 현상을 가르켜 복귀(reversion)라는 말을 사용했지만 후에 회귀(regression)라 했다.

한편 상관분석은 변수들 간 관계의 강도를 측정하는 것이다. 어떤 자료에서 상관수치를 산출한다는 것은 변수 간 상관관계의 정도에 관심을 갖는다는 의미가 된다. 상관분석의 용어와 개념도 Galton에 기원하는데, 즉 1888년에 그는 Correlation이라는 용어를 사용했다. 상관관계의 정도는 0에서 ±1 사이로 나타나며, ±1에 가까울수록 상관관계는 높아지고 0에 가까울수록 상관관계는 낮아진다. 즉, 변화의 강도는 절대값이 1에 가까울수록 높고, 변화의 방향은 +는 정의 방향, -는 음의 방향이라고 한다.

두 변수 간의 관계를 연구하는데 통상 도움이 되는 첫 번째 단계는 자료의 산점도(scatter diagram)를 그려보는 것이다. 이를 위해 수집된 데이터를 바탕으로 온실가스 배출량과 에너지 사용량의 관계를 분석하기 위한 첫 번째 단계로 자료의 산점도를 그려보았다. 수집된 자료를 업종별, 연도별로 나누어 에너지 사용량(x축)과 온실가스 배출량(y축)의 산점도를 그려봄으로써 자료의 분포와 특성을 확인하였다.

두 번째 단계로 두 변수 간 상관분석을 실시하였다. 상관분석으로 사용되는 방법은 Pearson 상관분석과 Spearman 상관분석으로 Pearson 상관분

석은 수집된 자료의 상관성을 보고자 하는 두 변수가 모두 정규분포를 따르거나 한 변수만 정규분포를 따르거나 자료수가 충분히 많을 때 사용하는 방법이다. Spearman 상관분석은 두 변수가 모두 정규분포를 따르지 않거나 자료수가 충분히 많지 않은 경우 사용하는 방법으로, 변수 내에서의 데이터 순위를 이용하여 상관분석하는 방법이다. 앞서 실시한 산점도 분석에서 수집된 자료의 에너지 사용량과 온실가스 배출량의 분포와 특성을 살펴보았을 때, 두 변수가 모두 정규분포를 따르지 않았으며 동일한 업종, 연도의 자료수가 충분히 많지 않아 두 변수의 상호 연계성을 분석하기 위해 Spearman 상관분석을 실시하였다.

세 번째 단계로 1개의 종속변수와 1개의 독립변수 사이의 관계를 분석하는 단순회귀분석을 실시하였다. 단순회귀분석은 두 연속형 변수 간의 인과관계를 수학적 모델인 선형관계식으로 도출하여 어떤 독립변수가 주어졌을 때, 이에 따른 종속변수를 예측할 수 있도록 한다. 수집된 데이터의 온실가스 배출량과 에너지 사용량은 모두 연속형 변수이며 에너지 사용량이 0일 때, 온실가스 배출량 또한 0일 것으로 기대되기 때문에 분석에서 사용된 단순회귀식은 원점 (0, 0)을 지나는 관계식으로 가정하였다.

마지막으로 2012년도와 그 이전년도 간의 상관계수의 차이를 검정하기 위해서 상관계수를 Fisher Z 변환한 후 2007년~2011년 상관계수의 평균과 2012년의 상관계수 값이 유의미하게 다른지를 알아보기 위하여 t-test를 실시하였다. Fisher Z 변환은 다음 식에 의해서 이루어진다. 모든 분석은 R 3.0.2를 이용하였다.

$$z = \frac{1}{2} \times \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right) \qquad r : \text{상관계수}$$

3. 결과

업종별 상관관계의 차이를 살펴보기 위해 온실가스 종합정보센터에 공개되어 있는 각 관리업체의 온실가스 배출량 총량과 에너지 사용량 총량 데이터로 업종별 관리업체의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수 값을 구하고, x축을 에너지 사용량, y축을 온실가스 배출량으로 하여, 에너지 사용량이 0일 때 온실가스 배출량도 0이기 때문에 y절편이 없이 (0, 0)을 지나는 회귀직선을 그래프로 나타내었다. 그래프 좌측 상단에 상관계수 값과 그 유의성, 회귀직선의 방정식, N수를 표기하였다. 유의성은 95% 신뢰구간 내에서 p-value가 0.05 이하인 경우 유의성의 수준을 판단하였다. Figure 4~23은 분석 결과인 각 업종별 관리업체의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 연도별 산점도이다.

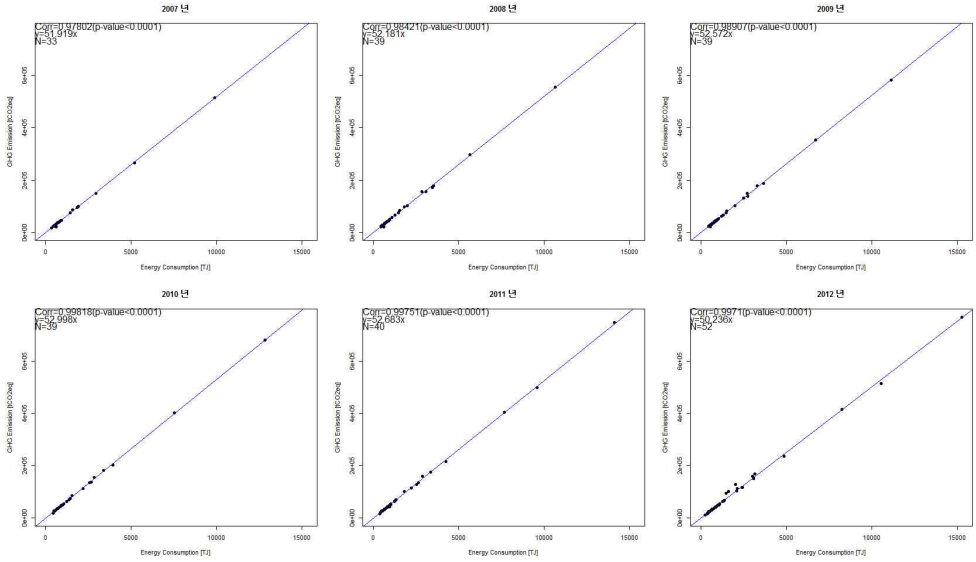

Figure 4. Relationship between GHG emission and energy consumption in building industry

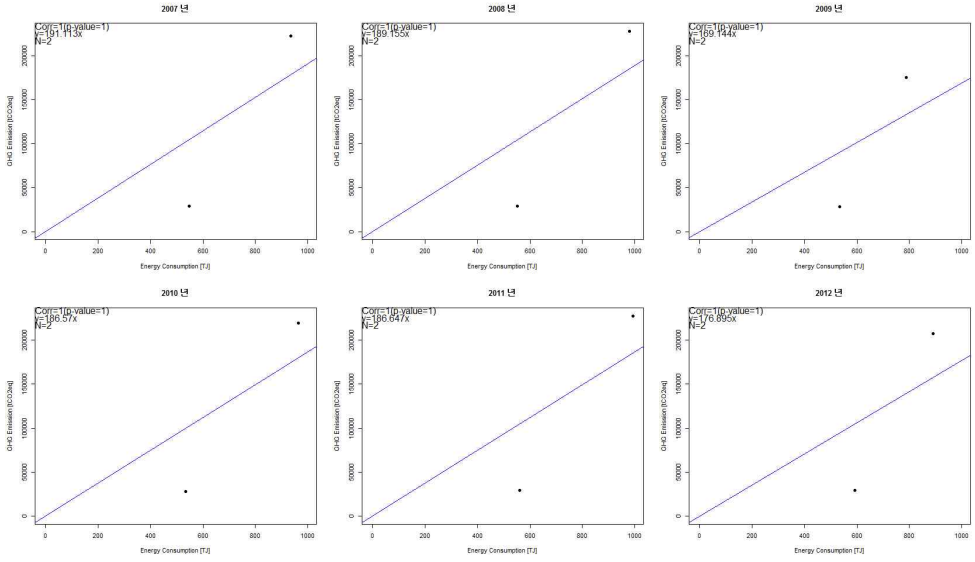

Figure 5. Relationship between GHG emission and energy consumption in mining industry

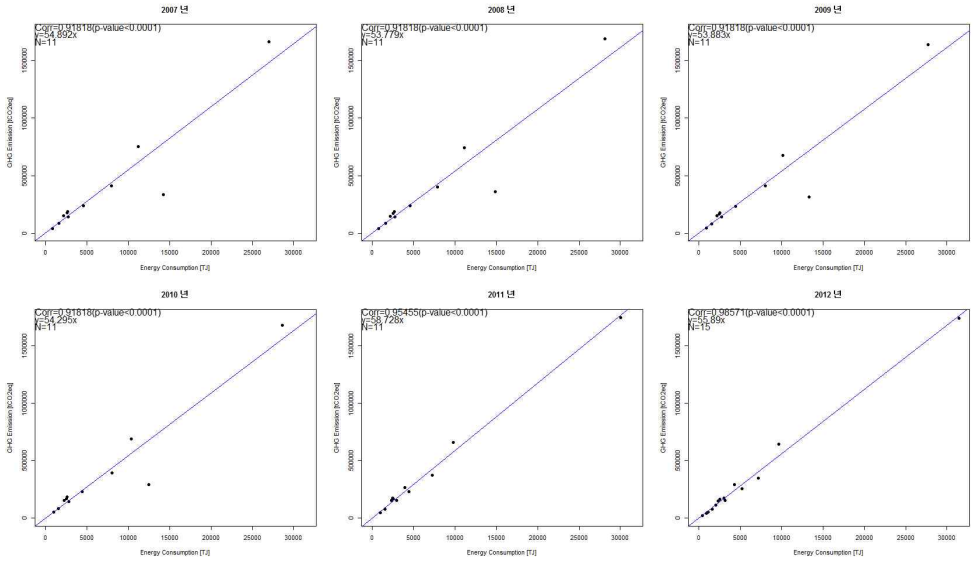

Figure 6. Relationship between GHG emission and energy consumption in transportation industry

