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

농학박사학위논문

국가 온실가스 감축목표 변경이 목재업종의 온실가스 감축비용에 미치는 영향

The Effects of Nationally Determined Contribution Change on Greenhouse Gas Reduction Costs in Wood Industry

2018년 8월

서울대학교 대학원
산림과학부 산림환경학전공
장 광 민

국가 온실가스 감축목표 변경이 목재업종의 온실가스 감축비용에 미치는 영향

The Effects of Nationally Determined Contribution Change on Greenhouse Gas Reduction Costs in Wood Industry

지도교수 정 주 상

이 논문을 농학박사학위논문으로 제출함

2018년 7월

서울대학교 대학원

산림과학부 산림환경학전공

장 광 민

장광민의 박사학위논문을 인준함

2018년 7월

위 원 장	김 현 석	(인)
부 위 원 장	정 주 상	(인)
위 원	이 동 근	(인)
위 원	도 금 현	(인)
위 원	정 홍 상	(인)

국문초록

본 연구에서는 배출권거래제 대상 목재업체가 보유하고 있는 온실가스 배출현황, 감축기술 등에 대한 현장정보를 기반으로 배출권거래제 대상기업의 실질적인 감축부담을 파악해보고자 하였다. 또한 최근 변경된 국가감축 목표의 변경과 관련하여 기업의 배출권 할당 및 온실가스 감축비용에 미치는 영향정도를 정량적으로 분석해 보았다.

먼저 목재업종의 온실가스 배출현황을 파악하기 위하여, 목재기업의 온실가스 명세서 자료를 분석하였다. 또한 감축기술에 대한 문헌조사 및 현장조사를 실시하여 목재업종이 보유한 감축기술에 대한 한계저감비용 및 한계투자비용을 도출하였다.

배출현황에 대한 분석결과, 2010년 이후부터 온실가스 배출량이 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 바이오매스 사용량의 증가가 배출량 감소의 주요 원인인 것으로 파악된다. 기업이 보유한 에너지진단보고서 및 관계자 인터뷰를 통해 목재업종에 적용 가능한 24개의 온실가스 감축기술을 도출하였다. 조사된 감축기술의 평균적인 투자비 회수기간은 2.9년으로 나타났다. 한계저감비용의 평균은 -79천원/tCO_2, 한계투자비용의 평균은 768천원/tCO_2으로 산출되었다.

다음으로 '2020년 로드맵'과 '2030년 로드맵' 두 가지 기준을 적용하여 목재업종의 제2차 계획기간(2018~2020)의 배출허용총량을 산정하고 그 결과를 비교해 보았다. 제2차 계획기간 동안의 목재업종 배출전망치는 2020 로드맵보다 2030 로드맵에서 2.8% 높게 산정된 것으로 나타났다. 또한 목재업종이 제2차 계획기간 동안 온실가스를 배출할 수 있는 전체 배출허용총량은 2030 로드맵을 기준으로 할 때 4.7% 높게 산정되는 것으로 나타났다. 결과적으로 국가 감축목표의 변경으로 인해 제2차 계획기간 동안 목재업종이 부담해야할 의무감축량이 47천톤CO_2으로 줄어들어, 감축부담이 약 38%정도 감소하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

마지막으로 배출권거래제 하에서 목재업종이 2018년부터 2030년까지 온실가스 감축의무를 준수하는데 소요되는 비용을 예측하고, 시나리오별

감축의무 준수비용을 비교하였다. 배출권 매매 및 감축기술 도입 여부에 따라 Case 1, Case 2-S1, Case 2-S2, Case 2-S3의 4개의 감축 시나리오를 구성하고, 각 시나리오별 감축의무 준수비용을 분석하였다.

감축시나리오에 따른 목재업종의 온실가스 감축의무 준수에 소요되는 비용을 도출한 결과 감축기술의 도입시기가 빠른 CASE 2-S1, CASE 2-S2, CASE 2-S3, CASE 1 순으로 의무준수 비용이 낮은 것으로 나타났다. 감축기술을 도입하지 않고 배출권 구매로만 대응하는 CASE 1에서 의무준수 비용이 12,705백만원으로 가장 높은 것으로 나타났다.

본 연구의 주요 결과는 목재업종 할당기업이 중장기적 관점에서 비용-효과적으로 온실가스 감축하는데 필요한 기초정보를 제공하는데 의의가 있다. 또한 배출권거래제가 효율적으로 운영될 수 있도록 제도를 개선하기 위한 정책적 시사점을 도출하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 배출권거래제, 국가감축목표, 온실가스, 감축비용, 한계저감비용
학 번 : 2007-30871

목　　차

국문초록 ---------- i
목　　차 ---------- ii

제 1 장 서　론 ---------- 1

제1절 연구의 배경 및 필요성 ---------- 1
제2절 연구의 목적 ---------- 4
제3절 연구사 ---------- 5

제 2 장 온실가스 감축목표와 정책동향 ---------- 10

제1절 기후변화 국제동향과 한국의 온실가스 감축목표 ---------- 10
제2절 우리나라의 국가 온실가스 감축목표 설정 ---------- 12
제3절 온실가스 배출권거래제도 ---------- 15

제 3 장 목재업종 온실가스 배출현황 및 감축비용 분석 ---------- 20

제1절 연구배경 및 필요성 ---------- 20
제2절 연구방법 ---------- 21
1. 연구체계 ---------- 21
2. 자료수집 및 연구방법 ---------- 22
제3절 결과 및 고찰 ---------- 27
1. 배출권거래제도 상의 목재업종 분류기준 ---------- 27
2. 목재업종의 표준공정 및 주요 설비 목록 도출 ---------- 29
3. 목재업종 사업장의 주요 배출시설 분류 ---------- 32
4. 할당대상업체별 배출시설 조사결과 ---------- 37
5. 목재업종의 온실가스 배출현황 분석 ---------- 47

6. 목재업종의 온실가스 감축기술 도출결과 ---------- 50
7. 목재업종의 온실가스 한계감축비용 및 한계저감비용 도출 ---------- 52
제4절 소결 ---------- 56

제 4 장 목재업종 온실가스 배출전망 및 배출허용총량 도출 ---------- 59

제1절 연구배경 및 필요성 ---------- 59
제2절 연구방법 ---------- 60
1. 연구체계 ---------- 50
2. 자료수집 및 연구방법 ---------- 61
제3절 결과 및 고찰 ---------- 62
1. 2020년 vs. 2030년 국가 온실가스 감축목표 및 로드맵 비교 ---------- 62
2. 2020년 로드맵 기준 목재업종의 배출허용총량 도출 ---------- 64
3. 2030년 로드맵 기준 목재업종의 배출허용총량 도출 ---------- 65
4. 국가 감축목표 변경에 따른 2차 계획기간 배출허용총량 비교 ---------- 66
제4절 소결 ---------- 68

제 5 장 목재업종의 온실가스 감축이행 비용 ---------- 70

제1절 연구배경 및 필요성 ---------- 70
제2절 연구방법 ---------- 72
1. 연구체계 ---------- 72
2. 자료수집 및 연구방법 ---------- 73
제3절 결과 및 고찰 ---------- 81
1. ETS 대상 목재업종의 예상배출량 ---------- 81
2. ETS 대상 목재업종의 감축의무량 ---------- 84
3. 감축시나리오별 감축의무 준수비용 ---------- 86
4. 온실가스 감축의무 준수비용에 대한 민감도 분석 ---------- 90
제4절 소결 ---------- 91

제 6 장 결 론 ---------- 93

제1절 연구결과의 요약 ---------- 93
제2절 연구의 의의 및 한계점 ---------- 96

인용문헌 ---------- 99
부 록 Ⅰ. 목재업종 현장방문 점검표 ---------- 104
부 록 Ⅱ. 목재업종 적용가능 감축기술 ---------- 109
ABSTRACT ---------- 160

표 목 차

표 1. 2030년 감축목표 수립을 위한 주요 전망 전제자료 ---------- 13
표 2. 2030 국가 온실가스 배출전망 결과 ---------- 14
표 3. 주요 국가별 배출권거래제 도입현황 ---------- 15
표 4. 배출권거래제의 배출권할당 대상 부문 및 업종 분류 ---------- 17
표 5. 한국표준산업류표에 의한 목재업종 할당기업의 분류기준 ---------- 28
표 6. 목재업종 할당대상기업의 주요 생산품목 ---------- 28
표 7. 목재업종, 배출활동별 배출시설 분류 ---------- 36
표 8. A 社 온실가스 배출시설 현황 ---------- 37
표 9. B 社 온실가스 배출시설 현황 ---------- 38
표 10. C 社 온실가스 배출시설 현황 ---------- 39
표 11. D 社 온실가스 배출시설 현황 ---------- 41
표 12. E 社 온실가스 배출시설 현황 ---------- 43
표 13. F 社 온실가스 배출시설 현황 ---------- 44
표 14. G 社 온실가스 배출시설 현황 ---------- 45
표 15. 목재업종의 온실가스 배출량 현황 ---------- 48
표 16. 목재업종 ETS 할당대상기업의 온실가스 배출량 원단위 및 바이오매스 사용량 ---------- 49
표 17. 목재업종 사업장별 감축기술 적용가능성 도출 결과 ---------- 51
표 18. 목재업체의 감축기술별 초기투자비 및 절감비용 조사 결과 ---------- 52
표 19. 감축기술별 한계저감비용 및 한계투자비용 분석결과 ---------- 53
표 20. 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 감축률 ---------- 61
표 21. 2012~2014년 목재업종 온실가스 배출량 실적 ---------- 62
표 22. 2020년 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 감축률 ---------- 63
표 23. 2030년 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 감축률 ---------- 63
표 24. ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용량(2020 로드맵 기준) ---------- 64
표 25. ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용량(2030 로드맵 기준) ---------- 65
표 26. 배출허용총량 및 의무감축량 산정 기준에 따른 변화율 ---------- 67
표 27. 목재업종 예상배출량 전망을 위한 주요 산정인자 ---------- 76

표 28. ETS 대상 목재업종의 감축비용 분석을 위한 기본 전제 조건 -- 77
표 29. ETS 대상 목재업종 온실가스 감축옵션 적용 시나리오 ---------- 78
표 30. ETS 대상 목재업종의 감축기술 도입시기에 따른 감축 시나리오 --- 78
표 31. 할당대상업체의 감축기술별 경제성 분석결과 ---------- 79
표 32. 목재업종의 예상배출량 및 배출권 가격의 변동 범위 ---------- 80
표 33. ETS 대상 목재업종의 온실가스 배출실적 현황(2007~2014) ------ 82
표 34. 공정연료시설 및 공정전기시설의 배출량 원단위 산정결과 ------- 82
표 35. 계획기간별 감축의무량 산정 결과 ---------- 85
표 36. 계획기간별 연평균 예상배출량 및 감축의무량 ---------- 86
표 37. 감축시나리오별 온실가스 감축의무 준수비용(NPV) ---------- 89
표 38. 온실가스 감축의무 준수비용(NPV)에 대한 민감도분석 결과 ------ 91
[표 부록-1] 일반 램프의 광원 특성 ---------- 109
[표 부록-2] LED램프 교체 시 전력 절감 효과표 ---------- 110
[표 부록-3] 적용대상 조명 전력 절감량 ---------- 113
[표 부록-4] 공기압축 Type별 비교표 ---------- 145

그림목차

그림 1. KEEI-EGM System 분석모형의 구조 ---------- 13
그림 2. 온실가스 배출권거래제의 개념 ---------- 16
그림 3. 배출허용총량 세부 산정방법 ---------- 18
그림 4. 2020년 온실가스 배출전망과 2030년 온실가스 배출전망 비교 ---- 19
그림 5. 목재업종의 온실가스 배출현황 및 감축비용 분석 연구체계 ---- 21
그림 6. 목재업종 생산품목별, 표준 공정 마련 절차 ---------- 22
그림 7. 목재업종 생산공정 확인을 위한 '현장방문 점검표' ---------- 23
그림 8. 목재업종의 감축기술 현황조사 및 감축비용 분석 추진체계 ---- 24
그림 9. 목재업종 감축기술 적용가능성 검토 흐름도 ---------- 26
그림 10. 목재업종 표준공정 및 주요 설비 목록 도출 결과 ---------- 30
그림 11. 합판 생산공정 및 주요 에너지원 ---------- 32
그림 12. 파티클보드 생산공정 및 주요 에너지원 ---------- 33
그림 13. 섬유판 및 마루판 생산공정 및 주요 에너지원 ---------- 34
그림 14. 목재업종의 연도별 온실가스 배출량 추세 ---------- 47
그림 15. 목재업종 할당기업의 한계저감비용 곡선 도출결과 ---------- 54
그림 16. 목재업종 할당기업의 한계투자비용 곡선 도출결과 ---------- 55
그림 17. 온실가스 감축목표에 따른 배출허용총량 비교연구 수행 체계 --- 60
그림 18 ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용총량 (2020 로드맵 기준) ---------- 64
그림 19. ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용총량 (2030 로드맵 기준) ---------- 65
그림 20. 국가 감축목표 변경에 따른 배출허용총량 비교 ---------- 66
그림 21. 목재업종 의무감축량 및 시나리오별 감축의무 준수비용 분석 체계 --- 72
그림 22. 공정연료시설 및 공정전기시설의 예상배출량 산정방법론 ----- 74
그림 23. 비공정 에너지시설의 예상배출량 산정방법론 ---------- 75
그림 24. 목재업종의 제품생산량 실적 및 전망(2007~2030) ---------- 81
그림 25. 공정연료시설 및 공정전기시설의 배출량 원단위 추정결과 ---- 82

그림 26. 공정연료시설 및 공정전기시설의 온실가스 배출량 추정결과 -- 83
그림 27. 비공정에너지 시설의 배출량 추정결과 ---------- 83
그림 28. 상향식 접근법에 의한 목재업종 배출량 전망결과 ---------- 84
그림 29. ETS 대상 목재업종의 배출허용총량 및 예상배출량 ---------- 85
그림 30. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 1) ---- 87
그림 31. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 2-S1) --- 88
그림 32. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 2-S2) --- 88
그림 33. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 2-S3) --- 89
[그림 부록-1] 공기압축기 흡입온도와 소비전력과의 관계 그래프 ----- 115
[그림 부록-2] 흡착제별 흡수율 비교표 ---------- 118
[그림 부록-3] 흡착제별 물리적 성질 비교 ---------- 119
[그림 부록-4] 드라이어 종류별 에너지 사용량 비교표 ---------- 119
[그림 부록-5] Fan의 Pulley 증가(10%)에 따른 전력 소비량 ---------- 124
[그림 부록-6] Pre-cooling system 적용 계략 계통도 및 운전조건 ---- 129
[그림 부록-7] 흡수기냉동기 사이클(좌) 및 사진(우) ---------- 141

제 1 장 서론

제 1 절 연구의 배경 및 필요성

오늘날 기후변화 문제는 생태계의 변화와 관련된 과학적인 이슈에만 한정된 것이 아니라, 인류 삶의 기본요소인 물, 식량, 건강, 토지 및 환경의 이용에 대한 접근에 대하여 광범위한 영향을 미치고 있어 이를 해결하기 위한 범지구적 노력이 지속되고 있다.

우리나라도 기후변화 대응을 위한 국제사회의 온실가스 감축노력에 동참하기 위한 제도를 적극적으로 도입하고 있다. 즉, 2010년 온실가스를 대량 배출하는 기업들을 대상으로 온실가스 감축의무를 부과하는 온실가스·에너지 목표관리제를 도입하였다. 2015년부터는 온실가스 배출권거래제를 본격 시행하고 있다.

온실가스·에너지 목표관리제는 관리업체에 단년도 온실가스 감축목표를 부여하고 이행실적에 따라 제제를 가하는 기초적 수준의 온실가스 관리 정책이다(환경부, 2011). 그러나 목표관리제는 기업의 온실가스 감축목표를 직접 규제하는 방식으로 기업의 자체적인 온실가스 감축방안만 추진이 가능하고, 온실가스의 초과감축 및 초과배출을 처리할 수 있는 제도적 방안이 부족한 제도이다.

온실가스 배출권거래제는 환경에 부정적인 영향을 미치는 오염물질 총량에 대한 배출한도를 설정하고, 이러한 한도 내에서 오염물질을 배출할 수 있는 권리인 배출권을 거래할 수 있도록 허용하는 제도로서 Coase(1960)와 Dales(1968) 등에 의해 이론적 기초가 정립되었다.

온실가스 배출권거래제는 배출권 거래와 같은 시장메커니즘을 활용하고 있다. 또한 배출권의 이월·차입 및 상쇄배출권 등 온실가스 감축이행에 유연성을 허용하고 있다. 이러한 이유로 배출권거래제는 기업의 비용효과적인 온실가스 감축을 유도하는 시장친화적인 제도로 인식되고 있다. 이러한 측면에서 온실가스 감축정책 수단으로 배출권거래제를 시행하는

국가가 지속적으로 증가하고 있다.

2017년 기준으로 한국을 포함하여 유럽, 중국, 스위스, 캘리포니아 등 19개 지역에서 온실가스 배출권거래제를 시행하고 있다. 그리고 멕시코, 브라질, 터키 및 워싱턴 주를 포함한 많은 정부에서 온실가스 감축을 위한 주요 정책수단으로 배출권거래제 시행을 고려중이다(ICAP, 2017).

Alan *et al*(2008), Janet and Robert(2010) 등 많은 연구에서 배출권거래제를 온실가스 배출 총량을 요구수준 이하로 유지되도록 보장하는 비용-효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 정책수단으로 평가하고 있다. 그럼에도 불구하고 산업계에서는 온실가스 감축비용에 대한 부담과 대외 산업경쟁력 하락 등을 이유로 배출권거래제 시행에 대한 우려를 표명하고 있다. 2014년 전국경제인연합회에서 배출권거래제에 대한 의견 발표문을 통해 산업계의 입장을 발표하였다. 이 발표문에 의하면 탄소배출 규제에 따른 산업경쟁력 훼손과 국내 경제에 미치는 파급효과가 상당한 만큼 배출권거래제 시행에 앞서 정책의 실효성 및 산업여건에 대한 충분한 고려 등이 선행되어야 한다고 주장하였다(전국경제인연합회, 2014).

이러한 배경 하에서 산업계에서도 배출권거래제도의 이행과 관련한 감축이행비용과 산업경쟁력 확보에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있다. 국내에서도 배출권거래제에 따른 기업의 감축부담과 산업경쟁력에 미치는 영향을 파악하기 위한 다양한 연구들(안상기, 2015; 조경엽과 김영덕, 2015; 이상림 등, 2016; 이상엽과 김대수, 2017)이 진행되어 왔다. 그러나 기존의 연구들은 GDP, 배출권 할당계획 등 국가단위의 거시적 측면에서 구축된 자료를 기반으로 연구가 수행되었다. 이러한 이유로 감축잠재량 및 한계감축비용 등 기업이 보유하고 있는 현장 정보를 반영하지 못하여 배출권거래제에 따른 기업의 실질적인 감축부담을 파악하는데 한계가 있다.

배출권거래제도는 할당기업이 배출권의 거래를 통해 의무준수에 수반되는 총 비용을 최소화하는 제도이다. 이에 할당기업이 보유하고 있는 현장 정보를 기반으로 기업의 감축부담과 산업경쟁력 등을 파악하는 기 위한 연구의 필요성이 증가하고 있다.

한편 배출권거래제에 있어 또 하나의 중요한 이슈는 배출권 할당에 대한 문제이다. 배출권거래제 하에서 배출권의 수요와 공급은 정부의 할당계획에 따라 달라진다. 그러므로 배출권 할당량을 결정하는 일은 배출권거래제에서 매우 중요한 의사결정 단계이다(서진원, 2015). 배출권 할당 결과에 따라 할당기업이 준수해야할 온실가스 감축부담에 직접적인 영향을 미치게 된다. 이러한 이유로 배출권 할당에 대한 연구는 배출권거래제도에서 핵심 쟁점으로 거론되는 주제이다(한국환경정책·평가연구원, 2015).

2015년 파리협정 이후 우리나라의 국가 온실가스 감축목표가 새롭게 수립되었다. 이로 인해 할당기업에 할당되는 배출권 수량에 변화를 가져와 할당기업의 온실가스 감축목표 준수비용에 중대한 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다. 그러나 국가 온실가스 감축목표와 연계하여 기업의 온실가스 감축부담을 파악하려는 연구는 비교적 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 목재업종 할당대상기업을 대상으로 온실가스 감축기술을 조사하고, 온실가스 한계감축비용 및 한계투자비용을 도출하고자 하였다. 또한 최근 변경된 국가감축 목표 변경이 목재업종의 온실가스 배출전망과 배출허용총량의 측면에서 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다. 마지막으로 목재업종의 온실가스 감축시나리오에 따른 온실가스 감축의무 준수비용을 도출하였다. 이를 통해 목재기업에는 중장기적 관점에서 비용-효과적으로 온실가스 감축하는데 필요한 정보를 제공함으로서 국가 감축목표이행에 대한 막연한 불안을 해소하는 한편 정책입안자로 하여금 배출권거래제가 효율적으로 운영될 수 있도록 개선하기 위한 다양한 정책적 시사점을 도출하는데 기여고자 하였다.

제 2 절 연구의 목적

이 연구의 목적은 사례연구를 통해, 우리나라의 중기적 온실가스 감축 정책목표의 변경이 목재관련 업종의 배출권 할당 및 온실가스 감축비용에 미치는 영향을 정량적으로 분석하는데 있다. 이를 위한 세부연구목적은 다음과 같다.

첫째, 목재업종 할당대상기업의 온실가스 감축기술을 조사하고, 온실가스 한계감축비용 및 한계투자비용을 도출한다.

둘째, 국가 온실가스 감축목표의 변경이 목재업종의 온실가스 배출전망과 배출허용총량에 미치는 영향 사례를 분석한다.

셋째, 목재업종의 배출권거래제 대응 시나리오별 온실가스 감축의무 준수 비용을 산출한다.

제 3 절 연구사

대내외적으로 배출권거래제는 비용-효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 유효한 정책수단으로 인식되고 있다(Alan *et al.*, 2008; Janet and Robert, 2010; Koehane, 2009; Handrich *et al.*, 2015; 현대경제연구원, 2015). Alan *et al*(2008)과 Janet and Robert(2010)는 배출권거래제를 온실가스 배출 총량을 요구수준 이하로 유지되도록 보장하는 한편 시장기반 접근방식을 통해 비용-효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 유연성을 제공하는 것으로 평가한 바 있다. 특히 Koehane(2009)는 직접적인 규제수단인 탄소세에 비하여 정책적 실현가능성, 비용효과성 그리고 배출총량 규제에 대한 보장의 측면 등에서 배출권거래제가 유리한 것으로 보고하였다.

온실가스 배출과 경재성장에 대한 전통적 견해에서는 경제성장이 에너지 수요의 증가를 유발하게 되어, 필연적으로 온실가스 배출의 증가를 수반하는 것으로 인식하고 있다(이상준, 2017). 그러나 배출권거래제도와 같이 비용-효과적으로 온실가스 감축을 달성하는 경우 경제는 지속적으로 성장하면서도 온실가스 배출은 감소하는 탈동조화를 달성할 수 있다(Handrich *et al.*, 2015).

이러한 배출권거래제 정책의 효과성에 대한 실증적 사례를 살펴보면 아래와 같다. 유럽 배출권거래제(EU-ETS; European Union Emission Trading Scheme)는 2005년 도입되어 1990년부터 2012년까지 EU 28개국의 온실가스 배출량을 19%나 감축하면서도 GDP는 오히려 45%나 증가는 것으로 조사되었다(현대경제연구원, 2015). 우리나라의 경우도 제1차 계획기간(2015~2017)의 배출권거래제 운영을 통해 2014년부터 2016년까지 GDP는 연평균 3.0% 증가(한국은행 경제통계시스템)하였으나, 같은 기간 동안 할당대상기업의 총 온실가스 배출량은 연 평균 0.31% 감소(환경부, 2018)하는 것으로 나타나 경제성장과 온실가스 배출량과의 탈동조화 현상이 나타난 것을 확인할 수 있다.

또한 기획재정부(2017)에 의하면 배출권도입에 따른 경제적인 영향은

2차 계획기간 종료시점인 '20년을 기준으로 GDP가 0.10~0.14%감소하고, 3차 계획기간 종료시점인 '25년을 기준으로 GDP가 0.19~0.27% 감소할 것으로 추정하였다. 그러나 배출권거래제 시행을 통해 에너지 효율적 설비·기술 도입으로 에너지-자본간 대체[1]를 촉진시키는 경우 GDP에 미치는 부정적인 영향을 감소시킬 수 있을 것으로 전망하고 있다.

반면에 배출권거래제도가 가지고 있는 제도적 한계점에 대한 연구도 다양하게 진행되어 왔다(Tietenberg, 2006; Krutilla, 1999; Jessica and Jūratė, 2015; Peter, 2015). Tietenberg(2006)는 배출권거래제가 온살가스 감축목표를 비용-효과적으로 달성할 수 있게 해주는 유용한 정책적 수단임을 인정하고 있다. 하지만 거래비용이 존재하거나, 시장지배력을 가진 참여자가 있거나, 시장 불확실성이 클 경우 제도의 효율성이 저해될 수 있음을 지적하였다. Krutilla(1999), Jessica and Jūratė (2015) 등은 배출권거래제에서 배출권 거래를 위해 요구되는 온실가스의 산정·보고·검증 등 거래비용이 탄소세와 비교해 크다는 문제를 제기한바 있다. Peter(2015)의 연구에서는 배출권 거래비용이 기업의 유형과 규모에 따라 달라지며, 규모의 경제가 적용되어 소량의 온실가스를 배출하는 소규모 기업의 평균 거래비용이 상대적으로 높아지므로 기업간 형평성 문제가 발생할 수 있음을 지적하였다. 또한 수출의존도가 높은 산업의 경우 배출권 할당으로 인한 비용증가로 수출상품의 국제 경쟁력의 저하가 발생할 수 있다. 또한 배출권 할당에 대한 부담이 증가할 경우 배출권 할당에 대한 규제가 없는 지역으로 사업장을 이전하려는 부정적인 영향을 초래할 수 있다(WTO/UNEP, 2009; 김인숙과 이해춘, 2010).

일반적으로 배출권거래제 하에서 배출권 가격의 형성은 배출권에 대한 공급과 수요의 균형을 통해 형성될 것이다(Carbontrust, 2006). 그러므로 배출권에 대한 합리적인 배분이 이루어지지 않을 경우 배출권 과다

---

1) 에너지에 대한 자본의 대체성이란 에너지 한 단위를 포기함으로써 얻을 수 있는 자본의 크기를 의미한다. 친환경생산 공정을 도입하거나 고효율 설비에 투자를 통해 기존 에너지 투입량이 자본으로 원만한 대체가 이루어질 경우 초기 시설 투자비용 부담을 극복하고 장기적으로 산업생산성을 끌어올릴 수 있는 개연성이 높아지게 된다(이명헌 등, 2011).

유통, 배출권 가격의 왜곡, 시장의 투기화 그리고 산업경쟁력 저하 등의 부작용이 발생할 가능성이 있다(조현진과 김하나, 2016).

배출권거래제하에서 배출권할당기업이 체감하게 되는 온실가스 감축에 대한 부담은 온실가스 배출실적 대비 배출권의 할당수준, 배출권 가격, 감축잠재량 등의 요인에 따라 달라질 것이다. 그 중에서도 할당기업 입장에서 온실가스를 배출할 수 있는 배출권을 얼마나 할당받는지는 가장 직접적이고도 민감한 문제이기 때문에 배출권의 할당은 핵심 쟁점으로 거론되는 사항이다(한국환경정책·평가연구원, 2015).

이것은 배출권이 과대할당 될 경우 기업의 감축노력과 무관한 횡재이윤이 발생할 수 있으며, 배출권이 과소할당 될 경우 기업의 온실가스 감축에 대한 부담이 급격히 증가되기 때문이다.

따라서 정부가 합리적인 배출권 할당량을 결정하기 위해서는 온실가스 감축에 대한 환경적 편익과 기업의 산업경쟁력 등을 종합적으로 고려해야 한다. 그러나 기업의 감축잠재력과 한계감축비용은 기업의 산업경쟁력과 결부된 사적 정보의 영역이다. 이러한 이유로 일반적으로 정부는 기업의 한계감축비용에 대한 정보를 정확하게 파악하지 못하는 상황에서 배출권을 할당해야하는 상황에 놓이기 때문에 합리적인 할당량을 결정하는 것은 어려운 일이다(서진원, 2015).

이러한 할당의 중요성과 어려움으로 인해 국내에서도 에너지관리공단(2005), 환경관리공단(2007), 한국개발연구원(2012) 등 합리적인 배출권 할당을 위한 연구가 진행된바 있다. 그러나 기존 연구는 국책연구기관 및 공공기관에서 연구가 진행되어 주로 배출권 할당계획을 수립해야하는 정부의 입장을 중심점적으로 고려하고 있어 산업계의 현황에 대한 고려는 상대적으로 미흡한 실정이다.

최근에는 배출권거래제와 관련하여 산업계의 입장을 반영하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이선화 등(2014)은 산업연관의 가격파급효과 모형에 기초하여 배출권거래제 시행에 따른 에너지비용의 상승이 매출액에 미치는 효과를 분석하였다. 서진원(2015)은 배출권 할당과정에서 산업계가 정보 우위를 활용해 의사결정에 영향을 미칠 수 있음을 게

임 이론적 접근을 통해 제시하고자 하였으며, 정보비대칭을 해소할 수 있는 방안으로 벤치마크 할당방식의 확대와 경매 제도의 활용을 대안으로 제시한 바 있다.

이상림 등(2016)은 국가 배출권 할당계획과 제7차 전력수급기본계획 자료를 기반으로 배출권거래제도 하에서 발전·에너지업종에 대한 배출권 구입비용을 추정하였다. 최은경 등(2014)은 전자부품산업의 2015년 배출량, 탄소비용을 추정하고 영업이익률과의 비교분석을 통해 산업계의 대응전략을 도출하였다.

그러나 기존의 연구들은 GDP, 전력수급 기본계획, 배출권 할당계획 등 국가단위의 거시적 측면에서 구축된 자료를 기반으로 연구가 수행되어, 감축잠재량 및 한계감축비용 등 기업이 보유하고 있는 현장 정보를 반영하지 못하여 배출권거래제에 따른 기업의 실질적인 감축부담을 파악하는데 한계가 있다. 박순철과 조영성(2015)의 연구에서도 배출권거래제는 배출권의 거래를 통해 의무준수에 수반되는 총 비용을 최소화하는 제도이므로 한계감축기업을 파악하는 것이 중요하지만 수많은 할당대상 참여자들의 정확한 한계감축비용을 파악하는 것이 현실적으로 어렵다는 점을 언급하였다.

한편, 우리나라는 배출권의 총수량 및 할당량을 결정하는 과정에서 국가 감축목표와의 정합성 유지를 위해 국가 배출전망치와 감축률을 주요 인자로 활용하고 있다(기획재정부, 2017). 그 결과 국가 감축목표가 변경되면 할당기업에 할당되는 배출권 수량의 변화를 가져올 것으로 예상된다. 즉 국가 감축목표의 변경으로 인하여 할당기업의 온실가스 감축비용에 중대한 영향을 미칠 수 있는 가능성이 존재한다. 이러한 측면에서 국가 온실가스 감축목표를 수립하는 과정에서 산업계의 온실가스 감축부담과 산업경쟁력 저하에 대한 우려로 감축목표 수준의 적정성에 대한 논란이 끊임없이 발생하고 있다.

지난 2015년 '파리협정' 채택 이후, 우리나라는 국가 온실가스 감축목표를 2030년 배출전망치 대비 37% 감축하는 것을 주요 골자로 하는 감축목표를 새롭게 수립하였다. 그러나 새로운 국가 감축목표의 수립이 정

부 주도로 추진되고 산업계 및 시민사회 등과의 충분한 협의 및 공론화가 이루어지지 않았다.

이처럼 온실가스 감축목표 수립 공론화 과정에서 산업계의 온실가스 감축부담 및 산업경쟁력 저하 이슈가 항상 논란의 중심에 있었다. 그럼에도 불구하고 국가 온실가스 감축목표 수준에 따른 기업의 온실가스 감축부담에 대한 국내 선행연구는 매우 미흡한 상황이다. 이러한 측면에서 산업계 및 기업의 입장에서 온실가스 감축기술 도입에 필요한 비용을 분석하고 배출권거래제 하에서 온실가스 감축의무를 이행하기 위한 준수비용을 파악하기 위한 연구의 필요성이 증대되고 있다.

제 2 장 온실가스 감축목표와 정책동향

제1절 기후변화 국제동향과 한국의 온실가스 감축목표

유엔기후변화협약은 지구온난화를 유발하는 온실가스의 인위적인 방출을 규제하기 위한 국제 협약으로 1992년 제3차 당사국회의(COP3)에서 채택된 교토의정서[2)]의 발효를 시작으로 온실가스 감축에 대한 필요성 인식과 선진국의 의무감축 활동이 본격화되고 있다.

비록 우리나라는 교토체제 및 포스트교토체제에서 온실가스 감축에 대한 의무가 부과되지 않았으나, IEA(International Energy Agency, 2016) 보고서에 의하면 우리나라는 이미 온실가스 배출량이 세계 7위의 온실가스 배출 국가로서 온실가스 감축에 대한 국제사회의 압력이 가중되고 있는 형편이다.

정부는 이러한 국제사회의 기후변화에 대한 관심과 온실가스 배출량 감축의무에 선제적으로 대응하기 위하여 2009년 국가 온실가스 감축목표를 2020년 BAU(Business As Usual) 대비 30% 감축하는 것으로 설정하였다(관계부처합동, 2014). 이를 위해 2010년「저탄소 녹색성장 기본법」을 제정하여 산업 전 분야에 걸쳐 녹색경영체계 도입, 온실가스 배출량 보고 및 감축, 녹색성장을 위한 생산·소비문화의 확대 등 직·간접적인 온실가스 감축정책을 시행하고 있다.

이 법에 따라 우리나라는 2012년 「온실가스·에너지 목표관리제」를 도입함으로써, 국가 온실가스 배출량의 60% 이상을 차지하는 온실가스 대량 배출 사업장에 대한 온실가스 규제를 강화하고 있다. 또한 2015년부터는「온실가스 배출권거래제」를 시행함으로써 온실가스 거래시장을 활성화하고 있다.

우리나라는 기존 교토체제 하에서 교토의정서에 따른 온실가스 감축

---

2) 38개 선진국(Annex I)들에 대해 2008~2012년(1차 공약기간) 기간 중 이산화탄소(CO2), 메탄(CH4), 아산화질소(N2O), 수소불화탄소(HFC), 과불화탄소(PFC), 육불화황(SF6) 등 6종류의 온실가스의 배출량을 1990년 실적 대비 평균 5.2% 감축하도록 의무화한 합의문

의무국이 아님에도 2009년 국가 온실가스 감축목표(2020년 배출전망치 대비 30% 감축)를 국제사회에 공표함으로써 국제사회의 기후변화 문제 해결에 대한 노력에 동참하고 있다. 이러한 감축목표는 IPCC 권고기준이 15%~30% 임을 감안할 때 이례적으로 높은 것으로, 한때 국제사회에서 기후변화 대응 모범국가로 평가되기도 하였다(OECD, 2011).

한편 IPCC 권고기준에 따라 국가 온실가스 감축목표를 설정하는 방식은 '기준년도 대비 온실가스 감축목표를 설정하는 방식'과 '배출전망치(BAU) 대비 온실가스 감축목표를 설정하는 방식'으로 구분할 수 있다(관계부처합동, 2015). 주요 선진국들은 기준년도 대비 온실가스 감축목표를 설정하는 방식을 채택하여 2020년 온실가스 감축목표를 설정하고 있다. 우리나라를 포함한 주요 개도국들은 온실가스 배출전망치 대비 온실가스 감축목표를 설정하는 방식을 채택하고 있다.

배출전망치는 현재 배출하고 있는 온실가스 배출량에 대한 미래 전망치를 의미하며 GDP, 인구성장률, 산업구조 등을 종합적으로 고려하여 예측하게 된다(관계부처합동, 2015). 즉, 배출전망치는 미래의 에너지 소비량을 예상하고 그에 따른 온실가스 배출량을 예측하는 것이기 때문에 배출전망치가 과대산정 혹은 과소산정 될 가능성이 항상 존재한다.

배출전망치가 갖고 있는 이러한 불확실성으로 인해 국가 온실가스 감축목표를 수립하는 단계에서 객관적이고 합리적인 배출전망치를 도출하는 것이 주된 이슈가 되고 있다. 이것은 동일 수준의 감축목표를 설정하는 상황에서 배출전망치가 과대하게 산정되면 감축노력에 비해 온실가스 감축효과가 상대적으로 더 크게 나타날 수 있기 때문이다. 반대로 배출전망치가 과소산정 될 경우에는 온실가스 감축효과가 낮아지는 효과가 나타날 것이다.

더욱이 GDP, 인구, 유가, 산업구조 등 전제조건이 변화함에 따라 배출전망치가 달라질 수 있음을 간과해서는 안될 것이다. 즉, 이처럼 배출전망치 결정에 활용되는 주요 인자들의 변화에 따라 일정한 주기별로 갱신되는 배출전망치의 합리성과 이에 따른 온실가스 감축부담의 적정성 등에 대한 논란이 지속적으로 발생할 것이다.

