

**폐열 냉각/회수를 통한 반월시 학산단 제조업체  
온실가스 저감 잠재량 평가 및 기술 조사연구**

김 우 승



---

폐열냉각/회수를 통한 반월시화산단 제조업체  
온실가스 저감 잠재량 평가 및 기술 조사연구

---

김 우 승

안산녹색환경지원센터



# 제 출 문

안산녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “폐열냉각/회수를 통한 반월시화산단 제조업체 온실가스 저감 잠재량 평가 및 기술 조사연구”에 관한 최종 보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 한양대학교 에리카산학협력단

연구책임자 : 김우승 교수(한양대 기계공학과)

연 구 원 : 이정길 연구보조원(한양대 기계공학과)

임백규 연구보조원(한양대 기계공학과)

최영재 연구보조원(한양대 기계공학과)

권애진 연구보조원(한양대 응용화학과)

공동연구기관명 :



## 결과 활용 방안

(기재사항은 본 연구로 도출된 결과를 실제 적용함으로 환경개선에 기여키 위한 수단을 작성하시기 바랍니다.)

### I. 연구제목

- 폐열 냉각/회수를 통한 반월시화산단 제조업체 온실가스 저감 잠재량 평가 및 기술 조사 연구(김우승)

### II. 본 연구의 배경과 필요

- 세계 8위(2009년 기준)의 이산화탄소 배출국인 우리나라는 국제사회로부터 온실가스 의무 감축대상국 참여를 요구받고 있음
- 반월·시화스마트허브에는 많은 중소 제조업체가 있지만 온실가스 저감 시설에 투자할 여력이 부족해 온실가스 의무 감축국이 되었을 시 경영난이 커질 것으로 예상됨
- 안산시의 지속 가능한 발전을 위해 제조업체의 폐열 배출 실태를 파악하여 냉각/회수를 통해 온실가스 저감 잠재량 평가를 위한 연구가 필요함

### III. 연구의 결과 활용

- 반월·시화스마트허브의 제조업체 폐열 배출량 산정을 통해 배출특성을 파악하는 기초자료로 활용
- 제조업체의 폐열 배출 실태를 분석하여 온실가스 저감을 위한 폐열 회수/냉각 시스템 리스트 업
- 안산시의 환경보존을 위한 정책에 기초자료로 활용
- 중소기업의 폐열 회수를 통해 온실가스 및 에너지 사용 저감 유도

### IV. 활용 후 환경개선 효과

- 안산시 반월·시화스마트허브의 제조업체 폐열 및 온실가스 배출 실태 파악
- 반월·시화 스마트허브내 대기환경 개선
- 폐열 냉각/회수를 통한 온실가스 저감을 위한 안산시 에너지, 환경 관리 정책 마련

### V. 연구 활용의 방법

- 반월·시화스마트허브 폐열 배출량 파악을 통한 안산시 에너지, 환경 등의 관리 정책 마련
- 제조업체 폐열 및 온실가스 배출량 산정 기준 마련
- 안산시 에너지 절약 및 기후변화 대응 시책 수립시 참고자료로 활용
- 반월·시화스마트허브 제조업체 폐열 회수 제원 마련에 활용



# 요약문

## I. 제목

- 폐열 냉각/회수를 통한 반월시화산단 제조업체 온실가스 저감 잠재량 평가 및 기술조사 연구( 김 우 승 )

## II. 연구의 목적 및 필요성

- 정상선언은 2050년까지 온실가스 배출량을 2000년 대비 30%에서 85%까지 감축한다는 것을 목표로 하고 있으며, 범세계적 장기목표 및 각국의 적절한 중기 행동계획 설정의 필요성을 강조하였다. 이에 따라 현재 선진 38개국을 대상으로 평균 5.2%의 온실가스 감축을 목표로 하는 교토체제 이후 2013년부터는 선진국은 물론 개도국까지 포함하는 포스트 교토체제가 적용될 예정임
- 한국의 온실가스 배출량은 2009년 기준 607.6억 톤의 CO2가 배출되고 있는데 이는 1990년 CO2 배출량의 약 2배에 해당하는 양으로 2013년부터 감축 의무를 이행하기 위해서는 실질적인 감축체제 구축을 위한 기술·재원 확보, 설비 투자 등이 이루어져야 대응이 가능함
- 국제 유가는 세계 경제침체 이후 다시 회복을 하면서 지속적으로 상승하는 추세이다. 특히, 지난 1979년에 있었던 석유파동 이후 2008년에 최고 140.05달러까지 상승했기 때문에 언제 다시 유가가 상승할지 모르는 상황
- 화석연료를 에너지원으로 사용하는 업종을 가진 중소기업들로 밀집되어 있는 반월·시화스마트허브 지역에는 기술적용에 어려움이 있고, 감축의무에 대한 인식이 부족해 추후 시행될 온실가스 배출권 거래제도에 불이익을 당할 우려가 매우 크다. 그리고 화석연료의 가격이 지속적으로 상승함으로써 에너지다소비업종의 중소기업들의 생산 원가가 커짐에 따라 경영난이 확대

### III. 연구의 내용 및 범위

- 반월·시화스마트허브에 입주해 있는 기업들의 에너지 소비량과 폐열 배출량을 조사하고 에너지 소비 실태를 분석하여 온실가스 발생량 예측과 에너지 다소비업체를 선정
- 폐열 냉각/회수 시스템은 많은 업체들이 기술개발을 통해 시장을 형성하고 있으며, 많은 기술이 있는 만큼 선택의 폭이 넓음
- 따라서 폐열 냉각/회수 시스템 조사를 통해서 각 시스템을 비교 분석하여 반월·시화스마트허브에 입주한 기업에 적용 가능한 시스템을 도출하고, 적용 시 폐열 냉각/회수가 실제로 가능한 업체 판단
- 에너지 다소비 업체인 섬유, 제지 업체들을 대상으로 폐열 냉각/회수 시스템을 적용하였을 때 에너지 절감량과 경제성 평가를 통해 에너지 절감 효과가 있는 업체를 판단하고, 환경오염 저감을 위해 온실가스 및 대기오염 물질 저감도 평가
- 온실가스와 대기오염 감축을 위한 정책 제안을 통해서 반월·시화스마트허브의 대기환경개선과 입주 업체의 경영개선 도출

### IV. 연구결과

### V. 기대효과

- 반월·시화스마트허브의 제조업체 폐열 및 온실가스 배출 실태 파악
- 반월·시화스마트허브내 대기환경 개선
- 폐열 냉각/회수를 통한 온실가스 저감을 위한 안산시 에너지, 환경 관련 정책 마련

## VI. 연구결과의 활용계획(앞으로 할 일)

- 반월·시화스마트허브 폐열 배출량 파악을 통한 안산시 에너지, 환경 등의 관리 정책 마련
- 제조업체 폐열 및 온실가스 배출량 산정 기준 마련
- 안산시 에너지 절약 및 기후변화 대응시책 수립시 참고자료로 활용
- 반월·시화스마트허브 제조업체 폐열 회수 제원 마련에 활용

# 목 차

제1장 연구 개요 .....	3
1.1 연구 배경 .....	3
1.1.1 온실가스 감축 .....	3
1.1.2 국제 유가 상승 .....	4
1.1.3 현재 반월·시화스마트허브 현황 및 문제점 .....	5
1.2 연구 목적 .....	7
1.3 연구 범위 및 내용 .....	8
1.2.1 연구 범위 .....	8
1.2.2 연구 내용 .....	8
제2장 기반조사 .....	13
2.1 반월·시화스마트허브 .....	13
2.2 국내 법률 및 정책 .....	16
2.2.1 관련 법률 현황 .....	16
2.2.2 관련 정책 및 제도 .....	24
2.3 국외 정책 및 제도 .....	41
2.3.1 국가별 에너지정책 동향 .....	41
2.3.2 산업부문 주요 에너지정책수단 .....	49
2.3.3 기반정책부문 .....	52
2.4 국내외 폐열회수 및 온실가스 저감 추진사례 .....	55
2.4.1 국외 사례 .....	55
2.4.2 국내 사례(폐열회수) .....	60
제3장 기준연구 및 개발기술 조사 .....	69
3.1 폐에너지 회수 기술의 개요 .....	69

3.1.1 산업폐열의 개념과 종류 .....	69
3.1.2 산업폐열의 이용방법 .....	72
3.1.3 산업폐열이용시스템 .....	74
3.1.4 산업폐열 회수이용기술의 현황 .....	78
3.2 폐에너지 열회수 기술 .....	79
3.2.1 응축수 회수기술 .....	79
3.2.2 레큐퍼레이터 .....	83
3.2.3 폐열보일러 .....	84
3.2.4 폐열회수용 열교환기 .....	85
3.2.5 히트파이프 .....	87
3.3 폐에너지 승온 기술 .....	90
3.3.1 TVR .....	90
3.3.2 MVR .....	90
3.3.3 냉매압축식 열펌프 .....	92
3.3.4 흡수식 열펌프 .....	93
3.3.5 가스엔진구동 열펌프 .....	93
3.3.6 금속수소화물 열펌프 .....	94
3.4 폐열을 이용한 동력회수 기술 .....	95
3.4.1 ORC .....	95
3.4.2 열전발전 기술 .....	95
3.4.3 스크류 팽창기(Screw Expander) .....	96
3.5 폐열 발전기술 .....	97
3.6 국내의 폐열회수 시스템 특허 현황 .....	97
3.7 부식석 배가스 폐열회수 열교환기 .....	98
 제4장 현장조사 및 업체별(업종별) 분석 .....	111
4.1 업체조사 개요 .....	111
4.2 업체 현장조사 절차 및 방법 .....	112

4.2.1 조사항목 및 분석방법 .....	112
4.2.2 조사장비 .....	113
4.3 제지업종 .....	115
4.3.1 현장조사 결과 .....	115
4.3.2 제지업종 현황 .....	122
4.3.3 회수 방법 .....	154
4.4 염색업종 .....	157
4.4.1 현장조사 결과 .....	157
4.4.2 염색업종 현황 .....	167
4.4.3 에너지 저감 및 회수가능성 분석 .....	189
4.4.4 회수 방법 .....	200
<b>제5장 결론 .....</b>	<b>209</b>
5.1 향후 방향 제안 .....	209
5.1.1 안산시의 제조업체 폐열회수/냉각 방안의 기본원칙과 접근 .....	209
5.1.2 정책방안 .....	209
5.2 온실가스·에너지 감축을 위한 추진방향 .....	211
5.2.1 단기(2012년) 온실가스 감축 목표 달성 검토방향 .....	211
5.2.2 저탄소경영을 위한 사내 대응체계 구축 .....	211
5.2.3 장기(2020년) 온실가스 감축 목표 달성 검토방향 .....	214
<b>참 고 문 헌 .....</b>	<b>219</b>

## 표 목 차

<표 1.1> 반월스마트허브 업종별 에너지 사용현황	5
<표 1.2> 시화스마트허브 업종별 에너지 사용현황	5
<표 2.1> 반월 시화산업단지 현황	14
<표 2.2>에너지 순환 및 온실가스 관련 주요 법률	16
<표 2.3> 산업단지 관련 법률	16
<표 2.4> 에너지법의 주요 내용	17
<표 2.5> 에너지이용 합리화법의 주요 내용	18
<표 2.6> 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 주요 내용	19
<표 2.7> 저탄소 녹생성장기본법	21
<표 2.8> 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률의 주요 내용	23
<표 2.9> 에너지절약 전문기업 등록요건	24
<표 2.10> 에너지절약시설 융자지원제도 지원조건	26
<표 2.11> 자금지원대상자 및 대상사업	26
<표 2.12> 자금지원지침 [별표1] 세부내역	27
<표 2.13> 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치 요약	29
<표 2.14> 온실가스 에너지 목표 관리제	30
<표 2.15> 발전 및 산업 부문 - 에너지 수요	30
<표 2.16> 발전 및 산업 부문 - 에너지 공급	31
<표 2.17> 발전 및 산업 부문 - 온실가스 조기 감축 촉진을 위한 기반 조성	31
<표 2.18> 폐기물 부문	32
<표 2.19> 반월스마트허브 온실가스 에너지 목표 관리제 업체	34
<표 2.20> 환경관리 분야별 비전 및 기본목표	36
<표 2.21> 푸르고 깨끗한 청정도시 안산을 만들기 위한 세부 전략사업	38
<표 2.22> 산업부문 국가별 대표 정책 수단	51
<표 2.23> 기반정책부문 국가별 대표 정책수단	54

<표 3.1> 폐열의 행태에 따른 주요 폐열대상	69
<표 3.2> 업종별 주요 폐열 배출원에 따른 분류	71
<표 3.3> 국내 폐열원의 종류 및 온도범위	71
<표 3.4> 폐열온도별 이용방법	72
<표 3.5> 배 온수 이용 폐열 회수 기술	72
<표 3.6> 배가스 이용 폐열 회수 기술	73
<표 3.7> 폐증기 이용 회수 기술	73
<표 3.8> 폐열회수 이용기술 분류표	78
<표 3.9> 회수 응축수의 이용방법과 유의사항	79
<표 3.10> 폐열보일러의 특징	84
<표 3.11> 열전발전 방식별 특성비교	96
<표 3.12> 전열면 분진의 열전도도	103
<표 4.1> 반월·시화스마트허브 업종별 에너지 사용현황(2009)	111
<표 4.2> 제지 산업의 범위	122
<표 4.3> 펄프 및 종이의 분류	125
<표 4.4> 화학/기계 펄프 비교	126
<표 5> 화학펄프의 종류와 용도	126
<표 4.6> 제지업종의 국제규모 시설투자비	128
<표 4.7> 원료(펄프 및 폐지) 사용량	129
<표 4.8> 한국의 연도별 국산폐지 회수율 추이	129
<표 4.9> 2010년 세계 주요국 폐지 재활용률(회수율)	130
<표 4.10> 제지산업의 비중 (국내)	131
<표 4.11> 제지업종 매출액별 업체수	132
<표 4.12> 국내 생산품별 생산능력 및 생산량	133
<표 4.13> 신문용지 시장점유율	135
<표 4.14> 인쇄용지 시장점유율	136
<표 4.15> 골판지 시장점유율	136
<표 4.16> 백판지 시장점유율	137

<표 4.17> 위생용지 시장점유율	137
<표 4.18> 우리나라 골판지원지 생산업체 현황	138
<표 4.19> 세계의 권역별 종이·판지 생산현황(2005/2009)	140
<표 4.20> 지종별 생산량	141
<표 4.21> 펄프 종류별 생산량	142
<표 4.22> 상위 10개국 국가의 생산 및 소비	143
<표 4.23> 제지업종의 배출시설	145
<표 4.24> 제지업종의 고정연소 배출시설	146
<표 4.25> 폐기물 처리에 따른 온실가스 발생시설	147
<표 4.26> 제지업종 온실가스 배출량 현황	149
<표 4.27> 산업·발전 부문에서 제지목재 업종이 차지하는 비중	150
<표 4.28> 제지목재 상위 10개 업체 에너지·온실가스 배출량 현황	151
<표 4.29> 제지업종 제품생산량 전망	152
<표 4.30> 제지업종의 온실가스 배출 전망	153
<표 4.31> 제어방식별 특성비교	182
<표 4.32> 폐수 발생현황	193
<표 4.33> 열매체보일러 성능	194
<표 4.34> 열매체보일러 효율 및 부하율	195
<표 4.35> 열매체보일러 설비개요	195
<표 4.36> 열매체보일러 측정 결과	196
<표 4.37> 입출구에서 온도의 비열 및 비중	199
<표 4.38> 파이프형 폐수열회수기	203
<표 4.39> 철판코일형 폐수열회수기	204
<표 4.40> 판형 폐수열회수기 특징	205
<표 4.41> 다단순환형 폐수열회수기 특징	206
<표 5.1> 폐기물 소각열 회수 활용 극대화 방안	218

# 그림 목 차

<그림 1.1> 국제 유가 가격 추이	4
<그림 2.1> 반월스마트허브	15
<그림 2.2> 시화 스마트허브	15
<그림 2.3> 에너지절약 전문기업 이용의 흐름도	25
<그림 2.4> 스팀 네트워크 공정도	60
<그림 2.5> 배기 폐열회수 공정도	61
<그림 2.6> CW 폐열회수 개선 전	62
<그림 2.7> CW 폐열회수 개선 후	62
<그림 2.8> 하이닉스 폐수, 냉각탑 공정도	63
<그림 2.9> 개선 후 폐열, 냉각탑 공정도	63
<그림 2.10> 성암소각장 폐열활용 네트워크	64
<그림 2.11> 용인환경센터	65
<그림 3.1> 폐열의 개념도	70
<그림 3.2> 폐열이용 시스템	74
<그림 3.3> 폐열이용의 형태	75
<그림 3.4> L°Cal 폐열이용시스템	76
<그림 3.5> Total 폐열이용시스템	77
<그림 3.6> 급수탱크 직접회수방식	80
<그림 3.7> 후렛쉬탱크 및 급수탱크 방식	80
<그림 3.8> 후렛쉬탱크 및 고온수 펌프 이용방식	81
<그림 3.9> 가압식 압력탱크로 회수하는 방식(압력식)	82
<그림 3.10> 열교환기를 이용한 간접 열회수 방식	83
<그림 3.11> 스파이럴 열교환기 이용 배열회수	86
<그림 3.12> 단관형 히트파이프	88
<그림 3.13> 분리형 히트파이프의 작동원리	89

<그림 3.14> 3중효용관식 증발장치	91
<그림 3.15> MVR식 증발기체 개념도	91
<그림 3.16> 냉매압축식 열펌프의 사이클	92
<그림 3.17> 흡수식 냉동사이클의 응용	93
<그림 3.18> 열펌프시스템	94
<그림 3.19> 연료 중 황(S)과 배가스 중 SO <sub>2</sub> 농도	99
<그림 3.20> 연료 중 황(S)과 SO <sub>2</sub> → SO <sub>3</sub> 전환율	100
<그림 21> 배가스 중 수분함량과 산노점	100
<그림 4.22> 연료 중 S함량과 SO <sub>3</sub> 농도 및 산노점	101
<그림 4.1> 비접촉 온도 측정기	114
<그림 4.2> 소각시설 처리 계통도	115
<그림 4.3> 소각시설 운전실	116
<그림 4.4> 폐열 보일러 일부	116
<그림 4.5> 소각시설	117
<그림 4.6> 초지기	117
<그림 4.7> 제지 생산공정	118
<그림 4.8> 소각로처리시설 계통도	119
<그림 4.9> 제지 공정 모식도	124
<그림 4.10> 라이너판지 원질공정	139
<그림 4.11> 제지목제 업종 관리업체의 연도별 온실가스 배출량 및 에너지 사용 량 비교	149
<그림 4.12> 염색공정도	157
<그림 4.13> 열매체 보일러	159
<그림 4.14> 폐수 배출구	159
<그림 4.15> 염색기	160
<그림 4.16> 텐터	160
<그림 4.17> 텐터의 건조 온도	161
<그림 4.18> 텐터 폐열 배출구	161

<그림 4.19> 텐터 입구로 나오는 스팀	162
<그림 4.20> 스크러버	162
<그림 4.21> 입고된 천	163
<그림 4.22> 텐터(a)	164
<그림 4.23> 텐터 폐열 배출구(a)	164
<그림 4.24> 텐터(b)	165
<그림 4.25> 텐터 폐열 배출구(b)	165
<그림 4.26> 염색기	166
<그림 4.27> 폐수 배출구	166
<그림 4.28> 시스템 구성도	185
<그림 4.29> 자동 배기 습도 조절장치 구성도	185
<그림 4.30> 염색기	189
<그림 4.31> 염색 과정	190
<그림 4.32> 파이프형 폐수열회수기	203
<그림 4.33> 철판코일형(스파이럴) 폐수열회수기	204
<그림 4.34> 판형 폐수열회수기	205
<그림 4.35> 판형 폐수열회수기의 계통도	205
<그림 4.36> 다단순환형 폐수열회수기	206
<그림 5.1> 단계별 대응체계 구축	212
<그림 5.2> P제지 Dryer Hood 배기열 회수 사례	214
<그림 5.3> 제지업종 주요 에너지원의 사용량 원단위 지수	216

---

폐열냉각/회수를 통한 반월시화산단 제조업체  
온실가스 저감 잠재량 평가 및 기술 조사연구

---

김 우 승

안산녹색환경지원센터



## 제 1 장 연구 개요

---

1.1 연구 배경 .....	3
1.2 연구 목적 .....	7
1.3 연구 범위 및 내용 .....	8

---



# 제1장 연구 개요

## 1.1 연구 배경

### 1.1.1 온실가스 감축

- 우리나라의 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)은 2009년 기준으로 607.6백만 톤 CO<sub>2</sub> eq.이며, 이는 1990년 대비 105.0%, 2008년 대비 0.9%증가한 수치
- 온실가스 총배출량의 90%이상을 산업공정과 에너지 부문이 차지
- 2008년 G8 기후변화확대정상회의에 참가한 16개 주요국 정상들은 에너지 안보 및 기후변화에 대응하기 위해 정치적 의지를 결집한 정상선언을 채택
- 정상선언은 2050년까지 온실가스 배출량을 2000년 대비 30%에서 85%까지 감축을 목표로 하고 있으며, 범세계적 장기목표 및 각국의 적절한 중기 행동계획 설정의 필요성을 강조
- 이에 따라 현재 선진 38개국을 대상으로 평균 5.2%의 온실가스 감축을 목표로 하는 교토체제 이후 2013년부터는 선진국은 물론 개도국까지 포함하는 포스트 교토체제가 적용될 예정
- 포스트 교토체제가 공식화됨에 따라 전 세계적으로 에너지 절약 및 이용 효율 향상, 신·재생에너지 개발 등 온실가스 배출량을 줄일 수 있는 새로운 기술 분야에 대한 투자 및 무역이 확대되고, 현재의 금융시장처럼 온실가스 배출권이 거래되는 시장이 새롭게 형성되고 있음
- 한국은 지금까지 교토체제에서 개도국(비부속서 I) 지위를 유지하고 있으나, 포스트 교토체제에서 온실가스 의무감축국에 포함될 가능성이 매우 높음
- 한국은 2013년부터 감축 의무를 이행하기 위해서는 실질적인 감축체제 구축을 위한 기술·재원 확보, 설비 투자 등이 이루어져야 대응이 가능

- 하지만 현재 녹색성장 본격화에 대비한 온실가스 저감을 위한 기술들은 업종 및 생산 공정별 특성을 고려하지 않는 대규모 플랜트 위주의 기술들이 주를 이루고 있어 고가의 시설 투자비용이 문제화됨
- 따라서 화석연료를 에너지원으로 사용하는 업종을 가진 중소기업들로 밀집되어 있는 반월·시화스마트허브 지역에는 기술적용에 어려움이 있고, 감축의무에 대한 인식이 부족해 추후 시행될 온실가스 배출권 거래제도에 불이익을 당할 우려가 매우 크고, 화석연료의 가격이 지속적으로 상승함으로써 에너지다소비업종의 중소기업들의 생산 원가가 커짐에 따라 경영난이 확대될 것임

### 1.1.2 국제 유가 상승



<그림 1.1> 국제 유가 가격 추이

- <그림 1.1>을 통해서 보면 국제 유가는 세계 경제침체 이후 다시 회복을 하면서 지속적으로 상승하는 추세
- 특히, 지난 1979년에 있었던 석유파동 이후 2008년에 최고 140.05달러까지 상승했기 때문에 언제 다시 유가가 상승할지 모르는 상황
- 유가가 오르면 경상수지의 균간인 무역수지가 악화되면서 경제 전반에 악영향을 미칠 수 있고, 물가상승으로 민간소비가 둔화

- 한국은행은 유가가 150달러가 되면 소비자물가는 0.5%포인트 오르고 경제성장을 0.5 포인트 내릴 것으로 보고 있음
- 2011년부터 배럴당 110달러를 상회하는 고유가시대가 장기적으로 유지되고 있어 경제에 큰 위협을 가하고 있음

### 1.1.3 현재 반월·시화스마트허브 현황 및 문제점

- 현재 반월·시화스마트허브의 업종별 에너지 사용현황을 보면 <표 1.1> 및 <표 1.2> 와 같음

<표 1.1> 반월스마트허브 업종별 에너지 사용현황

업종구분	연료(TOE)	전력(TOE)	소계
기계	914	4,558	5,472
목재종이출판	36,992	59,302	96,294
섬유의복	32,182	19,213	51,395
운송장비	5,810	10,896	16,706
음식료	9,310	8,534	17,844
전기전자	1,329	17,564	18,893

<표 1.2> 시화스마트허브 업종별 에너지 사용현황

업종구분	연료(TOE)	전력(TOE)	소계
기계	12,373	45,670	58,043
목재종이출판	57,716	106,890	164,606
섬유의복	126,963	59,786	186,749
운송장비	19,165	58,303	77,468
음식료	47,170	33,982	81,152
전기전자	13,534	118,338	131,872

- <표 1.1>과 <표 1.2>로부터 반월·시화스마트허브는 많은 에너지를 사용하는 것으로 나타나며, 에너지 사용량을 통해서 버려지는 폐열 또한 많을 것으로 예상
- 잠재되어 있는 재이용 가능한 폐열들이 다량으로 있을 것으로 판단되나 중소기업은 고가의 폐열 회수 시스템을 구매할 자금이 부족하고, 온실가스 감축에 대한 정보와 지식이 부족한 실정
- 중소기업의 온실가스 감축의 현실 인식과 소규모 규모의 폐열 냉각/회수 시스템의 중요성이 커지고 있음

## 1.2 연구 목적

- 반월·시화스마트허브에 입주해 있는 에너지 다소비 업체들중 가장 많은 연료(에너지)를 소비하는 제지, 섬유 업체에서 배출하는 중저온(250°C이하)의 배기가스의 폐열을 조사하고 분석하여, 적합한 폐열/회수 시스템을 선택
  - 기업에 적용했을 때 폐열이 냉각/회수 되는지를 조사하고, 적용 가능한 기업인지 판단한다. 또한 온실가스와 대기오염감축 대책 수립을 통해서 정책을 제안
- ① 반월·시화스마트허브에 입주해 있는 제지, 섬유 업체 에너지 사용량 및 폐열 배출실태 분석
- ◆ 반월·시화스마트허브에 입주해 있는 기업들의 에너지 소비량과 폐열 배출량을 조사하고 에너지 소비 실태를 분석하여 온실가스 발생량 예측과 에너지 다소비 업체를 선정
- ② 폐열 냉각/회수 시스템 조사
- ◆ 폐열 냉각/회수 시스템은 많은 업체들이 기술개발을 통해 시장을 형성하고 있다. 많은 기술이 있는 만큼 선택의 폭이 넓다. 따라서 폐열 냉각/회수 시스템 조사를 통해서 각 시스템을 비교 분석하여 반월·시화스마트허브에 입주한 기업에 적용 가능한 것을 찾는다. 또한 기업에 적용했을 때 폐열 냉각/회수가 실제로 가능한 업체도 판단
- ③ 폐열 냉각/회수 시스템을 통한 온실가스와 에너지 절감 및 대기오염 저감 효과 분석
- ◆ 에너지 다소비 업체인 섬유, 제지 업체들을 대상으로 폐열 냉각/회수 시스템을 적용하였을 때 에너지 절감량과 경제성 평가를 통해 에너지 절감 효과가 있는 업체를 판단한다. 또한 환경오염 저감을 위해 온실가스 및 대기오염 물질 저감도 평가.
- ④ 온실가스 및 대기오염 감축 대책 수립
- ◆ 온실가스와 대기오염 감축을 위한 정책 제안을 통해서 반월·시화스마트허브의 대기환경개선과 입주 업체의 경영개선 도출

## 1.3 연구 범위 및 내용

### 1.2.1 연구 범위

- 시간적 범위: 계획 기준년도: 2012.04.01. ~ 2012.12.31.
- 공간적 범위: 반월·시화스마트허브 내 섬유, 제지 업종
- 내용적 범위
  - 사업추진배경 및 일반현황
  - 스마트허브 현황
  - 관련 법률 및 제도
  - 기존연구 및 개발기술 조사
  - 업종별 실태 조사

### 1.2.2 연구 내용

- 사업추진배경 및 일반현황
  - 사업추진의 필요성 및 대상지역 일반현황 조사
- 스마트허브 현황
  - 반월·시화스마트허브 현황
  - 섬유, 제지업종 일반 현황
- 관련 법률 및 제도
  - 관련 법률 및 제도 및 사례 조사
- 기존연구 및 개발기술 조사
  - 기존 연구 및 개발기술 조사
  - 온실가스 조사
- 현장조사
  - 섬유, 제지 업종 조사

- 폐열분석 및 시스템 평가
  - 경제성 평가
- 정책제안



## 제 2 장 기반조사

---

2.1 반월 · 시화스마트허브 .....	13
2.2 국내 법률 및 정책 .....	16
2.3 국외 정책 및 제도 .....	41
2.4 국내외 폐열회수 및 온실가스 저감 사례 ..	55

---



## 제2장 기반조사

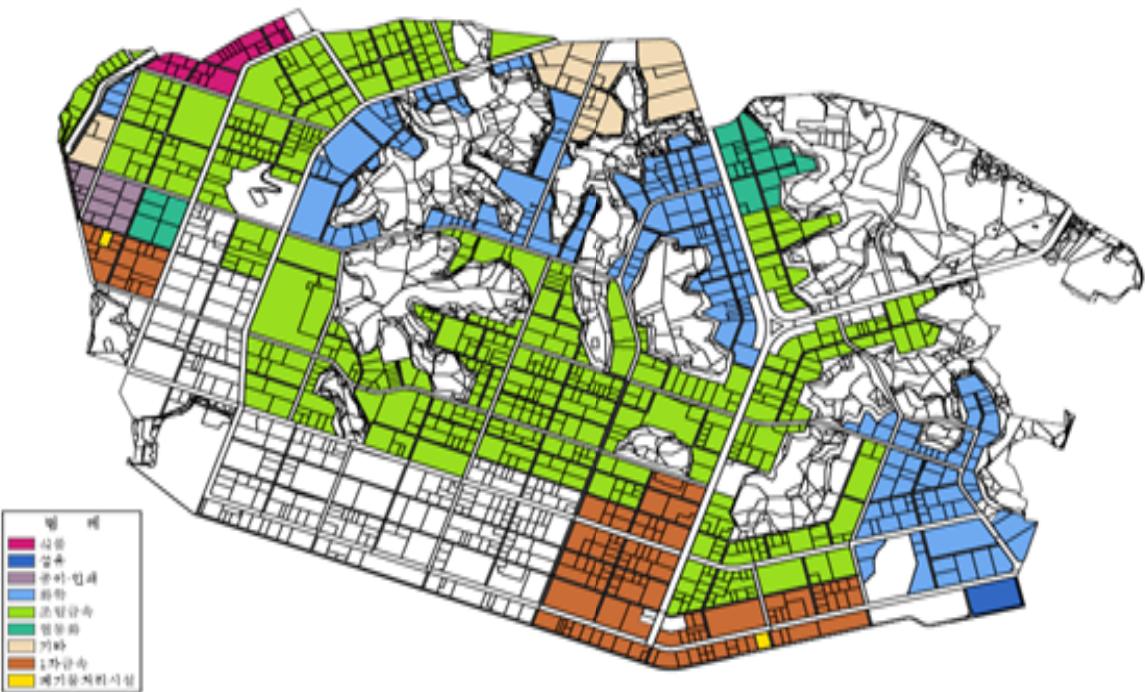
### 2.1 반월·시화스마트허브

- 반월스마트허브는 수도권 인구 분산책의 일환으로 서울과 경기도 각지에 산재한 중소 기업, 공해업종의 공장들을 안산시 단원구 일대에 이전, 계열화하여 육성할 목적으로 조성된 산업단지
- <표 2.1>과 <그림 2.1>, <그림 2.2>는 반월·시화스마트허브의 현황을 보여줌
- 반월스마트허브는 2010년 9월 기준으로 15,374천m<sup>2</sup>의 면적에 4,860개의 업체가 가동 중에 있으며, 주로 기계, 전기전자, 석유화학, 섬유의복, 목재종이 기업체가 입주
- 시화스마트허브는 반월공업단지 후속사업으로 수도권에 인구와 산업이 과밀하게 집중되는 것을 막고 수도권 내의 부적격 공장에 대한 이전을 촉진하기 위하여 조성
- 시화스마트허브는 2010년 9월 기준으로 16,580천m<sup>2</sup>의 면적에 8,243개의 업체가 가동 중에 있으며, 주로 철강기계, 전기전자, 석유화학, 섬유의복, 목재종이 기업체가 입주
- 에너지 공급원으로서 전력은 인천화력발전소 및 반월열병합발전소로부터 공급되고 있고, STX에너지 열병합 발전소에서 증기를 공급

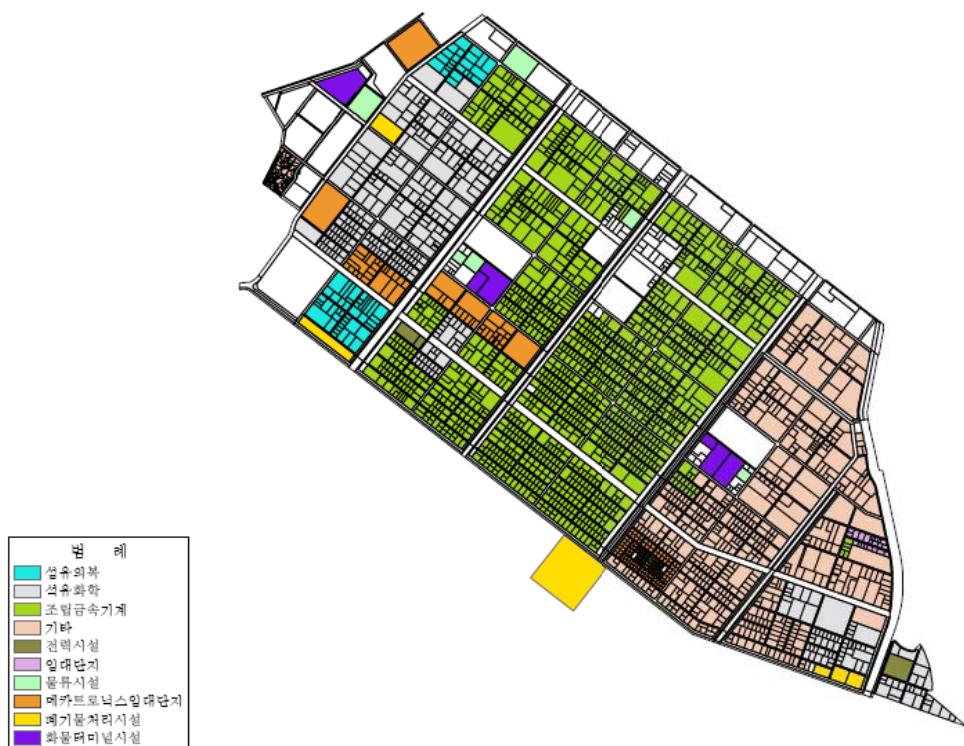
<표 2.1> 반월 시화산업단지 현황

구분	반월산업단지	시화산업단지
조성 목적 및 특징	수도권 내 산재되어 있는 이전대상업체 유치 및 지역내 신·증설공장을 수용하여 지역 개발 활성화, 미래지향적 지원체제를 갖춘 복합산업단지로 개발	수도권 내 이전대상공장에 이전용지 제공, 중소기업전문단지 조성 및 서해안 공업벨트형성 촉진
총 면적	15,374천 m <sup>2</sup>	16,580천 m <sup>2</sup>
입주업체 수	입주업체 : 5,064개사 가동업체 : 4,860개사	입주업체 : 8,436개사 가동업체 : 8,243개사
용수	취수원 팔당댐을 수원으로 : 연성정수장에서 생활용수·공업용수 동시 공급 공업용수 : 공급능력 123천 m <sup>3</sup> /일 생활용수 : 공급능력 178m <sup>3</sup> /일	수원 : 팔당댐(공업용수, 생활용수 공급) 공업용수 : 152천 톤/일 생활용수 : 266천 톤/일
오폐수	반월하수종말처리장에 유입처리 처리능력 : 534천 톤/일 처리량 376천 톤/일	맑은물관리센터에서 전량 처리 처리능력 : 279천 톤/일 처리량 : 231천 톤/일
전력	인천화력발전소 및 반월열병합발전소 → 안산, 반월변전소 → 입주업체 공급능력 : 전압 154kV 용량 480MW	인천화력발전소 → 인근변전소(6개소) → 입주업체 공급능력 : 1350MW
산업 폐기물	소각 : 부경산업, 비노텍에 위탁처리 매립 : 환경관리공단 화성사업소에서 처리	산업폐기물 소각장 : 단지내 3개 업체에서 소각처리 산업폐기물 처리장 : 입주업체 전량 화성 산업폐기물 처리장에서 처리(60톤/일)
에너지 공급 시설	STX에너지 열병합발전소에서 증기공급 공급압력 8kg/cm <sup>2</sup> , 증기배관망 : 69km	STX에너지(주), 시화에너지에서 증기 공급

한국산업단지공단(2011 산업단지현황)



<그림 2.1> 반월스마트허브



<그림 2.2> 시화 스마트허브

## 2.2 국내 법률 및 정책

### 2.2.1 관련 법률 현황

- 폐 에너지와 관련된 법률은 다음 <표 2.2>와 <표 2.3>과 같음

<표 2.2> 에너지 순환 및 온실가스 관련 주요 법률

관련 법률	관할부처
에너지법	지식경제부
에너지이용 합리화법	
신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법	
산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률	
산업입지 및 개발에 관한 법률	
자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률	환경부
저탄소 녹색성장기본법	국무총리실

<표 2.3> 산업단지 관련 법률

관련 제도	관할부처
녹색성장기본법	지식경제부
기타 관련고시 및 해당지자체 관련 조례	안산시

#### 가) 에너지법

- 이 법은 안정적이고 효율적이며 환경 친화적인 에너지 수급(需給) 구조를 실현하기 위한 에너지정책 및 에너지 관련 계획의 수립·시행에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 국민경제의 지속가능한 발전과 국민의 복리(福利) 향상에 이바지하는 것을 목적으로 함

<표 2.4> 에너지법의 주요 내용

구분	주요내용
제2조 (정의)	3. "신·재생에너지"란 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조제1호에 따른 에너지를 말한다. 10. "온실가스"란 「저탄소 녹색성장 기본법」 제2조제9호에 따른 온실가스를 말한다.
제4조 (국가 등의 책무)	② 지방자치단체는 이 법의 목적, 국가의 에너지정책 및 시책과 지역적 특성을 고려한 지역에너지시책을 수립·시행하여야 한다. 이 경우 지역 에너지시책의 수립·시행에 필요한 사항은 해당 지방자치단체의 조례로 정할 수 있다. ③ 에너지공급자와 에너지사용자는 국가와 지방자치단체의 에너지시책에 적극 참여하고 협력하여야 하며, 에너지의 생산·전환·수송·저장·이용 등의 안전성, 효율성 및 환경친화성을 극대화하도록 노력하여야 한다.
제5조 (적용 범위)	에너지에 관한 법령을 제정하거나 개정하는 경우에는 「저탄소 녹색성장 기본법」 제39조에 따른 기본원칙과 이 법의 목적에 맞도록 하여야 한다. 다만, 원자력의 연구·개발·생산·이용 및 안전관리에 관하여는 「원자력 진흥법」 및 「원자력안전법」 등 관계 법률에서 정하는 바에 따른다.
제7조 (지역 에너지 계획의 수 립)	② 지역계획에는 해당 지역에 대한 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 1. 에너지 수급의 추이와 전망에 관한 사항 2. 에너지의 안정적 공급을 위한 대책에 관한 사항 3. 신·재생에너지 등 환경 친화적 에너지 사용을 위한 대책에 관한 사항 4. 에너지 사용의 합리화와 이를 통한 온실가스의 배출감소를 위한 대책에 관한 사항 5. 「집단에너지사업법」 제5조제1항에 따라 집단에너지공급대상지역으로 지정된 지역의 경우 그 지역의 집단에너지 공급을 위한 대책에 관한 사항 6. 미활용 에너지원의 개발·사용을 위한 대책에 관한 사항 7. 그밖에 에너지시책 및 관련 사업을 위하여 시·도지사가 필요하다고 인정하는 사항

#### 나) 에너지이용 합리화법

- 이 법은 에너지의 수급(需給)을 안정시키고 에너지의 합리적이고 효율적인 이용을 증진하며 에너지소비로 인한 환경피해를 줄임으로써 국민경제의 건전한 발전 및 국민복지의 증진과 지구온난화의 최소화에 이바지함을 목적으로 함

<표 2.5> 에너지이용 합리화법의 주요 내용

구분	주 요 내 용
제3조 (정부와 에너지 사용자·공급자 등의 책무)	<p>③ 에너지사용자와 에너지공급자는 국가나 지방자치단체의 에너지시책에 적극 참여하고 협력하여야 하며, 에너지의 생산·전환·수송·저장·이용 등에서 그 효율을 극대화하고 온실가스의 배출을 줄이도록 노력하여야 한다.</p> <p>④ 에너지사용기자재와 에너지공급설비를 생산하는 제조업자는 그 기자재와 설비의 에너지효율을 높이고 온실가스의 배출을 줄이기 위한 기술의 개발과 도입을 위하여 노력하여야 한다.</p>
제4조 (에너지 이용 합리화 기본 계획)	<p>② 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. &lt;개정 2008.2.29&gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 에너지절약형 경제구조로의 전환</li> <li>2. 에너지이용효율의 증대</li> <li>3. 에너지이용 합리화를 위한 기술개발</li> <li>4. 에너지이용 합리화를 위한 홍보 및 교육</li> <li>5. 에너지원간 대체(代替)</li> <li>8. 에너지의 합리적인 이용을 통한 온실가스의 배출을 줄이기 위한 대책</li> </ol>
제14조 (금융·세제상의 지원)	<p>① 정부는 에너지이용을 합리화하고 이를 통하여 온실가스의 배출을 줄이기 위하여 대통령령으로 정하는 에너지절약형 시설투자, 에너지절약형 기자재의 제조·설치·시공, 그밖에 에너지이용 합리화와 이를 통한 온실가스배출의 감축에 관한 사업에 대하여 금융·세제상의 지원 또는 보조금의 지급, 그밖에 필요한 지원을 할 수 있다.</p> <p>② 정부는 제1항에 따른 지원을 하는 경우 「중소기업기본법」 제2조에 따른 중소기업에 대하여 우선하여 지원할 수 있다.</p>
제36조 (폐열의 이용)	<p>① 에너지사용자는 사업장 안에서 발생하는 폐열을 이용하기 위하여 노력하여야 하며, 사업장 안에서 이용하지 아니하는 폐열을 타인이 사업장 밖에서 이용하기 위하여 공급받으려는 경우에는 이에 적극 협조하여야 한다.</p> <p>② 지식경제부장관은 폐열의 이용을 촉진하기 위하여 필요하다고 인정하면 폐열을 발생시키는 에너지사용자에게 폐열의 공동이용 또는 타인에 대한 공급 등을 권고할 수 있다. 다만, 폐열의 공동이용 또는 타인에 대한 공급 등에 관하여 당사자 간에 협의가 이루어지지 아니하거나 협의를 할 수 없는 경우에는 조정을 할 수 있다. &lt;개정 2008.2.29&gt;</p> <p>③ 「집단에너지사업법」에 따른 사업자는 같은 법 제5조에 따라 집단에너지공급대상지역으로 지정된 지역에 소각시설이나 산업시설에서 발생되는 폐열을 활용하기 위하여 적극 노력하여야 한다.</p>

#### 다) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법

- 이 법은 신에너지 및 재생에너지의 기술개발 및 이용·보급 촉진과 신에너지 및 재생 에너지 산업의 활성화를 통하여 에너지원을 다양화하고, 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경 친화적 전환 및 온실가스 배출의 감소를 추진함으로써 환경의 보전, 국가경제의 건전하고 지속적인 발전 및 국민복지의 증진에 이바지함을 목적으로 함

<표 2.6> 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 주요 내용

구분	주요내용
제2조 (정의)	<p>1. "신에너지 및 재생에너지"(이하 "신·재생에너지"라 한다)란 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열(地熱)·강수(降水)·생물유기체 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.</p> <p>아. 대통령령으로 정하는 기준 및 범위에 해당하는 폐기물에너지 카. 그밖에 석유·석탄·원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로서 대통령령으로 정하는 에너지</p>
제5조 (기본계획의 수립)	<p>② 기본계획의 계획기간은 10년 이상으로 하며, 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.</p> <p>1. 기본계획의 목표 및 기간 2. 신·재생에너지원별 기술개발 및 이용·보급의 목표 3. 총전력생산량 중 신·재생에너지 발전량이 차지하는 비율의 목표 4. 「에너지법」 제2조제10호에 따른 온실가스의 배출 감소 목표 5. 기본계획의 추진방법 6. 신·재생에너지 기술수준의 평가와 보급전망 및 기대효과 7. 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급에 관한 지원 방안 8. 신·재생에너지 분야 전문인력 양성계획 9. 그밖에 기본계획의 목표달성을 위하여 지식경제부장관이 필요하다고 인정하는 사항</p>
제10조 (조성된 업비의 용) 사 사	<p>지식경제부장관은 제9조에 따라 조성된 사업비를 다음 각 호의 사업에 사용한다.</p> <p>1. 신·재생에너지의 자원조사, 기술수요조사 및 통계작성 2. 신·재생에너지의 연구·개발 및 기술평가 4. 신·재생에너지 공급의무화 지원 6. 신·재생에너지 기술정보의 수집·분석 및 제공 7. 신·재생에너지 분야 기술지도 및 교육·홍보 8. 신·재생에너지 분야 특성화대학 및 핵심기술연구센터 육성 9. 신·재생에너지 분야 전문인력 양성 10. 신·재생에너지 설비 설치전문기업의 지원 11. 신·재생에너지 시범사업 및 보급사업</p>

	12. 신·재생에너지 이용의무화 지원
제12조 (신·재생에너지 사업에의 투자권고 및 신·재생에너 지 이용의무 화 등)	<p>③ 지식경제부장관은 신·재생에너지의 활용 여건 등을 고려할 때 신·재생에너지를 이용하는 것이 적절하다고 인정되는 공장·사업장 및 집단주택단지 등에 대하여 신·재생에너지의 종류를 지정하여 이용하도록 권고하거나 그 이용설비를 설치하도록 권고할 수 있다.</p>
제27조 (보급사업)	<p>① 지식경제부장관은 신·재생에너지의 이용·보급을 촉진하기 위하여 필요하다고 인정하면 대통령령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 보급사업을 할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 신기술의 적용사업 및 시범사업</li> <li>2. 환경 친화적 신·재생에너지 집적화단지(集積化團地) 및 시범단지 조성사업</li> <li>3. 지방자치단체와 연계한 보급사업</li> <li>4. 실용화된 신·재생에너지 설비의 보급을 지원하는 사업</li> <li>5. 그밖에 신·재생에너지 기술의 이용·보급을 촉진하기 위하여 필요한 사업으로서 지식경제부장관이 정하는 사업</li> </ol>
제29조(재정 상 조치 등)	정부는 제12조에 따라 권고를 받거나 의무를 준수하여야 하는 자, 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급을 하고 있는 자 또는 제13조에 따라 설비인증을 받은 자에 대하여 필요한 경우 금융상·세제상의 지원대책이나 그밖에 필요한 지원대책을 마련하여야 한다.