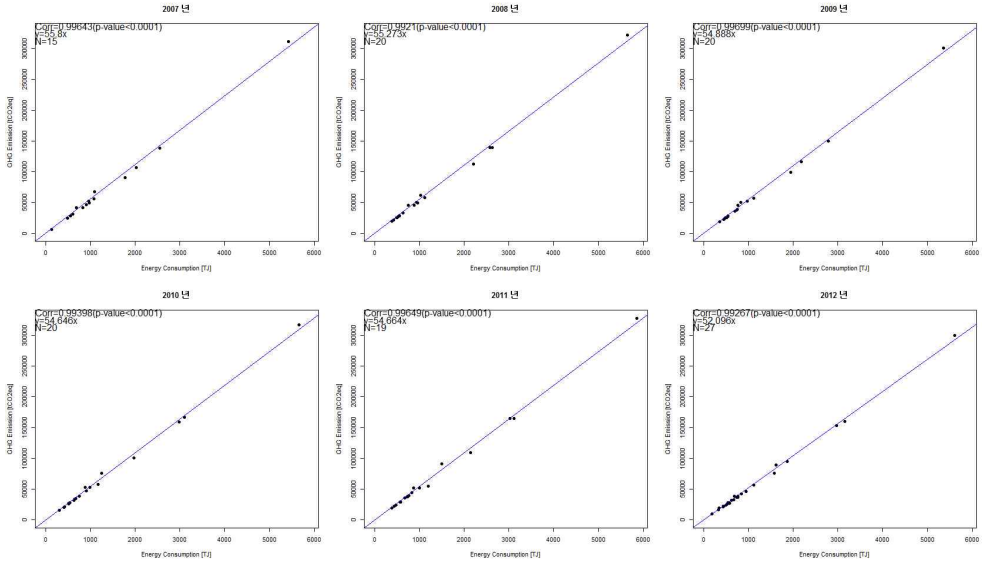

Figure 7. Relationship between GHG emission and energy consumption in machinery industry

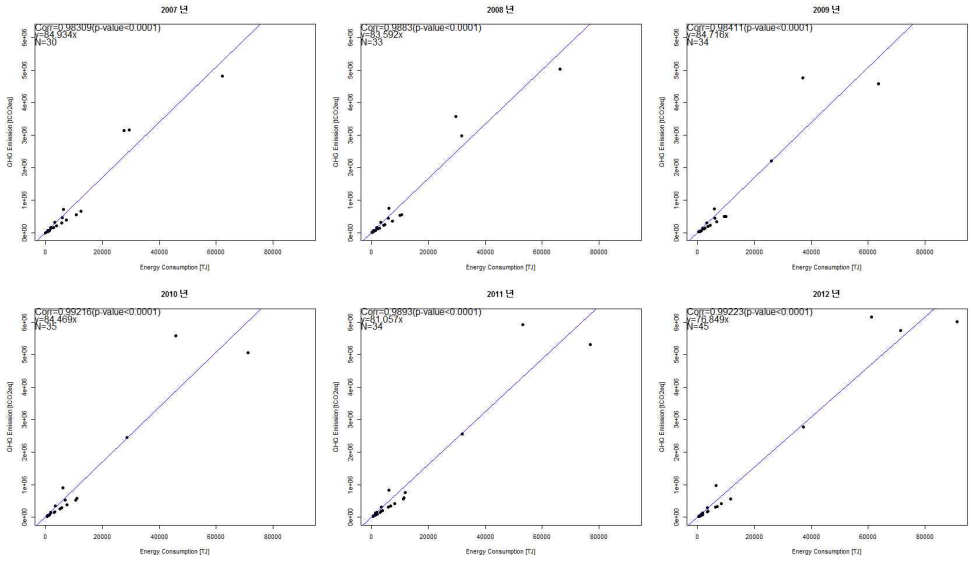

Figure 8. Relationship between GHG emission and energy consumption in semiconductor, display industry

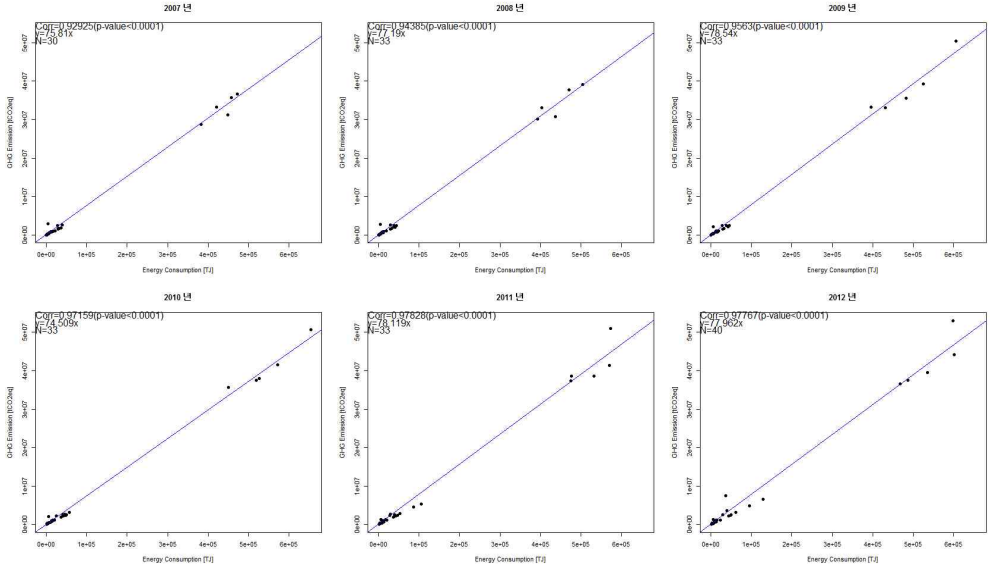

Figure 9. Relationship between GHG emission and energy consumption in electricity industry

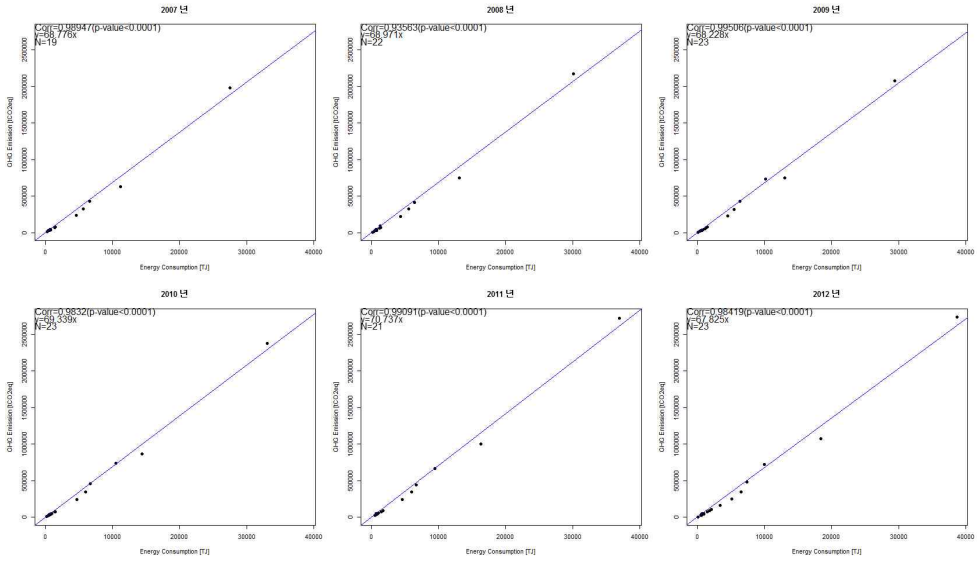

Figure 10. Relationship between GHG emission and energy consumption in nonferrous industry

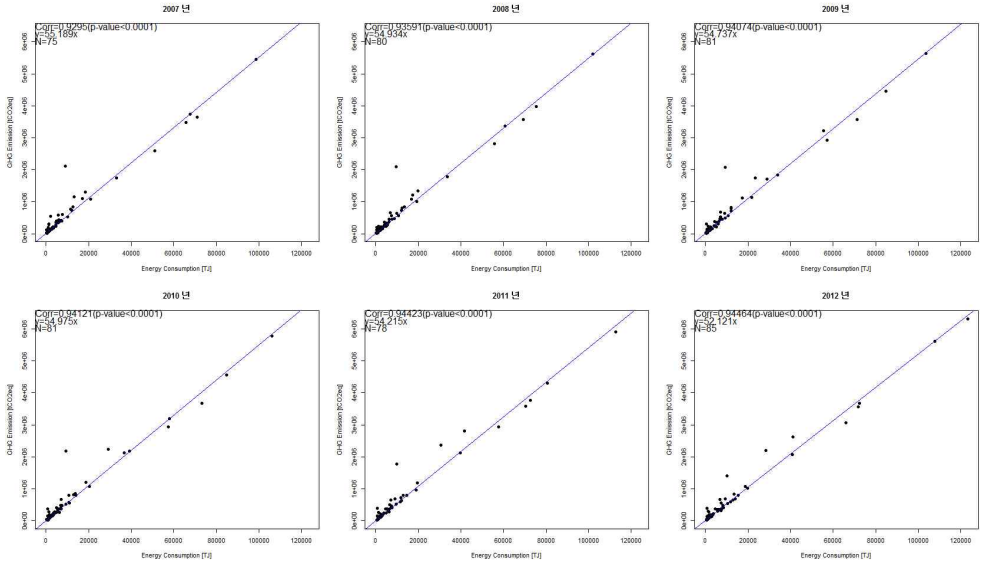

Figure 11. Relationship between GHG emission and energy consumption in petrochemical industry