2015년 말 파리협정이 채택됨에 따라 2020년 이후부터는 선진국과 개도국의 구분 없이 국가 온실가스 감축기여를 통해 기후행동에 참여할 것을 합의함으로써 신 기후체제의 출범의 기틀이 마련되었다.

우리나라도 이러한 신 기후체제에 대비하기 위하여 2020년 이후의 새로운 중기 감축목표를 담은 '자발적 기여방안(INDC: Intended Nationally Determined Contribution)'을 준비하여 2015년 6월 29일자로 UNFCCC에 제출 하였다.

우리나라도 2015년도에 자발적 기여방안 실행을 위한 「Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획」을 발표한 바 있다. 이 계획에는 2030년까지 배출전망치 대비 4개의 감축목표(14.7%, 19.2%, 25.7%, 31.3%)를 담고 있다.

하지만 이 감축목표는 COP20의 합의서인 '기후행동에 관한 결정문' 10조를 위반한 것으로 2030년 감축목표에 대한 합의 및 공론화 과정에서 시민단체 및 국제사회의 비난여론에 직면하게 된다. 따라서 우리나라는 COP20 합의서인 '기후행동에 관한 결정문' 10조(모든 당사국들이 현재 진행 중인 계획보다 진전된 안을 제안할 것을 명시한 '후퇴금지 원칙' 위배 등의 이슈)에 따라 2030년 감축목표를 배출전망치 대비 37%로 상향 조정하여 확정하였다.

제2절 우리나라의 국가 온실가스 감축목표 설정

우리나라의 국가 온실가스 감축목표는 온실가스 배출전망치 대비 감축목표를 설정하는 방법을 채택하고 있다(관계부처합동, 2015). 따라서 우리나라의 국가 온실가스 감축목표량은 향후 예상되는 배출전망치 예측량에 의해 결정된다. 그러므로 모든 에너지(연료연소)·비에너지(산업공정, 폐기물, 농축산 등) 부문에서의 과학적이고 합리적인 온실가스 배출전망치를 예측하여 산출하는 것이 중요하다.

우리나라는 온실가스 배출전망을 도출하기 위하여 에너지경제연구원에서 개발·보유한 온실가스·에너지 전망시스템(KEEI-EGM System[3]);

Energy and Greenhouse gas Modeling System)을 분석모형으로 사용하고 있다(관계부처합동, 2015).

KEEI-EGM System은 전 세계적으로 장기 에너지수요전망에 주로 활용하는 bottom-up 방식의 모델로 그 개념도가 그림 1에 나타나 있다. 이 모델은 수송・산업・가정・상업・공공기타 등 최종소비부문의 5개 모듈과 전환부문・공급모듈・전체 시스템을 관리하는 종합 모듈로 구성되어 있으며, 외부 입력모델로부터 미래의 거시경제, 산업구조, 에너지 가격, 기온 등의 변화패턴과 같은 자료를 입력받아 배출전망치를 산출해준다.

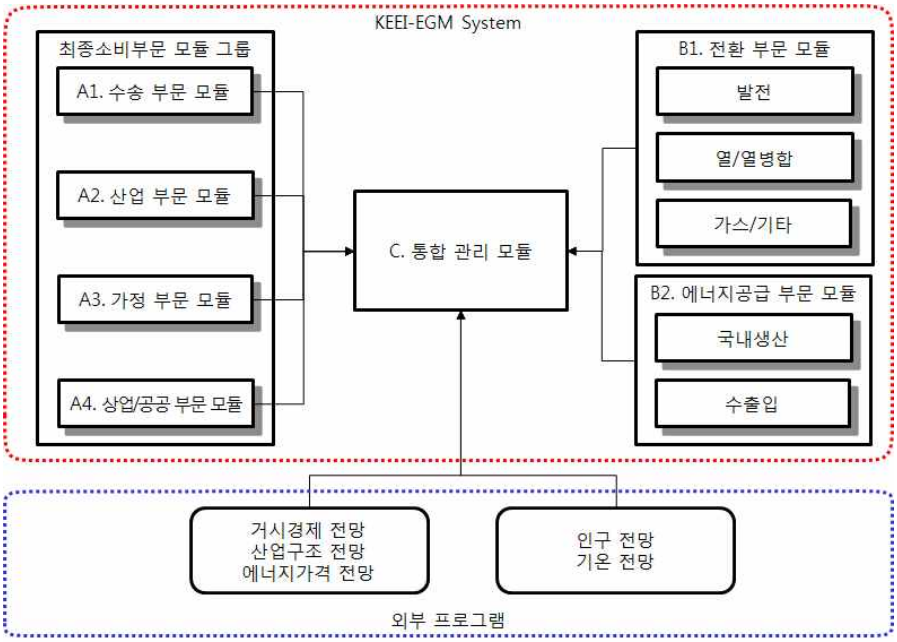


그림 1. KEEI-EGM System 분석모형의 구조 (출처: 관계부처협동, 2015)

3) KEEI-GEM : 에너지경제연구원이 보유하고 있는 온실가스·에너지 전망시스템으로서 美에너지정보청(EIA)이 보유한 NEMS(National Energy Modeling System)를 기반으로 개발되어, 우리나라의 수급 여건과 통계 체계에 부합하도록 지속적으로 수정·보완된 분석모형

2030년 국가 중기온실가스 감축목표 수립을 위한 표 2의 배출전망치는 통계청, 한국개발연구원, 산업연구원, IEA(International Energy Agency) 등 국내·외 해당 부문의 전문기관 연구결과(표 1)를 토대로 산출되었다.

표 1. 2030년 감축목표 수립을 위한 주요 전망 전제자료

구분	2013	2020	2025	2030	연평균증가율(%)	
					'13～'20	'13～'30
GDP(조원)	1,132.9	1,447.0	1,679.1	1,897.8	3.56	3.08
인구(백만명)	50.2	51.4	52.0	52.2	0.34	0.23
가구(백만개)	18.2	19.9	20.9	21.7	1.28	1.04
두바이유가($/bbl)	109.7	123.7	130.9	136.1	1.73	1.28
GDP 비중(%)						
제조업	32.9	35.0	35.7	36.1	-	-
에너지다소비업종	7.9	7.3	6.7	6.2	-	-

* 에너지다소비업종은 석유화학·1차철강·비금속광물업 합계. GDP는 '05년, 유가는 '11년 가격 기준
** 출처: 관계부처합동(2015)

정부의 2030년 배출전망 도출 결과는 표 2에서와 같이 2030년 기준 850.6백만톤의 온실가스를 배출하여 전망기간(2013~2030) 중 연평균 1.33%의 온실가스가 매년 증가하는 것으로 전망되었다(국무조정실, 2016). 에너지 부분의 경우 2030년 738.9백만 톤으로 총 배출의 86.9%를 차지하고, 전망기간에 연평균 1.32% 증가하며 2020년 이후 증가율은 약간 감소하는 것으로 전망하고 있으며, 비에너지 부분의 경우 2030년 111.7백만 톤의 온실가스를 배출하여 전망기간에 연평균 1.31% 증가하며 2020년 이후 증가율은 약간 감소할 것으로 전망된다.

표 2. 2030 국가 온실가스 배출전망 결과

구분 (단위 : 백만톤)	2013	2020	2025	2030	연평균증가율 (%)	
					'13～'20	'13～'30
에너지부문	592.2	677.5	700.5	738.9	1.94	1.32
비에너지 부문	87.7	104.9	109.1	111.7	2.59	1.43
총계	679.8	782.5	809.7	850.6	2.03	1.33

* 출처: 2030 공동작업반(2016)

제3절 온실가스 배출권거래제도

배출권거래제는 개별오염원에게 일정량의 오염물질을 배출할 수 있는 권리를 인정해주고 오염원들 간에 이러한 권리를 매매할 수 있도록 허용하는 제도를 의미한다. 이 제도는 Dalas(1969)에 의해 처음으로 제안된 이후 환경문제를 해결하기 위한 시장친화적인 규제정책의 하나로 탄소세 정책과 함께 많은 학자들의 주목을 받아왔다(이주병, 2012).

이 제도는 이미 교토의정서(1992)에서 국가의 온실가스 감축목표를 달성하는 주요 수단으로써 활용하고 있다. 즉, 국가별로 온실가스 할당량을 배분하고 이에 대한 거래를 허용하는 배출권거래(ET; Emission Trading), 청정개발체제(CDM; Clean Development Mechanism)와 공동이행제도(JI; Joint Implementation)를 인정하고 있다.

특히, 배출권거래(ET; Emission Trading)는 국가 간의 할당량 거래뿐만 아니라 자국 내 온실가스 감축목표를 효과적으로 이행하기 위한 정책수단으로 인식으로 현재 EU, 뉴질랜드, 캐나다, 중국 등 19개 국가에서 배출권거래제를 도입하여 시행하고 있다(ICAP, 2017).

표 3. 주요 국가별 배출권거래제 도입현황

주요국가	배출권거래제 도입현황
유럽 EU ETS (31개국)	· '05년부터 시행(현재 3기 ('13~'20)) · '08년부터 EU 28개 회원국과 비회원국 3개국(노르웨이, 리히텐슈타인, 아이슬란드)의 거래제 연계
미 국	· (RGGI: 북동부 9개주) '09년부터 시행 · (WCI: 서부지역 연합) '12년부터 시행 · (캘리포니아) '12년부터 시행, WCI와 연계(360개 기업)
중 국	· '13년부터 7개 지역에서 시범 시행 · '17년에 전국 단위 도입계획
일 본	· 도쿄('10년)와 사이다마현('11년) 등 3개 지역에서 자체적으로 시행 중
뉴질랜드	· '08년부터 산림부문 시행(현재 4기 ('13~'20)) · '10년 산업, '15년 농림 부문으로 확대

* 출처 : 기획재정부(2017)

우리나라의 경우 2012년「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」및 동 법률 시행령 제정으로 '15년부터 온실가스 배출권거래제의 도입이 가능해졌으며, 이미 시장에서 자리를 잡아가고 있다. 특히 이 법의 시행령 제6조에는 정부로 하여금 매 계획기간 직전 3개년도의 평균 온실가스 배출량이 125천톤 이상인 업체와 평균 온실가스 배출량 25천톤 이상인 사업장을 가진 해당업체를 할당기업으로 지정할 수 있도록 함으로써 온실가스 배출총량을 관리할 수 있는 근거규정이 마련되었다.

배출권거래제도 하에서 그림 2에서와 같이 할당기업은 국가로부터 할당받은 온실가스 배출권 할당 범위 내에서 배출행위를 허용하고, 배출권의 여분 및 부족분에 대해서는 타 기업과의 거래를 제도적으로 허용하고 있다. 또한 각 기업은 자신의 감축여력에 따라 온실가스 감축 또는 배출권 매입 등을 자율적으로 결정할 수 있으며, 배출권의 이월 및 차입 등을 통해 배출권 관리의 유연성을 부여함으로써 비용효과적인 온실가스 감축활동을 이행할 수 있는 제도적 기반을 제공하고 있다.

그림 2. 온실가스 배출권거래제의 개념 (출처 : 기획재정부, 2017)

우리나라는 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」(이하 '배출권거래법') 제4조에 의거 배출권거래제가 시행되는 '15년부터 10년 단위의 배출권거래제 기본계획을 수립하고 이를 기반으로 배출권거래제를 운영하되, 제도운영 초기인 제1차 계획기간(2015~2017)과 제2차 계획

기간(2018~2020)에는 3년 단위로 배출권거래제를 운영하고, 제3차 계획기간 이후부터 5년 단위로 운영하도록 설계되어 있다.

또한, 국가 온실가스 감축목표의 비용-효과적 달성을 위하여 매 계획기간 시작 6개월 전까지 국가 배출권 할당계획을 수립하여, 계획기간별로 배출권거래제의 종합적 운영기준을 제시하고 이를 기반으로 제도를 운영하고 있다.

할당기업의 배출권할당은 할당대상 부문 및 업종을 구분하여 할당계획을 수립하도록 규정되어 있으며(배출권거래법 제5조제1항제3호), 제1차 계획기간의 할당은 표 4와 같이 5대 부분 23개 업종으로 구분하여 할당이 진행되었다.

표 4. 배출권거래제의 배출권할당 대상 부문 및 업종 분류

부문	업종명
전 환	발전·에너지
산 업	광업, 음식료품, 섬유, 목재, 제지, 정유, 석유화학, 유리·요업, 시멘트, 철강, 비철금속, 기계, 반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차, 조선
공공·폐기물	수도, 폐기물
건물	건물(통신제외), 통신
수송	항공

계획기간별 배출허용총량은 그림4와 같이 (1) 연도별 국가 온실가스 배출량 전망 산정, (2) 연도별 배출권거래제 적용대상의 온실가스 배출량 전망산정, (3) 연도별·업종별 온실가스 배출전망 산정, (4) 연도별·업종별 배출허용총량 산정의 세부산정 절차를 걸쳐 산정하고 있다.

그림 3. 배출허용총량 세부 산정방법(환경부, 2014)

그림 3의 배출허용총량 세부 산정방식에서와 같이, 우리나라는 배출허용총량을 설정함에 있어 배출권거래제 기본계획과 상위계획인 국가 온실가스 감축목표와의 정합성을 유지하기 위해 국가 배출량전망치와 감축률을 이용하고 있다. 또한, 국가 감축목표 달성을 위한 온실가스 감축부담의 공평한 분배를 위하여 국가 배출량 중 배출권거래제 적용대상의 배출량 비중을 활용하는 것을 기본원칙으로 하고 있다.

이에 따라, 지난 1차 계획기간('15~17)에는 2020년 국가온실가스 배출전망치와 감축률을 적용하여 배출허용총량이 산정되었다. 그러나 2015년 파리협정 이후 우리나라의 국가 온실가스 감축목표가 새롭게 수립됨에 따라 국가 배출권 할당계획(관계부처합동, 2017)에 의거하여 2차 계획기간('18~'20)에는 2030년 국가온실가스 배출전망치와 감축률을 적용하여 배출허용총량을 산정하게 될 예정이다. 이러한 국가 중기 감축전망 및 감축률의 변경은 연도별·업종별 배출허용총량 산정에 직접적인 영향을 미치게 된다. 또한 배출허용총량의 변동될 경우 해당 업종의 실제 온실

가스 배출량 대비 배출권의 여분 및 부족분 현황이 달라지므로 궁극적으로는 국가 온실가스 감축목표의 변경이 해당업종의 온실가스 감축활동에 직·간접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

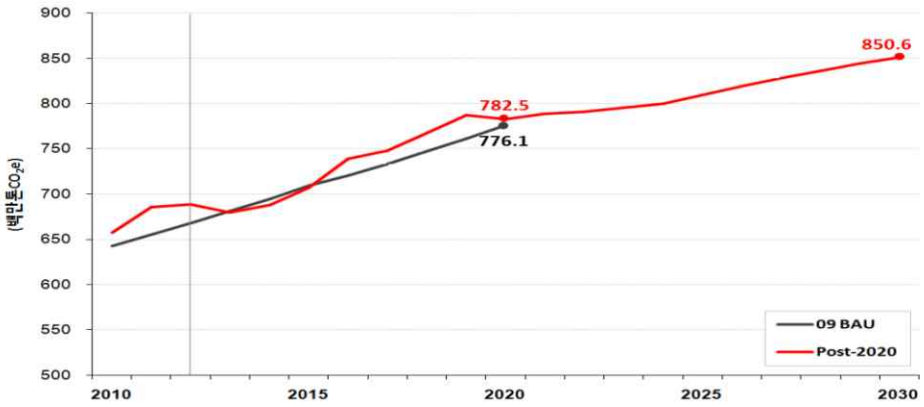


그림 4. 2020년 온실가스 배출전망과 2030년 온실가스 배출전망 비교(관계부처합동, 2015)

* '12년 온실가스 통계기준 변경으로 '20년 BAU인 77.61백만톤은 '12년 기준 적용시 764.1백만톤에 해당

제 3 장 목재업종 온실가스 배출현황 및 감축비용 분석

제1절 연구배경 및 필요성

우리나라는 기후변화 대응을 위한 국제사회의 온실가스 감축노력에 동참하기 위하여 2015년부터 온실가스 배출권거래제를 본격 시행하고 있다. 배출권거래제는 기업의 배출총량을 요구수준이하로 유지되도록 규제하되, 배출권 거래를 통해 비용-효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 온실가스 감축정책 수단이다(Alan *et al.*, 2008; Janet and Robert, 2010).

한편 전국경제인연합회(2014)의 배출권거래제에 대한 의견 발표문에 의하면 탄소배출 규제에 따른 산업경쟁력 훼손에 대한 우려와 국내 경제에 미치는 파급효과가 상당한 만큼 배출권거래제를 시행에 앞서 정책의 실효성 및 산업여건에 대한 충분한 고려 등이 선행되어야 한다고 주장하였다. 이선화 등(2014)과 기획재정부(2017)에서도 배출권거래제도 시행이 경제적으로 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 지적한 바 있다. 이러한 측면에서 비용-효과적으로 온실가스를 감축하기 위해서는 기업 혹은 산업업종별 온실가스 배출현황과 온실가스 감축비용을 정확하게 파악하는 것이 중요하다(Fabian, 2011; Adrien *et al.*, 2013).

이세림 등(2017)은 기업의 온실가스 명세서를 활용하여 온실가스 감축실적을 분석하였으며, 박순철과 조용성(2015)는 배출권 할당대상 업체가 비용-효과적으로 감축의무를 준수하기 위한 투자전략을 연구한바 있다. 그러나 기존의 연구들이 배출권거래제도의 효과성과 운영성과를 분석하는데 중점을 두고 있는 반면, 기업의 실질적인 온실가스 감축비용을 조사하기 위한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다. 특히, 목재업종의 경우 다른 부문에 비해 에너지 사용현황 및 기초설비에 대한 데이터가 부족하고 온실가스 감축이행 수단에 대한 연구가 미진하여 비용-효과적으로 온실가스 감축목표를 이행하기 위한 계획 수립에 어려움이 있는 상황이다(한국임업진흥원, 2015).

이에 본 연구의 목적은 2015년부터 배출권거래제도에 편입된 목재업

종을 대상으로 온실가스 감축기술을 조사하고, 온실가스 한계감축비용 및 한계투자비용을 도출하고자 하였다. 본 연구를 통해 도출될 한계감축비용 및 한계투자비용은 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용을 산출하는데 필요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 목재업종에 대한 비용-효과적인 온실가스 감축계획을 수립하거나 이를 이행하기 위한 지원방안을 마련하는데 필요한 의사결정 정보를 제공하는데 있다.

제2절 연구방법

2.1 연구체계

배출권거래제의 배출권할당 기업으로 지정된 목재업종의 온실가스 감축기술을 조사하고 온실가스 감축비용을 도출하기 위하여 그림 5에서와 같이 연구 연구체계를 수립하였다. 먼저 목재업종의 온실가스 감축비용 분석에 앞서 목재업종의 기초현황을 파악하기 위하여, 우선적으로 목재업종 배출권할당 기업이 국가온실가스종합관리시스템(NGMS; National GHG Management System)에 제출한 온실가스 명세서 자료를 분석하여, 목재업종의 공정 및 설비현황을 파악하였다. 다음으로 조사된 공정 및 설비현황을 기준으로 주요 공정별 온실가스 배출현황을 분석하였다.

그림 5. 목재업종의 온실가스 배출현황 및 감축비용 분석 연구체계

또한 목재업종이 배출권거래제 하에서 온실가스 감축 이행을 위해 적용할 수 있는 감축기술을 조사하고 감축비용을 도출하기 위하여, 목재업종 감축기술에 대한 문헌조사 및 현장조사를 실시하였다. 목재업종 할당업체를 대상으로 조사된 감축기술에 대하여 경제성 분석을 실시하고, 마지막으로 목재업종의 온실가스 감축을 위한 한계저감비용과 한계투자비용을 도출하였다.

2.2 자료수집 및 연구방법

배출권거래제도 하에서 할당대상 기업은「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」제19조에 의거 매년 명세서를 의무적으로 제출해야 한다. 이러한 명세서는 제3자 검증기관의 검증을 거친 온실가스 인벤토리 보고서로, NGMS에서 해당 정보를 관리 및 공개하고 있다(이세림 등, 2017). 또한 명세서 작성 시 거짓보고 혹은 배출량을 고의로 누락하게 되면 과태료 등 기업에 불이익이 발생하므로, 명세서 자료는 기업의 온실가스 배출량 정보를 파악하는데 있어 객관성 및 공신력이 확보된 자료이다. 본 연구에서는 NGMS에 제출된 목재업종의 2007년부터 2014년까지의 명세서 자료를 수집하여 분석에 활용하였다.

목재업종의 생산공정에 따른 배출현황 특성을 파악하기 위하여, 그림 6과 같이 명세서에 기재된 정보를 기반으로 공정 및 설비현황을 파악하고 전체 7개 목재업종 할당대상기업(9개 사업장)을 대상으로 현장조사를 실시하였다. 문서검토 및 현장조사를 통해 조사된 결과를 바탕으로 목재업종의 표준 공정도 및 주요 설비목록을 도출하였으며, 도출된 생산공정을 기준으로 목재업종의 배출현황 특성을 분석하였다.

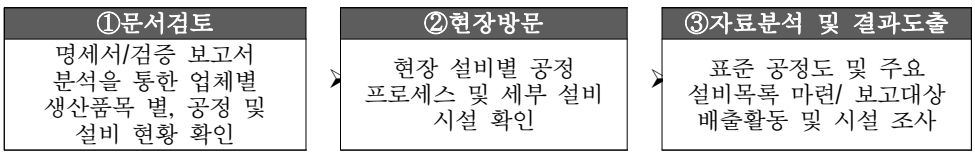


그림 6. 목재업종 생산품목별, 표준 공정 마련 절차

목재업종의 표준공정 마련을 위한 현장방문 조사는 목재업종 관장기관 역무를 대행하는 한국임업진흥원의 협조를 통해 수행되었다. 현장방문을 위해 그림 7과 같이 생산공정 확인을 위한 점검표를 마련하였다. '현장방문 점검표'를 기반으로 전체 목재업종 할당대상업체의 사업장을 방문하여 주요 생산 공정 및 설비현황에 대한 기초자료를 수집하였다.

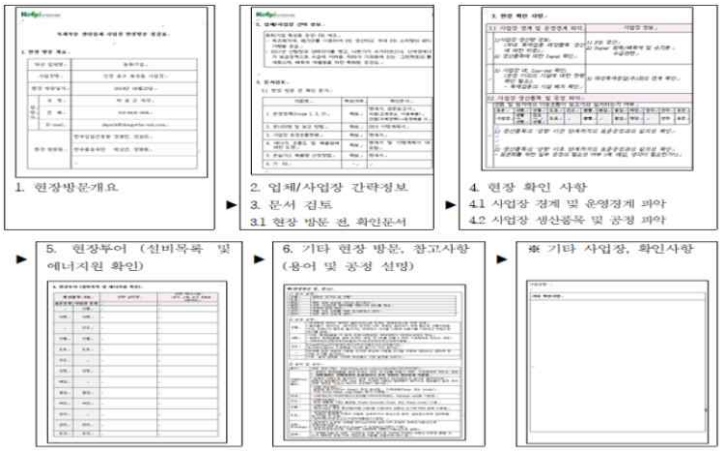


그림 7. 목재업종 생산공정 확인을 위한 '현장방문 점검표'

또한 본 연구에서 목재업종이 배출권거래제 하에서 온실가스 감축목표를 이행하는데 적용할 수 있는 감축기술 조사하고 감축비용을 도출하기 위하여 그림 8의 추진 체계에 따라 자료를 조사 및 분석하였다.

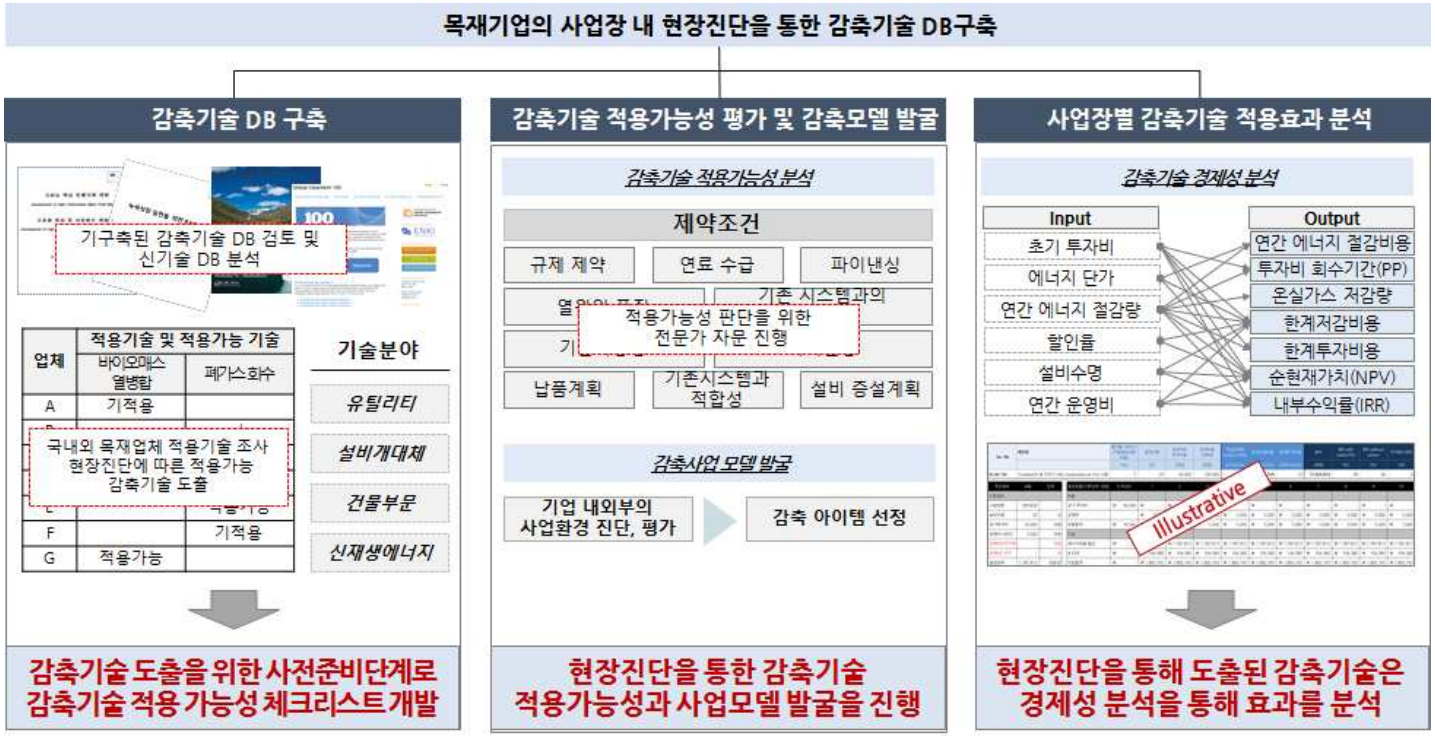


그림 8. 목재업종의 감축기술 현황조사 및 감축비용 분석 추진체계

목재업종에 적용가능한 감축기술을 조사하기 위하여 우선적으로 목재업종 온실가스 감축기술 사례집(한국임업진흥원, 2015) 등 기 구축된 온실가스 감축기술을 조사하였다. 기 구축된 온실가스 감축기술 정보는 현재 배출권거래제로 지정된 목재기업이 공개한 감축기술 사례를 DB화한 자료로서 목재정보다드림 시스템을 통해 관련 정보를 확인 할 수 있다. 해당 자료는 목재업종이 목표관리제 및 배출권거래제 하에서 온실가스 감축이행을 위해 기 도입한 감축기술에 대한 자료이다.

다음으로 전체 목재업종 사업장을 방문하여 인터뷰 및 기업의 에너지진단보고서 열람을 통해 목재업종에 도입할 수 있는 감축기술을 도출하였다. 한국임업진흥원(2015)에서 구축한 온실가스 감축기술 사례는 각 사업장에서 이미 도입한 감축 기술이므로 해당 사례는 감축기술 목록에서 제외하고 감축비용 분석을 실시하였다.

한국임업진흥원(2015)의 연구에서 제시한 감축기술 리스트 및 감축기술 적용 기준을 바탕으로, 그림 9와 같은 감축기술 검토 프로세스에 따라 기업 담당자에 대한 현장 인터뷰를 실시하였다. 현장 인터뷰를 통한 감축기술 도출 이외에도, 각 기업이 보유하고 있는 에너지진단보고서[4] 자료를 열람하고 수록된 감축기술을 감축기술 리스트에 추가하였다. 사업장 현장조사와 도출된 감축기술(안)에 대한 검토단계에서 에너지진단전문기관의 기술자문을 실시하여, 본 감축기술 조사결과에 대한 전문성을 확보하고자 하였다.

4) 「에너지이용 합리화법」 제32조에 따라 연간 에너지사용량의 합계가 2,000 toe 이상인 에너지다소비사업자는 의무적으로 에너지 진단을 추진하여야 하며, 에너지진단전문기관에 의해 사업장의 에너지 손실요인을 발굴하고, 온실가스 절감에 대한 개선방안을 수록한 에너지진단보고서를 작성 및 제출하고 있음.

1단계	감축기술 리스트 및 감축기술 적용기준 검토 (8개 부문 68개 기술)	
	▼	
2단계	체크항목 1. 해당 감축기술을 적용한 적이 있다(Yes or No)	
	▼(Yes)	▼(No)
3단계	체크항목 2-1. 추가 적용이 가능한 설비가 있다 (Yes or No)	체크항목 2-2. 향후 적용을 검토해봤거나 계획해 본적이 있다(Yes or No)
	▼(Yes)	▼(No)
4단계	체크항목 3. 주요 이유를 선택	1. 적용 가능한 설비가 없음 2. 적용 가능한 설비의 내구연한이 도래하지 않음 3. 경제적 편익이 없거나 미비함 4. 기술적인 한계가 있음 5. 법적, 제도적 제약사항이 있음 6. 기타 사유

그림 9. 목재업종 감축기술 적용가능성 검토 흐름도

조사된 온실가스 감축기술에 대하여 감축기술의 도입 전과 후를 비교하여 개선편익 분석을 실시하였다. 개선편익을 분석하기 위하여 초기투자비, 유지비용, 에너지 절감량, 온실가스 감축량, 에너지사용 절감액 등을 분석항목으로 활용하였다. 초기투자비는 감축설비 도입에 필요한 최초연도의 비용으로 산정하였으며, 그 외 에너지 절감량, 온실가스 감축량, 에너지사용 절감액, 유지비용은 감축설비의 도입 이후부터 해당 감축기술의 수명 기간이 도래할 때까지 매년 일정하게 유지되는 것으로 상정하였다. 시간의 흐름에 따른 현금의 현재가치를 고려하기 위하여 감축시설의 편익은 순현재가치(NPV)로 산정하였다.

다음으로 배출권거래제 관련 많은 연구(Stéphane and Pierre-Alain, 2011;Fabian, 2011;Adrien et al., 2013; Adrien et al., 2018; 김미영과 조용성, 2015; 한국임업진흥원, 2015)에서 비용적인 부분과 온실가스 감축에 대한 부분을 동시에 고려할 수 있는 분석방법으로 주로 활용되고 있

는 한계저감비용(MAC; Marginal Abatement Cost)과 한계투자비용(MIC; Marginal Investment Cost)을 도출하였다.

한계저감비용 및 한계투자비용[5]은 Adrien *et al*(2013)의 연구에서 제시한 산정방법을 활용하였다. 한계저감비용은 저감기술의 투자비용, 운영비 및 에너지 절감을 통한 수익을 모두 고려한 금액을 온실가스 감축량으로 나누어 산정하였다. 한계투자비용은 한 단위의 온실가스를 줄이기 위해 도입되는 설비의 투자비를 온실가스 감축량으로 나눈 값으로 온실가스를 줄이는데 들어가는 운영비와 수익이 제외된 투자비만을 고려하여 산정하였다.

제3절 결과 및 고찰

3.1 배출권거래제도 상의 목재업종 분류 기준

배출권거래제도에서는 할당대상기업을 「온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침」(이하 '목표관리지침'이라 함) 제9조에 따라 한국표준산업분류표[6](KSIC; Korean Standard Industrial Classification)를 기준으로 업종을 구분하여 관리하고 있다.

본 연구의 대상이 되는 배출권거래제의 목재업종은 표 5과 같이 한국표준산업분류표의 대분류 기준으로 '목재 및 나무제품 제조업;가구제외'에 해당된다. 현재 배출권거래제 하에서 목재업체는 동화기업(주), 선창기업(주), 대성목재공업(주), 선창산업(주), 주식회사 광원목재, (주)포레스코, 그리고 (주)한솔홈데코가 할당대상 업체로 지정되어 있다. 할당업체로 지정된 목재업체는 모두 중분류 기준으로 '박판, 합판 및 강화목제

---

5) 한계저감비용(MAC; Marginal Abatement Cost)과 한계투자비용(MIC; Marginal Investment Cost)은 비용적인 부분과 온실가스 감축에 대한 부분을 동시에 고려할 수 있는 분석방법으로 배출권거래제 관련 많은 연구(Stéphane and Pierre-Alain, 2011;Fabian, 2011;Adrien et al., 2013; Adrien et al., 2018; 김미영과 조용성, 2015; 한국임업진흥원, 2015)에서 활용고 있다.

6) 한국표준산업분류표는 산업관련 통계자료의 정확성, 비교성을 확보하기 위하여 작성된 것으로 유엔 국제표준산업분류표((ISIC; International Standard Industrial Classification)에 기초하여 제정된 산업분류 기준

품 제조업'에 해당된다.

표 5. 한국표준산업류표에 의한 목재업종 할당기업의 분류기준

대분류	중분류		소분류 (분류번호 및 분류명)
C.16 목재 및 나무제품 제조업 ; 가구 제외	161. 제재 및 목재 가공업		16101. 일반 제재업
			16102. 표면가공목재 및 특정 목적용 제재목 제조업
			16103. 목재 보존, 방부처리, 도장 및 유사 처리업
	162. 나무제품 제조업	1621. 박판,합판 및 강화목제품 제조업	16211. 박판, 합판 미 유사적층판 제조업
			16212. 강화 및 재생 목재 제조업
		1622. 건축용 나무제품 제조업	16221. 목재문 및 관련제품 제조업
			16229. 기타 건축용 나무제품 제조업
		1623. 목재 상자, 드럼 및 적재판 제조업	16231. 목재 깔판류 및 기타 적재판 제조업
			16232. 목재 포장용 상자, 드럼 및 유사용기
		1629. 기타 나무제품 제조업	16291. 목재 도구 및 기구 제조업
			16292. 주방용 및 식탁용 목제품 제조업
			16293. 장식용 목제품 제조업
			16299. 그 외 기타 나무제품 제조업
	163. 코르크 및 조물 제품 제조업		16301. 코르크 제품 제조업
			16302. 돗자리 및 기타 조물제품 제조업

* 現, 목재업종 할당대상기업의 주요 분류번호

** 출처 : 한국표준산업분류

배출권거래제에서 목재업종으로 포함되는 업체들의 주요 생산제품은 표 6과 같이 합판, 파티클보드 및 섬유판 등을 주요 생산품으로 생산하는 것으로 확인되었다.

표 6. 목재업종 할당대상기업의 주요 생산품목

유형	제품종류	세부 분류
목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	합판 (Plywood)	보통합판/ 거푸집용 합판/ 콘테이너 바닥용 합판 / LVB (Laminated Veneer Board)
	파티클보드 (Particleboard)	파티클보드
	섬유판 (Fiberboard)	HDF (High Density Fiberboard), 마루판 MDF (Medium Density Fiberboard), 저밀도 MDF LPM (Low Pressure Melamine) 보드
	마루판	합판마루판/ 강화마루판

* 출처: (사) 한국합판보드협회

3.2 목재업종의 표준공정 및 주요 설비 목록 도출

서면조사 및 현장방문 결과를 검토하여 각 생산품목별 주요 생산공정 및 설비, 주요 에너지원이 사용되는 사항에 대하여 검토하여 그림8과 같이 목재업종의 표준 공정을 재확인하고 및 주요 설비 목록을 새롭게 도출하였다.

목재 생산 품목은 합판, 파티클보드 및 중밀도섬유판으로 일반적으로 분류할 수 있다. 합판 및 파티클보드의 표준공정의 경우 지식경제부(2011)의 연구결과와 동일한 것으로 확인되었으나, 일부 기업에서 중밀도섬유판 공정에서 마루판을 추가로 생산하는 경우가 있는 것으로 확인되어 이를 고려하여 표준공정에 반영하였다.

마루판의 경우 섬유판의 일종인 고밀도 섬유판(HDF)에 일부 공정을 추가하여 생산하고 있으며, 섬유판 생산 이후의 마루판 생산을 위한 추가 공정은 에너지 소비가 크지 않고, 대부분이 전력을 사용하는 형태인 것으로 조사되었다. 이에 마루판 생산 공정을 별도로 분리하지 않고, MDF를 대표품목으로 설정하는 동시에, '마루판' 생산품목도 추가적인 구분을 하도록 하였다

그림 10과 같이 본 연구에서 새롭게 정립한 표준공정의 경우 지식경제부(2011)의 표준매뉴얼과 용어상의 차이 외에 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다. 현장 확인결과 각 생산품목별로 사용하고 있는 설비는 유사한 것으로 확인되었는데, 이는 업계에서 선도적인 역할을 하는 목재기업이 특정설비를 도입하여 설비의 성능에 대한 실증과정을 거치면 후속기업도 순차적으로 동종의 설비를 도입하기 때문인 것으로 사료된다. 한편 현장에서는 해당설비를 지칭하는 명칭으로 설비의 제품명을 주로 사용하고 있어, 이를 표준화하기 위하여 Rotary, Dryer 등 일반화된 명칭으로서 설비명을 제시하였다.