## 라) 저탄소 녹색성장기본법

- 이 법은 경제와 환경의 조화로운 발전을 위하여 저탄소(低炭素) 녹색성장에 필요한 기반을 조성하고 녹색기술과 녹색산업을 새로운 성장 동력으로 활용함으로써 국민경제의 발전을 도모하며 저탄소 사회 구현을 통하여 국민의 삶의 질을 높이고 국제사회에서 책임을 다하는 성숙한 선진 일류국가로 도약하는 데 이바지함을 목적으로 함

<표 2.7> 저탄소 녹색성장기본법

구분	주요내용
제2조 (정의)	<p>3. "녹색기술"이란 온실가스 감축기술, 에너지 이용 효율화 기술, 청정생산기술, 청정에너지 기술, 자원순환 및 친환경 기술(관련 융합기술을 포함한다) 등 사회·경제 활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술을 말한다.</p> <p>4. "녹색산업"이란 경제·금융·건설·교통물류·농림수산·관광 등 경제활동 전반에 걸쳐 에너지와 자원의 효율을 높이고 환경을 개선할 수 있는 재화(財貨)의 생산 및 서비스의 제공 등을 통하여 저탄소 녹색성장을 이루기 위한 모든 산업을 말한다.</p> <p>9. "온실가스"란 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>) 및 그밖에 대통령령으로 정하는 것으로 적외선 복사열을 흡수하거나 재방출하여 온실효과를 유발하는 대기 중의 가스 상태의 물질을 말한다.</p> <p>10. "온실가스 배출"이란 사람의 활동에 수반하여 발생하는 온실가스를 대기 중에 배출·방출 또는 누출시키는 직접배출과 다른 사람으로부터 공급된 전기 또는 열(연료 또는 전기를 열원으로 하는 것만 해당한다)을 사용함으로써 온실가스가 배출되도록 하는 간접배출을 말한다.</p>
제25조 (기업의 녹색경영 촉진)	<p>① 정부는 기업의 녹색경영을 지원·촉진하여야 한다.</p> <p>② 정부는 기업의 녹색경영을 지원·촉진하기 위하여 다음 각 호의 사항을 포함하는 시책을 수립·시행하여야 한다.</p> <p>1. 친환경 생산체제로의 전환을 위한 기술지원</p> <p>2. 기업의 에너지·자원 이용 효율화, 온실가스 배출량 감축, 산림조성 및 자연환경 보전, 지속가능발전 정보 등 녹색경영 성과의 공개</p> <p>3. 중소기업의 녹색경영에 대한 지원</p>
제31조 (녹색기술·녹색산업에 대한 지원·특례 등)	<p>① 국가 또는 지방자치단체는 녹색기술·녹색산업에 대하여 보조금의 지급 등 필요한 지원을 할 수 있다.</p> <p>② 「신용보증기금법」에 따라 설립된 신용보증기금 및 「기술신용보증기금법」에 따라 설립된 기술신용보증기금은 녹색기술·녹색산업에 우선적으로 신용보증을 하거나 보증조건 등을 우대할 수 있다.</p> <p>③ 국가나 지방자치단체는 녹색기술·녹색산업과 관련된 기업을 지원하기 위하여 「조세특례제한법」과 「지방세법」에서 정하는 바에 따라 소득</p>

	<p>세·법인세·취득세·재산세·등록세 등을 감면할 수 있다.</p> <p>④ 국가나 지방자치단체는 녹색기술·녹색산업과 관련된 기업이 「외국인 투자 촉진법」 제2조제1항 제4호에 따른 외국인투자를 유치하는 경우에 이를 최대한 지원하기 위하여 노력하여야 한다.</p>
제33조 (중소기업의 지원 등)	<p>정부는 중소기업의 녹색기술 및 녹색경영을 촉진하기 위하여 다음 각 호의 시책을 수립·시행할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 대기업과 중소기업의 공동사업에 대한 우선 지원</li> <li>2. 대기업의 중소기업에 대한 기술지도·기술이전 및 기술인력 파견에 대한 지원</li> <li>3. 중소기업의 녹색기술 사업화의 촉진</li> <li>4. 녹색기술 개발 촉진을 위한 공공시설의 이용</li> <li>5. 녹색기술·녹색산업에 관한 전문인력 양성·공급 및 국외진출</li> <li>6. 그밖에 중소기업의 녹색기술 및 녹색경영을 촉진하기 위한 사항</li> </ol>
제34조 (녹색기술·녹색산업 집적지 및 단지 조성 등)	<p>4. 녹색기술·녹색산업의 사업추진체계 및 재원조달방안</p> <p>③ 정부는 대통령령으로 정하는 기관 또는 단체로 하여금 녹색기술·녹색산업 집적지 및 단지를 조성하게 할 수 있다.</p> <p>④ 정부는 제3항에 따른 기관 또는 단체가 같은 항에 따른 녹색기술·녹색산업 집적지 및 단지를 조성하는 사업을 수행하는 데에 소요되는 비용의 전부 또는 일부를 출연할 수 있다.</p>
제39조 (에너지 정책 등의 기본 원칙)	<p>정부는 저탄소 녹색성장을 추진하기 위하여 에너지정책 및 에너지와 관련된 계획을 다음 각 호의 원칙에 따라 수립·시행하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 에너지 가격의 합리화, 에너지의 절약, 에너지 이용효율 제고 등 에너지 수요관리를 강화하여 지구온난화를 예방하고 환경을 보전하며, 에너지 저소비·자원순환형 경제·사회구조로 전환한다.</li> <li>3. 친환경에너지인 태양에너지, 폐기물·바이오에너지, 풍력, 지열, 조력, 연료전지, 수소에너지 등 신·재생에너지의 개발·생산·이용 및 보급을 확대하고 에너지 공급원을 다변화한다.</li> </ol>
제40조 (기후변화 대응 기본 계획)	<p>① 정부는 기후변화대응의 기본원칙에 따라 20년을 계획기간으로 하는 기후변화대응 기본계획을 5년마다 수립·시행하여야 한다.</p> <p>③ 기후변화대응 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 국내외 기후변화 경향 및 미래 전망과 대기 중의 온실가스 농도변화</li> <li>2. 온실가스 배출·흡수 현황 및 전망</li> <li>3. 온실가스 배출 증장기 감축목표 설정 및 부문별·단계별 대책</li> <li>5. 기후변화대응을 위한 국가와 지방자치단체의 협력에 관한 사항</li> <li>6. 기후변화대응 연구개발에 관한 사항</li> <li>8. 기후변화의 감시·예측·영향·취약성평가 및 재난방지 등 적응대책에 관한 사항</li> <li>9. 기후변화대응을 위한 교육·홍보에 관한 사항</li> </ol>

## 마) 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률

- 이 법은 폐기물의 발생을 억제하고 재활용(再活用)을 촉진하는 등 자원(資源)을 순환적으로 이용하도록 함으로써 환경의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 함

<표 2.8> 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률의 주요 내용

구분	주요내용
제 2 조 ( 정 의)	2. "재활용가능자원"이란 사용되었거나 사용되지 아니하고 버려진 후 수거(收去)된 물건과 부산물(副產物) 중 재사용·재생 이용할 수 있는 것[회수할 수 있는 에너지와 폐열(廢熱)을 포함]하되, 방사성물질과 방사성물질로 오염된 물질은 제외한다]을 말한다.
제 24 조의 2 ( 에너지 회 수 시 설 의 설치 · 운영 등)	에너지회수를 위한 시설(이하 "에너지회수시설"이라 한다)은 환경부장관이 지식경제부장관과 협의하여 고시하는 검사방법 및 절차에 따라 그 시설을 검사한 결과 에너지회수기준을 만족할 수 있도록 설치·운영하여야 한다.
제 31 조 ( 재 활 용 산 업 육 성 을 위 한 자 금 등 의 지원)	<p>① 국가나 지방자치단체는 재활용산업을 육성하기 위하여 다음 각 호의 사업을 하는 자(이하 "재활용사업자"라 한다)에게 자원순환에 필요한 자금을 보조하거나 융자할 수 있으며, 필요한 경우에는 차관(借款)을 알선 할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 재활용시설의 설치 사업</li> <li>2. 재활용지정사업자, 지정부산물배출사업자의 자원재활용사업</li> <li>3. 제24조의2에 따른 에너지회수시설의 설치·운영</li> <li>4. 제34조에 따른 재활용단지 조성 사업</li> </ol> <p>② 정부는 재활용사업자에게 필요한 설비자금, 연구·기술개발자금 등을 다음 각 호의 자금이나 기금에서 우선적으로 지원할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「산업기술혁신 촉진법」에 따른 산업기반기술개발사업을 위한 자금</li> <li>2. 「중소기업진흥에 관한 법률」에 따른 중소기업진흥 및 산업기반기금</li> </ol>

## 2.2.2 관련 정책 및 제도

### 가) 에너지절약전문기업(ESCO)

- 에너지절약 전문기업(ESCO ; Energy Service Company)사업 이란?
  - 에너지사용자가 에너지절약을 위하여 기존의 에너지 사용시설을 개체 또는 보완하고자 할 때, 에너지절약전문기업(ESCO)은 에너지절약시설을 투자하고 여기서 발생하는 에너지절약효과를 보증하는 사업
- 개요
  - 에너지사용자가 에너지절약을 위하여 기존의 에너지사용시설을 개체 또는 보완하고자 할 때 에너지절약전문기업을 통해 투자하여 효율적인 에너지절약을 할 수 있도록 하는 제도로써, 91년 에너지이용합리화법에 에너지절약전문기업에 관한 근거를 마련하여 '92년부터 등록·활동
- 사업수행범위
  - 에너지절약형 시설투자에 관한 사업
  - 에너지사용시설의 에너지절약을 위한 관리·용역 사업
  - 에너지관리진단 사업 등 기타 에너지절약과 관련된 사업
- 활동근거
  - 에너지이용합리화법 제25조(에너지절약 전문기업의 지원)
  - 동법 시행령 제30조(에너지절약 전문기업의 등록등)
  - 동법 시행규칙 제24조(에너지절약 전문기업의 등록신청)

<표 2.9> 에너지절약 전문기업 등록요건

구분		1종	2종	3종
자산	법인	자본금	5억 원 이상	4억 원 이상
	개인	자산평가액	10억 원 이상	4억 원 이상
기술인력		기술사 : 2인 이상 기사 : 5인 이상 기능사 : 1인 이상	기술사 : 1인 이상 기사 : 3인 이상 기능사 : 1인 이상	기술사 : 1인 이상 기사 : 3인 이상 기능사 : 1인 이상
장비내역		연소가스분석기등 15 종	연소가스분석기등 11 종	전력분석계 등 12종

- 에너지절약 전문기업의 특징 (성과배분계약시)
  - 제3자의 재원을 이용한 투자
  - 에너지절약시설 설치를 위한 초기 투자비를 ESCO가 조달
  - 에너지절약 성과(절감액)배분
  - 시설투자에 의한 절약비용은 고객(절약시설 사용자)과 전문기업이 약정에 의하여 배분
  - 절약전문기업의 투자비 회수가 끝나면 기투자된 에너지절약 시설은 고객이 소유
- 에너지절약 전문기업을 통해 시설투자를 할 경우
  - 에너지사용자가 투자비 조달 능력이 없을 경우, ESCO를 통하여 초기 투자비를 조달
  - 투자비는 투자한 에너지절약 시설에서 발생하는 에너지절감액으로 상환 (성과배분계약방식)
  - 성과보증계약시는 에너지사용자가 초기 투자비를 조달하고 ESCO는 에너지절감량을 보증
  - 에너지절약시설에 대한 전문적 서비스를 제공(설계, 구입, 시공, 사후관리, 하자보증)
  - 전문적인 서비스가 제공되므로 에너지사용자는 시간과 인력, 비용을 절감
  - 조세특례제한법 제25조2에 의거 에너지절약설비 투자금액의 100분의 20에 상당하는 금액을 소득세 또는 법인세에서 공제 (2008.9.26 개정시행)
- 이용흐름도
  - 에너지절약 전문기업 이용의 흐름도는 다음 <그림 2.3>과 같음



<그림 2.3> 에너지절약 전문기업 이용의 흐름도

## 나) 에너지절약시설 융자지원제도

### ▪ 지원조건

- 자금지원비율은 시설투자 소요자금의 80%이내 지원 (중소기업, 비영리법인 ESCO투자 사업은 소요자금의 100% 이내 지원)
- <표 2.10>과 <표 2.11>은 지원조건과 자금지원대상자 및 대상사업을 나타냄

<표 2.10> 에너지절약시설 융자지원제도 지원조건

사업명	지원규모 (억 원)	당해 연도 동일사업자당 지원한도액	대출기간	이자율
1. ESCO투자사업	2,100	300억 원 이내 (동일투자사업장당 150억 원 이내)	3년 거치 7년 분할상환	
2. 목표관리업체 투자 사업	1,698	150억 원 이내		
3. 절약시설 설치사업		10억 원 이내		
3-가. 고효율제품 등 생산 시설설치사업		5억 원 이내		
3-나. 수요관리설비 설치사업				
합 계	5,298			

<표 2.11> 자금지원대상자 및 대상사업

사업명	자금지원대상자	대상사업
1. ESCO투자사업	에너지사용자와 성과배분계약 또는 신성과배분계약을 체결한 ESCO 및 ESCO와 성과보증계약을 체결한 에 너지사용자	[별표1] 자금지원 세부내역 제1항에 해당하는 시설
2. 목표관리업체 투자사업	저탄소녹색성장기본법 제42조에 따 른 온실가스·에너지 감축 관리업체로 지정된 기업(또한, 2013년 목표관리 제 대상기업으로 지정되는 중소기업 도 가능) - 단, 그린 크레디트(Green Credit) 사업에 관해서는 해당 참여 기업이 자금 신청하는 경우 포함	[별표1] 자금지원 세부내역 제2항에 해당하는 시설의 개체사업 - 단, 자금지원 세부내역에 서 별도로 정한 경우에는 예외로 함 - 중소기업은 자금지원 세 부내역에서 별도로 정한 경 우 이외에는 신. 증설 사업 도 포함

3. 절약시설 설치 사업	[별표1] 자금지원 세부내역 제3항에 해당되는 시설을 설치하고자 하는 자로서 저탄소녹색성장기본법 제42조에 따른 온실가스, 에너지 감축 관리업체로 지정된 기업이 아닌 자	[별표1] 자금지원 세부내역 제3항에 해당하는 시설의 개체사업 - 단, 자금지원 세부내역에서 별도로 정한 경우에는 예외로 함 - 중소기업은 자금지원 세부내역에서 별도로 정한 경우 이외에는 신·증설 사업도 포함
3-가. 고효율제품 등 생산시설설치사업	[별표1] 자금지원 세부내역에 따른 고효율제품 등을 생산하는 자(중소기업에 한함)	[별표1] 자금지원 세부내역 제3-가 목에 해당하는 시설
3-나. 수요관리설비 설치사업	[별표1] 자금지원 세부내역에 따른 수요관리설비를 설치하는 자	[별표1] 자금지원 세부내역 제3-나 목에 해당하는 시설

- 대상설비
  - <표 2.12>는 자금지원지침의 세부내역을 나타냄

<표 2.12> 자금지원지침 [별표1] 세부내역

구분	자금지원세부내역	비고
1. ESCO투자사업		
	ESCO투자사업(공통사항) ESCO 또는 에너지이용합리화법 제32조제7항에 따른 에너지진단전문기관이 에너지진단 운용규정(지식경제부 고시)에 의한 에너지진단 결과에 따라 아래 ①~의 시설 설치를 ESCO 또는 ESCO와 성과보증계약을 체결한 에너지 사용자가 실시하는 사업	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지원 범위 : 해당시설, 계측장비, 소프트웨어, 진단비용 등</li> <li>- 지원 제외 설비           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기를 주 동력원으로 사용하는 냉·난방기 (단, 설치후 10년 이상 경과한 전기를 주동력원으로 사용하는 냉동기 또는 냉·난방기를 고효율 제품이나 에너지소비효율 1등급 제품으로 개체할 경우는 지원 가능) 및 일반 사무·가전기기</li> <li>• 공인시험기관에서 발행한 에너지절감효과를 인정하는 시험성적서가 없는 전기절전기 및 신개발 제품</li> <li>• 소비자의 피해가 우려되는 설비, 정부정책에 적합하지 않은 설비, 기타 ESCO투자 사업으로 실시가 곤란하다고 판단되는 설비</li> </ul> </li> </ul>
	(5) 온실가스 배출감축설비 설치사업	- 온실가스 배출 감축을 목적으로 시행하는 사업으로 에너지진단 결과 공정별 또는 설비별 온실가스감축효과가 5% 이상 가능하다고 평가한 설비

3. 절약시설 설치사업		
나. 보일러 및 요·로설비	(15)폐열이용 보일러	- 폐열을 이용하여 증기 및 온수를 발생하는 보일러
	(22)배가스 폐열회수형 용해로	- 에너지관리 기준상의 표준 폐열회수율 이상의 것(다만, 정격용량이 100만kcal/h미만인 경우는 폐열회수율 20%이상인 것)
	(31)폐열회수 열교환기	- 폐열회수를 위한 열교환기
	(34)폐열 또는 폐압력 이용 발전장치	- 폐열 또는 폐압력을 이용하여 전력을 생산하는 장치
	(36) 폐열이송설비	- 연소폐열, 공정폐열 및 폐가스를 회수하여 다른 사업장에 공급하거나 받기 위한 설비 · 집단에너지사업자가 공급하는 경우는 제외
	(37) 촉열식 연소장치	- 촉열재를 통해 폐열을 회수하여 휘발성유기화합물( $V^{\circ}Cs$ )을 연소하는 장치
	(38)폐열회수형 촉매 연소장치	- 촉매(백금, 팔라듐 등)를 이용하여 휘발성유기화합물( $V^{\circ}Cs$ )을 연소하고 연소폐열을 회수하여 이용하는 장치
	(39)폐열회수형 히트펌프	- 연소폐열, 공정폐열 등을 회수하여 이용하는 히트펌프
	(40)응축수회수시설	- 응축수를 회수하여 보일러급수 등으로 이용하는 시설

#### 다) 온실가스 저감 정책

- 한국은 기후변화협약 당사국으로서 전 지구적 문제인 기후변화 문제 해결을 위해 국제적 공동노력에 적극 참여하여, 지난 1998년부터 기후변화대책위원회를 구성해 운영했으며, 동 위원회를 중심으로 3차례에 걸쳐 ‘기후변화협약대응 종합대책’을 수립해 추진
- 한국은 기후변화협약 중심의 대응 체계에서 한발 더 나아가 환경, 산업, 국제협력 등을 포괄하는 종합 대책 성격을 가진 ‘기후변화대응 종합기본계획(2008~2012년)’을 발표하여, 범지구적 기후변화에 대한 대응 노력에 자발적으로 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소사회를 구현하는 것을 목표
- 한국정부는 발전 및 산업 부문의 온실가스 감축을 위해 에너지의 수요와 공급, 효율 향상 등을 중심으로 정책을 추진
- 특히 에너지 수요와 관련해 산업 부문의 수요 관리를 강화하기 위한 정책을 추진하고 있으며, 에너지 공급 부문의 경우 신재생에너지와 청정에너지 보급 비중을 확대하기

## 위해 노력

- 폐기물 부문과 관련해 폐기물 감량화, 재활용 확대, 폐자원 에너지화를 위한 정책 추진
- 부문별 추진 전략, 세부 정책, 조치들은 <표 2.13>을 통해 살펴볼 수 있으며, 각 추진 전략에 해당하는 세부 정책과 조치들의 주요 내용, 대상 온실가스, 정책 유형 및 도입 현황 등은 <표 2.14>~<표 2.18>까지로 요약됨

<표 2.13> 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치 요약

부문	추진전략	세부 정책 및 조치
전 부문	화석연료 기인 온실가스 배출 감축	온실가스 에너지 목표관리제
발전 및 산업부문	수요 산업 부문 에너지 수요 관리 강화	자발적 협약
		에너지진단 의무화제도
		에너지사용계획 협의제도
		에너지 절약 시설 투자지원
		에너지 절약 전문기업 사업 확대
		공공기관 에너지소비 총량제
전 산부 공급	신재생에너지 및 청정에너지 공급 비중 확대	신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성
		집단에너지 공급 확대
		천연가스의 안정적 공급
		원자력 적정 비중 유지
		바이오디젤 보급 확대
효율	고효율 기자재 보급 확대	에너지소비효율등급 표시제도의 강화
		대기전력경고표시제 세계 최초 시행
		고효율에너지기자재 인증대상 품목 확대
감축 기반	온실가스 조기감축 촉진	자발적 온실가스 배출 감축 실적 등록사업
		산업계 기후변화 대책 기구 구성 및 운영
폐기물 부문	폐기물 감량화 재활용 및 폐자원 에너지화	폐기물 감량화
		폐기물 재이용과 재활용 확대
		폐자원 에너지화

기후변화협약에 따른 제3차 대한민국 국가보고서

- 온실가스 감축을 위한 부문별 세부 정책 및 조치 내용
  - 온실가스 감축을 위한 부문별 세부 정책 및 조치 내용은 다음 <표 2.14> ~ <표 2.18>을 통해서 알 수 있음

<표 2.14> 온실가스 에너지 목표 관리제

정책 및 조치	주요내용	정책 유형	도입현황
온실가스 에너지 목표 관리제	연간 온실가스 배출량 125,000톤 CO <sub>2</sub> eq. 이상인 업체 또는 25,000톤 CO <sub>2</sub> eq. 이상인 사업장에 배출목표량 부여(2012년 기준) 목표 미달성 시 과태료 부과	의무화 제도화	기도입

<표 2.15> 발전 및 산업 부문 - 에너지 수요

정책 및 조치	주요내용	정책 유형	도입현황
자발적 협약	연간 5,000TOE 이상 에너지 사용 업체에서 2,000TOE 이상 사용 업체로 대상 확대 산업체는 자발적으로 에너지 절약 및 온실가스 감축 목표를 설정하고 실천	제도화 재정지원	기도입
에너지 진단 의무화	연간 에너지 사용량 2,000TOE 이상 다소비 사업장에 5년 주기 에너지 진단 의무화 연간 에너지 사용량 200,000TOE 이상 기업체는 구역별로 나누어 3년마다 부분 진단 실시 가능	의무화 재정지원	기도입
에너지 사용 계획 협의제 도	대규모 에너지 사용이 예상되는 일정 규모 이상의 사업은 정부와 협의토록 의무화 도시, 산업단지, 항만, 공항, 철도 건설 등과 공장, 건물 신축 등이 대상	의무화	기도입
에너지 절약 시설 투자 지원	산업체의 노후 저효율 시설 교체 및 고효율 기기 보급 확대 에너지 절약 시설 투자에 대해 장기 저리 융자와 투자금에 대한 세제 지원	제도화 재정지원	기도입
에너지 절약 전문 기업 지원제도	초기의 조명기기 등 단순 설비에서 최근에는 공정 개선, 폐열 회수, 냉난방설비 및 열병합발전 등 복합 설비로 전환 추이	제도화 재정지원	기도입
공공기관 에너지 소비 총량제	공공기관이 연도별 에너지 절약 목표를 설정하고 이를 달성토록 노력	의무화	기도입/ 목표 관리제로 전환

<표 2.16> 발전 및 산업 부문 - 에너지 공급

정책 및 조치	주요내용	정책 유형	도입현황
신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성	2020년까지 생활공간에 공급하는 에너지를 태양광, 태양열, 지열 등의 신재생에너지로 대체하는 '그린홈 100만 호' 프로젝트 추진 신재생에너지 핵심 원천 기술을 선정해 투자 지원 및 관련 기술 육성	제도화 재정지원	기도입
집단 에너지 공급 확대	대규모 주거지역, 상업지역, 산업단지에 집단 에너지 공급 설비 도입 쓰레기소각장의 폐열을 지역난방용 열원으로 활용	제도화 재정지원	기도입
천연가스의 안정적 공급	중동과 동남아에 집중되어 있는 도입선 다변화 추진 저장 시설 확충으로 중장기 공급 안정성 향상	권장	기도입
원자력 적정 비중유지	장기 전력 수급상 총발전량에서 원자력 발전의 비중을 적정 수준으로 유지	권장	기도입
바이오디젤 보급 확대	유채시범재배사업 실시, 해양식물, 동물성 바이오디젤 등 차세대 바이오연료의 개발 추진 2011년 바이오디젤 유류세 면제, 2012년 바이오디젤 의무혼합제도 도입	제도화 (의무화 예정) 재정지원	기도입

<표 2.17> 발전 및 산업 부문 - 온실가스 조기 감축 촉진을 위한 기반 조성

정책 및 조치	주요내용	정책 유형	도입현황
온실가스 감축 실적 등록 사업	산업체의 조기 감축을 유도하기 위해 감축 실적을 보상 에너지 합리화, 신재생에너지 개발 등 100톤 CO2 eq. 이상 감축 사업에 대해 보상	제도화 인센티브	기도입
산업계 기후변화 대책 기구 구성 및 운영	온실가스 감축에 대비한 발전, 철강, 정유 등 업종별 기후변화협약 대책반 구성 운영 국내 외 온실가스 감축 기술 정보 수집 및 분석, 업종별 온실가스 산정 지침 및 인벤토리 구축 가이드라인 개발, 사내 배출권 거래제 활성화 추진	제도화 권장	기도입

<표 2.18> 폐기물 부문

정책 및 조치	주요내용	정책 유형	도입현황
폐기물 감량화	생산 단계인 사업장의 '사업장 폐기물 감량 지침' 제도화 유통 단계에서 포장재의 포장 공간 비율, 포장 횟수 등 포장 방법과 재질 규제 소비 단계에서 쓰레기 종량제, 1회용품 사용 규제, 음식물 쓰레기 종량제 시범 사업 시행	제도화	기도입
폐기물의 재이용과 재활용 확대	'전기 전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률' 제정 시행 음식물류 폐기물 공공 자원화 시설 설치 자금 및 차량 구입 지원 1일 하수처리용량 5,000톤 이상인 공공 하수처리시설에 대해서 하수처리수의 재이용 의무화	제도화	기도입
폐자원 에너지화	가연성 폐기물을 이용한 고형 연료 생산 저탄소 녹색마을 조성, 폐자원 에너지화 R&D 프로그램을 통한 기술개발 및 전문인력 양성	제도화 재정 지원	기도입

#### 라) 온실가스 에너지 목표 관리제

- 한국은 저탄소 녹색성장 기본법 및 시행령에 기후변화 완화의 수단으로 명령 통제(Commend and Control) 방식인 온실가스 에너지 목표관리제(이하 '목표관리제')를 규정
- 목표관리제는 온실가스 배출이 많고 다량의 에너지를 소비하는 대규모 사업장에 대해 온실가스 감축과 에너지절약 목표를 부과해 관리하는 제도
- 정부는 앞으로 산업계 온실가스 배출량의 90%, 국가 전체 온실가스 배출량의 70% 이상을 관리하며 국가 온실가스 감축 목표 달성과 녹색성장 동력 창출을 위해 노력
- 목표관리대상은 저탄소 녹색성장 기본법 시행령에서 명시한 온실가스 배출량 기준과 에너지 사용량 기준을 초과할 경우 관리업체로 지정

- 미관리업체의 사업장이 사업장단위 기준치를 초과할 경우 목표관리대상으로 해당 사업장을 지정
- 2010년 9월 470여개의 관리업체가 선정되었으며, 목표관리업체는 2011년에 온실가스 배출량 정보 등을 수록한 명세서를 관장기관에 보고함
- 2011년에 지정된 관리업체는 490개 업체로 전년에 비해 약 20여개의 업체가 증가하였고(사업장 단위 4,231개), 부문별로는 농업 축산 28개, 산업 발전 384개, 건물 교통 51개, 폐기물 27개 업체가 대상으로 선정
- 목표관리제의 운영기관은 총괄기관과 부문별 관장기관으로 구분되고 총괄감독기관인 환경부는 종합적인 지침과 기준을 설정하고 타 부처 업무에 대한 관리감독을 시행하며 검증 기관의 지정과 관리를 담당하며 관장기관은 부문에 따라서 농림수산식품부(농업, 축산), 지식경제부(산업, 발전), 국토해양부(건물, 교통), 환경부(폐기물)로 구분
- 목표관리제는 한 해 단위로 추진되며, 그 순서는 관리업체 지정(7월), 부문 업종 업체별 목표설정(9월), 이행계획 제출(12월), 명세서 및 이행실적 보고서 제출(3월)로 진행
- 부문별 관장기관(소관부처)은 매년 9월말까지 해당 분야 관리 업체의 다음 연도 온실가스 감축, 에너지 절약, 에너지 이용 효율 목표 등을 설정해 각 관리 업체에 통보
- 관리 업체들의 연간 온실가스 배출 허용량 상한치는 2011년 7월 확정된 부문별 업종별 감축 목표를 기반으로 업체의 가동률 전망, 신증설 계획 등이 반영되어 최종 확정
- 관리업체는 관장기관으로부터 받은 목표를 달성하기 위한 이행계획을 작성하여 매년 12월말까지 제출하여야하며, 이행연도 다음해 3월말까지 이행실적 및 명세서를 제출해야 함
- 관리 업체는 작성한 명세서에 대해 검증기관의 검증을 받은 뒤 해당 부문의 관장기관에 제출해야 함
- <표 2.19>는 2012년 반월스마트허브에 입주해 있는 온실가스 에너지 목표 관리제 업체를 보여줌.

<표 2.19> 반월스마트허브 온실가스 에너지 목표 관리제 업체

관리업체	업종	소재지	적용 기준	관리기관
대덕지디에스(주)	반도체, 디스플레이, 전기전자	경기도 안산시 단원구 원시동	사업장	지식경제부
동양피스톤(주)	자동차	경기도 안산시 단원구 신길동	사업장	지식경제부
동일제지(주)	제지목재	경기도 안산시 단원구 목내동	업체	지식경제부
(주)방림 안산공장	섬유	경기도 안산시 단원구 초지동	사업장	지식경제부
(주)서울옵토디바이스	반도체, 디스플레이, 전기전자	경기도 안산시 단원구 원시동	사업장	지식경제부
신대양제지(주)	제지목재	경기도 안산시 단원구 목내동	업체	지식경제부
안산도시개발(주)	발전, 에너지	경기도 안산시 단원구 초지동	업체	지식경제부
종근당바이오(주)	석유화학	경기도 안산시 단원구 목내동	사업장	지식경제부
(주)코리아써키트	반도체, 디스플레이, 전기전자	경기도 안산시 단원구 성곡동	사업장	지식경제부
태양금속공업(주)	기계	경기도 안산시 단원구 성곡동	사업장	지식경제부
stx에너지(주)	발전, 에너지	경기도 안산시 단원구 초지동	업체	지식경제부
안산공공하수처리장	하수처리업	경기도 안산시 단원구 고잔동	사업장	환경부
비노텍(주)	지정외 폐기물 처리업	경기도 안산시 단원구 원시동	사업장	환경부
성림유화(주)	지정외 폐기물 처리업	경기도 안산시 단원구 성곡동	사업장	환경부
(주)신동방CP	식료품제조업	경기도 안산시 상록구 팔곡이동	사업장	농림수산식품부
(주)진로발효	식료품제조업	경기도 안산시 상록구 초지동	사업장	농림수산식품부

## 마) 경기도 환경보전계획

- 계획의 목적

- 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발이라는 목표달성과 지역사회의 발전을 전제로 경기도 전반에 대한 환경 측면에서의 진단과 문제점을 파악하여 경기도의 바람직한 환경 목표와 비전을 제시
- 경기도 환경보전계획은 궁극적으로 주민의 환경욕구에 부응하는 환경적으로 건전하고 쾌적한 경기도의 미래 환경을 제시하고 개발과 보전이 조화를 이루는 친환경적 도시조성을 목적으로 함

- 계획의 범위

- 시간적 범위 : 계획기간 2008~2017년(10연간), 기준년도 2006년
- 공간적 범위 : 경기도 전역
- 내용적 범위 : 제1·2차 환경보전중기종합계획 기간 동안 파악된 문제점에 대한 개선대책을 제안하여 세계 속의 경기도에 걸맞은 선진 친환경도시를 구현하고 경기도의 환경비전과 발전방향 제시

- 계획의 성격

- 환경정책기본법에 근거하여 해당지역의 다양한 환경요인의 현황과 변화를 전망하여 각 분야에 대한 보전목표를 설정하고, 목표달성을 위한 단계별 시책과 사업계획을 수립하며 전략사업 수행 방안을 제시함

- 계획의 비전과 기본목표

- 비전 : 자연과 함께하는 친환경 경기도

- 목표

- ①환경용량에 기초한 광역적인 환경관리
- ②생태계 보전 및 복원을 통한 지역의 자원의 보전과 재이용을 통한 자원순환
- ③안전하고 쾌적한 생활환경 조성
- ④국제적 환경규범에 대응한 선진 환경기반 구축

- 분야별 비전 및 기본목표

- 환경관리 분야별 비전 및 기본목표는 <표 2.20>과 같음

<표 2.20> 환경관리 분야별 비전 및 기본목표

환경관리 분야	비전	기본목표
대기환경보전	맑고 상쾌한 푸른 하늘	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수도권 대기환경 개선 특별대책 시행</li> <li>• 실내공기질 관리</li> <li>• 악취관리</li> <li>• 기후변화 협약 대응</li> </ul>
폐기물 관리	주민과 함께하는 자원 순환형 사회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물 1인당 100g 감량</li> <li>• 재활용 인프라 구축 및 주민참여 파트너십 구축</li> <li>• 신재생에너지 활용체계 구축</li> </ul>
지구환경문제	선택과 집중	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화대응을 위한 국제 환경협력</li> <li>• 동북아 환경협력/남북 환경협력</li> </ul>
에너지 관리	지속 가능한 에너지 순환 사회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역특성을 고려한 에너지 정책 추진</li> <li>• 에너지 효율향상과 절약 증진</li> <li>• 참여와 교육을 지원하는 에너지 정보체계 구축</li> </ul>
환경관리 기반	참여와 파트너십에 의한 지속가능한 환경정책 기반구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지속가능발전 기반 구축</li> <li>• 사전 예방적 통합환경관리</li> <li>• 환경거버넌스 및 환경교육 활성화</li> </ul>

#### 바) 2020 안산비전(2009)

- 비전 : Three E-City Ansan의 창조
  - 안산시의 여건분석과 설문조사를 통해 도출된 안산시 지역정체성과 지역발전의 핵심 가치를 토대로 설정함.
- 도시비전의 하위목표
  - 서해안 경제자유구역의 첨단지식산업의 메카 : 지역성장 동력인 ‘반월·시화국가산업단지(스마트허브)’와 지리적 특성인‘서해안’을 기반으로 급부상하는 서해안시대의 경제벨트를 선도하고자 함.
  - 시민이 맘껏 호흡할 수 있는 청정공간 : 기업 간 네트워킹을 통해 자원순환형 생태산업단지의 도입하고 산업단지의 청정화와 자원 및 에너지 순환체계를 구축하여 과거의 국가산업단지로 인한 공해도시의 이미지를 전환시키는 계기 마련

- Evergreen 안산
  - 안산시는 수도권의 대표적인 산업단지인 반월·시화국가산업단지(스마트허브)가 위치하고 있어 대기오염 및 온실가스 배출 도시라는 부정적 이미지를 가지고 있음
  - 그러나 녹지를 73%, 환경인증제를 통한 에너지 저감사업 등이 가속화되고 있는 시점에서 “Evergreen 안산”이라는 비전설정을 통하여 기후변화 시범도시로서의 이미지 부각이 기대됨
  - 세부 비전은 상쾌한 환경도시, 늘 푸른 녹색도시로 설정하고 전략사업을 추진
- 환경인증 기후보호도시
  - 지속적인 환경개선 도모를 위하여 가정, 학교 및 기업체, 공공기관에서 환경보전과 에너지절약을 위한 “안산 에버그린 인증제”의 도입·시행 및 청정개발체제(CDM)사업도입 등을 통한 모범기후도시를 지향함.
- 자원·에너지 순환도시
  - 안산시는 반월·시화국가산업단지(스마트허브) 지역이라는 지역적 특수성으로 인하여 온실가스 배출량이 경기도 전체배출량의 9.46%인 7,142,142톤 CO<sub>2</sub>를 배출하여 경기도에서 가장 많은 온실가스를 배출하고 있는 것으로 나타나\*“에너지 다소비 도시”라는 이미지가 고정됨
  - 이미지 쇄신을 위한 “Evergreen 안산”이라는 비전을 실현하기 위해서는 신·재생에너지 활용체계 구축 등 다양한 온실가스저감 정책을 추진
- 녹색 바람과 맑은 물의 도시
  - 안산시의 공단, 대기오염, 악취발생이라는 기존 이미지로부터 “기후보호도시”로의 이미지 전환을 위한 “시화지구 대기개선 특별대책 시행”, “악취저감 Air Green Belt”조성, “U-clean 통합시스템 구축”등 다양한 사업을 통한 쾌적한 대기 환경을 조성
- 전략의 체계
  - 부문별 전략사업 및 세부사업은 <표 2.21>과 같음

<표 2.21> 푸르고 깨끗한 청정도시 안산을 만들기 위한 세부 전략사업

부문	전략사업	세부사업
자원·에너지 순환도시	1) 신재생 에너지 메카 조성	① 신·재생에너지 도시 조성 ② 에너지 실리콘 벨리 클러스터 조성 ③ 폐기물 에너지화 대책 수립 및 시설 도입 ④ 친환경 에너지 저감시설의 도입 확대
환경인증 기후보호도시	2) 생태산업도시로 전환	① 반월시화 생태산업단지 추진 ② 생태산업단지(EIP) 구축사업 협력방안
녹색 바람과 맑은 물의 도시	3) 기후변화 협약 대응	① 환경인증제 실시 및 모니터링 ② 온실가스 저감 계획 수립 및 시행 ③ 도시기후의 효율적 관리 및 바람통로 확보
	5) 괘적한 대기환경 조성	① 시화지구 대기개선 특별 대책시행 ② 악취저감 Air Green- Belt 조성 ③ U-Clean 통합시스템 구축 및 운영

#### 사) 2020 안산도시기본계획(2008)

- 4대 목표

- 개발과 환경이 조화를 이루는 친환경적 도시발전을 위한 환경보전계획 수립
- 생활의 질을 향상시킬 수 있는 환경정책개발 추진
- 지표에 따른 환경기초시설 확충 및 효율적 관리·운영 도모
- 환경 관련 교육·홍보 강화를 통한 환경의식 제고 및 시민참여 활성화

- 대기환경

- 대기질 개선 기반 조성 및 수도권 대기환경관리 기준 달성
- 대기오염 정보체계를 구축하여 예경보 체계 보완
- 총량관리제 기반 확충 및 사업장 배출시설 관리 강화
- 산업단지 주변의 도로를 중심으로 노상 비산먼지 관리
- 저공해차량 보급 확대 및 운행자동차 정밀검사제 강화를 통한 이동배출원 관리

- 폐기물

- 폐기물 관련 기존데이터 수집·관리 및 친환경적 빌딩, 기계시설의 현대화, 재활용 증대 방안 수립
- 폐기물최소화, 폐기물재활용, 폐기물안정화체계 마련으로 에너지 절약적이고 효율적인 자연순환형 도시시스템 구축
- 음식폐기물 재활용 시설 확충 및 소량발생 유해폐기물 처리체계 구축, 관리

- 에너지

- 에너지 소비의 가장 큰 부문인 산업단지와 관련 에너지절약형 산업 육성
- 에너지 절약 및 효율적 이용을 위한 시민의식 개선 적극 전개
- 온실가스 저감을 위한 신재생에너지 사용대책 강구

#### 아) 안산시 온실가스 및 에너지 감축 목표관리 추진

- 여건 및 과제

- 우리나라 G-20 가입 국가이며, OECD 회원국 중 최대의 온실가스 배출증가 국가임에 따라 지구온난화에 대한 국제사회의 요구가 증대되고 있어 기후변화에 대한 대응 노력이 시급
- 온실가스 · 에너지 목표관리제 시행(저탄소녹색성장기본법 제42조)에 따라 배출량 목표 수립 및 지속적인 관리 필요

- 추진방향

- 온실가스 인벤토리 구축 및 중장기 · 매년 감축목표 설정 / 관리
- 부문별 온실가스 감축잠재량 분석 통한 경제적 비용 고려, 효율적 감축방안 마련
- 향후 기후보호 도시 관리시스템 연계를 통한 통합 모니터링 추진

- 추진계획

- 사업명 : 온실가스 · 에너지 목표관리제 대응기반 구축 및 관리
- 사업비 : 630백만 원
- 사업기간 : 2009. 4. ~ 계속
- 사업대상 : 시 관할 하수처리시설 등 7개 시설 및 민간 사업체

- 사업내용

- 온실가스 · 에너지 목표관리 사업장 진단 및 명세서 작성 추진

- 사업기간 : 2011 ~ 지속

- 사업비 : 총 580백만 원 (시설 관리부서 개별추진)

- 기간 : 매년 3월말까지 전년도 명세서를 작성 제출

- 대상시설 : 하수처리장, 하수슬러지 소각시설, 안산 · 연성정수장, 자원회수시설, 재활용 선별장, 음식물처리시설

- 보고내용 : 온실가스 배출 및 에너지 사용량, 감축목표 달성현황 (시설 관리부서 명세서 취합, 일괄보고)

- 온실가스 · 에너지 목표관리제 대응방안 사례 교육 / 홍보

- 사업비 : 총 50백만 원 (2011. ~ 2014년)

- 대상업체 : STX열별합발전소 등 17개 공공 · 민간사업장

- 교육내용 : 온실가스 배출 및 에너지 감축 선진사례 및 방안 교육

## 2.3 국외 정책 및 제도

### 2.3.1 국가별 에너지정책 동향

#### 가) 미국

- 미국은 고유가 지속 및 화석연료 사용에 따른 기후변화 문제를 궁극적으로 해결하기 위해, 우선적으로 석유의존도를 줄이고 동시에 신재생에너지에 중점을 둔 공급다변화 정책을 추진
- 지난 2003년 북미지역 대정전사태, 2004년부터 지속된 고유가, 2005년 허리케인 카트리나, 리타 등으로 인한 일련의 사건 등을 통해 새로운 에너지안보의 개념 정립의 필요성을 인식
- 부시 행정부는 2007년 1월 국정연설을 통해 제시한 “Twenty in ten”-10년 이내 휘발유 소비량 10% 감소를 통해 석유의존도 탈피-의 구체적인 추진을 위해 같은 해 12월 “에너지 독립 및 안보법(2007)”을 승인
- 이 법은 신재생에너지를 통해 2022년까지 적어도 360억 갤런의 바이오연료를 공급한다는 신재생 연료표준법(RPS, Renewable Fuel Standard)과 갤런당 평균 35마일이내의 차량운행을 목표로 하는 평균연비표준제도(CAFE, Corporate Average Fuel Economy)의 개선을 포함
- 또한 에너지부(DOE)에서는 태양광발전 프로젝트에 4년 동안 3천5백만 달러를 집중적으로 지원하기로 발표(2008년 9월)
- 오바마 행정부 출범이후 “New America Energy” 정책을 채택하여 Cap-and-Trade 방식 중심의 기후변화협약 협상에 재참여 논의를 할 것으로 예상
  - 2030년까지 에너지효율 50% 향상, 2025년까지 전력의 25%를 신재생에너지로 공급하고, 2030년까지 모든 신규건물의 탄소배출 “0” 추진할 전망
  - 2009년 12월 타결 목표로 추진 중인 UNFCCC의 Post-2012 체계 협상과정에 적극 참여하고 있으며, 측면 지원을 위해 “Global Energy Forum” 창설 추진 중

## 나) 캐나다

- 캐나다는 천연자원이 풍부하여 에너지문제에 있어서는 다른 국가들에 비해 상당히 자 유로운 입장에 있으나, 최근 기후변화와 같은 환경문제들이 대두됨에 따라 에너지정책에 많은 변화를 보이고 있음
- 캐나다의 에너지정책은 강제성을 띤 정책과 흥보, 인센티브를 통한 비 강제성 정책으로 구분. 강제성을 띤 정책의 대표적인 예는 현재 50여 개국에서 사용 중인 가전제품 표준과 같은 규제방식이며, 비 강제적 정책은 시장지향적 규제방식으로 배출량 상한 제와 의무 및 인증서 거래 제도를 들 수 있음
- 지금까지 수행된 대부분의 에너지정책은 자발적 행동이나 보조금 지급에 의존해 왔으나, 실질적 효과측면에서 비효율적이라는 평가를 받고 있으며, 향후 실질적인 성과를 가져올 수 있는 강제적인 정책, 예를 들어, 온실가스에 대한 세금 부과, 시장지향적 배출규제 등을 고려하고 있음
- 기술분야 측면에서 에너지정책은 크게 효율분야와 재생에너지분야로 나눌 수 있는데, 효율분야의 경우 상대적으로 에너지 효율향상 정책이 효과적으로 작동하고 있다고 평가되고 있으며, 재생에너지분야의 경우 풍부한 수력자원으로 인해 다른 국가들에 비해 에너지정책수단이 다양하지 못한 것으로 분석됨
- 하지만, 장기적인 측면에서의 재생에너지기술개발 보급 및 확산을 위해 연방정부차원에서 환경부, 교통부, 천연자원부, 국립연구소 등이 협력하여 재생에너지 연구개발 및 정책을 구상하고 추진하고 있음
- 최근, 재생에너지를 포함한 다양한 환경분야에 대한 기술 개발 및 산업화 움직임이 있으며 주로 지방정부를 중심으로 시작되고 있음
  - 앨버타주는 캐나다 청정연료연합(CCPC: Canadian Clean Power Coalition)과 EPCOR Utilities Incorporated와 청정석탄기술분야 프로젝트(33백만달러, 2007) 수행(동 과제는 캐나다 정부의 ecoENERGY 기술이니셔티브 지원을 받는 최초 프로젝트임)

## 다) 영국

- 영국은 제3차 당사국총회(1997년) 합의된 교토의정서 제4조에 따라 국가 간 연합을 통한 공동 감축목표 달성을 허용함에 따라 EU 15개 국가들은 개별 국가의 사정에 따라 책임을 분담하여 교토의정서에서 EU 국가들에 설정된 8% 감축 목표를 공동 달성하기 위하여 노력
- 특히 영국은 1990년 대비 12.5% 감축이라는 목표를 설정하고 이를 달성하기 위하여, 2003년 에너지백서, 2006년 1월 에너지리뷰, 2006년 6월 기후변화 및 지속가능에너지법으로 이어지는 에너지 정책을 수립
- 에너지백서는 2020년까지의 실질적 진전을 포함한 2050년까지 약 60%의 이산화탄소 배출 절감, 에너지 공급업체의 신뢰성 유지, 영국의 경쟁적 에너지시장 촉진 및 지속 가능 경제성장 지원과 생산성 향상의 4가지 목표를 설정
- 에너지리뷰는 온실가스 감축목표 달성을 위하여 저효율 가전기기시장 퇴출유도, 에너지 공급사의 배출가스 감축유도를 위한 후속계획, 신재생에 대한 투자 활성화를 위한 신재생 관련 규제변경, 해양풍력, 조력발전 등의 신규기술에 대한 특혜 제공, 자가발전 전략의 적극적인 시행, CCS 기술에 대한 규제장벽 철폐 및 노르웨이 등과 같은 파트너와의 협력강화, 그리고 실증프로젝트 지속 등과 같은 방안 제시
- 2005년 저탄소 및 재생에너지 공급 비율 증가를 위해 5천만 파운드를 들여 프로젝트를 수행했지만, 정부의 까다로운 지원혜택 및 충분한 인센티브 부재로 인해 실패하였으며 이를 계기로 실천적인 인센티브 및 지원혜택에 대한 정책수단이 제안될 것으로 판단됨
  - 2008년 유럽연합은 2020년까지 재생에너지 사용비율을 15%까지 증가시켜야 한다고 발표했지만, 영국은 재생에너지 사용비중이 유럽연합에서 제일 낮은 것으로 분석됨

## 라) 프랑스

- 프랑스는 미래 경제와 관련 없이 국내 에너지수요 관리, 에너지공급원의 다양화, 새로운 에너지기술의 개발, 수송 및 에너지저장 네트워크 보장을 위한 향후 30년 동안의 에너지정책 방향을 확립하고자 노력
- 이러한 에너지정책 방향을 구체화하기 위하여 2년여 동안의 공개토론을 거쳐, 2005년 7월 향후 수십 년 동안 프랑스의 에너지정책을 위한 4개의 목표를 포함한 에너지정책 기본법(the Energy Policy Framework) 공표
  - 국내 에너지 독립과 에너지공급 안정도 확보에 기여
  - 에너지시장의 경쟁 보장
  - 공공의 건강과 환경을 보존, 특히 온실가스 효과에 대응
  - 에너지에 대한 공통적인 접근을 보장함으로써 사회적 및 지역별 단결을 보장
- 목표 달성을 위한 새로운 수단
  - EU차원에서의 정책을 실행하기 위한 자국 내 프로그램 구축
  - White Certificate Program을 통해 에너지관련 기업의 에너지효율 향상을 촉진
  - 에너지관리를 위한 지역 및 도시의 프로그램을 지원
  - 에너지효율 향상에 관한 학생, 소비자 등을 대상으로 한 정보제공 캠페인
  - 재생에너지에 대한 새로운 보증
  - 소수력에 대한 설치 및 생산전력에 대한 feed-in tariff 적용
  - 지열에너지에 대한 다년도 투자프로그램
  - 전기 및 가스 공급에 대한 보증
- 재생에너지 비중 제고를 위한 주요 내용
  - 재생에너지 열 기금 조성(10억 유로, 2009~2011)
  - 2011년까지 지역별로 하나의 태양광 발전소 건설
  - 재생에너지 발전 개인 투자자에 대한 전폭적 지원
  - 지열에너지 생산 확대(2020년까지 6배 증가)
  - 풍력발전소 규제 개선을 통해 2020년까지 시설용량 10배 확대(25GW)

## 마) 네덜란드

- 유럽의 천연가스 중 15~20%를 생산하고 있는 네덜란드는 2020년경부터 생산량을 감축할 계획이며, 공급구조의 다변화를 위해 지속가능생산을 위한 재생에너지육성에 집중하고 있음
  - 정부는 다양한 정책수단을 통해 에너지 절약을 가속화하고, 이를 통해 연간 2%의 에너지사용량 감축, 2020까지 온실가스 배출량 30% 감축('90년 대비), 2020년경에는 전체에너지 중 재생에너지 비율을 20%를 목표
- 또한 바이오산업, 자동차, 수자원산업을 미래성장동력산업으로 지정하고, 중장기적인 경제성장 및 국가경쟁력 지속 확보를 위해 환경과 연계되는 미래 산업에 집중육성하고 있으며, 정부, 유관기관, 학계, 기업의 유기적 역할분배 및 협조를 통해 이를 조기 달성하고자 노력
- 특히, 재생에너지를 이용한 발전부문에 보조금, 인센티브, 세금혜택 등 많은 정책수단을 사용하고 있으며, 바이오매스 분야에도 다양한 정책수단이 존재
- 정부의 전방위적인 에너지정책수단 도입을 통해 지속가능한 에너지생산을 위한 공급 구조의 변화를 꾀하고 있으며, 기업의 적극적인 협조 및 국민들의 에너지인식전환을 통해 에너지 관련 세계 일등 국가를 목표로 노력

## 바) 독일

- 세계 환경정책을 주도하는 유럽에서 독일은 환경산업에 관해 선도적인 위치에 있는 국가로서, 효율적인 에너지사용측면에서 일본과 더불어 국제적인 수준이며, 1990년 이후 에너지 소비량은 감소하는 추세
  - 1999년 도입된 환경세 개혁과 2000년 기후변화보호를 위한 에너지 절약지침 이후 환경산업에 대해 관심 급증
  - 총 소비에너지 중 재생에너지 비중이 2007년 9%이나, EU의 재생에너지사용 비중 확대 가이드라인에 따라 2020년에는 18%까지 끌어올릴 예정

- 독일 전력사용현황(2007년): 전년대비 원자력은 약 16.1% 감소하였고, 대표적인 화석 연료인 석유와 천연가스는 5% 이상 감소함. 이와 반면 수력 및 풍력 비중이 32.4%나 증가
- 독일연방 경제기술부에 따르면, 독일에너지 정책은 경제성과 공급의 안정성, 그리고 친환경성에 초점을 맞추고 있음
- 경제성: 경제적이고 효율적인 에너지공급과 사용을 위해 범 유럽적인 전기 및 가스공급의 자율화 및 시장 전력공급의 가격 경쟁력 부과
- 공급의 안정성: 복합적인 에너지공급원으로 향후 폐쇄될 원자력 공급 대비, 에너지 절약과 합리적 에너지 사용추구
- 친환경성: 최대한 자원을 보존하는 차원에서의 에너지 사용, 효과적인 에너지활용 및 재생에너지 보급 확대
- 독일 정부는 2004년 개정된 재생에너지법(Renewable Energy Law; EEG)을 통해 재생에너지의 전력공급비중을 2010년까지 최소 12.5%로 끌어올리고, 2020년까지 20% 이상으로 확대
- 재생에너지자원중, 태양광, 풍력, 바이오매스에 우선순위를 두고 보조금, 발전 차액등 다양한 정책수단을 통해 집중육성하고 있음
- 또한 에너지절약법(EnEV)를 중심으로 30연간 지속적으로 에너지 소비와 관련된 규제를 이용하여, 세계 최고수준의 에너지 고효율 산업을 육성

#### 사) 일본

- 1990년대 장기 불황을 겪은 일본은 중장기적인 성장동력 발굴을 추진하고 있으며, 전 세계적인 이슈로 제기되고 있는 ‘저탄소 사회’ 구축 과제를 그 발판으로 삼으려는 전략을 추진 중에 있음
- ‘저탄소 구축’을 위해서는 혁신적인 신기술 개발과 보급이 요구되며 일본은 자국이 보

유한 세계 최고 수준의 에너지 기술을 활용하여 자국의 경쟁력 향상을 도모

- 2007년 5월 일본 아베 신조 전 총리는 교토의정서를 넘어 전 세계가 참여하는 온실 가스 배출 저감을 위한 새로운 체제로써 2050년의 장기목표로 혁신적인 에너지 기술 개발과 보급을 통해 전 세계 온실가스 배출량을 절반으로 줄이는 ‘Cool Earth 50 Initiative’를 제안
  - 후쿠다 전 총리는 2008년 1월 다보스 포럼에서 아베 전 총리의 제안을 실현하기 위한 구체적 방안을 발표하였고, 6월 발표한 ‘후쿠다 비전’을 통해 2050년까지 이산화탄소 배출량을 현재 대비 60~80% 감축하겠다는 목표를 국제사회에 제시
- 목표 실현을 위해 일본 정부는 기술 혁신을 위한 기술개발 로드맵 작성 및 주요 행동 계획을 제시하고 있음
  - 2008년 5월에는 ‘Cool Earth 에너지 혁신기술계획’을 통해 저탄소사회 구축을 위한 21개의 핵심기술을 선정하고 이들 기술의 개발을 위한 로드맵 제시
  - 고효율 천연가스 및 석탄화력발전 기술, 태양광발전, 원자력발전, 지능형 교통시스템, 연료전지 자동차, 전기자동차, 바이오연료 생산기술, 철강·제철산업 공정혁신, 에너지효율성 개선 기술, 가정·건물·지역단위의 에너지관리 시스템 개발 등 21대 혁신기술을 선정
  - 이를 통해 석탄화력발전소의 온실가스 배출량 제로화, 원자력발전소의 원자로성능 개선, 고효율·저비용 태양광 발전기술 개발 등 저탄소 사회비전을 실현한다는 구상
- 일본 정부는 일본의 기후변화전략에 대한 개발도상국의 지지를 확보하고자 이들에 대한 자금 지원을 확대할 계획

#### 아) 중국

- 중국은 석탄을 중심으로 풍부한 부존자원이 있지만, 1인당 평균 에너지자원이 아주 낮고, 자원 수송의 문제점 등으로 인해 개발에 따른 활용에 많은 어려움 존재

- 석탄은 북부 및 북서부 지방을 중심으로, 수력은 남서부, 그리고 원유 및 천연가스는 동부, 내륙 중심, 서부연안을 중심으로 매장되어 있음
- 하지만, 에너지 수요는 남동부 지역에 밀집되어 있어, 장거리 수송에 따른 비용 및 수송손실이 불가피
- 또한, 급속한 경제발전에 따라 에너지수요도 지속적으로 증가하고 있으며, 이를 만족시키기 위한 에너지 분야의 투자도 계속될 것으로 전망
- 에너지 공급원 다변화와 전략적 석유비축기지 건설 추진 등을 주요 골자로 하는 ‘중국 21세기 석유전략’을 2002년에 수립, 향후 20연간 천억 달러 투입계획
- 과거 자국 내 에너지자원의 효율적 활용 및 적절한 에너지믹스를 통한 수요 만족이라는 정책은 자국 내 에너지시스템의 안정화 및 장기적 에너지안보를 위한 공격적인 자원확보 정책으로 전향되고 있음

### 2.3.2 산업부문 주요 에너지정책수단

#### 가) 미주지역

- 미국은 기후변화기술프로그램(Climate Change Climate Program) 등을 통해 에너지 효율성 제고 및 재생에너지기술에 대규모 재정지원을 하고 있으며, 이산화탄소 회수 리더십 포럼(CSLF)과 같은 장기적인 국제 연구개발 협력 프로그램을 주도
- 캐나다는 대규모 최종 배출원(Large Final Emitter)에 대한 온실가스 감축 수준(45Mt CO2)을 자체 부과하여, 이의 달성을 위한 기후기금모금, 기술개발, 규정 등의 다양한 정책수단을 활용

#### 나) 아시아지역

- 중국은 청정 석탄 사용 비중 제고, 에너지 다소비 부문 고효율화, 기업의 에너지 절약 활동 촉진 등을 통한 산업구조 조정이 산업부문 전반에 걸쳐 시행
- 일본은 산업분야의 에너지절약을 위해, 각 품목별로 기준년도의 최고효율수준을 최저 효율기준으로 설정하고 이를 목표기간 내 달성토록 하는 방식인 Top Runner Program을 추진하고 이를 확대하고 있으며, 장기적(2030까지)으로는 산업부문의 ‘제조 프로세스 효율 향상’, 민생 및 운수부문의 ‘에너지절약’ 등에 의해 에너지효율을 적어도 30% 개선하는 것을 목표로 설정