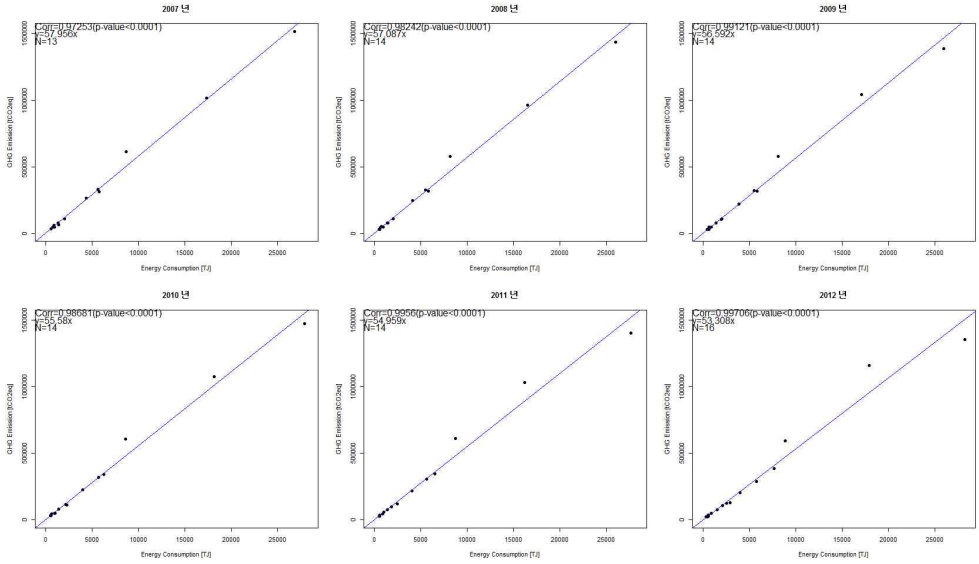

Figure 12. Relationship between GHG emission and energy consumption in textile industry

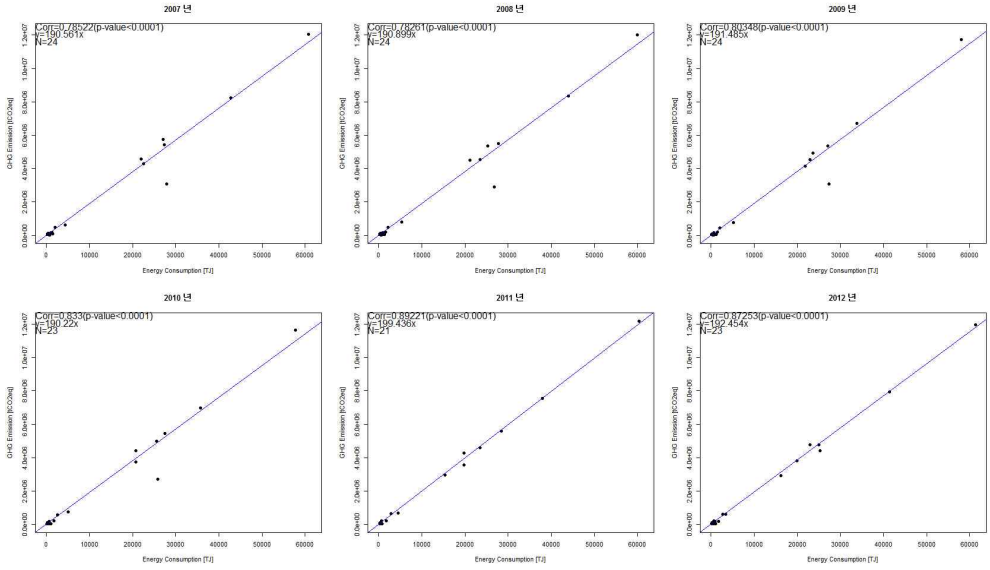

Figure 13. Relationship between GHG emission and energy consumption in cement industry

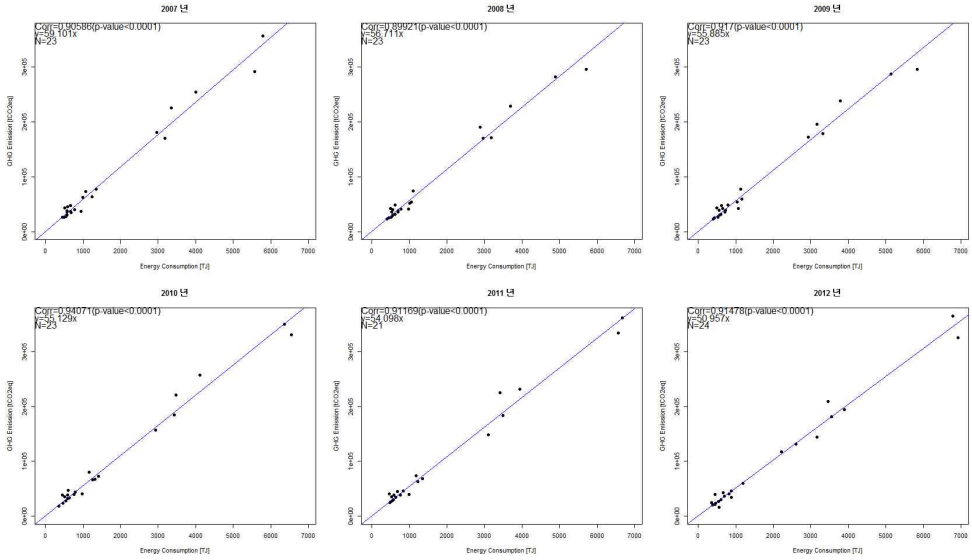

Figure 14. Relationship between GHG emission and energy consumption in food industry

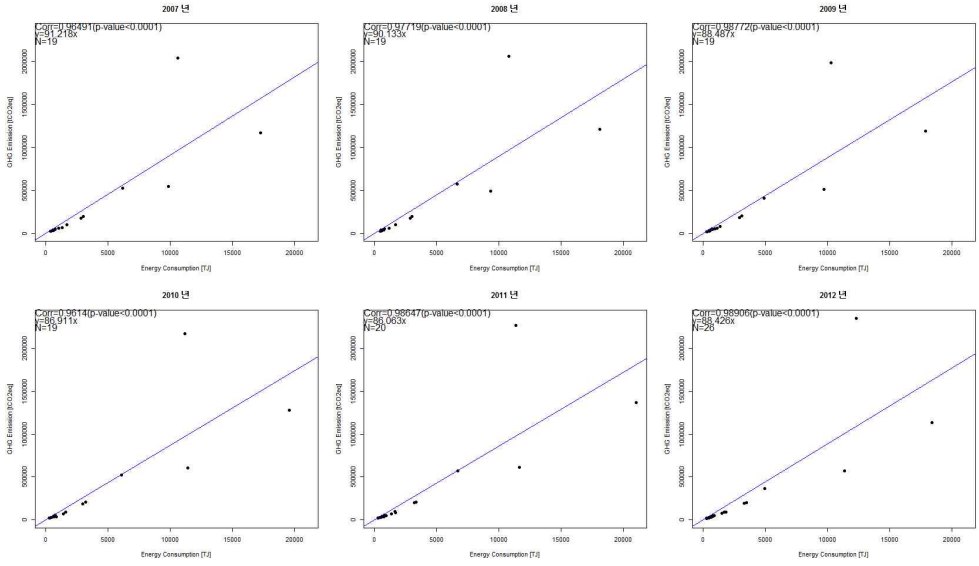

Figure 15. Relationship between GHG emission and energy consumption in ceramic industry

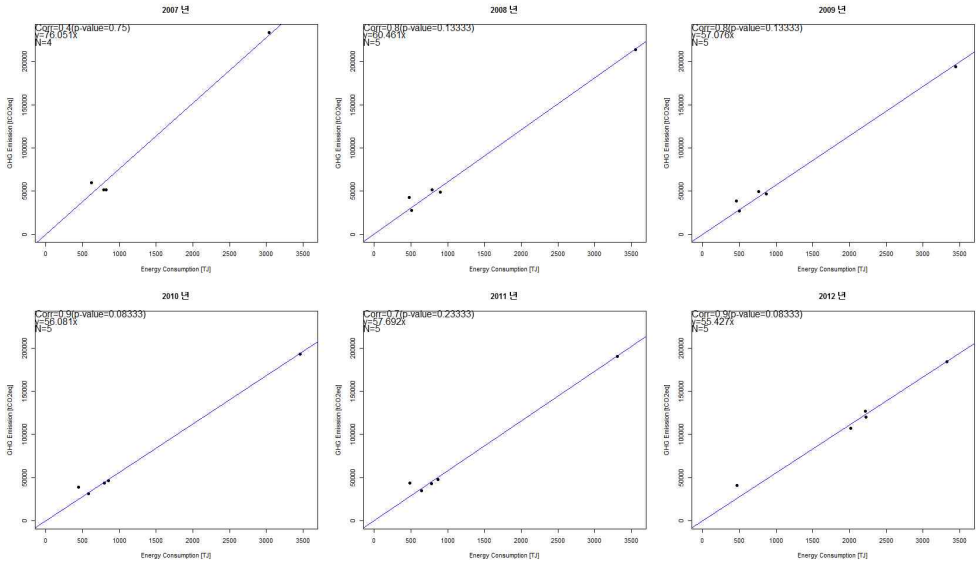

Figure 16. Relationship between GHG emission and energy consumption in drink industry