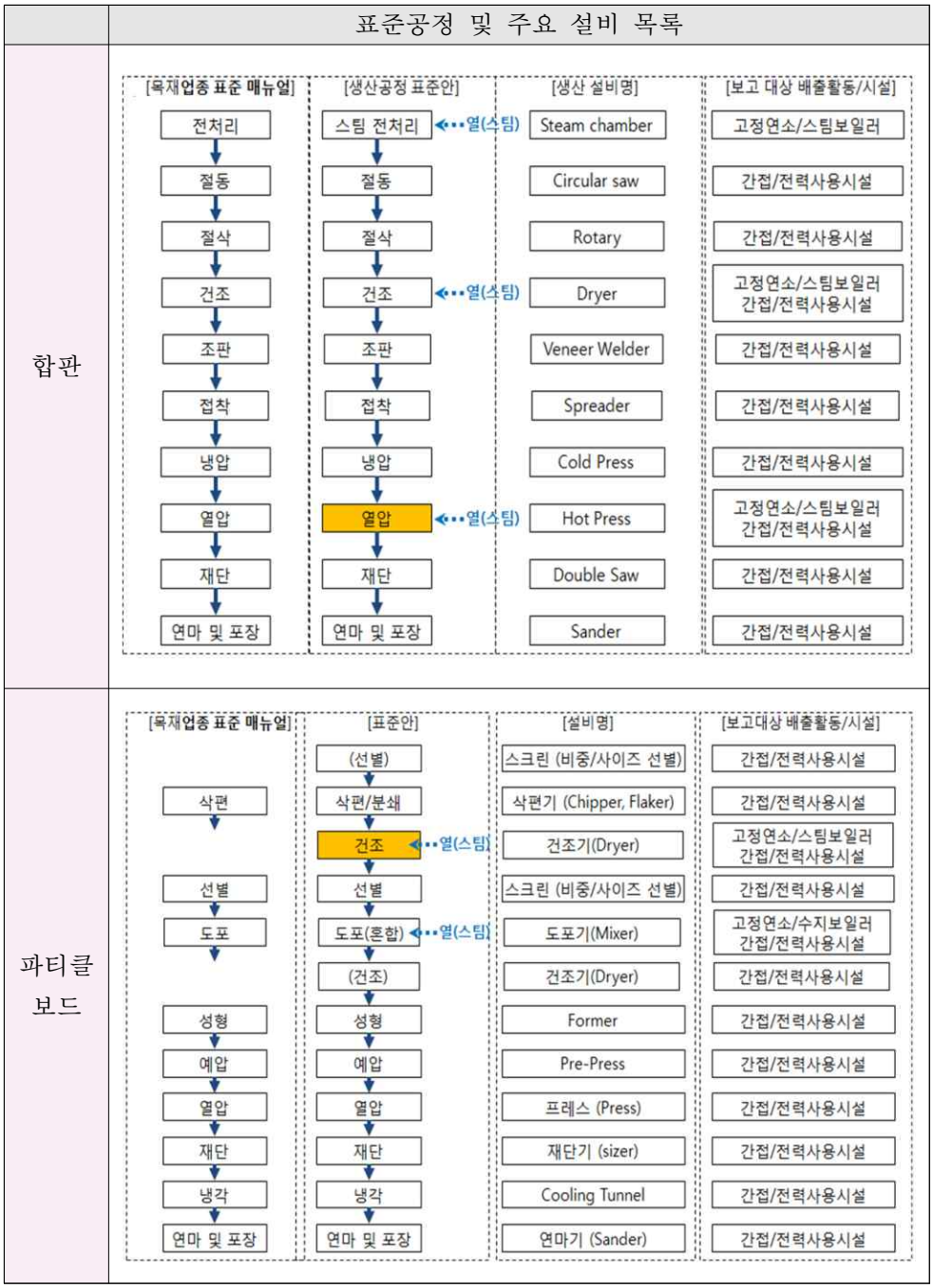


그림 10. 목재업종 표준공정 및 주요 설비 목록 도출 결과

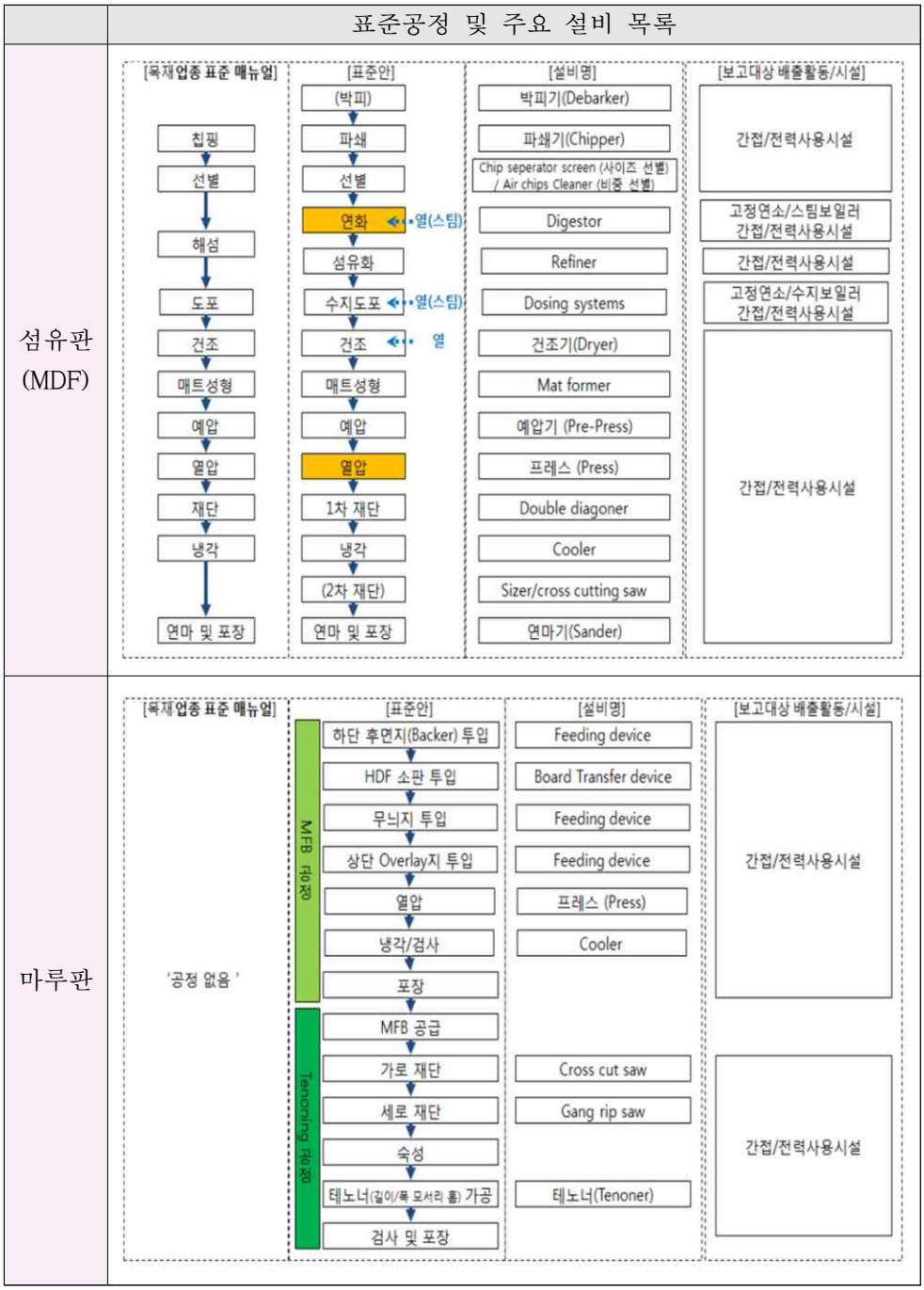


그림 10. 목재업종 표준공정 및 주요 설비 목록 도출 결과 (계속)

3.3 목재업종 사업장의 주요 배출시설 분류

목재업종 사업장의 주요 배출시설을 구분하기 위하여, 앞서 도출한 표준 공정을 기준으로 생산공정과 기타 조직경계 내에서 온실가스가 발생될 수 있는 기타 시설로 구분하여 분류를 실시하였다. 주요 시설별 온실가스 배출시설 정보는 NGMS에 제출된 목재기업의 명세서 자료를 활용하여 분석하였다.

<생산공정 관련 시설>

(1) 합판 생산 공정

- 목재 조각이 아닌 원목을 이용하여 제품인 합판을 생산하는 공정으로서 원목을 가공하기 위하여 전처리로 스팀(열원)을 이용하여 목재를 연화시켜 수피를 제거한 후, 박판을 만들어 여러 겹의 판을 접착 및 압착시키는 공정을 통하여 제품으로서 완성된다(한국임업진흥원, 2014a).
- 합판 생산공정에서는 그림 11과 같이 전기가 주요 에너지원으로 사용되고 있으며, 이외의 원목의 스팀 전처리, 건조 및 열압 단계에서 열원으로서 부분적으로 스팀을 사용하고 있다. 공정에서 발생하는 목분이나 기타 목재 잔재물은 LNG와 함께 열원 생산을 위한 원료로서 소비되는 것으로 확인 되었다.

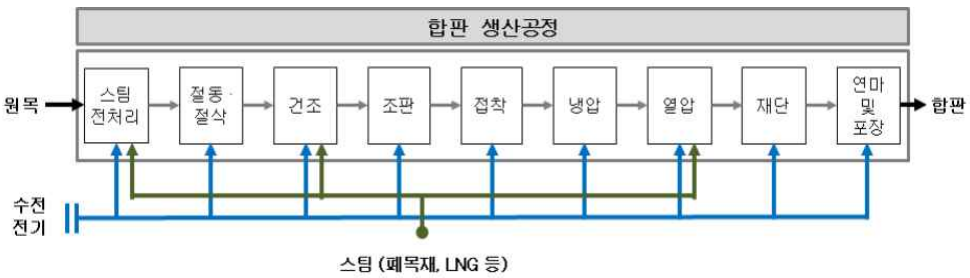


그림 11. 합판 생산공정 및 주요 에너지원

(2) 파티클보드 생산 공정

- 파티클보드 생산 공정은 원목, 목조폐자재 및 폐가구 등을 목재조각, 즉, 작은 조각(flaker)을 주 원료로하여 접착재로 성형 및 열압한 판을 생산하는 공정을 말한다(한국임업진흥원, 2014a).
- 파티클보드 생산 공정에서는 그림 12와 같이 전기가 주 에너지원으로 사용되며, 목재의 건조 및 수지 혼합 도포 시, 부분적으로 스팀이 사용되고 있다. 스팀은 사업장 내, 보일러로서 자체 생산하여 사용하고 있으며 공정에서 발생하는 목분, 기타 목재 잔재물과 LNG 등의 화석연료를 소비하고 있는 것으로 확인되었다.

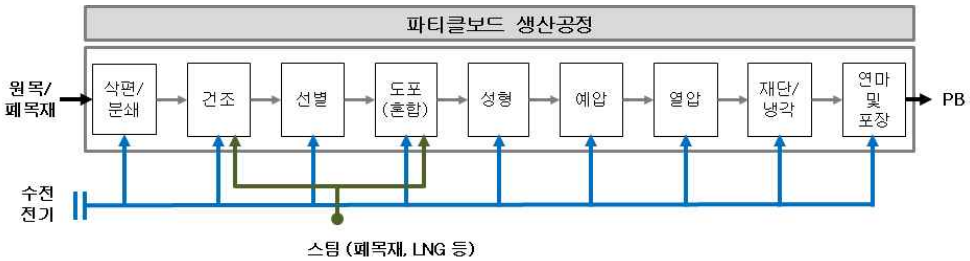


그림 12. 파티클보드 생산공정 및 주요 에너지원

(3) 섬유판 및 마루판 생산 공정

- 파티클보드 생산 공정과 유사하나 나무 조각을 목섬유질(화이버 형태)로 분해하여 열경화성 수지 상태로 가공하는 해섬공정(연화 및 섬유화)이 추가되며, HDF, MDF, LPM 등으로 밀도에 따른 구분으로 생산 제품을 나눌 수 있다(한국임업진흥원, 2014a).
- 마루판의 경우, 섬유판 공정에 추가적인 공정을 통하여 생산되는 제품으로서 마루판은 섬유판(HDF) 생산 후, 함침지 보드 등의 조합을 통하여 MFB(Melamine Faced Board) 형태로 만들고 재단 등의 가공을 거쳐서 생산되고 있다.
- 섬유판 및 마루판 생산공정에서는 그림 13에서와 같이 전기가 주

에너지원으로 사용되며, 목재의 연화, 수지 도포 및 건조 과정에서 스팀이 사용되고 있다. 스팀은 사업장 보일러로서 자체 생산하여 사용하고 있으며 공정에서 발생하는 목분, 기타 목재 잔재물과 LNG 등의 화석연료를 소비하고 있는 것으로 확인되었다.

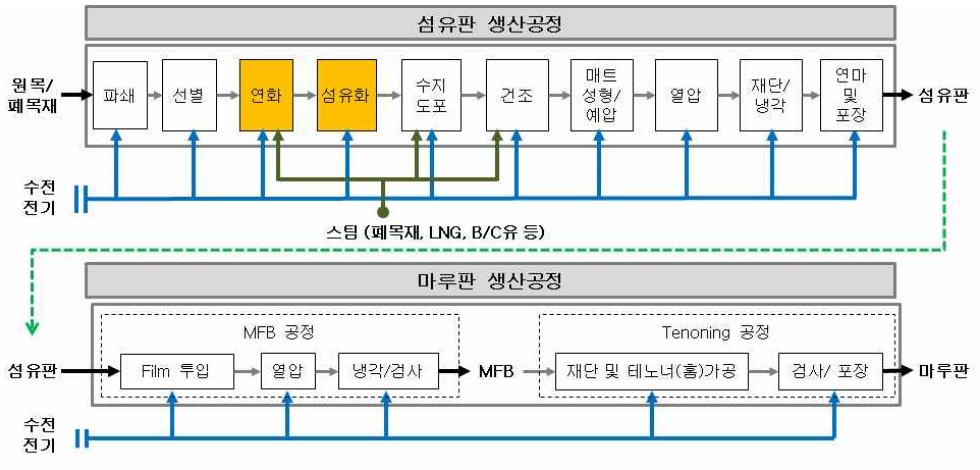


그림 13. 섬유판 및 마루판 생산공정 및 주요 에너지원

<기타 시설>

목재업종의 생산공정에서 직접적으로 관계되지는 않지만, 사업장 운영을 위한 다양한 시설이 있는 것으로 확인되었으며, 이들 기타 시설에 대해서는 다음과 같이 항목을 구분하여 배출시설 경계를 설정하였다.

(1) 기타 부대시설

- 제품 생산과 직접적으로 관계되지 않으면서 업무·복리후생 부분으로 분리하기 어려운 시설이나 장치 등이 포함되며 폐수처리시설, 비상발전기 등이 해당된다. 이러한 부대시설이 전기를 주 에너지원으로 사용하는 경우 별도로 사용량을 분리하여 계측하기에는 관리비용이 증가하기 때문에 온실가스 명세서에서는 일반적으로 부대시설을 별도로 분리하지 않고, 사업장 총 전기사용량에 합산하여 보

고하고 있다.

(2) 업무·복리후생시설

- 공장 내 사무 및 업무 공간용 난방용 보일러, 제조공정용이 아닌 온수보일러, 기숙사, 경비시설 등이 포함된다. 난방 온수 보일러를 제외한 시설 대부분은 전기를 사용하기 때문에 시설별로 분리하여 계측하기 어렵기 때문에, 인근 생산 공정 또는 사업장 총 전기 사용량에 합산하여 보고하고 있다.

(3) 업무용 차량

- 사업장 명의 차량, 사업장 명의로 임대하여 임직원이 사용하는 모든 차량, 회사에서 유류비를 실비 정산하는 모든 차량(승용차, 승합차, 화물차 등)이 포함된다.

(4) 공장 중장비

- 사업장 내에서 운영되는 비도로 차량 및 건설 중장비 등이 포함되며, 대다수 제조업체에서 대표적인 공장 중장비로서 지게차가 있다. 중장비에 사용되는 에너지원은 디젤사용이 일반적이나, 일부 목재업체에서는 온실가스 절감을 목적으로 전기를 에너지원으로 하는 중장비를 도입한 것을 확인 되었다.

목재업종의 주요 배출활동은 표7에서와 같이 고정 연소시설에서의 온실가스 배출, 이동 연소시설에서의 온실가스 배출, 제품 생산공정 및 제품 사용 등에 따른 기타 온실가스 배출, 폐기물 처리과정에서의 온실가스 배출 그리고 외부로부터 공급된 전기, 열, 증기 등에 따른 간접 온실가스 배출로 구분 할 수 있다.

표 7. 목재업종, 배출활동별 배출시설 분류

<table>
<tr><th>배 출 활 동</th><th colspan="3">배출시설</th><th>설비명</th></tr>
<tr><td rowspan="4">1. 고정 연소시설에서의 에너지이용에 따른 온실가스 배출</td><td colspan="3">열병합 발전시설</td><td>목재보일러</td></tr>
<tr><td colspan="3">일반보일러 시설</td><td>스팀보일러
열매/열매체보일러
수지보일러</td></tr>
<tr><td colspan="3">공정연소시설</td><td>건조시설
(직화식 건조기)</td></tr>
<tr><td colspan="3">기타</td><td>비상발전기, 식당
취사설비</td></tr>
<tr><td rowspan="6">2. 이동연소시설에서의 에너지이용에 따른 온실가스 배출</td><td rowspan="6">도로</td><td colspan="2">승용자동차</td><td rowspan="6">수송차량(도로/비도로)</td></tr>
<tr><td colspan="2">승합자동차</td></tr>
<tr><td colspan="2">화물자동차</td></tr>
<tr><td colspan="2">특수자동차</td></tr>
<tr><td colspan="2">이륜자동차</td></tr>
<tr><td colspan="2">비도로 및 기타 자동차</td></tr>
<tr><td>3. 제품 생산공정 및 제품사용 등에 따른 기타 온실가스 배출</td><td colspan="3">기타 온실가스 배출 및 사용
(지구온난화물질 사용)</td><td>소화설비 및 소화기</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4. 폐기물 처리과정에서의 온실가스 배출</td><td rowspan="2">하 · 폐수 처리 및 배출</td><td colspan="2">폐수종말처리시설</td><td rowspan="2">폐수처리장</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 하·폐수처리시설</td></tr>
<tr><td rowspan="2">폐기물의 소각</td><td colspan="2">소각보일러</td><td rowspan="2">소각보일러
유동층 보일러</td></tr>
<tr><td colspan="2">일반폐기물 소각시설</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5. 외부로부터 공급된 전기, 열, 증기 등에 따른 간접 온실가스 배출</td><td colspan="2">외부로부터 공급된 전기</td><td>사업장*</td><td>단, 제품생산 용도가 아닌 업무용건물, 폐기물처리시설 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">외부로부터 공급된 열(스팀)</td><td>사업장</td><td></td></tr>
</table>

* 출처 : 한국임업진흥원(2014b)

3.4 할당대상업체별 배출시설 조사결과

(1) A 社

A 社의 배출시설 중 공정연료사용 시설은 표 8과 같이 총 10개 시설이며 이 중 3개의 화목보일러와 1개의 열회수보일러를 포함한 총 4개의 배출시설에서 공정연료로 바이오매스 연료를 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

표 8. A 社 온실가스 배출시설 현황

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
공정 연소시설	1라인 10톤 화목보일러	고체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	1라인 180만 열매체 보일러	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	1라인 DRYER 버너	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	2라인 25톤 화목보일러	고체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	1라인 화목보일러 기동 버너	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	2라인 120만 열매체 보일러	기체연료연소	공정연료사용
기타	식당 LPG	기체연료연소	비공정에너지
기타	온풍기	액체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	비상용발전기	액체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	소방펌프	액체연료연소	비공정에너지
화물 자동차	화물자동차, 특수자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	1라인 건축물(전력)	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
공정 연소시설	2라인 화목보일러 기동 버너	기체연료연소	공정연료사용
*사업장단위 전력사용시설	2라인 건축물(전력)	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
공정 연소시설	2라인 250만 열매체 보일러	기체연료연소	공정연료사용
기타 하·폐수 처리시설	폐수처리설비	폐수처리	비공정에너지
공정 연소시설	15톤 열회수보일러	고체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	15톤 열회수보일러 기동버너	기체연료연소	공정연료사용

(2) B 社

B 社의 배출시설은 표 9와 같이 총 9개이며 공정연료를 사용하는 시설은 열매보일러를 포함한 3개 시설로 이 중에 바이오매스 사용 시설은 없는 것으로 확인 되었다.

표 9. B 社 온실가스 배출시설 현황

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
공정 연소시설	열매보일러	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	건조시설	액체연료연소	공정연료사용
*소규모배출시설	비상발전기	액체연료연소	공정연료사용
기타	식당 LPG	액체연료연소	비공정에너지
승용 자동차	승용자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
승합 자동차	통근버스	이동연소(도로)	비공정에너지
화물 자동차	수지이송트럭	이동연소(도로)	비공정에너지
특수차량	굴삭기,로우더, 지게차,소방차	이동연소(도로)	비공정에너지
건축물	건축물	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용

(3) C 社

C 社의 경우 표10과 같이 배출시설 중 공정연료사용 시설은 총 24개 시설이며 이 중 2개 소각보일러에서 공정연료로 바이오매스 연료를 사용하고 있다.

표 10. C 社 온실가스 배출시설 현황 (계속)

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
일반 보일러시설	일반 보일러시설 #35	액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	일반 보일러 시설 #69	액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	일반 보일러 시설 #85	액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	일반 보일러시설 #1	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	일반 보일러시설 #2	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	일반 보일러시설 #3	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	건조시설 #81	액체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	건조시설 #173	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	건조시설 #101	기체연료연소	공정연료사용
소각보일러	소각 보일러 #10	액체/고체연료연소	공정연료사용
소각보일러	소각보일러 #145	고체/액체연료연소, 폐기물 소각	공정연료사용
공정 연소시설	촉매산화시설 #106	기체연료연소	공정연료사용
*소규모배출시설	엔진소방펌프 #1	액체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	엔진소방펌프 #2	액체연료연소	비공정에너지
기타	식당 LPG	액체연료연소	비공정에너지
승용 자동차	승용 자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
승합 자동차	승합 자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
화물 자동차	화물 자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
특수 자동차	특수 자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
건축물	건축물	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
일반 보일러시설	본관 난방용 보일러	액체연료연소	비공정에너지
건축물	본관 전력사용시설	간접배출 (외부전기사용)	비공정에너지

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
일반 보일러시설	일반 보일러시설 #4	기체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	승용차	이동연소(도로)	비공정에너지
*소규모배출시설	승합차, 통근버스	이동연소(도로)	비공정에너지
*소규모배출시설	트럭	이동연소(도로)	비공정에너지
*소규모배출시설	본관 난방용 보일러	액체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	공동장샤워실	기체연료연소	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	전기_강화마루	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
*소규모배출시설	사무동보일러	기체연료연소	비공정에너지
일반 보일러시설	MFB5공장	기체연료연소	공정연료사용
*소규모배출시설	제1공장	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	PB1 열매보일러 #1	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	PB1 열매보일러 #2	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	스팀보일러	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	P1 건조시설	액체연료연소	공정연료사용
특수 자동차	특수 자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	사업장 전력사용시설	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
*소규모배출시설	PB1 비상발전기, 아세틸렌 절단기	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	스팀보일러	기체연료연소	공정연료사용
*사업장단위 전력사용시설	사업장단위 전력사용시설	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
화물 자동차	트럭	이동연소(도로)	비공정에너지

(4) D 社

D 社의 전체 30개 배출시설 중 공정연료시설은 표 11과 같이 보일러, 드라이어, 유틸리티 등을 포함한 14개 시설이며 발전보일러와 목재보일러를 포함한 4개의 시설은 바이오매스를 사용하는 공정연료시설로 나타났다.

표 11. D 社 온실가스 배출시설 현황 (계속)

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
열병합 발전시설	발전보일러	고체/액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	유동층보일러	고체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	목재보일러	고체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	25톤 목재보일러	고체/기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	15톤 목재보일러	고체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	25톤 가스보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	15톤 가스보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	250만 열매체보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	370만 열매체보일러	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	직화식드라이어	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	1톤 보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	0.5톤 보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	150000Kcal 온수보일러	기체연료연소	공정연료사용
기타	흡수식냉온수기	기체연료연소	공정연료사용
*소규모배출시설	난방용 난로	액체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	0.5톤 관류보일러	액체연료연소	비공정에너지

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
*소규모배출시설	비상발전기	액체연료연소	비공정에너지
일반 보일러시설	수지공장	기체연료연소	공정연료사용
승용 자동차	승용자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
승합 자동차	승합자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
화물 자동차	화물자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
비도로 및 기타 자동차	비도로 및 기타차량	이동연소(도로)	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	합판전기	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
*사업장단위 전력사용시설	MDF전기	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
*사업장단위 전력사용시설	제재전기	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
*사업장단위 전력사용시설	수지전기	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
*소규모배출시설	기타공정배출(아세틸렌)	기타	공정전기사용
*사업장단위 전력사용시설	기타(서울사무소)	간접배출 (외부전기사용)	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	기타(대전사무소)	간접배출 (외부전기사용)	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	기타(부산사무소)	간접배출 (외부전기사용)	비공정에너지

(5) E 社

E 社의 배출시설은 표 12와 같이 총 11개이며 보일러와 버너를 포함한 4개의 공정연료시설 중 1개의 화목보일러 시설에서 폐목재 바이오매스 연료를 사용 중인 것으로 확인되었다.

표 12. E 社 온실가스 배출시설 현황

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
*사업장단위 전력사용시설	사업장단위 전력사용시설	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
공정 연소시설	화목보일러	고체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	열매체보일러100만	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	열매체보일러200만	기체연료연소	공정연료사용
공정 연소시설	드라이버너	기체연료연소	공정연료사용
비도로 및 기타 자동차	비도로 및 기타 자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
*소규모배출시설	비상발전기, 기타	액체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	식당 취사	기체연료연소	비공정에너지
*소규모배출시설	프로판 용접	기체연료연소	공정연료사용
*소규모배출시설	CO2 용접	기타	공정연료사용
공정 연소시설	스팀보일러	기체연료연소	비공정에너지

(6) F 社

표13과 같이 F 社의 18개 배출시설 중 보일러를 포함한 6개의 시설이 공정연료시설이며 그 중 1개의 보일러 시설에서 바이오매스를 사용하고 있었다.

표 13. F 社 온실가스 배출시설 현황

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
일반 보일러시설	10 T/H 보일러	고체/기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	20 T/H 보일러	액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	열매체 보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	수지 보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	탈의실 난방 보일러	기체연료연소	비공정에너지
기타	직화식 건조기	기체연료연소	공정연료사용
특수차량/화물 자동차/승용 자동차		이동연소(도로)	비공정에너지
특수차량	특수차량 고소작업장비	이동연소(도로)	비공정에너지
기타	기타 열풍기	액체연료연소	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	MDF 1공장 전력	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
발전용 내연기관	450KW 발전기	액체연료연소	공정연료사용
기타	연구소 전력	간접배출 (외부전기사용)	비공정에너지
특수차량	휠로다(경유)-2대	이동연소(도로)	비공정에너지
특수차량	지게차(경유)-3대	이동연소(도로)	비공정에너지
승용 자동차	승용자동차(휘발유)-10대	이동연소(도로)	비공정에너지
승용 자동차	승용자동차(경유)-1대	이동연소(도로)	비공정에너지
승합 자동차	승합자동차(경유)-1대	이동연소(도로)	비공정에너지
화물 자동차	화물자동차(경유)-2대	이동연소(도로)	비공정에너지

(7) G 社

G 社의 배출시설 중 공정연료시설은 표 14와 같이 18개이며 이 중 RPF 보일러인 2개의 설비에서 바이오매스 연료를 사용하는 것으로 확인되었다.

표 14. G 社 온실가스 배출시설 현황 (계속)

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
일반 보일러시설	보일러	액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	보일러	액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	보일러	액체연료연소	공정연료사용
일반폐기물 소각시설	폐기물처리시설	액체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	보일러	기체연료연소	공정연료사용
기타	식당	기체연료연소	비공정에너지
일반 보일러시설	기숙사 보일러	기체연료연소	비공정에너지
공정 연소시설	LPM	기체연료연소	공정연료사용
승용 자동차	승용자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
화물 자동차	화물자동차	이동연소(도로)	비공정에너지
이륜 자동차	스쿠터	이동연소(도로)	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	1차수전실	간접배출 (외부전기사용)	공정전기사용
일반폐기물 소각시설	폐기물처리시설	액체연료연소	공정연료사용
일반폐기물 소각시설	폐기물처리시설	폐기물 소각	공정연료사용
특수 자동차	청소용 차량	이동연소(도로)	비공정에너지
일반 보일러시설	#1,2스팀보일러	액체연료연소	공정연료사용
기타	외부 스팀	간접배출 (외부 열사용)	공정연료사용
*소규모배출시설	비상용발전기	액체연료연소	비공정에너지
일반 보일러시설	RPF 스팀 보일러	고체연료연소	공정연료사용

배출시설명	자체시설명	배출활동명	사용구분
공정 연소시설	목분공장	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	RPF 열매 보일러	고체연료연소	공정연료사용
특수차량	특수차량	이동연소(도로)	비공정에너지
절연제 사용 시설	154 변전실	오존층파괴물질의 대체물질 사용 (전기설비)	비공정에너지
일반 보일러시설	35톤스팀보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	열매보일러	기체연료연소	공정연료사용
일반 보일러시설	폐기물처리시설	기체연료연소	공정연료사용
사업장단위 전력사용시설	열병합#1	간접배출 (외부전기사용)	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	요소공장	*사업장단위 전력사용시설	공정전기사용
공정 연소시설	LPM4호기	공정 연소시설	공정연료사용
*사업장단위 전력사용시설	열병합#2	*사업장단위 전력사용시설	비공정에너지
*사업장단위 전력사용시설	목분	*사업장단위 전력사용시설	공정전기사용
특수 자동차	지게차(휘발유)-임대	특수 자동차	비공정에너지

목제업종의 명세서 자료를 활용하여 배출시설을 조사한 결과 대다수의 사업장에서 연료를 연소하는 설비는 일반보일러 시설 또는 공정연소시설로만 구분하고 있으며, 전기 사용에 대해서는 세부적인 배출시설 구분 없이 사업장단위로 전력사용시설을 보고하거나 건축물로 통합하여 보고하는 것으로 확인되었다. 그러나 현재 명세서 상의 배출시설 구분 체계에서는 생산 공정 또는 제품별로 에너지 사용 현황을 파악하는 것이 불가능한 것으로 조사되었다.

3.5 목재업종의 온실가스 배출현황 분석

배출권거래제 대상 목재업종의 2007년부터 2014년까지의 온실가스 배출량 추세 분석 결과 그림 14와 같이 2007년도를 기준으로 2010년까지 16%의 온실가스 배출량이 증가한 것으로 나타났다. 그러나 2010년 이후부터 온실가스 배출량이 감소하는 경향을 보였다.

이러한 배출량 변동의 주요 요인으로는 2011년도부터 온실가스 배출량을 규제하는 온실가스·에너지 목표관리제의 시행 이후 목재업종의 온실가스 감축이행을 위한 노력이 본격화되었기 때문인 것으로 판단된다.

그림 14. 목재업종의 연도별 온실가스 배출량 추세

표 15에서와 같이 2011년 이후 배출유형별 배출량 증감률 현황에서 공정연소시설에 대한 온실가스 감축으로 인해 목재업종 전체의 온실가스 배출량이 감소한 것으로 나타났다. 반면 공정전기시설과 비공정에너지 시설에 대한 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하는 양상을 보이는 것으로 나타났다.

목재업종의 경우 공정연소시설에 대한 온실가스 감축이 2007년 배출량과 비교하여 49%가 감소하여 상대적으로 큰 변화가 있는 것으로 나타났으며, 이는 바이오매스(폐목재) 사용량의 증가가 주요한 원인인 것으로 생각된다. 배출권거래제도 하에서는 바이오매스를 에너지원으로 이용할 경우, CO2에 대한 온실가스 배출량을 산정에서 제외하고, 메탄(CH4)과

아산화질소(N2O) 배출량만을 명세서로 보고하기 때문에 동일한 에너지를 소비량 대비 온실가스 감축효과가 크기 때문이다(환경부, 2015).

표 15. 목재업종의 온실가스 배출량 현황

구분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
공정 연료 시설	배출량(tCO_2eq)	143,837	146,273	148,182	163,238	128,080	123,991	97,325	72,655
	'07년 대비증가율	-	2%	3%	13%	-11%	-14%	-32%	-49%
	기준연도[1] 대비 증가율	-	-	-	-	-	-	-	-38%
공정 전기 시설	배출량(tCO_2eq)	219,913	228,298	232,712	254,703	250,957	253,375	245,761	256,007
	'07년 대비 증가율	-	4%	6%	16%	14%	15%	12%	16%
	기준연도 대비 증가율	-	-	-	-	-	-	-	2%
비공정 에너지 시설	배출량(tCO_2eq)	4,694	5,944	6,738	7,937	7,303	8,188	8,604	9,104
	'07년 대비 증가율	-	27%	44%	69%	56%	74%	83%	94%
	기준연도 대비 증가율	-	-	-	-	-	-	-	13%
전체 시설	배출량(tCO_2eq)	368,444	380,516	387,632	425,878	386,341	385,554	351,690	337,766
	'07년 대비 증가율	-	3%	5%	16%	5%	5%	-5%	-8%
	기준연도 대비 증가율	-	-	-	-	-	-	-	-10%

표 16은 목재업체가 제출한 온실가스 명세서를 기준으로 1 ton의 목제제품 생산하는데 발생하는 온실가스 배출량을 의미하는 배출량 원단위와 바이오매스 사용량을 보여준다.

일반적으로 목재업종의 공정연료 원단위는 바이오매스의 사용량에 의한 영향을 크게 받는다. 또한 바이오매스 사용량이 증가할수록 공정연료의 원단위가 감소하는 양상을 보이게 된다. 이는 바이오매스 연료가 CO2 배출량을 산정하지 않기 때문이다. 결과적으로 배출권거래제도 하에서 바이오매스 시설을 사용하는 것은 온실가스 감축에 기여할 수 있음을 의미한다.

반면 공정전기 원단위는 제품생산량과 바이오매스 사용량의 영향을 복합적으로 받는다. 그러므로 제품생산량이 감소하게 되면 공정전기의

원단위가 증가하는 양상을 보이게 된다.

이러한 이유로는 제품생산과 무관하게 사업장을 운영하기 위한 건축물 등에서 사용하는 전기사용량이 존재하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 바이오매스 연료를 사용할 경우 분진처리를 위한 집진 설비 등 환경규제 대응을 위해 추가적으로 전력 사용량이 증가하는 경향이 있다. 이러한 점은 바이오매스의 이용이 공정전기의 원단위를 높이는데 영향을 미칠 것으로 생각된다.

표 16. 목재업종 ETS 할당대상기업의 온실가스 배출량 원단위 및 바이오매스 사용량

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
제품생산량(ton)	2,767,201	2,637,985	2,458,245	2,569,099	2,476,522	2,307,759	2,355,091	2,634,560
공정연료 원단위 (tCO_2eq/ton)	0.052	0.055	0.060	0.064	0.052	0.054	0.041	0.028
공정전기 원단위 (tCO_2eq/ton)	0.079	0.087	0.095	0.099	0.101	0.110	0.104	0.097
바이오매스 사용량(ton)	106,086	110,603	99,357	132,042	141,492	140,805	156,602	182,546
바이오매스 배출량(tCO_2eq)	2,988	3,087	2,769	3,715	15,572	15,796	15,213	16,110

전 세계 산업계에서 사용하는 연료 중 바이오매스가 차지하는 비중은 약 10% 수준이지만 목재업종의 경우 전체 연료의 60% 이상을 바이오매스를 사용하다(한국임업진흥원, 2015b). 따라서 목재업종은 타 업종에 비해 연료 전환으로 인한 온실가스 감축 효과가 높은 업종으로 인식되고 있다.

이러한 목재업종의 특성이 반영되어 2020 국가 온실가스 감축 로드맵 보고서(관계부처 합동, 2014)에서도 목재업종의 온실가스 감축수단으로 바이오매스 열병합 발전도입, 화석연료를 바이오매스로 대체 그리고 공통기기(건조기·전동기·보일러) 효율개선을 통한 효율개선을 주된 이행수단으로서 제시하고 있다.

그러나, 한국임업진흥원(2014b)의 조사결과 목재업종에서 전체 연료 사용량 대비 바이오매스를 에너지원으로 사용한 비율이 2011년부터 2013년까지 3개년 평균을 기준으로 68%에 달하며, 사용비율이 가장 높

은 기업은 최대 91.6%에 달하는 것으로 조사된바 있다. 따라서 목재업종의 기업들 상당수는 이미 바이오매스의 사용비율이 높아 추가적인 온실가스 감축여력이 낮은 실정이다.