#### 다) 유럽지역

- 영국은 단기적으로는 고효율 전동기 효율 기준(SEEEM, Standards for Energy Efficiency of Electric Motor Systems)을 제정하고, 온실가스 감축량에 대하여 배출권을 획득 · 거래할 수 있는 기후변화협정(CCA, Climate Change Agreement)에 참여 할 수 있는 자격기준을 확대하여 자발적인 효율 향상 노력 유도하고 있으며, 중기적으로는 2004년부터 2010년까지 어떤 효율 수단들을 통해 1200만 톤의 배출을 저감할 것인지에 대한 계획인 ‘에너지 효율 향상을 위한 액션플랜’을 수립하여 민간 영역의 효율향상 노력 촉진을 위한 세재 지원을 시행

- 프랑스는 에너지공급자(전기, 가스, 난방유, LPG, 열, 냉장)의 에너지절약을 위한 정부의 목표를 준수토록 유도하기 위한 그린인증프로그램을 운영 중
- 독일은 온실가스 국가할당계획(National Allocation Plan)이 정해져있지만, 현재 전반적인 산업부문 효율이 높기 때문에 강제적인 정책수단을 사용하기보다, 홍보, 국제협력, 기술개발 등을 통해 효율 향상 및 신재생에너지 이용 보급 확대 유도
- 다음 <표 2.22>는 국가별 산업부문 대표 정책 수단을 정리하여 보여줌

<표 2.22> 산업부문 국가별 대표 정책 수단

국가	단기	중기	장기
미국	·에너지스타 - 백열전구 대체 캠페인	자동차 연비 제고 - 연방정부 지원 CAFE 프로그램 ·중소기업 신규에너지 기술개발 육성 ·기후변화기술프로그램	·이산화탄소 회수 리더십포럼 (CSLF) 주도 ·기후비전 달성
캐나다	·캐나다 지속가능발전 기술개발 ·산업부문 온실가스 의무 보고	·CHP와 바이오매스를 이용한 제지산업의 세제지원 ·대규모 최종 배출원(LEF)의 온실가스 감축을 위한 규정강화 ·온실가스 오프셋 시스템	·이산화탄소 회수 리더십포럼 (CSLF) 참여
영국	·전동기 효율기준 제정 ·에너지집약적인 산업에 대한 기후변화 기금 문제 ·이산화탄소 배분 계획	·에너지 효율을 위한 액션 플랜	·CSLF 참여 ·탄소 감축 기술 전략
프랑스	·에너지효율향상 의무화 제도 ·그린인증프로그램	공공 - 민간연구 파트너십 ETS 사업 참여	·CSLF 참여
네덜란드	·NA	·NA	·NA
독일	·푸른천사 환경인증제도	·Solarthermie 2000Plus 제5차 에너지연구프로그램	·NA
일본	·에너지절약법 개정(열병합 관련 규정 개정 등) ·Top Runner Program 추진 ·ESCO 사업 장려 ·에너지절약수단 강제 통보	·자발적 배출권거래시스템 (JVETS) ·건물에너지관리시스템 ·기후변화기술프로그램 ·Top Runner Program 확대	·제조 프로세스 효율 향상 30% 개선 ·Top Runner Program 확대 ·건물에너지관리 시스템 (BEMS) 구축 장려 ·기후비전 달성
중국	·납과 아연 산업 구조 조정 지침 ·알루미늄 산업 구조 조정 지침 ·상위 천개 기업 에너지 절약 활동보고서 작성	·시멘트 산업 11차 5개년 계획 ·에틸렌 산업 11차 5개년 계획 ·중국 국무 위원회 산업구조 조정 추진 지침 ·주거용 및 공공건물 에너지 절약 지침	·NA

### 2.3.3 기반정책부문

#### 가) 미주지역

- 미국은 내부적으로는 Energy Policy Act 2005, 기후변화기술프로그램(CCTP), Climate Technology Initiative와 같은 정부차원의 범국가적 정책들을 수행하고 있으며, 외부적으로는 기술 및 자원 보유국과의 다양한 국제협력프로그램과 같은 수단을 적극적으로 활용
- 캐나다는 국가기후변화계획을 중심으로 주정부별 다양한 기반정책들이 수행되고 있으며, 이를 위한 기금조성 정책수단이 적극적으로 활용

#### 나) 아시아지역

- 중국은 2010년 완료예정인 11차 5개년 계획과 중장기에너지기술개발 프로그램, 그리고 중장기 에너지절약계획 등을 통하여 에너지효율 향상을 위한 전반적인 국가 정책 기조 확립
  - 11차 5개년 계획('06~'10) : 신재생, 석탄, 천연가스, 원자력, 에너지절약을 중심
  - 중장기에너지기술개발프로그램('04~'20) : 에너지효율 및 에너지 믹스 최적화를 중심으로 기획되었으며, 기술진보 및 혁신을 통한 환경보호 강화 및 에너지투자 확대를 목표
  - 중장기 에너지절약계획('04~'20) : 2020년까지 GDP 10,000위안당 에너지 소비수준을 2.68tce('02년)에서 1.54tce('20년)로 절감
- 일본은 '신 국가 에너지전략'과 '에너지 기본계획'에 있어서 국가 에너지정책 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위해 요구되는 기술개발 로드맵 형태로 제시한 '에너지기술 전략'을 발표
  - 2030년까지 실용화가 전망되는 에너지기술에 대하여 5개의 정책목표를 설정하고, 235 개의 기술을 선정하여 정리한 기술맵, 로드맵, 도입시나리오 등을 제시

- 경제산업성은 미래 지속가능한 에너지수급구조를 실현하기 위해 '초장기에너지기술비전(2100년 에너지기술로드맵)'을 발표

#### 다) 유럽지역

- 영국은 교토 프로토콜에 따라 발생하는 이산화탄소 배출권에 대한 이행 계획을 인증하고, 공동이행매커니즘을 통하여 생산되는 배출권에 대한 기업의 이용에 제약을 가지 않고 있으며, 2006년 6월 21일 '기후변화 및 지속가능 에너지법'을 승인하여 환경식품농림부의 온실가스 배출 보고서 의회 제출 및 온실가스 감축 활동 의무화하고, 자가발전 증진, 주거용 에너지 효율 보고, 지역에너지 프로젝트 활성화, 신재생에너지 원에 대한 배출권 할당 방안에 대한 전반적인 규정을 수립
- 프랑스는 에너지기본법을 제정하고 수소 및 연료전지, CCS 태양광, 환경을 고려한 에너지효율, 바이오연료를 포함한 바이오에너지의 5개 기술의 개발에 초점을 맞춘 새로운 에너지기술(NTE) R&D프로그램을 수립하고 2005년 80백만 유로의 공공자금을 투자
- <표 2.23>은 기반정책부문의 대표 정책수단을 보여줌

<표 2.23> 기반정책부문 국가별 대표 정책수단

국가	단기	중기	장기
미국	·Save Energy Now	·EPAct 2005 ·아시아-태평양파트너쉽 (APP) ·기후변화 상호협력 - 러시아, 중국, 남아프리카, 독일	·ITER(국제핵융합실험로) 협력사업
캐나다	·에너지감소 패키지	국가기후변화계획 ·메탄에 관한 시장 파트너십 ·파트너십 기금 조성	·캐나다 기후기금 ·지속가능 에너지과학 및 기술전략
영국	·영국의 배출권 거래 허용 ·제로 탄소 도시	·기후변화 및 지속가능 에너지법 ·메탄시장 파트너십	·에너지 리뷰 ·에너지 백서
프랑스	·에너지절약사업에 대한 특별융자 ·국가 이산화탄소 배출 할당 계획	·농업부문 배출을 감축하기 위한 협정	·에너지 기본법 ·새로운 에너지기술 R&D 프로그램
네덜란드	·성능인증서 및 라벨링 (EPBD) ·에너지투자세 감면	·National All Cation Plan ·프로젝트기반 배출권 거래 허용 ·국내 NOx 배출권 거래제 ·에너지연구전략	에너지세 추가부과 ·콤파스(Kompas) ·에너지전환계획
독일	·Kfw-태양광발전프로그램	·에너지산업법 ·재생 및 고효율 에너지 파트너십 ·프로젝트 기반 메커니즘 가이드라인 ·국가 할당계획 ·배출권거래법	NA
일본	·신 에너지 기술 전략 2007 ·연료관련분야 기술개발 ·전력/가스종합기술개발 전략	·신 국가 에너지전략 ·에너지 기본계획	·신 국가 에너지전략 ·에너지 기본계획
중국	·천연가스 이용 정책 ·에너지 절약계획을 위한 정부조직	·국가 기후변화 대응 프로그램 ·11차 5개년 계획 ·에너지법 수령 ·중국 국가에너지 전략	·재생에너지개발 중장기 계획 ·중장기 에너지개발 프로그램 ·중장기 에너지절약 계획

## 2.4 국내외 폐열회수 및 온실가스 저감 추진사례

### 2.4.1 국외 사례

#### 가) 스웨덴 – 예테보리(Göteborg)

- ‘예테보리2050’(Goteborg 2050)의 명칭을 통해 크게 폐열회수와 환경구매의 측면에서 수행되고 있음.
- 폐열회수
  - 폐열회수의 경우 시민들에게서 발생하는 열과 전기기구 및 조명기구 등에서 발생하는 열을 버리지 않고 특정한 장치를 통해 모은 후 이를 난방열로 바꾸는 형태로 진행
  - 즉 완벽한 열 밀폐장치와 절연장치로 이 열을 모으게 되는데 연간 수집되어 열 교환기로 공급되는 열의 양은 시민들이 발산하는 1,200kWh와 기타 가전제품에서 발생하는 2,900kWh의 열 등 총 4,100kWh로 추정
  - 주민들은 가능한 많은 열을 안으로, 가능한 많은 냉기를 밖으로 내보낼 수 있도록 생활 방식에서의 수정이 필요하였음
  - 실내의 공기가 일정한 습도를 넘으면 전기로 작동되는 환기장치가 켜져 신선한 공기가 안으로 흘러들어오며 실내 공기는 바깥으로 빠져나가 불필요한 에너지 소비를 최대한 방지할 수 있도록 함

#### 나) 덴마크 – 코펜하겐(Copenhagen)

- 지역난방시스템
  - 市の 지역난방시스템은 세계에서 가장 규모가 크고 오래되었으며 가장 성공적인 시스템으로 평가받고 있음.

- 실제로 코펜하겐 시의 97%에 해당하는 가구에 깨끗하고 안정된 난방서비스를 저렴하게 공급하고 있음.
- 이 시스템은 1984년 코펜하겐, 페드릭베르크, 엔토프트, 글라드삭스, 탄비 등 총 5개 시의 시장들이 모여 만들었으며, 보통은 바다로 방출되는 폐열을 각 가정에 공급하여 난방을 하는 시스템임.
- 코펜하겐 난방공급(Metropolitan Copenhagen Heating Transmission, CTR)과 파트너십을 형성하여 市의 난방공급은 코펜하겐 서부에 위치한 자회사인 VEKS와 손잡고 많은 지자체에 열을 공급
- 4개의 열병합 발전소, 4개의 폐기물 소각장, 50개 이상의 최대 부하 보일러를 20개 이상의 열 공급기업과 연계해 하나의 커다란 운영 시스템을 구축하고 총 3만TJ에 달하는 열 생산량을 자랑하고 있음
- 연간 지역난방 수요의 30%정도가 폐기물 소각의 폐열에서 공급되고, 나머지는 지열에너지와 목재칩, 짚, 짚 부스러기, 천연가스, 석유, 석탄 연료에서 조달
- 市 CO<sub>2</sub> 배출량의 80%가 열과 전기의 소비로 인한 것인데 1995년 시의 CO<sub>2</sub> 배출량은 346만 톤 이었고 지역난방 공급결과 2000년 252만 톤으로 저감됨
- 시스템 가동을 통한 성과는 2005년에 이미 연간 203,000톤의 석유 대체효과(24)와 66만 톤가량 CO<sub>2</sub> 저감효과 및 각 가정의 난방요금을 연간 약 1,400유로 가량 절약하는 경제적 효과를 얻음

#### 다) 5.1.3 핀란드 - 헬싱키(Helsinki)

- 지역냉난방 시스템
- 市는 환경적, 경제적으로 지역 냉난방이 가능한 시스템을 가지고 있음
- 지역냉난방은 시의 CO<sub>2</sub> 배출량을 연간 40%, 평균 270만 톤 감축시킴

- 市의 에너지 시스템에서 1차 에너지는 9,700GWh 정도 절약
- 세계적으로 선도적인 열펌프 공장은 하수를 재활용해 시내에 열을 공급하고 있음
- 이러한 노력은 온실가스 배출을 2030년까지 현재 수준의 1/3로 줄이는 목표를 달성하는 데 기여할 것임
- 지역냉방의 경우 사무실과 주택의 냉방에 쓰이는 에너지를 외부에서 생산하고 공급하며, 별도의 공급망을 통해 차가운 물의 형태로 소비자에게 공급
- 냉방에너지를 겨울에는 차가운 해수로부터 열 교환기를 통해 얻고 여름에는 발전과정에서 응축된 열을 흡수 냉각기에서 전환해 얻음
- 또한 열펌프를 이용해 하수처리 과정에서 발생한 폐열을 활용함
- 이 시설은 2006년에 작동을 개시하였고, 지역난방(90MW)과 지역냉방(60MW), 하수 및 해수로부터의 열 획득이 결합한 세계 최대 규모임
- 시의 연간 CO2 감축량은 420만 톤으로 이 중 지역난방과 지역냉방 시스템으로 저감된 양은 연간 270만 톤임
- 절약된 에너지 사용량은 약 9,319GWh로 추정되고, 이는 석유 연료의 826,000톤에 해당하는 양임
- 2006년 평균 연료 가격이 톤당 419유로임을 감안하면 시에서 연간 절약한 금액은 3억 4,600만 유로임

#### 라) 캐나다 – 퀘벡(Quebec)

- 광범위한 파트너십 운영
- 2007년 2월 기후 그룹의 회원이 되면서 온실가스 배출량 절감을 위하여 광범위한 파트너십을 강력하게 진행 중

- 1990년과 2003년 사이 총 생산물은 35% 증가하는 동안 州의 산업부문에서의 온실가스 배출량은 7% 감소
- 이러한 긍정적 결과는 주 정부가 각 분야의 산업부문과 협정을 통해 이루어진 것으로 2008년에서 2012년 사이에 90만 톤의 CO<sub>2</sub> 배출 감소목표를 세우고 있으며 이는 지구촌의 온실가스 달성이기도 함.
- 주 정부는 2001년 많은 수의 국내 및 국제적인(영국, 프랑스) 파트너십을 맺고 공동의 목표인 온실가스 배출 감축에 대한 위원회를 구성
- 2008년에서 2012년까지 1990년 수준보다 이산화탄소 배출량의 6%를 감축하는 데 목표를 두고 적극적인 지원과 활동들을 통해 기후변화에 대한 교토 의정서를 준수함
- 州의 1인당 평균 온실가스 배출량은 12.1톤으로 국가 평균인 23.4톤보다 매우 낮은 수치로 전국에서 가장 낮아 2003년 9천만 톤의 이산화탄소를 배출하여 전국 배출량의 약 12.3% 차지
- 이러한 결과는 제조업체의 효율성을 높이고 대중교통 수단의 사용을 증가시키는 한편 자동차의 에너지 효율성을 높이고 수력발전에 의한 에너지를 사용하기 때문으로 분석됨

#### 마) 호주 - 멜버른(Melbourne)

- 산업 온실가스 프로그램
- 시는 기후변화 이슈를 진행하는 서부항 온실 연합(Western Port Green- 대형 온실가스 배출업자를 대상으로 감사(audit)를 수행하고 3년 내에 대금이 회수되는 지속가능한 활동을 수행하도록 하는 단순한 조치를 통해 CO<sub>2</sub> 배출을 110만 톤 저감하고, 기업은 연간 3,400만 달러의 비용을 절약
- 산업 온실가스 프로그램은 州 환경청에서 담당하며 환경청의 CO<sub>2</sub> 배출 허가를 받은 300개 이상의 시설에 감사, 활동 계획 수립, 3연간의 활동 이행 및 성과 보고를 요구
- 프로그램은 2004년 시작되어 2007년까지 기업들이 에너지 소비를 줄이는 내부 사업에

4,900만 달러를 투자·이행해 왔으며 평균 2년에 걸쳐 투자액을 돌려받고 있음

- 또한 산업체에게 요구사항 이행 관련 정보, 변환 요소, 모범사례 등 방법론을 제시(에너지 온실가스 관리 방안)함

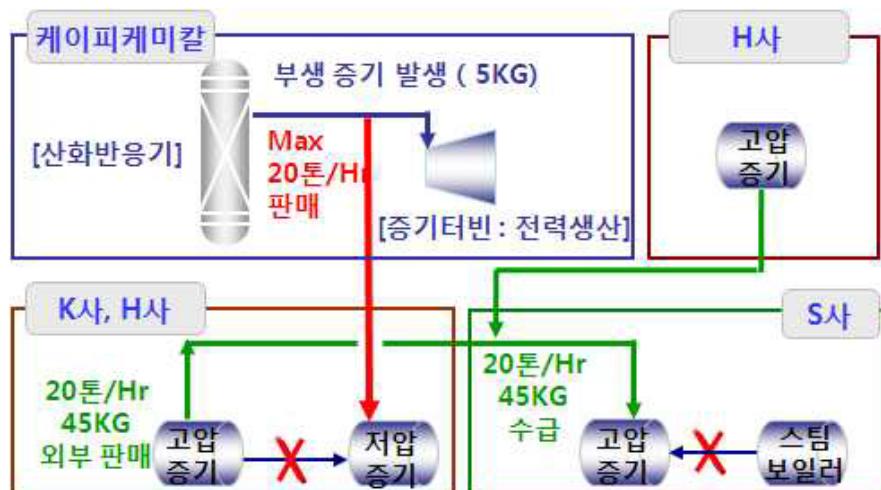
#### 바) 미국에너지부(2009)

- 미국에너지부(DOE)가 저온 폐열 복구전문인 ElectraTherm에 지난 해 260만 달러를 투자한데 이어 올해 벤처 펀딩에 540만 달러를 더해 총 투자액을 1,000만 달러 이상으로 증가시킴
- 미국은 연간 약 100quads(quadrillion BTUs)의 에너지를 소비하고 있으며, 이 중 55~60quads는 에너지 전환, 전선손실 및 비효율적인 기계 등으로 인해 폐열로 낭비되고 있음
- 다양한 기업들이 이 문제를 해결하기 위해 나타났으며, 그 중 Cypress Semiconductor, Promethean Power 및 Alphabet Energy 등 몇 개 회사는 열을 전기로 그리고 전기를 열로 바꿀 수 있는 반도체와 같은 열전 장치를 개발하고 있음
- DOE의 고개념 연구부서인 ARPA-E는 최근 몇 개의 대학들에게 열을 전력으로 변환하기 위한 나노튜브 및 나노와이어 개발법을 실험할 수 있도록 보조금을 지급함
- 한편, ElectraTherm 및 Recycled Energy Development(RED)처럼 보다 전통적인 기업들은 열을 기계적으로 포착하여, 고객들이 지역적으로 그 에너지를 다시 사용할 수 있도록 하고 있음
- 포착된 열은 전력이나 혹은 열로 전환될 수 있으며, RED에서는 45메가와트의 전력을 거대 실리콘 공장으로부터의 폐열로부터 생산하는 프로젝트를 수행하고 있음

## 2.4.2 국내 사례(폐열회수)

### 가) 케이피케미칼

- 국내 최초 5개사 참여 스팀 네트워크 구축
  - 개선전
    - 케이피케미칼 : 산화반응기에서 발생되는 잉여 저압스팀으로 스팀터빈 가동
    - SKC : 고가의 B-C유를 연료로 보일러 가동하여 고압스팀을 생산, 사용
    - 코리아PTG, 한화케미칼 : 고압스팀을 저압으로 압력강하 후 사용
    - 한솔EME : 폐기물소각로 2기 가동
  - 개선후
    - 케이피케미칼: 스팀터빈 가동 대신하여 저압스팀을 코리아PTG로 공급
    - SKC: 코리아PTG로부터 저가의 고압스팀을 받아 고가의 B-C유 사용량 감소
    - 코리아PTG, 한화케미칼: 필요한 중저압스팀을 케이피케미칼/한솔EME에서 받음으로써 남는 고압스팀을 SKC로 공급
    - 한솔EME: 폐기물 소각로 1기에 폐열보일러를 설치하여 생산한 중압스팀을 코리아PTG로 공급 이해관계가 다른 기업간 공동으로 스팀네트워크 사업 추진하여 각 공장에서 발생한 잉여스팀을 필요한 곳에서 활용하여 에너지 절감 및 상생경영 실천
  - 공정도



### <그림 2.4> 스팀 네트워크 골정도

- 기대효과

- 투자비 : 1,780백만 원
- 절감액 : 3,742백만 원/년, 19,860 tCO2/년
- 회수기간 : 0.5년

#### 나) 엘지 이노텍

- 건조기용 흡착탑 배기 폐열회수를 통한 에너지 절감

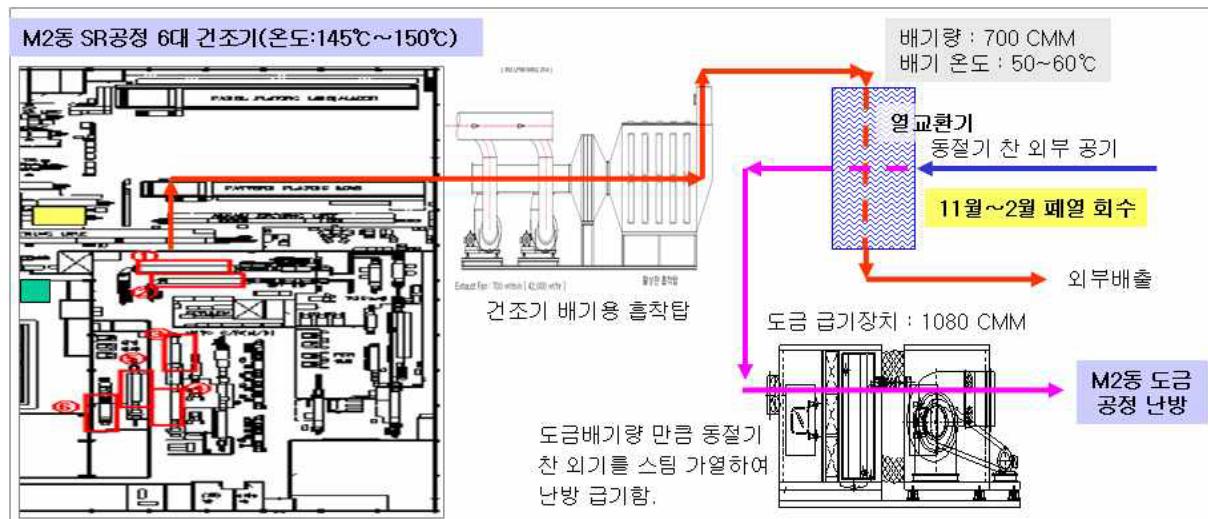
- 개선전

- 대기방지시설: 활성탄 흡착탑(700 m³/min)
- 배기 온도: 65°C ~ 55°C (연중 일정한 온도로 배기됨)
- 폐기 열량:  $700 \text{ m}^3/\text{min} \times 60\text{min/hr} \times 1.2\text{Kg/m}^3 \times 0.24 \text{ Kcal/kg.}^{\circ}\text{C} \times (60^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C}) = 483,840 \text{ Kcal/hr}$

- 개선후

- 공조기 : 도금공정 난방용 급기공조기(1080 m³/min)
- 열원변경 : 스팀 → 폐열회수 브라인
- 난방온도 : 18°C

- 공정도

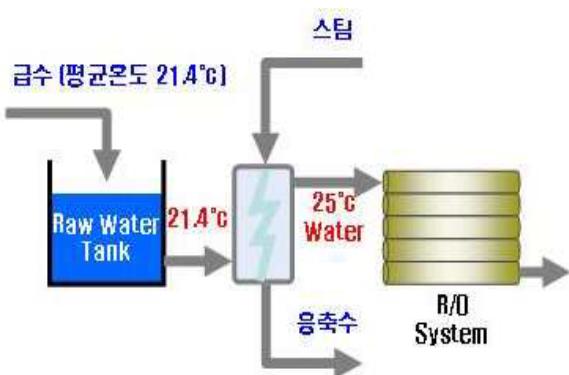


<그림 2.5> 배기 폐열회수 공정도

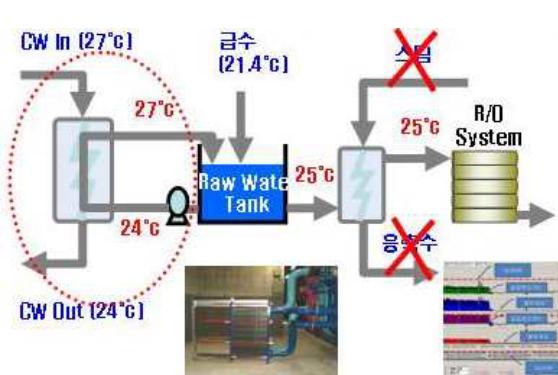
- 기대효과
    - 투자비 : 91백만 원
    - 절감액 : 131백만 원/년
    - 회수기간 : 0.7년

#### 다) 삼성코닝정밀소재

- 공정 CW 폐열회수 System 적용으로 에너지 절감
  - 추진 배경 및 목적
    - DI Water 생산공정의 공정 용수(R/O수) 공급온도는 25°C로, 보일러에서 생산된 Steam을 사용하여 승온
    - 열교환기 설치 후 Cooling water 폐열을 회수/재활용하여 공정용수(R/O수) 공급온도를 25°C까지 상승시켜 Steam을 차단
  - 주요 내용
    - 공정 内항온향습기/에어컨 냉각수(R) 폐열을 회수하여 R/O수 승온용으로 활용함 (Steam 차단)
    - 판형열교환기 및 순환Pump 신설, 배관/전기공사 시행



<그림 2.6> CW 폐열회수 개선 전

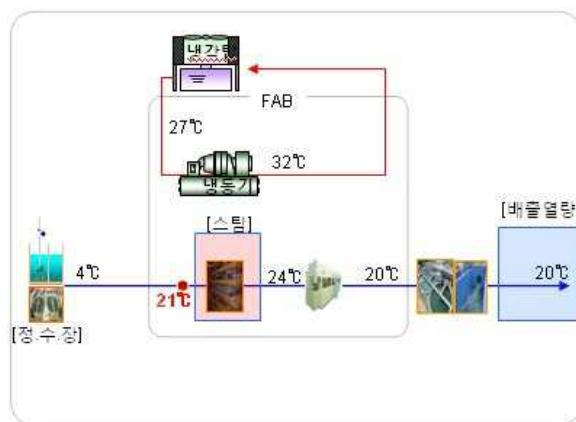


<그림 2.7> CW 폐열회수 개선 후

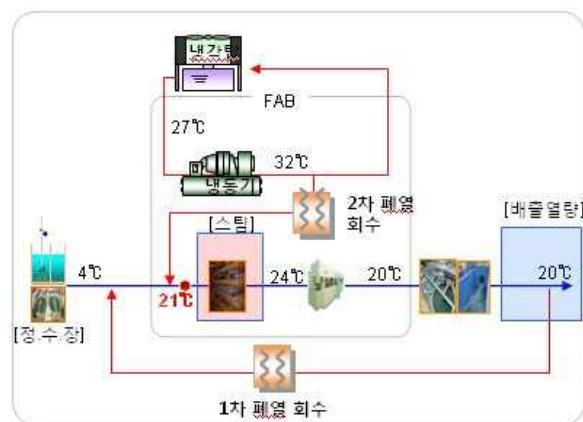
- 기대효과
    - 투자비 : 205백만 원
    - 절감액 : 372백만 원/년
    - 회수기간 : 0.6년

## 라) 하이닉스

- 폐수, 냉각탑 폐열회수를 통한 에너지 절감
- 계선내용
  - 고온(20°C 이상)의 폐수& 냉각수에 함유되어 방출되는 열에너지를 회수하여 초순수 제조에 재활용(21°C)함으로써 스팀 사용량을 최소화하여 에너지 비용을 절감한 프로젝트



<그림 2.8> 하이닉스 폐수, 냉각탑 공정도



<그림 2.9> 개선 후 폐열, 냉각탑 공정도

- 기대효과
  - 투자비 : 4,000백만 원
  - 절감액 : 3000백만 원/년
  - 회수기간 : 1.3년

## 마) 시화공단내 집단도금업체 소각로 폐열이용 네트워크 구축사업

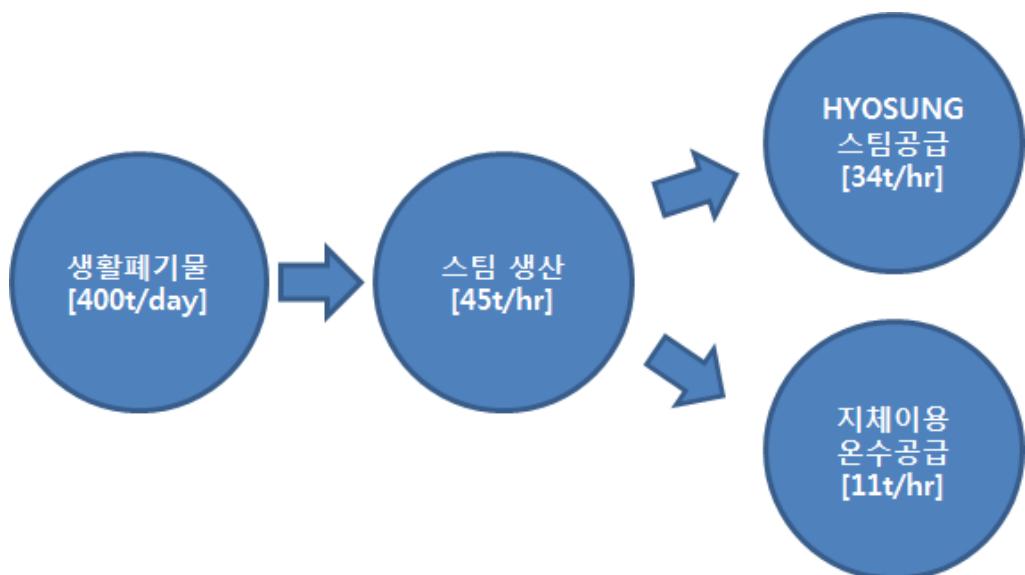
- 사업 개요
  - 시화공단의 구조고도화 사업의 일환으로 집단 이전하는 6개 도금업체(임차업체 포함 15개 업체 이상)의 도금용액가열에 사용되고 있는 기존의 전기에너지를 대체하여 소각로폐열을 이용하여 생산한 스팀을 이용할 수 있도록 공급/수요업체의 네트워크를 구축
- 기술적 성과
  - 집단 도금업체의 도금용액가열로 소각로 폐열 이용에 필요한 가열용량산출, 경제성 분

석, 스팀가열 최적화 등의 기술을 통하여 타 도급업체의 집단화 및 스팀에너지로의 대체에 필요한 기술적 데이터를 확보

- 경제적 성과
  - 도급업체의 전기에너지를 폐열 이용으로 에너지 절감효과
  - 연간 16,352 Gcal 절감(연간 4,380 TOE, 42억 원 절감)

#### 바) 울산 성암소각장 폐열활용 스팀공급

- 울산시 남구 성암동 성암소각장의 소각 과정에서 발생하는 폐열을 이용해 스팀을 생산하여 인근업체에 공급중
- 경제적 기대효과
  - 스팀판매: 39억 원/년
  - 연료비용 저감: 32억 원/년
- 환경적 기대효과
  - CO<sub>2</sub> 44,468ton 저감
  - SO<sub>x</sub> 200ton, NO<sub>x</sub> 93ton 저감
- 사업계약도



<그림 2.10> 성암소각장 폐열활용 네트워크

## 사) 용인 폐열 잉여전력 역송전 사업

- 사업개요
  - 용인시는 지난 2007년부터 용인환경센터에서 가동 중인 소각로에서 발생되는 폐열에너지를 활용하여 전력을 생산해서 소각장 운영에 사용하고 남은 전력을 한국전력공사에 송전 및 판매
- 경제적 효과
  - 지난 2007년부터 2011년 말까지 용인시가 한전에 판매한 잉여전력량은 총 1천1백만 KW(11억 9천만 원)으로 집계
  - 연간 약 200만여KW의 전력을 역송전 및 판매
- 전력판매를 통한 수익금은 소각장 인근 지역주민을 위한 지원사업에도 활용되고 있으며, 역송전된 전력은 주변 가정과 공장 등에 재송전 됨



<그림 2.11> 용인환경센터



### 제 3 장 기존연구 및 개발기술 조사

---

3.1 폐에너지 회수 기술의 계요 .....	69
3.2 폐에너지 열회수 기술 .....	79
3.3 폐에너지 승온 기술 .....	90
3.4 폐열을 이용한 동력회수 기술 .....	95
3.5 폐열 발전기술 .....	97
3.6 국내의 폐열회수 시스템 특허 현황 .....	97
3.6 부식성 배가스 폐열회수 열교환기 .....	98

---



## 제3장 기존연구 및 개발기술 조사

### 3.1 폐에너지 회수 기술의 개요

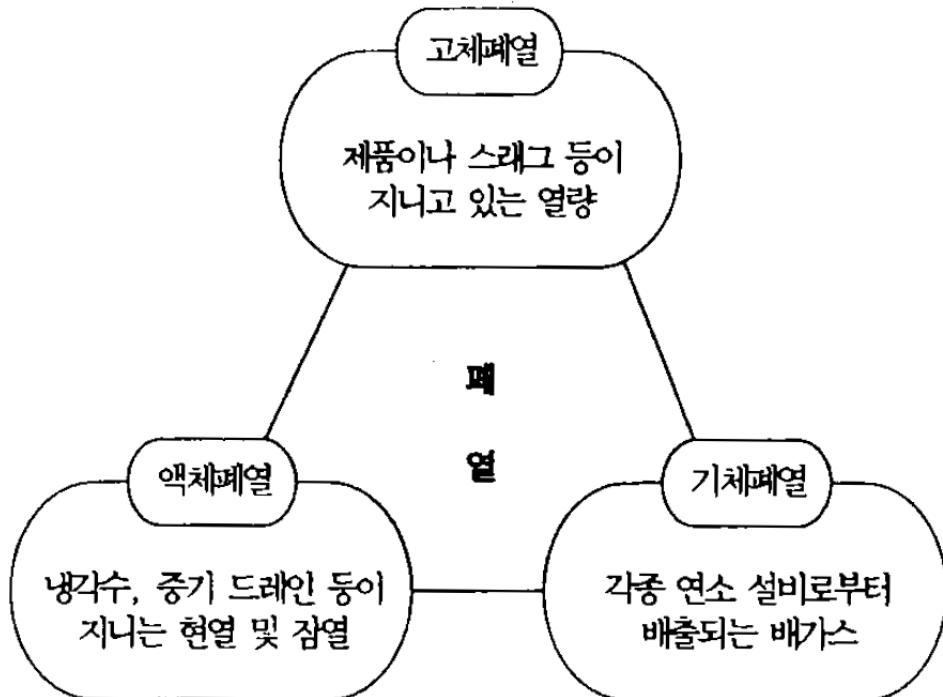
#### 3.1.1 산업폐열의 개념과 종류

- 폐열은 배열로도 쓰이고 있지만, 폐열은 폐기열의 의미인 것에 대하여 배열은 배출열의 의미를 가짐
- 종래 공장에서 가열, 열처리 등의 1차 목적에 사용된 후 폐기되는 열의 의미로서 폐열이 많이 사용되어 왔으나, 최근에는 프로세스로부터의 출열을 재이용하는 기술이 진전되어 재이용 가능한 열의 의미로서 미활용에너지란 호칭도 사용되고 있음
- 그러나 여기서 산업폐열이란 생산공정에서 발생되는 에너지가 유효하게 회수 이용되지 않고 대기로 방출되고 있는 이용 가능한 에너지를 지칭함
- 산업체로부터의 폐열은 통상 형태에 따라 기체, 액체 및 고체폐열로 구분하고 있으며, 그 주요 대상은 <표 3.1>과 같음
  - 기체 폐열: 배공기, 배가스, 배증기 등
  - 액체 폐열: 온배수, 냉각수 등
  - 고체 폐열: 코우크스, 슬라브, 클링커 등

<표 3.1> 폐열의 형태에 따른 주요 폐열대상

폐열의 형태	주요 대상
연소배가스	보일러 배가스, 요로 배가스
배공기	건조기폐열, 셋팅기 턴터폐열
배증기	증발농축폐열, 증류탑정폐열
배온수	염색폐수, 금속전처리, 냉각수, 증기응축수
제품의 혼열	제철소의 코크스현열, 고로 슬래그 보유열, 시멘트 크링커, 화공증류탑 탑정제품 등

- 폐열온도에 따라 분류하면 다음과 같음.
  - 고온폐열 : 용해로, 가열로 등 요로에서 배출되는 250°C 이상 폐열
  - 중온폐열 : 열교환기로 회수이용 가능한 80~250°C 범위의 폐열
  - 저온폐열 : 80°C 이하로서 열펌프 등에 의해 회수이용 가능한 폐열



<그림 3.1> 폐열의 개념도

- 폐열특성에 따라 분류하면 다음과 같음.
  - 배가스 : 보일러, 요로등 연료연소에 의해 생성되어 배출되는 가스
  - 배공기 : 건조기 배기 등 가연 또는 유해성분이 포함되지 않은 배기
  - 배가스 : 공정중 생성된 가연성분, 악취, 유독성 물질 등이 포함된 가스
  - 배증기 : 공정에서 외부로 배출되는 폐증기, 재증발증기 등
  - 응축수 : 증기가 열사용처에 열공급후 응축된 물
  - 냉각수 : 냉각공정에 공급되어 승온된 물로서 주로 냉각탑으로 순환됨
  - 온배수 : 공정에서 배출된 물로서 냉각탑으로 회수하기 어려운 고온수
  - 제품현열 : 공정상 물질 또는 제품이 가진 열로서 냉각이 필요한 열

- 폐열 배출원에 따라 분류하면 <표 3.2>와 같음.

<표 3.2> 업종별 주요 폐열 배출원에 따른 분류

업종	주요 폐열 배출원
요업	시멘트 소성로, 예열기 배기, 클링커냉각기 냉각열 터널킬른 배기, 유리용해로 배기
금속	코우크스, 소결광 냉각열, COG, LDG 현열, 고로슬래그, 슬래브 현열, 가열로, 용선로, 열처리로 배가스, SKID 냉각열, 열풍로 배가스, 비철금속 용해로 배가스
섬유	염색기 온폐수, 텐터, 히트셋팅기 배기, 건조기 배기
화공	가열로 배기, 프로세스 현열, 증류탑 정폐열, 냉각탑 냉각수보유열
식품	건조기 배기열, 농축기 배기열
제지	초지기 배기열, 증기 응축수, 소각로 배가스

- 국내의 각종 산업공정이나 공업용 요로 등에서 배출되는 폐열원은 온도와 열량, 형태 등이 각 산업공정의 특성에 따라 매우 다양한데 이것을 업종별로 나누어 대표적인 폐열원의 형태와 온도범위를 나타내면 <표 3.3>과와 같음

<표 3.3> 국내 폐열원의 종류 및 온도범위

업종	폐열원	온도범위	업종	폐열원	온도범위(°C)
식품	배증기 냉각수 배온수	100-110 80정도 96-100	섬유	배가스 배증기 배온수 응축수	150-400 70-100 50-70 100
제지 목재	배가스 배증기	150-180 50-70	화공	프로세스 잠열 배가스 현열 배증기 배온수	80-120 200-400 60-140 30-60
요업	터널킬른 예열대 연도배가스	300-450 180-250	금속 제철	철 가열로 배가스 도가니로 배가스 반사로 배가스 소결로 배가스 열풍로 배가스 단조 주조현열 냉각수	270-1000 400-1200 800-1100 200-230 220-250 550-1000 30-90

### 3.1.2 산업폐열의 이용방법

- 폐열온도별 이용방법
  - 폐열 온도별 이용방안을 보면 다음 <표 3.4>와 같음

<표 3.4> 폐열온도별 이용방법

폐열온도	이용방안
상온 ~ 100°C 범위	1) 난방 2) 급탕 3) 풀장, 온천 등 4) 농. 수산에의 이용
100~300°C 범위	1) 냉동계에의 이용 (흡수식) 5~7°C 냉수제조 냉방이용 2) 증류수 제조 3) 발전에 이용 - 열수터빈 - 후레온 터빈 - 신 매체 터빈 (후로리놀85)
300~600°C 범위	1) 건조용 열원 2) 발전

- 폐열 성상별 이용방법

배온수 이용방법

- 보일러 급수이용, 난방용 및 공정용으로 직접 이용하는 방법 외에 보다 효과적인 폐열 활용 방법으로 <표 3.5>와 같은 열회수 장치를 이용하는 것임
- 현재 상용화된 경우가 많아 각 회사에서는 폐열발생공정과 폐열이용공정을 고려하여 알맞은 장치를 선정할 수 있음

<표 3.5> 배 온수 이용 폐열 회수 기술

열회수장치명	폐열원 온도	출력 온도	특성
일반 열교환기	배온수	온수	온수 생산
흡수식 1종 히트펌프	배온수(35°C)	온수(79°C)	온수의 승온 운전용 증기(158°C) 필요
흡수식 2종 히트펌프	배온수(60°C)	온수(80°C)	온수의 승온
감압증발 열교환기	온배수	저온저압의 증기	MVR의 승온증압
흡수식 냉동기	150~200°C	5~10°C 냉수제조	165°C 이상의 LiBr 수계는 부식이 심함
유기매체 터빈	100~400°C	동력발생	열원에 적당한 열매체 선택

## □ 배가스 이용방법

- 보일러 급수 예열, 공기 예열, 난방용 및 공정용으로(공정시스템 개선, 건조) 직접 이용하는 방법 외에 <표 3.6>과 같은 열회수 장치를 적용한 이용 방법도 있음
- 그러나 배가스에는 상당수의 산기를 함유한 가스가 포함되어 있으므로, 이에 대한 대처방안을 세워서 활용
- 금속을 부식시키는 경우가 있어 예를 들면, 세라믹 열교환기를 사용하든가 그 밖의 부식방지를 할 수 있는 재질을 선택하여야 함

<표 3.6> 배가스 이용 폐열 회수 기술

열회수 장치명	폐열원 온도	출력온도 및 성상	특성
테프론 코팅 열교환기	저온 배가스(260°C)이하	온수	보일러급수의 예열
히트파이프를 이용한 열교환기	저온 배가스(400°C)이하	저온가스	작동매체의 열전달 이용
MVR(증기재압축)	저온증기(50-100 °C)	고온증기	압축기에 의해 승온
압축식 전기구동 히트펌프	저온열원	온수	전기전동기 사용에 의한 온수 승온
흡수식 냉동기	150-200°C	5-10°C 냉수제조	165°C 이상의 LiBr 수계는 부식이 심함
유기매체 터빈	100-400°C	동력발생	열원에 적당한 열매체 선택

## □ 배증기 이용방법

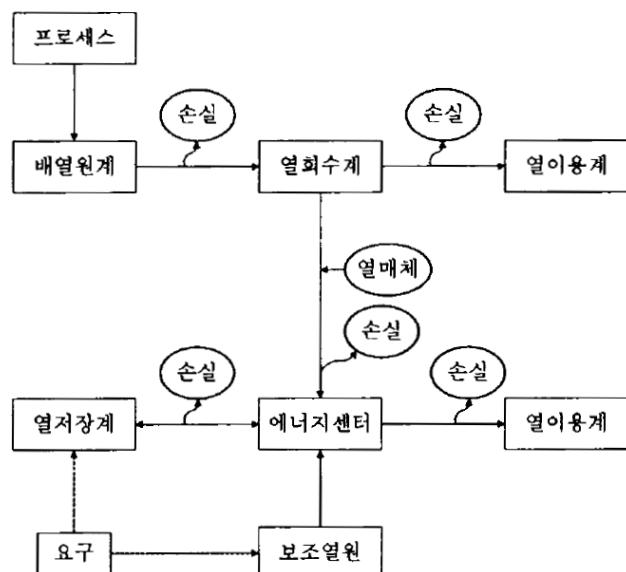
- 보일러 급수 (급수 예열, 공기 예열), 난방용 및 공정용으로 (공정시스템 개선, 건조) 직접 이용하는 방법 외에 <표 3.7>과 같은 열회수장치를 적용한 이용 방법이 있음

<표 3.7> 폐증기 이용 회수 기술

열회수장치명	폐열원 온도	출력온도 및 성상	특성
MVR(증기재압축)	저온증기(50-100 °C)	고온증기	압축기에 의해 승온
흡수식 냉동기	150-200°C	5-10°C 냉수제조	165°C 이상의 LiBr 수계는 부식이 심함
유기매체 터빈	100-400°C	동력발생	열원에 적당한 열매체 선택

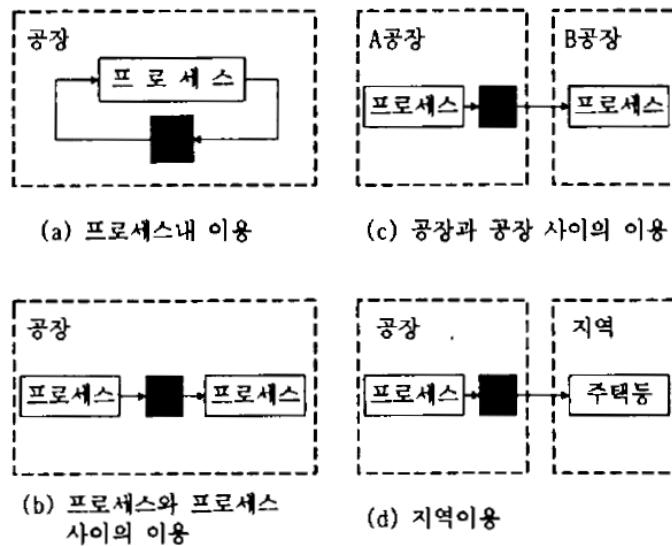
### 3.1.3 산업폐열이용시스템

- 산업체의 공장 폐열은 원래가 공장내부에서 재이용이 곤란한 것들이 많고 이용계로서도 제약을 받는 경우가 많음
- 따라서 폐열이용시스템으로 폐열을 이용할 때에는 가능한 한 양질의 폐열이 요구되는 것으로부터 서로 모순을 포함하고 있다고 할 수 있으며, 또한 폐열원량의 시간적 변동, 계절적 변동 등도 폐열이용계로서는 큰 영향을 받게 되므로 가능한 한 변동이 적은 것이 요망됨
- 폐열의 형태는 이용계의 경제적인 이유 때문에 이용계와 같은 종류의 것이 요망되지만, 폐열이라는 성격상 반드시 그렇지 못한 경우가 많음
- 예를 들면, 연소배기ガ스와 같은 경우에는 유황산화물이라든가 화분 등을 포함하고 있는 폐열이 많으므로 이를 제거할 필요가 있음
- 폐열을 회수하여 열로서 재이용하는 열이용시스템, 즉 폐열원으로부터 회수한 열을 다른 에너지로 변환하지 않고, 열로서 재이용하는 시스템의 경우에는 <그림 3.2>와 같이 폐열원계, 열회수계, 열이용계 등 3가지의 계로서 이루어지는 직접 열이용시스템과, 여기에 열저장계를 추가한 간접 열이용 시스템으로 대변됨



<그림 3.2> 폐열이용 시스템

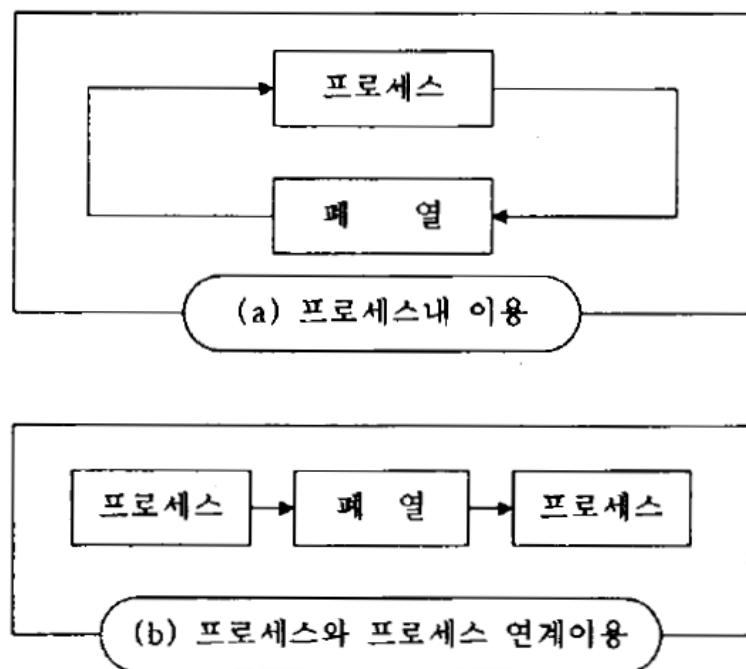
- 폐열이용의 형태에 따라 대별,
  - 첫째, 폐열원계내에서 회수한 열을 그 시스템 내에 개별적으로 재이용하는  $L^{\circ}Cal$  열이용 시스템. <그림 3.3>의 (a),(b)
  - 둘째, 폐열원계내에서 회수한 열을 외부시스템에 공급하여 종합적으로 재이용하는 Total 열 이용시스템. <그림 3.3>의 (c),(d)



<그림 3.3> 폐열이용의 형태

- 첫 번째의  $L^{\circ}Cal$  열이용시스템의 경우에는 일반적으로 회수한 열의 질, 양 등이 열이용계에 적절히 사용되는 데에는 한계가 있다고 할 수 있음
- 두 번째의 Total 열이용시스템은 시간적, 거리적 문제, 그리고 열원변동이라든가 신뢰성 등의 제약이 있으므로 전기의 간접 열이용 시스템이 적용되는 경우가 많음
- $L^{\circ}Cal$  폐열이용시스템
  - 프로세스로부터 회수한 폐열을 그 설비에 환원하여 개별적으로 재이용하는 시스템으로 폐열원과 열이용계와의 관계에 따라 장치 내 재이용, 공정내 재이용, 설비내 재이용, 공장내 재이용 등으로 분류됨
  - $L^{\circ}Cal$  열이용 시스템은 동일한 프로세스내에 독자적으로 계획할 수 있기 때문에 시스템의 적용에 대한 결정은 주로 경제적 요인에 의하여 이루어지는 수가 많고, 적은 투자비용, 높은 종합효율이 요구되며, 일반적으로 직접열이용 시스템의 형태가 많음
  - 직접열이용 시스템은 그 기술적 문제가 열회수기술에 있기 때문에 이미 완성되어 있는

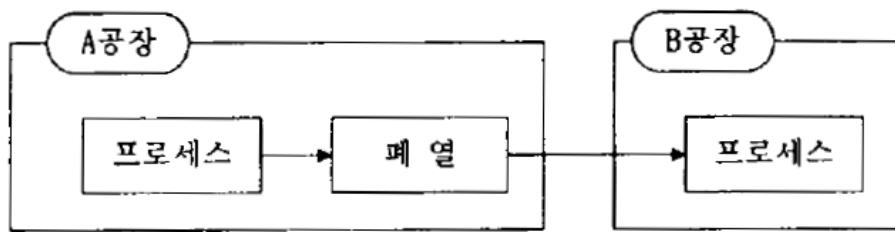
요소기술을 어떻게 시스템화할까 하는 데에 성패가 걸려있다고 할 수 있음



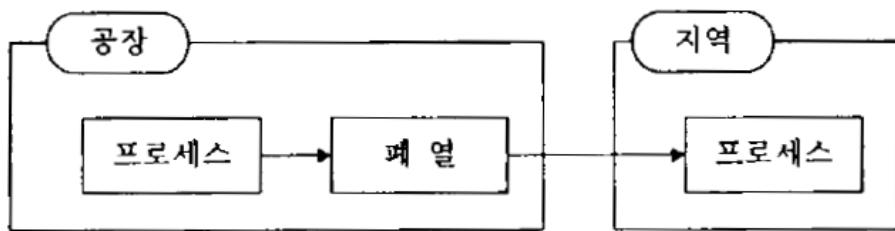
<그림 3.4> L°CAL 폐열이용시스템

- Total 폐열이용시스템

- 프로세스로부터 회수한 폐열을 외부 시스템에 공급하여 총합적으로 재이용하는 시스템으로, 특정관련 공장에의 재이용과 특정지역 민생용에의 재이용으로 분류됨
- 공장 간의 열이용 시스템의 경우에는 관련공장간에 수요와 공급의 요구가 일치한다면 경제적인 문제라 열수송의 문제가 뒤따르지만, 기술적인 것은 L°CAL 열이용 시스템과 대체로 같은 방법으로 행할 수 있음



(a) 공장과 공장 연계 이용



(b) 공장과 지역 연계 이용

<그림 3.5> Total 폐열이용시스템

- 한편, 공장과 특정지역 주민간의 민생용의 열이용 시스템의 경우에는 공공성, 안정성, 무공해성 등이 우선적으로 고려되어야 하므로, 일반적으로 간접열이용 시스템을 적용

### 3.1.4 산업폐열 회수이용기술의 현황

- 산업폐열 회수이용기술은 산업폐열의 회수이용방법에 따라 열회수기술과 승온기술, 동력회수기술로 대별할 수 있으며, 주요 산업폐열의 회수이용기술을 분류한 결과는 <표 3.8>과 같음

<표 3.8> 폐열회수 이용기술 분류표

구 분	기술명
열회수 기술	응축수회수
	레큐퍼레이터
	폐열보일러
	원통다관형 열교환기
	판형 열교환기
	보일러 배열회수용 열교환기
	유리관제 열교환기
	회전축열식 열교환기
	유동층 열교환기
	스파이럴 열교환기
	플래시 열교환기
	히트파이프
승온기술	열압축기(TVR)
	기계증기압축기(MVR)
	압축식 열펌프
	흡수식 열펌프
	가스엔진구동열펌프(GHP)
동력회수기술	금속수소화물 열펌프
	유기매체 랭킨사이클 (ORC)
	열전발전기술스크류 팽창기
	스크류 팽창기

## 3.2 폐에너지 열회수 기술

### 3.2.1 응축수 회수기술

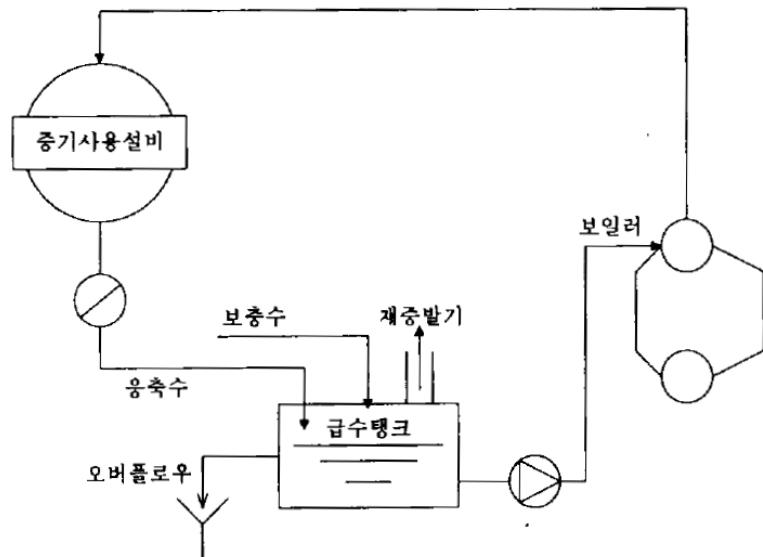
- 증기사용설비에서 증기는 총 열에너지중 70~80%는 열전달 하는데 사용되고, 나머지 20~30%는 포화수 상태로 응축됨
- 응축수를 회수 이용할 경우에는 급수 중 보충수를 줄일 수 있으므로 연료절감 뿐만 아니라 급수용수 및 수처리 비용의 절감 등도 기대할 수 있음.
- 응축수는 보유열량을 재이용과 급수처리가 거의 불필요하다는 관점에서 가급적 최대한 회수하여 보일러 급수용수로 사용하는 것이 최선의 방안이라고 할 수 있음
- 응축수를 회수하여 재사용 할 경우에 그 주요 이점은 다음과 같음
  - 연료 절감
  - 용수 비용 절감
  - 폐수처리비용 절감
  - 기타, 보일러 겉보기 용량 증대 및 효율 향상
- 응축수 회수방법 (시스템)
  - 응축수를 회수하는 과정에서 발생되는 열손실을 최소화하고 응축수를 최대한 회수하기 위해서는 각 산업 현장조건에 알맞은 응축수 회수방법으로 응축수 회수시스템이 채택 되거나 개선되어야 함.
  - 회수 응축수의 이용방법과 유의사항을 <표 3.9>에 나타냄

<표 3.9> 회수 응축수의 이용방법과 유의사항

응축수의 상태	이용방법	유의사항
수질양호	보일러 급수탱크 직접회수 (개방식 시스템) 보일러로 직접급수 (밀폐식 시스템) 타 공정으로의 직접이용 (온수 이용)	보일러 급수의 수질에 적합 여부 검토 응축수보유열의 열회수열 검토
수질오염	열교환기에 의한 간접이용	열교환기의 선정
재증발 비산증기 의 발생량이 많 다.	저압증기로 사용	Flash 탱크 용량의 적정화

- 급수탱크 직접회수 방식 (개방식)

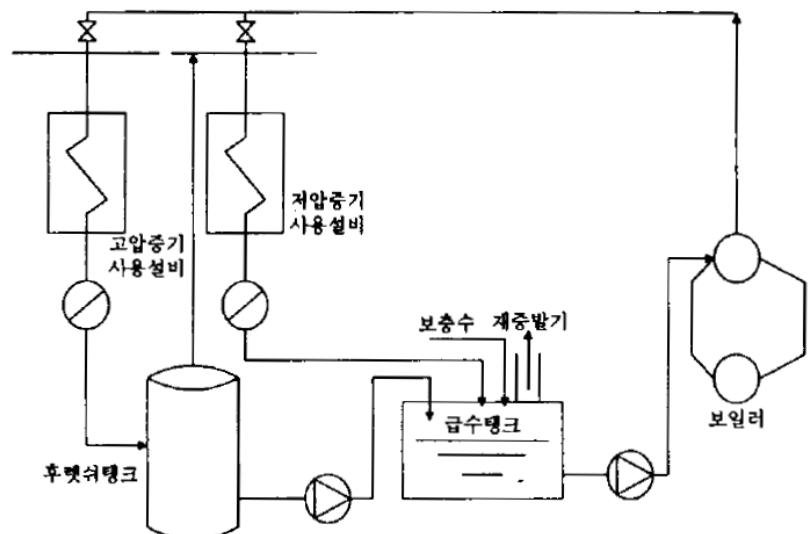
- 가장 일반적인 방식으로 급수탱크가 대기로 개방되어 있어 탱크로 회수한 응축수열 중 상당한 열량이 재증발증기 상태로 열손실 될 수밖에 없는 방식.