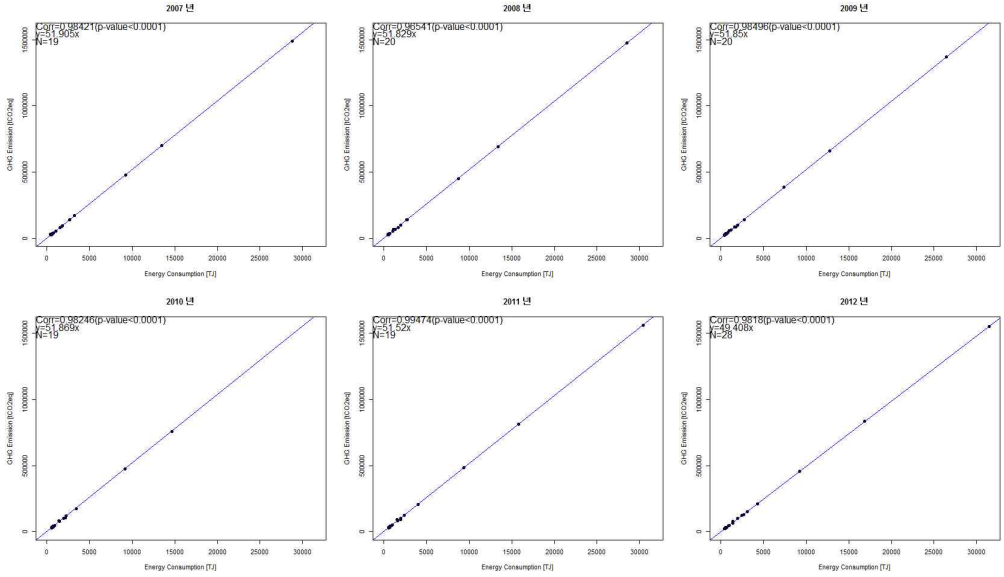

Figure 17. Relationship between GHG emission and energy consumption in automobile industry

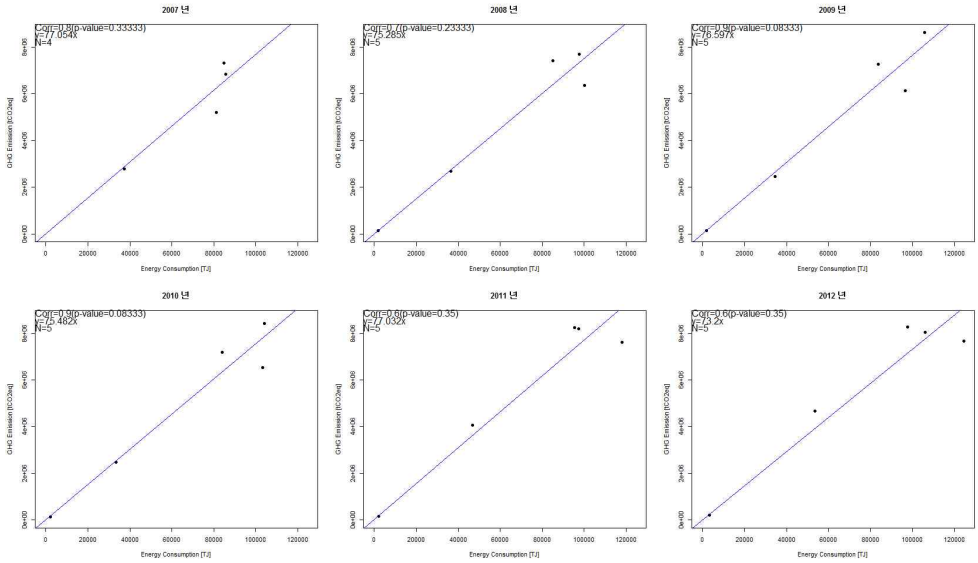

Figure 18. Relationship between GHG emission and energy consumption in oil refining industry

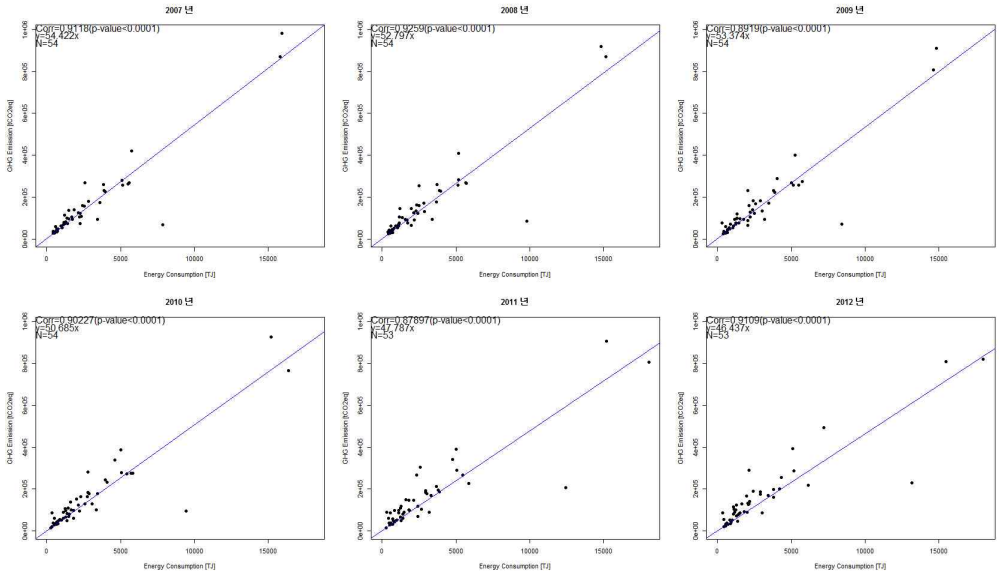

Figure 19. Relationship between GHG emission and energy consumption in paper industry

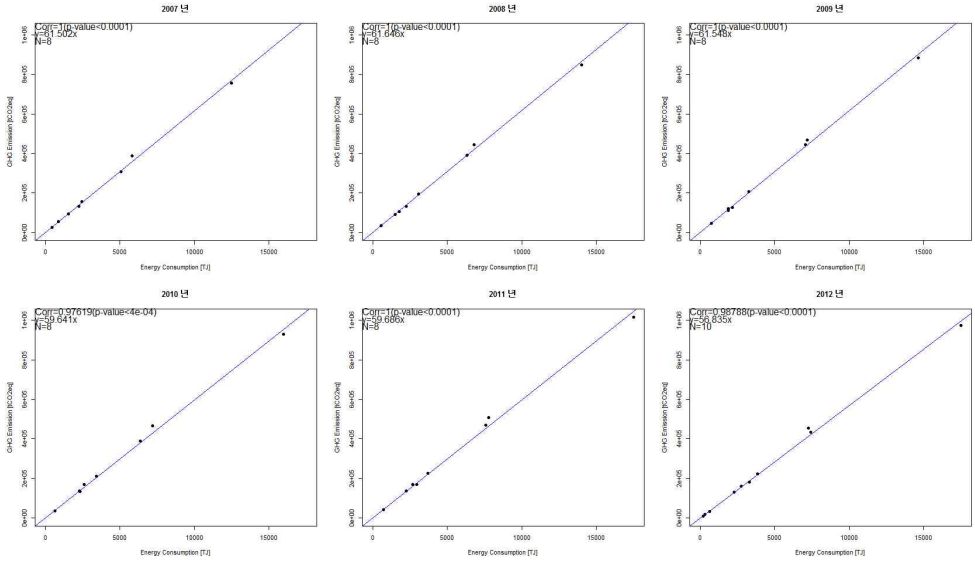

Figure 20. Relationship between GHG emission and energy consumption in shipbuilding industry

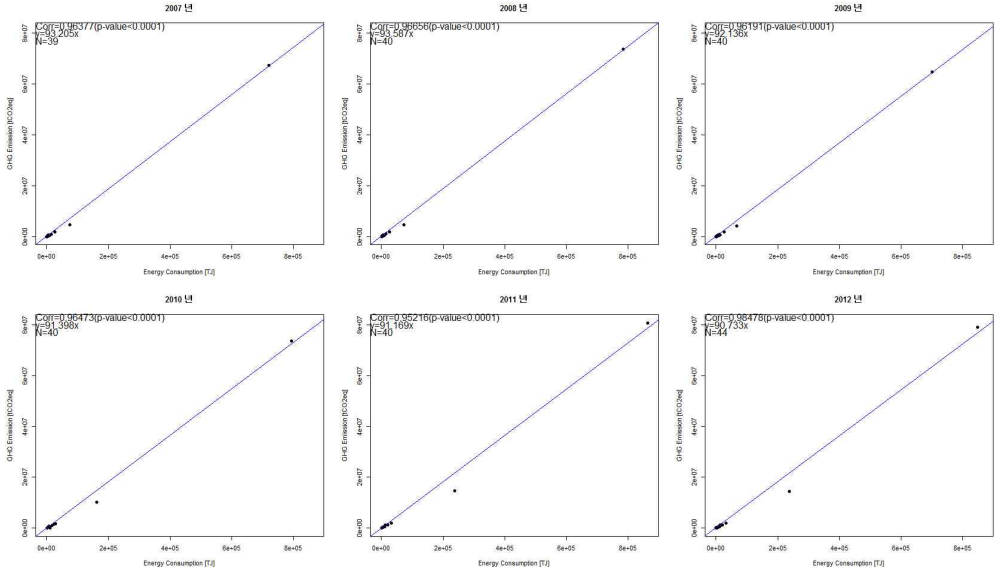

Figure 21. Relationship between GHG emission and energy consumption in steel industry

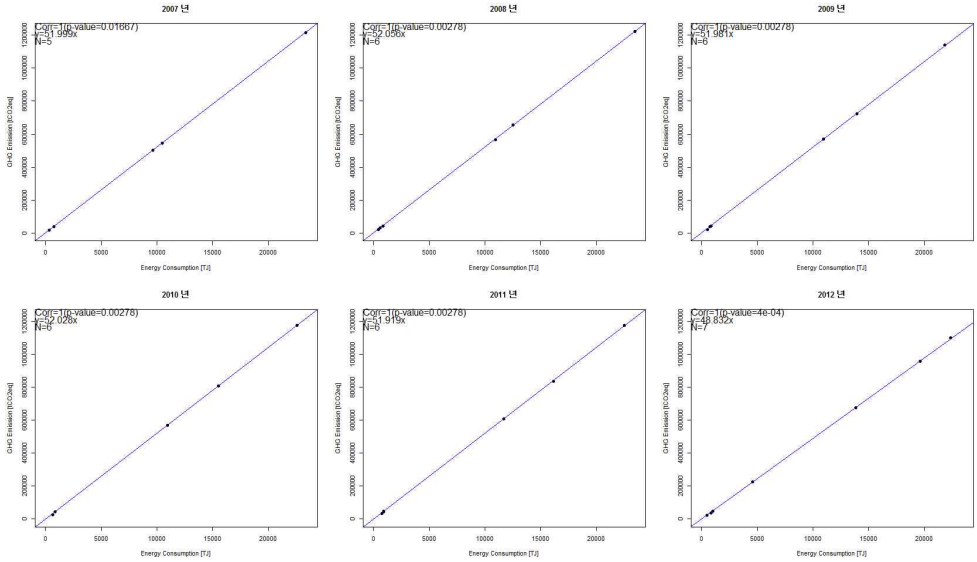

Figure 22. Relationship between GHG emission and energy consumption in communication industry