또한 2030 감축 로드맵 수립과정에서 목재업종의 온실가스 감축수단을 조사하기 위해 2016년 한국임업진흥원에서 목재업종을 대상으로 업계 의견을 조사한 바 있다. 이 결과에 의하면 목재업종은 목표관리제 하에서 B-C에서 바이오매스로의 연료전환이 이미 진행되었으며, 추가적인 바이오매스 설비도입은 적용이 불가한 것으로 조사되었다(2030공동작업반, 2016).

목재업종 배출권할당기업에서 바이오매스로의 추가적인 연료전환이 불가한 주된 사유로는 초기 투자비 과다, 경제성 부족 및 인허가 문제 등의 장애요인이 있는 것으로 조사되었다.

이러한 상황에서 목재업종이 온실가스 감축을 이행하기 위해서는 고효율 설비교체 또는 LNG, 바이오매스와 같은 친환경 연료로의 대체 이외의 추가적인 감축방안을 도입해야 하는데 생산 공정의 효율화 및 최적화를 통한 온실가스 감축이 대안으로 활용될 수 있을 것이다.

3.6 목재업종의 온실가스 감축기술 도출결과

감축기술 진단 체크리스트를 기반으로 각 목재업종 사업장 담당자와의 인터뷰를 진행하였으며, 도출된 감축기술(안)에 대하여 에너지진단기업의 기술자문을 통해 표 17과 같이 목재업종에 효율적으로 적용가능한 24개의 온실가스 감축기술을 도출하였다.

목재업종에서 보편적으로 적용가능한 감축기술로는 고효율 LED 조명, 공기압축기 개선, 집진설비 개선 등이 도출되었으며, 공기예열기 설치와 열원회수와 같이 에너지효율을 높이기 위한 감축기술을 도출하였다. 본 연구에서 도출된 감축기술에 대한 세부적인 정보는 부록으로 정리하여 수록하였다.

표 17. 목재업종 사업장별 감축기술 적용가능성 도출 결과

업체명	구분	감축기술 적용 안
A 社	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	공기압축기 흡입온도 개선
	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	흡착식 Dryer 흡착제를 저온재생겔로 개선
	Ⅶ. 조명 설비	고효율 LED 조명 설치
B 社	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	공기압축기(스크류)를 Turbo 공기압축기(400HP)로 개선
	Ⅱ. 열원-반송 설비	동절기 Pre-cooling 도입으로 냉동기 운전 감소
	Ⅱ. 열원-반송 설비	열매보일러를 소각보일러(또는 BIO-SRF)로 연료전환
	Ⅰ. 수변전 설비	신재생 태양광 발전설비 도입(감축전략 수립 제외 대상)
C 社	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	공기압축기 인버터 적용
	Ⅱ. 열원-반송 설비	MFB 열매체 120만 보일러 연료전환
D 社	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	MDF 2공장 흡착식 Dryer 흡착제를 저온재생겔로 적용
	Ⅳ. 공조 환기 설비	집진기(414) Fan Pulley 개선 (인버터기 설치됨)
	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	공기압축기(스크류)를 Turbo 공기압축기(500HP)로 개선
	Ⅵ. 오폐수 처리장 설비	Root Blower를 Turbo Blower로 효율 개선
E 社	Ⅳ. 공조 환기 설비	집진기 Fan의 인버터 및 Pulley 개선으로 전력절감
	Ⅱ. 열원-반송 설비	동절기 Pre-cooling 도입으로 냉동기 운전 감소
	Ⅱ. 열원-반송 설비	열매보일러(100만) 공기예열기 설치
	Ⅱ. 열원-반송 설비	열매보일러(300만)를 소각보일러 설치하여 연료전환
F 社	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	공기압축기 인버터 적용
	Ⅴ. 기타 설비(공기압축기)	공기압축기(스크류)를 Turbo 공기압축기(450HP)로 개선
	Ⅶ. 조명 설비	고효율 LED 조명 설치
G 社	Ⅱ. 열원-반송 설비	동절기 Pre-cooling 도입으로 냉동기 운전 감소
	Ⅱ. 열원-반송 설비	잉여스팀활용으로 흡수식냉동기 도입하여 하절기 냉방 및 냉수 생산
	Ⅳ. 공조 환기 설비	집진기(인버터 설치) Fan의 Pulley 개선으로 전력절감
	Ⅶ. 조명 설비	고효율 LED 조명 설치

* 출처: 한국임업진흥원(2015b)

3.7 목재업종의 온실가스 한계감축비용 및 한계투자비용 도출

앞서 사업장 담당자와의 인터뷰 및 에너지진단기업의 기술자문을 통해 도출된 24개의 온실가스 감축기술에 대하여 조사된 초기투자비 및 연간절감비용에 대한 조사결과는 표 18와 같이 나타났다.

표 18. 목재업체의 감축기술별 초기투자비 및 절감비용 조사 결과

업체명	감축기술유형	초기투자비 (천원)	연간절감비용 (천원)
A 社	공기압축기 흡입온도 개선	12,000	15,207
	공기압축기 저온재생겔 사용	5,400	2,546
	고효율 LED 조명 설치	109,340	59,506
B 社	터보공기압축기 도입	250,000	51,975
	냉동기 Pre-cooling 도입	49,000	6,431
	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	2,500,000	995,149
C 社	공기압축기 인버터 적용	105,000	21,658
	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	1,700,000	406,627
D 社	공기압축기 저온재생겔 사용	4,500	2,169
	집진기 Fan의 Pulley 개선	1,800	7,096
	터보공기압축기 도입	250,000	50,589
	Turbo Blower 도입	45,000	28,644
E 社	집진기 Fan의 Pulley 개선	14,200	12,370
	냉동기 Pre-cooling 도입	84,000	19,293
	열매보일러 공기예열기 설치	35,000	15,799
	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	2,500,000	1,568,283
F 社	공기압축기 인버터 적용	22,000	8,301
	터보공기압축기 도입	250,000	56,410
	고효율 LED 조명 설치	66,912	43,146
G 社	고효율 LED 조명 설치	42,000	32,340
	집진기 Fan의 Pulley 개선	700	2,262
	냉동기 Pre-cooling 도입	49,000	9,647
	잉여스팀 활용 흡수식 냉동기 도입	250,000	58,212
합 계		**8,345,852**	**3,473,660**

각 기술별 한계저감비용 및 한계투자비용은 표 19와 같이 도출되었다. 조사된 감축기술의 평균적인 투자비 회수기간은 2.9년으로 나타났다. 한계저감비용의 평균은 - 79천원/tCO_2, 한계투자비용의 평균은 768천원/tCO_2으로 산출되었다.

표 19. 감축기술별 한계저감비용 및 한계투자비용 분석결과

업체명	감축기술유형	투자비 회수기간 (년)	한계저감 비용 (천원/tCO_2eq)	한계투자 비용 (천원/tCO_2eq)
A 社	공기압축기 흡입온도 개선	0.8	-125	73
	공기압축기 저온재생겔 사용	2.1	-74	500
	고효율 LED 조명 설치	0.9	-82	434
B 社	터보공기압축기 도입	4.8	1	1,135
	냉동기 Pre-cooling 도입	7.6	80	1,798
	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	2.5	-171	1,082
C 社	공기압축기 인버터 적용	4.8	2	1,144
	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	4.2	-33	1,990
D 社	공기압축기 저온재생겔 사용	2.1	-101	489
	집진기 Fan의 Pulley 개선	0.3	-130	60
	터보공기압축기 도입	4.9	-55	1,166
	Turbo Blower 도입	1.6	-109	371
E 社	집진기 Fan의 Pulley 개선	1.1	-115	271
	냉동기 Pre-cooling 도입	4.4	-64	1,027
	열매보일러 공기예열기 설치	2.2	-167	851
	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	1.6	-189	657
F 社	공기압축기 인버터 적용	2.7	-91	625
	터보공기압축기 도입	4.4	-63	1,046
	고효율 LED 조명 설치	1.6	-109	366
G 社	고효율 LED 조명 설치	1.3	-97	306
	집진기 Fan의 Pulley 개선	0.3	-125	73
	냉동기 Pre-cooling 도입	5.1	9	1,198
	잉여스팀 활용 흡수식 냉동기 도입	4.3	-13	1,013
평 균		**2.9**	**-79.2**	**768**

표 21의 분석자료를 이용하여 그림 15와 같이 목재업체의 한계저감비용곡선을 도출하였다. 총 16개의 감축기술이 한계저감비용이 음의 값으로 나타나 투자비용 대비 수익이 발생할 수 있는 기술로 나타났다. 목재업종이 이를 모두 도입할 경우 8,253tCO_2의 온실가스를 감축할 수 있는 것으로 나타났으며, 1톤의 온실가스를 감축함으로써 평균적으로 약 79천원의 수익을 기대할 수 있는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 도출된 한계감축비용은 배출권 가격과 더불어 기업이 감축기술 도입여부를 결정하는 중요한 의사결정 기준으로 활용될 수 있을 것이다. 한계저감비용이 배출권 가격보다 낮은 감축기술의 경우 이를 도입하는 것이 비용적 측면에서 유리하므로 감축기술을 도입을 결정 할 수 있다. 반면 한계저감비용이 배출권 가격보다 높은 기술의 경우 감축기술을 도입하지 않고 배출권을 구매하는 것이 비용적 측면에서 유리할 것이다.

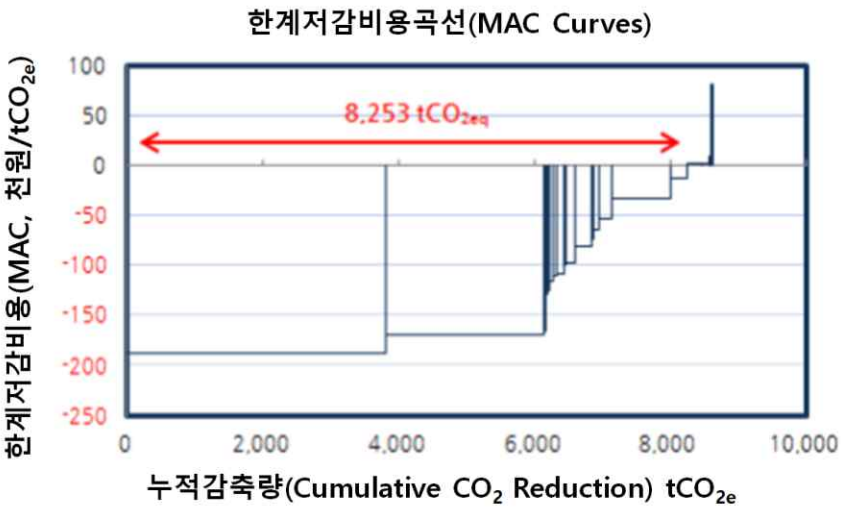


그림 15. 목재업종 할당기업의 한계저감비용 곡선 도출결과

목재업체의 한계투자비용을 도출한 결과는 그림 16과 같다. 1톤의 온실가스를 저감하기 위해 기업이 투자해야하는 금액이 최저 6만원에서 최고 2,000만원에 이르는 것으로 분석되었다. 평균적으로는 1톤의 온실가스를 저감하는데 77만원의 투자비용을 지불해야 하는 것으로 나타났다.

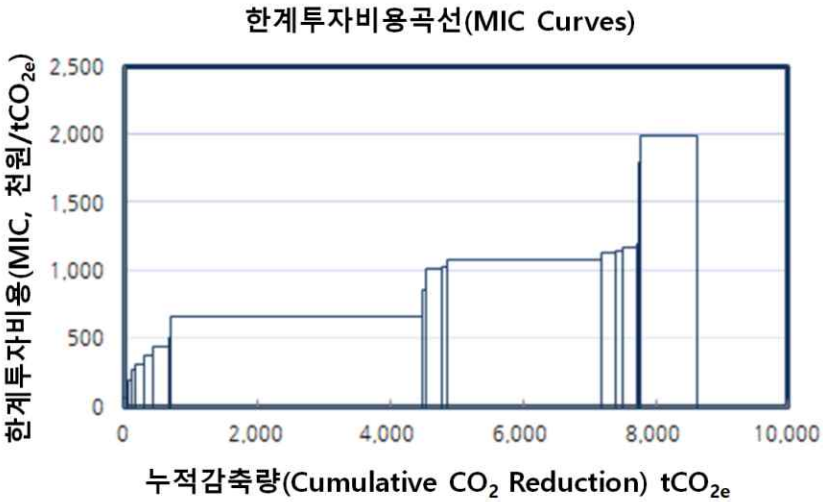


그림 16. 목재업종 할당기업의 한계투자비용 곡선 도출결과

또한 목재업체 담당자 인터뷰 결과에 의하면 목재기업들은 일반적으로 투자비회수기간이 1년 이내 이거나 최대 2년까지인 감축기술에 대해서만 투자를 진행하고 있다고 응답하였다. 반면 본 연구에서 도출된 감축기술의 평균 투자회수기간이 2.9년으로 상대적으로 길기 때문에 해당 감축기술이 현장에 도입될 가능성은 상대적으로 낮을 것으로 판단된다.

제4절 소결

본 연구에서는 목재업종 배출권할당업체를 대상으로 온실가스 배출현황을 분석하고 온실가스 감축비용을 도출하였다.

먼저 배출권거래제에 포함된 목재업종의 주요 생산품목에 대한 생산공정을 확인하고. 주요 공정에 따른 온실가스 배출현황을 분석하였다. 명세서 자료를 분석한 결과 대부분의 사업장에서 연료를 연소하는 설비는 일반보일러 시설 또는 공정연료시설로만 구분하고 있었다. 전기 사용에 대해서는 세부적인 배출시설을 구분하지 않고 관리하고 있었다. 즉, 사업장단위로 전력사용시설을 보고하거나, 건축물의 전력사용량에 통합하여 보고하는 것으로 확인되었다. 따라서 현행의 구분 체계에서는 생산 공정 단계별 또는 제품유형별로 에너지 사용량 및 온실가스 배출량을 명확하게 파악하는 것은 불가능한 것으로 조사되었다. 이에 본 연구에서는 온실가스 배출시설을 크게 공정연료시설, 공정전기시설, 비공정에너지시설로 구분하고 온실가스 배출량 현황을 분석하였다.

목재업종 할당업체의 온실가스 배출량 추세를 분석한 결과 2007년을 기준으로 2010년까지 16%의 온실가스 배출량이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 2010년 이후부터 온실가스 배출량이 지속적으로 감소하여 2007년 대비 8%의 온실가스 배출량이 감소하는 것으로 나타났다.

2010년 이후 배출량이 감소하는 이유를 살펴보면, 공정연소시설에서의 온실가스 감축이 주요한 원인임을 알 수 있다. 특히 공정연소시설에 대한 온실가스 감축은 2007년 배출량과 비교했을 때 49%나 감소하였다. 이러한 원인은 CO_2 배출량을 산정하지 않는 바이오매스 연료에 대한 사용량이 증가하였기 때문이다.

일반적으로 목재업종은 제지업종과 더불어 타 업종에 비해 바이오매스를 이용한 연료전환이 용이하여 온실가스 감축 잠재력이 높은 업종으로 인식되고 있다(관계부처 합동, 2014; 한국임업진흥원, 2015b). 그러나 한국임업진흥원(2014b)의 조사결과와 같이 목재업종은 이미 바이오매스의 사용비율이 높아 추가적인 온실가스 감축여력이 낮은 것으로 판단된다. 따라서 목재업종이 온실가스 감축을 이행하기 위해서는 바이오매스

로의 연료 전환 이외에 추가적인 감축방안을 도입할 필요가 있다.

이러한 관점에서「2030 국가 온실가스 감축 로드맵」에는 생산 공정의 효율화 및 최적화를 통한 온실가스 감축이 새로운 감축수단 이행방안으로서 새롭게 추가되었다(한국임업진흥원, 2016). 한편 생산 공정에서 에너지 관리가 최적화되기 위해서는 각 공정별로 에너지 및 배출량에 대한 정보가 별도로 모니터링 되고 이를 기반으로 비효율적인 공정에 대한 개선이 이루어져야 한다. 그러나 앞서 언급된 바와 같이 목재기업의 에너지 및 배출량의 관리는 공정단계 중심이 아닌 설비 중심으로 이루어지고 있다. 때문에 사업장에서 각 공정단계에서 불필요한 온실가스 배출을 줄이기 위한 감축노력은 상대적으로 미흡한 실정이다.

한편 본 연구를 통해 터보공기압축기 도입, 집진설비 개선, 연료전환 등 목재업종에 도입 가능한 24개 온실가스 감축기술을 도입하였다. 도출된 감축기술의 평균적인 투자비 회수기간 2.9년으로 조사되었다. 한계저감비용의 평균은 - 79천원/tCO_2, 한계투자비용의 평균은 768천원/tCO_2으로 산출되었다.

한계투자비용의 경우 기업이 활용할 수 있는 가용자금의 규모와 밀접한 연관이 있다. 그러므로 한계저감비용의 측면에서 경제성이 있더라도 초기 투자비용이 과다할 경우 기업 유동성 부족의 문제로 감축기술을 도입하지 않을 가능성이 높아지게 된다. 특히 목재업종의 경우 대부분 중소·중견기업에 해당되어 초기 투자비가 큰 감축기술은 대기업과 비교했을 때 상대적으로 투자에 어려움을 겪을 수 있다.

따라서 목재업종의 온실가스 감축기술 도입을 촉진하기 위해서는 감축기술 설비도입에 필요한 자금의 융자 또는 매칭펀드 방식의 설비지원 등을 통해 감축설비에 대한 투자회수기간을 단축시키거나 초기 투자비에 대한 부담을 경감할 수 있는 방안 마련이 요구된다.

또한 목재업종이 온실가스 감축목표를 이행하기 위해서는 사업장에너지관리시스템(FEMS; factory energy management system) 보급 등 에너지 관리의 최적화하기 위한 노력이 필요하다. 에너지 관리 최적화 및 공정개선 등을 실행하기 위해서는 먼저 기존의 설비중심의 에너지 및 온

실가스 관리체계를 공정중심의 관리체계로 고도화할 필요가 있다. 그러나 관리체계의 고도화는 계측기의 설치 및 관리 등에 따른 비용증가를 수반하게 된다. 때문에 공정개선 등을 통한 온실가스 감축활동의 이행은 비교적 저조한 실정이다. 따라서 온실가스 감축이행을 촉진하기 위해서는 온실가스 배출량에 대한 모니터링 체계의 고도화 방안을 마련하는 한편, FEMS 도입과 같은 감축활동에 대한 직·간접적인 지원이 필요할 것으로 판단된다.

제 4 장 목재업종 온실가스 배출전망 및 배출허용총량 도출

제1절 연구배경 및 필요성

배출권거래제도 하에서 할당기업의 배출권할당은 「배출권거래법」에 의거 산업부문 및 업종을 구분하여 할당계획을 수립하도록 규정되어 있다. 우리나라는 배출허용총량을 결정함에 있어 배출권거래제 기본계획과 상위계획인 국가 온실가스 감축목표와의 정합성을 유지하기 위해 국가 배출량전망치와 업종별 감축률을 이용하고 있다(환경부, 2014).

이에 따라 지난 1차 계획기간('15~17)에는 2020년 국가온실가스 배출전망치와 감축률을 적용하여 배출허용총량이 산정되었다. 그러나 2015년 파리협정 이후 우리나라의 국가 온실가스 감축목표가 새롭게 수립되었다. 이에 국가 배출권 할당계획(관계부처합동, 2017)에서는 2차 계획기간('18~'20)부터 2030년 국가온실가스 배출전망치와 감축률을 적용하여 배출허용총량을 산정하게 될 예정이다. 이러한 국가 중기 감축전망 및 감축률의 변경은 연도별·업종별 배출허용총량 산정에 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 국가 온실가스 감축목표의 변경이 목재업종 할당기업의 배출전망과 배출허용총량에 미치는 영향 사례를 분석하고자 하였다. 이를 위해 '2020년 온실가스 감축목표 및 로드맵'과 '2030년 온실가스 감축목표 및 로드맵' 두 가지 기준을 적용하여 배출전망과 배출허용총량을 산정하고 그 결과를 비교해 보았다.

제2절 연구방법

2.1 연구체계

본 연구에서는 국가 온실가스 감축목표 변경 전과 후의 목재업종 배출허용총량을 비교 분석하기 위하여 그림 17과 같이 연구수행 체계를 수립하였다.

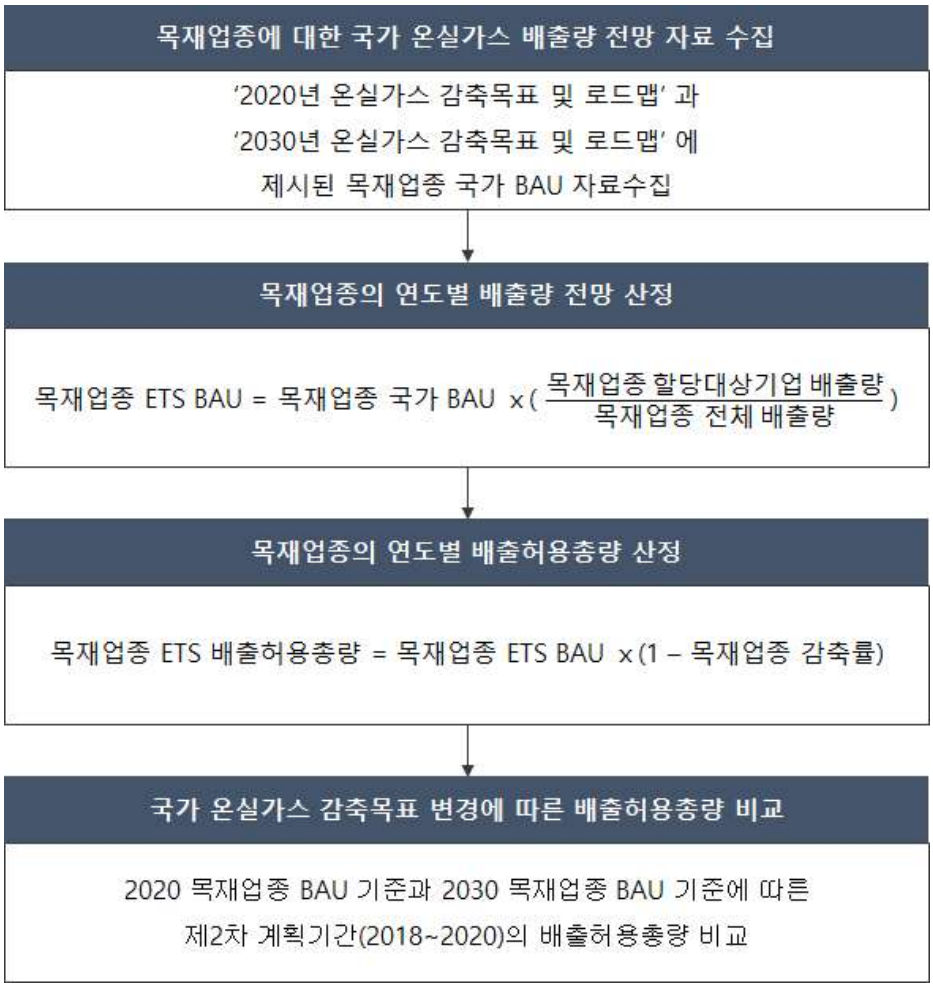


그림 17. 온실가스 감축목표에 따른 배출허용총량 비교연구 수행 체계

먼저 2020 로드맵과 2030 로드맵 상에 지시된 목재업종의 배출량 전망자료를 수집하고 목재업종의 연도별 배출량 전망을 산정하였다. 다음으로 목재업종의 연도별 감축율을 적용하여 연도별 배출허용 총량을 도출하였으며, 국가 온실가스 감축목표 변경에 따른 비교분석을 실시하였다.

2.2 자료수집 및 연구방법

먼저 목재업종 전체의 온실가스 배출전망치 및 감축률은 '2020년 온실가스 감축목표 및 로드맵'과 '2030년 온실가스 감축목표 및 로드맵'에 제시된 자료를 수집 및 적용하였다. 본 연구에서 분석자료 사용한 목재업종의 배출전망치 및 감축률은 표 20에 제시된 자료를 사용하였다.

표 20. 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 감축률 (단위 : 천톤CO2e, %)

구분		'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
2020년 로드맵 기준	BAU	1,048	1,035	1,021	1,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	감축량	43	50	59	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	감축률	4.1%	4.8%	5.8%	7.1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2030년 로드맵 기준	BAU	1,014	1,041	1,076	1,034	1,022	990	969	951	948	944	938	930	922	911
	감축량	26	32	38	42	44	46	48	50	53	55	58	60	62	64
	감축률	2.6%	3.1%	3.5%	4.1%	4.3%	4.9%	5.0%	5.3%	5.6%	5.9%	6.1%	6.4%	6.7%	7.0%

다음으로 목재업종 배출권 할당대상기업의 온실가스 배출전망을 도출하기 위하여 식 (1)과 같이 전체 목재업체 중 배출권할당업체로 지정된 목재업체의 온실가스 배출량 비율을 활용하는 산정식을 적용하여 산출하였다(환경부, 2014). 목재업종 전체 배출량 대비 목재업종 할당대상기업의 배출량 비중을 산출하기 위한 기초자료는 2030 온실가스 감축로드맵 수립에 사용된 기본 전제자료(표 21)를 활용하였다. 목재업종 배출권할당기업의 배출허용총량은 식 (2)에서와 같이 목재업종의 ETS 배출전망치와 목재업종의 감축률을 통해 산출하였다.

$$\text{온실가스배출전망} = \text{목재업종}\,BAU \times \left(\frac{\text{목재업종 할당대상기업 배출량}}{\text{목재업종 전체 배출량}}\right) \qquad (\text{식1})$$

$$\text{목재업종}\,ETS\,\text{배출허용총량} = \text{목재업종}\,ETS\,BAU \times (1 - \text{목재업종 감축률}) \qquad (\text{식2})$$

표 21. 2012~2014년 목재업종 온실가스 배출량 실적 (천tCO_{2eq}, %)

	2012년	2013년	2014년	평균
목재업종 전체	993	884	888	922 (100%)
배출권할당업체	387	379	388	385 (42%)
비 관리업체	607	505	500	537 (58%)

* 출처 : 2030 온실가스 감축로드맵 공동작업반 기본 전제자료(공동작업반, 2016)

마지막으로 '2020년 온실가스 감축목표 및 로드맵'과 '2030년 온실가스 감축목표 및 로드맵' 두 가지 기준을 적용하여 산정된 연도별 배출허용총량에 대하여, 배출권거래제 제2차 계획기간을 중심으로 배출허용총량 및 감축량을 비교 분석하였다.

제3절 결과 및 고찰

3.1 2020년 vs. 2030년 국가 온실가스 감축목표 및 로드맵 비교

우리나라는 2009년에 국가 온실가스 감축목표를 2020년 BAU 대비 30% 감축하는 것으로 설정하였다. 이어서 2014년 국가 온실가스 감축목표를 달성하기 위한 로드맵(이하 '2020 로드맵')을 수립하였다. 2015년에는 파리협정이 채택에 따른 후속조치로 2030년 BAU 대비 37% 감축하는 것으로 국가 감축목표를 새롭게 변경하였다. 2016년에는 변경된 국가 감축목표를 이행하기 위한 로드맵(이하 '2030 로드맵)이 확정되었다.

환경부(2014)의 배출권할당계획과 관계부처합동(2017)의 배출권할당계

획의 배출허용총량 세부 산정방법에서는 국가 배출전망치(BAU), 업종별 감축률을 주요 인자로 활용하고 있다. 그러므로 제2차 계획기간('18~'20)부터 배출허용총량은 2030 로드맵을 기준으로 배출허용총량이 결정될 예정이다.

이러한 국가 감축목표의 변경에 따라 배출권 할당기업의 배출허용총량에 미치는 영향을 분석하기에 앞서 먼저 목재업종을 대상으로 2020 로드맵과 2030 로드맵에 제시된 감축목표가 어떻게 변경되었는지를 비교해 보았다.

기존의 2020년 목재업종 온실가스 배출전망치에서는 표 22와 같이 2020년을 기준으로 배출전망치가 1,007천톤CO_2로 산출되었다. 반면 2030년 목재업종 온실가스 배출전망치에서는 표 23과 같이 2020년을 기준으로 1,034천톤CO_2으로 전망되어 이전보다 배출량이 증가한 것으로 나타났다. 연도별 온실가스 감축율의 경우 2030년 감축로드맵에서는 2020년을 기준으로 4.1%의 감축률을 적용함에 따라 기존 2020년 감축로드맵의 감축률 7.1% 보다 3.0% 완화된 감축목표를 부여한 것으로 나타났다.

표 22. 2020년 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 감축률 (단위 : 천톤CO2e, %)

구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
BAU	1,048	1,035	1,021	1,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
감축량	43	50	59	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
감축률	4.1%	4.8%	5.8%	7.1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

표 23. 2030년 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 감축률 (단위 : 천톤CO2e, %)

구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
BAU	1,014	1,041	1,076	1,034	1,022	990	969	951	948	944	938	930	922	911
감축량	26	32	38	42	44	46	48	50	53	55	58	60	62	64
감축률	2.6%	3.1%	3.5%	4.1%	4.3%	4.9%	5.0%	5.3%	5.6%	5.9%	6.1%	6.4%	6.7%	7.0%

3.2 2020년 로드맵 기준 목재업종의 배출허용총량 도출

표 22에 제시된 2020년 로드맵 자료를 기준으로 목재업종 할당대상기업의 배출량 비중을 적용하여 배출권거래제 대상 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 배출허용량을 도출한 결과는 표 24 및 그림 18과 같이 나타났다. 기존의 2020 중기 온실가스 감축목표의 연도별 감축률을 적용할 경우 2017년에 배출전망치의 4.1%에 해당하는 18천톤CO_2의 온실가스를 감축해야 하는 것으로 나타났다. 2020년에는 온실가스 감축률에 7%에 해당하는 30천톤CO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 나타났다.

표 24. ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용량(2020로드맵 기준) (단위 : 천톤CO2eq, %)

구분	'17	'18	'19	'20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
배출전망치	438	432	426	420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
배출허용량	420	411	401	391	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
의무감축량	18	21	25	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
감축률	4.1%	4.8%	5.8%	7.1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

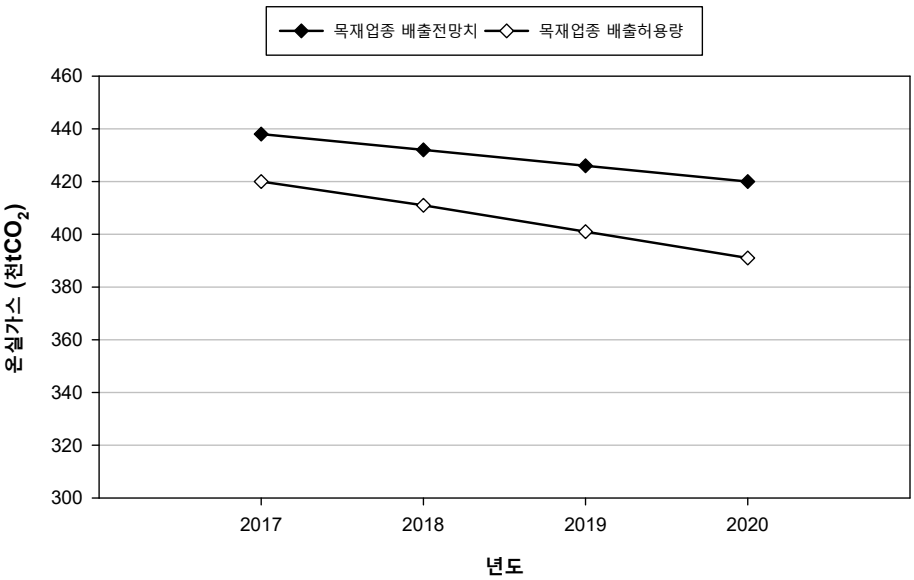


그림 18. ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용총량 (2020로드맵 기준)

3.3 2030년 로드맵 기준 목재업종의 배출허용총량 도출

표 23에 제시된 2030년 중기 온실가스 감축목표 및 감축로드맵을 자료를 기준으로 배출권거래제 대상 목재업종의 온실가스 배출전망치 및 배출허용량을 도출한 결과는 표 25 및 그림 19와 같이 나타났다. 변경된 2030 중기 온실가스 감축목표의 연도별 감축률에 따라 2017년부터 2.6%의 온실가스 감축률을 적용하여 11천톤CO_2의 온실가스를 감축해야 하는 것으로 나타났다. 2020년에는 온실가스 감축률에 4.1%에 해당하는 18천톤CO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 나타났다.

표 25. ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용량(2030 로드맵 기준) (단위 : 천톤CO2eq, %)

구분	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
배출전망치	423	434	449	431	426	413	405	397	396	394	391	388	385	380
배출허용량	412	421	433	414	408	394	384	376	374	371	367	363	359	353
의무감축량	11	13	16	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
감축률	2.6%	3.1%	3.5%	4.1%	4.3%	4.9%	5.0%	5.3%	5.6%	5.9%	6.1%	6.4%	6.7%	7.0%

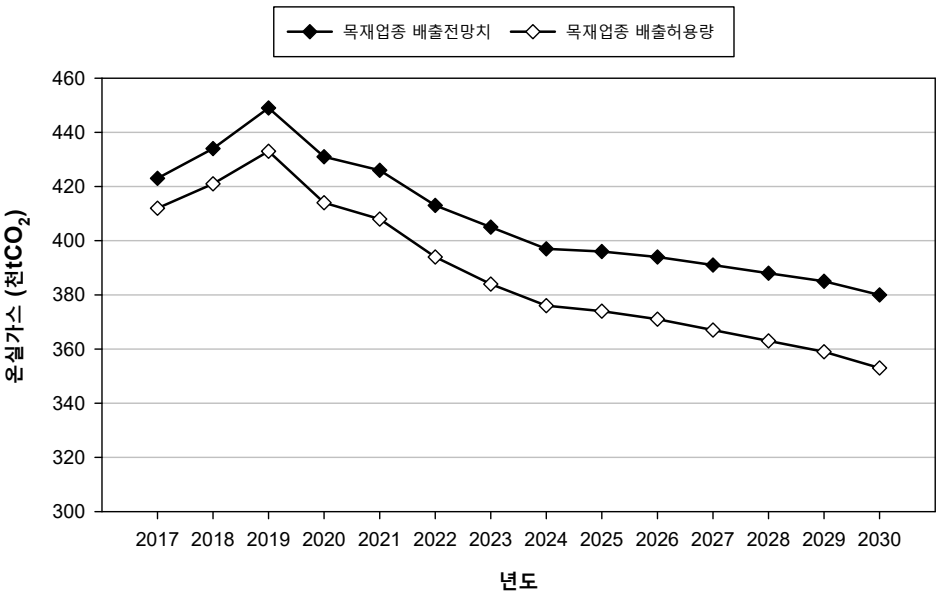


그림 19. ETS 대상 목재업종의 배출전망치 및 배출허용총량 (2030로드맵 기준)

3.4 국가 감축목표 변경에 따른 2차 계획기간 배출허용총량 비교

그림 20에서와 같이 2020 로드맵과 2030 로드맵의 BAU 및 감축률을 각각 적용하여 제2차 계획기간(2018~2020)의 배출허용총량을 비교하였다. 그 결과 2030 BAU 및 감축률을 적용한 배출허용총량이 전체 계획기간에서 높은 것으로 나타났다. 따라서 2030 국가 중기감축목표의 변경으로 목재업체의 배출권 할당량이 전반적으로 늘어날 것으로 예상된다.

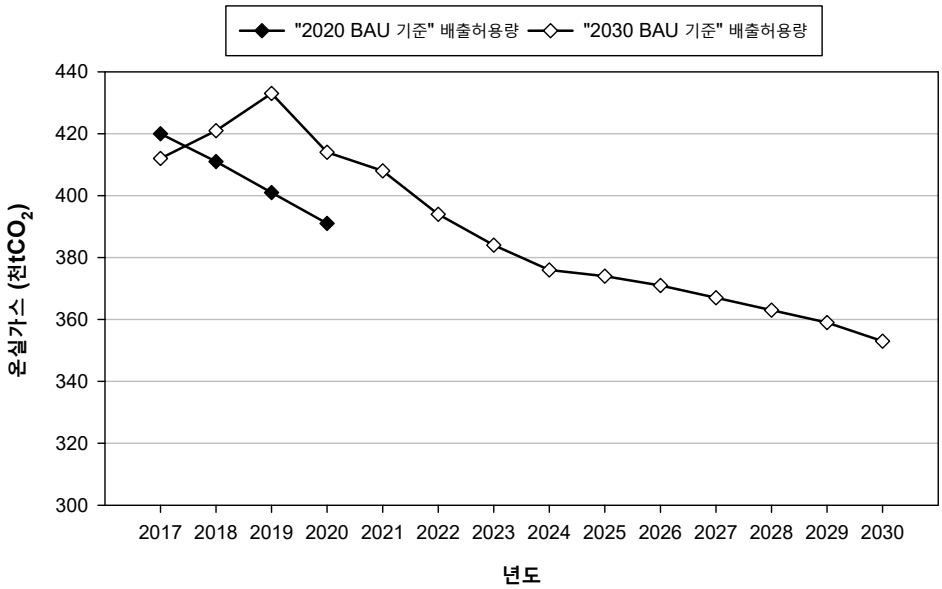


그림 20. 국가 감축목표 변경에 따른 배출허용총량 비교

2020년 로드맵과 2030년 로드맵에 따른 제2차 계획기간의 배출전망치, 배출허용총량 및 의무감축량을 정리한 내용은 표 26과 같다. 제2차 계획기간 동안의 목재업종 배출전망치는 2020 로드맵보다 2030 로드맵에서 2.8% 높게 산정되었다. 목재업종이 제2차 계획기간 동안 온실가스를 배출할 수 있는 전체 배출허용총량은 2030 로드맵을 기준으로 할 때 4.7% 높게 산정되는 것으로 나타났다.