<그림 3.6> 급수탱크 직접회수방식

- 후렛쉬탱크 및 급수탱크 이용방식

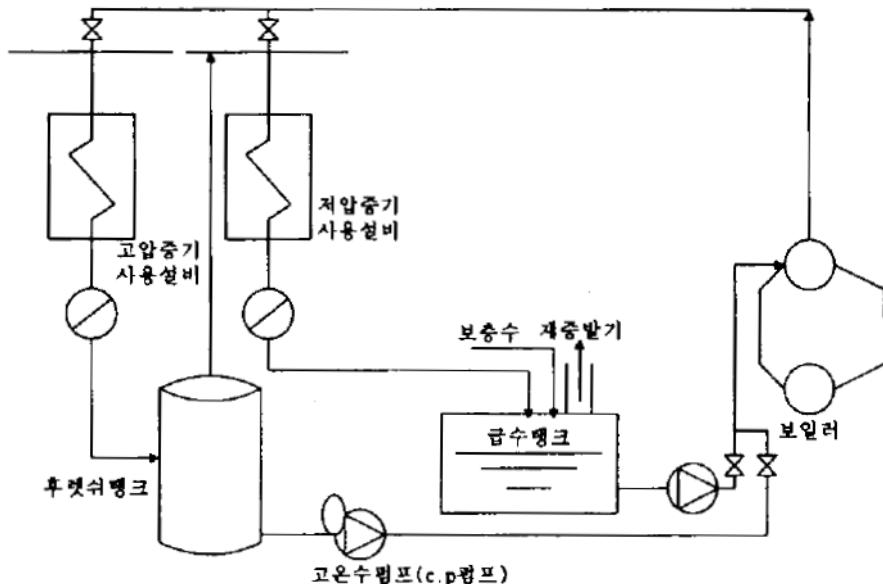
- 고압증기의 응축수로부터 후렛쉬탱크를 이용하여 저압의 재증발증기를 발생시켜 저압 증기 사용설비에 공급하고, 응축수는 개방형 급수탱크로 송수해서 회수하는 방식.



<그림 3.7> 후렛쉬탱크 및 급수탱크 방식

- 후렛쉬탱크 및 고온수 펌프 이용방식

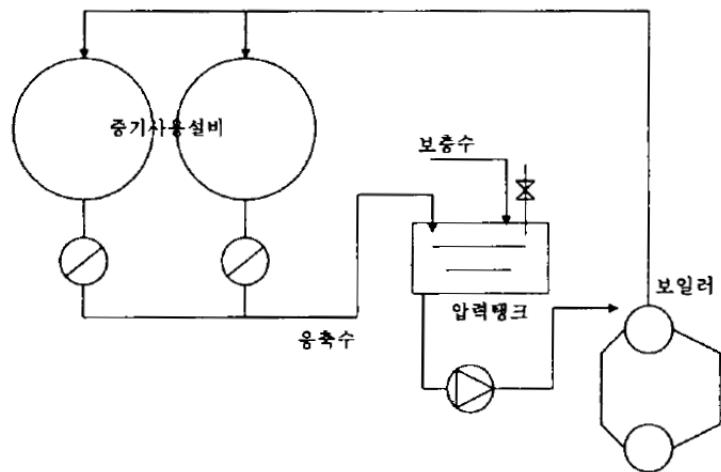
- 후렛쉬탱크에서 저압증기를 발생시켜 저압증기로 사용하고 응축수는 개방형급수탱크로 보내는 것이 아니라 고온수펌프(전기식, 기계식)로 보일러 또는 탈기기로 직접 공급하는 방식
- 개방형 급수탱크로 공급하는 방식에 비하여 재증발증기의 열손실이 거의 없이 응축수 열 대부분을 회수.



<그림 3.8> 후렛쉬탱크 및 고온수 펌프 이용방식

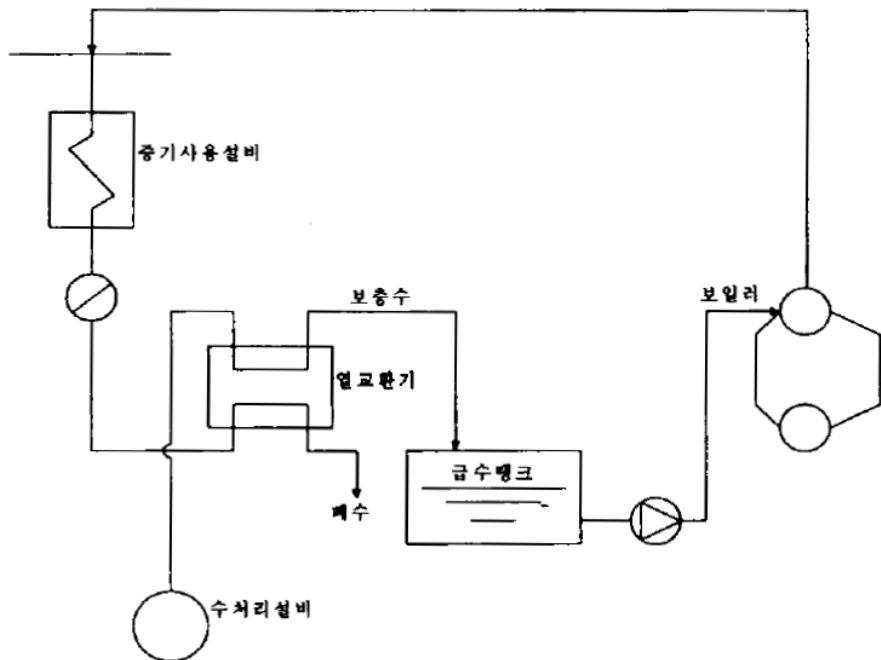
- 가압식 압력탱크로 회수하는 방식(압력식)

- 압력용기로 제작된 밀폐형 급수탱크를 보일러보다 높은 위치에 설치하여 트랩을 거쳐 나온 응축수 또는 고압의 응축수를 후렛쉬탱크에서 저압증기를 발생시키고 저압의 응축수는 밀폐형 급수탱크로 보내는 방식



<그림 3.9> 가압식 압력탱크로 회수하는 방식(압력식)

- 드레인 애이지 방식
  - 제지업종의 초지건조기와 같이 여러 단계의 증기를 사용하는 기기에 주로 채택.
  - 고압에서 저압으로 각종 압력의 재증발증기를 이용한 후 최종단계의 압력을 대기압의 응축수로 낮추어 ( $0.5\text{kg}/\text{cm}^3 - g$  이하) 보일러실 급수탱크로 이송할 수 있게끔 시스템을 구성한 응축수열회수 방식이며, 응축수에서 발생되는 재증발증기열은 공정 내부로 대부분 회수 할 수 있는 방식.
- 밀폐식 고온응축수회수 펌프방식
  - 열사용설비로부터 배출되는 고압의 응축수를 후렛쉬증기의 손실 없이 고온 응축수펌프에 의하여 직접 보일러에 주입시키는 방식.
  - 후렛쉬탱크 및 고온수 펌프 이용 방식과 같이 고온의 응축수열을 회수하는 중간과정에서 열손실이 거의 없이 응축수를 회수, 이용함으로서 응축수의 열회수율은 매우 높음.
- 열교환기를 이용 한 간접 열회수 방식
  - 응축수가 오염될 위험성이 높은 경우나 이미 오염되어 있을 때 열교환기에 의하여 보일러의 급수 또는 타 생산 공정유체 등을 가열하는 열원으로 활용하는 방법으로 응축수열을 회수 하는 방식.



<그림 3.10> 열교환기를 이용한 간접 열회수 방식

### 3.2.2 레큐퍼레이터

- 레큐퍼레이터는 요로 배가스의 현열로 연소용 공기를 예열할 때 사용되는 것으로 제일 오래된 폐열회수 방법의 하나
- 형식과 특징
  - 레큐퍼레이터는 적용되는 배가스 온도에 따라 그 특징이 정하여지며 보통 대류효과를 이용하는 것과 복사효과를 이용하는 것 및 양자의 효과를 동시에 이용하는 것으로 나눌 수 있음
- 대류형 레큐퍼레이터
  - 전열면은 많은 관으로 이루어져 있으며 전열은 주로 대류로 행해짐.
  - 대류형의 특징은 구조가 간단하며, 배가스온도를 충분히 회수할 수 있으며 단점으로는 분진에 의한 막힘과 부식의 문제 및 온도 제한의 문제 등이 있음
  - 종류에는 이중관식, 다관식 찬넬형, 다중원통식 등이 있음

- 복사형 레큐퍼레이터
  - 복사형의 레큐퍼레이터는 일반적으로 많이 알려진 이중원관형 레큐퍼레이터, 새장형 레큐퍼레이터 등이 있음
  - 복사형은 배가스 온도가 적어도 800°C 이상이 되어야 스텐판 볼츠만 법칙에 의해 복사 효과가 뚜렷이 나타나기 때문에 고온중에서도 고온형 레큐퍼레이터로 볼 수 있음

### 3.2.3 폐열보일러

- 폐열보일러는 열에너지를 소비하는 각종 산업플랜트설비로부터 배열의 냉각이나 열회수를 목적으로 널리 사용되고 있으나, 높은 신뢰성을 요구
- <표 3.10>은 폐열보일러의 특징을 나타냄.

<표 3.10> 폐열보일러의 특징

형식	구조	특징
연관식	동근 보일러형으로 가스는 관내를 흐른다.	비교적 청결한 배가스에 사용하고 저압, 소용량에 적합. 구조가 간단하여 유지 관리 용이하고 설치면적도 줄일 수 있다.
수관식	관 내부로 물을 흐르게 하고 관의 외면에서 가열하는 방식	배가스량이 많고 보일러 압력이 높고 분진이 많아 기계적 소제를 요하며 설치공간이 한정된 경우적합. 구조는 복잡하나 신뢰성이 높다.
자연순환식	물족과 증발부와의 비중차에 의한 자연순환력만을 이용	비교적 청결한 배가스로부터 분진함유 배가스까지 사용가능. 배가스온도도 제한없이 1000°C 이상에도 사용가능. 배가스량에 따라 2동식, 3동식이 사용
강제순환식	증기드럼과 증발관을 별도로 하여 순환펌프에 의해 강제적으로 순환시킴	특수형상의 전열면 제작이 가능하고 또한 부착관이 사용가능하며 구조가 Compact함. 보유수량이 적어 기동이 빠름

- 폐열보일러에 의해 열회수를 할 경우 회수된 증기의 용도가 문제가 되므로 폐열보일러의 이용을 검토할 때에는 폐열보일러와 열이용처와의 조합을 일체로 하여 생각할 필요가 있음

### 3.2.4 폐열회수용 열교환기

- 열교환기란 고온의 유체로부터 저온의 유체로 열을 전달하는 장치의 총칭이므로, 대부분의 폐열회수장치는 넓은 의미에서 보면 여기에 포함됨
- 원통다관형 열교환기
  - 원통다관형 열교환기는 가격이 저렴하고 유지 보수가 간편하며, 다양한 크기의 제작이 가능하므로 산업폐수열회수 열교환기로 널리 사용.
  - 유체 입. 출구의 위치 및 형상, 헤드의 형식, 배플의 형상 및 위치 등 고려하여야 할 인자들이 다양함.
- 판형 열교환기
  - 초창기에는 온도와 압력의 사용한계가  $70^{\circ}\text{C}$ , 2bar 정도로 아주 낮았고, 열전달 효율도 낮고 plate의 두께도 상당히 두꺼움
  - 기술이 발전되면서 허용압력손실에 대해 열교환기의 열전달계수를 최대로 할 수 있게 되었으며 (Herringbone pattern의 각도를 최적화), 산업분야에 걸쳐 다양하고 광범위하게 응용
- 보일러 배열회수용 열교환기
  - 배기가스에 의한 열손실을 최소화하기 위해서는 배기가스가 가지고 나가는 열을 최대한으로 회수하여 보일러의 효율을 높여야 함
  - 하지만 제한이 많기 때문에 보일러 본체의 크기를 최소화하고 보일러 시스템의 효율을 향상시키는 가장 좋은 방법은 폐열회수장치에 의해 배기가스의 온도를 낮추는 것임 (보일러 자체에 폐열회수장치를 설치)
- 유리관제 열교환기
  - 산업폐기물, 목재, 폐유 등 소각로로부터의 배기가스는 대단히 많은 양의 회분을 포함하고 있는 부식성 가스임
  - 따라서 이러한 배기가스로부터의 배열회수용 열교환기는 전열면의 부식과 회분의 누적 등으로 열교환율의 저하와 전열면의 폐쇄 등이 발생할 가능성이 높음
  - 이러한 관점에서 유리관은 내식성이 강하고 회분의 부착이 적으며, 부착된 회분의 제거도 용이하여 열교환기의 전열관으로서 채용이 가능함

- 회전축열식 열교환기

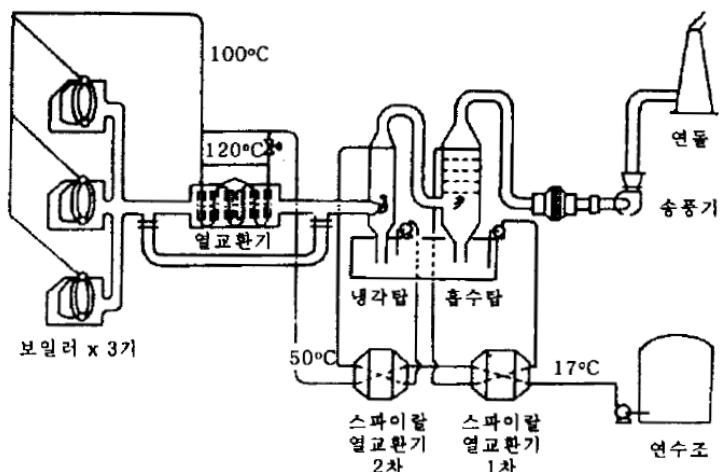
- 회전축열식 열교환기는 회수되지 못했던 중저온 배기가스열을 다른 열교환기에서는 얻을 수 없는 높은 회수율로 회수하여 재이용할 수 있는 특징을 갖고 있는 가스-가스 열교환기
- 회전축열식 열교환기는 열교환 이론, 구조, 구성 및 취급방법이 일반 열교환기와 다르고, 열교환기의 성능을 결정하는 인자도 일반 열교환기보다 많음

- 유동층식 열교환기

- 유동층은 고체입자의 성질, 유체의 성질, 유속, 분산판의 형상 등의 인자에 의해 유동상태가 다르지만 입자와 유체의 밀도차가 작을 때에는 유체중에 입자가 비교적 균일하게 분산한 상태가 되며, 밀도차가 클 경우에는 입자는 덩어리가 되어 운동하며 그 사 이를 유체가 흐르는 유동상태가 됨
- 일반적으로 유체가 액체인 경우에는 밀도차가 적어 전자의 유동상태를 유지하지만 유체가 기체인 경우에는 밀도차가 크므로 후자의 유동상태를 형성
- 이러한 유동층을 이루는 입자가 촉매입자인 경우에는 촉매반응장치로도 이용할 수 있게 되며, 어떤 특정의 온도를 유지해야 할 필요가 있을 때에는 가열 또는 냉각시키므로 열교환기의 기능을 갖게 됨

- 스파이럴 열교환기

- 스파이럴 열교환기는 나선형의 열교환기로서 펄프공장의 응축기, 증기 폐열회수 등에 사용되어 왔으며, 최근 다관식 열교환기 대신으로 각 방면에서 사용되고 있음.
- 스파이럴 열교환기는 전열효율이 우수하여 배양원료의 살균, 용제회수 증류수의 제조 등에까지 이용됨.



<그림 3.11> 스파이럴 열교환기 이용 배열회수

- 부식성 배가스 폐열회수 열교환기
  - 연소 배가스 폐열회수에서 내식성 열교환기란 황(S)함유 저급 연료를 사용하는 보일러나 요·로 또는 부식성 물질을 함유한 각종 소각설비 등으로부터 배출되는 배가스(flue gas)의 폐열회수를 극대화하기 위한 폐열회수 열교환기
  - 연소 배가스중에 포함 배출되는 SOx, NOx, HCl, 기타 부식성 물질에 대하여 화학적으로 안정성을 갖는 소재를 이용한 열교환기를 의미
  - 국내의 경우는 2차 오일쇼크 이후 flue gas 폐열회수의 내식성 열교환기는 「Q-MA X」, 「Q-TUBE」 및 Glass tube 형의 열교환기가 소개된 바 있으나 Glass tube형이 수 대 보급
  - 따라서 저급 연료 사용의 열원설비(보일러, 요로, 소각로 등)의 배가스 폐열회수는 산(Acid) 부식문제로 일정 온도 이하까지는 회수 불가능한 영역으로 인지

- 플래싱 열교환기
  - 일반적인 온폐수는 스케일 성분, 오염물질, 부식성 물질 등이 많이 포함되어 있는 경우가 많음
  - 이러한 폐온수의 열을 회수하는 경우 종래의 만액식 열교환기는 전열면이 빨리 오염되고 부식하기 쉬우며, 성능의 저하는 피할 수 없어, 폐온수를 플래싱 시킴으로서 오염물질은 따로 제거되고 플래싱한 증기로 열교환 함으로써 부식의 문제와 열교환기의 성능 저하를 막을 수 있음
  - 이러한 방식은 새로운 기술적 수단으로서 온폐수를 진공펌프에 의해 진공된 진공실에 도입하므로 플래싱 증발시킬 수 있는 것임
  - 이와 같은 열교환기는 신뢰성이 높음

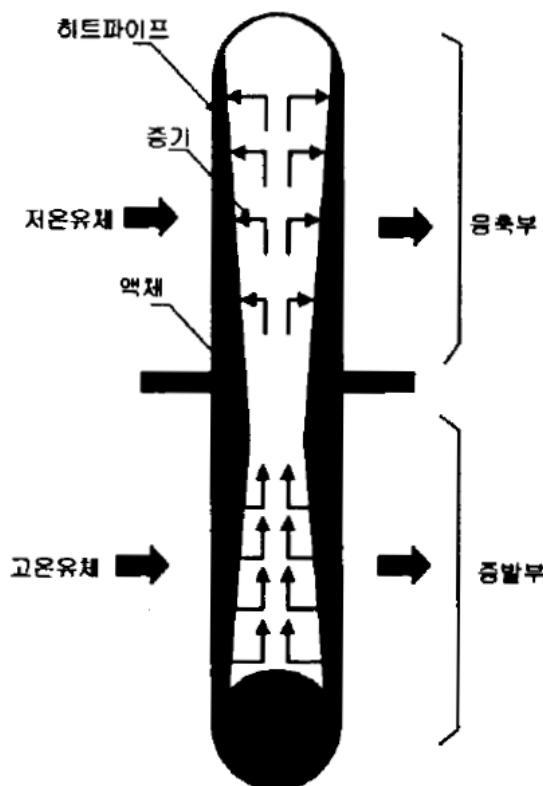
### 3.2.5 히트파이프

- 히트파이프는 밀폐된 용기 내에 주입된 작동유체를 고온열로 가열함으로써 작동유체가 증발되어 증기로 되고 압력과 밀도차에 의해 응축부로 이동하여 응축부에서 물 또는 공기에 의해 냉각되면서 열을 전달
- 히트파이프는 증발부 및 응축부 모두 관외측에 있으므로 전열면적의 증대가 용이하여 가스 및 공기측의 낮은 열전달특성에도 불구하고 장치를 소형화할 수 있어 요로의 배가스 열회수를 목적으로 한 폐열회수장치 개발에 크게 기여

- 히트파이프는 IC등 전자부품의 냉각, 공기조화기의 열교환, 에너지절약 및 폐열의 회수이용분야 등에 광범위하게 적용
- 단관형 히트파이프

□ 단관형 히트파이프의 작동원리

- <그림 3.12>과 같이 적당량의 작동유체를 진공용기내에 봉입하여 용기를 가열하면 작동유체가 증발



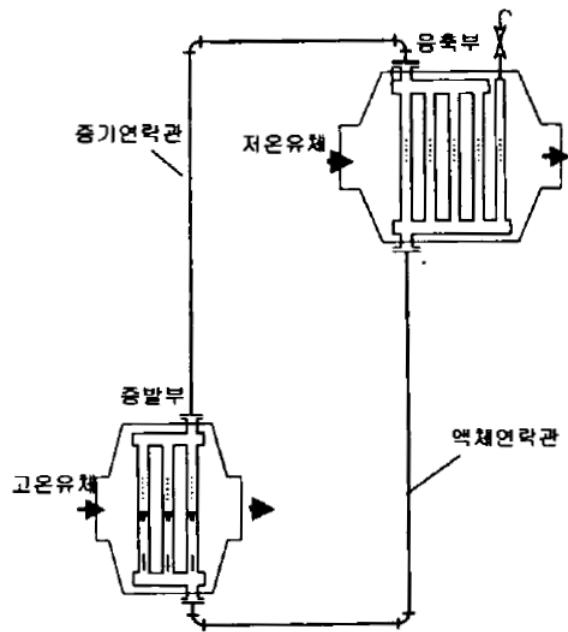
<그림 3.12> 단관형 히트파이프

- 기내의 압력은 가열부가 응축부에 비하여 높고 이 결과 증기상태로 기화한 작동유체는 응축부로 이동
- 이동한 작동유체는 용기의 주변으로 열을 방출하면서 응축되어 액체 상태로 됨.
- 응축된 액체상태의 작동유체는 중력에 의하여 증발부로 환류.

- 분리형 히트파이프

□ 분리형 히트파이프의 작동원리

- <그림 3.13>과 같이 진공 밀폐된 루프 내부에 있는 작동유체가 증발부에서 고온의 열유체에 의해 가열



<그림 3.13> 분리형 히트파이프의 작동원리

- 각 가열관내의 작동유체는 증발하면서 압력이 높아지고 증기가 가열부 위의 헤더에 모인 후 증기상승관을 통해 냉각부 위의 헤더에 도달
- 증기는 각 냉각관내로 분배되고 관외에서의 저온유체에 의해 냉각관내의 증기는 관내 벽에 응축되며, 응축액은 중력의 작용에 의해 냉각부 아래의 헤더에 모인 후 액체하강관을 통하여 가열부 아래 헤더에 보내지면서 작동유체의 순환이 계속되어 열을 수송
- 응축액의 귀환력은 냉각부를 높은 위치에 설치하여 발생되는 액위차에 의해 구동력이 발생

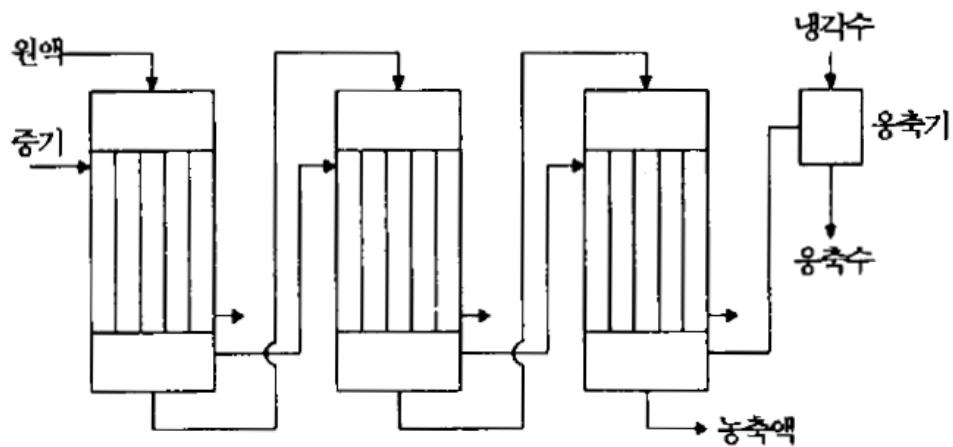
### 3.3 폐에너지 승온 기술

#### 3.3.1 TVR

- 각종 산업의 증기가열설비중 Evaporation, Distillation Column, Dryer, 기타 증발을 수반한 가열장치 등에서는 다양한 폐증기가 존재하며, 이 증기는 설비의 열원으로 사용되는 증기에 비해 온도와 압력이 약간 낮을 뿐 거의 동일한 열에너지를 보유하고 있음
- 따라서 이러한 폐증기를 압축, 가열증기와 같은 조건으로 만들어 재사용하는 것은 에너지절약상 매우 중요하며 효과적인 방법임
- 증기를 압축하는 방법에는 고압증기를 구동원으로 하는 열압축기를 이용한 TVR과 증기압축기를 이용한 MVR방식이 있음
- 특히 공장에서 고압증기가 존재할 경우 TVR 방식은 MVR 방식에 비해 에너지 이용효율은 다소 떨어지지만 설비비가 저렴하며 유지관리, 설치공간 면에서 유리한 경우가 많음

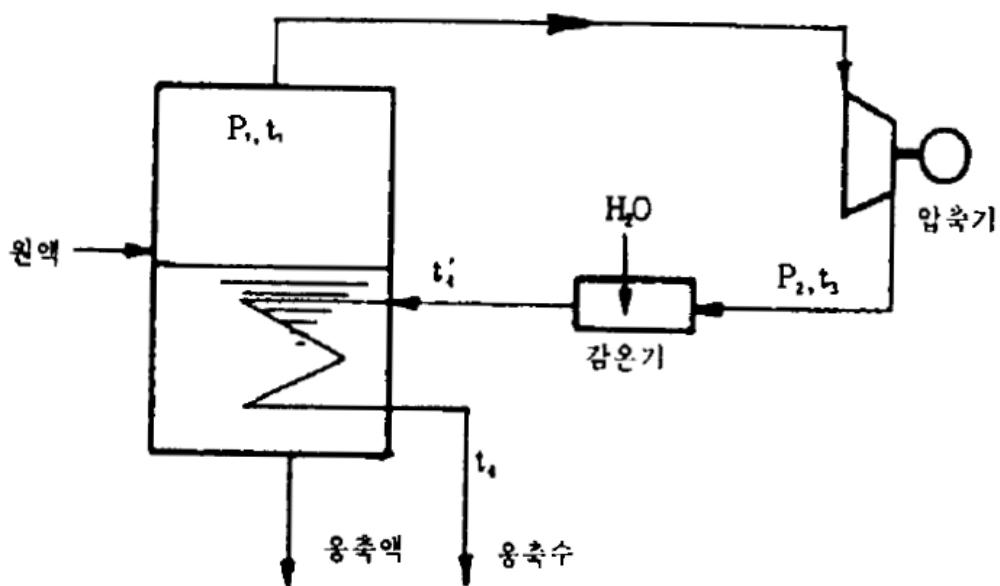
#### 3.3.2 MVR

- MVR은 증기재압축기라고 불리며 저온저압의 증기를 압축기에 의해 기계적으로 압축하여 고온고압의 증기로 전환시켜 증기로 재이용하는 열사이클로써 자기증기 압축식 열펌프의 일종
- 일반적으로 사용되고 있는 증발장치는 <그림 3.14>에서 보는 바와 같이 최종 증발관에서 나온 증발증기를 응축기에서 냉각수로 응축시켜 계로 방출함



<그림 3.14> 3중효용관식 증발장치

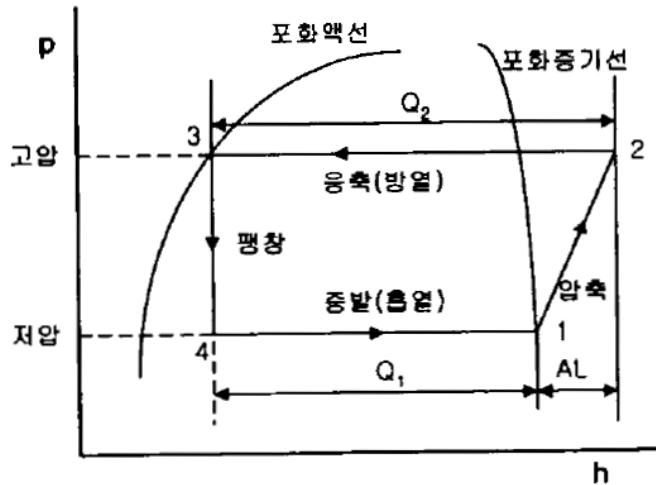
- 그러나 이 증발증기는 온도가 낮다는 것뿐이며, 그 에너지는 가열증기가 가지고 있는 에너지와 거의 동일하나, 단지 온도가 낮다는 것만으로 다량의 에너지를 버림
- 하지만 증기는 압축하여 압력을 올리면 온도가 상승하는 성질을 가지고 있어, MVR식 증발장치는 바로 이러한 원리를 이용하는 것으로 <그림 3.15>에서와 같이 증발관에서 발생한 자기증기의 전량을 압축기로 가압, 승온하여 증발관의 가열열원으로 재 이용하는 방식임



<그림 3.15> MVR식 증발기체 개념도

### 3.3.3 냉매압축식 열펌프

- 냉매압축식 열펌프는 역랭킨사이클로써 냉동사이클과 같으며, 냉매를 사용
- <그림 3.17>은 사이클을 Mollier선도에 표시한 것임

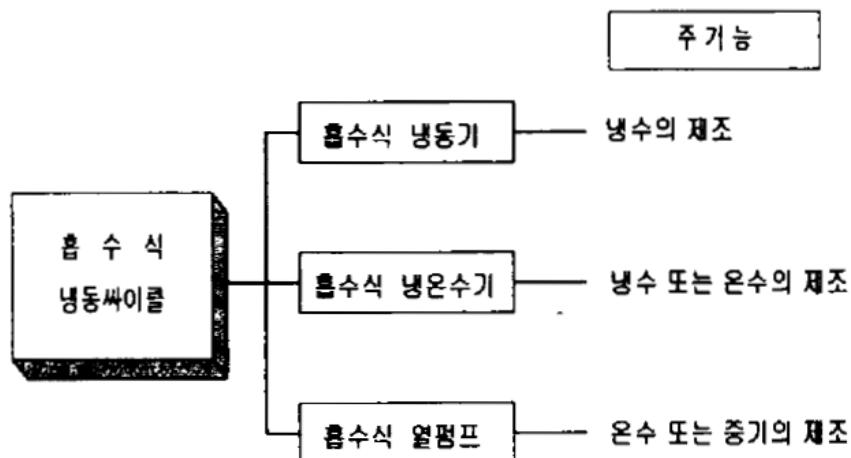


<그림 3.16> 냉매압축식 열펌프의 사이클

- 그 원리는 폐열 등과 같은 열원에서 열을 흡입하여 저온저압의 냉매액이 등압상태에서 증발 기화하고(4→1), 압축기에 흡입되어 승온승압 됨( 1→2 )
- 토출된 고온고압의 냉매가스는 이용측 열매체로 열교환에 의해 방열됨으로써 고온고압의 냉매가스는 등압상태에서 응축하여 고온고압의 액체로 되고( 2→ 3 ), 팽창밸브에 의해 단열팽창하여 ( 3→4 ) 사이클이 형성됨
- 즉, 열펌프는 물펌프가 물을 띠 올리는 것과 같이 열을 온도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 운반하는 것으로 증발기에서 열을 흡수하고 응축기에서 이 흡수열과 동력분의 열을 방열하므로써 폐열 등으로부터 증발기에서 흡수한 열만큼 에너지를 얻을 수가 있는 에너지 회수이용 장치임

### 3.3.4 흡수식 열펌프

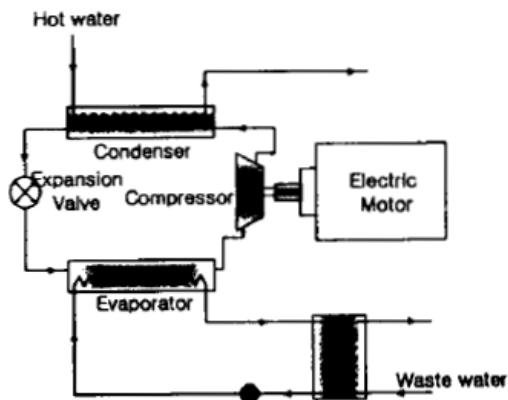
- 흡수식 열펌프와 기존 흡수식 냉동기와의 관계는 <그림 3.17>에 분류한 바와 같이 흡수식 냉동기가 증발기에 있어서의 흡열작용에 의해 냉각효과를 이용하는 것이라면 흡수식 열펌프는 응축기, 흡수기에서의 방출열을 이용하는 차이만 있음
- 한편 흡수식 냉온수기에 있어서는 난방운전시 흡수기와 응축기에서 온수를 만드는 경우가 있으나 이때에는 증발기로부터의 흡열작용은 없고 연료의 연소열만을 이용하고 있으므로 열펌프라고 할 수 없음



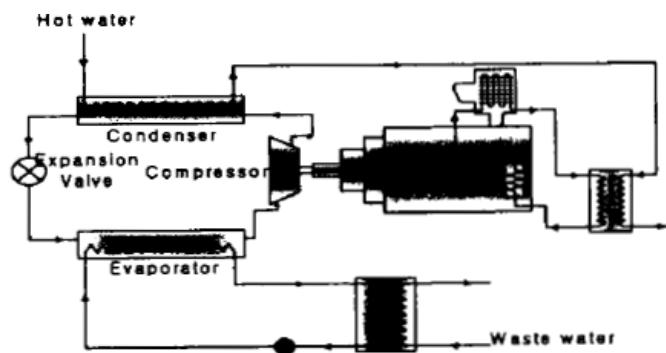
<그림 3.17> 흡수식 냉동사이클의 응용

### 3.3.5 가스엔진구동 열펌프

- 가스엔진을 이용하여 압축기를 구동하는 시스템으로서 가스엔진의 폐열을 회수하여 이용함으로써 종합효율을 향상시킬 수 있으며, 엔진의 회전수를 제어하여 부하특성에 대응함으로써 부분부하특성을 개선할 수 있음
- 가스엔진구동 열펌프는 <그림 3.18>과 같이 냉매를 압축하기 위한 압축기를 구동하는 전기식 모터대신 가스엔진으로 구동하는 열펌프 시스템임
- 가스엔진구동 열펌프의 작동원리는 압축기를 가스엔진으로 구동하는 것을 제외하고는 전기구동 압축식열펌프의 작동원리와 거의 같음



(a) 전기구동 열펌프시스템



(b) 가스엔진구동 열펌프시스템

<그림 3.18> 열펌프시스템

### 3.3.6 금속수소화물 열펌프

- 금속수소화물은 그 합금 중에 다량의 수소를 흡수, 저장하는 성질이 있어 이 성질을 이용하면 수소의 저장과 수송을 용이하게 할 수 있을 뿐만 아니라 이러한 금속수소화물은 수소를 흡수할 때 발열반응을 일으키며, 반대로 수소를 방출할 때 흡열반응을 함
- 다시 말하면 수소를 함유하고 있는 금속수소화물에 열을 가하면 합금과 수소가 분리 되면 반대로 합금과 수소를 함께 냉각시키면 합금은 수소를 흡수 저장함
  - 극히 빠른 속도로 행해지며 반응열이 매우 큰 특징을 갖고 있음

## 3.4 폐열을 이용한 동력회수 기술

- 산업체에서 배출되는 열을 이용하여 기계장치의 구동력 및 전력으로의 회수를 한다면 유익한 방법이 될 것임
- 산업 폐열로부터의 동력회수기술은 다음과 같음
  - 폐열 보일러에 의한 증기 터빈 발전기술
  - 고압증기의 회수 이용을 위한 Screw Expander 기술
  - 저온 배열 회수를 위한 유기랭킨사이클(ORC) 발전 기술
  - 저온열원으로부터 동력회수를 위한 열전발전 기술
  - 공기액화 공정 발생 수소 또는 메탄가스 이용 연료전지 발전 기술
  - 정유공장 감압공정 Gas Expander 발전 기술

### 3.4.1 ORC

- 유기랭킨사이클 (Organic Rankine cycle)란 주로 150°C 이하의 저온폐열을 이용하여 전력을 생산하는 기술.
- 시스템 구성은 기존 증기터빈 발전방식과 같으나 열매체로 물 대신에 비등점이 낮은 후레온을 사용하고 있어 일명 후레온터빈 이라고도 불리고 있음
- 후레온터빈은 열효율이 10-20% 수준으로 비교적 낮으며 또한 순환펌프등 시스템 자체소비전력을 제외한 정미출력은 10% 수준이므로 다른 곳에 더 이상 이용할 수 없는 최종배출 폐열을 회수하는 곳에 설치할 필요가 있으며, 200°C 이하의 저온폐열이 다양 연속적으로 배출되는 곳에 적합

### 3.4.2 열전발전 기술

- 열전발전(Thermoelectric Generation) 이란 변환소자의 양쪽에 온도차가 있을 경우 발생하는 기전력을 이용하여 발전을 하는 장치로서 폐열을 이용하여 무소음, 무공해 발전이 가능한 기술

- 에너지절약 잠재량이 대단히 크기 때문에 선진국에서 미래기술로 적극 개발 중
- 개발된 실용발전기는 현재 우주선, 극지, 벽지, 해저탐사용 등에 이용되고 있으며 열원으로는 대개 프로판, 부탄, 천연가스, 석유등이 사용
- 열전발전방식에는 반도체 열전발전과 액상금속열전발전으로 구분되며 주요 특성비교 결과는 <표 3.11>와 같음

<표 3.11> 열전발전 방식별 특성비교

항 목	반도체 열전발전	알칼리금속 열전발전
효율	8-11%(이론 : 20%)	10-30%(이론 : 40-50%)
수명	7-40년	5-20년
적용온도	-160°C ~ 1000°C	700°C ~ 1500°C
활용예	우주항공, 화력발전소	월면기지용
출력밀도	$\Delta T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 $0.8\text{ }w/cm^2$	1173K에서 $1.1\text{ }w/cm^2$
적용성	보일러, 소각로, 발전소	제철소, 고온처리공정

### 3.4.3 스크류 팽창기(Screw Expander)

- 스크류팽창기는 스크류압축기와 같이 나선형으로 된 암수 2개의 회전자로 구성
- 보일러 등에서 발생한 증기를 증기 사용처에서 필요로 하는 증기압력이 낮을 경우 감압밸브를 사용하여 증기압력을 낮추고 있으나 스크류 팽창기를 사용하면 증기압력차를 이용하여 발전 또는 송풍기, 펌프 등의 동력원으로 활용 가능
- 스크류장치는 현재 압축기로 널리 이용되고 있으나 일본을 중심으로 팽창기로 이용하는 기술을 개발하여 보급 중에 있으며 다음과 같은 특징을 가짐
- 증기, 온수가 혼합된 2상유체에도 적용이 가능하고, 500kw이하 소형의 경우 증기터빈보다 효율이 높고 습증기 사용 시 증기터빈에서 발생하는 Drain Attack 우려가 없음

- 부분부하 특성이 매우 우수하고 구조가 간단하여 유지보수가 용이해 왕복부분이 없어 진동이 적음

### 3.5 폐열 발전기술

- 현재 폐열발전 기술은 주로 단일 압력 폐열발전기술, 이중압력 폐열발전 기술, 플래싱 폐열발전기술, 애프터 버닝 폐열발전 기술 등이 존재
  - 단일압력 시스템은 상대적으로 설비조건이 간단하여 운전 및 보수유지가 용이
  - 이중압력 및 플래싱 시스템은 모두 스팀보충형 증기터빈을 적용하지만 이중압력 시스템은 저압과열증기를 보충하고, 플래싱 시스템은 포화증기를 보충
  - 이중압력 시스템은 단일압력 시스템보다 발전 효율이 약 8% 높지만, 시스템이 좀 더 복잡하다는 의견이 다수
  - 애프터 버닝 발전기술은 증기터빈의 단위 증기소모량을 효과적으로 줄여 시스템 발전량을 크게 증가시키고, 폐가스 온도의 변동성을 완화시키는 역할 가능

### 3.6 국내의 폐열회수 시스템 특허 현황

- 일본의 경우에는 2001년, 폐열회수 시스템에 대한 등록건수가 57건으로 가장 많이 나타났으나 2009년에는 한국, 미국, 일본 및 유럽 국가들보다 적은 18건을 기록
- 미국의 경우에는 특허등록이 35~50건 정도 꾸준히 증가하고 있는 추세
- 유럽의 경우에는 산업현장에서 버려지는 폐열에 대한 중요성을 오래전부터 인식하고 2000년 이전에 많은 연구를 진행한 결과 25~40건의 높은 특허 등록 건수를 기록
  - 한국의 경우에는 2001년에는 12건이었으나 반도체, 철강, 자동차 및 조선업계의 연구 진행으로 점차 증가하여 2006년에는 111건으로 가장 높은 특허 등록 건수를 기록

- 2006년을 기점으로 다른 선진국에 비해 다수의 연구가 진행 중
- 에너지 해외의존도가 95% 이상을 차지하는 우리나라의 경우도 '안정적 에너지 도입'과 '적극적인 해외에너지 자주개발'이라는 방향을 제시하여 2030년에는 폐열 활용 비율을 40%수준까지 올릴 계획

### 3.7 부식성 배가스 폐열회수 열교환기

- 연소 배가스 폐열회수에서 내식성 열교환기란 황(S)함유 저급 연료를 사용하는 보일러나 요로 또는 부식성 물질을 함유한 각종 소각설비 등으로부터 배출되는 배가스 (flue gas)의 폐열회수를 극대화하기 위한 폐열회수 열교환기
- 즉, 연소 배가스중에 포함 배출되는 SOx, NOx, HCl, 기타 부식성 물질에 대하여 화학적으로 안정성을 갖는 소재를 이용한 열교환기를 의미
- 저급 연료 사용의 열원설비(보일러, 요로, 소각로 등)의 배가스 폐열회수는 산(Acid) 부식문제로 일정 온도 이하까지는 회수 불가능한 영역으로 인지
- 이와 같은 현실에 대하여 열교환기의 저온부식에 대한 개념정리와 산노점 이하의 영역에서도 완벽한 내식 성능을 갖는 테프론(Teflon)소재의 flue gas 폐열회수 열교환기에 대한 특성과 적용성 및 투자 경제성 등에 대하여 관련 정보와 제조사의 자료를 참고하여 기술함

#### 가) 연소 배가스의 저온 부식과 파울링

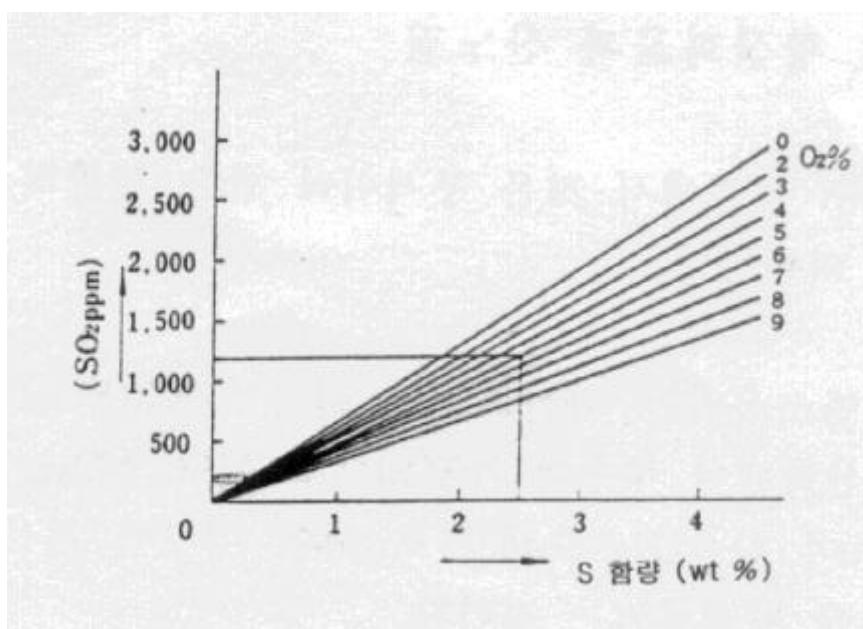
##### 1) Flue Gas 중 황산화물과 산노점

- Flue gas 폐열회수 장치에서 저온 부식이라 함은 일반적으로 산부식(Acid Corrosion)을 의미
- 황(S)함유 연료를 연소시키면 황산화물인 아황산가스(SO<sub>2</sub>)가 발생하고 이의 일부가 다시 산화되어 무수황산(SO<sub>3</sub>)이 만들어 지는데 SO<sub>3</sub>는 배가스 중의 수분(H<sub>2</sub>O)과 화합

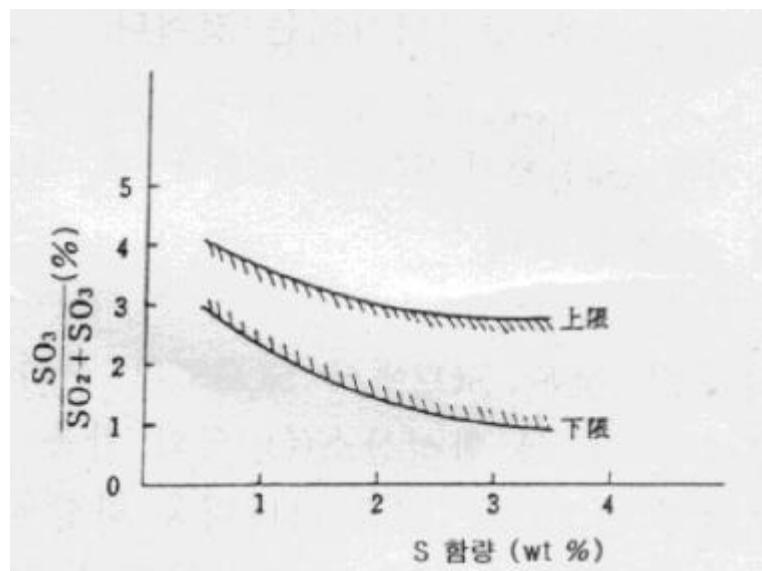
하여 황산( $H_2SO_4$ )증기로 되어 이것이 저온 금속 표면에 응축되어 산부식을 발생

- $S + O_2 = SO_2$  (아황산GAS)
- $SO_2 + 1/2O_2 = SO_3$  (무수황산)
- $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$  (황산 Vapor)