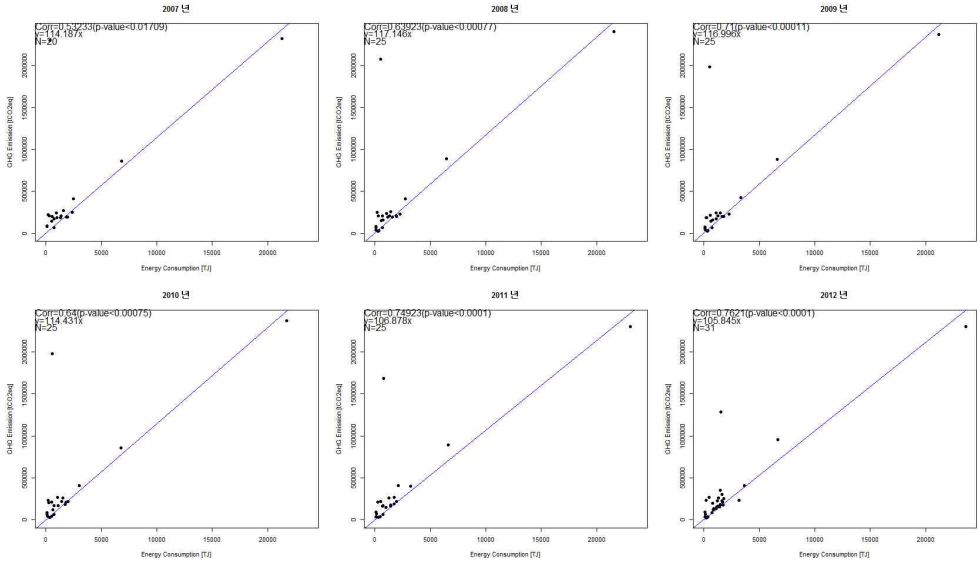

Figure 23. Relationship between GHG emission and energy consumption in waste industry

건물 업종은 공정배출이 존재하지 않는 업종으로 에너지 사용량이 곧 온실가스 배출량이라고 볼 수 있어 높은 상관관계를 나타내었고, 대부분의 점들이 회귀직선에 근접하게 분포하였다(Figure 4).

광업 업종에서는 관리업체의 수가 2개 업체 밖에 없는 관계로 상관분석의 유의성이 떨어져 분석하는 데에 한계가 있었다(Figure 5).

교통 업종은 공정배출이 존재하지 않는 다른 업종에 비해 상대적으로 상관계수가 낮은 것으로 나타나는데, 그 이유는 교통 업종 내에서도 육상, 철도, 항공 등 다양한 유형의 업체가 존재하여 그 특성이 다르기 때문이다. 특히 항공과 관련된 업체들의 특성이 특이하여 상관관계에 영향을 미친 것으로 판단된다(Figure 6).

기계 업종 또한 공정배출이 존재하지 않는 업종으로 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출이 대부분으로 높은 상관관계를 나타내었고, 대부분의 점들이 회귀직선에 근접하게 분포하였다(Figure 7).

반도체·디스플레이·전기전자 업종은 공정배출이 존재하는 업종임에도 불구하고 상관관계가 높은 것으로 나타났는데, 그 이유는 공정배출에 비하여 에너지 사용에 의한 온실가스 배출의 비중이 높아 공정배출이 상관관계에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다(Figure 8).

발전·에너지 업종은 대부분의 배출시설이 연료 연소에 의한 시설로서 온실가스 배출은 거의 에너지 사용에 기인한다고 할 수 있다. 따라서 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간에 높은 상관관계를 나타내었다(Figure 9).

비철금속 업종은 반도체·디스플레이·전기전자 업종과 마찬가지로 공정배출이 존재하는 업종임에도 불구하고 상관관계가 높은 것으로 나타났고, 그 이유 또한 역시 공정배출에 비하여 에너지 사용에 의한 온실가스 배출의 비중이 높아 공정배출이 상관관계에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다(Figure 10).

석유화학 업종은 공정배출이 존재하는 업종으로 공정배출에 의한 온실가스 배출량의 영향으로 상대적으로 낮은 상관관계를 보였다. 산점도 상에서 회귀직선에서 벗어나 분포하는 점들도 다수 존재하였다(Figure 11).

섬유 업종은 공정배출이 존재하지 않는 업종으로 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출이 대부분으로 높은 상관관계를 나타내었고, 대부분의 점들이 회귀직선에 근접하게 분포하였다(Figure 12).

수도사업은 2007년부터 2011년까지의 관리업체 수가 1개 업체로 상관관계 분석이 불가능하였다.

시멘트 업종은 공정배출이 존재하는 업종으로 공정배출에 의한 온실가스 배출량의 영향으로 낮은 상관관계를 나타내었다. 산점도 상에서 회귀직선에서 벗어나 분포하는 점들도 다수 존재하였다(Figure 13).

식료품 제조업 업종은 공정배출이 존재하지 않는 업종임에도 불구하고 상대적으로 낮은 상관관계를 보였다(Figure 14). 이는 바이오매스 사용에 따른 온실가스 배출량 산정 시, 이산화탄소의 직접배출량은 총 배출량 산정에 포함시키지 않고, 에너지 사용량은 포함시키기 때문에 바이오매스와 관련된 시설이 상관관계에 영향을 미친 것으로 판단된다(한국환경공단, 2012).

요업 업종은 반도체·디스플레이·전기전자 업종과 마찬가지로 공정배출이 존재하는 업종임에도 불구하고 상관관계가 높은 것으로 나타났고, 그 이유 또한 역시 공정배출에 비하여 에너지 사용에 의한 온실가스 배출의 비중이 높아 공정배출이 상관관계에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 산점도 상에서 회귀직선에서 벗어나 분포하는 점들이 존재하였으나, 회귀직선 양측에 고르게 분포하여 상관관계에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다(Figure 15).

음료 제조업 업종은 관리업체의 수가 4~5개 업체로 그 수가 적어 상관관계의 유의성이 낮게 나타났다(Figure 16).

자동차 업종은 공정배출이 존재하지 않는 업종으로 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출이 대부분으로 높은 상관관계를 나타내었고, 대부분의 점들이 회귀직선에 근접하게 분포하였다(Figure 17).

정유 업종은 음료 제조업과 마찬가지로 관리업체의 수가 4~5개 업체로 그 수가 적어 상관관계의 유의성이 낮게 나타났다(Figure 18).

제지목재 업종은 공정배출이 존재하는 업종으로 공정배출에 의한 온실가스 배출량의 영향으로 낮은 상관관계를 나타내었다. 산점도 상에서 회귀직선에서 벗어나 분포하는 점들도 다수 존재하였다(Figure 19).

조선 업종은 공정배출이 존재하지 않는 업종으로 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출이 대부분으로 높은 상관관계를 나타내었고, 대부분의 점들이 회귀직선에 근접하게 분포하였다(Figure 20).

철강 업종은 공정배출이 존재하는 업종으로 공정배출에 의한 온실가스 배출량의 영향으로 상대적으로 낮은 상관관계를 나타내었다. 산점도 상에서 회귀직선에 벗어나는 점은 많지 않으나, 타 업체에 비해 포스코 등의 온실가스 배출량이 월등히 많아 온실가스 배출량이 큰 업체의 산점도 분포가 상관관계에 영향을 미친 것으로 판단된다(Figure 21).

통신 업종은 공정배출이 존재하지 않는 업종으로 에너지 사용으로 인한 온실가스 배출이 대부분으로 높은 상관관계를 나타내었고, 대부분의 점들이 회귀직선에 근접하게 분포하였다(Figure 22).

폐기물 처리업 업종은 공정배출이 존재하는 업종으로 공정배출에 의한 온실가스 배출량의 영향으로 낮은 상관관계를 나타내었다. 산점도 상에서 회귀직선에서 벗어나 분포하는 점들도 다수 존재하였다. 특히 매립에 의한 온실가스 배출의 영향이 커서 y축에 근접하게 분포하는 점이 존재하는 것이 특징이다(Figure 23).

Table 4. Correlation coefficient between GHG emission and energy consumption of controlled entities by industrial classification

업종	상관계수					
	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
건물	0.97802	0.98421	0.98907	0.99818	0.99751	0.99710
광업	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
교통	0.91818	0.91818	0.91818	0.91818	0.95455	0.98571
기계	0.99643	0.99210	0.99699	0.99398	0.99649	0.99267
반도체·디스플레이·전기전자	0.98309	0.98830	0.98411	0.99216	0.98930	0.99223
발전·에너지	0.92925	0.94385	0.95630	0.97159	0.97828	0.97767
비철금속	0.98947	0.93563	0.99506	0.98320	0.99091	0.98419
석유화학	0.92950	0.93591	0.94074	0.94121	0.94423	0.94464
섬유	0.97253	0.98242	0.99121	0.98681	0.99560	0.99706
수도사업	-	-	-	-	-	1.00000
시멘트	0.78522	0.78261	0.80348	0.83300	0.89221	0.87253
식료품 제조업	0.90586	0.89921	0.91700	0.94071	0.91169	0.91478
요업	0.96491	0.97719	0.98772	0.96140	0.98647	0.98906
음료 제조업	0.40000	0.80000	0.80000	0.90000	0.70000	0.90000
자동차	0.98421	0.96541	0.98496	0.98246	0.99474	0.98180
정유	0.80000	0.70000	0.90000	0.90000	0.60000	0.60000
제지목재	0.91180	0.92590	0.89190	0.90227	0.87897	0.91090
조선	1.00000	1.00000	1.00000	0.97619	1.00000	0.98788
철강	0.96377	0.96656	0.96191	0.96473	0.95216	0.98478
통신	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
폐기물 처리업	0.53233	0.63923	0.71000	0.64000	0.74923	0.76210

Table 4는 각 업종별 연도별 상관분석 결과를 나타낸 표이다.