목재업종이 배출허용총량 준수를 위하여 감축해야할 의무감축량은

2020년 로드맵 기준으로는 76천톤CO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 나타났다. 2030년 로드맵 기준으로는 47천톤CO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 분석되었다.

국가 배출권 할당계획에 의하면 제2차 계획기간에는 2030년 로드맵의 BAU 및 감축률을 적용하도록 예정되어 있다. 따라서 이번 국가 감축목표의 변경으로 제2차 계획기간 동안 목재업종이 부담해야할 의무감축량이 47천톤CO_2으로 줄어들게 된다. 결과적으로 기존 로드맵 대비 기업이 부담해야할 의무감축량이 약 38%(29천톤CO_2)정도 감소하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

표 26. 배출허용총량 및 의무감축량 산정 기준에 따른 변화율 (단위 : 천톤CO_{2eq}, %)

구분		'18	'19	'20	소계
배출 전망치	2020 로드맵 기준 [A]	432	426	420	1,278
	2030 로드맵 기준 [B]	434	449	431	1,314
	증감율(%) [(1-B/A)×100]	0.5%	5.4%	2.6%	2..8%
배출 허용총량	2020 로드맵 기준	411	401	391	1,203
	2030 로드맵 기준	412	433	414	1,259
	증감율(%)	0.2%	8.0%	5.9%	4.7%
의무 감축량	2020 로드맵 기준	21	25	30	76
	2030 로드맵 기준	13	16	18	47
	증감율(%)	-38.1%	-36.0%	-40.0%	-38.2%

제4절 소결

본 연구에서는 최근 변경된 2030 국가 온실가스 감축목표에 따라 목재업종 할당기업을 중심으로 배출허용총량 및 의무감축량에 미치는 영향을 분석하였다.

새롭게 변경된 2030년 로드맵에서 제시된 전체 목재업종의 배출전망치는 2020년을 기준으로 할 때 1,034천톤CO_2으로 전망되었다. 이는 2020 로드맵의 배출전망치보다 약 2.7% 높게 전망된 결과이다. 국가 온실가스 감축목표가 변경되기 이전의 경우를 상정한 2020 로드맵 기준을 적용할 경우 목재업종 할당대상기업이 2017년에는 배출전망치의 4.1%에 해당하는 18천톤CO_2의 온실가스를 감축해야 한다. 그리고 2020년에는 온실가스 감축률에 7%에 해당하는 30천톤CO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 나타났다. 반면 국가 온실가스 감축목표가 변경된 이후의 경우를 상정한 2030 로드맵 기준을 적용할 경우 2017년부터 2.6%의 온실가스 감축률을 적용하여 11천톤CO_2의 온실가스를 감축해야 하는 것으로 나타났다. 2020년에는 온실가스 감축률에 4.1%에 해당하는 18천톤CO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 나타났다.

배출권거래제 제2차 계획기간을 중심으로 국가 중기감축목표 변경이 할당대상기업에 미치는 영향을 분석한 결과 목재업종의 배출허용총량이 이전의 국가 감축목표와 비교했을 때 4.7% 높게 산정되는 것으로 나타났다. 또한 국가 감축목표의 변경으로 인하여 2차 계획기간동안 부담해야하는 의무감축량이 47천톤CO_2으로 줄어드는 것으로 분석되었다. 따라서 감축목표의 변경으로 기존 로드맵 대비 기업이 부담해야할 의무감축량이 약 38%(29천톤CO_2)정도 감소하는 효과가 있는 것으로 나타났다. 목재업종에서 경감되는 의무감축량 29천톤CO_2은 목재업종에 할당되는 전체 배출허용총량에 2.3%에 해당되는 양이다. 이를 배출권 가격 2만원/톤CO_2을 적용하여 금전적 가치로 환산할 경우 약 5.8억원(배출권 가격 2만원/톤CO_2으로 가정)에 해당하는 금액이다.

본 연구의 결과를 통해 국가 중기온실가스 감축목표 변경이 배출권할

당업체의 배출권 할당량에 영향을 주어 기업의 온실가스 감축의무에 대한 부담을 경감 혹은 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

특히 우리나라의 경우 배출전망치 대비 온실가스를 감축하는 상대적 방식의 감축목표를 채택하고 있다. 때문에 국가 감축목표가 변경될 때마다 배출전망치가 과대 혹은 과소 추정될 가능성을 내포하게 된다. 이러한 이유로 국가 온실가스 감축목표가 새롭게 수립될 때마다 배출권 할당과 관련하여 배출권 시장의 불확실성을 초래할 것이다. 그리고 배출권시장의 불확실성은 할당기업으로 하여금 온실가스 감축과 배출권 관리에 대한 합리적인 의사결정을 내리는데 장애요인으로 작용하게 된다.

그러므로 배출전망치 대비 감축목표를 수립하는 과정에서 산업계의 의견이 충분히 반영될 필요가 있다. 그러나 서진원(2015)의 연구에서와 같이 정부와 기업 간에 배출전망치와 감축잠재력 등과 관련한 정보의 비대칭이 발생하기 때문에 이를 고려하기는 현실적으로 쉽지 않다.

이러한 측면에서 국가 온실가스 감축목표를 수립하는 과정에서 산업계의 의견을 충분히 반영하는 것이 중요할 것이다. 또한 산업계의 실질적인 온실가스 배출현황과 감축잠재력을 파악하여 반영함으로서 합리적인 배출전망치와 감축목표가 도출될 수 있도록 준비할 필요가 있다. 장기적으로는 국가 감축목표 수립에 있어 불확실성과 불필요한 논쟁을 해소하기 위하여, 우리나라의 감축목표 설정방식을 선진국과 같이 기준년도의 도입과 절대량을 기준으로 설정하는 방식으로 변경하는 부분에 대한 연구 및 검토가 필요할 것이다.

제 5 장 목재업종의 온실가스 감축이행 비용

제1절 연구배경 및 필요성

우리나라는 국가 온실가스 감축목표 이행을 위한 정책수단으로써 2015년부터 온실가스 배출권거래제를 시행하고 있다. 배출권거래제는 제도운영 초기인 제1차 계획기간(2015~2017)과 제2차 계획기간(2018~2020)에는 3년 단위로 운영하고, 제3차 계획기간 이후부터 5년 단위로 운영하도록 설계되어 있다(기획재정부, 2017).

Alan *et al*(2008), Janet and Robert(2010) 등 많은 연구에서 배출권거래제를 온실가스 배출 총량을 요구수준 이하로 유지되도록 보장하는 비용-효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 정책수단으로 평가하고 있다.

우리나라의 제1차 계획기간(2015~2017) 동안의 배출권거래제 운영 성과를 살펴보면, 2014년부터 2016년까지 할당대상기업 의 총 온실가스 배출량은 연 평균 0.31% 감소(환경부, 2018)하는 것으로 나타났다. 한편 같은 기간 동안 GDP는 연평균 3.0% 증가(한국은행 경제통계시스템)하는 것으로 나타나 경제성장을 저해하지 않고 온실가스 감축목표를 효과적으로 달성한 것으로 평가된다. 또한 에너지 효율적 설비·기술 도입에 따른 에너지-자본간 대체[7]를 촉진시킬 경우 배출권거래제가 국내경제에 미치는 부정적인 영향이 제한적일 것으로 전망하고 있다(기획재정부, 2017).

이러한 긍정적인 평가에도 불구하고, 기업은 온실가스 감축비용에 대한 부담과 대외 산업경쟁력 하락 등을 이유로 배출권거래제에 대한 부정적인 인식이 존재한다. 배출권거래제도에서 기업들의 감축부담에 주목하여, 비용적 측면에서 배출권할당기업의 감축부담을 분석하기 위한 다양한 연구가 진행되어 왔다(이선화 등, 2014 ,이상림 등, 2016; 최은경 등,

---

7) 에너지에 대한 자본의 대체성이란 에너지 한 단위를 포기함으로써 얻을 수 있는 자본의 크기를 의미한다. 친환경생산 공정을 도입하거나 고효율 설비에 투자를 통해 기존 에너지 투입량이 자본으로 원만한 대체가 이루어질 경우 초기 시설 투자비용 부담을 극복하고 장기적으로 산업생산성을 끌어올릴 수 있는 개연성이 높아지게 된다(이명헌 등, 2011).

2014).

이선화 등(2014)은 산업연관의 가격파급효과 모형에 기초하여 배출권 거래제 시행에 따른 에너지비용의 상승이 매출액에 미치는 효과를 분석하였다. 이상림 등(2016)은 국가 배출권 할당계획과 제7차 전력수급기본계획 자료를 기반으로 발전·에너지업종에 대한 배출권 구입비용을 추정하였다. 최은경 등(2014)은 전자부품산업의 2015년 배출량, 탄소비용을 추정하고 영업이익률과의 비교분석을 수행한 바 있다.

그러나 기존의 연구들은 GDP, 전력수급 기본계획,배출권 할당계획 등 국가단위의 거시적 측면에서 구축된 자료를 기반으로 연구가 수행되었다. 이러한 이유로 감축잠재량 및 한계감축비용 등 기업정보를 고려하지 못해 배출권거래제에 따른 기업의 실질적인 감축부담을 파악하는데 한계가 있다. 또한 온실가스 감축부담에 대한 연구가 제1차 계획기간(2015~2017)의 운영실적을 중심으로 수행되어, 중장기적 관점에서 온실가스 감축부담을 예측하기 위한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 배출권거래제 하에서 목재업종이 2018년부터 2030년까지 온실가스 감축의무를 준수하는데 소요되는 비용을 예측하고, 감축의무 준수비용을 최소화 할 수 있는 감축 시나리오를 도출해 보고자 하였다.

제2절 연구방법

2.1 연구체계

배출권거래제 대상 목재업종의 온실가스 감축의무를 달성하기 위한 감축비용을 분석하기 위하여 그림 21과 같이 연구수행 체계를 수립하였다. 먼저 ETS 대상 목재업종의 배출허용총량과 예상배출량을 산출하여, 배출권거래제 하에서 목재업종이 준수해야할 온실가스 의무감축량을 도출하였다. 다음으로 목재업종의 다양한 온실가스 감축시나리오별 감축의무 준수비용을 도출하기 위하여, 감축의무 준수비용 분석에 필요한 기본 전제조건을 설정하였다. 배출권거래제도 하에서 목재업종이 선택할 수 있는 감축옵션을 기준으로 감축시나리오를 구성하고, 감축 시나리오별 감축의무 준수비용을 산정하였다. 마지막으로 도출된 감축의무 준수비용에 대하여, 배출권 가격 및 예상배출실적 변화에 따른 민감도 분석을 실시하였다.

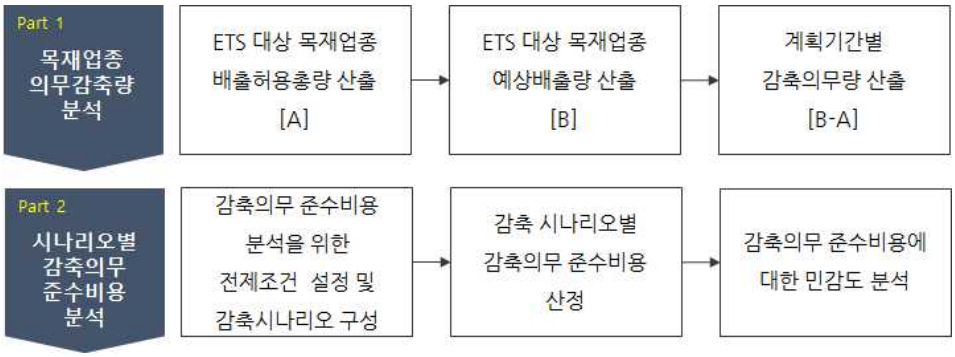


그림 21. 목재업종 의무감축량 및 시나리오별 감축의무 준수비용 분석 체계

2.2 자료수집 및 연구방법

2.2.1. 목재업종 의무감축량 분석

ETS 대상 목재업종의 배출허용총량의 산출은 본 연구의 제4장에서 수행한 산출방법을 적용하였다. 즉, 배출권거래제도 하에서 목재업종이 배출허용총량 이내로 온실가스를 감축하기 위한 의무감축량은 식 (3)과 같이 ETS 대상 목재업종 예상배출량과 배출허용총량의 차이를 통해 산출하였다.

$$\text{의무감축량} = ETS\,\text{대상목재업종 예상배출량} - ETS\,\text{대상목재업종 배출허용총량} \quad (\text{식}3)$$

ETS 대상 목재업종 배출허용총량은 본 연구의 제4장에서 도출된 결과(표 26)를 기초자료로 활용하였다. ETS 대상 목재업종의 예상배출량은 한국임업진흥원(2014b; 2015)에서 적용한 바 있는 에너지 원단위에 따른 산정방법론(그림 22)과 최근연도 배출량 및 3개년 평균 배출량 산정 산정방법론(그림 23)을 사용하여 도출하였다.

제품생산량과 밀접하게 연관된 공정연료 사용시설 및 공정전기 사용시설에 대해서는 그림 22와 같이 에너지 원단위에 따른 예상배출량 산정식을 적용하였다.

사무동, 기숙사 등과 같이 제품생산량과 연관성이 없는 비공정 에너지시설에 대해서는 그림 23과 같이 최근연도 배출량 및 3개년 평균 배출량 산정방법론을 적용하였다.

목재업종의 온실가스 예상배출량을 도출하기 위하여 표 27과 같이 목재업종 제품생산전망, 생산제품에 대한 원단위 그리고 온실가스 배출계수를 기초자료로 활용하였다.

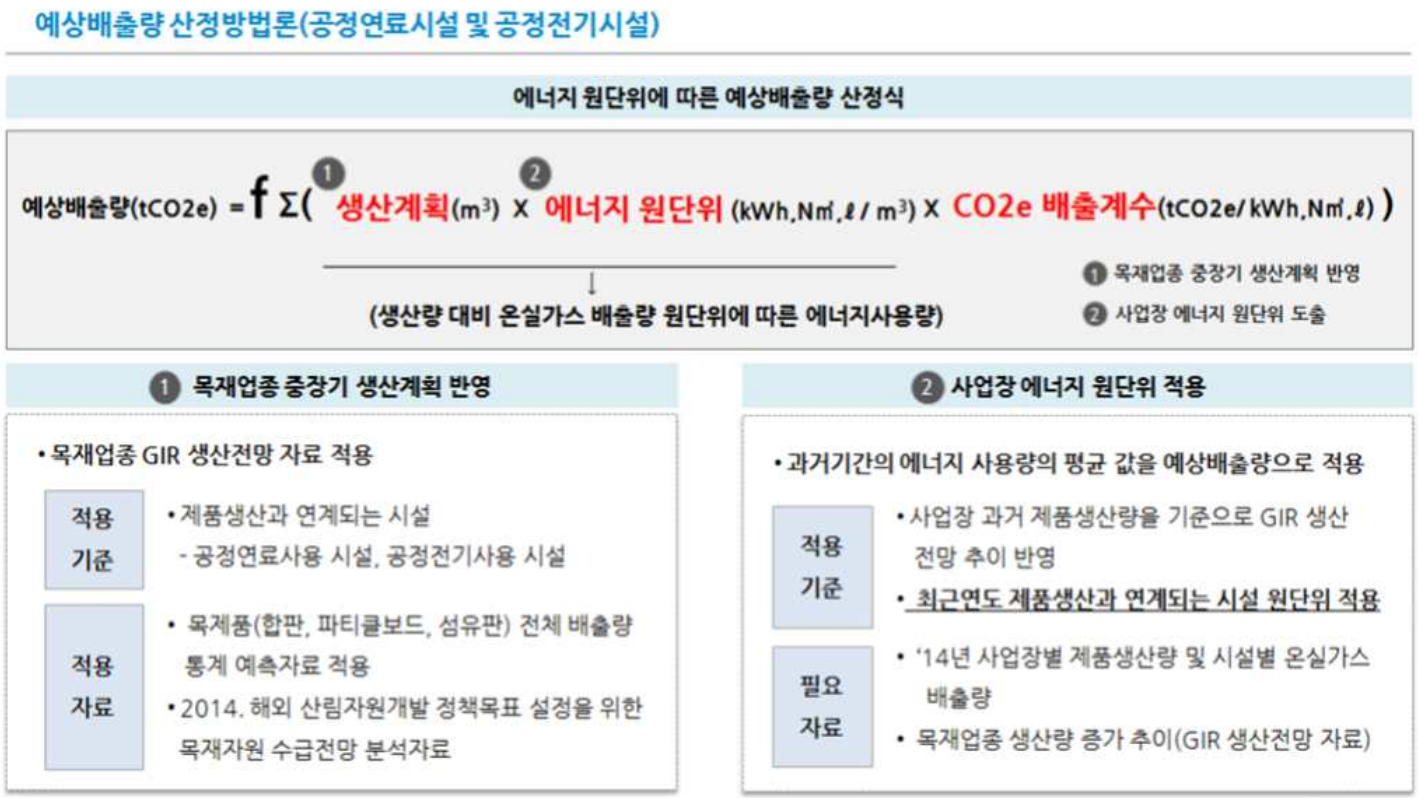


그림 22. 공정연료시설 및 공정전기시설의 예상배출량 산정방법론(출처 : 한국임업진흥원, 2015)

예상배출량 산정방법론(비공정 에너지 시설)

최근연도 배출량 및 3개년 평균 배출량을 통한 예상배출량 산정식

예상배출량(tCO2e) = f Σ(❶ 최근연도 배출량 (kWh,N㎥,ℓ) / ❷ 3개년 평균 에너지 사용량(kWh,N㎥,ℓ) x CO2e 배출계수(tCO2e/ kWh,N㎥,ℓ))

↓

(트랜드 분석결과에 따른 에너지사용량)

❶ 에너지 사용경향(트랜드) 예측
❷ 3개년 평균 값 고정

❶ 최근연도 배출량 적용

• 과거 에너지 사용량 패턴 적용이 어려운 시설

적용 기준	• 일정한 패턴으로 운영되는 않는 시설 및 신설시설 • 제품생산에 대한 영향도가 적은 시설 - 비공정에너지(차량, 사무동 등)
적용 자료	• '14년 에너지 사용량 데이터

❷ 3개년 평균 값 고정

• 과거기간의 에너지 사용량의 평균 값을 예상배출량으로 적용

적용 기준	• 일정한 패턴으로 운영되는 시설 • 제품생산에 대한 영향도가 적은 시설 - 비공정에너지(차량, 사무동 등)
적용 자료	• '12년~'14년 에너지 사용량 데이터

그림 23. 비공정 에너지시설의 예상배출량 산정방법론(출처 : 한국임업진흥원, 2015)

표 27. 목재업종 예상배출량 전망을 위한 주요 산정인자

주요 인자	적용 기준
ETS 대상 목재업종 제품생산량[1] 전망(m^3)	제품생산량 전망[2] × ETS 대상 목재업종 제품생산량 비중
배출량 원단위 (연료단위/m^3)	제품생산량 ÷ ETS 대상 목재업종 배출량
온실가스 배출계수 (CO_2eq/연료단위)	국가 온실가스 배출·흡수계수 활용

1) 제품생산량: 합판, 파티클보드, 섬유판생산량으로 정의

2) 한국농촌경제연구원(2014)의 제품생산량 전망 자료 이용

공정연료시설 및 공정전기시설 배출량 원단위는 식 (4), 식 (5)와 같이 목제품생산량 실적과 온실가스 배출량 실적을 활용하여 '07~'14 기간동안의 배출량 원단위를 산출하였다.

$$\text{공정연료시설의 배출량원단위}_i = \frac{\text{공정연료시설의 온실가스 배출량실적}_i}{\text{목제품 생산량 실적}_i} \qquad (\text{식}4)$$

$$\text{공정전기시설의 배출량원단위}_i = \frac{\text{공정전기시설의 온실가스 배출량실적}_i}{\text{목제품 생산량 실적}_i} \qquad (\text{식}5)$$

'15~'30 기간동안의 공정연료시설과 공정전기시설의 배출량 원단위를 추정하기 위하여 가중이동평균법을 적용하였다(식 6). 본 연구에서는 5개년도 평균값을 사용하여 공정연료시설과 공정전기시설의 배출량 원단위를 추정하였다.

$$F_{t+1} = A_t \times w_1 + A_{t-1} \times w_{t-2} + \cdots + A_{t-n+1} \times w_n \qquad (\text{식 } 6)$$

여기에서,

F_{t+1}는 $t+1$ 시점의 예측값

A_t는 t 시점의 실체값

w_i는 i에 부여된 가중치

$$0 \le w_i \le 1, \sum_{i=1}^{n} w_i = 1, w_1 \ge w_2 \ge \cdots \ge w_i$$

n은 i 측정 자료의 수 혹은 기간의 수

공정연료시설과 공정전기시설의 배출량은 식 (7) 및 (8)와 같이 목재제품 생산량과 배출량 원단위의 곱으로 산출하였다. 제품생산량과 연관성이 없는 비공정 에너지시설에 대해서는 최근연도 배출량 및 5개년 평균 배출량을 활용하여 배출량을 추정하였다. ETS 대상 목재업종의 예상배출량은 식 (9)와 같이 공정연료시설의 배출량, 공정전기연료시설의 배출량 그리고 비공정에너지시설의 배출량의 합으로 산정하였다.

$$\text{공정연료시설의 배출량}_i = \text{공정연료시설의 배출량원단위}_i \times \text{목제품 생산량실적}_i \quad \text{(식 7)}$$

$$\text{공정전기시설의 배출량}_i = \text{공정전기시설의 배출량원단위}_i \times \text{목제품 생산량실적}_i \quad \text{(식 8)}$$

$$ETS\text{대상 목재업종 예상배출량}_i = \text{공정연료시설 배출량}_i + \text{공정전기시설 배출량}_i + \text{비공정에너지시설 배출량}_i \quad \text{(식 9)}$$

2.2.2. 시나리오별 감축의무 준수비용 분석자료

1) 기본 전제조건 설정

본 연구에서 감축목표 달성을 위한 감축비용을 분석하기 위한 기본 전제조건을 표 28과 같이 상정하였다. 배출권 가격은 20,000원/tCO2으로 가정하였다. 목재업종의 배출허용총량은 '2030년 온실가스 감축목표'를 기준으로 도출한 배출허용총량 전망치를 활용하였다. 예상배출량은 상향식 접근법을 이용해 도출한 전망치를 전제 조건으로 사용하였다. 할인율은「에너지 및 자원사업 특별회계 운용요령」별표 2의 에너지절약전문기업 투자사업의 대출금리 적용기준인 2.75%를 적용하였다.

표 28. ETS 대상 목재업종의 감축비용 분석을 위한 기본 전제 조건

구 분	적용기준
배출권 가격	20,000원/tCO_{2eq}
배출허용총량	2030년 국가 온실가스 감축목표 기준 배출허용총량 전망치
예상배출량	상향식 접근법에 의한 예상배출량 전망치
할인율	2.75%*

* 출처 :「에너지 및 자원사업 특별회계 운용요령」별표 2

1) 감축시나리오 구성

배출권거래제도 하에서는 할당기업이 온실가스 감축목표를 달성을 지원하기 위하여 직접적인 온실가스 감축 이외에도 배출권의 이월·차입 및 매매 등의 다양한 감축옵션을 제도적으로 허용하고 있다. 결국 할당기업이 어떠한 감축옵션을 선택하느냐에 따라 최종적인 온실가스 감축비용이 달라질 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 감축옵션의 적용여부에 따라 표 29와 같이 Case 1과 Case 2로 구분하고 각 사례별 온실가스 감축비용을 도출해보았다.

표 29. ETS 대상 목재업종 온실가스 감축옵션 적용 시나리오

	감축옵션 적용여부 (○, ×)	
	온실가스 감축기술 도입	배출권 매매
Case 1	×	○
Case 2	○	○

또한 감축기술의 도입시점에 따라 목재업종의 감축의무 준수비용이 달라질 수 있다. 따라서 온실가스 감축기술 도입을 고려하는 Case 2에 대하여 감축기술의 도입시기를 고려하여 추가적인 시나리오를 구성하였다. 감축기술의 도입시기는 매 계획기간별 첫 번째 이행연도에 감축기술을 도입하는 경우로 상정하여, 표 30과 같이 Case 2-S1, Case 2-S2, Case 2-S3의 3가지 시나리오로 세분화하였다.

표 30. ETS 대상 목재업종의 감축기술 도입시기에 따른 감축 시나리오

감축시나리오	감축기술 도입시기		
	2018년	2021년	2026년
Case 2-S1	○		
Case 2-S2		○	
Case 2-S3			○

2) 목재업종의 적용가능 감축기술

본 연구에서 제2차 계획기간부터 제4차 계획기간 동안 온실가스 감축을 위해 목재업종이 적용할 수 있는 감축기술에 대한 자료는 제3장에서 도출된 감축기술 분석결과를 활용하였다. 표 31에서 제시된 23개의 감축기술 중 한계저감비용이 20천원/tCO_2을 초과하는 감축기술 1개(W)를 제외한 A~V에 해당하는 22개 기술이 배출권을 구매하는 것보다 경제성이 있는 감축기술인 것으로 가정하였다.

표 31. 할당대상업체의 감축기술별 경제성 분석결과

구분	감축기술유형	한계저감비용 (천원/tCO_2)	연간감축량 (tCO_2/yr)	도입 가능여부
A	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	-189	3,803	○
B	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	-171	2,311	○
C	열매보일러 공기예열기 설치	-167	41	○
D	집진기 Fan의 Pulley 개선	-130	30	○
E	집진기 Fan의 Pulley 개선	-125	10	○
F	집진기 Fan의 Pulley 개선	-115	52	○
G	공기압축기 흡입온도 개선	-112	64	○
H	고효율 LED 조명 설치	-109	183	○
I	Turbo Blower 도입	-109	121	○
J	공기압축기 저온재생겔 사용	-101	9	○
K	고효율 LED 조명 설치	-97	137	○
L	공기압축기 인버터 적용	-91	35	○
M	고효율 LED 조명 설치	-82	252	○
N	공기압축기 저온재생겔 사용	-74	11	○
O	냉동기 Pre-cooling 도입	-64	82	○
P	터보공기압축기 도입	-63	239	○
Q	터보공기압축기 도입	-55	214	○
R	열매보일러를 소각보일러로 연료전환	-33	854	○
S	잉여스팀활용 흡수식냉동기 도입	-13	247	○
T	터보공기압축기 도입	1	220	○
U	공기압축기 인버터 적용	2	92	○
V	냉동기 Pre-cooling 도입	9	41	○
W	냉동기 Pre-cooling 도입	80	27	×

3) 민감도 분석

목재업종의 온실가스 감축의무를 준수하기 위한 실제 비용은 목재업종의 배출실적에 따라 달라지며, 배출권 가격의 변화 또한 목재기업이 부담해야할 비용에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 연구에서는 감축의무 준수비용에 영향을 미치는 주요변수의 불확실한 여건 변동이 분석결과에 어떠한 영향을 미치는가를 검토하기 위하여, 제2차 계획기간의 온실가스 감축의무 준수비용을 중심으로 표 32과 같이 배출권 가격 및 배출실적 변화에 따른 민감도를 분석하였다.

목재업종의 배출실적은 예상배출량과 일치하는 경우를 중립안(0%)으로 예상배출량보다 5% 적게 배출하는 경우를 낙관안, 그리고 예상배출량보다 5% 많게 배출하는 경우를 비관안으로 상정하였다. 배출권 가격은 톤당 20,000원을 기준으로 ± 20% 이내에서 변동되는 것으로 가정하였다.

표 32. 목재업종의 예상배출량 및 배출권 가격의 변동 범위

- 목재업종 예상배출량(배출실적) : 낙관안(-5%), 중립안(0%), 비관안(+5%) - 배출권 가격 : 20,000원/톤CO_2 ± 20%

제3절 결과 및 고찰

3.1 ETS 대상 목재업종의 예상배출량

배출권거래제 대상 목재업종의 예상배출량을 산출하기 위해 먼저 목재업종의 2030년까지의 제품생산량을 전망하였다. ETS 대상 목재업종의 제품생산량 전망치는 한국농촌경제연구원(2014)에서 전망한 목재업종 제품생산량 전망자료와 ‘12~’14년 기간동안의 전체 목제품 생산량 대비 ETS 대상 목재업종의 제품생산량 비중을 적용하여 그림 24와 같이 산정하였다.

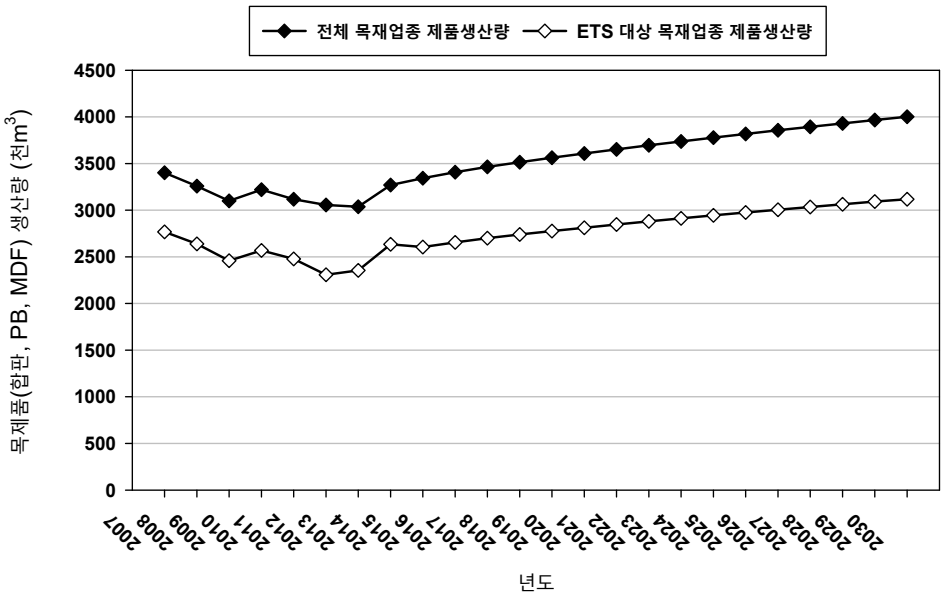


그림 24. 목재업종의 제품생산량 실적 및 전망(2007~2030)

‘07~’14 기간의 온실가스 배출량 명세서를 기초자료로 활용하여 표 33과 같이 ETS 대상 목재업종의 공정연료시설, 공정전기시설 및 비공정 에너지시설의 온실가스 배출량 실적을 파악하였다.

표 33. ETS 대상 목재업종의 온실가스 배출실적 현황(2007~2014)

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
Total	368,444	380,516	387,632	425,878	386,341	386,871	379,151	388,020
공정연료시설	143,837	146,273	148,182	163,238	128,080	124,415	104,924	83,465
공전전기시설	219,913	228,298	232,712	254,703	250,957	254,240	264,951	294,097
비공정에너지시설	4,694	5,944	6,738	7,937	7,303	8,216	9,276	10,459

다음으로 표 34와 같이 목제품생산량 실적(표)과 온실가스 배출량 실적을 활용하여 '07~'14 기간 동안의 공정연료시설과 공정전기시설의 배출량 원단위 현황을 산출하였다. 이를 바탕으로 가중이동평균법을 적용하여 그림 25와 같이 2030년까지의 배출량 원단위를 추정하였다.

표 34. 공정연료시설 및 공정전기시설의 배출량 원단위 산정결과

구 분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
목제품 생산량(천m3)		2,767	2,638	2,458	2,569	2,477	2,308	2,355	2,635
공정연료 시설	온실가스배출량 (tCO2eq)	143,837	146,273	148,182	163,238	128,080	124,415	104,924	83,465
	배출량 원단위 (tCO2eq/m3)	0.052	0.055	0.060	0.064	0.052	0.054	0.045	0.032
공전전기 시설	온실가스배출량 (tCO2eq)	219,913	228,298	232,712	254,703	250,957	254,240	264,951	294,097
	배출량 원단위 (tCO2eq/m3)	0.079	0.087	0.095	0.099	0.101	0.110	0.113	0.112

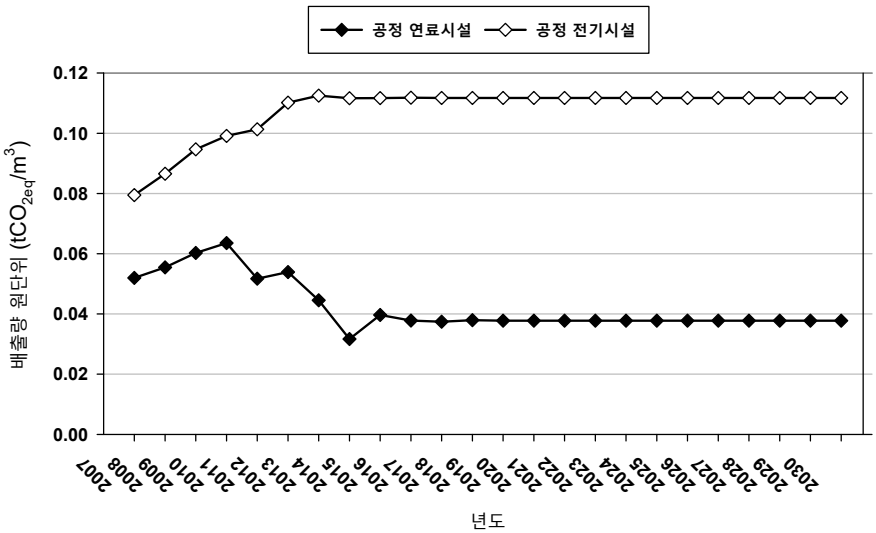


그림 25. 공정연료시설 및 공정전기시설의 배출량 원단위 추정결과

공정연료시설과 공정전기시설의 배출량은 목재제품 생산량과 배출량 원단위의 곱으로 산출하였으며 그 결과는 그림 26과 같이 도출되었다.

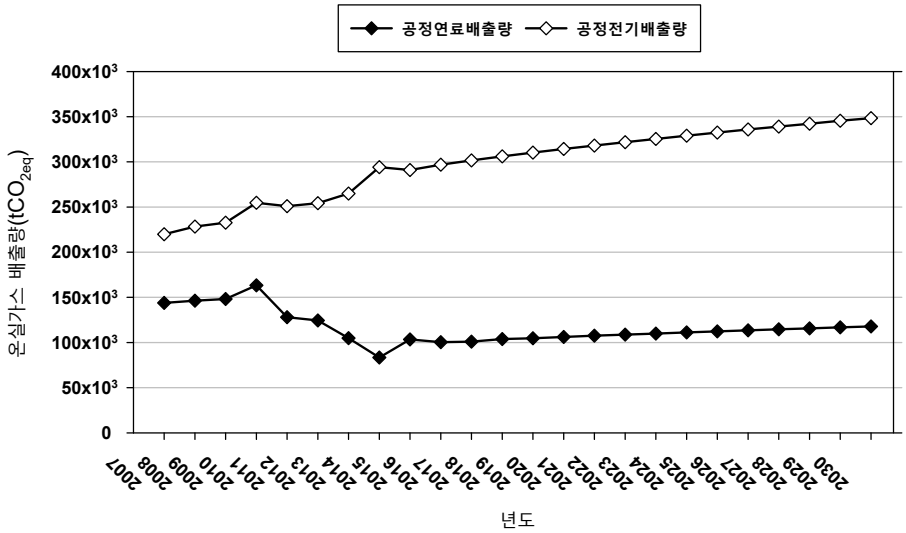


그림 26. 공정연료시설 및 공정전기시설의 온실가스 배출량 추정결과

제품생산량과 연관성이 없는 비공정 에너지시설에 대해서는 최근연도 배출량 및 5개년 평균 배출량을 활용하여 배출량을 추정하였으며, 그 결과는 그림 27과 같이 도출되었다.

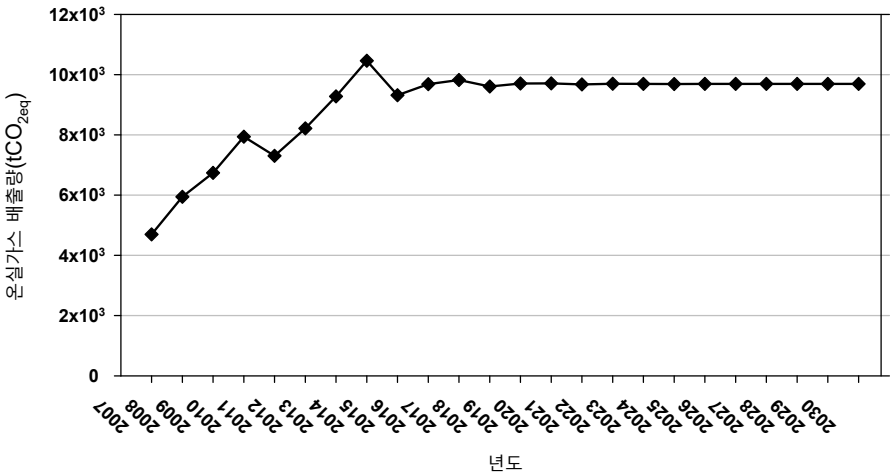


그림 27. 비공정에너지 시설의 배출량 추정결과

상향식 접근법에 의한 목재업종의 예상배출량은 공정연료시설의 배출량, 공정전기연료시설의 배출량 그리고 비공정에너지시설의 배출량의 합으로 산정되며 산출 결과는 그림 28과 같다.