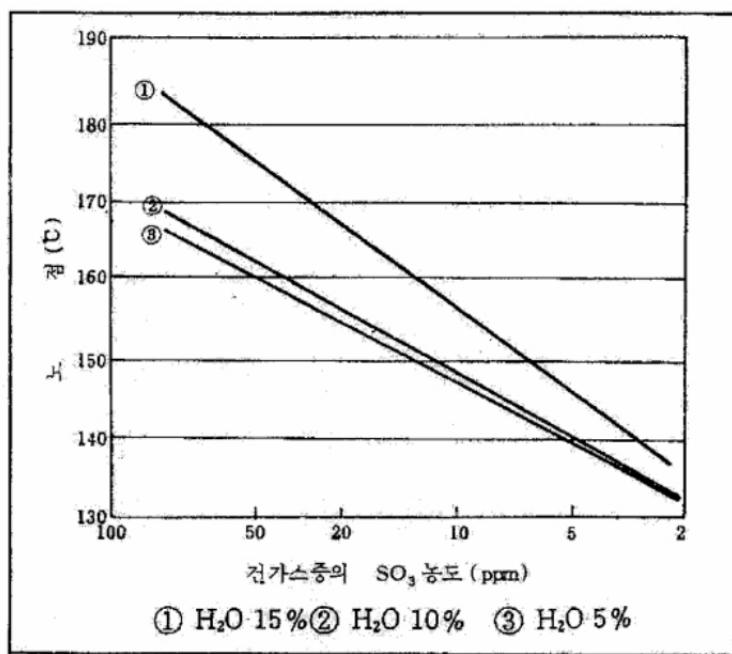
- 이와 같은 산이 응축되는 최고점의 온도가 산노점(Acid Dew Point)이고, 이온도는  $SO_3$ 의 농도에 의해 결정되어지는 것이다.
- 산노점은 <그림 3.19>, <그림 3.20>, <그림 3.21>과 같이 연료중의 황 함유율, 연소 공기비,  $SO_2$ 에서  $SO_3$ 의 전환율 및 배가스 중의 수분 함량등 4가지 요인과 관계가 있음
- 산응축에서 가장 중요한 것은  $SO_2$ 에서  $SO_3$ 로의 산화전환율이며 이와 같은 전환은 화염부에서  $SO_2$ 와 활성산소( $O_2$ )와의 반응 즉, 화염설과 고온부위의 전열관 표면에 존재하는 철과 바나듐화합물에 의한 촉매반응설이 있으나 결과론적으로  $SO_2$ 는 고온부에서 일부가 산화되므로  $SO_3$ 농도는 연료중의 S함량, 화염온도 및 공기비에 관계가 있다고 할 수 있음



<그림 3.19> 연료 중 황(S)과 배가스 중  $SO_2$  농도



<그림 3.20> 연료 중 황(S)과  $SO_2 \rightarrow SO_3$  전환율

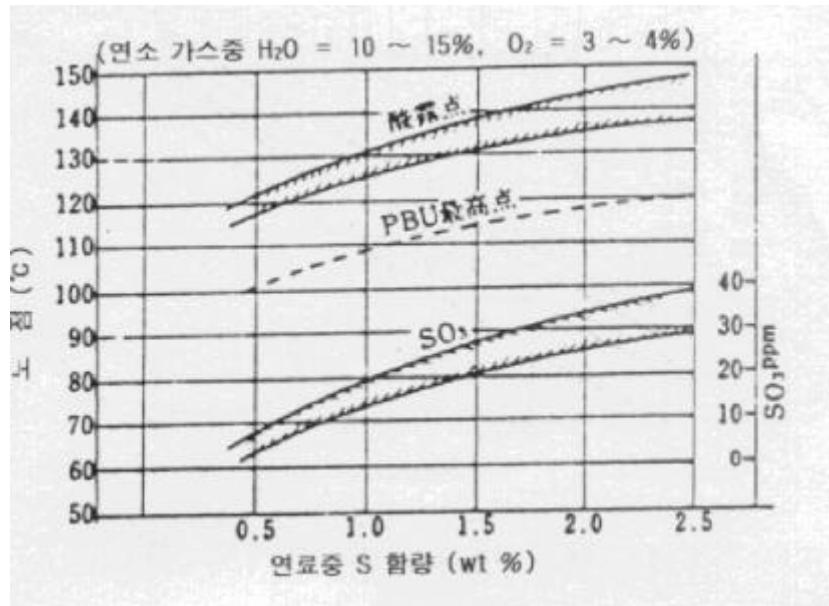


<그림 21> 배가스 중 수분함량과 산노점

## 2) 저온부식과 냉단 온도(저온부에서의 전열면 재질온도) 관리

- 배가스 폐열회수용 열교환기의 냉단온도는 대형발전보일러나 일반 산업용보일러 등 B-C유 사용 열발생설비의 경우 105~115°C로 관리

- S함량 1.6% 이상의 고유황 중유를 사용했던 오래 전부터 배가스 열교환기의 냉단온도는 115°C를 넘기지 않음
- 이온도는 실제적인 산노점 보다 상당히 낮은 값으로 이와 같은 냉단온도 관리는 산노점 부근에서는 산응축이 거의 일어나지 않고 있으며 실질적으로 산응축에 의한 부식 발생 온도는 산노점 보다 약 20°C 정도 낮은 수준임을 의미
- <그림 4.22>는 일반적으로 적용될 수 있는 조건 즉, 연소 가스중  $H_2O$ 가 10~15%,  $O_2$ 가 3~4% 범위에서 연료 중 S함량에 따른  $SO_3$  ppm, 산노점 그리고 실제적으로 산응축이 본격화 되는 R.B.U. (Rate of Build Up)점을 표시
  - 연료 중 S 0.5% B-C 사용의 경우 : 100°C
  - 연료 중 S 1.0% B-C 사용의 경우 : 110°C



<그림 4.22> 연료 중 S함량과  $SO_3$  농도 및 산노점

- 열 발생설비에 있어서 열 손실은 대부분이 배가스 열손실이라 가급적 배가스 손실을 줄여 연료를 절약하기 위해서는 산부식을 일으키지 않는 범위에서 최저수준까지 배가스 온도를 낮게 배출하는 것임
- 그러나 배가스 폐열회수 열교환기(GA/H, Economizer) 설치시 공기예열기(GA/H)의 경우 저온부 냉단온도는 열교환기(GG/H) 입구 공기온도와 최종 배가스온도와의 산술

평균값이 되므로 급기온도 0~20°C의 경우 배가스 최종 배출 온도는 230~210°C로서 연소입열의 10~12%를 초과

- 발전용 보일러의 경우는 증기식 공기가열기(SA/H)를 설치하여 급기를 예열 공급함으로써 배출 가스온도를 150~180°C 범위로 관리
- 탈기기가 없는 에코노마이저(Eco.)는 대부분의 발전 보일러에는 채용되고 있으나, 일반 증기보일러에는 채용되지 않음
- 발전보일러의 경우는 급수 중의 용존산소 관리목적의 탈기기(Deaerator) 출구 급수온도가 120~140°C이므로 GA/H 전단에 설치
- 일반 증기보일러의 경우는 급수온도가 60~80°C 범위이므로 저온 부식을 피하기 위해서는 별도 열원의 급수예열기(Feed Water Preheater)를 설치해야 하나 열교환기의 온도차이의 감소로 폐열회수의 큰 효과가 없음

### 3) 전열관의 파울링

- 부식성의 배가스에는 대개 오염성분을 함유한 분진이 다량 함유되어 있어 이러한 배가스에 열교환기를 사용하는 경우, 전열면에 분진의 부착으로 인한 파울링 현상이 발생
- 오염물질인 검댕이와 스케일의 열전도도는 그들의 성분과 침적상태에 따라 다르게 나타나나, <표 12>에 나타낸 것과 같이 일반 탄소강의 열전도도에 비하여 상당히 낮게 나타남
- 따라서 이러한 분진의 부착은 전열면에 단열재의 역할을 하여 보일러 등의 열효율을 급격하게 낮추게 됨
- 스케일에 의한 문제를 피하기 위하여 적절한 수처리가 필요하며, 정기적인 청소가 필요
- 급수측의 전열면의 청소는, 수처리 방안에 따라 다르지만, 대개 일년에 한번 정도 필요하며 이 경우 브러쉬를 사용한 인력에 의한 청소, 방청제를 함유한 산성액을 사용한 화학적 청소방법등이 사용

<표 3.12> 전열면 분진의 열전도도

스케일 또는 다른 재질	열전도도 (kcal/mh°C)
soot	0.06~0.1
oliy matter	0.1
scale as main component of silicates	0.2~0.4
scale as main component of carbonate	0.4~0.6
scale as main component of sulfate	0.6~2
mild steel	40~60

- 화학적 청소방법은 전문가의 도움을 받거나 주의하여 사용하여야 하며 만약 후처리가 적절하지 못하면, 화학세관에 의한 부식의 가능성이 있음
- 가스측 전열면의 청소는 대개 1~3달 사이에 한번 씩 브러쉬등으로 청소하여야함
- 이러한 기간 중에도 열교환기 출구에서의 배가스의 온도가 청소 직후의 온도보다 약 30°C 이상 높게 나타나는 경우, 청소가 필요
- 만약 연관보일러의 용량이 충분하면, 특수한 강철재의 난류발생장치(steel turbulator)를 연관에 넣어 연관내의 난류강도를 높여 열전달 계수를 증대시킬 수 있음

#### 나) 테프론 열교환기

##### 1) 열교환기의 소재와 내식성 재료

- 폐열회수를 위한 각종 금속제 열교환기의 경우 철강재료인 탄소강 및 저합금강, 주철, 스테인레스강과 기타 합금강, 비철재료인 구리, 알루미늄과 그들 합금으로 분류
- 미국 Battelle 연구소에서 90여종의 금속재료에 대한 부식실험을 실시한 결과 다음과 같은 재질은 가스보일러 응축형 열교환기 재질로 적합하지 않다는 결론을 얻음
  - 탄소강, 저합금강, 주철
  - 크롬성분이 없는 니켈합금
  - 롤리브덴성분이 없는 니켈크롬합금
  - 모든 구리 및 알루미늄 합금

- 주석, 아연, 카드뮴

- 금속재료 중 저온부식현상이 적은 재료로는 규소철, 티타늄, 페라리움, 인코넬, 하스텔로이 등이 있으나 대부분 가격이 고가로서 특수 용도에만 사용하고 있을 뿐이어서 폐열회수용 범용 열교환기로는 경제성이 낮음
- 황산 증기나 수용액에 대한 내식성이 강한 비금속 재료로는 세라믹, 유리, 내산법랑, 불소수지 코팅재, 에폭시, 플라스틱, 실리콘재료가 있고 탄화규소질 세라믹은 800 °C 이상의 고온 폐열회수에 적합
- 유리는 내산성은 우수하나 부스러지는 성질의 극복이 어렵고 내산법랑은 클래스 라이닝 이라고도 불리며 일반적으로 화학용기 탱크류 등에 많이 사용되고 있으나 대형화된 소성로가 필요하고 제작비용이 많이 들어 폐열회수용 열교환기 재질로는 특수 용도를 제외하고는 부적합
- 불소수지란 불소원자를 함유한 합성고분자(플라스틱)를 말하며 1938년 미국의 듀퐁사에 의해 테프론이라는 이름으로 소개된 이래 코팅 방법에 의해 응용범위가 광범위하게 확산되어 있으며 통산 PTFE, PFA, FEP, EPE, ETFE, PCTFE, ECTFE, PVDP, PVF 등이 있으며 열교환기 코팅 재료로는 내열성이 우수한 PTFE와 PFA가 주로 사용
- 불소수지는 표면온도 300°C 미만의 산성 용액 및 가스 분위기에서 강력한 내산성이 있어 이를 금속표면에 코팅하여 사용하면 금속재가 갖는 구조적 안정성과 테프론이 갖는 내화학성, 내식성, 비점착성, 발액성, 미끄럼성, 전기절연성 등의 장점을 고루 갖추고 있어 내구성이 높은 열교환기를 제작할 수 있어 부식성 가스 분위기에서의 폐열회수에 널리 이용

## 2) 불소수지 코팅재료의 특성

- 비점착성
  - 불소수지 코팅 열교환기는 표면에 물을 떨어뜨려 접촉각을 측정한 결과 접촉각이 너무 커서 보일러 배가스 중의 분진 및 SOOT 또는 급수중의 스케일이 잘 달라붙지 않으며 달라붙더라도 물세척 등으로 간단히 제거할 수 있어서 장기간의 사용시에도 전열성능의 저하가 매우 적기 때문에 오염물질이 많은 폐가스 열회수에 적합한 특성이 있음

- 불소수지 코팅표면에는 물이나 기름이 잘 달라붙지 않기 때문에 청소가 용이하고 열팽창계수가 크므로 적은 온도 변화에도 신축작용이 크고 장시간 사용에도 표면이 오염되지 않아 자동적으로 청결하게 유지
- 내화학성
  - 거의 모든 화학약품에 대하여 반응성이 없고 불활성이므로 어떠한 용제에도 분해하지 않는 이상적인 화학구조를 가지고 있으나 알칼리금속에 불소수지를 코팅한 경우에는 알칼리금속과 고도의 반응성을 지닌 불소화합제의 침투가 일어날 수 있으므로 주의
- 전기적 특성
  - 불소수지는 광대역 주파수에서 높은 절연성, 낮은 손실율과 우수한 저항율을 갖고 있어 정전기 방지 목적의 절연 코팅재로도 사용되며, 특히 고주파에 대한 특성이 좋아 위성방송부품, 컴퓨터 전선 등에도 사용
- 전열성능
  - 불소수지 자체의 열전도도는 강재의 1/100 정도로 낮기 때문에 전열성능은 불량하나 불소수지 코팅 두께가 1.0mm이하로 극히 얇으므로 총괄전열 성능에는 크게 영향을 미치지 않음

### 3) Flue Gas H/E 의 용도별 구조와 적용범위

- 공기예열기 등 GAS/AIR 및 GAS/GAS 열교환기
  - 종래의 관형 공기예열기와 유사한 구조이며 Glass Tube형, Teflon 라이닝 Glass Tube형, Teflon Tube형 등 3종류가 있음
  - 어느 경우이든 최고 사용 안전온도는 250°C로 규정하고 있으나 스테인레스강 또는 탄소강등과 같은 일반 소재와 조합하여 300°C 이상의 고온 배가스에도 적용이 가능
  - 배가스 온도 기준은 250°C이하이며, 250°C 이상인 경우는 다단(Pass수)으로 설계하여 스테인레스강 또는 탄소강 소재와 조합하여 사용
- 에코노마이저등 GAS/WATER 열교환기
  - 종래의 Tubular형과 전혀 다른 구조적 특징을 갖고 있음

- 종래형은 헤더, 튜브, U-BEND 등의 용접 일체형으로 되어있으나 Teflon Lining 신기술의 에코노マイ저는 상부 Header Plate에만 용접되고 하부는 Cap으로 Sealing 처리되어 열응력을 받지 않고 내식 소재 (Teflon) Lining을 완벽하게 처리할 수 있는 구조로서 부식에 의한 설비 사고는 생기지 않음
- 적용범위는 배가스측이 250°C 이하이며, 급수측은 150°C 이하 ( $40\text{Kg}/\text{cm}^2$  이하)
- 배가스 온도가 250°C 초과인 경우는 일반소재의 열교환기와 직열로 2단 설치하여 적용이 가능
- 백연방지 HEATER (GGH, Steam/GH)
- 현재에도 FGD (배연탈황시설)등 각종 소각배기 세정 Scrubber 의 세정 배기는 백연방지 대책으로 백연방지 Heater를 설치하여 습구온도보다 40 ~ 50°C 정도 높게 가온, 배출하고 있으나 국내의 경우 GAS 세정 Scrubber의 가스 Heater는 대체적으로 증기 가열식 열교환기가 채용되고 있으므로 막대한 증기를 소비
- 세정배기 중의 잔존 부식성 물질에 의한 부식문제로 Heater의 수명은 2-3년에 불과한 실정
- GGH는 이와 같은 배가스의 가온을 Scrubber 입구의 배가스 폐열을 이용함으로써 기존 Steam 사용을 100% 절감하고 장치수명도 반영구적으로 유지할 수 있는 장점을 가짐
- GGH 및 Steam-Gas Heater의 배가스 접촉부위는 Teflon Tube 및 Teflon으로 100% Lining 처리되고, 세정 후 Clean Gas 접촉부위 (Tube Plate 등)도 고내식 재료인 하스테로이-씨 합금(Hastelloy-C 22) 또는 Ni 합금으로 제작

#### 4) 배가스의 적정 폐열회수 온도와 Duct 부식

- FGD나 DeNOx 설비의 GG/H 용도의 경우는 회수 온도에 제한이 없음
- 그러나 일반 배가스 폐열회수의 경우는 열교환기 후단의 연도와 연돌의 부식 문제를 고려해야 함

- 또한 지나친 폐열회수는 연돌에서의 백연 발생을 수반하므로 배가스의 수증기 노점보다 40 ~50 °C 높은 온도로 배출될 수 있도록 계획
- B-C유 연소 배가스의 경우 배가스중 수분함량이 10%범위이므로 수증기 노점 (약 50 °C)을 고려하여 90~100°C가 적정하다고 할 수 있으나 열교환기 후단의 배기 Duct 및 금속제 연돌의 부식문제를 고려하여 110 °C이상이 타당하다고 판단
- 배기 Duct 보온의 경우 배가스 배출온도는 R.B.U점 이상이면 부식에 의한 Duct 수명 단축은 크게 염려되지 않는다고 판단
- Duct 및 연돌의 금속 재질은 스테인리스보다 일반 탄소강 (Carbon Steel)이 유리



## 4 장 현장조사 및 업체별(업종별) 분석

---

4.1 업체조사 개요 .....	111
4.2 현장조사 절차 및 방법 .....	112
4.3 제지업종 .....	115
4.3 염색업종 .....	157

---



## 제4장 현장조사 및 업체별(업종별) 분석

### 4.1 업체조사 개요

- <표 4.1>은 “산업단지 내 에너지 최적화 및 폐 에너지 공급 네트워크 구축방안 연구”에서 발췌했으며, 반월·시화스마트허브의 업종별 에너지 사용현황을 나타냄
- 반월·시화스마트허브에 입주해 있는 업체들을 2000TOE 이상 에너지를 소비하고 있는 것으로 조사됨
- 전체 에너지 사용량중 연료 55.8%, 전력 44.2%의 비율인 것으로 나타났으며, 특히 제조분야에서는 제지분야, 석유염색분야가 에너지 다소비 업종인 것으로 나타남
- 제조업종중 다양한 에너지를 소비하는 제지, 석유염색업체를 선정하여 본 연구에서는 선정된 업체를 방문하여 에너지 진단을 진행
- 폐열의 발생과 배출량 및 배출 온도를 통해 버려지는 에너지를 분석하고 그 결과를 바탕으로 폐열 시스템 제안

<표 4.1> 반월·시화스마트허브 업종별 에너지 사용현황(2009)

구분	반월·시화스마트허브		합계
	연료(TOE)	전력(TOE)	
기타	13,693	15,666	29,359
비제조	464,687	38,840	503,527
비철금속	52,248	64,050	116,297
석유화학	39,484	80,714	120,198
석유염색	135,768	58,382	194,150
음식료	22,766	15,852	38,619
전기전자	23,718	145,480	169,198
제약	10,017	36,974	46,990
제지	80,786	144,407	225,193
철강금속	30,228	88,730	118,958
피혁	7,559	7,499	15,036
합계	880,954	696,572	1,577,526
총업체수		191업체	

## 4.2 업체 현장조사 절차 및 방법

### 4.2.1 조사항목 및 분석방법

#### 가) 공정 분석

- 설외된 업체에 공장을 방문하기 전 공정도, 에너지 사용량, 회사소개자료 등 기초자료 수집을 통해 공정을 분석
- 하지만 업체의 설비투자 등으로 보유하고 있는 공정도가 바뀌었을 가능성이 있기 때문에 실무자와 면담과 현장방문을 통해 공정을 정확하게 분석

#### 나) 폐열 발생 부 온도 측정

- 폐열이 배출되는 공정에서 배출되는 폐열의 정확한 온도를 알기위해 비접촉식 온도계를 이용하여 폐열이 배출되는 배기구에 있는 측정공을 통해 측정
- 측정은 5분이상 측정하여 온도변화가 없을 때까지 측정하여 정확성을 높임

#### 다) 유량 측정

- 폐열이 배출되는 공정에서 배출되는 폐열의 양을 구하기 위해 열유량 측정기를 이용하여 폐열이 배출되는 배기구에 있는 측정공을 통해 측정을 진행
- 측정은 5분 이상 측정하여 유량계의 유량변화가 없을 때까지 측정하여 정확성을 높임

#### 라) 측정이 불가능한 공정의 폐열의 온도 및 유량 측정

- 측정공이 존재하지 않거나 사람이 접근하기 어려운 공정에서는 배출되는 폐열의 온도 및 유량을 측정하는 것이 어려움

- 전문에너지진단업체를 통해 받은 에너지진단보고서를 통해 온도 및 유량을 파악하거나, 배기구에 있는 팬의 용량을 파악하여 간접적으로 계산함

#### 4.2.2 조사장비

- 현장에서 사용하였던 장비들에 대한 장비들은 총 3가지로 간단히 기기의 명칭과 사진을 첨부

##### 가) 열화상카메라

- 모든 물체는 적외선을 방사하는데 사람의 눈에는 이 적외선 방사가 보이지 않으나 열화상 카메라는 복사하는 광량을 측정하여 적외선을 영상으로 볼 수 있음
- 열화상 카메라는 비정상적으로 온도가 높거나 낮은 부분을 즉시 발견할 수 있어서 각종 산업의 설비 점검 분석에 필수적이며 이상적인 도구
- 현장방문을 통해 눈으로 보이지 않는 폐열의 배출되는지를 확인하기 위해 이 장치를 활용

##### 나) 비접촉 온도 측정기

- 온도 측정기로 폐열의 온도를 측정하기 위해 사용하는 기기로 고온의 유체도 측정가능
- 실시간으로 온도 값을 산출할 수 있고, 고온의 폐열을 안전하게 측정할 수 있는 장점을 가지고 있음

##### 다) 열유량 측정기

- 폐열의 유량을 측정하는 장비로 실시간으로 유량을 측정할 수 있음



<그림 4.1> 비접촉 온도 측정기

## 4.3 제지업체

### 4.3.1 현장조사 결과

가) A업체

1) 현장사진



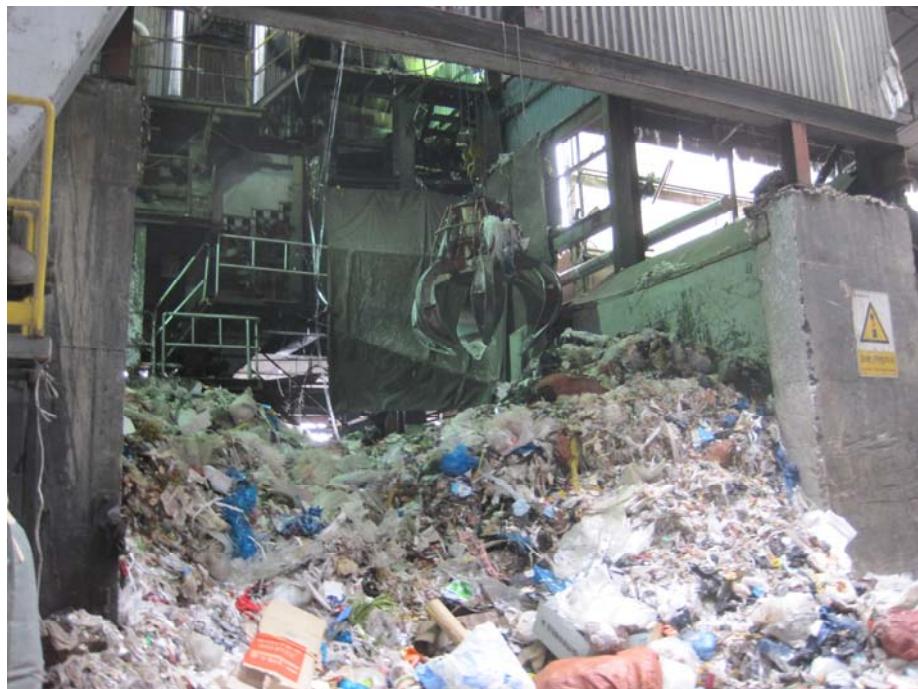
<그림 4.2> 소각시설 처리 계통도



<그림 4.3> 소각시설 운전실



<그림 4.4> 폐열 보일러 일부

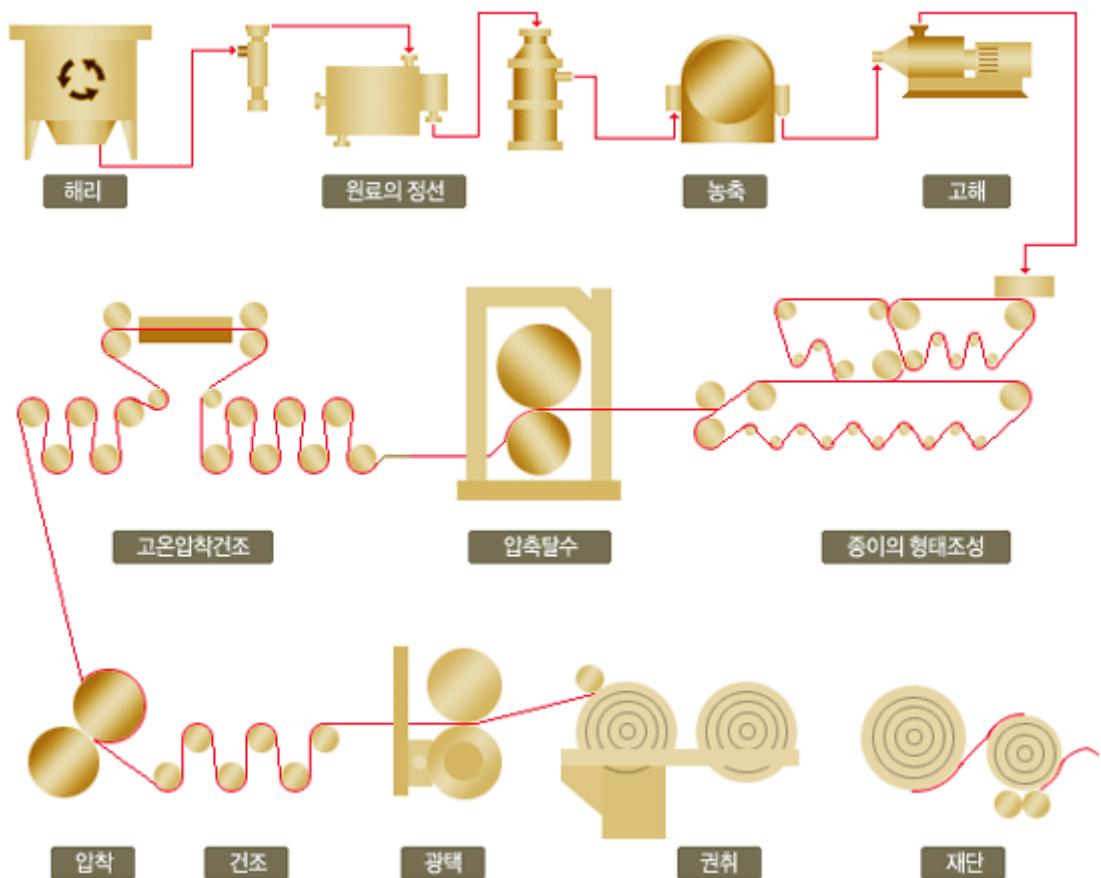


<그림 4.5> 소각시설



<그림 4.6> 초지기

## 2) 공정도

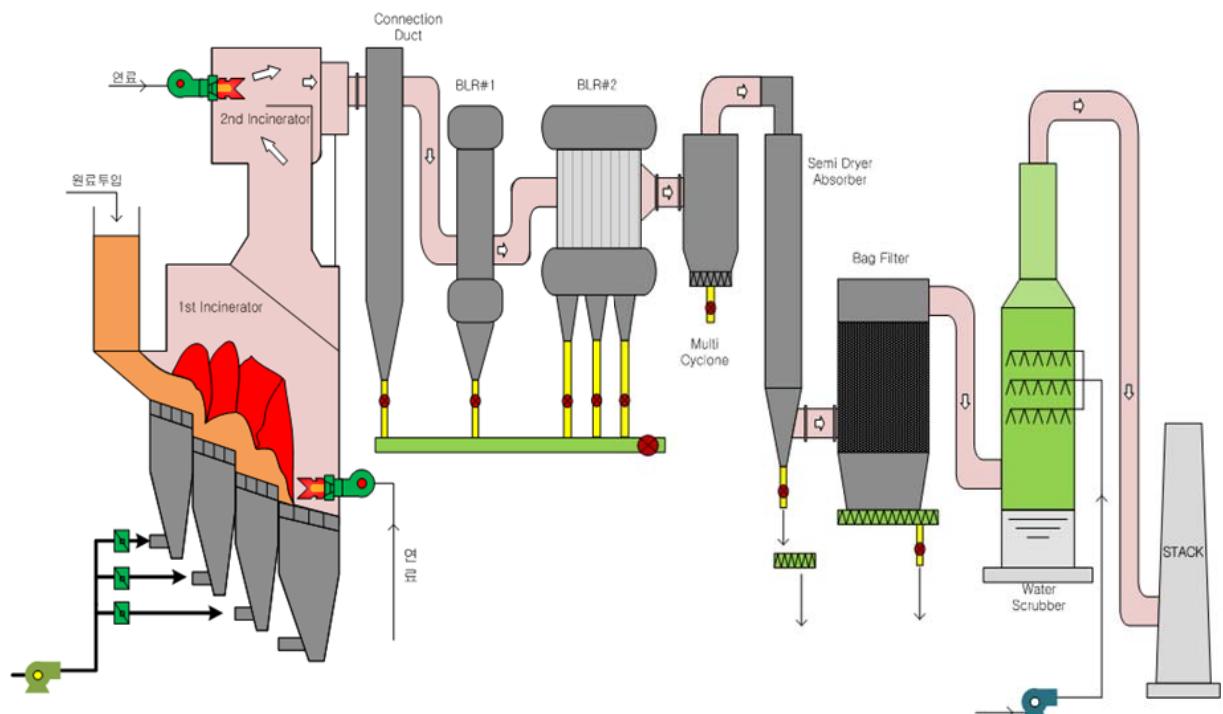


<그림 4.7> 제지 생산공정

- ① 해리: Pulp를 물에 풀어 이해 시키는 공정
- ② 원료의 정선 : 해리된 원료를 BASKET를 통과시켜 섬유를 정선하는 스크린 공정과 비중차를 이용하여 원심분리식 정선하는 클리닝 공정
- ③ 농축 : 최종 정선된 원료를 망을 통과하여 탈수하는 방식으로 농축하는 공정
- ④ 고해 : 농축된 원료의 섬유를 갈아 유연하게 하는 고해공정(REFINER)
- ⑤ 종이의 형태조성 : 초조공정이라고도 불리며 종이의 형태를 형성하는 공정(WIRE PART)
- ⑥ 압축탈수 : 초조된 지필을 가압하여 탈수하는 공정

- ⑦ 고온압착건조 : 초조된 지필을 갑하여 압착후 건조하는 공정
- ⑧ 건조 : 압착, 탈수된 지필을 건조하는 공정
- ⑨ 광택 : 최종 건조된 종이를 다단가압방식으로 광택하는 공정
- ⑩ 권취 & 재단 : 건조, 광택된 종이를 최종 권취하고 고객의 요구에 맞게 재단하는 공정

- 소각로처리시설 계통도



<그림 4.8> 소각로처리시설 계통도

### 3) 주요 생산품

- ① 라이너지 : 전자제품 및 공산품, 농산물 등의 포장용 박스를 만드는 골판지의 외장용 원자로 생산재료 및 생산방법에 따라 Kraft Liner, Jute Liner, Condebelt Liner로 분류

- Jute Liner : 제품표면 Top층의 주원료로 Pulp를 사용하거나, Pulp의 색상을 낸 원료를 사용하고 표하층에 고지를 사용한 원지로서, 박스제품의 표면에 주로 사용
  - Condebelt Liner : 고온, 고압축의 Condebelt 건조방식을 이용한 제품으로서 표면의 평활성이 매우 좋아 인쇄적성이 좋고 내마모도가 향상되며 비파열강도와 비압축강도가 일반건조 방식의 원지에 비하여 30% 이상 높아 골심지나 표면지 모두 다방면으로 사용할 수 있는 제품
  - Coated White Liner : 표면 인쇄성을 향상시키기 위해 원지의 표면층에 Clay 및 기타원료로 혼합된 Coating Color 액을 Curtain 방식으로 도포한 제품이며, 주로 고급 농산물 상자 및 프리프린터 인쇄방식의 공산품 상자에 사용
- ② 골심지 : 골심지는 Liner 원지와 함께 상자를 만드는 골판지의 중간 부분에 들어가며, 주름 형식의 골로 만들어져 포장지의 압축강도를 높여주어 상품을 안전하게 보호하는 역할을 수행
- ③ 이면지 : 이면지는 상자의 맨 뒷부분(안쪽)으로 국내 고지 100%를 사용하여 생산하는 제품

#### 4) 회수방안

- ① 초지건조기 배기열회수
- 동일제지는 초지기 1기가 설치 가동중이며 Enclosed Hood 출구의 배기온도는 90°C 전후이고 #2 Exhaust Hood에는 Air to Air와 Air to Water 열교환기가 직열로 설치되어 있다. 나머지 Exhaust Hood에는 Air to Air 열교환기만 설치되어 있으며 이들 Exhaust Hood의 최종 배기온도는 평균 53°C 정도로서 양호한 상태이다.
- ② 소각로 배기
- 소각로 설치현황은 <그림 4.8>과 같으며 스팀 Generator가 직열로 4기가 설치되어 있어 7.5K 정도의 스팀이 평균 총 45t/hr 정도가 발생되어 공정에 사용되고 있다. 네번째 Generator 출구(환경 후처리기기 전)의 배가스온도는 210°C 정도로 양호한 상태로 배출

되고 있어 배가스열 추가회수는 타당하지 않다. 배가스량은 평균  $5,000 \text{ m}^3/\text{min}$  ( $80^\circ\text{C}$  기준) 정도이다.

배가스열 회수 방법은 다음과 같은 세가지 방법이 있다. 첫째는 폐열보일러 전열면적을 늘려 스팀발생량을 증가시키는 방법이며, 둘째는 Economizer를 설치하여 폐열보일러 급수온도(현재  $95^\circ\text{C}$  정도)를 올리는 방법이고 셋째는 Airpreheater를 설치하여 연소용 공기온도를 높여 공급하는 방법이다.

### ③ 폐수열회수

공정에 투입되는 공정용수 온도가 년평균  $12^\circ\text{C}$  정도로서 낮아 폐수열을 회수하기 위한 폐수열회수기를 설치하여 공정수온도를 승온시킬 필요성이 제기되고 있다. 폐수처리장의 방류수 현황은 다음과 같다.

표 2

방류수량(t/d)	년평균 방류수 온도(°C)	공장 용수사용량 (t/d)	년평균공정수 온도(°C)	승온시킬 공정수량(t/d)
2,000	30	3,300	12	2,000

- 절감량

- 절감열량

$$\begin{aligned}
 & 2,000,000 \text{ kg/d} \times 335 \text{ 일/년} \times (27 - 12) \times 0.9(\text{안전율}) \\
 & = 5,248,800,000 \text{ kcal/년}
 \end{aligned}$$

- 연간 스팀절감량

$$\begin{aligned}
 & = 9,045,000,000 \text{ kcal/년} \div (660 \text{ kcal/kg} - 100 \text{ kcal/kg}) \\
 & \quad \times 0.9 \text{ (안전율)} \div 1,000 \text{ kg/t} \\
 & = 14,536 \text{ t-스팀/년}
 \end{aligned}$$

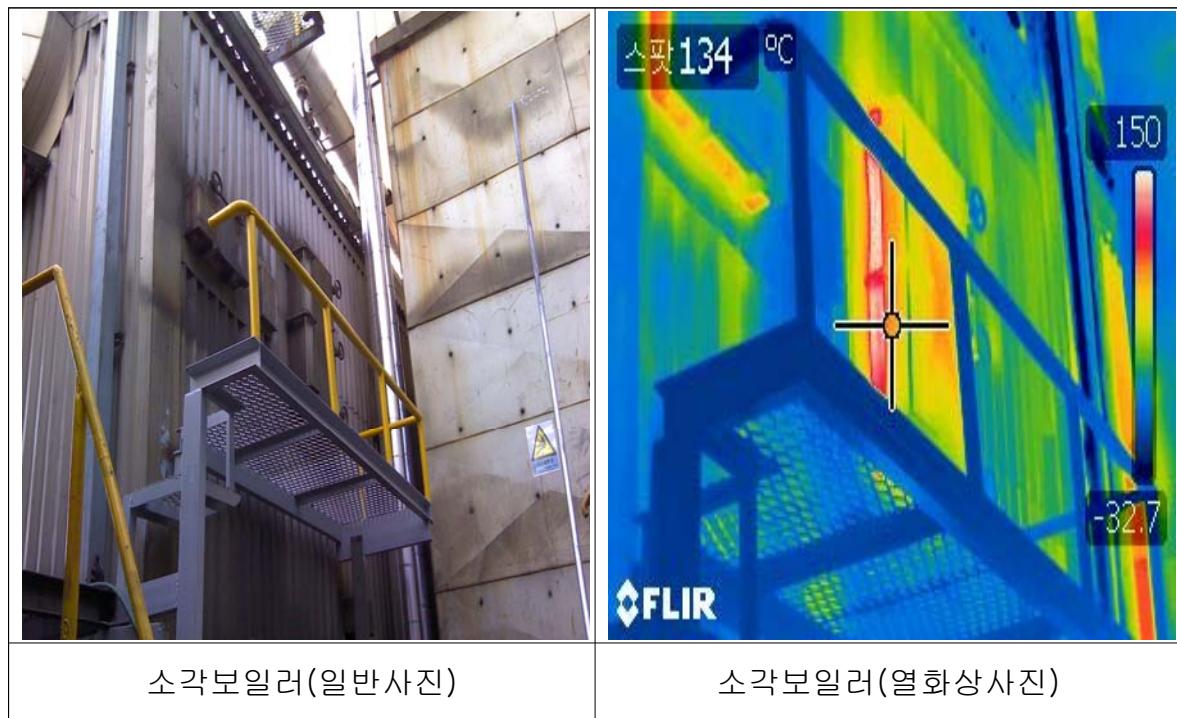
- 연간 절감액

$$\begin{aligned}
 & = \text{연간 량스팀절감} \times \text{스팀단가} \\
 & = 14,536 \text{ t-스팀/년} \times 38,900 \text{ 원/t} \\
 & = 565.4 \text{ 백만원/년}
 \end{aligned}$$

- 투자비 : 200 백만원
- 투자비 회수기간
 
$$= 200 \text{ 백만원} \div 565.4 \text{ 백만원/년}$$

$$= 0.4 \text{ 년}$$

## 5) 보온상태 (열화상 사진)



- 2nd 폐열보일러 측면 열화상사진으로서 Spot부분 부근의 표면온도가 높아 보온강화가 요구됨.
- 1st 폐열보일러 측면 열화상사진으로서 Spot부분 부근의 표면온도가 높아 보온강화가 요구됨.



소각보일러(일반사진)



소각보일러(열화상사진)

## 나) B업체

### 1) 현장사진

- 기밀사항으로 촬영금지

### 2) 회수방안

#### ① 소각로 배기열 회수

소각로 설치현황은 그림과 같으며 스팀 Generator가 직열로 3기가 설치되어 있어 7.7K 정도의 스팀이 평균 총 35t/hr(= 5t/h + 24t/h + 6t/h) 정도가 발생되어 공정에 사용되고 있다. 세 번째 Generator 출구(환경 후처리기기 전)의 배가스온도가 270°C 정도로 높아 배가스열 추가회수가 필요하다. 배가스량도 7,000 m³ (3,519 Nm³/min)로 다량 이므로 폐열을 회수하고 현재보다 50°C 정도 낮게 배출하도록하면 효과가 클것으로 판단된다.

배가스열 회수 방법은 다음과 같은 세가지 방법이 있으며 적절한 방법을 선택하도록 한다. 첫째는 폐열보일러 전열면적을 늘려 스팀발생량을 증가시키는 방법이며, 둘째는 Economizer를 설치하여 폐열보일러 급수온도(현재 95°C 정도)를 올리는 방법이고 셋째는 Airpreheater를 설치하여 연소용 공기온도를 높여 공급하는 방법이다.

#### o 절감량

##### - 회수가능 열량

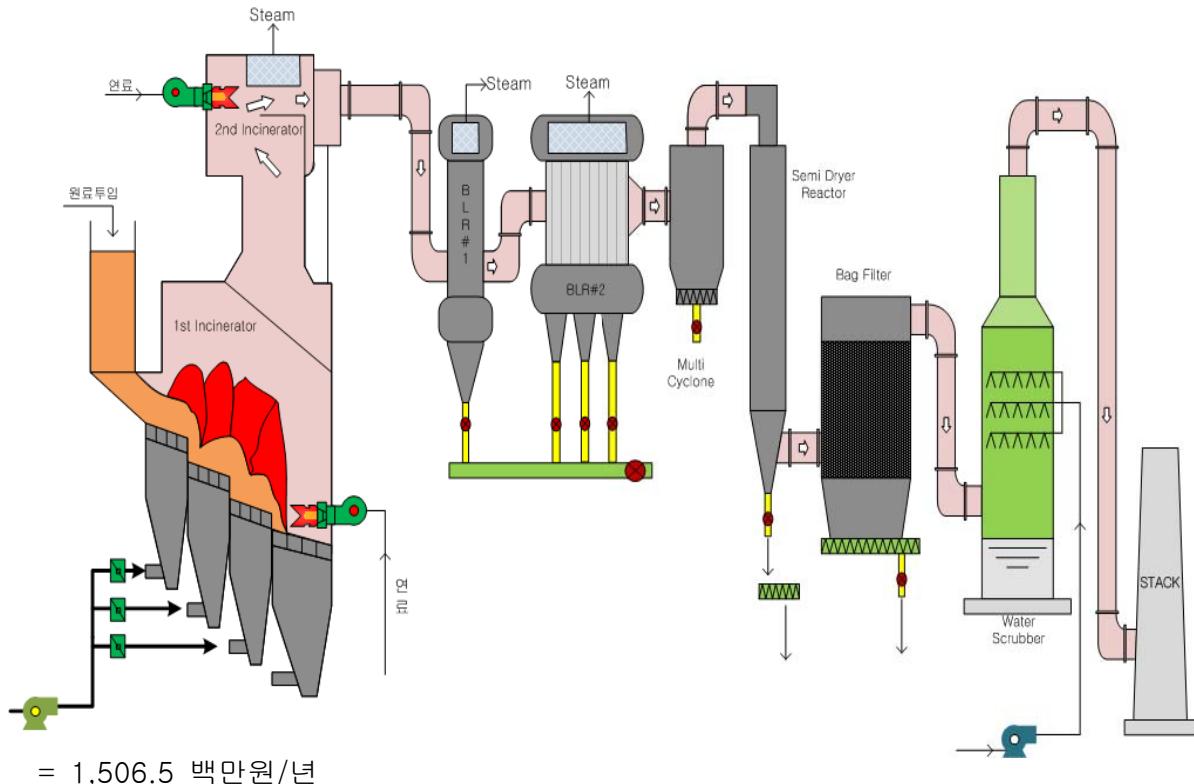
$$\begin{aligned} &= 3,519 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 60 \text{ min/hr} \times 24 \text{ hr/d} \times 27 \text{ d/m} \times 12 \text{ m/yr} \\ &\times 0.33 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ °C} \times (270 - 220) \times 0.9 \text{ (효율)} \\ &= 24,381,095,900 \text{ kcal/yr} \end{aligned}$$

##### - 추가 발생가능 스팀량

$$\begin{aligned} &= 24,381,095,900 \text{ kcal/yr} \div (661.6 - 95) \times 0.9 \text{ (안전율)} \div 1,000 \text{ kg/t} \\ &= 38,727 \text{ t/yr} \end{aligned}$$

#### o 절감액

$$= 38,727 \text{ t/yr} \times 38,900 \text{ 원/t}$$



○ 투자비 : 500 백만원

○ 투자비 회수기간

$$= 500 \text{ 백만원} \div 1506.5 \text{ 백만원/년}$$

$$= 0.3 \text{ 년}$$

## ② 초지건조기 배기열 회수

1호 초지기는 Enclosed Hood가 설치되어 있으나 사정상 Hood를 열어놓고 Open Hood로 운전하고 있어 Exaust 배기의 온도가 낮아 열회수의 경제성이 떨어진다. 2호 초지기는 5기의 Exaust 배기Duct가 설치되어 있으며 Air to Air 배기열회수 Air-preheater가 1배기, 2배기와 3배기 합한 Duct, 4배기와 3배기 합한 Duct에 각각 설치되어 있어서 2호기 Air-preheater는 총 3기가 설치되어 있고 최종 Exhaust 배기Duct는 3기이다.

### #2호초지기 배기 현황

구 분	#1	#2	#3	#4	#5
-----	----	----	----	----	----

Hood출구온도(°C)	77	82	83	84	85
열교환기출구온도	66	76		71	
풍량 (Nm³/hr)	71,700	72,800	83,700	63,200	7,100

o 절감량

– 회수가능 열량

$$= 298,500 \text{ Nm}^3/\text{hr} \times 24 \text{ hr/d} \times 27\text{d/m} \times 12 \text{ m/yr}$$

$$\times 0.31 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ °C} \times (83 - 50) \times 0.9 \text{ (효율)}$$

$$= 21,370,699,150 \text{ kcal/yr}$$

– 절감 가능 스팀량

$$= 21,370,699,150 \text{ kcal/yr} \div 661.6 \times 0.9 \text{ (안전율)} \div 1,000 \text{ kg/t}$$

$$= 29,071 \text{ t/yr}$$

o 절감액

$$= 29,071 \text{ t/yr} \times 38,900 \text{ 원/t}$$

$$= 1,130.9 \text{ 백만원/년}$$

o 투자비 : 500 백만원

o 투자비 회수기간

$$= 500 \text{ 백만원} \div 1,130.9 \text{ 백만원/년}$$

$$= 0.4 \text{ 년}$$

③ 폐수열회수

공정에 투입되는 공정용수 온도가 년평균 12°C 정도로서 낮아 폐수열을 회수하기 위한 폐수열회수기를 설치하여 공정수온도를 승온시킬 필요성이 제기되고 있다. 폐수처리

장의 방류수 현황은 다음과 같다.

방류수량(t/d)	년평균 방류수 온도(°C)	공장 용수사용량 (t/d)	년평균공정수 온도(°C)	승온시킬 공정수량(t/d)
1,200	30	2,000	12	1,200

o 절감량

- 절감열량

$$\begin{aligned} & 1,200,000 \text{ kg/d} \times 27 \text{ 일/월} \times 12 \text{ 월/년} \times (27 - 12) \times 0.9(\text{안전율}) \\ & = 5,248,800,000 \text{ kcal/년} \end{aligned}$$

- 연간 스텀절감량

$$\begin{aligned} & = 5,248,800,000 \text{ kcal/년} \div (660 \text{ kcal/kg} - 100 \text{ kcal/kg}) \\ & \quad \times 0.9 \text{ (안전율)} \div 1,000 \text{ kg/t} \\ & = 8,435 \text{ t-스팀/년} \end{aligned}$$

o 연간 절감액

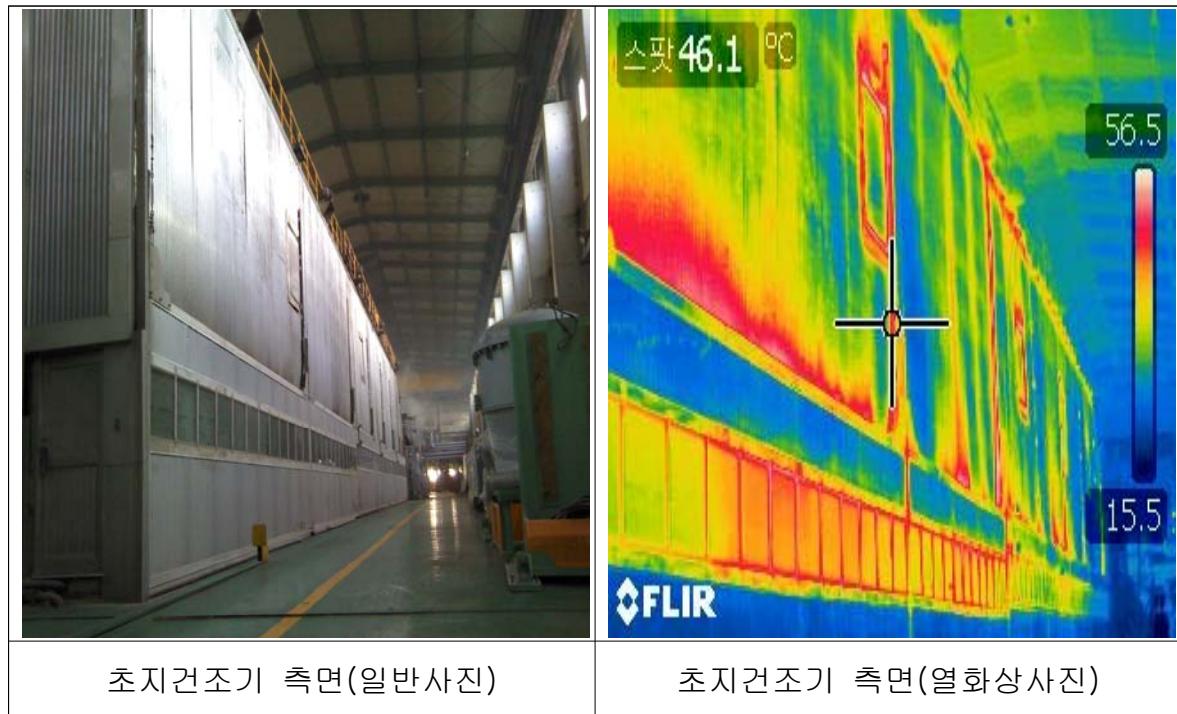
$$\begin{aligned} & = \text{연간 량스팀절감} \times \text{스팀단가} \\ & = 8,435 \text{ t-스팀/년} \times 38,900 \text{ 원/t} \\ & = 328.1 \text{ 백만원/년} \end{aligned}$$

o 투자비 : 150 백만원

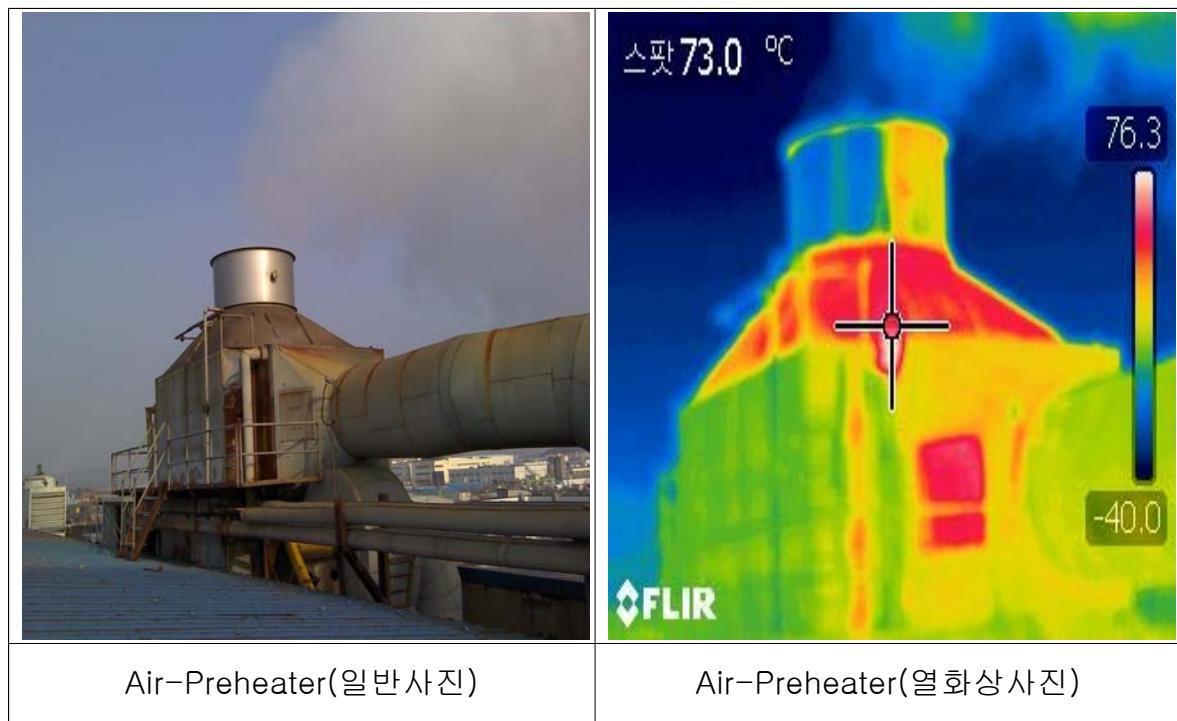
o 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} & = 150 \text{ 백만원} \div 328.1 \text{ 백만원/년} \\ & = 0.5 \text{ 년} \end{aligned}$$

6) 보온상태 (열화상 사진)



- 열화상사진의 좌측 중간부분의 표면온도가 높아 단열강화가 요망됨.