건물 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.97802, 2008년 0.98421, 2009년 0.98907, 2010년 0.99818, 2011년 0.99751, 2012년 0.99710으로 상대적으로 높은 상관관계를 보였으며, 연도에 따라 상관관계가 점차 높아지는 경향을 보였다.

광업 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년~2012년 모두 1이었으나, 관리업체의 수가 2개 업체 밖에 존재하지 않아 상관계수의 유의성이 낮게 나타났다.

교통 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년~2010년은 0.91818, 2011년 0.95455, 2012년 0.98571로 상대적으로 평이한 상관관계를 보였으며, 2007년~2010년보다 2011년, 2012년에 상관관계가 높아지는 경향을 보였다. 교통 업종은 공정배출이 존재하지 않는 업종임에도 불구하고 상대적으로 평이한 상관관계를 보이는 이유는 교통 업종 내에서도 육상, 철도, 항공 등 다양한 유형의 업체가 존재하여 그 특성이 다르기 때문이다.

기계 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.99643, 2008년 0.99210, 2009년 0.99699, 2010년 0.99398, 2011년 0.99649, 2012년 0.99267로 공정배출이 존재하지 않는 업종으로서 높은 상관관계를 보였으며, 연도에 따른 상관관계의 차이는 큰 차이를 보이지 않았다.

반도체·디스플레이·전기전자 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.98309, 2008년 0.98830, 2009년 0.98411, 2010년 0.99216, 2011년 0.98930, 2012년 0.99223으로 공정배출이 존재하는 업종임에도 불구하고 상대적으로 높은 상관관계를 나타내었다. 이는 반도체·디스플레이·전기전자 업종에서는 공정배출에 비하여 에너지 사용에 의한 온실가스 배출의 비중이 높아 공정배출이 상관관계에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 연도에 따른 상관관계의 차이는 전체적으로 점차 높아지는 경향으로 나타났다.

발전·에너지 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.92925, 2008년 0.94385, 2009년 0.95630, 2010년 0.97159, 2011년 0.97828, 2012년 0.97767로 상대적으로 평이한 상관관계를 보였으며, 연도에 따라 상관관계가 점차 높아지는 경향을 보였다.

비철금속 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.98947, 2008년 0.93563, 2009년 0.99506, 2010년 0.98320, 2011년 0.99091, 2012년 0.98419로 상관계수의 높고 낮음이 일정하지 않았다. 이는 비철금속 업종이 공정배출이 존재하는 업종으로서 연도에 따라 공정배출의 온실가스 배출량이 상관관계에 미치는 영향이 달랐던 것으로 판단된다.

석유화학 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.92950, 2008년 0.93591, 2009년 0.94074, 2010년 0.94121, 2011년 0.94423, 2012년 0.94464로 상대적으로 낮은 상관관계를 보였으며, 이는 석유화학 업종이 공정배출이 존재하는 업종이기 때문인 것으로 기인된다. 연도에 따른 상관관계의 차이는 미세하게 높아지는 경향을 보였다.

섬유 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.97253, 2008년 0.98242, 2009년 0.99121, 2010년 0.98681, 2011년 0.99560, 2012년 0.99706으로 공정배출이 존재하지 않는 업종으로서 높은 상관관계를 보였으며, 연도에 따른 상관관계의 차이는 큰 차이를 보이지 않았다.

수도사업 업종은 관리업체의 수가 2007년~2011년에 1개 업체 밖에 존재하지 않아 상관분석이 불가능하였고, 2013년에는 분석 대상 업체가 3개 업체로 상관계수는 1이었으나 그 유의성이 낮게 나타났다.

시멘트 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.78522, 2008년 0.78261, 2009년 0.80348, 2010년 0.83300, 2011년 0.89221, 2012년 0.87253으로 공정배출이 존재하는 업종이기 때문에 상관관계가 매우 낮게 나타났다. 반도체·디스플레이·전기전자 업종과 달리 시멘트 업종에서는 전체 온실가스 배출량 중 공정배출에 의한 온실가스 배

출량의 비중이 커서 상관관계에 영향을 많이 미친 것으로 판단되고, 연도에 따라 공정배출에 의한 온실가스 감축으로 상관관계가 높아지는 경향을 보였다.

식료품 제조업 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.90586, 2008년 0.89921, 2009년 0.91700, 2010년 0.94071, 2011년 0.91169, 2012년 0.91478로 상대적으로 낮은 상관관계를 보였으며, 이는 공정배출 이외에도 다른 영향이 있을 것으로 판단된다. 이는 바이오매스 사용에 따른 온실가스 배출량 산정 시, 이산화탄소의 직접배출량은 총 배출량 산정에 포함시키지 않고, 에너지 사용량은 포함시키기 때문에 바이오매스와 관련된 시설이 상관관계에 영향을 미친 것으로 판단된다(한국환경공단, 2012). 연도에 따른 상관계수의 차이는 큰 차이를 보이지 않았다.

요업 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.96491, 2008년 0.97719, 2009년 0.98772, 2010년 0.96140, 2011년 0.98647, 2012년 0.98906으로 공정배출이 존재하는 업종임에도 불구하고 상대적으로 높은 상관관계를 나타내었다. 이는 반도체·디스플레이·전기전자 업종과 마찬가지로 요업 업종에서는 공정배출에 비하여 에너지 사용에 의한 온실가스 배출의 비중이 높아 공정배출이 상관관계에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 연도에 따른 상관관계의 차이는 전체적으로 점차 높아지는 경향으로 나타났다.

음료 제조업 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.4, 2008년 0.8, 2009년 0.8, 2010년 0.9, 2011년 0.7, 2012년 0.9로 나타났으나, 관리업체의 수가 4~5개 업체로 그 수가 적어 상관관계의 유의성이 낮게 나타났다.

자동차 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.98421, 2008년 0.96541, 2009년 0.98496, 2010년 0.98246, 2011년 0.99474, 2012년 0.98180으로 공정배출이 존재하지 않는 업종으로서 상대적으로 높은 상관관계를 보였으며, 연도에 따른 상관관계의 차이는 큰 차

이를 보이지 않았다.

정유 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.8, 2008년 0.7, 2009년 0.9, 2010년 0.9, 2011년 0.6, 2012년 0.6으로 나타났으나, 관리업체의 수가 4~5개 업체로 그 수가 적어 상관관계의 유의성이 낮게 나타났다.

제지목재 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.91180, 2008년 0.92590, 2009년 0.89190, 2010년 0.90227, 2011년 0.87897, 2012년 0.91090으로 상대적으로 낮은 상관관계를 보였으며, 이는 제지목재 업종이 공정배출이 존재하는 업종이기 때문인 것으로 기인된다. 연도에 따른 상관관계의 차이는 높고 낮음의 경향이 일정하지 않았는데 이는 제지목재 업종이 공정배출이 존재하는 업종으로서 연도에 따라 공정배출의 온실가스 배출량이 상관관계에 미치는 영향이 달랐던 것으로 판단된다.

조선 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 1.0, 2008년 1.0, 2009년 1.0, 2010년 0.97619, 2011년 1.0, 2012년 0.98788로 공정배출이 존재하지 않는 업종으로서 높은 상관관계를 보였으며, 연도에 따른 상관관계의 차이는 큰 차이를 보이지 않았다.

철강 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.96377, 2008년 0.96656, 2009년 0.96191, 2010년 0.96473, 2011년 0.95216, 2012년 0.98478로 상대적으로 낮은 상관관계를 보였으며, 이는 철강 업종이 공정배출이 존재하는 업종이기 때문인 것으로 기인된다. 연도에 따른 상관관계의 차이는 큰 차이를 보이지 않았다.

통신 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년~2012년 모두 1이었다. 이는 통신 업종에서는 대부분의 온실가스 배출량이 전력 사용에 의한 것으로, 전력 사용에 의한 에너지 사용량이 곧 온실가스 배출량이었음을 의미한다고 할 수 있다.

폐기물 처리업 업종의 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수는 2007년 0.53233, 2008년 0.63923, 2009년 0.71000, 2010년 0.64000,

2011년 0.74923, 2012년 0.76210으로 공정배출이 존재하는 업종이기 때문에 상관관계가 매우 낮게 나타났다. 폐기물 처리업 업종에서는 전체 온실가스 배출량 중 공정배출에 의한 온실가스 배출량의 비중이 커서 상관관계에 영향을 많이 미친 것으로 판단되고, 연도에 따라 공정배출에 의한 온실가스 감축으로 상관관계가 높아지는 경향을 보였다.