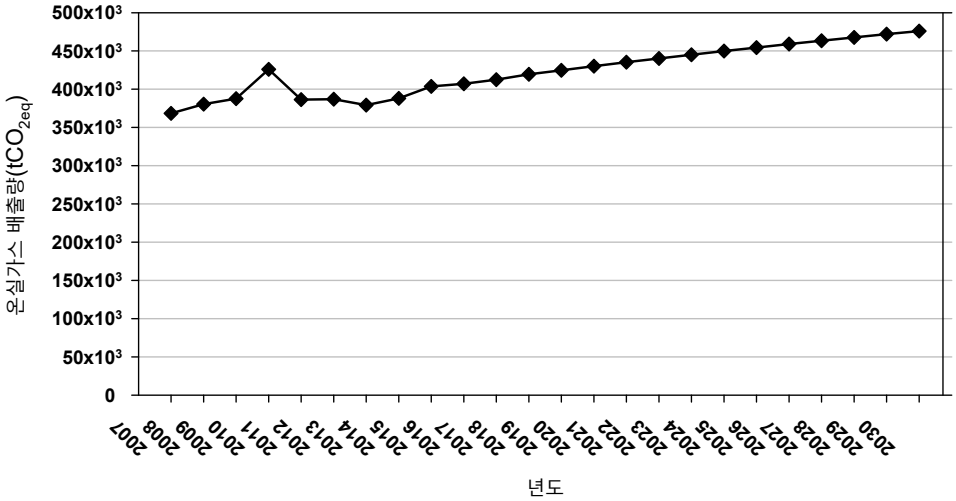


그림 28. 상향식 접근법에 의한 목재업종 배출량 전망결과

3.2 ETS 대상 목재업종의 감축의무량

배출권거래제 하에서 목재업종이 2018년부터 2020년까지 각 계획기간별로 할당된 배출허용총량을 준수하기 위한 의무감축량을 산정하였다. 배출허용총량 및 예상배출량을 산출결과는 그림 29와 같이 나타났다. 배출허용총량은 2019년도를 기점으로 지속적으로 감소하는 것으로 산출되었다. 반면 예상배출량은 2030년까지 지속적으로 증가하는 것으로 예측되어, 목재업종이 부담해야할 감축의무량도 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

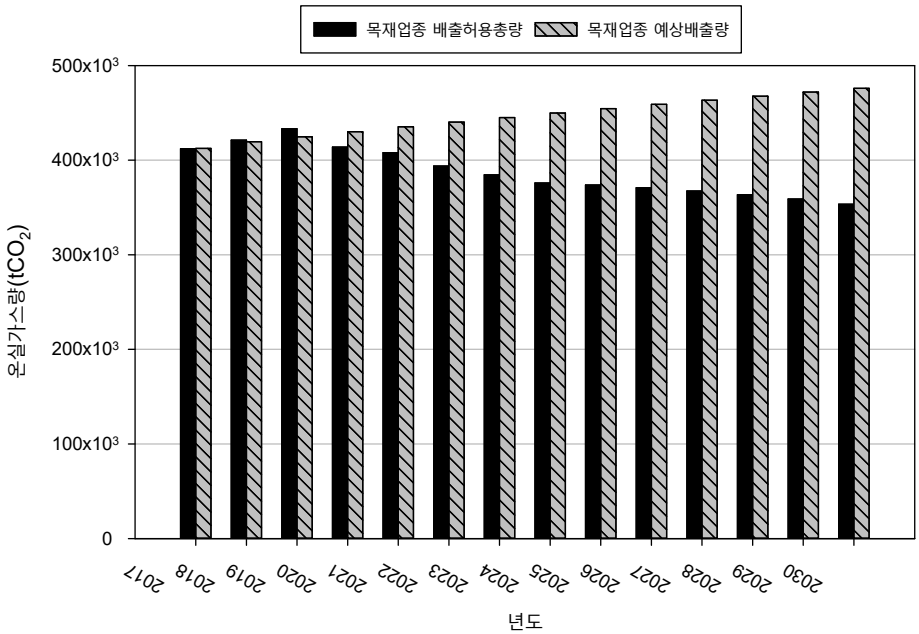


그림 29. ETS 대상 목재업종의 배출허용총량 및 예상배출량

표 35에서와 같이 온실가스 감축목표 달성을 위한 감축의무량은 2030년까지 지속적으로 증가하여 2030년에는 예상배출량의 25%에 해당하는 122천tCO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 나타났다. 2018년과 2019년에는 한시적으로 예상배출량 대비 배출허용총량이 적어 감축의무량이 마이너스로 나타나 잉여배출권이 발생하는 것으로 분석되었다. 목재업종이 제2차 계획기간 동안 감축해야 할 의무감축량은 6천tCO_2으로 나타났다. 제3차 계획기간에의 의무감축량은 289천tCO_2으로, 제4차 계획기간에는 524천tCO_2의 온실가스를 감축해야하는 것으로 나타났다.

표 35. 계획기간별 감축의무량 산정 결과 (단위 : 천tCO_{2eq})

구분	2차 계획기간			3차 계획기간					4차계획기간				
	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
배출허용총량	421	433	414	408	394	384	376	374	371	367	363	359	353
예상배출량	420	425	430	435	440	445	450	454	459	463	468	472	476
감축의무량	-2	-8	16	27	46	60	73	80	88	96	104	112	122
감축의무량 소계	6			289					524				

각 계획기간별 목재업종의 연평균 예상배출량 및 연평균 감축의무량을 산정한 결과는 표 36과 같이 나타났다. 제2차 계획기간 동안에는 연평균 2천tCO_2의 온실가스를 감축해야 하는 것으로 나타났다. 제3차 계획기간에는 연평균 57.7tCO_2의 온실가스를 감축하고, 4차 계획기간에는 연평균 104.8tCO_2의 온실가스를 감축해야 하는 것으로 분석되었다. 각 계획기간별 연평균 예상배출량 대비 연평균 감축의무량 비율을 산정해보면 제2차 계획기간은 0.5%, 3차 계획기간은 13.0%, 4차 계획기간은 22.4%로 나타났다. 즉, 차기 계획기간으로 넘어갈수록 온실가스 감축에 대한 부담이 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

표 36. 계획기간별 연평균 예상배출량 및 감축의무량 (단위 : 천tCO_{2eq}, %)

구분	2차 계획기간	3차 계획기간	4차 계획기간
연평균 예상배출량	425.0	444.8	467.6
연평균 감축의무량	2.0	57.8	104.8
연평균 예상배출량 대비 연평균 감축의무량 비율	0.5%	13.0%	22.4%

3.3 감축시나리오별 감축의무 준수비용

Case 1은 목재업종이 추가적인 온실가스 감축활동을 도입하지 않고, 배출권 매매활동을 통해서만 온실가스 감축목표를 달성하는 시나리오이다. Case 1에서 온실가스 감축의무를 준수하는데 소요되는 비용이 그림 30과 같이 분석되었다.

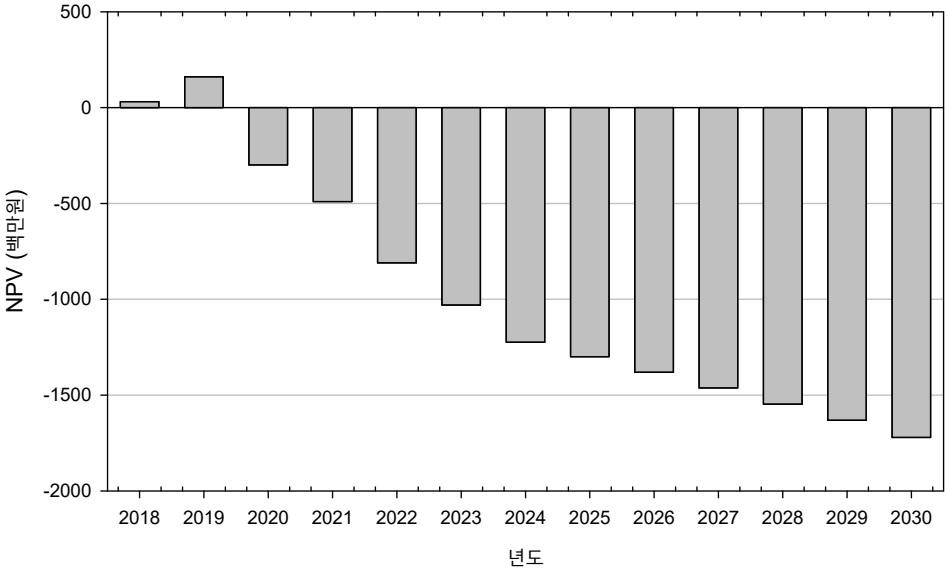


그림 30. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 1)

다음으로 목재업종이 감축기술 도입과 배출권 매매활동을 모두 고려하여 온실가스 감축목표를 달성하는 시나리오에 대한 온실가스 준수비용을 분석하였다. 목재업종의 감축기술에 대한 도입시기를 제2차 계획년도의 첫 번째 이행년도(2018년), 제3차 계획년도의 첫 번째 이행년도(2021년), 제4차 계획년도의 첫 번째 이행년도(2026년)에 도입하는 경우를 상정하여 Case 2-S1, Case 2-S2, Case 2-S3의 시나리오를 구성하고 각 시나리오별 감축의무 준수비용을 도출하였다(그림 31, 32, 33).

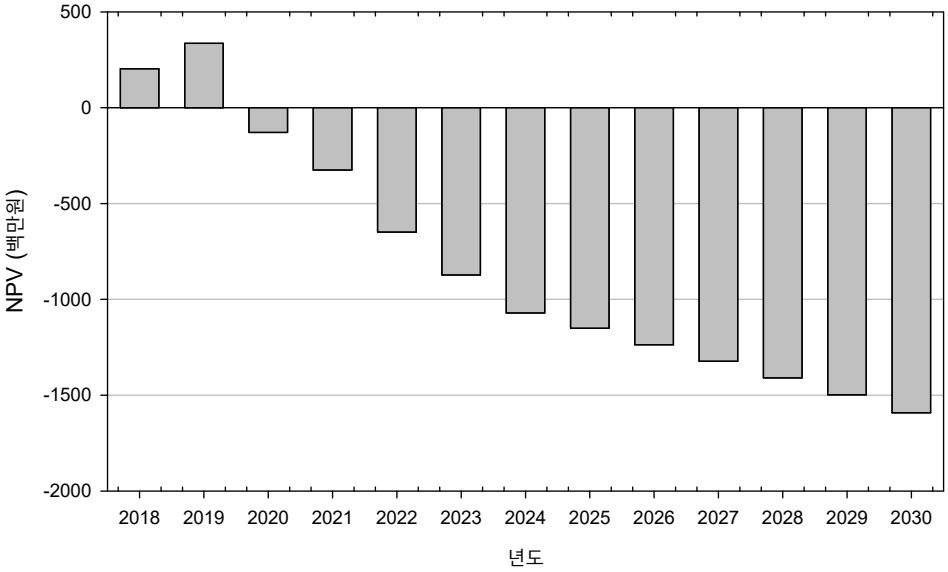


그림 31. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 2-S1)

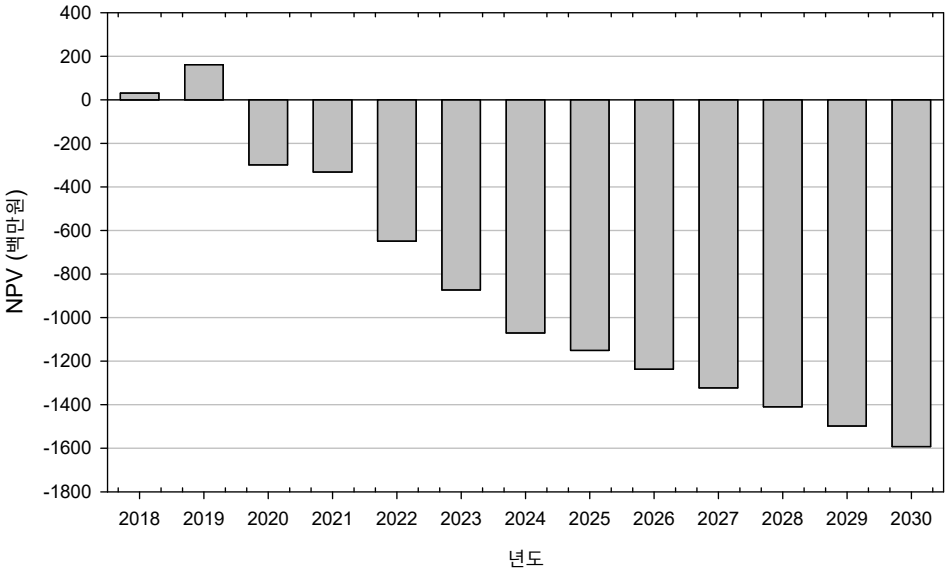


그림 32. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 2-S2)

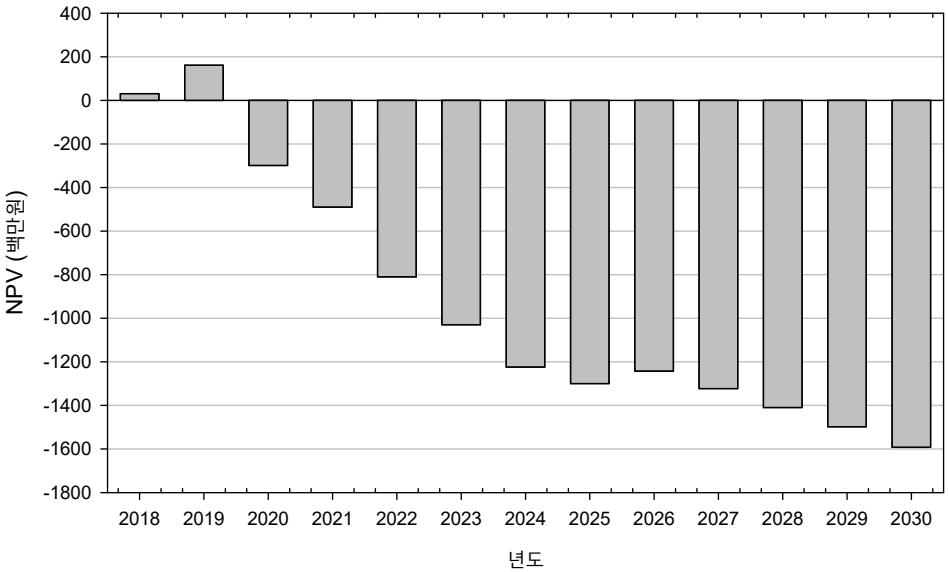


그림 33. ETS 대상 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용(Case 2-S3)

감축시나리오에 따른 목재업종의 온실가스 감축의무 준수에 소요되는 비용을 도출한 결과는 표 37과 같이 나타났다. 배출권 구매만을 감축수단으로 활용하는 CASE 1에서 2030년까지 온실가스 감축의무 준수를 위한 총 비용이 12,705백만원으로 가장 높은 것으로 나타났으며, CASE 2-S3 , CASE 2-S2, CASE 2-S1 순으로 전체 비용이 높게 나타났다.

표 37. 감축시나리오별 온실가스 감축의무 준수비용(NPV) (단위 : 백만원)

구분	합 계 ('18~'30)	2차 계획기간 ('18~'20)	3차 계획기간 ('21~'25)	4차 계획기간 ('26~'30)
CASE 1	-12,705	-107	-4,854	-7,745
CASE 2 - S1	-10,720	410	-4,070	-7,060
CASE 2 - S2	-11,243	-107	-4,077	-7,060
CASE 2 - S3	-12,027	-107	-4,854	-7,066

온실가스 감축의무 달성을 위해 감축기술 도입을 고려하는 CASE 2에서는 감축기술의 도입시기가 빠를수록 전체 의무준수 비용이 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 온실가스 감축기술을 도입하는 경우 초기 투자비용이 발생하지만, 기술도입 이후부터 온실가스 감축실적이 매년 발생하기 때문이다.

목재업종이 제2차~제4차 계획기간 동안 온실가스 감축의무를 준수하는데 평균적으로 필요한 전체 비용은 11,674백만원으로 산출되었다. 해당 비용은 목재업종의 2017년 영업이익 83억원[8]의 14%에 해당되는 금액이다.

한국은행 경제통계시스템에 따른 2016년 국내 기업의 평균 영업이익률은 5.5%로 조사되었다. 한편, 2017년 기준 ETS 대상 목재업종의 영업이익률은 4.3%이다. 온실가스 감축의무 준수비용을 부담하게 될 경우 영업이익률이 약 1%정도 감소하여, 3.3% 수준으로 낮아질 것으로 예상된다. 목재업종의 경우 타 업종에 비해 영업이익률이 상대적으로 낮고, 일부 업체는 영업이익률이 마이너스인 경우도 존재하고 있다. 때문에 목재업종은 온실가스 감축의무 준수과정에서 산업경쟁력이 저하될 우려가 상대적으로 높은 업종으로 분류될 가능성이 높다.

3.4 온실가스 감축의무 준수비용에 대한 민감도 분석

본 연구에서는 목재업종의 온실가스 배출실적과 배출권 가격이 감축의무 준수비용에 미치는 영향정도를 분석하였다. 이릉 위해 제2차 계획기간의 온실가스 감축의무 준수비용을 중심으로 민감도 분석을 실시하였다. 배출실적 및 배출권 가격변화에 따른 감축비용에 대한 민감도분석 결과는 표 38과 같이 나타났다. 낙관안과 중립안의 경우 의무준수 비용이 마이너스로 나타나 수익이 발생하는 것으로 분석되었다. 반면 비관안의 경우 배출권 가격에 따라 638백만원에서 957백만원의 비용을 부담해야 하는 것으로 나타났다.

---

8) 목재업종의 매출액과 영업이익은 금융감독원 전자공시시스템(https://dart.fss.or.kr)에 7개 목재업종 할당대상업체가 제출한 사업보고서(2017.12) 및 감사보고서(2017.12)에 보고된 2017년 매출액과 영업이익을 조사하였다.

표 38. 온실가스 감축의무 준수비용(NPV)에 대한 민감도분석 결과

실제배출량 / 배출권가격	낙관안(-5%)	중립안(0%)	비관안(+5%)
16천원(-20%)	1,294백만원	328백만원	-638백만원
18천원(-10%)	1,455백만원	369백만원	-717백만원
20천원(0%)	1,617백만원	410백만원	-797백만원
22천원(+10%)	1,778백만원	450백만원	-877백만원
24천원(+20%)	1,940백만원	491백만원	-957백만원

또한 온실가스 감축활동으로 잉여배출권이 발생하는 낙관안과 중립안의 경우에는 배출권 가격이 올라감에 따라 수익도 높아지는 것으로 나타났다. 반대로 온실가스의 초과배출로 배출권이 부족하게 되는 비관안의 경우 배출권 가격이 올라감에 따라 비용부담도 증가하는 것으로 분석되었다.

제4절 소결

목재업종이 배출권거래제 하에서 온실가스 감축의무를 준수하는 데 소요되는 비용을 도출하고, 배출권 가격 및 배출실적 변화가 감축의무 준수비용에 미치는 영향정도를 분석하였다.

2018년부터 2020년까지 각 계획기간 별로 할당된 배출허용총량을 준수하기 위한 의무감축량을 산정한 결과 목재업종의 부담이 해마다 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 각 계획기간별 연평균 예상배출량 대비 연평균 감축의무량 비율을 산정해보면 제2차 계획기간은 0.5%, 3차 계획기간은 13.0%, 4차 계획기간은 22.4%로 나타나 차기 계획기간으로 넘어갈수록 온실가스 감축부담이 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

감축시나리오 별 감축의무 준수비용을 산정한 결과 CASE 2-S3, CASE 2-S2, CASE 2-S1, CASE 1 순으로 비용이 높아지는 것으로 분석되었다. 온실가스 감축기술을 도입하는 경우 초기 투자비용이 발생하

지만, 기술도입 이후부터는 감축실적이 매년 발생하기 때문에 감축기술 도입시기가 빠를수록 의무준수 비용이 낮아지는 것으로 나타났다.

온실가스 감축의무를 준수하기 위한 총 비용은 평균 11,674백만원으로 나타났다. 이는 목재업종 영업이익의 14%에 해당되는 금액이다. 목재업종의 영업이익률은 4.3%로 감축의무 준수비용을 부담하게 되는 경우 영업이익률이 3.3%로 낮아질 것으로 예상되어, 감축의무 준수에 따른 산업경쟁력 저하가 우려된다.

따라서 목재업종의 온실가스 감축의무 준수비용을 최소화하기 위해서는 온실가스 감축기술을 조기에 도입할 수 있도록 재정 및 행정적 지원 방안을 마련할 필요가 있다.

제 6 장 결 론

제1절 연구결과의 요약

본 연구에서는 배출권거래제 하에서 국가온실가스 감축목표 이행을 위하여 7개 목재업종 할당대상업체를 대상으로 적용 가능한 감축기술을 조사하여 총 23개의 적용가능한 감축기술을 도출하였다.

각 감축기술별 온실가스 1톤을 감축하는데 소요되는 한계저감비용을 산출한 결과 16개의 감축기술이 한계저감비용이 음의 값으로 나타나 투자비용 대비 수익이 발생할 수 있는 기술로 나타났다. 해당 감축기술을 모두 도입할 경우 8,253tCO_2의 온실가스를 감축할 수 있는 것으로 분석되었다. 1톤의 온실가스를 저감하기 위해 기업이 투자해야하는 금액을 의미하는 한계투자비용은 최저 6만원에서 최고 2,000만원에 이르는 것으로 분석되었다. 따라서 온실가스 감축을 위해 평균적으로 77만원의 투자비용을 지불해야 하는 것으로 나타났다.

일반적으로 목재업종은 제지업종과 더불어 바이오매스를 활용한 감축잠재력이 큰 업종으로 평가되고 있다(한국임업진흥원, 2015b; 관계부처합동, 2014). 그러나 본 연구에서와 같이 ETS 대상 목재업종의 상당수가 이미 바이오매스를 에너지원으로 활용하고 있어, 바이오매스를 활용한 추가적인 온실가스 감축여력은 낮은 것으로 평가되었다.

한편, 우리나라의 배출권거래제 할당방식은 과거실적을 기반으로 배출권을 할당하는 방식을 적용하고 있다. 과거실적 기반은 온실가스 배출량이 많은 기업에게 더욱 많은 배출권을 할당하는 방식이다. 이러한 이유로 목재업종과 같이 바이오매스 에너지 활용을 통해 온실가스를 적극적으로 감축한 기업은 결과적으로 할당량을 적게 배분받는 불합리한 상황에 직면하게 된다.

배출권거래제에서도 이러한 점을 개선하기 위하여 기업의 온실가스 배출량 원단위를 할당에 고려할 수 있는 벤치마크 기반 할당방식을 적용할 수 있도록 설계되어 있다(기획재정부, 2017). 따라서 목재업종의 경우

에도 합리적인 배출권 할당이 이루어지기 위해서는 중·장기적으로 배출권 할당방식을 과거실적 기반의 할당방식에서 벤치마크 기반의 할당방식으로 전환하기 위한 준비가 필요하다.

파리협정의 체결에 따른 후속조치의 일환으로 지난 2016 우리나라의 국가 중기 온실가스 감축목표가 새롭게 변경되었다. 변경된 국가 감축목표에서 목재업종의 배출전망치는 2020년을 기준으로 할 때 1,034천톤CO_2으로 전망되어, 2020 로드맵의 배출전망치보다 약 2.7% 높게 전망되었다. 목재업종의 감축률은 2020년을 기준으로 할 때 변경된 국가 온실가스 감축목표에서는 4.1%로 제시되어 있어 이전의 감축목표에서의 감축율 7.1%보다 3.0% 완화된 감축목표를 부여하고 있는 것으로 평가되었다.

배출권거래제 제2차 계획기간을 중심으로 국가 중기감축목표 변경이 할당대상기업에 미치는 영향을 분석한 결과 2차 계획기간동안 부담해야 하는 의무감축량이 47천톤CO_2으로 줄어들었다. 결과적으로 이번 감축목표 변경으로 목재업종이 부담해야할 의무감축량은 약 38%(29천톤CO_2)정도 감소하는 효과가 있는 것으로 나타났다. 목재업종에서 경감될 의무감축량 29천톤CO_2은 전체 배출허용총량에 2.3%에 해당된다. 이를 금전적 가치로 환산할 경우 약 5.8억원에 해당하는 금액이다.

본 연구의 결과를 통해 국가 중기온실가스 감축목표의 변경이 배출권 할당량에 영향을 주어 기업의 온실가스 감축의무에 대한 부담을 경감 혹은 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 이처럼 감축목표의 변경은 배출권 할당결과에 영향을 주기 때문에 배출권 시장의 불확실성을 초래하게 되고 결과적으로는 배출권거래제가 효율적으로 운영되는데 장애요인으로 작용할 수 있다.

다음으로 목재업종에서 의무감축량을 준수하기 위한 제도이행 비용을 도출하였다. 감축 시나리오별 온실가스 감축의무 준수비용을 산정한 결과 배출권 구매만을 감축수단으로 활용하는 CASE 1에서 2030년까지 감축의무 준수를 위한 총 비용이 12,705백만원으로 가장 높게 나타났다. 배출권 구매와 감축기술을 감축수단으로 활용하는 CASE 2-S1, CASE 2-S2, CASE 2-S3 모든 시나리오에서 CASE 1보다 감축의무 비용이 적

은 것으로 나타났다.

경제성 있는 감축기술을 가장 빠르게 도입하는 시나리오인 CASE 2-S1의 경우 총 비용이 10,720백만원으로 가장 적은 것으로 분석되었다. 이는 온실가스 감축기술을 도입하는 경우 초기 투자비용이 발생하지만, 기술도입 이후부터 온실가스 감축실적이 매년 발생하여 온실가스 감축에 대한 부담이 줄어들기 때문이다.

한편, 목재업종이 제2차 계획기간에 부담해야할 감축의무 준수비용은 미래시점에서의 배출권 가격과 배출실적에 따라 달라질 수 있다. 목재업종의 실제 배출량에 대한 낙관안과 중립안의 경우 잉여 배출권의 판매를 통해 오히려 수익이 발생하는 것으로 분석되었다. 반면 온실가스 배출실적이 증가하는 비관안의 경우 배출권 가격에 따라 638백만원에서 957백만원의 비용을 부담해야 하는 것으로 나타났다.

또한 온실가스 감축활동으로 잉여배출권이 발생하는 낙관안과 중립안의 경우에는 배출권 가격이 올라감에 따라 수익도 높아지는 것으로 나타났다. 반대로 온실가스의 초과배출로 배출권이 부족하게 되는 비관안의 경우 배출권 가격이 올라감에 따라 비용부담도 증가하였다.

본 연구의 결과를 통해 국가 감축목표가 변경됨에 따라 배출권 할당업체의 감축의무 준수비용에 직접적인 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었다. 일반적으로 기업이 비용-효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 수단은 제한적이다. 반면에 국가 중기감축목표 변경과 같은 외부적 요인에 의해 기업의 의무감축량이 크게 달라지면 기업의 감축의무 준수비용에 영향을 미쳐 산업경쟁력에도 직접적인 영향을 줄 수 있다. 때문에 국가 감축목표를 수립 과정에서 산업계의 의견을 반영함으로서 합리적인 배출권 할당이 이루어 질수 있도록 하는 것이 무엇보다 중요하다.

그러나 서진원(2015)의 연구에서와 같이 정부와 기업 간에 배출전망치와 감축잠재력 등과 관련한 정보의 비대칭이 발생하기 때문에 감축목표를 수립하는 과정에서 이를 고려하기는 현실적으로 쉽지 않다. 지난 2030 중기감축목표가 수립된 과정을 돌아보면 산업계를 포함한 다수의 이해관계자의 참여가 부족하고 정부 주도로 이루어 졌다는 점, 그리고

각 부문별 온실가스 감축수단과 감축률에 대한 객관적인 근거가 상대적으로 부족하다는 점에서 한계를 갖고 있다. 그러나 이러한 중기감축목표는 매 5년마다 수립되고 갱신될 예정이므로 감축목표 수립과 관련하여 보다 체계적인 접근이 필요할 것으로 생각된다.

이를 해결하기 위한 방안으로 산업계의 실질적인 온실가스 배출현황, 온실가스 감축수단 및 감축잠재력 등 체계적으로 조사하여 합리적인 배출전망치와 감축목표가 도출될 수 있도록 준비할 필요가 있다. 또한 감축목표 수립과 배출권할당 등과 관련하여 정부와 산업계 간 발생하는 정보비대칭이 해소될 수 있도록 정보의 공유와 소통을 확대하고 제도운영의 투명성 확보하기 위한 노력이 필요하다. 장기적으로는 감축목표 수립에 있어 불확실성과 불필요한 논쟁을 해소하기 위하여, 우리나라의 감축목표 설정방식을 선진국과 같이 기준년도의 도입과 절대량을 기준으로 설정하는 방식으로 변경하는 부분에 대한 연구 및 검토가 필요할 것이다.

배출권거래제의 특성 상 해마다 온실가스 감축에 대한 부담률이 증가하게 된다. 때문에 목재업종을 비롯한 대다수의 업종에서 3차 계획기간 이후부터는 배출량 대비 배출허용량이 부족할 것으로 예상된다. 그러므로 추가적인 감축수단을 발굴하거나 외부사업을 추진하는 등 배출권 확보를 위한 준비가 필요할 것으로 판단된다. 특히, 온실가스 감축의무 준수비용은 감축기술의 도입시기가 빠를수록 비용적 측면에서 유리하기 때문에 ETS 대상기업의 보다 적극적인 감축활동 참여가 필요해 보인다.

제2절 연구의 의의 및 한계점

우리나라는 국제사회의 온실가스 감축노력에 동참하기 위하여, 2015년부터 온실가스를 대량 배출하는 기업들을 대상으로 온실가스 감축의무를 부과하는 온실가스 배출권거래제를 본격 시행하고 있다. 대내외적으로 배출권거래제는 비용-효과적으로 온실가스를 감축할 수 있는 유효한 정책수단으로 인식되고 있다(Alan et al., 2008; Janet and Robert, 2010). 그러나 국내 산업계에서는 탄소배출 규제에 따른 산업경쟁력이 훼손되고

국내 경제에 미치는 부정적인 효과가 상당할 것으로 우려하고 있다(전국경제인연합회, 2014).

배출권 할당기업의 입장에서는 산업 경쟁력을 저해하지 않는 수준에서 제도를 이행할 필요가 있다. 때문에 배출권의 할당과 온실가스 감축비용에 대한 기업의 관심이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 할당기업이 온실가스 감축의무를 준수하기 위해서는 필요한 배출권을 구입하거나 직접적인 온실가스 감축활동을 실시하여야 한다. 그런데 기업이 제도이행을 위해 체감하게 되는 온실가스 감축에 대한 부담정도는 일반적으로 배출권의 할당수준, 배출권 가격, 감축잠재량 등의 요인에 따라 달라질 수 있다.

이러한 측면에서 국내에서도 배출권거래제와 관련하여 다양한 연구가 수행되고 있다. 그러나 기존의 연구들은 국가단위의 거시적 측면에서 구축된 자료를 기반으로 연구가 수행되어, 기업의 현실을 충분하게 반영하지 못하고 있다는 점에서 연구의 한계가 있다. 박순철과 조용성(2015)의 연구에서도 배출권거래제 연구에 있어 할당대상기업의 현황을 고려하는 것이 중요하지만, 수많은 할당대상업체들에 대한 정확한 정보를 파악하는 것이 현실적으로 어렵다는 점을 언급하였다.

이에 본 연구에서는 배출권할당업체로 지정된 전체 목재업체에 대하여 온실가스 배출현황, 감축기술 등에 대한 현장정보를 반영하여, 배출권거래제에 따른 기업의 실질적인 감축부담을 파악해보고자 하였다. 본 연구의 주요 결과는 목재업종 할당기업이 중장기적 관점에서 비용-효과적으로 온실가스 감축하는데 필요한 기초정보를 제공하는데 의의가 있다. 그리고 온실가스 감축의무 준수비용을 최소화하기 위한 방안을 마련하고 합리적인 의사결정을 지원하는데 기여할 수 있을 것이다. 또한 정책입안자로 하여금 배출권거래제가 효율적으로 운영될 수 있도록 개선하기 위한 정책적 시사점을 도출하는데 기여할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 목재업종의 온실가스 한계저감비용 및 한계투자비용을 도출하기 위하여 사업장 담당자의 인터뷰 및 기업이 보유한 에너지진단보고서에서 도출된 감축기술을 위주로 분석을 실시하였다. 그러나 도출된

감축기술은 고효율 LED 조명, 공기압축기 개선, 집진설비 개선 등 목재업종에서 보편적으로 적용가능한 감축기술에 국한되어 있다. 그러나 감축 신기술이 발되어 보급된다면 목재업종이 부담해야 할 감축의무 비용은 더욱 낮아지게 될 것이다.

또한 목재업종이 상쇄배출권을 활용할 경우 감축의무 준수비용은 더욱 낮아질 수 있을 것이다. 그러나 우리나라의 경우 아직 상쇄배출권 시장이 활성화되지 못 하였으며, 상쇄배출권의 원가와 거래가격 등에 대한 신뢰할 만한 데이터가 충분히 축적되지 못하였기 때문에 본 연구에서는 이를 제외하였다. 또한 현재 산림부문 상쇄배출권의 인정여부, 해외 상쇄배출권의 인정범위 및 해외 배출권시장과의 연계방식 등 상쇄사업 관련 정책의 높은 불확실성으로 인해 주요 감축수단으로서 상쇄배출권을 고려하지 못하였다. 따라서 향후 연구에서 탄소포집 등과 같은 감축신기술에 대한 자료의 보완과 상쇄배출권에 대한 고려가 이루어진다면 할당기업의 입장에서 보다 실용적인 연구가 가능할 것으로 생각된다.

인용문헌

관계부처합동, 2014. 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵.

관계부처합동, 2015. Post-2020 온실가스 감축목표 설정 추진계획.

관계부처합동 보도자료, 2015. 정부, 2030년 온실가스 감축목표案 제시.

관계부처합동, 2017. 온실가스 배출권거래제 제2차 계획기간(2018년~2020년) 국가 배출권 할당계획(안).

국무조정실 보도자료, 2016. 신기후체제 출범에 따라 효율적 기후변화대응을 위한 국가차원의 중장기 전략과 정책방향 제시.

기획재정부, 2017. 제2차 배출권거래제 기본계획(안).

김미영, 조용성, 2015. 한국과 중국의 제조업종별 이산화탄소 배출에 대한 효율성과 한계저감비용 비교 분석. 한국응용경제학회 17(4)

김인숙, 이해춘, 2010. “유럽연합 사업장 탄소배출권 할당 사례 연구”, 경영연구 제10권 제1호.

박순철, 조용성, 2015. 탄소배출권의 효율적 투자선 및 최적 포트폴리오 구성 연구.

백천현, 정용주, 2015. 상향식 접근법에 의한 국내 시설재배 에너지부문의 온실가스 배출량 및 감축 잠재량 분석. 에너지공학 24(4).

서진원, 2015. 정보비대칭 하에서 배출권 초기할당에 관한 게임이론적 접근-한국 배출권거래제 사례. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.

안상기, 2015. DSGE 모형을 이용한 온실가스 감축정책의 거시경제 효과 분석. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

에너지관리공단, 2008. 유럽의 국가배출권할당계획(NAP) 비교연구.

이동길, 윤순진, 2016. 한국 INDC 수립과정의 거버넌스 분석 : 뉴질랜드와의 비교를 중심으로. 한국사회와 행정연구 27(2).

이명헌, 강상목, 정영근, 2011. 국내 화력발전산업에 대한 연료와 자본의 대체성 분석. 에너지경제연구 제10권 제1호.