- 초지건조기 Exhaust Hood Air to Air 열교환기 열화상사진으로서 단열상태가 양호함을 보여주고 있음.

### 4.3.2 제지업종 현황

#### 가) 일반현황

##### 1) 제지목재 산업의 개요

- 제지산업은 나무, 넝마, 고지 및 기타 섬유물질로 펄프를 제조하거나 펄프로 종이 및 판지를 제조하는 산업 활동과 종이를 재가공하여 가공지, 종이용기와 기타 펄프, 종이 및 판지의 제품을 제조하는 산업
- 제지산업은 크게 종이와 판지, 펄프를 포함하는 업종으로 목재칩을 이용하여 펄프를 생산하는 펄프제조업과 생산된 펄프와 폐지를 원료로 하여 각종 종이 및 판지를 생산하는 종이 및 판지제조업으로 구분
- 「펄프, 종이 및 종이제품 제조업」은 목재부산물을 원료로 사용한다는 공통점이 있으나, 최종생산물의 성격, 제조공정, 부가가치창출단계, 폐기물의 특성에 있어 서로 상이한 구조를 가짐
- 한국표준산업분류(KSIC)의 펄프·종이 및 종이제품 제조업(C17) 중 제지공업연합회 회원사 기준으로 제지산업은 펄프·종이 및 판지제조업(C171)에 해당되며, 펄프 제조업(1711)과 종이 및 판지 제조업(1712)으로 구분

<표 4.9> 제지 산업의 범위

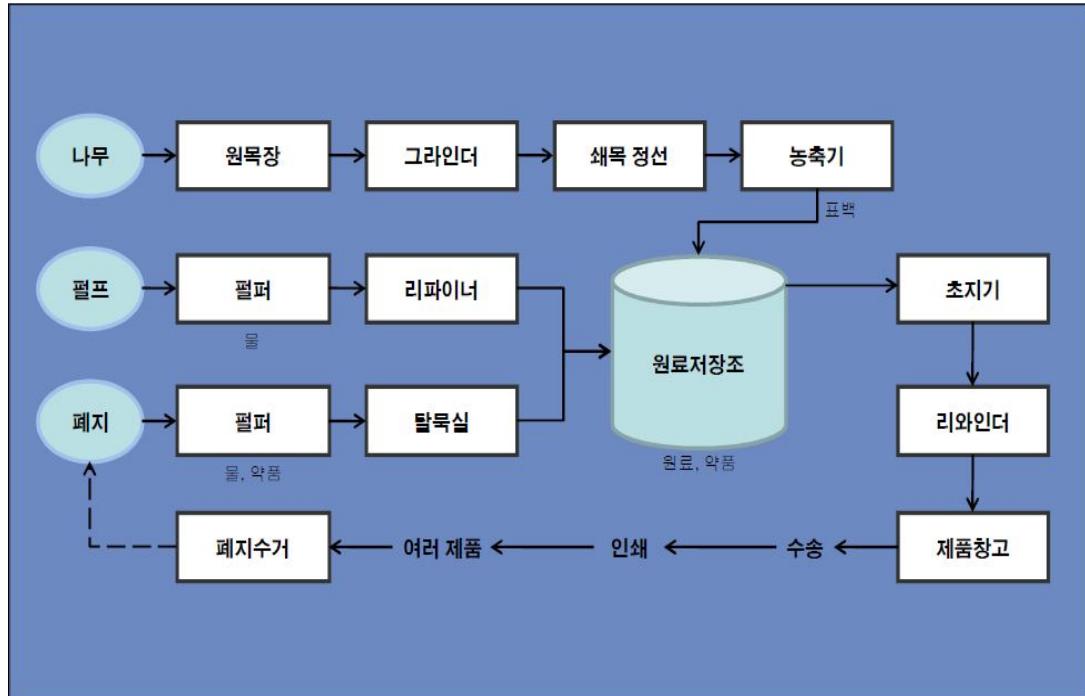
산업세분류		산업분류번호
펄프, 종이 및 종이제품 제조업 (17)	펄프, 종이 및 판지제조업 (171)	펄프제조업 (1711)
		펄프제조업
		17110
		신문용지 제조업
		17121
		인쇄용 및 필기용 원지 제조업
종이 및 판지제조업 (172)	종이 및 판지제조업 (172)	17122
		크라프트지 및 상자용 판지 제조업
		17123
		적층, 합성 및 특수표면처리 종이 제조업
		17124
		기타 종이 및 판지 제조업
		17129

출처: 제지업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인

- 종이 · 판지는 문서기록과 정보전달 수단, 포장 및 생활용품으로 활용하는데 있어 필수 불가결한 수단으로 활용되고 있어 국가별 문화수준의 척도를 1인당 종이소비량으로 나타내고 있을 정도로 종이 및 판지 산업은 중요한 국가 기간산업의 위치를 차지
- 제지산업은 신문용지, 인쇄용지, 판지, 위생용지 등 경제 · 산업 활동 및 문화생활 등 국민들의 일상생활에 있어서 필수적인 소재산업으로서 국내뿐만 아니라 해외 각국도 이에 대한 중요성을 감안하여 자급체제를 유지
- 펄프제지산업은 내수 중심 성향이 강하기 때문에 일반 경기 동향에 따라 종이수요가 크게 좌우되며 일반적으로 GDP 수준에 비례하여 성장하는 특성이 있음
- 부가가치에 비해 원료 및 제품의 수송비용이 높고, 제조원가에서 에너지 비용이 약 15%를 차지한다는 점에서 에너지다소비산업으로 분류되며 타 산업에 비해 4~5배 이상의 에너지를 사용

## 2) 주요 공정 및 제품 구분

- 주요 공정
- 종이의 제조공정을 간략하게 설명하면 먼저 산림에서 생산된 목재를 박피한 후 집으로 제조하여 이것을 화학처리, 기계처리, 화학기계처리를 하여 섬유화고, 섬유화된 펄프는 제지공장에서 충전제(돌가루), 사이즈제, 강도향상제 등 여러 첨가제들과 혼합하여 탈수하고, 압착 및 건조하여 최종 종이를 제조하여 종이의 특성을 부가하기 위하여 도공(coating) 등의 후가공 처리를 함



<그림 4.18> 제지 공정 모식도

출처: 제지업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인

- 제품 구분

- 종이의 원료인 펄프는 주로 목재에서 제조되지만, 그 제조방법을 크게 나누면 기계펄프, 화학펄프, 기타펄프(폐지펄프 등)로 분류
- 종이는 어떤 기준으로 분류하느냐에 따라 여러 형태로 나뉠 수 있는데, 국내에서는 크게 두께에 따라 종이류와 판지류로 분류되고, 종이는 종이·판지를 통칭하기도 하며, 판지에 대응하는 용어로도 사용됨

<표 4.10> 펄프 및 종이의 분류

대분류	중분류	소분류	용도
펄프	펄프	기계펄프	잡목펄프, 열기계펄프, 화학기계펄프
		화학펄프	아황산펄프, 소다펄프, 크라프트 펄프
		기타펄프	고지펄프, 비목재펄프, 짚펄프
종이	신문용지	권취지	신문인쇄용지
		평판지	평판으로 재단된 용지(속침 갱지)
	인쇄용지	백상지	고급서적, 고급인쇄물 등에 사용되는 백색종이
		아트지	달력, 카탈로그 등(백상지를 코팅, 도공인쇄용지)
		중질지	일반서적, 교과서, 잡지, 공책용지 등
	기타지	위생용지	화장지, 미용지, 타월용지, 티슈지 등
		크라프트지	중포대(설탕, 시멘트 등의 포대), 서류봉투 등
		박엽지	사전, 성경책 등에 이용되는 얇은 종이
		기타 특수지	도화용지, 레자크지, 정보용지, 인화지, 여과지 등
판지	백판지	도공 백판지	약품, 의류, 신발상자 등 상품포장용으로 이용되며 코팅되어 인쇄적성이 좋은 판지
		비도공 백판지	용도는 도공백판지와 같으나 인쇄적성이 다소 떨어지는 코팅되지 않은 백판지
	골판지	라이너	전자제품, 식품, 농산물 등의 상자를 만드는 골판지의 표면과 이면에 쓰임
		골심지	골판지 가운데 주름으로 쓰임
	기타판지	기타판지	그림엽서, 화장품 등에 이용되는 고급판지, 서류화일, 노트표지 등에 사용되는 황판지 등

출처: 한국산업은행 보고서(2006), 한국제지공업연합회

- 펄프

- 종이를 제조하기 위한 원료인 펄프는 목재 및 비목재 펄프로 구분하며, 펄프제조에 사용되는 원료와 제조법에 따라서 구분
- 제조방식에 따라 기계펄프, 반화학펄프, 화학펄프로 나뉘며, 판지 제조 등에 활용되는 폐지펄프인 탈목펄프로 구분

<표 4.11> 화학/기계 펄프 비교

구 분	기계펄프	반화학적 펄프	화학펄프
방 법	약품과 열을 전혀 사용하지 않거나 약간 사용하며, 기계적인 에너지에 의하여 펄프화	화학적 기계적 처리를 병용하여 펄프화	약품과 열이 이용되며, 기계적인 에너지는 거의 사용하지 않는다.
수 율	고수율(90~95%)	중간 수율(55~90%)	저수율(40~55%)
섬유의 특성	섬유가 짧고 순수하지 못하다.(약함, 불안정함)	중간 정도의 성질을 지니며 일부 독특한 성질을 지닌다.	섬유가 길고 순수하다.(강함, 안정함)
인쇄성	인쇄 품질 양호	-	인쇄 품질 불량
표백성	표백 곤란	-	표백 용이
종 류	쇄목펄프 리파이너 기계 펄프 열기계 펄프	중성 아황산 반화학 펄프 고수율 크라프트 펄프	크라프트 펄프 아황산 펄프 소다 펄프

출처: 산업·발전부문 온실가스·에너지 목표관리제 업종별 이행전략, 에너지관리공단

<표 12> 화학펄프의 종류와 용도

명 칭	분 류	사용 목재	제조방법	용 도
황산염 펄프 (SP: sulfite pulp)	산성 아황산 펄프, 중성 아황산 펄프, 알칼리성 아황산 펄프	주로 활엽수	아황산과 아황산염으로 중해함	신문용지, 하급지 및 중질지에 20~0% 사용
알칼리 펄프 (AP: alkaline pulp) (KP)	소다 펄프 (soda pulp)	활엽수	수산화나트륨과 탄산나트륨으로 중해	신문용지, 중성지, 화장지, 판지 인쇄용지에 소량 사용

출처: 산업·발전부문 온실가스·에너지 목표관리제 업종별 이행전략, 에너지관리공단

- 종이 및 판지

- 종이는 종이 · 판지를 통칭하기도 하며, 판지에 대응하는 용어로도 사용한다. 종이는 초기공정상 단층이며, 판지에 비하여 상대적으로 얇다. 판지는 펄프 또는 폐지 등을 배합하여 여러 층으로 겹뜨기 한 두꺼운 종이를 지칭
- 종이류는 다시 그 사용 용도에 따라 세분화되는데 종이의 분류 기준은 크게 원료의 배합비율, 코팅의 유무, 사용 펄프의 종류, 사용 기능에 따른 분류방식으로 나눌 수 있음
- 인쇄용지는 인쇄용 서적용, 아트지용으로 활용되는 고급용지로 인쇄용지의 표면 및 이면처리 방식에 따라 비도공 인쇄용지, 미량도공 인쇄용지, 도공 인쇄용지, 특수 인쇄용지 등으로 구분
- 포장용지는 표백상태를 중심으로 미표백 포장용지와 표백포장용지로 구분
- 미표백 포장용지는 종대용, 일반, 유선 등의 크라프트제 용지를 포함하고, 표백포장용지는 편면광택의 편광지나 백봉투지 등 용도별로 제품이 구분되어 있음
- 판지는 용도별로 골판지 제조용 판지와 종이상자(지제용기)용 판지로 대별
- 골판지 제조용 판지는 용도별로 라이너(골판지원지)와 골심지로 구분되어 생산되고 있으며, 종이상자 제조용 판지는 백판지와 기타판지로 분리
- 제지산업은 원자재 투입에서 초기공정, 가공공정까지 일관자동화가 요구되어 대규모의 설비투자가 필요한 자본집약적인 장치산업이며, 생산품별 생산설비 및 투자 규모가 다름
- 시설투자 규모는 M/T당 종이 제품은 3억 원, 펄프는 4억 원으로 추정되며, 국제규모의 경제성을 갖는 설비투자 소요금액은 1,500억 원(500M/T)~3,000억 원(1,000M/T)이라는 막대한 비용이 산출
- 펄프는 4,000억 원(1,000M/T) 정도의 설비 투자자금이 소요되어야 국제규모의 생산경제성을 보장하여 타 산업보다 2~3배의 장치 집약적 특성을 보유하고 있으며 자본의 고정화가 심하기 때문에 가동률이 곧 경영의 성패로 작용하고 있는 여건상 시장경쟁이 매우 심하며, 신규기업의 진입도 어렵다는 특성이 있음

<표 4.13> 제지업종의 국제규모 시설투자비

	국제규모 일일생산능력(M/T)	M/T당 시설비	국제규모 시설투자비(억 원)
종이 및 판지	500~1,000	3억 원	1,500~3,000
펄프	1,000	4억 원	4,000

출처 : 한국제지공업연합회

- 한국은 전체 쓰레기에서 폐지가 분류되는 원활한 국가적 시스템으로 인해 폐지를 재활용하는 정도가 높아. 국내에서 생산되는 제지에 재생펄프를 원료로 사용하는 비중이 커서 제지산업은 자원재활용이 활발한 산업이라고 할 수 있음
- 또한 각 기업체에서도 폐지를 이용해 제품을 생산할 수 있는 설비 및 기술이 구축이 되어 있기 때문에 제지산업의 자원 재활용률은 상당히 높다고 할 수 있음
- 따라서 폐지를 재활용하는 제지산업은 환경보호적인 측면에서도 상당히 기여를 하고 있는 특징을 가짐
- 그럼에도 불구하고 제지산업은 에너지 다소비 산업 중 하나로 꼽히는데 그 이유는 설비의 운영에 있어서 전력의 사용이 대다수를 이루며 공정에 필요한 스팀생산을 위해 에너지연소가 필수적이라 탄소 집약적 산업이기 때문
- 이에 따라 타 산업 군들에 비해 최소 4~5배의 에너지를 사용하고 있으며 온실가스 다 배출 산업군에 포함
- 세부적으로 살펴보면 제조원가에서 차지하는 에너지 비용은 10%를 상회하고 있으며 에너지 절감기술과 신규 설비 구축, 신규 기술개발은 경쟁력을 높이는 수단이 될 수 있으나 그에 따른 비용적인 측면이 높음으로 인해 쉽게 적용되지 못하고 있는 산업군
- 주 원재료인 펄프의 해외의존도가 87.1%이상을 차지하고 있어 제지업종은 원자재 수입의존도가 높은 사업이라는 특성이 있어 국제가격 변동에 따라 업계의 채산성 및 경쟁력이 크게 영향을 받는 취약한 산업구조를 보임
- 반면 골판지원지, 신문용지 등 원재료로 사용되는 폐지는 대부분 국내 폐지로 조달하

고 있으며, <표 4.7>,<표 4.8>을 통해 2010년 우리나라의 폐지 재활용률(회수율)은 92.7%로 연간 약 10,185천 톤의 국산폐지를 재활용한 것으로 집계

- <표 4.9>에서 폐지 재활용률이 80% 이상인 국가는 우리나라를 비롯하여 2개국에 불과하며 특히 제지 산업 규모가 세계 10위권 이내 국가 중에서는 우리나라가 유일

<표 4.14> 원료(펄프 및 폐지) 사용량

(단위 : Mt)

년도	펄프사용량			폐지사용량		
	국산	수입	계	국산	수입	계
2006	501	2,417	2,917	7,455	1,212	8,668
2007	425	2,518	2,943	7,998	1,149	9,147
2008	516	2,395	2,911	7,902	1,212	9,113
2009	388	2,380	2,768	7,851	1,084	8,935
2010	360	2,438	2,797	8,857	1,328	10,185

출처 : 한국제지공업연합회

- 국내 펄프·제지업계는 그동안 탈북 기술 개발 등 꾸준한 노력을 통해 폐지재활용률을 정부 목표치보다 훨씬 높은 수준인 90%이상으로 끌어올림으로써 원료난 타개는 물론, 펄프대체 효과를 통해 온실가스 발생량을 저감하고 이를 통해 탄소 흡수원인 산림을 보호하는 순기능을 가짐

<표 4.15> 한국의 연도별 국산폐지 회수율 추이

연도	2005	2006	2007	2008	2009	2010
회수율 (%)	71.8	75.4	80.8	83.3	89.9	92.7
회수량 (천 톤)	7,086	7,455	7,998	7,902	7,851	8,857

출처 : 한국제지공업연합회

<표 4.16> 2010년 세계 주요국 폐지 재활용률(회수율)

구분	한국	일본	중국	대만	미국	독일	영국	프랑스
회수율 (%)	92.7	77.6	45.3	73.0	62.1	78.7	76.4	70.7

출처: RISI (Resource Information System Incorporated)

- 대부분의 펄프가 산림에서 벌채한 목재로부터 섬유소를 추출하여 제조하는 것과 달리 폐지를 재활용하는 경우에는 펄프 제조에 필요한 목재벌채과정 및 펄프제조를 위한 에너지소비가 필요 없기 때문에 온실가스 흡수원인 산림을 보호하고 자원순환 측면에서 친환경적이라고 할 수 있음
- 특히, IEA에서는 한국의 제지산업에 대한 평가에서 높은 폐지재활용률로 인해 에너지 효율이 높은 것으로 조사하여 보고
- 한국제지공업연합회에서는 서울대학교와 공동으로 폐지재활용에 따른 온실가스 저감효과에 대한 연구를 진행한 바 있으며, 이에 따르면 지종에 따라 차이는 발생하지만 평균적으로 폐지 1톤을 재활용하는 경우 1.07379tCO<sub>2</sub>를 저감하는 효과와 동일한 것으로 분석한 결과가 있음

## 나) 국내·외 제지목재 산업의 동향

### 1) 국내 제지목재 산업의 동향

- 우리나라의 제지산업은 화학펄프공장 1개사(무림 P&P㈜), 제지공장과 같이 운영되는 기계펄프공장 1개사(주)전주페이퍼)의 펄프회사와 약 120여 개 공장에서 각 지종의 종 이를 생산
- <표 4.10>에서 2009년 우리나라 제조업과 제지산업을 비교해 보면 제지산업은 전체 제조업에서 차지하는 비율이 생산액에서 약 0.77%를 차지하고 있으며, 22.7억 달러를 수출하여 전체 수출액의 약 0.62%를 차지
- 제지업에 고용된 인원은 15천여 명으로 전체 제조업의 0.61%를 차지
- 제지산업은 기본적으로 원료 및 제품의 부피가 크고 과다한 수송비로 내수 지향적 수요구조를 가지고 있으나, 국내 제지산업은 1990년대 이후 급격한 설비 증설이 잇따르면서 내수부분이 공급초과를 보임에 따라 동남아, 중국 등지를 중심으로 수출이 증가하는 추세
- 2010년 기준 제지산업의 해외수출 비중은 총 출하량의 약 25.5%

<표 4.17> 제지산업의 비중 (국내)

년도	생산액 (10억 원)			수출 (억\$)			고용 (천명)		
	제조업	제지 산업	비중 (%)	제조업	제지업	비중 (%)	제조업	제지업	비중 (%)
2009	1,121,973	8,658	0.77	3,635	22.7	0.62	2,453	15	0.61
2008	1,122,986	9,246	0.82	3,635	22.7	0.62	2,454	16	0.65
2007	948,644	7,490	0.79	4,220	25.8	0.61	2,508	15	0.60
2006	912,763	7,635	0.84	3,714	23.3	0.63	2,926	19	0.65
2005	851,789	7,810	0.92	3,255	22.0	0.62	2,866	18	0.63

출처 : 통계청, KOSIS

- 2000년대 중반 이후 주요 수출 시장이었던 중국이 생산설비 확대, 가격경쟁력 확보 등으로 수출환경이 악화됨에 따라 내수시장의 경쟁이 격화
- 원재료 가격 상승에도 제품가격 인상이 어려워짐에 따라 2006년 이후 지속적인 구조 조정을 거쳐 지종별 시장에서 대부분 공고한 과정체제를 구축
- 2010년 내수경기의 회복세로 인한 소비심리 개선, 전반적인 산업 생산 증가 등으로 총 지류의 내수는 2009년 대비 7.3% 증가하였으며 수출은 3.06%감소
- 국내 제조업 중 차지하는 비중은 타 산업에 비해 낮으며 업종 내 중소기업 비중이 상대적으로 높은 편이며 제지업종의 성장률은 국내경제성장 둔화에 따라 다소 준화 되고 있는 실정이지만, 포장재로 사용되는 골판지원지 등의 판지류는 꾸준히 성장

<표 4.18> 제지업종 매출액별업체수

매출액	100억 이하	100~500억	500~1,000억	1,000~5,000억	5,000억 이상
업체수	14	16	11	19	4

출처 : 한국제지공업연합회

- 제지업종의 생산능력은 판지류 5,990MT, 인쇄용지 2,926MT 등의 순이며, 공급과잉 및 영세한 중소기업 비중이 높음에 따라 수익개선 및 경쟁력 강화를 실현하지 못한 업체는 사업장의 폐쇄, 공장 내 일부공정 가동중지 등이 이어지고 있는 실정
- 최근에는 국내 제지업종의 생산능력이 크게 늘지 않고 있으며, 신규진입에 대한 경쟁이 줄어들어 안정적인 공급체제를 유지

&lt;표 4.19&gt; 국내 생산품별 생산능력 및 생산량

(단위 : Mt)

연도	구분	합 계	신문용지	인쇄용지	포장용지	판지	기타
2006	생산능력	10,843	1,619	2,764	278	5,367	815
	생산량	10,703	1,612	3,094	203	5,106	689
	가동률	98.7%	99.6%	111.9%	73.0%	95.1%	84.5%
2007	생산능력	10,511	1,520	2,652	275	5,261	803
	생산량	10,932	1,630	3,133	231	5,331	607
	가동률	104.0%	107.2%	118.1%	84.0%	101.3%	75.6%
2008	생산능력	11,560	1,585	2,926	269	5,990	790
	생산량	10,642	1,562	3,094	220	5,166	600
	가동률	92.1%	98.5%	105.7%	81.8%	86.2%	75.9%
2009	생산능력	11,560	1,585	2,926	269	5,990	790
	생산량	10,481	1,464	2,977	218	5,219	603
	가동률	90.7%	92.4%	101.7%	81.0%	87.1%	76.3%
2010	생산능력	11,560	1,585	2,926	269	5,990	790
	생산량	11,106	1,556	3,230	220	5,677	622
	가동률	96.1%	98.2%	110.4%	81.8%	94.8%	78.7%

출처 : 한국제지공업연합회

## 2) 최근 업계 환경

- 우리나라의 펄프산업은 화학펄프공장 1개사(동해펄프㈜), 제지공장과 같이 운영되는 기계펄프공장 1개사(주)전주페이퍼)가 운영
- 제지공장은 약 120여 개 공장에서 각 지종의 종이를 생산하고 있고 2006년 우리나라 제조업과 제지산업을 비교해 보면 제지공업은 전체 제조업에서 차지하는 비율이 생산액에서 약 0.8%를 차지
- 23억 달러를 수출하여 전체 수출액의 0.6%를 차지하며 제지업에 고용된 인원은 1만 9,000여 명으로 전체 제조업의 0.7%를 차지
- 제지산업은 경제·산업 활동과 문화생활, 국민들의 일상생활에 있어서 필수적인 소재 산업으로서 각국은 종이의 중요성을 감안하여 자급체제를 유지
- 제지산업은 전형적인 내수산업으로 부가가치에 비하여 원료 및 제품의 크기(부피)가 매우 크므로 수송비가 과다하여 내수 중심의 산업 성격을 띠며, 일반 경기 동향에 따라 종이수요가 크게 좌우되어 GDP 수준에 비례하여 성장하는 특성이 있음
- 90% 이상이 내수로서 소비되며 우리나라는 일부 특수 종이류를 제외하고는 대부분을 자급 중
- 또한, 제지산업은 원자재 투입에서 초지공정, 가공공정까지 일관자동화가 요구되어 대규모의 설비투자가 필요한 자본집약적인 장치산업이며, 생산대비 에너지 사용량이 많은 에너지 다소비 업종으로 제조원가 중 에너지 비용이 10~15%로 특히 건조에 따른 에너지 소비가 타 업종에 비해 크게 차지하고 있음
- 제지산업은 생산량의 10배 이상의 공업용수가 사용되고 표백제, 지력증강제 등 다양한 화학약품 사용으로 대량의 공해물질을 유발
- 주 원재료인 펄프의 해외의존도가 79.7%이며, 특히 주종인 화학펄프는 삼림자원의 절대부족으로 해외 의존도가 82.3%에 이르고 있음

- 반면에 골판지원지 등 산업용지의 원재료로 사용되는 고지는 대부분 국내 폐지로 조달하고 있으며, 2007년 우리나라의 폐지재활용률(회수율)은 80.8%로 연간 800만 톤의 국산폐지를 재활용한 것으로 집계
- 신문용지
  - 신문용지는 직거래형태를 띠는 공급구조를 가지고 있으며, 신문발행이 정기적으로 이루어지는 특성 때문에, 용지의 안정적인 공급능력이 필수적
  - 수요자의 재고 확보능력의 한계로 인해 수요업체와 제조업체간 긴밀한 유대관계를 통한 구매가 이루어지고 있어, 시장으로 신규 진입이 어려운 구조를 형성
  - 신문용지 시장은 초기 투자비용이 높은 편으로 국내는 4개 사의 과점형태로 시장이 형성

<표 4.20> 신문용지 시장점유율

업체명	매출액 (백만 원)	점유율 (%)
(주)전주페이퍼	704,460	55.18
대한제지(주)	208,760	16.35
페이퍼코리아(주)	201,983	15.82
보워터코리아(유)	161,400	12.64

출처 : KISLINE, 2010년 기준

- 인쇄용지
  - 인쇄용지 산업은 1992~1997년 사이에 집중적인 설비증설이 이루어졌고, 2000년 이후 내수시장의 고질적인 공급과잉을 해소하지 못하고 있음
  - 2002년 이후 펄프 가격은 지속적인 상승을 하였으나, 원재료비 상승을 제품가격 인상으로 전가하지 못해 수익구조가 악화되었고 이에 따라 폐업 및 공장일부 폐쇄, 가동중지 등 업계 구조조정이 이루어져왔음
  - 인쇄용지 3사인 한솔제지(아트원제지 포함), 한국제지, 무림페이퍼(무림SP포함)의 시장

점유율은 약 90%에 육박하는 등 살아남지 못한 중소기업을 제외한 대기업 구조로 시장이 형성

<표 4.21> 인쇄용지 시장점유율

업 체 명	매출액 (백만 원)	점유율 (%)
한솔제지(주)	788,829	24.97
무림페이퍼(주)	666,990	21.12
한국제지(주)	664,142	21.03
아트원제지(주)	500,965	15.86
흥원제지(주)	269,096	8.52
(주)전주페이퍼	148,307	4.70
무림SP(주)	120,367	3.81

출처 : KISLINE, 2010년 기준

- 골판지원지 및 백판지
  - 거액의 설비투자가 필요한 장치산업으로 시장으로서의 신규진입에 제약이 있고, 사업장이 수요 지역 위주로 분산, 분포되어 대부분 거래기업과 장기 계약을 맺고 있는 등 비교적 안정적인 시장을 형성
  - 국내 골판지 원지 회사는 약 20여개에 이르고 있으며 타 지종에 비해 시장점유율이 비교적 분산되어 있으며 택배업 등의 발달로 수해를 보고 있는 업종

<표 4.22> 골판지 시장점유율

업 체 명	매출액 (백만 원)	점유율 (%)
신대양제지(주)	265,711	13.61
아세아제지(주)	227,742	11.66
동일제지(주)	213,573	10.94
(주)월산	211,320	10.82
(주)고려제지	170,195	8.72
아세아페이퍼텍(주)	159,299	8.16

출처 : KISLINE, 2010년 기준

<표 4.23> 백판지 시장점유율

업체명	매출액 (백만 원)	점유율 (%)
한솔제지(주)	496,152	41.05
깨끗한나라(주)	291,343	24.10
세하(주)	159,887	13.23
(주)한창제지	148,003	12.24
신풍제지(주)	113,303	9.37

출처 : KISLINE, 2010년 기준

- 위생용지

- 위생용지는 국민소득 및 생활수준에 비례하여 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 계절의 영향에 따른 생산량 변동이 있는 지종
- 제품은 용도에 따라 크게 화장지, 티슈, 기저귀, 생리대 등으로 구분되며, 이중 화장지와 티슈가 전체 위생용지 시장의 약 85%를 차지
- 위생용지 생산 업체는 업종의 타 지종생산 공정과 유사한 화장지원단을 생산하는 업체와 원단을 구입하여 완제품을 단순 가공하는 업체로 분류

<표 4.24> 위생용지 시장점유율

업체명	매출액 (백만 원)	점유율 (%)
유한킴벌리(주)	967,509	47.78
깨끗한나라(주)	224,370	11.08
(주)LG생활건강	141,900	7.01
삼정펄프(주)	141,742	7.00
(주)쌍용씨앤비	136,575	6.75
(주)모나리자	117,553	5.81

출처 : KISLINE, 2010년 기준

- 화장지원단은 주로 대기업이 생산하며 이외 단순가공의 경우 초기 설비투자비가 비교적 적어 시장진입이 용이해 100여개 이상의 작은 기업들이 가공
- 기저귀 및 생리대 시장은 기술집약적 제품으로 진입장벽이 높고 브랜드 이미지가 제품 구매에 중요한 요인으로 작용하여 소수 대기업 위주의 시장을 형성

### 3) 반월·시화 스마트허브 제지업체 현황

- 우리나라 골판지원지 업체의 현황은 다음 표와 같으며 반월·시화스마트허브에 위치한 제지업체들은 모두 골판지원지 생산업체들
- 반월·시화스마트허브는 우리나라의 주요 골판지원지 생산지임을 알 수 있음

<표 4.25> 우리나라 골판지원지 생산업체 현황

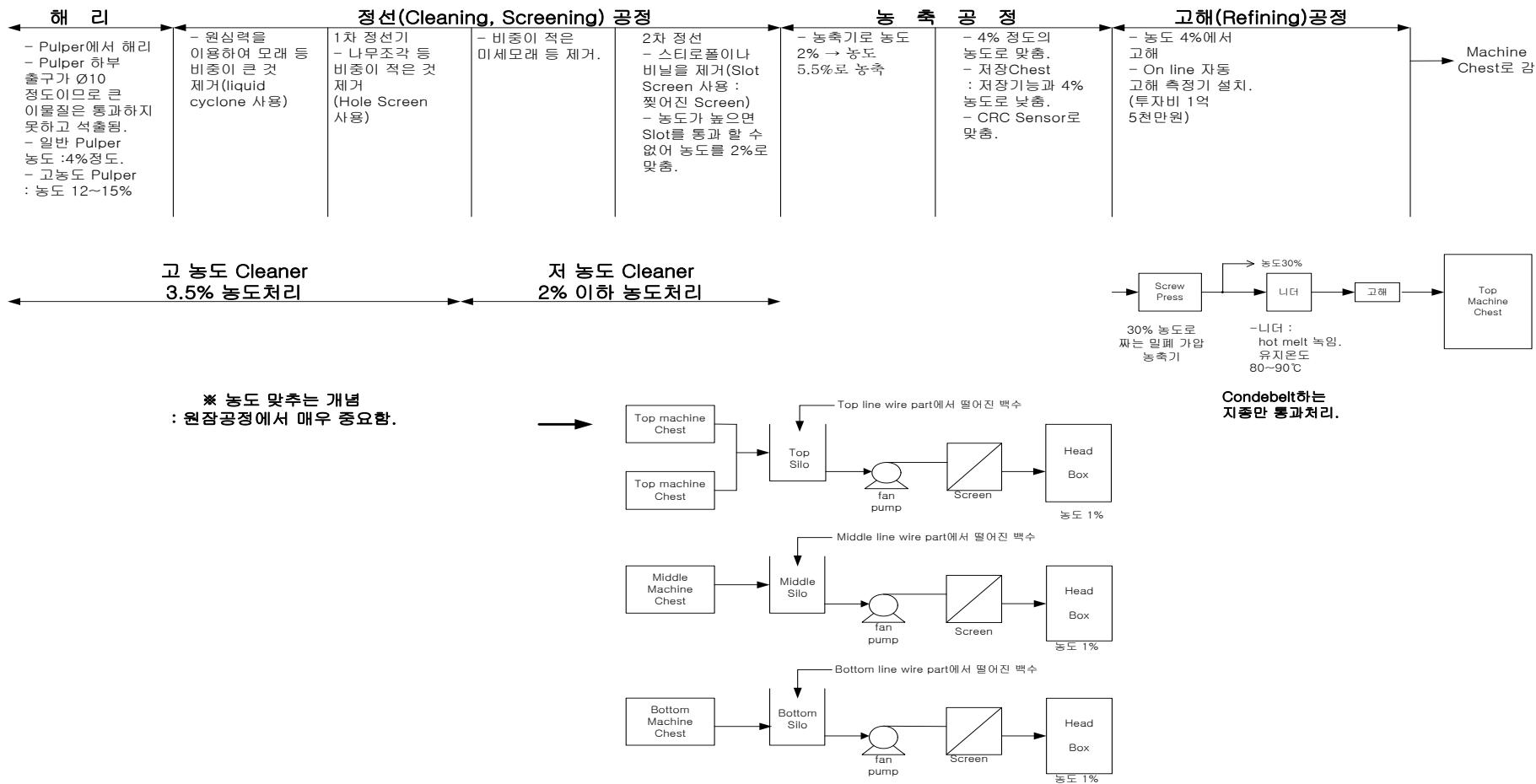
단위 : 톤/년

구 분	소재	생산실적(2011년도)	비율(%)	주생산품
신대양제지	시화	618,588	14.9	골심지, 이면지
대양제지	시화	308,397	7.4	골심지, 이면지
동일제지	시화	452,265	10.9	골심지, 이면지
대림제지	오산	173,043	4.2	골심지, 이면지
아세아제지	청원	392,813	9.4	표면지
아세아페이퍼텍	시화	299,574	7.2	표면지
한국수출포장공업	오산	225,152	5.4	표면지
고려제지	시화	335,396	8.1	표면지, 이면지
기 타	-	1,351,818	32.5	
합 계		4,157,046	100.0	

\*자료 : 한국제지공업연합회 통계자료

- 골판지원지 종류
  - 골심지 : 포장용 box지에서 가운데 위치하며 골을 만들어 완충역할을 한다.
  - 표면지(크라프트라이너지) : 골심지와 골심지의 표면에 접합하여 인쇄를 한다.
  - 이면지(테스트라이너지) : 포장용 box지의 안쪽

- 라이너판지 원질공정



<그림 4.19>라이너판지 원질공정

#### 4) 세계 제지목재 산업의 동향

- 제지산업분야에 있어서 종이와 판지 분야는 유럽, 아시아, 북미에서 대부분이 생산되고 있으며 나머지 지역은 총 생산량의 7%를 넘지 못함
- 1995~2005년 동안 세계의 제지생산능력 변화를 살펴보면 1990년대 후기에는 아시아권 국가들의 생산능력이 크게 증가한 반면, 지금까지 세계 제지산업을 주도해왔던 북미권은 생산 감소와 생산정체로 후퇴현상이 나타나고 있음
- 이는 2000년대에 들어서면서 아시아권의 국가들이 설비의 생산능력을 증가시키고 설비증설을 단행한데 원인을 두고 있음
- 물론 유럽과 미국권역의 생산능력도 상당수 증가하였지만 아시아권 국가들의 활발한 설비투자가 생산능력 증가의 주요 요인으로 작용
- 하지만 제지산업의 종이 및 판지분야는 2000년대 들어와 공급수요보다 생산능력이 초과된 과잉설비 보유시대로 들어섰으며, 일부 국가들은 수급조정과 노후설비 스크랩 다운이 불가피한 실정이라고 파악

<표 4.26> 세계의 권역별 종이·판지 생산현황(2005/2009)

(단위 : 천 톤)

국가	신문용지		인쇄용지		화장지	
	2005	2009	2005	2009	2005	2009
유럽	12,834	11,457	36,843	32,803	6,612	7,321
아시아	10,655	11,619	38,467	43,590	7,989	8,983
호주	801	765	604	565	254	294
북미	12,622	7,406	29,021	22,138	7,445	7,830
중남미	902	800	4,168	4,137	2,471	3,053
아프리카	429	381	853	827	377	510
전체	38,283	32,428	109,956	104,060	25,148	27,991

출처 : 한국제지공업연합회

- 펄프부분은 연간 약 1%정도 성장을 하고 있고 한국, 중국은 주요 펄프수입 의존국이며, 주로 미국, 캐나다, 핀란드, 브라질, 인도네시아에서 펄프를 수출하고 있으며 이들 간의 과잉경쟁으로 국제펄프 가격이 저가상태를 유지
- 북미권은 펄프의 주요 품목인 화학펄프에서 세계의 50%를 기계펄프에서 45%를 점유하여 세계 펄프산업을 좌우하고 있으며 유럽도 화학펄프 25%, 기계펄프 42%의 점유율을 보유
- 아시아권역은 폐지회수량이 가장 높으나 폐지의 수출보다는 폐지 수입을 통해 회수 펄프를 생산
- <표 4.20> 2010년 세계 지종별 생산량을 보면, 아시아 대륙이 164,367천M/T으로 가장 많고, 유럽, 북미가 뒤를 이음

<표 4.27> 지종별 생산량

(단위: 1,000M/T)

국가	신문용지		인쇄용지		위생용지		골판지원지		백판지		합계	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
아시아	11,571	11,177	42,956	45,879	8,111	8,724	57,325	61,758	19,322	20,432	154,517	164,367
유럽	11,147	11,785	33,246	35,847	7,651	8,024	27,670	30,207	13,088	14,220	101,376	109,552
북미	7,406	7,841	22,176	22,650	7,829	7,938	30,512	32,792	12,612	13,054	84,585	88,636
남미	800	709	4,143	4,251	3,053	3,166	7,950	8,277	2,048	2,212	19,660	20,292
중동	40	45	317	322	493	542	1,177	1,322	294	324	2,545	2,784
아프리카	381	369	827	860	503	504	1,683	2,022	287	319	3,946	4,340
오세아니아	720	722	565	407	294	293	1,952	2,129	297	309	3,891	3,929
합계	32,065	32,648	104,230	110,216	27,934	29,191	128,269	138,507	47,948	50,870	370,520	393,900

출처: 한국제지공업연합회

- 2010년 펄프 생산량은 <표 4.21>를 통해 Chemical, Semichemical 부문은 북미가 가장 많고, Mechanical은 유럽이 가장 많이 생산되고 Nonwood는 아시아 대륙에서 가장 많이 생산

<표 4.28> 펄프 종류별 생산량

(단위: 1,000M/T)

국가	Chemical		Semichemical		Mechanical		Nonwood		합계	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
북미	49,807	51,624	3,726	3,270	11,882	12,855	0	0	65,415	67,779
유럽	29,503	31,927	1,349	1,380	12,392	13,073	387	390	43,631	46,771
아시아	21,844	24,252	159	158	4,221	4,419	15,523	15,694	41,747	44,523
남미	19,721	19,321	122	122	1,142	1,117	485	515	21,470	21,075
아프리카	1,602	1,442	144	137	248	218	326	326	2,319	2,122
오세아니아	1,470	1,648	171	161	1,104	1,084	5	5	2,750	2,898
중동	125	125	85	85	125	125	79	79	414	414
합계	124,072	130,339	5,756	5,313	31,114	32,922	16,805	17,009	177,746	185,582

출처: 한국제지공업연합회

- 2010년 펄프 생산량 상위 10위에 랭크된 국가를 보면, P&B 생산량과 소비량은 중국이 가장 많고, 그 뒤를 미국과 일본이 잇고 있음
- P&B 생산량의 전년도 대비 증가율이 높은 국가는 핀란드와 중국이 각각 11.2%, 10.8%로 10% 이상의 증가율을 보였고, 펄프 생산량은 핀란드와 일본이 각각 16.7%, 10.4%로 높은 증가율을 보임

&lt;표 4.29&gt; 상위 10개국 국가의 생산 및 소비

(단위: 1,000M/T)

순위	P&B 생산량	2010	전년대비 증가율 (%)	펄프 생산량	2010	전년대비 증가율 (%)	P&B 소비량	2010	전년대비 증가율 (%)
1	중국	92,599	7.3	미국	49,243	1.9	중국	91,655	7.1
2	미국	75,849	5.9	중국	22,042	5.9	미국	75,246	4.9
3	일본	27,288	3.9	캐나다	18,536	8.5	일본	27,872	2.2
4	중국	23,122	10.8	브라질	14,062	2.4	독일	19,763	7.1
5	캐나다	12,787	-1.2	스웨덴	11,877	3.5	이태리	10,829	9.4
6	핀란드	11,789	11.2	핀란드	10,508	16.7	인도	10,776	9.2
7	스웨덴	11,410	4.4	일본	9,393	10.4	영국	10,515	1.5
8	한국	11,106	6	러시아	7,421	3.1	프랑스	9,924	4.1
9	인도 네시아	9,951	6.3	인도 네시아	6,278	5.1	브라질	9,507	9
10	브라질	9,796	3.9	칠레	4,114	-17.7	한국	9,149	8.4

출처: 한국제지공업연합회

## 다) 제지 업종 온실가스 배출 현황 및 전망

### 1) 온실가스 배출 특성

- 제지업종의 배출시설
  - 제지업종의 공정설비는 전력이 사용되는 모터와 펌프가 대부분
  - 특히 Paper Machine 이라고 불리는 종이 생산 공정 설비는 모두 전력 사용설비이며, 설비 중 건조 Part만 스팀을 사용
  - 사업장에서 95% 이상의 스팀을 이 Paper Machine의 건조 Part에서 사용하며, 이 스팀을 생산하기 위해 화석연료를 사용하여 보일러를 가동
  - 전력설비는 모두 공통적으로 사용하며 대부분 한전에서 구매해 오기 때문에 전력을 통해 간접적으로 온실가스를 배출
  - 국내 제지업종 사업장의 현황에 따라, 공정 중에 필요한 스팀을 어떻게 수급하느냐에 의해서 사업장의 온실가스 배출 특성이 180도 바뀔 수 있음
  - 스팀을 생산하기 위해 ① B-C유, LNG 등의 연료로 스팀보일러를 가동하여 스팀을 생산하는 방법, ② 폐기물 소각열을 회수하여 공정에 필요한 스팀을 생산하는 방법, ③ 외부 스팀공급업체로부터 스팀을 공급받으므로 인해 스팀을 구매하는 방법으로 나눌 수 있음
  - 따라서 사업장이 어떤 방법을 선택하느냐에 따라 배출시설이 바뀌게 되며 사업장마다 배출시설 차이를 보이는 것도 스팀 공급 체계 차이임
  - 그밖에 적은양의 온실가스를 배출하는 배출원에는 이동차량, 기타 이동차량, 탈루성 배출 등이 존재

<표 4.30> 제지업종의 배출시설

배출활동		배출시설(사업장)	보고단위 (배출시설(지침))
직접 에너지 이용	고정연소배출	스팀보일러	일반보일러시설
		RDF 보일러	
		I.R Heater	공정연소시설
		비상발전기	
	이동연소배출 (도로수송)	식당 취사설비	기타
			승용자동차
			승합자동차
		수송차량	화물자동차
			특수자동차
간접 탈루성			이륜자동차
		비도로 및 기타자동차	
석탄의 채굴, 처리 및 저장	-	-	
제품 생산 공정 및 제품사 용	탄산염의 기타 공정 사용	약품회수시설	
	기타 온실가스 배출 및 사용	가스절연개폐설비	
간접 폐기물 처리	폐기물의 소각	소각보일러	소각보일러
		폐기물소각시설	일반폐기물소각시설
	하·폐수 처리 및 배출	폐수처리시설	기타 하·폐수 처리시설
간접	외부로부터 공급된 전기 사용	사업장 단위 전력사용 시설	
	외부로부터 공급된 열사용	사업장 단위 스팀사용 시설	

출처: 산업·발전부문 온실가스·에너지 목표관리제 업종별 이행전략, 에너지관리공단

## 2) 배출활동별 배출시설

- 고정연소 시설
  - 고정연소에 의한 배출활동이란 사업장 내 시설에서 화석연료(고체, 액체, 기체)를 사용함으로써 발생하는 온실가스 배출활동을 뜻함
  - 사업장에서 고정연소에 해당하는 배출시설을 분류해보면 열병합 발전시설, 공정연소 시설, 스팀보일러, 비상발전기 등 공장의 설비를 가동시키기 위해 화석연료를 연소하는 시설이 해당

<표 4.31> 제지업종의 고정연소 배출시설

배출시설 코드	보고 단위 배출시설	사업장 배출원명	정 의
0055	일반보일러 시설	B-C, LNG보일러 RDF보일러 스팀보일러 등	공정에 이용하기 위한 스팀을 발생시키는 시설. 제지목재 업종에서 소각보일러와 함께 가장 많이 사용되는 시설로, 생산된 스팀은 주로 공정 Line의 건조과정에서 사용된다.
0005	공정연소 시설	건조기 I.R Heater	제지 업종에서 건조는 초지기(PM) 내 Drum형 건조방식으로 건조를 하나, 일부 생산 품목에 따라, 추가적인 건조 공정이 필요하다. 이를 위해 초지기내 건조과정 후단에 직사식 건조기를 이용하여 직접 건조를 한다.
0048	열병합 발전시설	열병합 발전시설	제지목재 업종의 일부 사업장이 보유하고 있는 시설로서, 사업장에 필요한 스팀 및 전력을 생산하기 위한 시설이다.
0007	기타	난방용, 식당 비상발전기 등	사업장 내 식당, 비상발전기 등 배출시설에 포함되지 않지만 사업장에서 화석연료를 사용하는 부시설

출처: 산업·발전부문 온실가스·에너지 목표관리제 업종별 이행전략, 에너지관리공단

- 폐기물 배출 시설
  - 폐기물 처리에 의한 배출활동이란 사업장에 따라 고상·액상·기상의 형태로 존재하는 폐기물을 매립, 소각 등의 방법으로 처리하면서 발생하는 온실가스를 배출하는 것을 말함
  - 제지업종에서 폐기물 처리에 의한 온실가스 배출은 주로 폐기물 소각 처리과정에서 발생

- 폐기물을 소각은 발생되는 열을 공정 중 필요한 열로 회수하기 위한 목적이며, 이는 지금까지 제지업종의 화석연료 절감 방법으로 가장 많이 이루어짐
- 제지업종에서 폐기물의 소각은 두 가지 큰 의미를 가짐
- 첫째는 폐기물 자원을 재활용하여 에너지화하는 의미가 있으며, 동시에 국가 폐기물량을 줄일 수 있는 것이고, 둘째는 사업장에서 폐기물 소각을 통하여 공정에 필요한 스팀생산을 함으로써 화석연료 사용량을 줄이는 것임
- 긍정적 측면은 국가적인 차원뿐만 아니라 사업장 측면에서도 적극적으로 도입가능하며, 권장할만한 에너지활용 및 에너지 절감 요인이 될 수 있음
- 국내 제지업종 사업장 중, 매우 소수의 사업장이 보유하고 있으며 공정 중 발생하는 폐수를 협기성 처리 하는 폐수처리장을 보유하고 있는 사업장의 경우, 협기성 소화조에서  $CH_4$ 가 발생
- 실질적으로 제지업종에서 협기성 처리가 보편적이지는 않지만, 이 또한 발생되는  $CH_4$ 를 회수하여 B-C유나, LNG 사용량을 저감하고 대체연료로 사용하기 위한 목적이 있으며, 이에 대한 내용은 에너지절감우수사례로 선정되는 부분임

<표 4.32> 폐기물 처리에 따른 온실가스 발생시설

배출코드	배출시설	정 의
0013	기타 하·폐수처리 시설	공정 중 발생하는 폐수를 사업장 내에서 협기적으로 처리하는 시설로써 본 시설에서 온실가스인 $CH_4$ 가 발생한다. 제지목재 업종의 사업장에서는 일반적인 시설이 아니라 일부 사업장에서 $CH_4$ 를 재이용하기 위해 폐수처리 시설을 보유하기도 한다.
0031	소각보일러	폐기물 등을 소각시켜 발생되는 열을 회수하여 보일러는 가동하고 이때 생산되는 증기나 열을 작업공정이나 난방 등에 재이용할 목적으로 보일러 등 열회수장치가 설치된 소각 시설을 말한다. 제지목재사업장에서 보일러를 대체하기 위한 시설로 자원 재이용에 매우 큰 의미를 가지고 있다.
0056	일반폐기물 소각시설	사업장 내 발생되는 폐기물 등을 소각하는 시설이다.