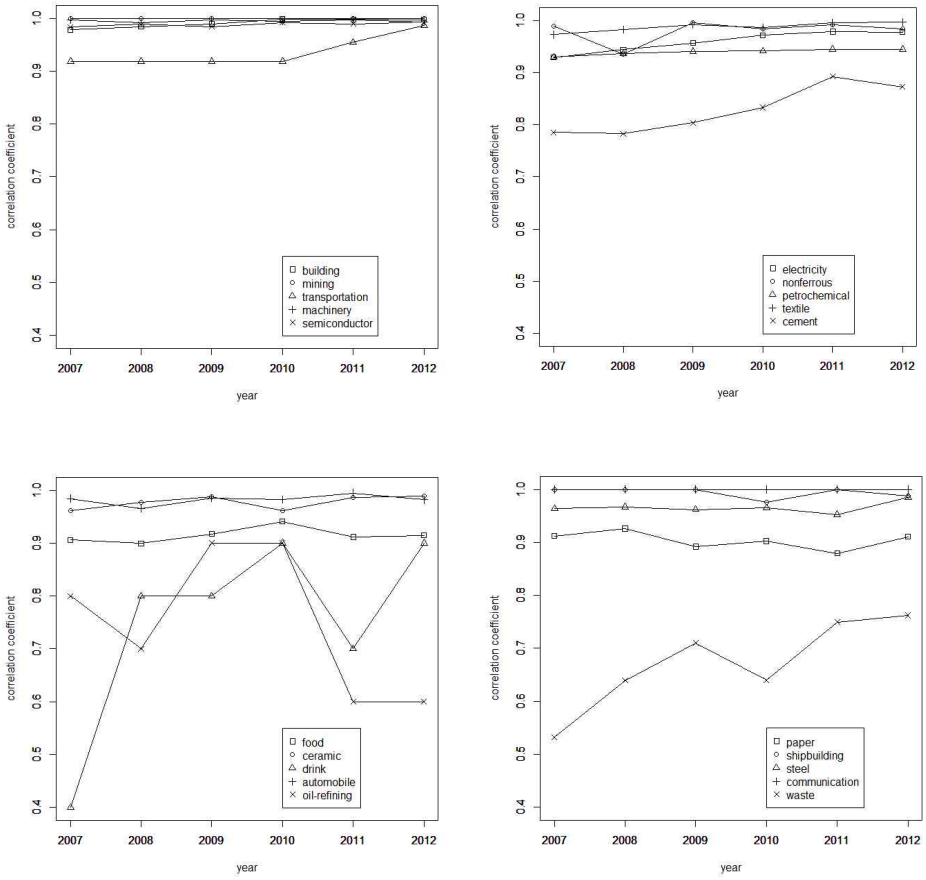

Figure 24. Time trend of correlation coefficient between GHG emission and energy consumption by industrial classification

Figure 24는 각 업종별로 연도별 상관관계의 추이를 살펴본 그림이다. 각 업종 중 광업, 음료 제조업, 정유 업종은 상관관계의 유의성이 낮았기 때문에 분석 대상에서 제외하고, 상관계수의 높고 낮음을 비교하면 시멘트, 제지목재, 폐기물 처리업 업종이 타 업종에 비해서 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 공정배출이 존재하는 업종 중 요업, 석유화학, 철강, 비철금속, 반도체·디스플레이·전기전자 업종은 상관관계가 공정배출이 존재하

지 않는 업종과 크게 다르지 않았다. 이는 전술한 바와 같이 공정배출에 비하여 에너지 사용에 의한 온실가스 배출의 비중이 높아 공정배출이 상관관계에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 상관관계가 높은 업종은 연도별 상관계수의 차이가 크지 않은 것으로 나타났고, 상관관계가 낮은 업종 중 시멘트, 폐기물 처리업 업종은 연도에 따라 상관계수가 점차 높아지는 경향을 보였다. 이는 시멘트, 폐기물 처리업 업종이 공정배출에 의한 온실가스 감축이 상관계수의 추이에 영향을 미친 것으로 보인다. 반면 제지목재 업종에서는 연도에 따라 상관계수의 변화가 크지 않았다.

위와 같이 각 업종별로 연도별 상관계수를 구하여 연도에 따른 상관계수의 증감 추이를 살펴보았으나, 2012년도와 그 이전년도 간의 상관계수의 차이를 검정하기 위해서는 상관계수를 Fisher Z 변환한 후 2007년~2011년 상관계수의 평균과 2012년의 상관계수 값이 유의미하게 다른지를 알아보기 위하여 t-test를 실시할 필요가 있다. 우선 Table 5와 같이 Table 4의 상관계수를 Fisher Z 변환하였다.

Table 5. Correlation coefficient between GHG emission and energy consumption of controlled entities by industrial classification after Fisher Z transformation

업종	상관계수의 Fisher Z 변환 값					
	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
건물	2.24986	2.41680	2.60196	3.50058	3.34369	3.26737
광업	-	-	-	-	-	-
교통	1.57731	1.57731	1.57731	1.57731	1.88065	2.46709
기계	3.16328	2.76504	3.24873	2.90140	3.17177	2.80263
반도체·디스플레이·전기전자	2.38225	2.56772	2.41362	2.76887	2.61265	2.77337
발전·에너지	1.65287	1.77220	1.90073	2.11993	2.25588	2.24187
비철금속	2.62070	1.70177	3.00053	2.38554	2.69459	2.41616
석유화학	1.65470	1.70402	1.74445	1.74855	1.77569	1.77949
섬유	2.13699	2.36266	2.71144	2.50741	3.05855	3.26051
수도사업	-	-	-	-	-	-
시멘트	1.05884	1.05207	1.10836	1.19786	1.43266	1.34358
식료품 제조업	1.50395	1.46808	1.56984	1.74418	1.53745	1.55606
요업	2.01264	2.23112	2.54339	1.96408	2.49460	2.60150
음료 제조업	0.42365	1.09861	1.09861	1.47222	0.86730	1.47222
자동차	2.41680	2.01995	2.44132	2.36381	2.96907	2.34517
정유	1.09861	0.86730	1.47222	1.47222	0.69315	0.69315
제지목재	1.53810	1.62887	1.43114	1.48430	1.37122	1.53279
조선	-	-	-	2.20941	-	2.54998
철강	1.99637	2.03714	1.97087	2.01004	1.85442	2.43533
통신	-	-	-	-	-	-
폐기물 처리업	0.72582	0.86008	0.85608	0.84757	0.92306	0.93111

위 값의 2007년~2011년의 평균과 2012년의 값이 유의미하게 다른지를 알아보기 위하여 t-test를 실시하였다. Table 6은 t-test 결과의 p값으로 p값이 0.05 미만일 경우 유의미하게 다르다는 것을 의미하며, p값이 0.05 이상일 경우 유의미한 차이를 보이지 않는다는 것을 의미한다.

Table 6. P-value of t-test between mean of correlation coefficient in 2007~2011 and correlation coefficient in 2012 by industrial classification

업종	p-value
건물	0.1526
광업	-
교통	0.0517
기계	0.0552
반도체·디스플레이·전기전자	0.0332
발전·에너지	0.0525
비철금속	0.7823
석유화학	0.0625
섬유	0.0509
수도사업	-
시멘트	0.0699
식료품 제조업	0.8658
요업	0.0518
음료 제조업	0.0593
자동차	0.5582
정유	0.0531
제지목재	0.3959
조선	0.1972
철강	0.0001
통신	-
폐기물 처리업	0.0509

수도사업 업종은 관리업체 수가 1개 업체로 상관분석이 되지 않았었기 때문에 t-test를 할 수 없었고, 광업, 통신 업종은 모든 연도의 상관계수가 1이고 그 유의성이 낮았기 때문에 t-test를 하기 어려웠다.

위 업종을 제외하고는 대부분의 업종에서 p값이 0.05 이상으로 2007년~2011년 상관계수의 평균과 2012년의 상관계수가 유의미한 차이가 있다고 보기 어려웠으며, 반도체·디스플레이·전기전자, 철강 업종에서는 p값이 0.05 미만으로 2007년~2011년 상관계수의 평균과 2012년의 상관계수가 유의미하게 다른 것으로 나타났다.

4. 고찰

본 연구의 목적은 온실가스·에너지 목표관리제에서의 공정배출이 존재하는 업종에서 온실가스 감축 이행이 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계에 미치는 영향을 파악하여, 온실가스 감축 이행이 에너지효율 개선에 의한 온실가스 감축인지, 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축인지를 판단하는 것이다.

본 연구의 Figure 24에서 살펴보았듯이, 각 업종별로 연도별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관계수의 변화를 살펴보았을 때, 업종의 관리업체 수가 적어 상관계수의 유의성이 낮은 영향, 각 업종별 특성에 따른 변수 등의 영향으로 공정배출이 존재하지 않는 업종에서 상관계수의 변화가 크게 나타나거나 공정배출이 존재하는 업종에서 상관계수의 변화가 크지 않는 경우가 나타나, 그 차이를 확연히 파악하기는 어려웠다. 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 알아본 결과 공정배출이 존재하는 업종인 반도체·디스플레이·전기전자, 철강 업종에서 p값이 0.05 미만으로 2007년~2011년 상관계수의 평균과 2012년의 상관계수가 유의미하게 다른 것으로 나타났다. 이를 Table 7과 같은 관리업체의 2012년 이행실적에 의한 데이터를 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축량과 에너지 효율 개선에 의한 온실가스 감축량으로 구분한 데이터와 비교해 보았다.

Table 7. GHG emission reduction by process emission reduction and GHG emission reduction amount by improving energy efficiency in 2012 by industrial classification (unit : tCO_2eq)

업종	공정배출 감축 온실가스 감축량	에너지 효율 개선 온실가스 감축량
광업	- (0%)	341 (100%)
기계	25 (1%)	41,493 (99%)
반도체·디스플레이·전기전자	2,326,909 (74%)	835,731 (26%)
발전·에너지	2,007,806 (46%)	2,381,608 (54%)
비철금속	8,713 (7%)	112,609 (93%)
석유화학	122,254 (10%)	1,059,851 (90%)
섬유	36,485 (34%)	70,056 (66%)
시멘트	159,055 (14%)	989,592 (86%)
요업	9,521 (7%)	136,820 (93%)
자동차	1 (1%)	69,010 (99%)
정유	175,751 (21%)	674,848 (79%)
제지목재	24,619 (9%)	263,483 (91%)
조선	6,340 (7%)	84,247 (93%)
철강	4,250,325 (92%)	364,218 (8%)
통신	- (0%)	123,909 (100%)

전체 온실가스 감축량 중 공정배출에 의한 온실가스 감축량이 높은 비율을 차지하는 업종은 반도체·디스플레이·전기전자 업종과 철강 업종이었다.