이상림, 이지웅, 이윤, 2016. 발전·에너지업종의 배출권거래제 제1차 계획

기간 배출권 구입비용 추정과 전력시장 반응. 자원·환경경제연구 제25권 제3호.
이상엽, 김대수, 2017. 국내 온실가스 배출권거래제 시행효과 분석. 한국환경정책·평가연구원 연구보고서.
이상준, 2017. 주요국의 온실가스 배출과 경제성장의 탈동조화 경향고 ㅏ 시사점. 한국경제연구원 정책제언.
이선화, 황상현, 설윤, 2014. 탄소배출규제에 따른 업종별 산업경쟁력 분석과 보완방안.
이주병, 2012. 온실가스 배출권 거래제도 정책수용성의 영향요인 분석. 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
조경엽, 김영덕, 2015. 배출권거래제 국제연계의 경제적 효과분석 : 한국-EU와 한구-미국와의 연계를 중심으로. Journal of International Trade & Commerce. 11(2).
조현진, 김하나, 2016. 배출권거래제의 시장안정화방안에 관한 법정책적 연구. 환경법 연구. 38(1).
지식경제부, 2011. 제지목재업종 온실가스·에너지관리시스템 표준 매뉴얼.
전국경제인연합회, 2014. 온실가스 배출권거래제에 대한 경제계 의견 발표문.
최은경, 임호선, 이민영, 신승철 (2014). 국내 배출권거래제 시행에 따른 전자부품산업 대응방안 연구. 한국기후변화학회지, 5(4), 331-338.
한국개발연구원, 2012. 효과적인 배출권거래제도 운영을 위한 국가 할당계획 수립방안 연구.
한국농촌경제연구원, 2014. 해외 산림자원개발 정책목표 설정을 위한 목재자원 수급전망 분석.
한국은행 경제통계시스템: https://ecos.bok.or.kr/
한국임업진흥원, 2014a. 임업분야 온실가스 배출량 산정·보고·검증 체계 구축 및 벤치마크 방법론 개발
한국임업진흥원, 2014b. 임업분야 온실가스 감축목표설정 및 감축이행

중간점검 최종보고서
한국임업진흥원, 2015. 목재업종 온실가스 한계저감비용 도출 및 온실가스 감축전략 수립.
한국임업진흥원, 2016. 2030 목재분야 온실가스 감축로드맵(안) 설명자료.
한국환경정책·평가연구원, 2015. 배출권거래제도의 벤치마크 사례 국제비교 연구, pp. 10.
현대경제연구원. 2015, EU 배출권거래제 도입 10년의 교훈 - 규제와 투자의 선순환 연결고리 필요.「VIP 리포트」, 15-10호(통권 607호).
환경관리공단, 2007. 국가배출권할당방안 및 배출권거래소 구축방안 마련을 위한 조사연구.
환경부, 2011. 온실가스 배출권거래제 관련 Q&A.
환경부, 2015. 온실가스 에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침 해설서.
환경부, 2018. 제1·2차 이행연도 배출권거래제 운영결과보고서. p20.
2030 공동작업반, 2016. 2030 온실가스 감축 로드맵(안) 내부 회의자료.
Adrien V., Guy M. and Stéphane H., 2013. Should marginal abatement costs differ across sectors? The effect of low-carbon capital accumulation. World Bank Policy Research Working Paper 6154.
Adrien V., Guy M. and Stéphane H., 2018. When starting with the most expensive option makes sense: Optimal timing, cost and sectoral allocation of abatement investment. Journal of Environmental Economics and Management 88.
Alan Durning, Anna Fahey, Eric de Place, and Clark Williams-Derry, 2008, Cap and Trade 101 : A Climete Policy Primer.
Carbontrust, 2006. Allocation and competitiveness in the EU Emissions Trading Scheme.
Coase, R. 1960, The problem of social cost. Journal of Law and Economics, 3:1-44.
Dales, J. H. 1969, Pollution, property and prices: An essay in policy

making and economics. University of Toronto Press.

David N., Frank B., Felicia A., Chinling C., Lara Y. B. and Michele M. P., 2015. Top-Down and Bottom-up Approaches to Greenhous Gas Inventory Methods. United States Department of Agriculture.

Fabian Kesickia, 2010. Marginal abatement cost curves for policy making - expert-based vs. model-derived curves. 33rd IAEE International Conference.

Handrich, L., Kemfert. C., Mattes, A., Pavel, F. and Traber, T., 2015. "Turning Point: Decoupling Greenhouse Gas Emissions from Economic Growth". Heinrich Böll Stiftung.

ICAP, 2017. Emissions Trading Worldwide : International Carbon Action Partnership (ICAP) Status Report 2017.

IEA, 2016. CO_2 Emissions from Fuel Combustion 2016.

Janet, P. and Robert N.S., 2010, Meaningful and Cost Effective Climate Policy: The Case for Cap and Trade.

Jessica, C. and Jūratė, J., 2015. Carbon Pricing: Transaction Costs of Emissions Trading vs. Carbon Taxes. Working Papers in Economics No 609.

Keohane, N. O. 2009, Cap and Trade, Rehabilitated: Using Tradable Permits to Control US Greenhouse Gases. Review of Environmenta Economics and policy,3(1), 42-62.

OECD. 2011. Towards Green Growth. Paris: OECD Publishing.

Stéphane De Cara and Pierre-Alain Jayet, 2011. Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement. Ecological Economics 70(9).

Tietengerge T. H., 2006, Emission Trading: Principles and Practice, 2nd Ed., RFF Press. U.S Department of Justice and Federal

Trade Commission, 2010, Horizontal Merger Guideline.

Tim Laing, Misato Sato, Michael Grubb and Claudia Comberti , 2013. Assessing the effectiveness of the EU Emissions Trading System, Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No. 126.

WTO/UNEP. 2009. Trade and Climate change, A Report by the United Nations Environment Programme and the World Trade Organization.

부 록 Ⅰ. 목재업종 현장방문 점검표

목재부문 관리업체 사업장 현장방문 점검표

1. 현장 방문 개요

대상 업체명		
사업장명		
현장 방문일자		년 월 일
담당자	성 명	
	전 화	
	E-mail	
현장방문팀		

2. 업체/사업장 간략 정보

3. 문서 검토

3.1 현장 방문 전 확인 문서

자료명	확보여부	확인문서
1. 운영경계(Scope 1, 2, 3)		
2. 모니터링 및 보고 방법		
3. 사업장 공정흐름현황		
4. 에너지 흐름도 및 배출원에 대한 도면		
5. 온실가스 배출량 산정방법		
6. 기타		

4. 현장 확인 사항

3.1 사업장 경계 및 운영경계 파악		사업장 정보
	1) 사업장 생산량 정보	
	2) 생산품목에 대한 Input 확인	
	3) 사업장 내 Lay-out 확인	
3.2 사업장 생산품목 및 공정 파악		
연료 및 원자재의 이송흐름이 보고서와 일치하는지 여부 1) 생산품목의 ‘성형’ 이전 단계까지의 표준공정과의 일치성 확인 2) 생산품목의 ‘성형’ 이후 단계까지의 표준공정과의 일치성 확인 - 표준화를 위한 일부 공정의 필요성 여부(예, 예압, 냉각이 필요한가?)		

5. 현장방문 (설비목록 및 에너지원 확인)

생산품목 :		관련 설비명	관련 에너지원 (전기, 스팀, 보조 연료원 사용여부)
표준공정	사업장 공정		

6. 기타 확인사항

기타 확인사항

부 록 Ⅱ. 목재업종 적용가능 감축기술

부록 1. 고효율 LED 조명 설치 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ 메탈할라이드램프 및 형광램프는 고효율 LED 램프에 비하여 전력 소비량이 높고, 수명이 짧아 전력 및 유지관리 비용이 상승하는 원인이 됨

□ 개선방안

○ 각 사업장에 적합한 LED램프로 교체하여 전력을 절감

- 메탈할라이드램프(MHL 250W)는 고효율 LED 100W 램프로 교체 적용
- 형광램프(32W)는 고효율 LED 18W로 교체 적용

○ 일반 조명과 비교한 LED 조명의 특징

- 광 변환 효율이 높아 소비전력이 매우 적음(90%까지 절감가능)
- 최대 10만 시간까지 사용이 가능(백열전등의 100배)
- 점등 및 소등 속도가 매우 빠름
- 가스필라멘트가 없기 때문에 충격에 강하고 안전함
- 수은을 사용하지 않아 환경 친화적임(백열등, 형광등은 수은을 사용)

[표 부록-1] 일반 램프의 광원 특성

광 원	소비전력 (W)	효율 (lm/W)	연색성 (Ra)	수 명 (h)	삼파장무전극램프대비(%)		
					효 율	연색성	수 명
백열 전구	100	15	100	1,000	17.5	116.3	1
할로겐 램프	100	20	100	1,500	20.0	116.3	1.5
형광등	13~21	37	82	6,000	46.3	95.3	6
고압 수은등	250	47	23	10,000	58.8	26.7	10
MHD	250	68	65	9,000	85.0	75.6	9
고압나트륨등	250	100	28	12,000	117.5	32.6	12
LED램프	100	80	86	100,000	100.0	100.0	100

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 고효율 LED 램프로 개선하여 기대되는 사업장별 전력절감 및 유지관리 비용 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
540,960	5.2	252.2	117,488	109,340	0.9

□ 계산 기준

○ 적용 대상 램프 및 전력 절감량 : [표 부록-2] 참고

○ 전력단가 : 110 원/kW_2014년 평균전력단가

[표 부록-2] LED램프 교체 시 전력 절감 효과표 (MHL 250W → LED 100W)

구분	위치		점등 개수 [EA]	점등 시간 [hr/년]	개선전 소비전력 [kW/년]	개선후 소비전력 [kW/년]	전력절감량 [kW/년]
조명설비	1라인	공장동(press)	135	8,400	283,500	113,400	170,100
		공장동(refiner)	13	8,400	27,300	10,920	16,380
		공장동 외등	12	4,200	12,600	5,040	7,560
		출하장	35	5,600	49,000	19,600	29,400
		제품 창고	16	8,400	33,600	13,440	20,160
		Drum chipper	2	4,200	2,100	840	1,260
		열매 boiler실	3	8,400	6,300	2,520	3,780
		boiler 외등	30	4,200	31,500	12,600	18,900
		집수정	1	8,400	2,100	840	1,260
	2라인	공장동(press)	167	8,400	350,700	140,280	210,420
		공장동(refiner)	7	8,400	14,700	5,880	8,820
		공장동 외등	6	4,200	6,300	2,520	3,780
		재제 공장	62	4,200	65,100	26,040	39,060
		폐수처리장	2	8,400	4,200	1,680	2,520
		열매/컴퓨레셔실	6	8,400	12,600	5,040	7,560
합계			497	-	901,600	360,640	540,960

주) MHL에는 안정기가 필요하며, 안정기의 소비전력도 MHL의 10%정도 소비되나 본 개선안에서는 안정기의 소비전력을 제외하고 계산함.

주) 점등시간 : 2013년 진단보고서 참조 및 현장조사 시 인터뷰 참고.

□ 전력 절감량

= 교체 전/후 전력절감량[kW/년]_[표 부록-2] 참고

= 540,960kW/년

= 540,960kW/년 × 9.6MJ/kW × 10^{-6}TJ/MJ

= 5.2TJ/년

□ 연간 전력 절감액 : 117,488 천원/년

○ 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 540,960 kW/년 × 110 원/kW

= 59,505 천원/년

○ 유지관리비용 절감액

= 기존램프가격[천원/개] × 교체수량[개/년] × (LED램프수명÷기존램프수명)

= 28 천원/개 × 497개/년 × 50,000h ÷ 12,000h

= 57,983 천원/년

□ 투자비 : 109,340 천원

항목	수량[EA]	단가[원/대]	설치비[원/대]	금액[천원]
LED 100W	497	190,000	30,000	109,340

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 109,340 천원 ÷ 117,488 천원/년

= 0.9 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 540.9 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 252.2 tCO_{2eq}/년

(2) B 社

□ 메탈할라이드램프(250W)를 LED 100W로 교체함으로서 얻는 전력절감 기대효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
294,000	2.82	137.0	32,340	42,000	1.3

주) 교체수량 및 점등시간의 변화에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

□ 계산 기준

- ○ 적용 대상 조명 : 메탈할라이드램프 250W × 200EA
- ○ 메탈할라이드램프 소비전력 : 275[W/램프]_안정기 전력 10% 포함
- ○ LED 램프 전력 : 100W_전자식안정기로서 전력소비없음
- ○ 점등시간 : 8,400 hr/년
- ○ 전력단가 : 110 원/kW_2014년 평균전력단가

□ 전력 절감량

= (개선전 -개선후)[W/hr] × 수량[개] × 점등시간[hr/년] / 1,000[W/kW]

= (275 - 100)W/hr × 200 × 8,400hr/년 / 1,000W/kW

≒ 294,000 kW/년

= 294,000 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 2.82 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 294,000 kW/년 × 110 원/kW

= 32,340 천원/년

□ 투자비 : 42,000 천원

제품명	단가 [원/개]	설치비 [원/개]	수량 [개]	금액 [원]
LED 램프 100W	180,000	30,000	200	42,000,000

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] / 연간 절감액[천원/년]

= 42,000 천원 / 32,340 천원/년

= 1.3 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 294.0 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 137.0 tCO_{2eq}/년

(3) C 社

□ 형광램프(32W) 및 메탈할라이드램프(250W)를 고효율 LED램프로 교체함으로서 얻는 전력절감 기대효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
392,237	3.76	182.8	43,146	66,912	1.6

주) 교체수량 및 점등시간의 변화에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

□ 계산 기준

○ 적용 대상 조명 : [표 부록-3] 참조

○ 전력단가 : 110 원/kW

[표 부록-3] 적용대상 조명 전력 절감량

설치위치	적용램프	램프 수량 (개)	년점등시간 (hr/년)	소비전력(kW/년)		전력절감량 (kW/년)
				개선전	개선후	
사무동	형광램프(32W) → LED 18W	164	3,450	18,105	10,184	7,921
생산현장	형광램프(32W) → LED 18W	318	8,400	85,478	48,082	37,396
	MHL(275W)주1) → LED 100W	236	8,400	545,160	198,240	346,920
소계				648,743	256,506	392,237

주) 메탈할라이드램프의 소비전력은 램프 소비전력(250W) 및 안정기(25W) 포함

□ 전력 절감량

= [표 부록-3]의 절감량[kW/년]

= 392,237 kW/년

= 392,237 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 3.76 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 392,237 kW/년 × 110 원/kW

= 43,146 천원/년

□ 투자비 : 66,912 천원

제품명	단가 [원/개]	설치비 [원/개]	수량 [개]	금액 [원]
LED 램프 100W	180,000	30,000	236	49,560,000
LED 램프 18W	29,000	7,000	482	17,352,000
합계				66,912,000

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 66,912 천원 ÷ 43,146 천원/년 = 1.6 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 392.2 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 182.8 tCO_{2eq}/년

부록 2. 공기압축기 흡입온도 개선 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

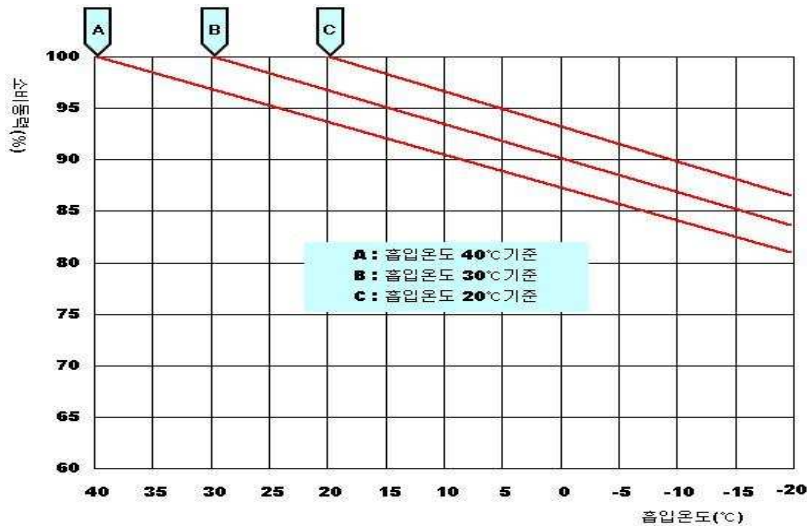
□ 현황 및 문제점

○ Compressor의 흡입되는 공기의 온도가 높을수록 전력소비가 증대되며, 다음 과 같은 문제점이 있음

- Compressor는 설치장소의 조건에 따라 운전효율의 향상 및 기계적 수명의 연장을 기할 수 있으며, 특히 흡입온도가 높게 되면 효율이 저하되고 압축장애가 발생될 우려가 있음
- 동일 중량의 공기를 흡입하여 압축시 흡입온도가 높을수록 비체적이 증가하여 공기의 체적이 증가하므로 압축비가 커지게 되고 소비전력의 증대가 수반됨

□ 개선방안

○ 공기압축기의 흡입구 쪽을 외부로 연장하여 외기를 흡입할 수 있도록 하여 흡입공기의 온도를 낮게 함으로써 공기압축기의 압축 부하율을 저감시켜 전력을 절감 할 수 있을 것으로 기대됨



[그림 부록-1] 공기압축기 흡입온도와 소비전력과의 관계 그래프

○ 위의 [그림 부록-1]에서 보는 바와 같이 기체의 체적은 동일 압력 하에서 절대온도에 비례하므로 흡입공기의 온도를 다음그래프에서 나타나듯이 흡입온도가 10℃감소하게 되면 약 3%의 전력절감이 가능하며 이러한 관계는 이론적으로 모든 기체에 대해서 적용됨

◈ 절감율(ε) 계산기준

$$\therefore \epsilon = (1 - \frac{273.15 + t_2}{273.15 + t_1}) \times 100[\%]$$

여기서, T_1 : 개선 전 흡입공기 [℃]
T_2 : 개선 후 흡입공기 [℃]

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 공기압축기의 흡입온도 개선을 통하여 기대되는 전력절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
138,242	1.3	64.4	15,206	12,000	0.8

□ 계산 기준

○ 공기압축기 소비전력 : 에너지진단보고서 참조함

설비명	단위	Com#3	Comp#4	Comp#5	합계
공기압축기	kW/h	125	121	123	369

○ 개선 전/후 흡입 공기 온도 : 35℃ → 25℃ (하절기 평균 온도 적용)
○ 절감율 : {(273+25) ÷ (273+35) -1} × 100 = 4.46 %
○ 가동시간 : 8,400 hr/년
○ 전력단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= Σ소비전력[kW/hr] × 절감율[%] × 가동시간[hr/년]

= (125+121+123) kW/hr × 4.46 % × 8,400 hr/년

= 138,242 kW/년

= 138,242 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6}TJ/MJ

= 1.3 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 138,242 kW/년 × 110 원/kW

= 15,206 천원/년

□ 투자비 : 12,000 천원

항목	거리[m]	단가[원/m]	설치비[원/m]	금액[원]
덕트(600mm×600mm)	60	100,000	100,000	12,000,000

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 12,000 천원 ÷ 15,206 천원/년

= 0.8 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 138.2 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 64.4 tCO_{2eq}/년

부록 3. 공기압축기 저온재생겔 사용 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ 압축공기 중의 수분을 제거하기 위하여 흡착식 Heater Type의 드라이어를 설치하여 운영 하는 경우, 흡착탑의 재생을 위하여 고온(200℃)으로 외부 공기를 승온하여 Blower를 이용하여 재생하는데 이때 전력 소비가 발생하게 됨

○ 흡착식 Heater Type의 드라이어는 Non-Purge Heaterless Type의 드라이어와 비교하여 전력 소비가 높으며, 저온재생겔에 비교하여 전력 소비가 증가하는 원인이 되고 있음

□ 개선방안

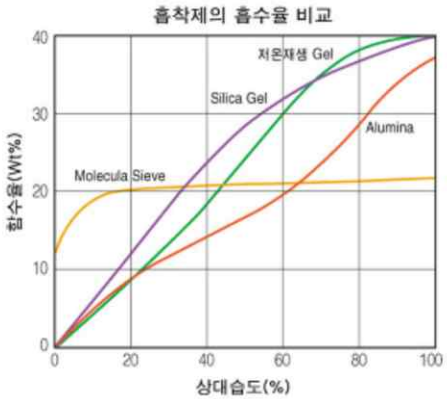
○ 압축공기 중의 수분을 제거하기 위하여 흡착식 Heater Type의 드라이어의 전력을 절감하기 위한 방법은 아래와 같음

① Heater Non-Purge 방식

② Heater Non-Purge, Non-Blower 방식

③ 저온재생겔 사용

○ ③안의 저온재생겔(Neosun 10)을 사용함으로써 Heating 온도를 120℃로 낮춰 전력을 절감 할 수 있음



[그림 부록-2] 흡착제별 흡수율 비교표

Physical Properties				
항목	Alumina Gel	Silica Gel	Molecular Sieves	저온재생 Gel
Size	2 ~ 6.4	2 ~ 5	1.5 ~ 5	2.4 ~ 4.75
Al_2O_3	93%	0.3%	-	15%
SiO_2	0.02%	99%	-	85%
Surface Area	360 m^2/g	750 m^2/g	-	600 m^2/g
RH 50%	18 wt%	26 wt%	20 wt%	23 wt%
RH 90%	40 wt%	43 wt%	21 wt%	38 wt%
Total Pore Volume	0.5 cc/g	0.37 cc/g	0.4 cc/g	0.45 cc/g
Bulk Density	769 g/l	750 g/l	700 g/l	760 g/l
Crush Strength	25 ~ 32 kg	-	20 kg	15 ~ 20 kg
Regeneration Temp.	175 ~ 250°C	150 ~ 180°C	200 ~ 300°C	120 ~ 140°C
Few Dust by Handling	묻어남	좋음	묻어남	좋음
Crack in Boiled Water	좋음	깨짐	좋음	좋음

[그림 부록-3] 흡착제별 물리적 성질 비교

금액단위 : 원

항 목 \ TYPE		Heatless (PSD Model)	Heater Purge Non-Blower (TSP Model)	Blower Heater Purge (TSB Model)	Heater Non Purge (TSN Model)	Heater Non Purge W/Comp' Heat (TSC Model)
설계조건	처리용량	7,200 Nm3/hr	←	←	←	←
	사용압력	7.0 kgf/cm2G	←	←	←	←
	출구노점	-40℃ 이하 @ ATM	←	←	←	←
	HOT AIR TEMP.	-	-	-	-	100℃
TIME CONDITION	CYCLE	10.0 min	8.0 hrs	←	←	←
	DRYING	5.0 min	4.0 hrs	←	←	←
	재생(HEAT)	5.0 min	2.5 hrs	←	←	←
	재생(COOL)		1.5 hrs	←	←	←
흡착제	수량	2,730 kg/2Towers	3,140 kg/2Towers	3,320 kg/2Towers	3,460 kg/2Towers	3,460 kg/2Towers
	종류	Activated Alumina	Activated Alumina	Activated Alumina	NEOSUN NS-10	NEOSUN NS-10
	수명	5 년	3 년	3 년	5 년	5 년
ENERGY USE (Average)	AIR LOSS	1,080 Nm3/hr	576 Nm3/hr	288 Nm3/hr	0 %	0 %
	ELEC. HEATER	N/A	75 kw	105 kw	96 kw	52 kw
	HEATER 가동율	N/A	62.5%	62.5%	62.5%	62.5%
	BLOWER	N/A	N/A	15.0 kw	N/A	N/A
	BLOWER 가동율	N/A	N/A	62.5%	N/A	N/A
	PRESSURE DROP	0.20 kgf/cm2G	0.20 kgf/cm2G	0.20 kgf/cm2G	0.30 kgf/cm2G	0.30 kgf/cm^2G
	COOLING WATER	N/A	N/A	N/A	18.6 m^3/hr	18.6 m^3/hr

[그림 부록-4] 드라이어 종류별 에너지 사용량 비교표

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 흡착식 Heater Type 드라이어의 흡착제를 활성알루미나겔에서 저온재생겔로 교체함으로서 기대되는 전력절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
23,145	0.2	10.8	2,545	5,400	2.1

주) 교체수량 및 점등시간의 변화에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

주) 투자비 : 저온재생겔의 수명이 길어 실제 투자비용은 없음 (초기 비용만 발생함)

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 2공장 공급용 공기압축기 흡착탑 흡착제

○ 기존 전력사용량 : 48 kW/h

○ 개선율 : 44.5%

○ 흡착탑 가동율 : 12.9 %_측정기준

○ 교체주기 : 기존(3년) → 5년으로 연장

○ 흡착제 단가 :

- 기존흡착제 : 4,500원/kg_활성알루미나
- 개선흡착제 : 6,000원/kg_NS10

○ 연간 가동시간 : 8,400 hr/년

○ 전력 단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= 개선전 전력[kW/h] × 절감율[%] × 가동율[%] × 가동시간[hr/년]

= 48 kW/h × 0.445 × 0.129 × 8,400 hr/년

≒ 23,145 kW/년

= 23,145 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 0.2 TJ/년

1.1. 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 23,145 kW/년 × 110 원/kW

= 2,545 천원/년

1.2. 투자비 : 5,400[천원]

제품명	단가 [원/kg]	충진량 [kg]	수명 [년]	금액 [원]	수명감안할 경우 단가 [원]
활성알루미나(기존)	①4,500	3,600	3	16,200,000	4,500,000
저온재생겔	②6,000	3,600	5	21,600,000	3,600,000
실제투자비	(② - ①) 1,500	3,600	-	5,400,000	-

주) 저온재생겔의 단가는 높으나 기존 활성알루미나 보다 수명이 길어 실제 저온재생겔을 적용할 경우 투자 비용은 없음. (교체시 추가 투자비용 적용)

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 5,400 천원 ÷ 2,545 천원/년

= 2.1 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 23.1 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 10.8 tCO_{2eq}/년

(2) B 社

□ 흡착식 Heater Type 드라이어의 흡착제를 활성알루미나겔에서 저온재생겔로 교체함으로써 기대되는 전력절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
19,720	0.2	9.2	2,169	4,500	2.1

주) 교체수량 및 점등시간의 변화에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

주) 투자비 : 저온재생겔의 수명이 길어 실제 투자비용은 없음. (초기 비용만 발생함)

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : MDF 2공장 흡착탑 흡착제

○ 기존 전력사용량 : 40.9 kW/h

○ 개선 후 전력 사용 예상량 : 22.7 kW/h

○ 흡착탑 가동율 : 12.9 %_측정기준

○ 교체주기 : 기존(3년) → 5년으로 연장

○ 흡착제 단가

- 기존흡착제 : 4,500원/kg_활성알루미나
- 개선흡착제 : 6,000원/kg_NS10

○ 연간 가동시간 : 8,400 hr/년

○ 전력 단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= (개선전 -개선후)[kW/h] × 가동율[%] × 가동시간[hr/년]

= (40.9 - 22.7) kW/h × 12.9 % × 8,400 hr/년

≒ 19,720 kW/년

= 19,720 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 0.2 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 19,720 kW/년 × 110 원/kW

= 2,169 천원/년

□ 투자비 : 4,500 천원

제품명	단가 [원/kg]	충진량 [kg]	수명 [년]	금액 [원]	수명감안할 경우 단가 [원]
활성알루미나(기존)	4,500	3,000	3	13,500,000	4,500,000
저온재생겔	6,000	3,000	5	18,000,000	3,600,000

주) 저온재생겔의 단가는 높으나 기존 활성알루미나 보다 수명이 길어 실제 저온재생겔을 적용할 경우 투자 비용은 없음. (교체시 추가 투자비용 적용)

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 4,500천원 ÷ 2,169천원/년

= 2.1년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 19.7 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 9.2 tCO_{2eq}/년

부록 4. 집진기 Fan의 Pulley 개선 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ 제품 생산과정에서 발생되는 Dust 등을 제거하기 위하여 다수의 환경 설비인 집진기를 설치 운영하고 있음

○ 인버터를 이용하여 적정공급압 및 풍량을 제어함으로써 전력을 절감 하는 경우

- 인버터로 최초 가동시에도 Soft Start가 가능하여 송풍/배풍Fan의 가동 Torque 부하에는 문제가 없을 것으로 판단됨
- 다만, 최초 설치된 Pulley를 그대로 사용하고 있어 전동기의 Torque에 여유가 있으므로, 전동기측의 Pulley를 10%~20% 정도 Size Up하고 인버터를 활용하여 회전수를 조절함으로써 추가적인 전력 절감이 가능함

○ 과거 고정형인버터를 이용하여 50Hz로 제어함으로써 집진기의 풍량저하로 인한 정압저하 문제가 발생하여 현재는 인버터를 철거한 경우 있음

□ 개선방안

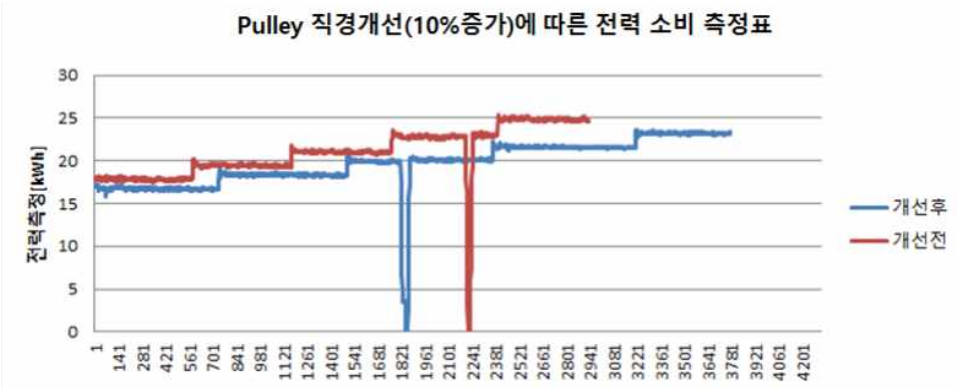
○ 인버터를 이용하여 적정공급압 및 풍량을 제어함으로써 전력을 절감 하는 경우

- 집진기의 전동기 측에 Pulley를 10% 증가시켜 설치하고, 인버터를 이용하여 현재의 회전수를 맞춰 가동함으로써 기존 Pulley를 이용한 풍량 공급대비 전력을 절감 할 수 있을 것으로 기대됨
- 또한, 집진기의 Fan에는 인버터가 설치되어 운전되고 있어 Pulley만 개선 할 경우 경제적 효과도 우수 할 것으로 기대됨

○ 과거 고정형인버터를 이용하여 50Hz로 제어함으로써 집진기의 풍량저하로 인한 정압저하 문제가 발생하여 현재는 인버터를 철거한 경우

- 집진기의 전동기에 고정형인버터(50Hz)를 설치하고, Motor측 Pulley를 기존 풍량 및 정압을 유지할 수 있도록 10% 증가시켜 설치하여 기존의 고정형 인버터를 설치하여 발생한 문제를 예방할 수 있음
- 인버터를 고정형(50Hz)으로 적용함으로서 전력을 절감 할 수 있을 것으로 기대됨. 여기서, 가변형 인버터를 적용할 경우 해당 지자체의 환

경설비에 대한 인버터 적용의 법적인 문제가 발생할 수 있으므로 확인 후 적용해야 함 (고정형 인버터는 법적인 문제가 없을 것으로 예상됨)



[그림 부록-5] Fan의 Pulley 증가(10%)에 따른 전력 소비량_타사자료

※ 주의사항 :

(1) 풀리의 직경을 너무 크게 할 경우 진동이 증가하여 공조기의 내구성에 문제가 발생할 수 있음

(2) 전동기의 회전수를 너무 낮출 경우 전동기 및 인버터의 소손 가능성이 있음. 또한, 정압이 낮아질 수 있으므로 주의가 필요함

※ 참고

- 본 개선안의 경우 정부지원사업으로 진행할 경우 투자비에서 모니터링 계측기 설치 비용이 추가됨 각 전력분석계, 전류계 및 설치비용으로 약 1,500 천원이 발생함
- 개선 전/후 집진기의 Fan측 회전수 및 전력사용량 분석, 시운전비용은 외부업체 진행시 약 2,000 천원이 추가됨

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 집진기 Fan Motor측 Pulley를 개선하여 기대되는 전력절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
20,568	0.2	9.6	2,262	700	0.3

주) 적용 집진기의 용량, 적용 대상 설비의 개수에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

□ 계산 기준

- ○ 적용 대상 설비 : 집진기 300[CMM], 용량 30[HP]
- ○ 전력절감율 : 15.9 %_타사자료 참고
- ○ 적용율 : 70%_기존 인버터 절감량 및 부하율 감안
- ○ 전력단가 : 110 원/kW
- ○ 가동시간 : 8,400 hr/년

□ 전력 절감량

= 설비용량[kW] × 절감율[%] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]

= 22 kW/h × 0.159 × 0.7 × 8,400 hr/년

= 20,568 kW/년

= 20,568 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 0.2 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 20,568 kW/년 × 110 원/kW

= 2,262 천원/년

□ 투자비 : 700 천원

- Pulley 가공 : 700 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] / 연간 절감액[천원/년]

= 700 천원 / 2,262 천원/년

= 0.3 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 20.5 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 9.6 tCO_{2eq}/년

(2) B 社

□ 집진기(#414)의 Fan Motor측 Pulley를 개선하여 기대되는 전력절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
64,509	0.6	30.1	7,096	1,800	0.3

주) 적용 집진기의 용량, 적용 대상 설비의 개수에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

□ 계산 기준

- ○ 적용 대상 설비 : 집진기(#414)
- ○ 소비전력 : 69kW_정격은 90kW로서 부하율은 76%로 운전중.
- ○ 전력절감율 : 15.9 %_타사자료 참고
- ○ 적용율 : 70%_일반적인 fan 부하율 및 소비전력 변동율 감안.
- ○ 전력단가 : 110 원/kW
- ○ 가동시간 : 8,400 hr/년

□ 전력 절감량

= 소비전력[kW/hr] × 절감율[%] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]

= 69 kW/hr × 0.159 × 0.7 × 8,400 hr/년

= 64,509 kW/년

= 64,509 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6}TJ/MJ

= 0.6 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 64,509 kW/년 × 110원/kW

= 7,096 천원/년

□ 투자비 : 1,800 천원

- Pulley 가공 : 1,500 천원
- Pulley 커버 : 300 천원
- 설치 및 시운전 비용 미포함

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 1,800 천원 ÷ 7,096[천원/년]

= 0.3 년

1.3. 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 64.5 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 30.1 tCO_{2eq}/년

(3) C 社

□ 집진기 Fan Motor측 고정형인버터와 Pulley를 개선하여 기대되는 전력 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
112,455	1.1	52.4	12,300	14,200	1.2

주) 적용 집진기의 용량, 적용 대상 설비의 개수에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 집진기 용량 75[HP]

○ 전력절감율 : 37.5 %_50[Hz] 절감율 적용

○ 부하율 : 70 %_일반적인 부하율 적용

○ 적용율 : 70 %_Pulley Size Up에 의한 부하율 증가 감안

○ 전력단가 : 110 원/kW

○ 가동시간 : 24 hr/일 × 340 일/년 = 8,160 hr/년

□ 전력 절감량

= 설비용량[kW/hr]× 절감율[%] × 부하율[%] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]

= 75[kW/hr] × 0.375 × 0.7 × 0.7 × 8,160 hr/년

= 112,455 kW/년

= 112,455 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 1.1 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 112,455 kW/년 × 110 원/kW

= 12,370 천원/년

□ 투자비 : 14,200 천원

- Pulley 가공 : 700 천원
- 인버터 (75HP) : 8,500 천원_ABB코리아 기준
- 판넬 : 5,000 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 14,200 천원 ÷ 12,300 천원/년

= 1.15 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 112.4 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 52.4 tCO_{2eq}/년

부록 5. 냉동기 Pre-cooling 도입 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

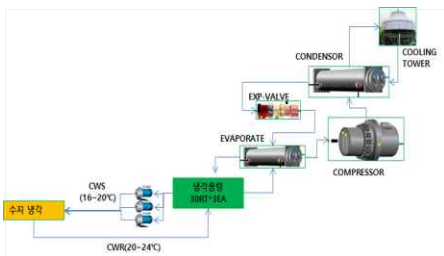
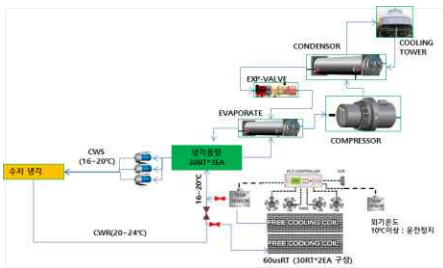
가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

- ○ 수지냉각공정에 공급하기 위하여 운전되는 냉동기는 공정에서 발생되는 열원을 제거하기 위하여 연간 일정하게 가동되며 냉수 공급온도는 16℃~18℃로 비교적 높게 운전되고 있음
- ○ 특히, 동절기에 외기온도가 냉수 공급온도보다 낮을 경우에는 외기 냉열을 활용하지 못하고 냉동기를 가동하게 되어 전력 사용량이 증가함

□ 개선방안

- ○ Chilled Water Return 배관라인에 외기를 활용한 Pre-cooling system을 설치하여 환수온도를 낮춰 Chilled Water Tank에 투입함으로써 냉동기 부하를 감소시켜 전력 소비를 감소시킬 수 있을 것으로 기대됨

개선전	개선후
	

[그림 부록-6] Pre-cooling system 적용 계략 계통도 및 운전조건

- ○ 냉수의 생산조건이 16℃~18℃이하이며, CWR(Cooling Water Return)이 20℃임. 이때, Pre-cooling system의 운전조건이 브라인의 온도보다 5℃ 낮아야 하므로 외기온도가 10℃ 이하일 경우에만 Pre-cooling system이 가동되며, 외기온도가 0℃ 이하로 낮아질 경우 Pre-cooling system의 냉동능력(60usRT)을 100% 발휘 할 수 있음. 다만, 외기온도가 영하 (-)20℃이하가 될 경우에는 냉각Fan의 가동이 멈춰지며, 본 시스템은 영하 (-)30℃까지로 설계되어 있음

○ 또한, 외기온도가 15℃ 이상이 되면, 3-way valve에 의하여 자동적으로 전환되면서 Pre-cooling system은 정지하고 전 냉동부하 시스템으로 전환됨

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ CWR(Chilled Water Return)에 Pre-cooling system 도입으로 동절기 냉동부하를 감소하여 기대되는 전력 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
87,696	0.8	40.9	9,646	49,000	5.1

주) Pre-Cooling System의 적용 용량에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 냉동기 30RT×3EA

○ 개선전 소비전력 : 동절기 45kW × 1EA 가동

○ 적용율 : 70%_동절기 외기온도 10℃이상 구간 및 비작업시간 감안

○ 전력단가 : 110 원/kW

○ 동절기 가동시간 : 24 hr/일 × 29 일/월 × 4 개월 = 2,784 hr/년

□ 전력 절감량

= 설비용량[kW/hr] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]

= 45 kW/hr × 0.7 × 2,784 hr/년

= 87,696 kWh/년

= 87,696 kWh/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 0.8 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 87,696 kW/년 × 110 원/kW

= 9,646 천원/년

□ 투자비 : 49,000 천원

구분	사양	수량	단가 (천원)	금액 (천원)
Pre-cooling 실외기	30usRT	2EA	15,000	30,000
배관 및 설치 공사	-	1식	10,000	10,000
제어판넬	-	1식	7,000	7,000
시운전	-	1식	2,000	2,000
합계				**49,000**

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 49,000 천원 ÷ 9,646 천원/년

= 5.1 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 87.6 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 40.9 tCO_{2eq}/년

(2) B 社

□ 집진기(#414)의 Fan Motor측 Pulley를 개선하여 기대되는 전력절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO2eq]			
64,509	0.6	30.1	7,096	1,800	0.3

주) 적용 집진기의 용량, 적용 대상 설비의 개수에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 집진기(#414)

○ 소비전력 : 69kW_정격은 90kW로서 부하율은 76%로 운전중.