출처: 산업·발전부문 온실가스·에너지 목표관리제 업종별 이행전략, 에너지관리공단

- 간접 온실가스 발생 시설
  - 사업장에서 전력 계통을 보면 보통 공정 단위로 전력단위를 구분
  - 원질공정, 초지공정, 폐기물처리 시설로 구분하여 전력계통이 이루어져 있는데, 이는 주요 설비들이 하나의 공정을 이루기 때문
  - 즉, 탈목설비(DIP), 초지기(Paper Machine) 등 주요 공정 설비들이 모터 및 펌프 등으로 이루어진 공정설비이며, 소각로, 용·폐수 설비 등은 사업장의 주요한 전력사용 시설임
  - 장치들의 구동에 필요한 전력의 대부분은 외부에서 구입하여 사용하는 과정에서 간접 온실가스 발생
  - 또한, 생산 과정에서 압착된 지필에 잔류하고 있는 수분을 열을 이용하여 제거하는 과정이 필요한데 가열에 의해 지필의 수분을 제거하는 공정을 건조공정에 필요한 스팀을 외부에서 구입하는 경우에도 간접 온실가스가 발생

### 3) 온실가스 배출량 및 에너지 사용 현황

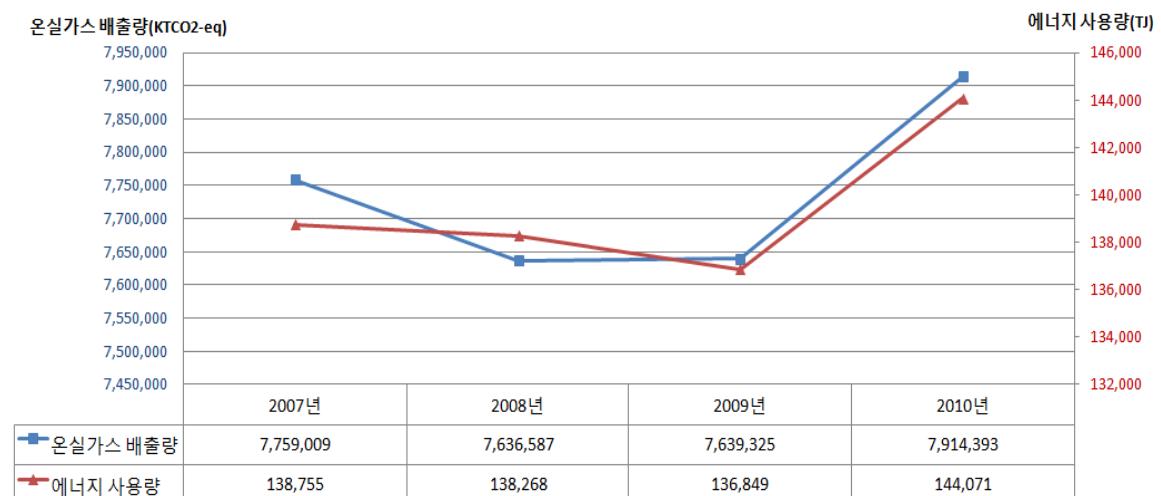
- 온실가스 배출량 및 에너지 사용 현황
  - 목표관리제 관리업체에서 제출한 명세서에 따르면 '10년도 제지업종의 온실가스 배출량은 약 7,430천tCO<sub>2</sub>이며, 업계의 지속적인 에너지저감 노력 및 노후설비 가동 중지 등에 따라 2005년 이후 온실가스 배출량은 감소 추세
  - 주요 저감 노력으로는 ① 청정 연료전환(B-C → LNG) ② 노후설비 가동중지 및 폐쇄, ③ 바이오매스 연료원 사용이 해당되며, 그 중 B-C유 사용량을 약 56% 감소시킨 부분이 업종의 배출량 감소 추세에 가장 큰 영향을 미치고 있음
  - 협회에서 조사한 에너지소비현황 결과에 근거한 배출량을 기준으로 명세서를 제출한 관리업체의 온실가스 배출량은 97%에 해당하는 것으로 나타나 국내 거의 모든 제지 사업장이 관리업체에 포함되어 있는 에너지다소비·온실가스 배출 산업임을 알 수 있음

- 폐기물에 의한 배출량이 제지업종 중 많은 비중을 차지하고 있으며, 2009년도 기준 약 2.1백만tCO<sub>2</sub>로 2000년도 0.775백만tCO<sub>2</sub>에 비해 약 3배 정도 급격하게 증가하는 등 폐기물 자원의 에너지화를 위해 노력하고 있지만 그에 따른 배출량이 매우 높기 때문에 배출량 급증으로 나타남
- 정부가 발표한 제지업종의 온실가스 배출량은 8.7백만tCO<sub>2</sub>로 업종별 상위 8위에 해당하며 55개 사업장이 관리업체로 지정되어 사업장 수 2위, 사업장당 평균 약 158,000tCO<sub>2</sub>를 배출

<표 4.33> 제지업종 온실가스 배출량 현황

구 분		'07	'08	'09	'10
명세서 Data	온실가스배출량(천tCO <sub>2</sub> )	7,365	7,188	7,182	7,430
	에너지소비량(TJ)	128,744	127,052	125,607	131,945
협회 Data	온실가스배출량(천tCO <sub>2</sub> )	8,229	7,837	7,533	7,678
	에너지소비량(TJ)	138,040	134,119	127,801	133,752

출처 : 한국제지공업연합회 통계



<그림 4.20> 제지목제 업종 관리업체의 연도별 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 비교

- 온실가스 배출량 및 에너지 사용 비중
  - 제지목재 업종이 포함되어 있고, 전체 관리업체 배출량의 90% 이상을 차지하고 있는 지식경제부가 관리하는 산업·발전 부문에서의 제지목재 업종 비중은 <표 4.27>과 같음

<표 4.34> 산업·발전 부문에서 제지목재 업종이 차지하는 비중

연도	온실가스 배출량 (kilotonnes CO <sub>2</sub> -eq)	에너지 (terajoules)
2007년	1.8%	2.6%
2008년	1.7%	2.5%
2009년	1.7%	2.4%
2010년	1.6%	2.1%

- 2010년 제지목재 상위 10개 업체의 에너지·온실가스 배출량과 해당 업종 내에서 차지하는 비중은 <표 4.28>과 같음

<표 4.35> 제지목재 상위 10개 업체 에너지·온실가스 배출량 현황

관리업체명	2010년		2010년 상위 10개 업종 비중	
	온실가스 배출량 (tCO2)	에너지 (TJ)	온실가스 배출량 (tCO2)	에너지 (TJ)
한솔제지	927,273	15,202	11.7%	10.6%
(주)전주페이퍼	766,980	16,382	9.7%	11.4%
깨끗한나라 주식회사	388,454	5,027	4.9%	3.5%
아세아제지(주)	338,380	4,607	4.3%	3.2%
신대양제지(주)	280,704	2,781	3.5%	1.9%
페이퍼코리아	279,111	5,054	3.5%	3.5%
무림페이퍼(주)	276,002	5,702	3.5%	4.0%
한국제지(주)	275,388	5,820	3.5%	4.0%
아트원제지(주)	271,701	5,423	3.4%	3.8%
대한제지주식회사	245,312	3,958	3.1%	2.7%

#### 4) 제지목재 업종 온실가스 배출 전망

- 시장현황
  - 2011년 1~8월 제지업종의 수출은 전년 동기대비 23.3%가 증가한 25억불을 기록하여 작년(2010년)에 전년(2009년)대비 21.6%가 증가한데 이어 수출 호황이 지속될 것으로 전망
  - 제지산업은 사양 산업 및 내수산업으로 일컬어졌으나, 동남아 및 중국 등 신흥 시장의 수요증가에 따른 수출 확대로 종이 생산량이 꾸준히 증가할 것으로 예상
  - 흠크리핑, 인터넷 쇼핑 활성화로 인한 택배 물량 증가와 경기회복에 따른 포장수요가 증가함에 따라 골판지가 주목받고 있으며, 세계 건축 자재 시장에 한류 바람이 불고 국내 건축자재업체들이 해외시장 공략에 적극 나서면서 벽지의 수출이 크게 증가
- 생산량 전망

- 시장의 현황이 이렇듯, 국내 제지업종은 '08년 이후 글로벌 경기침체 영향으로 생산량이 일시적으로 감소하였으나, 기술개발을 통한 경쟁력 강화, 다양한 수출 판로 개척을 통한 수출 활성화 노력의 일환으로 2011년 신증설 가동 등으로 인해 2020년 까지 대체적으로 지속적인 매출 증가가 예상
- 한국제지공업연합회에 따르면 인쇄용지, 골판지원지, 위생용지는 생산설비 증설, 포장재 수요 증가 및 생활필수품의 지속적 증가에 따라 생산량이 꾸준히 증가할 것으로 전망되고, 인터넷 등의 IT발달로 신문용지 수요는 감소할 것으로 예상
- 2020까지 업종의 생산량 증설 계획으로는 인쇄용지 150만 톤(2012년 : 50만 톤, 2015년 50만 톤, 2020년 50만 톤), 펄프 50만 톤(~2020 까지)로 계획하고 있으며, 이외 경기에 따라 가동 중지설비 가동 등도 따를 수 있는 등 생산량은 꾸준히 증가할 계획

<표 4.36> 제지업종 제품생산량 전망

연도	'05	'10	'11	'12	'15	'20	연평균 증가율(%)
생산량(천 톤)	10,690	11,451	11,860	12,020	12,764	14,134	1.88

출처 : 2010년 제지산업 통계연보, 한국제지공업연합회

- 온실가스 배출 전망
- 제지업종의 생산량 증가와 함께 에너지소비량 및 온실가스 배출량도 꾸준히 늘어날 것으로 전망
- 폐기물에너지 사용량 증가로 화석연료 사용량은 감소할 수도 있겠지만, 화석연료에 의한 온실가스 배출량 보다 폐기물에너지에 의한 온실가스 배출량이 더 많기 때문에 온실가스 배출량 측면에서는 증가할 것으로 예상
- 또한 생산속도 증가 및 생산성 증대로 전력 수요가 증가하여 온실가스 배출량이 증가 될 것으로 예상되는 등 전체적인 온실가스 배출량이 증가할 것으로 예상
- 예상배출량은 한국제지공업연합회의 통계에 기초하였으며, 중견기업 이상이 소속되어 있는 연합회 회원사의 특징상 산정에 사용된 원단위 등의 수치는 업계의 상위권 원단 위로 실제 중소기업의 비율이 높은 제지업종의 상황을 고려하였을 때 예상배출량이

상회할 수 있을 가능성을 배제할 수 없음

<표 4.37> 제지업종의 온실가스 배출 전망

연 도	'05	'10	'11	'12	'15	'20	연평균 증가율(%)
온실가스배출량 (천tCO <sub>2</sub> )	7,762	7,638	7,910	8,017	8,513	9,427	1.30

출처 : 한국제지공업연합회

※ 산정방법

- 1.2009년 온실가스 배출원단위를 적용하여 전망치 산출(0.674tCO<sub>2</sub>/ton)
- 2.폐기물에너지 포함(폐합성수지 재활용으로 인한 온실가스 배출량 산정)
- 3.한국제지공업연합회 배출계수 폐기물 143,000kgCO<sub>2</sub>/TJ, 구매스팀 2.51tCO<sub>2</sub>/TOE

### 4.3.3 회수 방법

- 제지·목재 업종은 신문용지, 백상지, 판지, 크라프트지, 목재, 가구 등이 있으며, 재지·목재 업종에서의 에너지 사용은 그 장치산업으로서의 성격상 대단히 큰 비중을 차지
- 종이, 펠프 대단위 공장의 경우 생산원가에서 에너지소비가 차지하는 비율은 22~25%에 달하고, 종이만을 생산하는 소규모 공장에 있어서는 그 비율이 10% 전후에 달함
- 제지·목재산업은 연간에너지 사용량의 20%가 보일러 연소가스 등의 열풍으로, 40%는 건조공정의 습공기로, 30% 이상이 온배수의 형태로 유출되고 있고, 폐열의 온도는 보일러 배가스가 150~200°C, 초지기로부터의 습증기가 60~80°C, 배온수는 40°C 이하에 있음
- 제조공정을 대별하면 목재를 섬유화하여 필요에 따라 표백하는 펠프공정과 펠프공정으로부터 나온 펠프를 조정하여 가압, 가열에 따라 건조시켜 제품으로 하는 초지공정으로 나누어짐
- 제지·목재 공장의 폐열발생설비와 폐열의 형태는 다음과 같다.
  - 초지건조기에서의 습공기
  - 초지건조기에서의 응축수
  - 배온수
  - 보일러에서의 배가스

#### 가) 초지기의 습공기 회수

- 초지기의 건조기에서 증발하는 수분량은 일반적으로 종이 생산량의 1.5배 정도라고 알려져 있음
- 종이의 건조를 촉진하기 위하여 배기 송풍기에 의해 강제적으로 배출하게 되는데 이 폐열량은 사용 증기량의 약 30~40%를 차지하며 일반적으로 대형 초지기에서

는 이 배출열량을 회수하기 위해 초지기 자체를 완전히 감싼 밀폐형 Hood와 열교환기를 사용하며, 열교환기는 공기-공기 열교환기, 공기-물 열교환기, Scrubber식 열교환기 등이 사용되고 있음

- 공기-공기 열교환기는 흡식과 튜브식이 있으며, 배기온도가 150°C 이하이고 주위에 부식성 자재가 없는 경우 보통 알루미늄이 사용되고 고온에서는 스테인리스스틸이 사용됨
- 공기-물 열교환기는 흰-관 열교환기가 주로 사용되며, 가열된 물은 공정용수나 난방수로 이용되고, 공기통로에 생기는 응축수를 급기의 가열이나 난방용으로 사용할 수 있음
- Scrubber식에서는 물과 배기가 역방향으로 흐르면서 직접 접촉에 의해 열교환이 이루어지므로 설치비가 저렴한 반면 온수에 펄프의 섬유가 섞이는 단점이 있음

#### 나) 초지기의 응축수 회수

- 다관식 초지기에서는 사용증기의 다단계 이용에 의한 증기량의 절감과 건조기의 건조능력향상에 의한 생산량 증대를 위해 응축수 회수장치를 설치
- 응축수 회수장치는 다관식 초지기의 건조기를 3~5개 이상으로 나누어 설치하여 고압축 응축수 회수장치에서 고온 응축수를 Flashing시켜 감압하면서 증기로 변환하여 저압측 건조기에서 가열증기의 일부로서 재이용하는 형식
- 최종 건조기에서는 진공 200~250mmHg까지 응축수 회수장치와 펌프를 이용해 낮추며, 응축수 회수장치에서 배출되는 85~90°C로 배출되는 응축수는 전량 보일러의 급수로서 사용

#### 다) 배온수의 회수

- 종이, 펄프공장에서는 종이 1톤 생산에 약 200톤의 물이 필요할 정도로 다량의 물을 사용
- 물을 재생 재순환하여 사용하지 않으면 배수로서 공장 외로 배출되므로 이 다량의 배수는 대기온도보다 10°C 정도 높은 온수로서 여름에는 35°C, 겨울에는 20°C 정도 가 됨
- 이러한 저온배수의 폐열회수설비로 여러 가지 형태의 열펌프가 개발되어 사용됨

#### 라) 보일러의 배가스 회수

- 대규모 제지공장 보일러에서의 배가스는 대단히 큰 폐열로서 보일러의 급수, 공장용 용수채조 등에 사용됨
- 보일러 배가스로부터의 폐열회수는 주로 절탄기, 공기예열기 등에 의해 행해지며 배연탈황장치 등이 채용
- 절탄기는 보일러 급수를 예열하는 장치로 연속관식 강관형이 이용되며, 연소용 공기를 배기가스로 가열하는 공기예열기로서는 고정식 강관형과 회전식 축열형 등이 이용
- 보일러에서의 가스온도는 낮을수록 보일러 효율이 향상하지만, 연료 중에 포함된 유황분에 의한 저온부식 등의 문제가 있어, 배연 탈황장치가 채용되고 있음
- 순환펌프에 의해 다량의 유황 흡수액이 순환하면서 배가스의 폐열을 회수하여 열교환기에서 급수를 가열함

## 4.4 염색업종

### 4.4.1 현장조사 결과

#### 가) C업체

##### 1) 공정도



<그림 4.21> 염색공정도

- ① 생지 입고 : 거래선으로부터 생지를 주문별로 받고, Lotquf로 발취검사를 실시한 다음 R/W 의 준비공정으로 원단을 봉침
- ② 정련, 축소, 수세 : 방사, 연사, 제작 등 각 공정에서 부여된 호제, 유제, 기계유 또는 분진등의 불순물을 제거하고 직물의 특성을 살리기 위하여 정련 축소
- ③ 온수세, 탈수 : 정련, 축소가 완료되면 온수세 및 냉수세를, 경우에 따라 2-3회 처리하고 원심탈수기에서 탈수하여 수분을 제거
- ④ 건조 : 전처리된 원단을 건조하여 다음공정으로 인도

- ⑤ Presetting : 전처리가 끝난 후 염색하기 이전에 직물의 일정한 형태 안정성을 주기 위한 열 고정 작업
- ⑥ 감량, 수세 : 강연사 직물 등을 알칼리 가수분해에 의하여 polyester 직물을 silk 와 같은 부드러운 촉감을 부여하고 알칼리를 수세 제거함
- ⑦ 염색 : 전처리된 직물들을 염색처방에 의하여, 염색기를 통해 LOT별, 색상별로 구분하여 염색
- ⑧ 환원세정, 온수세, 냉수 : 염색이 완료된 후, 직물에 부착되어 있는 염료 등을 제거하기 위하여 알칼리, 세정제 등으로 환원 세정후, 온수세 및 냉수 세를 실시
- ⑨ 해포 : 염색공정이 완료된 ROPE상태의 염색물을 편편하게 해포
- ⑩ 추가공 : 텐터를 이용하여 최종제품에 기능성(유연가공, 발수 발유가공, 대전방지가공 등) 가공제를 사용하여 소기의 제품을 생산

2) 현장 사진



<그림 4.22> 열매체 보일러



<그림 4.23> 폐수 배출구



<그림 4.24> 염색기



<그림 4.25> 텩터



<그림 4.26> 텩터의 건조 온도



<그림 4.27> 텩터 폐열 배출구



<그림 4.28> 텐터 입구로 나오는 스팀



<그림 4.29> 스크러버



<그림 4.30> 입고된 천

나) D업체

1) 현장 사진



<그림 4.31> 텐터(a)



<그림 4.32> 텐터 폐열 배출구(a)



<그림 4.33> 텐터(b)



<그림 4.34> 텐터 폐열 배출구(b)



<그림 4.35> 염색기



<그림 4.36> 폐수 배출구

## 4.4.2 염색업종 현황

### 가) 텐터(Tenter)

#### 1) 원리 및 구조

주요 장치의 구조 및 기능

- 텐터의 구조는 일반적으로 가공원단의 진행방향으로 보아 크게 다음의 7가지 장치 시스템으로 구성

- ① 입구가대(포인트입구) 및 패더망글
- ② 입구박스(입구장치)
- ③ 피닝장치 및 텐터 Rail & Conveyer 장치
- ④ 열풍챔버 및 열교환장치
- ⑤ 배기시스템
- ⑥ 냉각유니트
- ⑦ 출구박스
- ⑧ 연동제어 시스템 등

- 입구가대(포인트입구 장치) 및 패더망글

- 역할

##### ① 입구가대

- 가공원단을 원단투입구에서 Padder Mangle에 투입시키는 장치
- 가이드롤러를 거쳐 텍스트가이드를 통과할 때 원단이 펴진 상태로 똑바로 투입되도록 1차로 Centering 작업과 원단을 펴주는 확포 및 양끝말림 펴기 작업을 진행

##### ② Padder-Mangle 장치

- 1차 센터링작업을 거친 원단이 수지통을 지나면서 가공원단 조직 내에 기능성을 부여하는 각종 약품(수지)을 흡수하고, 이어서 망글을 통과하면서 수지는 압착·침투와 탈수가 동시에 진행
- 이 때 망글 실린더에 의해 사용자가 원하는 압력에서 망글작업이 이루어지고 끝으로 수세후 Squeeze Roller로 압착·탈수

- 특징

- ① 원단의 조제처리용으로 균일하게 압착·탈수
- ② Cyncro-Dancing System으로 패더망글과 입구박스의 연도 기능이 뛰어남
- ③ 기존의 Dancer Roll 상하이동 Racer의 잣은 고장과 파손위험으로 대신에 테프론메탈 스라이딩롯트 타입의 Racer를 채택하여 고장 및 파손이 없음

- 세부 구성장치의 기능

(1) 안전바

- 운반차 등으로부터 텍스터 가이드를 보호하기 위한 안전 플레임.

(2) 스위벨 텐션

- 2본의 텐션 바를 회전하여 직물의 꺾어지는 각도를 조정하여 직물에 걸리는 장력을 조정

(3) 텍스터 가이드

- 텍스터 가이드는 확포식 연속가공기에서 직물이 확포되어 가공기의 중앙으로 진입되도록 하는 장치로써 스크류 익스펜드 롤러 확포하고 롤 가이드로 센터링 되도록 함

(4) 텍스터 가이드 제어반

- 롤 가이드 장치는 전자센서로 직물의 변사부를 감지하여 직물이 항상 중앙으로 유도되도록 DC모터를 구동하여 롤 가이드의 위치를 조정

(5) 패더 망글

- 망글은 2개의 합성고무 롤(Roller)로 구성되어 있고, 상부(Heavy Padder) 롤은 에어 실린더로 하부 롤에 압착시키고 하부 롤은 전동기가 연결되어 롤을 회전

- 망글은 가압되어 압착된 망글 롤이 회전하면서 직물에 함수하고 있는 용수나 약품을 균일하게 제거하는데 목적이 있음

- 에어 조작장치는 망글 롤의 이송 속도, 가압 하중을 조절하도록 구성되어 있으며 주 틈발생을 막기 위하여 스크류 익스펜드 롤이나 고무 익스펜드 롤이 구비되어 있음

- 직물에 유연제 또는 수지를 부여하기 위한 용액조는 에어실린더로 상하 또는 경사지  
게 이동됨으로 청소가 용이하고, 용액조에 용액을 공급하는 약품탱크가 있으며 용액  
조에는 수위제어 됨

#### (6) 토크 모터

- 망글과 텐터같이 운전 부하가 다른 설비를 연동 할 때는 기동과 정지 속도가 다르므  
로 댄서 룰의 변위량을 크게 하고, 망글 측이 빠른 기동과 늦은 정지는 직물이 맹글  
룰에 감길 수 있으므로 인출 룰의 직경을 크게 하여 Rorque 모터로 인출

#### (7) 댄서 룰(변위검출기)

- 패더 망글과 텐터 2대의 기계를 동시에 구동하기 위하여 기계와 기계 사이에 변위  
검출기를 설치하여 양 기계의 속도 차이에 따라 댄서 룰의 위치가 변하는 정도를 전  
기적인 신호로 바꾸어 구동 모터의 속도를 가감하여 보정함으로 연동
- 연속 설비에서 직물에 걸린 장력은 망글에서 해제하거나 가할 수 있게 됨으로 장력  
조절 기능도 있으며, 장력 조절은 대서 룰의 중량을 가감하여 조절

#### (8) 선택사양

- 직물의 염색 가공 공정 중에서 여러 가지 요인으로 위사가 비뚤거나 만곡이 형성되어  
있을 때 상품의 가치가 떨어지고, 봉제 후 변형될 수 있음
- 위사의 만곡을 전자 센서로 감지하여 교정하는 장치로, 패더 망글과 텐터사이에 설치
  - 입구가대(포인트입구 장치) 및 패더망글

##### □ 역할

- 원단의 원활히 공급되도록 확포하고, 가공원단을 일정한 폭으로 맞춰  
Conveyer-Chain 속도보다 가공원단의 투입을 Over Feeding 함
- Mangle을 통과한 원단은 피팅작업을 위해 Over Box를 통과하여 하부고무롤러에서  
원단을 상부 고무롤러로 보내는 동안 올잡이 롤러에서 올을 잡고 Expand 롤러에서  
원단을 펴주면 상부 고무 롤러에서 셀베이지 앙카라와 훨라를 거쳐 Over Feed

## Tensioner에 의해 핀닝됨

- 이때 레일을 타고 회전하는 Conveyer-Chain과 결합된 핀의 속도, 즉 기계속도 보다 상부 고무롤러와 Over-Feed Tensioner의 회전속도가 빠르게하여 원단이 과공급되어 핀닝시 주름이 생기면서 건조실로 들어감
- 여기서 상부고무롤러와 Over-Feed Tension은 변속이 가능하고, 오버피드작업의 목적은 원단을 수축시키는데 있음

### □ 세부 구성장치의 기능 및 특징

- ① Feed in Roll은 특수 PM모니터에 의해 구동
- ② 수동사횡 조절장치는 원단의 빠뚤어짐을 교정하여 Centering 됨
- ③ Screw Roll은 원단을 정확하게 확포.
- ④ 전자제어 방식의 특수 PM모니터가 Overfeed Roll을 구동하여 정밀(+0.1%이내)하게 Overfeed
- ⑤ 반사제어장치(추종장치)는 D.C servo Motor가 견고한 Pinion Gear Box에 일체형으로 장착되어 있어 견고하고 진동이 없으며 고속에서도 정확하고 빠르게 추종
- ⑥ 입구 플레임 : 확포식 연속가공기에서 직물이 확포되어 가공기의 중앙으로 진입되도록 하기 위한 장치로써 입구 플레임과 스위벨텐션, 텍스터 가이드로 구성
- ⑦ 입구 조작반 : 직물이 규격에 맞는 밀도로 텐터 컨베어 레일의 핀에 고정되어 하기 위하여 오버피드 장치, 급포장치, 확포장치, 피닝장치, 레일 추종장치와 제어반의 조작반 등이 밀집되어 있는 중앙 통제부분
- ⑧ 모니터 : 입구에 설치하여 출구의 직물이 인출되는 상태를 파악
- ⑨ 오버피드 장치 : 가공 중에 대부분의 직물이 경사방향으로 늘어나고, 위사방향으로 폭이 안정이 되지 않는 것을 오버피드 장치에서 직물의 급포량을 규격에 맞게 조절

- 피닝장치(Rail 및 Conveyer)와 INLET PART

### □ 역할

- 가공원단을 가공시 Over-Feed 부분에서 건조실을 통과하여 진낙장치까지 이동시키

면서 작업자가 원하는 폭으로 일정하게 유지시키는 기능

- 원단의 변사를 정확하게 추종하고 텐터체인의 핀에 원단의 변사부를 꼽아서 잡아주며 피닝된 습윤(물기를 머금은) 천을 건조실로 견인
- 레일 흄으로 컨베어 체인이 순환회전하면서 컨베어 체인과 연결된 핀시트에 바늘핀이 부착되어 있어 가공원단이 바늘핀에 꽂혀 일정한 폭으로 가공 및 이송

#### □ 세부 구성장치의 기능

##### ① 확포장치 및 급포장치

- 직물이 확포되게 하기 위한 스크류 익스펜드 룰, 확포판, 셀베이지 앙카라, 피닝장치, 변사탈락경보장치가 있고 급포장치는 필러와 추종장치와 추종제어반이 있음
- 그 외 간이 사횡도 교정기와 직물 중앙 이송 장치가 있음

##### ② 추종장치

- 입구박스에 컨베어된 직물을 컨베어 레일의 핀에 최적의 상태로 변사를 핀에 고정할 수 있도록 직물의 움직임에 따라 입구 레일이 좌우로 이송되게 하는 장치
- 변사감지 센서는 대부분 전자식이며 접촉식, 비접촉식, 양자 겸용으로 구분하고, ON-OFF식과 비례 제어식이 있으며 조작하기에 편리한 스위치가 부착

##### ③ 피닝장치

- 급포장치, 오버피드장치에서 상태가 결정된 직물을 컨베어 레일에 Pinning 하는 장치
- Knit등 변사가 말리지 않게 하는 장치로 셀베이지 앙카라, 변사 확포판 등이 있고, 추동장치의 변사감지 센서가 피닝장치에 부착되어 추종장치, 오버피드장치와 같이 입구 박스의 주요부분
- 직물이 니트일 경우의 장치가 필요

#### ④ 컨베어 레일

- 컨베어 레일은 Pinning 된 직물을 열풍실로 이송하여 직물이 견조 또는 열 고정되게 함
- 약 220°C까지 운전되는 열풍에서 고속으로 무한 궤도로 회전하여야 함으로 내구성이 뛰어나도록 고온용 특수 윤활제를 자동급유장치에 의하여 주유
- 직물의 필요한 폭으로 조정할 수 있는 내구성이 있는 확포장치가 있고 직물의 가공 폭을 외부에 표시하여야 함
- 출구와 입구의 폭을 운전이 용이하게 조절할 수 있어야 하고, 레일을 고속으로 안정된 구동을 할 수 있는 메인 감속기와 VS모터나 인버터제어가 가능한 메인 구동 장치가 설치되어 있음

#### □ 특징

- ① Selvedge Feeler 및 Controller는 불균일한 변사를 가진 직물의 감지는 물론 고속운전 시에도 적절히 조절
- ② Selvedge Uncurler는 모든 천에 장력을 조정하여 충분한 Uncurler하여 소음과 진동이 전혀 없음
- ③ Pinning Roll의 구동은 특수 PM모터로 디지털제어 프로그램으로 구성되어 정밀한 Over Feed 비율제어가 가능하고 품질관리에 우수하고, 유지보수에도 상당히 편리
- 열풍챔버 및 순환 Unit

#### □ 역할

- 가공원단의 건조가 행해지는 부분으로 열교환기에 의해 열교환된 고온의 공기가 열풍 순환펜에 의해 챔버실내를 강제순환하며 열풍분사노즐을 통해 수분을 함유한 가공원단에 부딪혀 컨베어 레일에서 작업자가 원하는 폭으로 건조 및 열고정

- ① 텐터 Rail에 의해 견인된 수분을 함유한 가공원단(습윤천)을 건조시키고 필요한 폭으로 열고착
- ② 건조실 하부에 있는 입기 Damper로부터 흡입된 Fresh Air는 순환 Fan에 의해 Air

Filter, 열교환기를 거치면서 열풍으로 변하며 가스버너 또는 열교환기의 열교환으로 발생된 고온의 열풍을 Chamber 내부를 강제 순환시키면서 열풍분사 노즐을 통해 가공원단에 직접분사하여 가공원단을 건조 및 열고착을 완성

- ③ 한편 증발된 수증기는 건조실 상부에 있는 배기 Fan 및 Duct를 통하여 기외로 방출
- ④ Heat Setting기에 있어서 열풍순환 조절은 생산되는 제품의 품질에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 매우 중요

#### □ 구조

- 제품에 따라 온도, 풍량, 풍속을 각기 조금씩 다른 조건으로 가공을 하기 때문에 풍량과 풍속의 조절이 용이하게 하기 위해 열풍팬 모터에 인버터(주파수 변환기)를 이용하여 간단한 조작으로 풍량, 풍속 조절이 가능하게 하였으며 Fan도 Turbo Fan을 적용하여 풍량을 최대화 할 수 있음

- ① 열풍 챔버의 장치시스템 및 기능을 보면 보온된 건조실 내부의 좌우에 Fan Casing 및 순환 Fan과 열교환기 Air Drunk 및 열풍노즐이 각각 설치되어 있고, 원단을 상부와 하부의 노즐로부터 나오는 열풍사이를 Conveyer Chain 베어체인의 Fin 양단이 꾹혀 연속적으로 견인되어 통과하면서 건조 및 Heat Setting을 수행
- ② Heat Exchanger는 관형열교환기에 특수구조의 Fin이 부착되어 있어 열효율이 높음
- ③ 챔버별 열풍 팬의 풍량, 풍속을 인버터 컨트롤에 의한 디지털 자동제어로 열이 원단에 균일하게 전달됨
- ④ 열풍노즐은 유체역학 이론에 의거 균일한 풍량, 풍속 분포를 유지도록 설계·제작
- ⑤ 배기팬은 챔버 내부에서 천을 건조 및 Setting하고 난 증발 습공기 및 폐열 기류를 배기닥트의 댐퍼조절을 통하여 외부로 방출하는 역할로 배기량 조절을 통하여 챔버 내의 절대습도를 조절

#### □ 세부 구성장치의 기능

##### ① 열풍챔버

- 온 열풍이 순환되는 열풍 순환 팬, 닉터, 열풍노즐과 열풍히터나 가스연소장치와 열풍의 분진을 제거하는 필터로 구성되어 있고 외부는 단열제로 보온
- 열풍 팬은 열풍히터 또는 가스 연소에서 가열된 열풍을 열풍 노즐에서 직물에 분사하게 하는 주요한 역할을 하며 입구조작반에서 인버터로 열풍팬의 회전수를 가감하여 분사되는 풍량을 조절하는 기능이 있음

- 보전이 용이하도록 대형 작업문이 설치되어 있고, 내부에는 열풍이 분사되는 노즐사  
이로 직물을 이송하기 위한 컨베어 레일과 컨베어 레일의 폭을 조정하는 폭출장치가  
있음

#### ② 열풍장치

- 열매체 보일러에서 가열된 열매체유를 텐터의 히터에서 열풍을 간접 가열하는 방법과  
가스버너에서 도시가스를 연소시켜 열풍을 직접 가열하는 방법으로 구분

#### ③ 온도제어

- 온도 조절기에서 설정된 열풍실의 온도에 맞도록 열원의 공급량이나 연소량을 제어하  
여 일정한 온도가 유지됨

#### ④ 가스 연소버너

- 버너는 각 열풍실에 부착하여 각 버너별로 가스의 압력조절과 자동제어 함으로 안정  
되고 확실한 연소를 감시 제어
- 가스버너의 구성은 텐터 입구에 설치된 가스 메인밸브와 감압밸브에서 감압되어 각  
버너에 공급
- 각 버너에는 솔레노이드 밸브, 가스감압밸브, 가스 필터, 차압스위치 등이 조합된 가  
스연소 유닛트와 파이롯트 감압밸브로 구성
- 가스버너는 콘트롤러에 의하여 제어되는 모터로 가스량과 연소공기량을 제어하므로  
연소 범위가 넓으며 비례 제어됨으로 열풍실의 온도가 안정
- 가스버너는 화염감지기구가 설치되어 화염을 감지하므로 실화로 인한 위험이 없고 운  
전시 충분한 배기를 하고 점화되는 시퀀스에 인터록이 되어있음

#### ⑤ 배기장치

- 열풍실에서 직물에서 발생된 증발된 수분을 배기하여 상대습도를 낮게 함으로 수분  
증발의 최적조건을 유지

- 섬유에서 발생되는 유지분도 배기를 하여 열풍실에 부착되지 않게 하고, 자동수분족 절장치 설치로 배기량을 자동 조절하여 배기로 인한 열 손실을 최소화

#### ⑥ 배기습도 제어장치

- 배기습도 제어장치 본체에 부착된 열풍실의 습도측정 장치는 설정된 열풍실의 습도를 일정하게 유지하기 위하여 배기 팬의 회전을 인버터로 제어

- 출구박스 및 냉각유닛

#### □ 역할

##### ① 냉각유닛

- 챔버를 통과하면서 건조 및 열고착되어 나온 가공원단의 표면온도를 냉각시키는 일종의 열처리효과로서 대기중의 공기를 냉각팬으로 강제 흡입하여 냉각노즐로 토출시켜 1차로 냉각시키고, 냉각실린더로 2차 냉각을 시킨 후 배출

##### ② 열풍장치

- 냉각된 원단을 Conveyer-Chain에서 이탈시켜 필요 용도에 맞게 감거나, 접어서 가공을 마무리

#### □ 세부 구성장치의 기능

##### ① 냉각장치

- 컨베어 레일에 안내되어 고온열풍에 열 고정된 직물을 적절하게 냉각되지 않으면 열 고정한 효과가 떨어짐
- 냉각장치는 접촉식과 비접촉식으로 구성되는데 비접촉식은 열풍실 뒤에 설치된 냉각 팬으로 냉각

##### ② 냉각팬

- 열풍실의 출구와 출구박스 사이에 설치되어 있으며 터보팬으로 냉각 노즐에 대기의 공기를 분사하여 직물을 냉각
- 상하의 풍속을 조절하도록 댐퍼가 설치되어 있음

### ③ 냉각 실린더

- 출구박스에 설치된 2본의 냉각 실린더는 직물에 접촉되어 회전하면서 냉각되도록 냉각 실린더 내부에 냉각수가 흐르게 되어 있음

### ④ 출구장치

- 출구박스는 컨베어 구동용 감속기와 구동모터가 설치되어 있고 냉각실린더가 설치되어 있으며 냉각된 직물을 운반차에 떨어트리는 진락장치와 권취장치가 있음

### ⑤ 진락장치

- 직물이 출구의 운반차, 대차의 길이에 맞게 진폭이 결정되어 떨어지도록 하는 장치
- 직물을 인출하는 풀은 내열고무로 제작되어 있고, 진락 풀은 냉각 실린더에 언제나 일정한 장력이 걸리도록 토크모터로 인출되도록 구성

### ⑥ 권취장치

- 연속가공 기계에서 공정을 마치고 운반차에 체류하는 방법과 권취방법이 있음
- 대부분 2가지 장치가 부착되어 필요에 따라 편리하게 사용되며, 권취장치는 균일한 장력으로 권취되어 직물에 주름이 발생하지 않아야 함
- 권취장치는 에어실린더와 권취용 구동장치로 구성

- 부대장치

- 전기 메인 제어장치

- 전기 메인 Panel과 전원배선으로 텐터의 전반적인 부분을 제어하는 기능

- 자동제어반

- 정확한 전달지시에 있어 인위적 조작을 지양하여 자동제어로서 작업자의 부정확성을 지양하는데 있음

□ Invert 컨트롤 (D.C Control)

- 기계속도를 볼륨으로서 자유자재로 제어함으로서 생산능력을 증가하고, 기계의 무리가 기존 A.C 혹은 V.S보다 약화됨

□ 원단 절수 측정장치

- 생산된 원단의 절수를 측정하는 계기로서 생산된 과정을 정확히 파악

□ 포온도 측정장치

- 각종 원단에 있어서 유지하는 온도가 다양함으로 실제 원단에 미치는 온도를 정확히 측정하여 원단의 질을 향상시켜 직물의 고급화 공정에 앞장섬

□ 포습도 측정장치

- 각종 원단에 유지하는 습도가 필요함에 있어 원단이 가져야 하는 습도를 정확히 측정하여 배기량을 자동조정, 습도를 적정하게 유지시켜 원단의 질을 향상시키므로 직물의 고급화 공정에 사용

□ 포폭 측정장치

- 입구에서 이송되는 원단폭을 건조 공정상 고객이 원하는 원단폭을 유지시켜 원단의 규격화에 향상

□ 포밀도 측정장치

- 수작업자가 수시로 체크하는 원단밀도를 전자적 설비로 인해 전달하여 입구작업자의 번거러움과 원단의 Overfeed량을 조절함으로써 고객이 원하는 원단과 원단의 규격화 및 실의 향상

□ 정전기 제어장치

- 직물이 열풍과 고무롤에 의하여 이송되면서 발생된 정전기를 제거하기 위한 제전장치를 진락 바스켓 하단에 설치

- 선택(Option)장치

- Over-Bridge Monitoring System

- 기계의 모든 동작상태 및 상황을 감지하여 제어할 수 있는 중요장치로 Mangle에서 진낙장치까지 손쉽게 제어가 가능하도록 CCTV, 카메라 및 마이크 등의 설비가 설치되어 있어 신속하게 정보전달이 되어 손쉽게 제어가 가능하므로 원단손실을 최소화 할 수 있고 생산성을 향상시킴

- Out-let Box 및 Take Up & Delivery Unit

- Main Drive는 DC 또는 VS Motor로 행해지는데, 정교하고 내구성이 큰 HSV 감속기는 Spline Shaft로부터 동력을 전달받아 Tenter Pin Chain을 견인하는 원도 Spr<sup>°</sup>Ck을 구동
    - Cooling Fan(Duct)은 뛰어난 냉각 효과를 보여줌

- P.M모터장치(Permant Magnet)

- 주파수에 의한 동기형모터로서, 기계진동 검출기인 Rotary Encord는 펌프수로서 측정함으로서, 속도검출에서 하기보다 우수하게 전자 Change Gear에 전달하여 얻고자 하는 원단의 오버피드량을 정확하게 정하여줌

- 폐열 이용장치

- 건조 열풍장치에 있어 챔버내에 신선한 공기를 충분하게 공급하는 과정상 배기되는 폐열 배관사이로 공기를 공급함으로서, 챔버내의 열 손실을 줄임으로써, 에너지 절약 효과를 가져오고 챔버내 열편차를 줄일 수 있음

- 기어드 드라이브 유니트

- 기존 볼스 류샤후드보다 변사를 검출 운동하는데 있어 더욱 민감할 뿐 아니라 고속시 안정성을 유지할 수 있음

- 자동 훨터장치

- 원단 건조시 생기는 먼지 잡물을 제거하는데 있어서 기계자동중 소재가 가능하여 기존 텐터보다 열효율을 높일 수가 있고, 생산성 향상을 가져오고 작업자의 번거로움이

없어져 기존 텐터의 훌터 교체시 작업불능, 열손실을 지양

## 2) 에너지절약형 시스템

- 자동 배기습도 조절장치(Automatic Humidity Control System)
  - 배기 습도의 측정시스템으로는 지르코니아 습도 측정방법, 전자식 습도 측정방법, 서어마스터, 열전도식 습도 측정법과 최근 개발된 음속 측정을 통한 습도 측정 system이 있음

◆ 음속측정을 통한 습도측정 배풍량 조절 system 기기는 컨트롤 박스, 센서인 유체발진기(FLUID OSCILLATOR) 등으로 구성 되어 있으며, 파이롯트 모터에 의하여 댐퍼의 개폐를 조절하여 배기 습도를 제어하도록 하였다. 측정원리는 유체발진기를 이용하여 배기공기 중에 음파를 보낼 때 음속은 혼합기체의 전체적에 대한 수증기의 체적비(습도)에 비례함으로서 이 음속을 주파수에 따라 측정 연산하고 온도변화에 의한 음속변화량을 통하여 연속 보정하는 방식이다. 이 시스템은 종래 측정이 불가능하였던 고온(250도)의 공기중 습도를 고정밀도로서 고속 응답하는 특징을 가지고 있다.

자동 제어 시스템으로는

- (1) 목표치로 설정한 배기습도를 유지하기 위한 배기량 자동 제어
- (2) PID 컨트롤
- (3) 브로킹 시스템이 있으며

측정 범위는 체적 %로서 30%(상대습도 26.7%)까지이다.

□ 적용대상 : 섬유 건조·가공기(Stenter & Dryer)

□ 목적

- 건조배기량의 적정한 조정은 열풍이 순환되는 Setting기 챔버내부의 건조에 사용된 열풍 중에 포함되어 있는 습도를 계측하여 열풍의 건조능력이 어느 정도 남아있는 정도를 판단하여 가공에 필요한 가장 적절한 습도를 유지하도록 자동으로 배기량을 조절하여 그에 대응한 적정 습도제어를 함으로써 에너지의 효율이 극대화하고 제품의 품질을 향상시키는데 그 설치 목적이 있음

- 증발이 많은 경우는 당연히 배기량을 증가시키지 않으면 건조효율이 나빠져서 생산성에 지장을 초래하고 역으로 증발량이 적어서 열풍습도가 적은 경우는 배기량을 극도로 좁혀 외부로 달아나는 열손실을 방지
- 따라서 증발수분(즉, 습도)이 많은 경우 배기량을 증가시켜 주지 않으면 건조효율이 악화되어 건조기의 온도를 유지하기 위해 과다한 열에너지를 소비하게 되며, 결과적으로 건조기의 성능 및 생산품질이 저하되는 요인이 됨
- 반대로, 증발량이 열풍의 습도가 적을 경우, 배기량을 최대한 억제시켜주면, 외기방출에 의한 열손실을 최소화할 수 있음
- 본 시스템은 건조기의 열풍에 함유된 습도를 감지하여 배기 습도량을 자동으로 제어함으로 기존의 현장에서 섬유 등의 건조상에 따른 수도제어에 의한 불필요한 에너지 낭비를 줄일 수 있는 자동 배기습도 제어 시스템

#### □ 원리

- 지르코니아식 고온 습도센서를 이용하여 기내의 공기와 공존하는 습도를 측정하여 혼합비(절대습도  $kg/kg$ )를 나타내며, Controller는 측정된 습도가 설정치에 일치 하는가 연산하여 배기 fan의 회전수를 인버터 출력에 의해 연속적으로 가변하여 배기량 또는 기내습도를 자동제어
- 과다 배기로 인한 방출에너지 손실을 줄이고 건조 또는 세팅조건에 맞는 습도조건을 제공
- Heat Setting기 내부의 습도를 검출하여 습도 조절계로 현재의 습도를 신호로 주고 이것은 Inverter(주파수 변환기)로 신호를 주어 인버터에 연결되어 있는 배기팬 모터의 회전수를 자동 조절하여 배기량을 조절하는 방법임
- 설정된 습도보다 챔버내부의 실제습도가 높으면 배기팬 모터의 회전수를 높여 배기량을 많게 하여 챔버 내부의 습도를 낮게 하여 주며, 설정된 습도보다 챔버 내부의 실제습도가 낮으면 배기팬 모터의 회전을 정지시켜 사용가능한 에너지의 배기를 줄여서 에너지를 절감
- 텐터의 용량이 8C/B인 경우는 배기 토출구가 통상 5곳이며, 가공처리시 건조와 세팅

을 동시에 처리를 하게 됨에 따라 건조는 원단에 따라 보통 1번 ~ 4번 챔버에서 실시하고, 세팅은 5번 ~ 8번 챔버에서 실시

- 보통 배기 습도량은 건조시 발생되는 수분증발량이 대부분이므로 1번 혹은 2번 챔버 또는 1,2번 챔버 덕트를 복식으로 끓어서 자동 배기습도 제어 시스템을 1개만 설치하면 설치시 투자비 및 소요경비를 절감할 수 있으며 설비효율을 극대화할 수 있음
- 그러나 각 현장에서 제품의 품질향상을 위해 배기열풍에 함유된 습도제어의 중요성을 인식하고 있으나, 건조기 내부의 높은 온도( $150\sim200^{\circ}\text{C}$ ) 및 부식성분 등, 열악한 분위기로 인해 설치 후, 신뢰성 및 경제성에 대한 회의적인 인식으로 대부분 건조제품의 마무리 상태를 육안으로 관찰 후 배기량을 수동제어 하고 있는 실정
- 이러한 문제점의 획기적 개선이 가능한 고신뢰성 습도센서의 출시가 요구되고 있으며, 센서를 쉽게 빼내어 청소 할 수 있는 시스템이 필요

#### □ 작동순서

- ① 챔버내 습도측정(습도검출기)
- ② 상대습도를 절대습도로 변환하여 제어반에 신호로 전달(변환기)
- ③ 측정한 습도 값과 설정된 목표치와 비교(PID Controller)
- ④ 배기 Fan Motor의 회전수 조절(PID Controller Inverter)
  - ▶ 설정된 값보다 높은 경우 : 배기팬 모터의 회전수를 높여  
(습도가 높은 경우) 배기량을 증가
  - ▶ 설정된 값보다 낮은 경우 : 배기팬 모터의 회전을 감소 또는  
(습도가 낮은 경우) 정지시켜 배기량을 감소

#### □ 특징

- ① 고체 전해질 Zirconia( $\text{ZrO}_2$ )를 습도소자로 채택하여 신뢰성 및 내구성이 우수
- ② 검지부에 Ceramic Heater를 내장하여  $\text{ZrO}_2$ 소자를  $500^{\circ}\text{C}$ 로 알정하게 가열시켜줌으로 특히, 고온영역 및 열악한 분위기에서도 안정적 성능을 유지
- ③ 대기압과 포화수증기압의 비교, 환산원리에 의한 습도 계측방식을 채택하여 이물질 타르 등의 부착, 부식성기체 및 급격한 온도변화 등에 대한 영양을 최소화
- ④ 특히, 습도 검지부에 융착된 이물질(장기간 사용 시) 및 부식문제는 필요시, 습도검지부의 외부보호관(Protector)을 청소해 주거나, 교체함으로서 장기간 수명을 유지할

수 있음(고비용/저효율/유지보수비용 등의 문제점 개선효과)

□ 제어방식별 특성비교

<표 4.38> 제어방식별 특성비교

항 목	A사	B사	C사
습도 측정 방식	상대습도(Vol%)	상대습도(Vol%)	절대습도(Vol%)
습도 센스	모델명	AVS300B Type (Loose Flange 형)	TRA 500/ CRO 110-D
	측정 방식	수증기 압력을 검지하여 상대습도로 환산	수증기 압력을 검지하여 상대습도로 환산
	재질	다공질 고체전해질 Zirconia(ZrO <sub>2</sub> )	HMP 고분자 습도 흡착막 소자
	측정범 위	0~100%	0~100% RH
	사용온 도	최대 250°C	0~250°C
	측정정 도	+-2~3%	1.0% FS (표준분위기)
콘트 롤러	특징	·보호관을 내식성 SUS316사용 ·청소가 용이	·보호관을 내식성 SUS316사용
	모델명	H315/305GA	CR110-D
	제어 방식	배기Fan Motor의 Inverter와 조합한 PID 연속 제어	배기Fan Motor의 Inverter와 조합한 PID 연속 제어

□ 주요 구성품의 역할 및 특징

- 주요 구성품은 측정계와 제어계로 구분하여 측정계에는 습도센서 및 습도변환기로 구성되어 있고, 제어계에는 습도조절기 및 Inverter 등으로 구성

- 측정계에서는 고온습도 센서를 사용하여 배기 직전의 공기와 공존하는 습도를 측정하여 g/Kg(절대습도) 또는 VOL %(상대습도)로 표시하고 제어계에서 CONTROLLER는 측정하고자 하는 습도가, 설정치와 일치하도록 배기팬의 회전수를 인버터 출력으로 연속적으로 변환시켜 기계내부의 습도를 일정하게 자동제어
- 기존현장의 Panel(Main 또는 Over Bridge)에 설치가 가능

### ① 고온용 습도센서 (Converter 포함)

- 역할 : 챔버 내부의 온도 및 절대습도를 감지하여 변환기(2번)로 신호를 보낸다,
- 특징 : 습도검지부는 다공질 Zirconia ( $ZrO_2$ ) Ceramic type 또는 HMP 고분자 습도 흡착막 소자로 습도흡착에 따른 수증기의 압력을 직접 검지하여 상대습도 또는 절대습도로 환산하여 주는 Mechanism이다. 상대습도는 0~100%까지 표시하며 대기압(760mmHg)에 대응한 수증기압의 비율 즉, 열풍에 함유되어 있는 수증기가 포화상태(100%)에 비해 몇 %인지를 환산하여 주며, 절대습도는 건조공기 1 kg에 포함된 수분량 g수의 비율을 나타내며 연속측정 상대습도를 절대습도에 자동변환하여 제어반에 전달한다. 따라서 종래의 습도센서 (Polymer type)로는 측정이 불가능한 온도 영역인  $250^\circ\text{C}$ (최대) 약 2~3%의 측정정도가 유지된다. 또한, 보호관은 내식성이 뛰어난 SUS316 재질로 구성되어 있다.

### ② 배기습도 제어용 Controller (HIC)

- 역할 : 습도 센서의 측정 신호는 습도 콘트롤러에 입력되어, 콘트롤로는 설정된 목표 VOL %로 되도록 배기 모터의 회전수를 자동제어 한다, 습도 콘트롤러는 PID 연속 방식으로, 배기 모터의 인버터에 제어신호를 출력하게 된다. 측정 표시, 콘트롤러의 기능, 수동 자동의 변환 시스템은 콘트롤 박스에 내장되어 있다.
- 특징 : 최적의 습도제어를 위해 위 습도센서를(AVS300)와 조합하여 배기용 Fan Motor의 회전수(RPM) 제어를 위한 Inverter(입력 : 4~20mA DC)와 조합하여 최적의 제어정밀도 실현이 가능한 습도제어용 PID Smart Controller이다.

### ③ 건조기내 습도 측정

- 열풍의 건조 여력은 습도에 따라 판정된다. 습도 센서는 다공질의 실코니아 세라믹 소자에서 습도 흡착에 의해 수증기압을 직접 검지하여 습도의 표시는 혼합비(절대습도 kg/kg) 또는 VOL% (상대습도)로 표시하며, 대기압(760mmHg)에 대응한 수증기압의 비율 즉, 열풍에 함유되어 있는 수증기가 포화상태(100%)에 비해 몇 %인지를 환산하여 나타낸다. 0~250°C의 분위기에 있어서 측정정도는 +-2VOL%이다. 센서 검지관을 증발량에 많은 기내 장소에 부착하여 습도를 측정하며, 센서 소자는 보호관에 들어있다.

### ④ 배기용 인버터

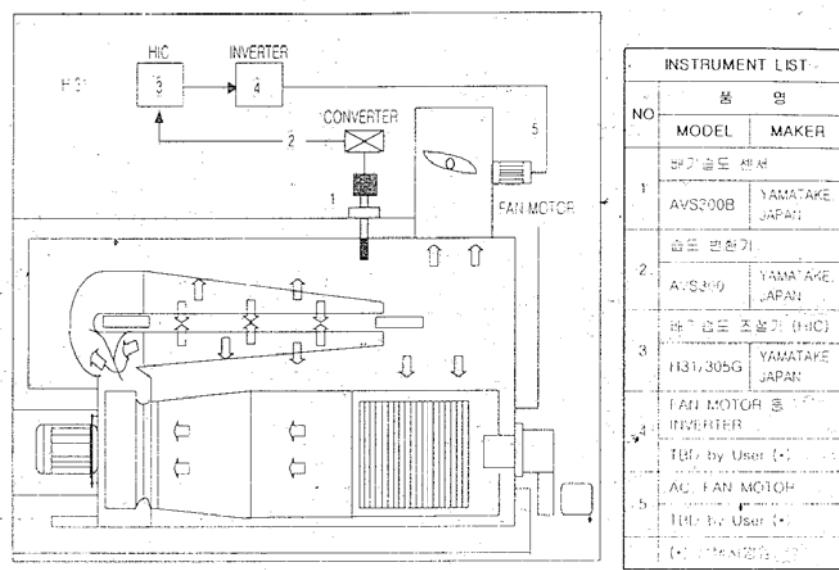
- 습도조절기의 출력을 받아 배기 FAN의 속도를 조절한다. 배기모터에 인버터가 설치되어 있지 않은 경우에 인버터를 설치하여 배기량을 자동조절하게 된다.