세부적으로 살펴보면 반도체·디스플레이·전기전자 업종은 2012년의 공정배출 온실가스 감축량이 2,326,909 tCO_2eq 로, 에너지 절약에 의한 온실가스 감축량인 835,731 tCO_2eq 에 비하여 많은 온실가스 감축을 이루어낸 것으로 나타나 상관계수가 유의미하게 다른 것이 공정배출의 온실가스 감축에 의한 것으로 입증되었다. 공정배출의 주요 감축 수단으로는 반도체

공정의 식각시설과 증착시설에서의 공정가스 분해, 생산공정 개선 등이었다.

철강 업종은 2012년의 공정배출 온실가스 감축량이 4,250,325 tCO_2eq 로, 에너지 절약에 의한 온실가스 감축량인 364,218 tCO_2eq 에 비하여 많은 온실가스 감축을 이루어낸 것으로 나타나 상관계수가 유의미하게 다른 것이 공정배출의 온실가스 감축에 의한 것으로 입증되었다. 공정배출의 주요 감축 수단으로는 일관제철 공정에서의 조업 개선에 의한 것으로 파악되었다.

이 두 업종은 모두 공정배출을 포함하는 업종으로 공정배출 감축에 의한 온실가스 감축이 실제로 잘 이루어져 있었고 그것을 파악하기 위해서는 본 연구에서 제시한 방법이 타당함이 입증되었다.

환경부의 발표에 의하면 2012년도 온실가스·에너지 목표관리제 이행실적 평가 결과, 2012년도 예상배출량(5억6,361만톤)의 3.78%인 2,130만톤이 감축된 것으로 나타났다. 이는 2012년 감축 목표(감축률 1.41%, 약 800만톤) 대비 2.7배를 초과 달성한 것이다. 전체 관리업체 중 90.3%인 392개 업체가 목표를 달성했고 이중 372개 업체는 배출권 거래제 참여시 배출권으로 사용 가능한 총 3,005만톤의 초과 감축량을 인정받았다. 업종별로는 석유화학,(690만톤), 철강(573만톤), 반도체·디스플레이·전기전자(530만톤), 시멘트(387만톤) 등의 순으로 감축량이 많은 것으로 나타났다. 이를 업종별로 나타낸 표는 Table 8과 같다. 발전·에너지 업종에서는 감축목표를 달성하지 못한 것으로 나타나는데, 이는 2012년 원자력 발전소의 잦은 운전정지에 따른 여름철 전력수요를 대체하기 위해 화석연료를 이용한 발전비율이 증가한데 기인한 것으로 사료된다.

이러한 정부의 이행실적 평가와 Yeonsang Lee(2013)의 온실가스 및 에너지 목표달성비율(Greenhouse Gas and Energy Achievement Ratio, GEAR) 지수를 사용한 제도 이행에 따른 성과분석 평가는 각 업종별 관리업체의 정량적인 평가 분석은 가능하나, 향후 감축여력이 더 가능한 부분에 대한 평가, 개선에는 미흡한 점이 있다. 본 연구의 평가방법이 향후 온실가스·에너지 목표관리제의 평가도구로서 활용되어, 업종별 관리업체의

감축활동 특성 파악으로 효율적인 온실가스 감축방안을 제시하고, 효과적인 목표관리제의 운영 판단 도구로서 활용되기를 기대한다.

Table 8. GHG emission reduction implementation result evaluation of GHG and energy target management system in 2012 (unit : 10 thousand tCO_2eq)

업종	배출허용량	이행실적	초과감축량
건물	365	333	33
광업	24	24	0.1
교통	437	400	37
기계	129	102	27
반도체·디스플레이·전기전자	2,848	2,397	452
발전·에너지	23,076	24,544	-155
비철금속	670	627	47
석유화학	5,207	4,587	637
섬유	504	445	59
시멘트	4,658	4,317	352
식료품	264	227	37
요업	646	588	60
자동차	414	383	38
정유	3,146	2,860	286
제지목재	875	721	154
조선	305	255	50
철강	10,893	10,441	454
통신	331	279	52
폐기물 처리업	774	702	72

5. 제한

본 연구에서는 업종별 온실가스 배출량과 에너지 사용량 간의 상관관계를 분석함에 있어서, 정부에서 공개하고 있는 관리업체의 온실가스 배출량과 에너지 사용량 총량 자료로만 분석하였다. 이는 본 연구가 어디까지나 pilot적인 성격의 연구가 될 수밖에 없는 한계점을 가지고 있다. 하지만 향후 비공개되어 있는 세부 배출시설 단위의 자료를 활용하여 정부 내부적으로 분석을 하게 될 시에 그에 대한 기초연구로 활용될 수 있을 것이다.

또한, 본 연구에서 사용된 온실가스종합정보센터의 자료는 목표관리제 내에서 검증기관의 제3자 검증을 거친 자료이기 때문에 데이터 신뢰성의 수준은 높다고 할 수 있으나, 각 관리업체가 온실가스종합정보센터에 입력할 시에 human error가 발생할 수 있는 여지가 있다. 본 연구에서는 관리업체 담당자와의 인터뷰를 통해 눈에 띄는 human error에 대해서는 보정을 할 수 있었으나, 미세한 오류의 발생에 대해서는 배제되지 않았을 가능성이 있다.

6. 참고문헌

IPCC (2013) The Fifth Assessment Report: Climate Change 2013

녹색성장위원회 (2009) 저탄소 녹색성장 5개년 계획

환경부 (2011) 온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침

민문기 (2012) 온실가스·에너지 목표관리제 현황과 전망. Journal of the Electrical World/Monthly Magazine

환경부 보도자료 (2011) 온실가스·에너지 관리업체 감축목표 확정 http://me.go.kr

Yeonsang Lee, Meoung-Do Kim, Intaek Yoon, Sohyun Yoon (2013) Evaluation and Implications of Greenhouse Gas and Energy Target Management System in Korea. Journal of Energy Technology and Policy Vol.3, No.11, 312-319

한국환경공단 (2012) 온실가스·에너지 통합 연계방안 연구

Sue J. Lin, I.J. Lu, Charles Lewis (2007) Grey relation performance correlations among economics, energy use and carbon dioxide emission in Taiwan. Energy Policy 35, 1948-1955

Lily Parshall, kevin Gurney, Stephen A. Hammer, Daniel Mendoza, Yuyu Zhou, Sarath Geethakumar (2009) Modeling Energy Consumption and CO_2 Emissions at the Urban Scale: Methodological Challenges and Insights from the United States

Fei Li, Suocheng Dong, Xue Li, Quanxi Liang, Wangzhou Yang (2011) Energy consumption-economic growth relationship and carbon dioxide emissions in China. Energy Policy 39, 568-574

Muhammad Shahbaz, Faridul Islam, Muhammad Sabihuddin Butt (2011) Financial Development, Energy Consumption and CO_2 Emissions: Evidence from ARDL Approach for Pakistan

온실가스종합정보센터 http://www.gir.go.kr

에너지관리공단 (2013) 산업계 목표관리 이행실적 및 배출권거래제 참여기업 핵심장애 조사 분석

환경부 보도자료 (2014) 목표관리제, 2012년 온실가스 감축목표 초과달성 http://me.go.kr

Abstract

A study on GHG emission reduction related to the correlation between GHG emission and energy consumption of controlled entities in GHG and energy target management system

Ko, Jae Kyun

Department of Environmental Health

The Graduate School of Public Health

Seoul National University

Government set national mid-term reduction target '30% reduction from BAU in 2020' considering analysis of the reduction potential and the international community required level. To achieve this, GHG and energy management system, designating companies that emit over a certain level of GHG as controlled entities in sector such as industry, transport etc., forecasting GHG emissions of controlled entities in implementation target year discussing with government, setting GHG reduction and energy saving target, evaluating the implementation results in the following year of target implementation year, applying incentives and penalties (improvement order, fines, etc.), is being pushed forward. Taking effect GHG and energy target management in 2011, controlled entities, submitting the report, setting reduction targets

and submitting the implementation plan report, are evaluated about the implementation results for the first time in 2013. Controlled entities that was designated in 2012, are now under evaluating about the implementation results of 2013.

The main purpose of this study is deciding between GHG reduction implementation by energy efficiency improvement and GHG reduction implementation by process emissions reduction in the industry including process emissions of GHG and energy target management. For this purpose, to be specific, firstly understanding the difference of correlation between GHG emission and energy consumption by industry, secondly comparing the year 2012 that reduction target is implemented in GHG and energy target management system with the previous year, understanding GHG emission reduction implementation related to the correlation between GHG emission and energy consumption in industry including process emissions that emit GHG regardless of energy consumption.

For this, using 2007-2012 GHG emissions and energy consumption data reported to GIR of the controlled entities in GHG and energy target management system, conducting correlation analysis each industry by year, t-test after Fisher Z transformation of the correlation coefficient was performed in order to compare the correlation coefficient of 2012 that reduction target is implemented firstly and the correlation coefficient of the previous year.

As a result, in most industry p-value is more than 0.05, that the average of the correlation coefficient in 2007-2011 and the correlation coefficient in 2012 are difficult to consider that there is a significant difference. In semiconductor, display and steel industry, p-value is less than 0.05, that the average of the correlation coefficient in 2007-2011 and

the correlation coefficient in 2012 are significantly different. The result compared to the data by implementation of controlled entities in 2012 separated the data of GHG emission reduction by improving energy efficiency and GHG emission reduction by process emission reduction, a high proportion of GHG emission reduction by process emission reduction in the total GHG emission reduction are semiconductor, display, steel industry. Both of these two industries are industry including process emissions, GHG emission reduction implementation by process emission reduction are actually conducted well, the method suggested in this study is proved to be valid in order to understand this fact.

Using the evaluation method of this study as assessment tools of GHG and energy target management system in the future, suggesting an efficient GHG emission reduction method by characterizing reduction activities of controlled entities and utilizing as effective operation decision tools of GHG and energy target management system is expected.

……

keywords : **GHG emission, Energy consumption, GHG and energy target management system, GHG emission reduction, Process emission**

Student Number : **2011-22064**