○ 전력절감율 : 15.9%_타사자료 참고
○ 적용율 : 70%_일반적인 fan 부하율 및 소비전력 변동율 감안.
○ 전력단가 : 110 원/kW
○ 가동시간 : 8,400 hr/년

□ 전력 절감량
= 소비전력[kW/hr] × 절감율[%] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]
= 69 kW/hr × 0.159 × 0.7 × 8,400 hr/년
= 64,509 kW/년
= 64,509 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ
= 0.6 TJ/년

□ 연간 전력 절감액
= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]
= 64,509 kW/년 × 110 원/kW
= 7,096 천원/년

□ 투자비 : 1,800 천원
- Pulley 가공 : 1,500 천원
- Pulley 커버 : 300 천원
- 설치 및 시운전 비용 미포함

□ 투자비 회수기간
= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]
= 1,800 천원 ÷ 7,096 천원/년
= 0.3 년

□ 온실가스 저감량
= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]
= 64.5 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)
= 30.1 tCO_{2eq}/년

(3) C 社

□ CWR(Chilled Water Return)에 Pre-cooling system 도입으로 동절기 냉동부하를 감소하여 기대되는 전력 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
175,392	1.68	81.7	19,293	84,000	4.4

주) Pre-Cooling System의 적용 용량에 따라 전력절감량, 절감액, 투자비는 변경될 수 있음.

□ 계산 기준

- ○ 적용 대상 설비 : 냉동기 30RT×4EA
- ○ 개선전 소비전력 : 동절기 45kW × 2EA 가동 가정
- ○ 적용율 : 70%_동절기 외기온도 10℃이상 구간 및 비작업시간 감안
- ○ 전력단가 : 110 원/kW
- ○ 동절기 가동시간 : 24 hr/일 × 29 일/월 × 4 개월 = 2,784 hr/년

□ 전력 절감량

= 설비용량[kW/hr] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]

= 90 kW/h × 0.7 × 2,784 hr/년

= 175,392 kW/년

= 175,392 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 1.68 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 175,392 kW/년 × 110 원/kW

= 19,293 천원/년]

□ 투자비 : 84,000 천원

구분	사양	수량	단가 (천원)	금액 (천원)
Pre-cooling 실외기	30usRT	4EA	15,000	60,000
배관 및 설치 공사	-	1식	15,000	15,000
제어판넬	-	1식	7,000	7,000
시운전	-	1식	2,000	2,000
합계				**84,000**

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 84,000 천원 ÷ 19,293 천원/년

= 4.4 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 175.3 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 81.7 tCO_{2eq}/년

부록 6. 공기압축기 인버터 적용 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ 대수제어를 할 경우 부하변동에 따라 Loading/Unloading 운전을 반복하도록 공기압축기 마다 압력을 Setting함. 이때, 부하변동에 따라 공기압축기가 Unloading 운전할 때 전력 손실이 발생함

○ Unloading운전은 고정된 속도로 작동하는 스크류 공기압축기가 다양한 공기요구량을 충족시키기 위해서 빈번하게 모터가 시동되는 것을 방지하는 목적으로 무부하(비압축) 시간에도 가동을 하는 것을 의미함. 이때에는 압축공기를 생산하지 않더라도 공기압축기 모터는 전력을 지속적으로 소모하게 됨. 즉 Loading운전과 Unloading운전의 1주기의 실제 토출량(정격토출량 x 로딩율)에 소요되는 실제 전력은 Loading전력과 Loading Rate의 곱과 Unloading전력과 Unloading Rate의 곱의 합임

□ 개선방안

○ 각 공정에 공급되는 공기압축기에 인버터형 공기압축기를 설치하여 부하변동에 따라 회전수 제어하여 기존 대수제어 시에 나타나는 Unloading시의 전력 손실을 제거함으로써 전력을 절감 할 수 있음

□ 회전수 제어의 원리는 압력변환 센서에 의한 압축공기 메인 압력을 정확히 측정하고 기준압력과 측정된 압력의 차압에 의해 공기압축기의 회전수를 조절(공기량을 조절)하여 미리 설정된 압력 값에 도달함

□ 인버터(VVVF)는 팬, 펌프, 공기 압축기, 컨베이어 등의 기계의 회전수, 토출량, 이송 속도 등을 기계적인 기어비의 변화 혹은 on-off 제어를 하지 않고 구동 동력원이 되는 전동기에 공급되는 전력의 전압 및 주파수를 제어하여 설비의 회전수를 제어하는 장치임. 즉, 전원 측에서 공급되는 AC 교류전력을 DC 직류전력으로 변환한 후 이를 필요한 주파수와 전압으로 조정하여 AC 교류전력으로 공급하여 회전수를 제어함

□ 인버터 제어 장치는 일반적인 on-off제어 방식의 계단식제어(Step control)에 비하여 무단연속적(Continuously variable control)으로 제어가 가능하고 공기 압축기와 같이 무부하 운전을 하는 장비의 경우에는

무부하 운전을 제거함으로써 무부하 운전에 의한 불필요한 에너지의 낭비를 방지할 수 있음

□ 인버터 적용 할 경우 계산식은 아래와 같음

○ 개선후축동력 계산식(L) : $\frac{k}{k-1} \times \frac{Ps \cdot Qs}{6,120} \{ Pd/Ps^{k-1/k} - 1 \}$

- k : 공기의 단열지수 : 1.4 Ps : 흡입압력(mmAq) : 10,332
- Qs : 흡입유량(m3/min) : 6.1575 Pd : 토출압력(mmAq) : 82,656

○ 실 소요동력 = L ÷ {인버터효율(0.95) x 전동기효율(0.9)}

※ 참고

: 본 개선안의 경우 정부지원사업으로 진행할 경우 투자비에서 모니터링 계측기 설치 비용이 추가됨. 각 전력 분석계, 전류계 및 설치비용으로 약 1,500 천원 소요되며, 총 3,000 천원의 비용이 추가 발생함

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 공기압축기에 인버터를 적용하여 부하에 맞는 압축공기를 공급할 경우 전력절감 기대효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
196,892	1.9	91.7	21,658	105,000	4.8

주) 본 개선안은 일반적인 Loading/Unloading율을 적용, Loading/Unloading 율이 변경될 경우에는 전력절감량 및 절감액이 달라질 수 있음

□ 계산 기준

○ 적용 대상 공기압축기 : 75HP × 2대

○ 개선전 평균 소비전력 : 46.25 kW/h

○ 개선후 예상 소비전력 : 34.5 kW/h

○ 연간 가동시간 : 8,400 hr/년

○ 전력단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= (개선전 - 개선후)평균전력[kW/hr] × 적용대수[대] × 가동시간[hr/년]

= (46.25 - 34.5)kW/hr × 2 × 8,400hr/년

≒ 196,892 kWh/년

= 196,892 kWh/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 1.9 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 196,892 kW/년 × 110 원/kW

= 21,658 천원/년

□ 투자비 : 105,000 천원

- VSD TYPE 공기압축기(75HP) : 50,000 천원 × 2대 = 100,000천원
- 설치/시운전 : 5,000 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 105,000 천원 ÷ 21,658 천원/년

= 4.8 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 196.8 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 91.7 tCO_{2eq}/년

(2) B 社

□ 공기압축기에 인버터를 적용하여 부하에 맞는 압축공기를 공급할 경우 전력절감 기대효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
75,462	0.7	35.1	8,301	22,000	2.7

※본 개선안은 일반적인 Unloading율을 30% 적용함. (에너지진단보고서 자료 참고)

□ 계산 기준

○ 적용 대상 공기압축기 : 50HP × 2대

○ 개선전 평균 소비전력 : 30.4 kW/h

○ 개선후 예상 소비전력 : 25.9 kW/h

○ 년 가동시간 : 8,400 hr/년

○ 전력단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= (개선전 - 개선후평균전력)[kW/hr] × 적용대수[대] × 가동시간[hr/년]

= (30.4 - 25.9)kW/hr × 2 × 8,400hr/년

≒ 75,462kW/년

= 75,462 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 0.7 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 75,462 kW/년 × 110 원/kW

= 8,301 천원/년

□ 투자비 : 22,000 천원

- 인버터(37kW) : 6,500 천원 × 2 대 = 13,000 천원
- 판넬 제작 설치비 : 3,500 천원 × 2 대 = 7,000 천원
- 시운전 : 2,000 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 22,000 천원 ÷ 8,301 천원/년

= 2.7 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 75.4 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 35.1 tCO_{2eq}/년

부록 7. 열매보일러 공기예열기 설치 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ 열매체보일러 배기폐열의 온도가 매우 높으나 건타입버너(Gun Type Burner)로서 폐열을 회수 할 수 없는 경우 배기열 손실이 높아 연료(LNG) 사용량이 높게 나타날 수 있음

□ 개선방안

○ F.D FAN 분리형 저NOx 버너로 교체함으로서 배기폐열을 회수 할 수 있는 TYPE으로 공기예열기를 설치하여 배기열 손실을 줄임으로써 연료(LNG)를 절감 할 수 있을 것으로 기대됨

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 열매보일러(100만)의 배기폐열을 활용한 공기예열기를 설치하여 기대되는 연료(LNG) 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
도시가스 [Nm^3/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
18,587	0.81	41.12	15,800	35,000	2.2

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 열매보일러(100만)

○ 개선전 배기온도 : 220℃

○ 개선후 예상 배기온도 : 120℃

○ 공기비 : 1.0_보수적 계산을 위한 완전연소 조건 가정

○ 적용율 : 70 %_배기열 회수온도 차이 발생 및 방열손실량 감안

○ 이론배가스량 : 11.699 Nm^3/Nm^3

○ 배기가스 비열 : 0.33 kcal/Nm^3℃

○ 연료의 저위발열량 : 9,420 kcal/Nm3_LNG

○ 도시가스 단가 : 850 원/kW

○ 가동시간 : 8,160 hr/년

□ 연료(LNG) 절감량

= 연료사용량[Nm³/년] × 이론배가스량[Nm³/Nm³] × 배기가스 비열 [kcal/Nm³℃] × 회수온도[℃] × 적용율[%] ÷ 연료의 저위발열량 [kcal/Nm³_LNG]

= 708,494 Nm³/년 × 10.699 Nm³/Nm³ × 0.33 kcal/Nm³℃ × 100 ℃ × 0.7 ÷ 9,420 kcal/Nm³_LNG

= 18,587 Nm³/년

= 18,587 Nm³/년 × 43.6 MJ/Nm³ × 10^{-6} TJ/MJ

= 0.81 TJ/년

□ 연료(LNG) 절감액

= 전력절감량[Nm³/년]× 연료단가[원/[Nm³]

= 18,587 Nm³/년 × 850 원/Nm³

= 15,800 천원/년

□ 투자비 : 35,000 천원

- 공기예열기 : 20,000 천원
- 배관 및 설치, 시운전비용 : 15,000 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 35,000 천원 ÷ 15,800 천원/년

= 2.2 년

□ 온실가스 저감량

= 연료절감량[m³/년] × 연료 순발열량[MJ/m³] × GHG배출계수[tGHG/TJ] × 10^{-6}

= 18,587 × 39.4 × (56.1*1×0.001×21+0.0001*×310) × 10^{-6}

= 41.12 tCO_{2eq}/년

부록 8. 잉여스팀활용 흡수식냉동기 도입 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

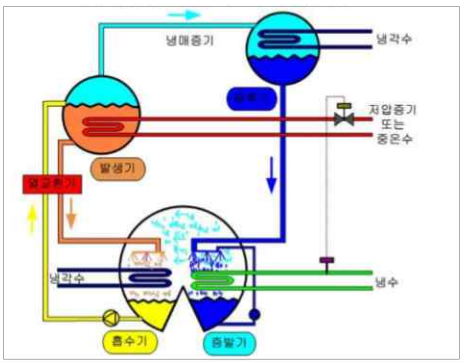
□ 현황 및 문제점

○ 수지냉각공정에 공급하기 위하여 운전되는 냉동기는 공정에서 발생되는 열원을 제거하기 위하여 연간 일정하게 가동하고 있음

○ 냉동기의 가동율은 상시 2대가 가동함으로서 67%이며, 냉수 공급온도는 16℃로 비교적 높게 운전되고 있음

□ 개선방안

○ 소각로에서 생산하는 잉여스팀을 활용하여 흡수식냉동기(100RT)를 가동하게 함으로써 기존에 사용하던 90RT의 수지냉각용 냉동기의 가동을 중지하여 전력을 절감할 수 있을 것으로 기대됨



[그림 부록-7] 흡수기냉동기 사이클(좌) 및 사진(우)

○ 발생기(농축기=재생기) : 희용액(흡수액 + 냉매)를 열원(증기 또는 전기)으로 가열을 하여 냉매와 흡수제를 분리시켜 냉매는 응축기로 보내고, 흡수제는 다시 흡수기로 보내어짐. 이때, 열원으로 스팀을 활용할 수 있음

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 잉여스팀을 활용한 흡수식냉동기를 가동하여 수지공정의 냉동기를 대체함으로서 기대되는 전력 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비2) [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
529,200	5.1	246.7	58,212	250,000	4.3

주1) 흡수식 냉동기의 활용을 하절기 건물 및 생산사무실의 냉방용으로도 활용가능하나 배관 비용 및 열교환 유닛 비용이 추가로 발생할 수 있음.

주2) 투자비 : 설치비 및 배관 비용 견적의 향후 재견적 필요 (가견적임)

□ 계산 기준

- ○ 적용 대상 설비 : 냉동기 30RT×3EA
- ○ 흡수식냉동기 용량 : 100RT (저압스팀소비량 : 350kg/h)
- ○ 개선전 소비전력 : 동절기 45kW × 2EA 가동
- ○ 적용율 : 70%_동절기 부하율 감소 및 비작업시간 감안
- ○ 전력단가 : 110 원/kW
- ○ 가동시간 : 8,400 hr/년

□ 전력 절감량

= 개선전소비전력[kW/hr] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]

= 90 kW/hr × 0.7 × 8,400 hr/년

= 529,200 kW/년

= 529,200 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 5.1 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 529,200 kW/년 × 110 원/kW

= 58,212 천원/년

□ 투자비 : 250,000 천원

- 흡수식냉동기(100RT 2중효용 고효율) : 100,000 천원
- 배관 및 설치비용 : 150,000[천원]_향후 별도 재견적 필요함.(가견적임)

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 250,000 천원 ÷ 58,212 천원/년

= 4.3 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 529.2 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 246.7 tCO_{2eq}/년

부록 9. 터보공기압축기 도입 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ Screw Type의 공기압축기의 경우 400HP 이상에서 Full Loading 운전을 할 경우 Turbo Type 공기압축기 보다 압축효율이 낮아 상대적으로 많은 전력이 소비됨

□ 개선방안

○ 공기압축기(Screw Type)을 공기압축기(Turbo Type)으로 교체하여 운전효율을 개선함으로써 전력을 절감 할 수 있을 것으로 기대됨

○ 공기압축기의 특성으로 보면 터보공기압축기의 운전효율은 변화없이 정격효율을 유지한다는 특성이 있으나, 부하 조정성이 너무 범위가 좁고 부하를 조정하면 효율이 급격히 떨어지는데 특성이 있음

○ 반면, 스크류 공기압축기는 회전속도가 공기생산량을 결정하는 부하조정성이 0-100%의 범위로 탁월함을 알 수 있음

○ 그러므로 공기압축기의 조합은 상시 전부하에는 터보공기압축기를 사용하고 부하의 변동에 따른 변동부하 흡수는 스크류 공기압축기에 인버터를 장착하여 운전하는 것이 가장 이상적이라 할 수 있음

[표 부록-4] 공기압축 Type별 비교표

구분	터보(무급유식)	Screw 압축기
압축원리	터보형 압축기는 체적변위 방식이 아닌 연속유동방식으로 맥동이 없으며 Oil이 포함되지 않은 양질의 압축된 공기를 생산 1. 초고속으로 회전하는 Impeller에 의해 Inlet에서 공기가 빠른 속도로 유입. 2. 빠른 속도로 유입공기는 에너지를 갖는다. 3. Impeller에 의해 유입된 Air가 Diffuser로 속도에너지를 위치에너지(압력상승)로.	두 개의 회전자 (Screw Rotor)의 고속 회전에 의해 흡입공기를 압축한다. 통상 2개의 승압과정을 거쳐 요구 압력을 공급한다. 유입식의 경우 압축 공기 중 유분이 함유되어 필터링에 어려움이 있음
구성	간단(사고 유발성 최소, 유지보수 용이)	구조가 복잡(유지관리 어려우며, 사고 발생빈도가 높다.
압축기의 수명	주요부품 : Impeller, Bearing, Seal Impeller : 비접촉식으로 반영구적 Bearing/Seal : 비접촉 방식으로 반영구적 진동방지에 의한 사고 방지 수명 : 최소 25년 이상	주요부품 : Air End, Bearing, Seal Air End/Bearing : 32,000시간 단위 Seal : 4,000/8,000시간 단위의 교체 사고방지 예고기능이 없음 수명 : 10 - 12년
성능의 변화	경년의 변화 없이 정격의 효율이 유지된다.	Air End/Bearing의 경년변화에 따라 운전 전력의 상승과 토출량의 저하로 인하여 효율이 현격히 낮아짐
최적 사용 범위	5,000 ㎥/h	700 ㎥/h ~ 2,600 ㎥/h
년간 유지 비용	500 hp 기준 : 270 만원/년	500 hp 기준 1,100 만원/년 4배 이상의 유지비용 발생
정격 효율	정격효율 : 11.4 ㎥/h·kW: 500HP급	정격효율 : 10.4 ㎥/h·kW 100HP급 11.4 ㎥/h·kW 500HP급

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 공기압축기(Screw Type)을 공기압축기(Turbo Type)으로 교체하여 운전효율을 개선하여 기대되는 전력절감 개선효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
472,500	4.53	220.3	51,975	250,000	4.81

□ 계산 기준

○ 적용 대상 공기압축기 : 450HP Turbo Type 신설

○ 총 소비전력 : 375 kW/hr

○ 효율 개선율 : 15 %

○ 연간 가동시간 : 8,400 hr/년

○ 전력단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= 총소비전력[kW/hr] × 절감율[%] × 가동시간[hr/년]

= 375 kW/hr × 0.15 × 8,400 hr/년

≒ 472,500 kW/년

= 472,500 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 4.53 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 472,500 kW/년 × 110 원/kW

= 51,975 천원/년

□ 투자비 : 250,000 천원

- 공기압축기(450HP) : 170,000 천원
- 냉각탑 및 배관 설비 : 80,000 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 250,000 천원 ÷ 51,975 천원/년

= 4.81 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 472.5 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 220.3 tCO_{2eq}/년

(2) B 社

□ 공기압축기(Screw Type)을 공기압축기(Turbo Type)으로 교체하여 운전효율을 개선하여 기대되는 전력절감 개선효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
459,900	4.41	214.4	50,589	250,000	4.94

□ 계산 기준

○ 적용 대상 공기압축기 : 450HP Turbo Type 신설

○ 총 소비전력 : 362 kW/hr

○ 효율 개선율 : 15 %

○ 연간 가동시간 : 8,400 hr/년

○ 전력단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= 총소비전력[kW/hr] × 절감율[%] × 가동시간[hr/년]

= 362 kW/hr × 0.15 × 8,400 hr/년

≒ 459,900 kW/년

= 459,900[kWh/년] × 9.6[MJ/kW] × 10-6[TJ/MJ]

= 4.41[TJ/년]

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 459,900 kW/년 × 110 원/kW

= 50,589 천원/년

□ 투자비 : 250,000 천원

- 공기압축기(450HP) : 170,000 천원
- 냉각탑 및 배관 설비 : 80,000 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 250,000 천원 ÷ 50,589 천원/년

= 4.94 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 459.9 × (0.4653*1+0.0000054*21+0.0000027*310)

= 214.4[tCO2eq/년]

(3) C 社

□ 공기압축기(Screw Type)을 공기압축기(Turbo Type)으로 교체하여 운전효율을 개선하여 기대되는 전력절감 개선효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
512,820	4.92	239.1	56,410	250,000	4.43

□ 계산 기준

○ 적용 대상 공기압축기 : 450HP Turbo Type 신설

○ 총 소비전력 : 407.2 kW/hr

○ 효율 개선율 : 15 %

○ 년 가동시간 : 8,400 hr/년

○ 전력단가 : 110 원/kW

□ 전력 절감량

= 총소비전력[kW/hr] × 절감율[%] × 가동시간[hr/년]

= 407.2 kW/hr × 0.15 × 8,400 hr/년

≒ 512,820 kW/년

= 512,820 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 4.92 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 512,820 kW/년 × 110 원/kW

= 56,410 천원/년

□ 투자비 : 250,000 천원

- 공기압축기(450HP) : 170,000 천원
- 냉각탑 및 배관 설비 : 80,000 천원

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 250,000 천원 ÷ 56,410 천원/년

= 4.43 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 512.82 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 239.1 tCO_{2eq}/년

부록 10. Turbo Blower 도입 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ Roots Blower 벨트구동 방식이기 때문에 소음 이상 및 진동이 심해서 (95dB) 벨트 마모 및 베어링파손 등 유지보수비가 많이 들고 수명도 짧음. 또한 샤프트 타이밍기어 등의 마모로 인해 장기사용에 따른 효율 감소가 크게 발생하여, Motor 소비전력이 증대됨

○ 또한 실제 시스템에 필요한 용량보다 과한 용량의 블로워가 설치되어 있어 실제 공정에 투입되는 공기량을 블로워 토출 측에서 컨트롤 밸브로 제어하고 있으며 그로인한 교축손실이 발생하고 있음

□ 개선방안

○ 고속 Turbo Blower는 종합효율이 약 75(%)로 Roots Blower의 효율(약 45%)에 비해 30%이상 우수하여 소비전력의 절감이 가능할 것으로 기대됨. 또한 운전비용도 절감 할 수 있음

○ 고속 TURBO BLOWER의 특징

- 고효율 ROOTS BLOWER에 비해 30% 이상 효율 증대
- 설치면적이 기존대비 1/3
- 공기베어링 적용으로 윤활유시스템이 없고, 내구성 우수
- 진동, 소음 낮음
- 인버터 제어로 부하에 따라 풍압, 풍량 조절 가능

○ 고속 TURBO BLOWER의 신기술

- 고속 정밀제어 가능 (인버터 제어)
- 고속 대용량 고효율 전동기 적용
- 고속 고하중용 공기베어링
- 소형 고성능 고효율 정밀단조 임펠러

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 수지공정의 ROOT BLOWER를 고효율 TURBO BLOWER로 교체 시 기대되는 전력 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비2) [천원]	회수기간 [년]
전력 [kW/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
260,400	2.5	121.4	28,644	45,000	1.6

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : ROOT BLOWER

○ ROOTS BLOWER 소비전력 : 73 kW/hr

○ TURBO BLOWER 예상 소비전력 : 42 kW/hr

○ 전력단가 : 110 원/kW

○ 가동시간 : 8,400 hr/년

□ 전력 절감량

= (개선전 - 개선후) 소비전력[kW/hr] × 가동시간[hr/년]

= (73 - 42) kW/hr × 8,400 hr/년

= 260,400 kW/년

= 260,400 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 2.5 TJ/년

□ 연간 전력 절감액

= 전력절감량[kW/년] × 전력단가[원/kW]

= 260,400 kW/년 × 110 원/kW

= 28,644 천원/년

□ 투자비 : 45,000 천원

- TURBO BLOWER(100HP) : 1대(설치비용 별도)

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 45,000 천원 ÷ 28,644 천원/년

= 1.6 년

□ 온실가스 저감량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 260.4 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 121.4 tCO_{2eq}/년

부록 11. 열매보일러를 소각보일러로 연료전환 (*출처 : 한국임업진흥원, 2015)

가. 기술개요

□ 현황 및 문제점

○ 열매체보일러의 연료로 도시가스를 사용함으로써 화석연료 연소로 인한 온실가스 발행 및 연료 단가가 높아 연료비용의 상승의 원인이 되고 있음

□ 개선방안

○ 열매체보일러에 소각로(폐목재 소각로)를 추가한 소각폐열보일러를 설치하고 열매체를 가열하여 공정에 공급함으로써 연료비용의 절감이 가능함.

○ 또한, 사업장에서 발생하는 폐목재를 연료로 사용함으로써 추가 연료비용이 없으며, 폐목재의 폐기물 처리비용도 절감할 수 있을 것으로 기대됨

※ TIP :

- 폐목재를 활용한 목재보일러를 운영하고 있는 경우, 소각로 운영에 있어서도 유리할 것으로 판단됨. 또한, 목재업종의 대다수 업체가 이미 소각로를 설치하여 스팀 및 열매체를 생산하여 공정에 공급함으로서 연료비용, 폐기물 처리비용 등을 절감하고 있음

나. 사업장별 기대효과

(1) A 社

□ 열매보일러(120만)을 소각로를 설치하여 폐열보일러(200만)를 설치함으로서 기대되는 연료(LNG) 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
도시가스 [Nm^3/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
625,138	16.37	854.2	406,627	1,700,000	4.2

※ 추가전력량 : 1,134,000[kW/년] 발생

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 열매보일러(120만)

○ 신설 소각로 용량 : 200만kcal/hr (부하율 60% 감안)

○ 개선전 연료 : LNG

○ 개선후 연료 : 폐목재 또는 BIO-SRF

○ 적용율 : 90%_Overhaul 기간 반영

○ 연료(LNG)의 저위발열량 : 9,420 kcal/Nm^3_LNG

○ 폐목재 발열량 : 3,000 kcal/kg 이상

○ 연료사용금액 : 590,000 천원/년_850원/Nm^3_LNG 적용

○ 가동시간 : 8,400 hr/년

□ 절감량 : 16.37[TJ/년]

○ 연료(LNG)절감량

= 연료사용량[Nm^3/년] × 적용율)[%]

= 694,598 Nm^3/년 × 0.90

= 625,138 Nm^3/년

= 625,138 Nm^3/년 × 43.6 MJ/Nm^3 × 10^{-6} TJ/MJ

= 27.25 TJ/년

○ 추가전력량

= 전력사용량[kW/hr] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]

= 150 kW/hr × 0.95 × 8,400 hr/년

= 1,134,000 kW/년

= 1,134,010 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ

= 10.88 TJ/년

□ 절감액 : 406,627 천원/년

○ 연료(LNG)절감액

= 연료절감량[Nm^3/년]× 연료단가[원/[Nm^3]

= 625,138 Nm^3/년 × 850 원/Nm^3

= 531,367 천원/년

○ 추가 전력비용 (환경설비 및 FAN 등 전력사용량)

= 전력사용량[kW/년]× 전력단가[원/kW]

= 1,134,000 kW/년× 110원/kW

= 124,740 천원/년

□ 투자비 : 1,700,000 천원

- 소각로 및 폐열보일러, 환경설비 일체 : 1,700,000 천원
- 운영관리비용 제외

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 1,700,000 천원 ÷ 406,627 천원/년

= 4.2년

□ 온실가스 저감량 : 854.2 tCO_{2eq}/년

○ 연료 저감량

= 연료절감량[m^3/년] × 연료 순발열량[MJ/m^3] × GHG배출계수[tGHG/TJ] × 10^{-6}

= 625,138 × 39.4 × (56.1×1+0.001×*21+0.0001×310) × 10^{-6}

= 1,383.0 tCO_{2eq}/년

○ 전력사용 증가량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 1,134.0 × (0.4653*×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 528.7 tCO_{2eq}/년

(2) B 社

□ 열매보일러(250만)을 소각로를 설치하여 폐열보일러(350만)를 설치함으로서 기대되는 연료(LNG) 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
도시가스 [Nm^3/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
1,371,403	44.91	2,261.2	995,149	2,500,000	2.51

※ 추가전력량 : 1,550,400 kW/년 발생 (시간당 200kW/hr 소요 예상)

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 열매보일러(100만), 열매보일러(200만)

○ 신설 소각로 용량 : 350만kcal/hr (부하율 70% 감안)
○ 개선전 연료 : LNG
○ 개선후 연료 : 폐목재 또는 BIO-SRF
○ 적용율 : 90%_Overhaul 기간 반영
○ 연료(LNG)의 저위발열량 : 9,420 kcal/Nm3_LNG
○ 폐목재 발열량 : 3,000 kcal/kg
○ 연료단가 : 850원/Nm^3_2014년 평균 단가 적용
○ 가동시간 : 8,160 hr/년

□ 절감량 : 44.91 TJ/년

○ 연료(LNG)절감량
= 연료사용량[Nm^3/년] × 적용율)[%]
= 1,523,782 Nm^3/년 × 0.90
= 1,371,403 Nm^3/년
= 1,371,403 Nm^3/년 × 43.6 MJ/Nm^3 × 10^{-6} TJ/MJ
= 59.79 TJ/년

○ 추가전력량
= 전력사용량[kW/hr] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]
= 200 kW/hr × 0.95 × 8,160 hr/년
= 1,550,400 kW/년
= 1,550,400 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6} TJ/MJ
= 14.88 TJ/년

□ 절감액 : 995,149 천원/년

○ 연료(LNG)절감액
= 연료절감량[Nm^3/년]× 연료단가[원/[Nm^3]
= 1,371,403 Nm^3/년] × 850 원/Nm^3
= 1,165,693 천원/년

○ 추가 전력비용 (환경설비 및 FAN 등 전력사용량)
= 전력사용량[kW/년]× 전력단가[원/kW]
= 1,550,400 kW/년× 110 원/kW
= 170,544 천원/년

□ 투자비 : 2,500,000 천원

- 소각로 및 폐열보일러, 환경설비 일체 : 2,500,000 천원
- 운영관리비용 제외

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 2,500,000 천원 ÷ 995,149 천원/년

= 2.51 년

□ 온실가스 저감량 : 2,311.2 tCO_{2eq}/년

○ 연료 저감량

= 연료절감량[m^3/년] × 연료 순발열량[MJ/m^3] × GHG배출계수[tGHG/TJ] × 10^{-6}

= 1,371,403 × 39.4 × (56.1×1+0.001×*21+0.0001×310) × 10^{-6}

= 3,034.1 tCO_{2eq}/년

1.3.1. 전력사용 증가량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 1,550.4 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 722.9 tCO_{2eq}/년

(3) C 社

□ 열매보일러(100만+200만)을 소각로를 설치하여 폐열보일러(400만)를 설치함으로서 기대되는 연료(LNG) 절감 효과는 다음과 같음

절감량			절감액 [천원/년]	투자비 [천원]	회수기간 [년]
도시가스 [Nm^3/년]	에너지 [TJ/년]	온실가스 [tCO_{2eq}]			
2,045,679	74.31	3,802.96	1,568,291	2,500,000	1.59

※ 추가전력량 : 1,550,400 kW/년 발생 (시간당 200kW/hr 소요 예상)

□ 계산 기준

○ 적용 대상 설비 : 열매보일러(100만), 열매보일러(200만)

○ 신설 소각로 용량 : 400만kcal/hr (부하율 75% 감안)

○ 개선전 연료 : LNG
○ 개선후 연료 : 폐목재
○ 적용율 : 90%_Overhaul 기간 반영
○ 연료(LNG)의 저위발열량 : 9,420kcal/Nm^3_LNG
○ 폐목재 발열량 : 3,000 kcal/kg
○ 연료사용금액 : 1,830,344 천원/년_2014년 기준
○ 가동시간 : 8,160 hr/년

□ 절감량 : 74.31 TJ/년
○ 연료(LNG)절감량
= 연료사용량[Nm^3/년] × 적용율[%]
= 2,153,347 Nm^3/년 × 0.90
= 2,045,679 Nm^3/년
= 2,045,679 Nm^3/년 × 43.6 MJ/Nm^3 × 10^{-6} TJ/MJ
= 89.19 TJ/년
○ 추가전력량
= 전력사용량[kW/hr] × 적용율[%] × 가동시간[hr/년]
= 200 kW/hr × 0.95 × 8,160 hr/년
= 1,550,400 kW/년
= 1,550,400 kW/년 × 9.6 MJ/kW × 10^{-6}TJ/MJ
= 14.88 TJ/년

□ 절감액 : 1,568,283 천원/년
○ 연료(LNG)절감액
= 연료절감량[Nm^3/년]× 연료단가[원/[Nm^3]
= 2,045,679 Nm^3/년 × 850 원/Nm^3
= 1,738,827 천원/년
○ 추가 전력비용 (환경설비 및 FAN 등 전력사용량)
= 전력사용량[kW/년]× 전력단가[원/kW]
= 1,550,400 kW/년× 110 원/kW
= 170,544 천원/년

□ 투자비 : 2,500,000 천원

- 소각로 및 폐열보일러, 환경설비 일체 : 2,500,000 천원
- 운영관리비용 제외

□ 투자비 회수기간

= 투자비[천원] ÷ 연간 절감액[천원/년]

= 2,500,000 천원 ÷ 1,568,291 천원/년

= 1.59 년

□ 온실가스 저감량 : 3,802.96 tCO_{2eq}/년

○ 연료 저감량

= 연료절감량[m^3/년] × 연료 순발열량[MJ/m^3] × GHG배출계수[tGHG/TJ] × 10^{-6}

= 2,045,679 × 39.4 × (56.1×1+0.001×21+0.0001×310) × 10^{-6}

= 4525.83 tCO_{2eq}/년

○ 전력사용 증가량

= 전력절감량[MWh/년] × GHG배출계수[tGHG/MWh]

= 1,550.4 × (0.4653×1+0.0000054×21+0.0000027×310)

= 722.87 tCO_{2eq}/년

Abstract

The Effects of Nationally Determined Contribution Change on Greenhouse Gas Reduction Costs in Wood Industry

Jang, Kwang Min
Major in Forest Environmental Science
Department of Forest Science
Graduate School of Agriculture and Life Sciences
Seoul National University

In this study, there was an attempt to identify the actual reduction burden of the companies subject to the ETS (Emission Trading Scheme) based on the field information on the GHG emission status and the reduction technology possessed by the lumber companies subject to the ETS. In addition, a quantitative analysis was conducted on the effects of the recent change in the Nationally Determined Contribution(NDC) on the company's allocation of emission allowances and the cost of GHG reduction.

Firstly, in order to identify the greenhouse gas emission status of wood industry, the GHG specification data of wood enterprises were analyzed. Additionally, literature reviews and field surveys on reduction technologies have been conducted to derive marginal abatement costs and marginal investment costs for the technology of wood industry.

The marginal abatement cost of wood industry was calculated as -79 Thousand KRW/tCO2 and the marginal investment cost was calculated as 768 Thousand KRW/tCO2. Subsequently, the emission allowances of the wood industry were calculated by applying the two criteria of '2020 road map' and '2030 road map', and the results were

compared. During the second phase of the plan(2018~2020), the total emission allowances of the wood industry were calculated to be 4.7% higher than the 2020 road map based on the 2030 road map. As a result, changes in the national reduction target have shown a 38% reduction in the GHG reduction burden of the wood industry.

The results of deducing the cost of complying with the GHG reduction obligations of the wood industry according to the reduction scenario was found to be lower in the order of CASE 2-S1, CASE 2-S2, CASE 2-S3 and CASE 1. In CASE 1, which uses emission trading as the only means of reducing emissions, compliance costs were the highest at 12,705 million KRW.

The main results of this study are significant in providing the wood industry with the basic information which is necessary for cost-effective GHG mitigation in the mid- to long-term perspective. Additionally, it is expected that this study will contribute to deriving policy implications to improve the system so that the emission trading system can be operated in efficient.

Keywords : Emission Trading Scheme, Nationally Determined Contribution, GHG, Reduction Costs, Marginal Abatement Cost

Student Number **: 2007-30871**