### ⑤ 기타 구성품의 역할

- 변환기 : 센서의 신호를 습도 및 온도조절기가 이해할 수 있는 번호로 변환하여 출력
- 제어함 : 챔버내부의 습도를 조절하기 위해 온도조절계 및 습도조절계등의 계기를 부착하여 사람이 직접 현재의 상태를 눈으로 확인하여 원하는 상태로 제어하기 위한 조작판넬
- 온도조절기 : 챔버 내부의 현재 온도를 지시하며 설정온도 이상 온도가 상승하면 경보를 울림
- 경보온도 설정 스위치 : 원하는 온도를 설정하기 위한 스위치(설정가능치 0~199°C)
- 경보스위치 : 온도경보 작동시 벨을 ON/OFF 시켜주는 스위치
- 전원램프(벨) : 제어함에 전원 인가시 램프에 불이 켜진다,
- 경보음(벨) : 경보설정 온도 이상으로 온도가 상승하게 되면 온도조절기(5번)의 출력이 벨을 동작시켜 경보음을 발생
- 전원스위치 : 제어함 전체의 전원을 ON/OFF 시켜주는 스위치

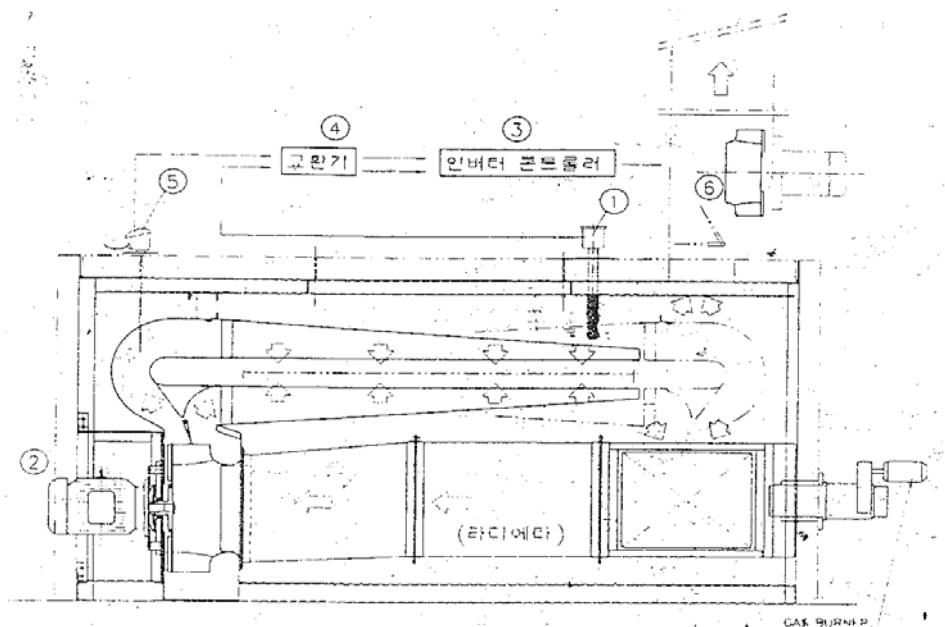
- 습도조절기 : 변환기의 출력을 받아 챔버내부의 습도를 조절한다, 챔버내부의 현재 습도를 지시
- 습도설정스위치 : 원하는 습도를 설정하기 위한 스위치(설정가능치 0~600g/m<sup>3</sup>)

#### □ SYSTEM 구성도



<그림 4.37> 시스템 구성도

#### □ 장치 구성도



<그림 4.38> 자동 배기 습도 조절장치 구성도

- 자동온도조절 시스템(Temp Control System)

- 온도조절의 필요성

- 섬유가공기에서 온도는 제품 생산에 있어서 가장 중요한 요인 중 하나이며 특히 Heat Setting기에서는 온도를 중요시 함

- 제품의 종류에 따라 적정한 필요온도가 각기 조금씩 다르며, 물성변화가 일어나지 않는 한계에서 제품에 열을 가하여 열처리를 하는 것이 Heat Setting기이므로 온도가 중요하다고 할 수 있음

- 열처리 과정에서의 온도편차는 제품의 직접적인 요인이 되므로 온도조절 장치가 장착이 되어야 하며 순환되는 공기를 이용하기 때문에 온도의 자동 조절이 불가피함

- 온도 조절의 방법

- 찬공기를 데워 열풍으로 만드는 방법에는 열매유 간접식과 가스직화식의 2가지 방법이 있는데 전자는 순환하는 뜨거운 열매체유를 라디에이터에 통과시키고 라디에이터(관형 열교환기)사이로 공기가 순환하면서 열풍이 발생되며, 후자는 열매체유를 사용하지 않고 라디에이터 부분에 직화식 Gas Burner를 장착하여 가스를 연소시켜서 고온의 열풍을 발생

- ① 열매체유 순환 방법

- 열매 보일러에서 뜨거운 열매유가 배관을 통해 Heat Setting기로 오면 각 챔버에 있는 라디에이터 전에 달려 있는 장동 Valve(3-Way Valve)를 거쳐서 라디에이터를 지나 순환 배관을 통해 다시 보일러를 되돌아간다, 열매체유가 순환하는 과정에서 라디에이터로 들어가기 전에 장착된 3Way VALVE에서 챔버내부의 온도를 CHECK하여 온도 조절기로 신호를 보내면 온도조절기 상에 작업자가 입력시킨 설정온도와 비교하여 설정온도가(현재온도가 낮음) 높으면 자동 VALVE를 열어 뜨거운 열매체유를 라디에이터로 공급하고 설정온도가 낮으면(현재온도가 높음)자동 VALVE를 닫아 열매체유의 공급량을 줄이거나 차단하여 온도를 자동조절

- ② Gas 직화식

- 열매 라디에이터 대신 장착된 Gas Burner의 불꽃을 공기가 통과하여 온도가 상승되는데 이때 온도 센서에서 감지된 온도가 온도조절기로 표시되며 설정온도 보다 낮으

면 Gas Burner의 Control Meter로 신호를 보내 Burner로 공급되는 Gas(Gas Air 및  
식)량을 증가시켜 Burner로 공급되는 Gas(Gas Air 및 식)량을 적게 하여 Burner의 불  
꽃을 작게 하거나 완전차단(소화)하여 온도를 조절

#### □ 구성요소

##### ① 열매 type

- (1) 열매 3-way control valve
- (2) 온도 조절기
- (3) 온도 센서 (pt100Ω)
- (4) 열매 라디에이터

##### ② GAS TYPE/B-C TYPE

- (1) Gas B-C burner (Control Motor 장착)
- (2) 온도 조절기
- (3) 온도 센서(1pt 100Ω)

- 조절방법 : PT100용 온도센서를 이용하여 각각의 CHAMBER내부의 노즐로 분사되기  
직전의 열풍의 온도를 측정하여 각각의 온도 CONTROLLER에 표시되며  
사용자에 의해 입력되어진 설정 온도와의 차이를 배관에 설치되어 있는  
자동 열매 VALVE를 (3-WAY CONTROL VALVE)열거나 차단시켜 보일러  
에서 데워져 RAADIATOR로 공급되는 열매체유의 양을 조절하여 기내의  
온도를 조절

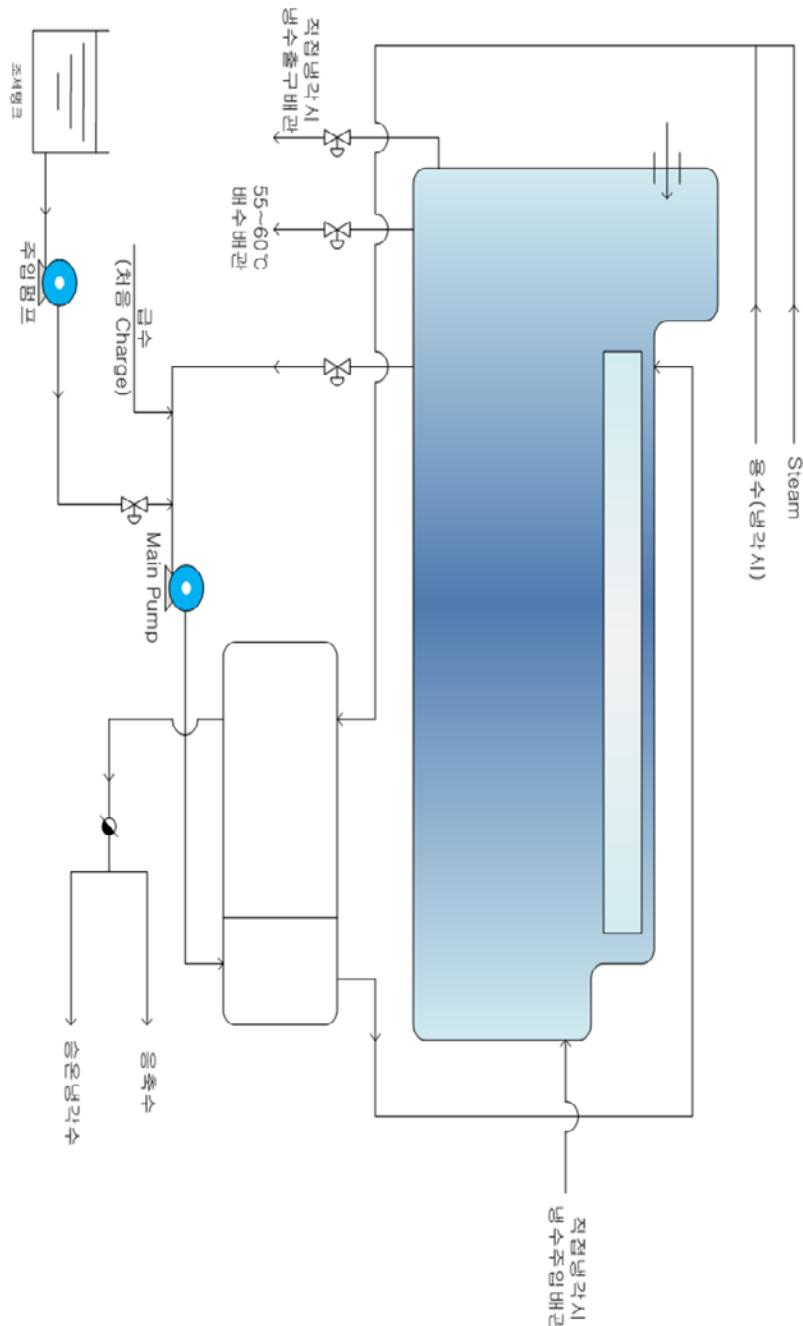
#### □ 각 구성요소의 역할

- 온도센서 : CHAMBER내부의 온도를 감지
- 온도컨트롤러: 온도센서의 시그널을 받아 3-WAY VALVE를 컨트롤
- 3-WAY VALVE : 열교환기 유입유량을 비례제어(P.I.D)하여 CHAMBER내부의 온도를  
일정하게 유지



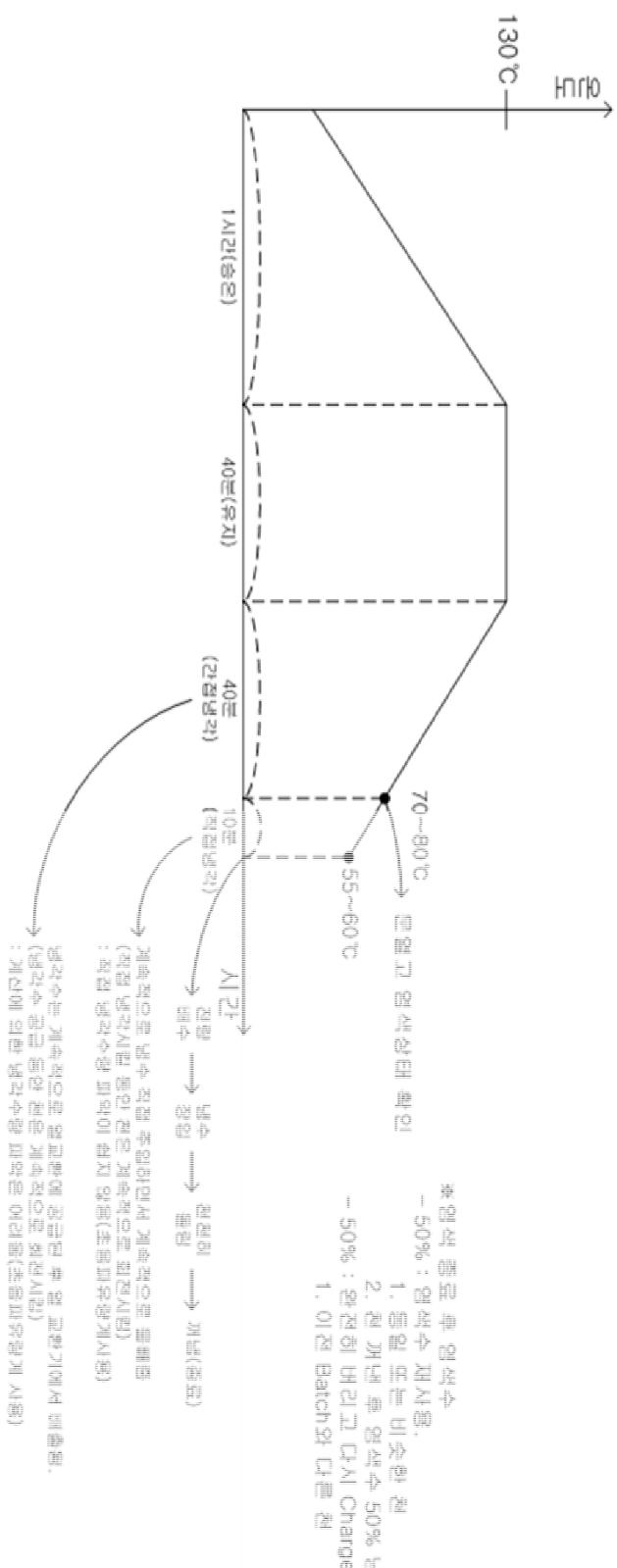
#### 4.4.3 에너지 저감 및 회수 가능성 분석

가) C업체



<그림 4.39> 염색기

○ Polyester 천 염색 : 액류 염색 윤비 10:1 1월 5 ~ 6 Batch



○ Polyester 천 염색

윤비 8:1. 1 Cycle 작업시간 : 평균 150분(간접 냉각 후 문열고 확인시간, 조제 투입시간 등 포함.)

1일 평균 9Cycle(Batch) (24시간 작업) 작업

1tube 용량 : 100kg(천 중량기준), 2tube 용량 : 200kg, 3tube 용량 : 300kg

<그림 4.40> 과정 염색 천

## 1) 고압 Rapid 염색기 Heat Balance

- 운전 욕비를 알고 있을 때 (욕비 10:1 일 때)

- 용수 가열량

$$100 \text{ kg/Cycle} (\text{피염물 중량}) \times 10 \times (127 - 15) = 112,000 \text{ kcal/cycle}$$

- 피염물 가열량

$$100 \text{ kg/Cycle} (\text{피염물 중량}) \times 0.3 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \times (127 - 15) = 3,360 \text{ kcal/cycle}$$

온도유지열량(방산열량)

$$(112,000 + 3,360) \times 0.2 = 23,072 \text{ kcal/cycle}$$

- 합계

$$112,000 + 3,360 + 23,072 = 138,432 \text{ kcal/cycle}$$

- 소요 Steam 양(5K Steam 공급시)

$$138,432 / 498.59 = 277.6 \text{ kg/cycle}$$

- Rapid 염색기에서 일일 Steam 사용량 (전체 염색기 tube 합계 37 tube, 평균 9 탕/일 작업)

$$92,456 \text{ kg/일}$$

- 염색기에서 사용되는 Steam 양(hr당 또는 일일당)을 알고 있을 때

- 염색기 스팀 사용량 4,000 kg/hr

$$4,000 \times 24 = 96,000 \text{ kg/일}$$

- 1 tube 당 1cycle 스팀 사용량

$$96,000 \div 37 \text{ tube} \div 9 \text{ cycle/일·대}$$

$$288 \text{ kg/cycle}$$

- 1 tube, 1cycle 당 소요 열량

288 x 499 kcal/kg (5K 스팀잠열)

143,738 kcal/cycle

- 피염물가열량

100 kg/Cycle(피염물 중량) x 0.3 kcal/kg °Cx( 127 - 15 ) = 3,360kcal/cycle

- 방산열량(온도유지열량)

143,738 x 0.2 (백분율) = 28,748 kcal/cycle

- 용수가열량

143,738 - (3,360 + 28,748) = 111,630 kcal/cycle

- 염색기 평균 운전율비

100 kg/cycle x a(율비) x ( 127 - 15 ) = 111,630 kcal/cycle

a = 10

## 2) 보일러 배가스열회수

• 연간 절감량

- 절감열량 = 이론배가스량 + (공기비 - 1) x 이론공기량} x 배가스비열

  x (개선전배가스온도 - 개선후배가스온도)

  = {11.540 + (1.17 - 1) x 10.550} x 0.33 x (161 - 90)

  = 312.4 kcal/Nm<sup>3</sup>

- 보일러연료사용량 대비 절감율

  = (312.4 kcal/Nm<sup>3</sup> ÷ 9,420 kcal/Nm<sup>3</sup>) x 100

  = 3.3 %

- 연간 절감량

$$= \text{연간보일러 LNG사용량} \times 0.033$$

$$= \text{Nm}^3/\text{년} \times 0.033$$

$$= \text{Nm}^3/\text{년}$$

- 연간 절감액

$$= \text{연간절감량} \times \text{LNG 단가}$$

$$= \text{Nm}^3/\text{년} \times \text{원/Nm}^3$$

### 3) 폐수열 회수

- 당공장은 염색기에 투입되는 공정용수 온도가 평균 15°C 정도로서 낮아 폐수열을 회수하기 위한 폐수열회수기를 설치하여 공정수온도를 승온시킬 필요성이 제기
- 폐수 발생현황은 다음과 <표 4.32>와 같음

<표 4.39> 폐수 발생현황

폐수발생량 (t/d)	년평균 폐수발생 온도(°C)	공장 용수사용량 (t/d)	년평균공정수 온도(°C)	승온시킬 공정수량(t/d)
1,700	42	2,000	15	1,700

• 절감량

- 절감열량

$$1,700,000 \text{ kg/d} \times 27 \text{ 일/월} \times 12 \text{ 월/년} \times (37 - 15) \times 0.9(\text{안전율})$$

$$= 10,905,840,000 \text{ kcal/년}$$

- 연간 스텀诘감

$$= 10,905,840,000 \text{ kcal/년} \div (660 \text{ kcal/kg} - 100 \text{ kcal/kg})$$

$$\times 0.9 \text{ (안전율)} \div 1,000 \text{ kg/t}$$

$$= 17,527 \text{ t-스팀/년}$$

- 연간 절감액

$$= \text{연간 량스팀诘감} \times \text{스팀단가}$$

$$= 17,527 \text{ t-스팀/년} \times 38,900 \text{ 원/t}$$

$$= 681.8 \text{ 백만원/년}$$

- 투자비 : 100 백만원

- 투자비 회수기간

$$= 100 \text{ 백만원} \div 681.8 \text{ 백만원/년}$$

$$= 0.2 \text{ 년}$$

#### 4) 텐터 배기열 회수

4기의 텐터를 보유 가동중이며 열매체보일러에서 발생된 고온의 열매유로 내부 Chamber를 가열하여  $130^{\circ}\text{C} \sim 220^{\circ}\text{C}$  정도를 유지한다. 통상 얇은 나일론 계통은 낮은 온도를 두꺼운 천은 높은 온도를 유지한다. 4기의 텐터에서 발생되는 배기량 및 온도 등 실태는 다음 표와 같다.

배기량 (Nm <sup>3</sup> /min)	년평균 배기온도 (°C)	연간 가동시간 (h/y)	년평균 실내온도 (°C)	비고
410	145	3,900	25	

텐터의 배기열 회수방안은 배기열을 회수하여 텐터내부에 공급되는 공기를 예열하여 공급하는 방안과 염색공정에 사용하는 용수를 가열하는 방안이 있다. 본 보고서에서

는 공기를 예열하는 효과를 제시한다.

o 절감량

- 절감열량

$$\begin{aligned} & 410 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 60 \text{ min/hr} \times 24 \text{ hr/일} \times 27 \text{ 일/월} \times 12 \text{ 월/년} \times \\ & (145 - 60) \times 0.31 \text{ kcal/Nm}^3 \times 0.9(\text{효율}) \\ & = 4,536,432,864 \text{ kcal/년} \end{aligned}$$

- 연간 LNG 절감량

$$\begin{aligned} & = 4,536,432,864 \text{ kcal/년} \div (9,420 \text{ kcal/Nm}^3 \times 0.839) \div 0.9(\text{수송손실}) \times 0.9 \text{ (안전율)} \\ & = 573,986 \text{ Nm}^3/\text{년} \end{aligned}$$

o 연간 절감액

$$\begin{aligned} & = \text{연간 LNG 절감량} \times \text{LNG 단가} \\ & = 573,986 \text{ Nm}^3/\text{년} \times 930 \text{ 원/Nm}^3 \\ & = 533.8 \text{ 백만원/년} \end{aligned}$$

o 투자비 : 300 백만원

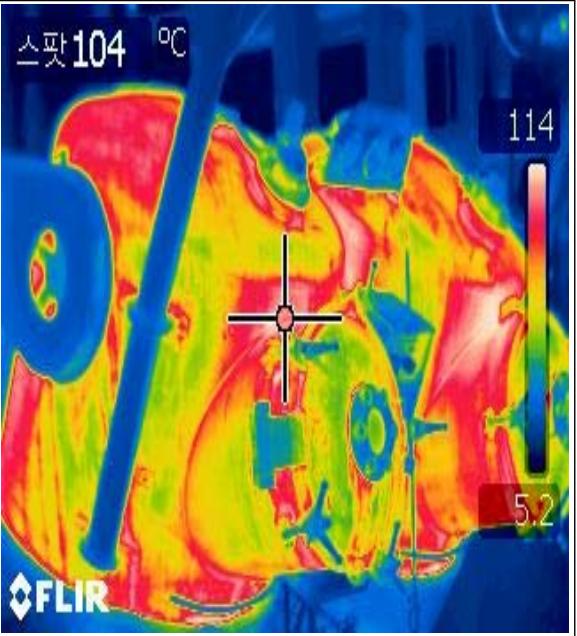
o 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} & = 300 \text{ 백만원} \div 533.8 \text{ 백만원/년} \\ & = 0.6 \text{ 년} \end{aligned}$$

o 연간 온실가스 절감량

$$\begin{aligned} & = \text{연간 LNG 절감량} \times \text{LNG 고위발열량} \times \text{환산계수} \\ & = 573,986 \text{ Nm}^3/\text{년} \times 10,550 \text{ kcal/Nm}^3 \times 10^{-7} \text{ toe/kcal} \\ & \times 0.637 \text{ tC/toe} \times (44 \div 12) \text{ tCO}_2/\text{tC} \\ & = \text{tCO}_2/\text{년} \end{aligned}$$

## 6) 보온상태 (열화상 사진)

	
텐타 배가스 출구 덕트(일반사진)	텐타 배가스 출구 덕트(열화상사진)
	
염색기(일반사진)	염색기(열화상사진)

-Rapid 염색기 표면온도가 높은 곳은 104°C정도로 높아 보온이 필요

- 배가스 연도의 열화상사진으로서 연도의 표면온도가 높다. 배가스열 회수시에는 연도의 보온이 필요하다.

- 열매체보일러(2,500,000kcal/h) 열정산서

□ 성능치

- 결과치

<표 4.43> 열매체보일러 성능

No.	항목	입열		출열	
		kcal/N m <sup>3</sup>	%	kcal/N m <sup>3</sup>	%
1	연료의발열량	9,420	100.0		
2	연료의현열	0.0	0.0		
3	공기의현열	0.0	0.0		
4	배기가스보유열손실			664.4	7.1
5	불완전 연소에 의한 열손실			1.7	0.01
6	방 열, 전열, 기타열손실			847.8	9.0
7	열매의 흡수열			7,906.1	83.9
	합계	9,420.0	100.0	9,420	100.01

- 성능치

<표 4.44> 열매체보일러 효율 및 부하율

No.	항목	기호	단위	성능치
1	보일러의 효율	$\eta$	%	83.9
2	보일러의 부하율	$L_f$	%	55.3

□ 설비개요

<표 4.45> 열매체보일러 설비개요

구분	항목	단위	기재란	비고
본체	보일러 형식	-	노통연관	
	보일러 용량	Kcal/h	2,500,000	
	최고사용압력	kg/cm <sup>2</sup> .g	10	
	상용압력	kg/cm <sup>2</sup> .g	-	
	전열면적	m <sup>2</sup>		
	제작일	년		
	제작처	-	(주)조일특수보일러	
비너	형식	-		
	연료소비량	Nm <sup>3</sup> /h		

□ 측정결과

<표 4.46> 열매체보일러 측정 결과

측정항목		기호	단위	비고	
보일러정격			kcal/h	2,500,000	
외기온도 (건)	To		°C	10	
실내온도 (건)			°C	10	
연 료	연료명	-	-	부생연료2호	
	사용량	Vt	Nm <sup>3</sup> /h	175	발열량 (kcal/Nm <sup>3</sup> ) 9,420
	연료공급온도	Tf	°C	10	비열 0.42
	압력		Kpa	-	
열매 종류		싸미아			
열매 순환량		W <sub>1</sub>	m <sup>3</sup> /h	72.80	
입 구	열매 온도	W <sub>1</sub> L	°C	229.0	
	열매 비열		kcal/kg°C	0.5860	
출 구	열매 비중	T <sub>w</sub>	kg/m <sup>3</sup>	769	
	열매 온도	W <sub>1</sub> L	°C	264.0	
	열매 비열		kcal/kg°C	0.6180	
연소용 공기	열매 비중	T <sub>w</sub>	kg/m <sup>3</sup>	749	
	공기비열	C <sub>a</sub>	kcal/Nm <sup>3</sup> °C	0.31	
	보일러본체입구온도	T <sub>a1</sub>	°C	-	
공기예열기입구온도		T <sub>a2</sub>	°C	10	
보일러본체출구온도		T <sub>g1</sub>	°C	282	
배 기 가 스	절탄기출구온도	T <sub>g2</sub>	°C	-	
	공기예열기출구온도	T <sub>g3</sub>	°C	161	
	배가스 비열	C <sub>g</sub>	kcal/Nm <sup>3</sup> °C	0.33	
	CO <sub>2</sub> 성분	(CO <sub>2</sub> )	Vol %	-	
	O <sub>2</sub> 성분	(O <sub>2</sub> )	Vol %	3.0	
	CO 성분	(CO)	PPM	42	

## □ 계산

### - 기본계산

#### ① 연료사용량(F)

$$\begin{aligned} F &= \text{연료측정량} (\ell /h) \times \text{연료비중} \\ &= 175 (\text{Nm}^3 /h) \end{aligned}$$

#### ② 공기비(m)

$$\begin{aligned} m &= 21 \div (21 - 3.0) \\ &= 1.17 \end{aligned}$$

### - 입열

#### ① 연료의 발열량(HL)

$$HL = 9,420 \text{ (kcal/Nm}^3 - \text{연료})$$

#### ② 연료의 현열(Q<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} Q_1 &= \text{연료의 비열} (\text{kcal/Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}) \times (\text{연료공급온도} - \text{외기온도(건)}) (\text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 0.42 \times (10 - 10) \\ &= 0.0 \text{ (kcal/Nm}^3 - \text{연료}) \end{aligned}$$

#### ③ 공기의 현열(Q<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned} Q_2 &= \text{실제 공기량} \times \text{비열} \times (\text{공기예열기입구온도} - \text{외기온도(건)}) \\ &= \text{이론연소공기량} (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ 연료}) \times \text{공기비} \times \text{비열} (\text{kcal/Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}) \times (\text{공기예열기입구온도} - \text{외기온도(건)}) (\text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 10.550 \times 1.17 \times 0.31 \times (10 - 10) \\ &= 0.0 \text{ (kcal/Nm}^3 - \text{연료}) \end{aligned}$$

#### ④ 총 입열량(Q<sub>i</sub>)

$$\begin{aligned} Q_i &= HL + Q_1 + Q_2 \text{ (kcal/Nm}^3 - \text{연료}) \\ &= 9,420 + 0.0 + 0.0 \\ &= 9,420 \text{ (kcal/Nm}^3 - \text{연료}) \end{aligned}$$

- 출열

① 배가스 손실열( $L_1$ )

$$\begin{aligned} L_1 &= \text{실제배가스량} \times \text{비열} \times (\text{배가스온도} - \text{외기온도}) \\ &= \{\text{이론배가스량} + (\text{공기비} - 1) \times \text{이론연소공기량}\} \\ &= \{11.540 + (1.17 - 1.0) \times 10.550\} \times 0.33 \times (161 - 10) \\ &= 664.4(\text{kcal}/\text{Nm}^3 - \text{연료}) \end{aligned}$$

② 불완전 연소에의한 열손실( $L_2$ )

$$\begin{aligned} L_2 &= (3,050/100)(\text{kcal}/\text{Nm}^3) \times \{\text{이론배가스량} + (\text{공기비}-1) \\ &\quad \times \text{이론연소공기량}\}(\text{Nm}^3/\text{kg}) \times 0.0\% \\ &= 30.5 \times \{11.540 + (1.17 - 1.0) \times 10.550\} \times 0.0042 \\ &= 1.7(\text{kcal}/\text{Nm}^3 - \text{연료}) \end{aligned}$$

③ 방열, 전열 및 기타 손실열( $L_3$ ) : 입열전체의 9.0(%)

$$\begin{aligned} L_3 &= \text{총입열량}(Q_i) \times 0.09 \\ &= 9,420 \times 0.09 \\ &= 847.8 (\text{kcal}/\text{Nm}^3 - \text{연료}) \end{aligned}$$

④ 열매의 흡수열( $Q_s$ )

$$\begin{aligned} Q_s &= Q_i - (L_1 + L_2 + L_3) \\ &= 9,420 - (664.4 + 1.7 + 847.8) \\ &= 7,906.1 (\text{kcal}/\text{Nm}^3 - \text{연료}) \\ &= 1,383,567.5 (\text{kcal}/\text{h}) \end{aligned}$$

⑤ 열매의 순환량( $W_1$ )

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{열매의흡수열}(\text{kcal}/\text{h}) \div \{(\text{열매의출구온도}(\text{°C}) \times \text{비열}(\text{kcal}/\text{kg°C})) \\ &\quad \times \text{비중}(\text{kg}/\text{m}^3) - (\text{열매의입구온도}(\text{°C}) \times \text{비열}(\text{kcal}/\text{kg°C}) \times \text{비중}(\text{kg}/\text{m}^3))\} \\ &= 1,383,567.5 \div \{(264 \times 0.6180 \times 749) - (229 \times 0.5860 \times 769)\} \\ &= 72.80 (\text{m}^3/\text{h}) \end{aligned}$$

<표 4.47> 입출구에서 온도의 비열 및 비중

구 분	온도(°C)	비열(kcal/kg°C)	비중(kg/m³)
출 구	264	0.6180	749
입 구	229	0.5860	769

⑦ 출열합계(Li)

$$\begin{aligned}
 Li &= Qs + L_1 + L_2 + L_3 \\
 &= 7,906.1 + 664.4 + 1.7 + 847.8 \\
 &= 9,420 \text{ (kcal/Nm³)}
 \end{aligned}$$

- 성능치

① 보일러 부하율(Lf)

$$\begin{aligned}
 Lf &= \{ \text{열매의 흡수열(kcal/h)} \div \text{최대정격출력(kcal/h)} \} \times 100 \\
 &= \{ 1,383,567.5.0 \div 2,500,000 \} \times 100 \\
 &= 55.3 \%
 \end{aligned}$$

② 보일러 효율(E)

$$\begin{aligned}
 E &= \{ \text{열매의 흡수열(kcal/Nm³)} \div \text{총입열량(kcal/Nm³)} \} \times 100 \\
 &= ( 7,906.1 \div 9,420 ) \times 100 \\
 &= 83.9 \%
 \end{aligned}$$

## 나) D업체

### 1) 회수방안

#### ① 텐터 배기열 회수

2기의 텐터를 보유 가동중이며 LNG 연료를 사용하여 지화식으로 내부 Chamber를 가열하여 160°C ~ 200°C 정도를 유지한다. 통상 얇은 나일론 계통은 낮은 온도를 두꺼운 천은 높은 온도를 유지한다. 2기의 텐터에서 발생되는 평균배기량 및 온도 등 실태는 다음 표와 같다.

배기량 (Nm³/min)	년평균 배기온도 (°C)	연간 가동시간 (h/y)	년평균 실내온도 (°C)	비고
700	160	3,900	25	

텐터의 배기열 회수방안은 배기열을 회수하여 버너의 연소용 공기를 예열하여 공급하는 방안과 염색공정에 사용하는 용수를 가열하는 방안이 있다. 본 보고서에서는 연소용 공기를 예열하는 효과를 제시한다.

#### ○ 절감량

$$\begin{aligned}-\text{절감열량} &= \{ \text{이론배가스량} + (\text{공기비} - 1) \times \text{이론공기량} \} \times \text{배가스비열} \\ &\quad \times (\text{개선전배가스온도} - \text{개선후배가스온도}) \\ &= \{ 11.540 + (1.5 - 1) \times 10.550 \} \times 0.33 \times (160 - 90) \\ &= 388.4 \text{ kcal/Nm}^3 - \text{연료}\end{aligned}$$

#### -텐터 연료사용량 대비 절감율

$$\begin{aligned}&= (388.4 \text{ kcal/Nm}^3 \div 9,430 \text{ kcal/Nm}^3) \times 100 \\ &= 4.1 \%\end{aligned}$$

#### -연간 절감량

$$\begin{aligned}&= \text{연간 텐터 LNG사용량} \times 0.041 \\ &= 503,124 \text{ Nm}^3/\text{년} \times 0.041\end{aligned}$$

$$= 20,628 \text{ Nm}^3/\text{년}$$

○ 연간 절감액

$$\begin{aligned} &= \text{연간 절감량} \times \text{LNG 단가} \\ &= 20,628 \text{ Nm}^3/\text{년} \times 930 \text{ 원/Nm}^3 \\ &= 19.2 \text{ 백만원/년} \end{aligned}$$

○ 투자비 : 100 백만원

○ 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} &= 100 \text{ 백만원} \div 19.2 \text{ 백만원/년} \\ &= 5.2 \text{ 년} \end{aligned}$$

○ 연간 온실가스 절감량

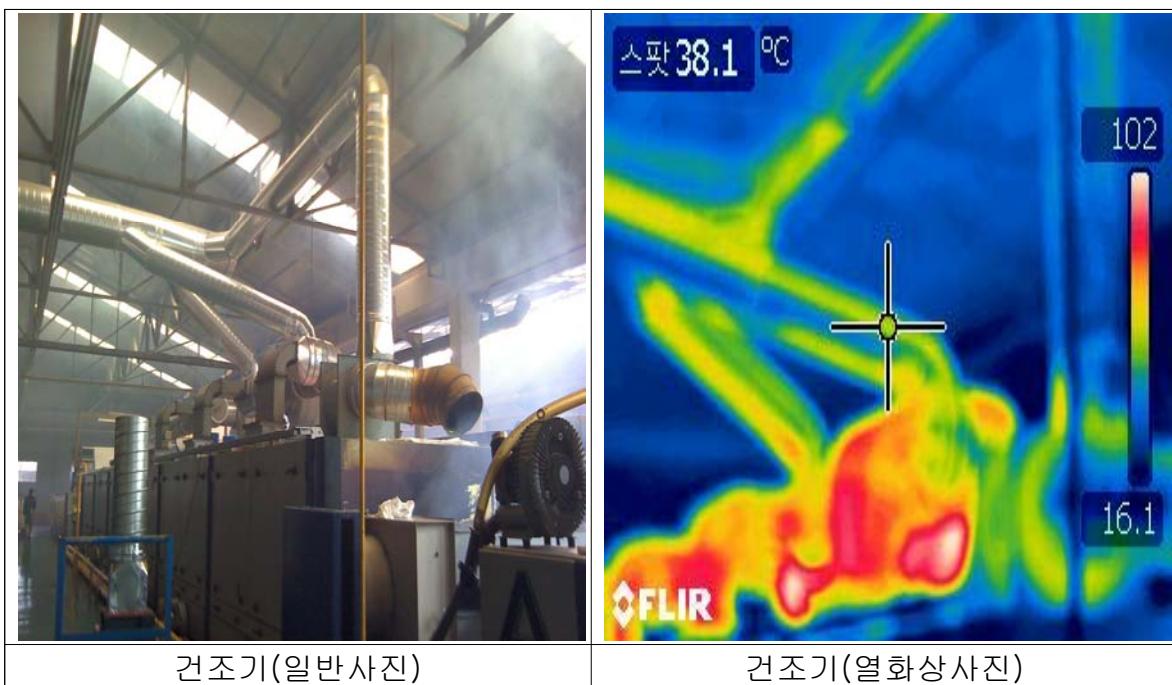
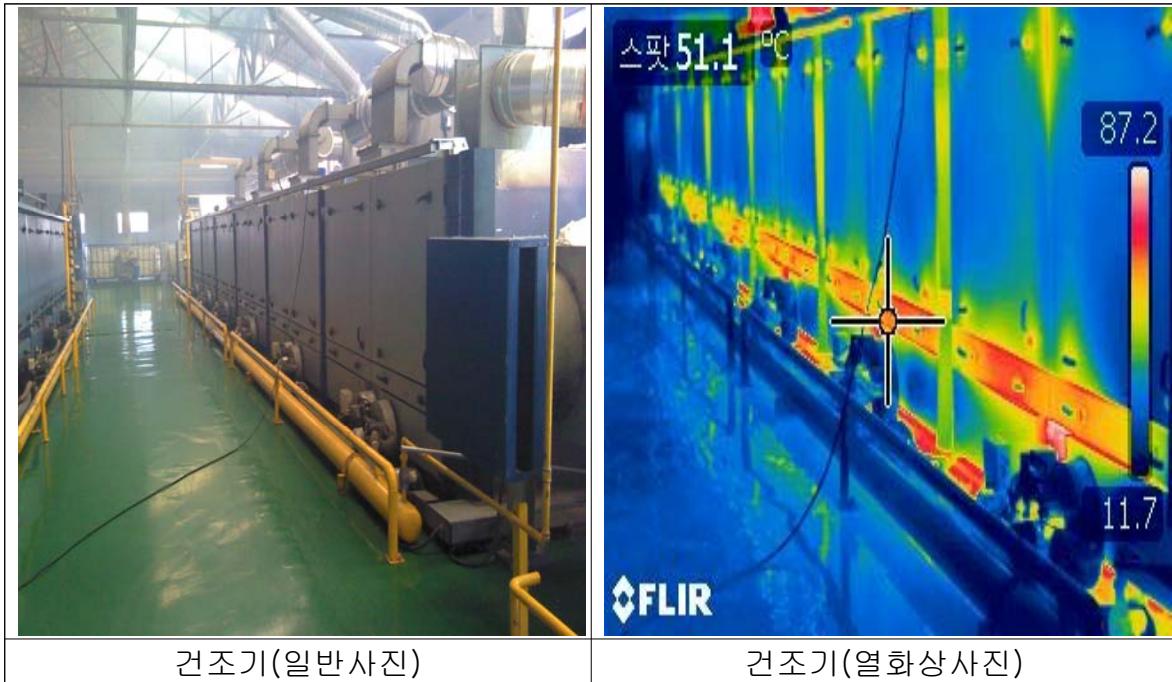
$$\begin{aligned} &= \text{연간 LNG 절감량} \times \text{LNG 고위발열량} \times \text{환산계수} \\ &= 20,628 \text{ Nm}^3/\text{년} \times 10,550 \text{ kcal/Nm}^3 \times 10^{-7} \text{ toe/kcal} \\ &\quad \times 0.637 \text{ tC/toe} \times (44 \div 12) \text{ tCO}_2/\text{tC} \\ &= 51 \text{ tCO}_2/\text{년} \end{aligned}$$

② 폐수열 발생상태

폐수 발생현황은 다음과 같이 42°C 정도의 고온 폐수가 평균 410 t/d정도 발생하고 있으나 염색기에서 Cooling에 의한 45°C 정도의 온수가 다량 발생하여 공정용 온수수요를 충족시키고 있으므로 폐수열회수 필요성이 없는 실정이다.

폐수발생량(t/d)	년평균 폐수발생 온도(°C)	공장 용수사용량 (t/d)	년평균공정수 온도(°C)	비고
410	42	650	15	

③ 보온상태 (열화상 사진)



- 텐터의 측면 열화상사진으로서 Flame 부분을 제외한 전 부분의 단열상태가 양호함을 보여주고 있다.

- 배가스 연도의 열화상사진으로서 연도의 표면온도가 높다. 배가스열 회수시에는 연도의 보온이 필요하다.

#### 4.4.4 회수 방법

- 염색공장의 폐열회수는 피염물의 종류가 다양할 뿐 아니라 그에 따른 염색설비도 다양하여 일률적으로 논하기는 어려운 일이나 일반적으로 배온수의 폐열회수, 배기의 폐열회수, 고압응축수의 폐열회수로 나눌 수 있음
- 이중에서 가장 폐열의 양이 많고 현실적으로 용이하게 성과를 거둘 수 있는 것은 배온수의 폐열회수와 텐터배기열 회수임

##### 가) 배온수의 회수

- 염색설비는 Batch식 설비와 연속식 설비로 분류되며 Batch식 염색설비는 1개의 용기 내의 피염물을 넣고 전처리 염색, 후처리를 순차적으로 실시하는 설비로서 매 공정마다 처리액을 폐기하게 되므로 배수회수는 도합 7-15회 발생하고 1회 배수량은 설비의 용량과 형식에 따라 다르나 대략 1-10톤에 이룸
- 연속식 염색설비는 각 공정을 기능별로 순서에 따라 배치한 뒤 피염물을 연속적으로 통과시키는 설비이므로 처리액이나 수세액은 지정된 용기에 연속적으로 공급 및 배출되게 되며 배수량은 면직물의 경우 피염물 1톤당 약 100~150배가 됨
- 이러한 폐수의 특징으로서는 평균온도가 비교적 낮으며, 재사용이 불가능하고, 폐열은 반드시 열교환을 통하여 간접적으로 회수되어야 하며, 연속식에서는 일정량이 연속적으로 배수되나 Batch식에서는 불규칙적이고 단속적으로 배수됨
- 사용온도수준은 염색의 청정수로서 사용할 때는 50~60°C이고, 그 폐액은 40~50°C 이므로 폐액으로 원수를 한번 예열한 후, 열펌프의 열원으로 하여 원수를 50~60°C로 승온하는 증기압축식 열펌프 또는 흡수식 열펌프를 적용할 수 있음

##### 나) 텐터배기열 회수

- 텐터기(폭출기)는 열가소성 합성섬유, 훈방교작품등의 피염물의 폭, 길이, 목부 등의

조정과 안정화 및 염색가공 등에 있어서의 주름방지 등을 위해 사용됨

- 텐터기는 염색, 가공공정의 전체 소비에너지의 20~25%를 소비하는 필수적 장비이며, 텐터기에 고온열을 공급하기 위해 열매체 보일러가 함께 설치되는 경우가 대부분임
- 보일러에서 열매체유를 230~270°C로 가열하여 텐터기에 공급하고, 이 열로 신선한 공기를 180~230°C 정도로 가열하여 천을 열처리함
- 텐터기에서 소비하는 에너지 중 가장 큰 것이 직물의 수분증발과 배기에 의한 열손실이며 배기에 의한 열손실은 텐터기 내의 절대습도가 낮아지면 크게 증가됨
- 직물의 수분증발에 필요한 열량은 거의 일정하며 텐터기에서의 폐열회수는 텐터기로부터 배출되는 약 200°C의 다량의 습기를 함유한 배기로부터 에너지를 회수하는 것이 일반적
- 배기에 의한 열손실은 텐터기 내의 절대습도에 따라 변화하나 직물의 수분증발에 필요한 열량의 0.5~3배에 달하며 텐터기 전체 소요열량의 30~50%에 달하므로, 텐터 배기열을 회수 이용하는 방법은 Heat Wheel을 이용한 재생식 열교환기, 판형 열교환기를 이용한 방식 등을 들 수 있음
- 텐터기 배기열 회수시 가장 애로사항은 배기에 포함된 린트, 먼지, 오일, 타르 등 오염물질이 전열면에 부착되어 열효율이 저하되거나 사용불능 상태가 되는 경우가 많으므로 전열면 청소기능이 매우 중요
- 하지만 보수작업시 화재 발생빈도가 증가(약 20%)

#### 다) 에너지 절감방안

- 텐터에서 에너지 절감방안으로 배기절대 습도조절, 입구 수분율의 조정(텐타 Speed 향상등), 보온강화, 배기열회수 등이 있음
- 효율적 배풍량 제어를 위한 입·출구 유출공기 억제

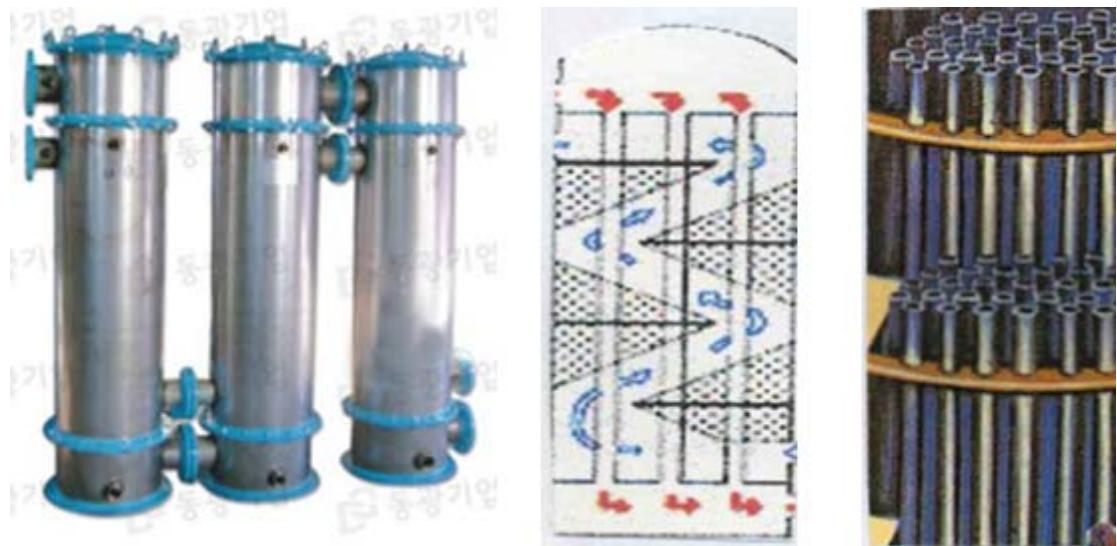
- 배기 습도 제어에 의해 배기량이 대폭 감소될 경우, Chambar 내부 순환공기의 압력에 의해 고온의 열풍이 입출구로 유출되게 함
- 현재 System은 이를 방지하기 위해 생지 및 제품 입·출구에 보조 배기 FAN을 설치하여 흡입, 외기로 배출하고 있는 것이 보편화되어 있으며, 일부 설비에서는 이런 system조차 부설되지 않아 유해한 열풍이 실내로 유출 조업조건을 악화
- 효율적 배풍량 제어를 위해서는 배기 DUCT를 일원화 시킬 수밖에 없으며, 이렇게 될 경우 예측되는 Chamber내부 고온 열풍 차단 System의 개발이 시급

#### 라) 폐열회수 열교환기

- 폐열 발생형태는 분류에 따라 여러 가지 경우와 형태로 나눌 수 있으나 크게 폐수형태와 배기형태로 나눌 수 있으며 폐열회수를 위해서는 여러 가지 형태의 폐열회수 열교환기가 설치되어 사용되고 있음
- 폐수 발생
  - 염색공장은 염색기, 정련기 등에서 발생되는 폐수가 있음
  - 폐수열회수를 위하여는 Water to Water 방식 폐수열교환기가 사용됨

## 1) 폐수열교환기의 형태와 종류

### □ 파이프형 폐수열회수기



<그림 4.49> 파이프형 폐수열회수기

- <표 4.38>을 통해서 매우 오래된 제품이라는 것을 알 수 있음
- 효율도 매우 저조함

<표 4.52> 파이프형 폐수열회수기

열교환기 형식	구성형태	효율	관리 단점	기술의 평가
파이프 열교환기	대형 파이프 속에 소형 파이프를 다수 삽입하고 일체온 흐름을 강제로 유도하는 방해 판을 설치함	저조	잘 막히고 청소에 어려움	자연형상 이용 못한 단순 재래식(30년 전 방식) 지금까지도 사용하고 있음

□ 철판코일형(스파이럴) 폐수열회수기



<그림 4.50> 철판코일형(스파이럴) 폐수열회수기

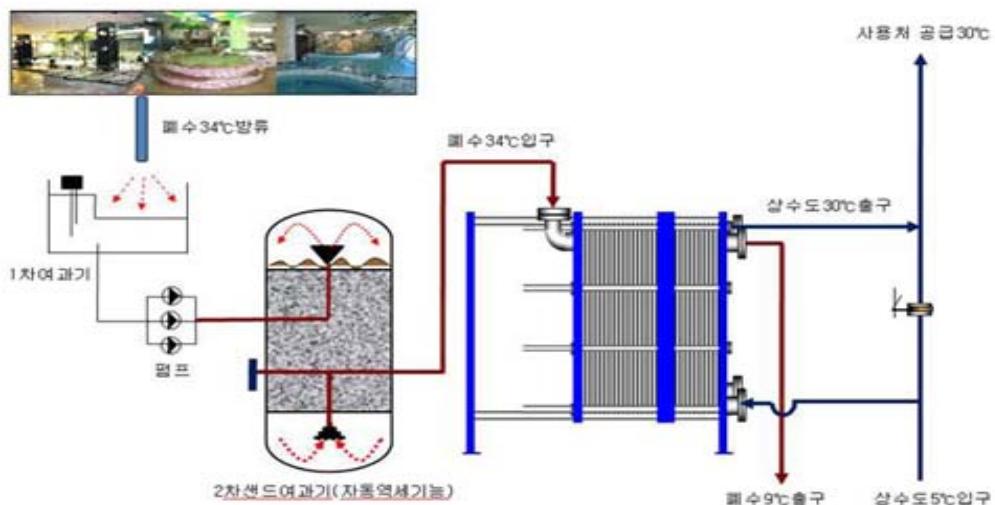
<표 4.53> 철판코일형 폐수열회수기

열교환기 형식	구성형태	효율	관리 단점	기술의 평가
철판코일 열교환기	철판을 폭만큼 절단하여 원형으로 말아 패킹 위에 놓고 볼트로 조여서 밀착시킨 상태	약간 발전 형이나 미흡함	압력에 취약함	자연현상 이용 미흡 단순접촉 열 교환 형식 10년 전 방식

□ 판형 폐수열회수기



<그림 4.51> 판형 폐수열회수기

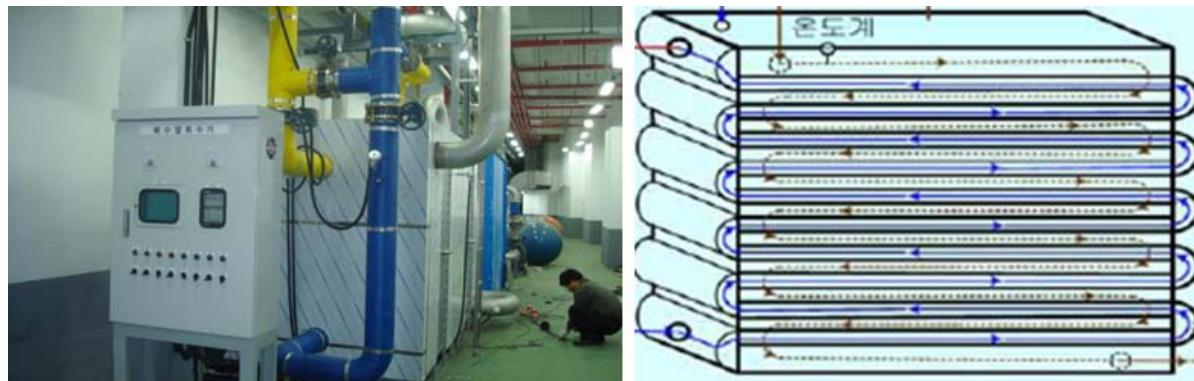


<그림 4.52> 판형 폐수열회수기의 계통도

<표 4.54> 판형 폐수열회수기 특징

열교환기 형식	구성형태	효율	관리 단점	기술의 평가
판형 열교환기	처글판을 요철 형으로 늘린 여러 장을 패킹으로 삽입하여 긴 볼트로 결속하여 밀착시킨 상태	약간 발전 형이나 미흡함	잘 막힘	단순 열 교환하는 형태 자연현상 이용못함 15년 전 방식

□ 다단순환형 폐수열회수기



<그림 4.53> 다단순환형 폐수열회수기

표 55 다단순환형 폐수열회수기 특징

열교환기 형식	구성형태	효율	관리 단점	기술의 평가
다단 순환식 열 교환기	철판을 단계적 수평 구조로 다수의 전열판을 적층하여 구성	100%	막힘없음 압력강함	완벽히 자연현상을 이용 열은 상승한다에 착안 상승하는 열을 단계적으로 열교환

## 제 5 장 결론

---

5.1 향후 방향 제안 .....	209
5.2 온실가스·에너지 감축을 위한 추진방향 ..	211

---



## 제5장 결론

### 5.1 향후 방향 제안

#### 5.1.1 안산시의 제조업체 폐열회수/냉각 방안의 기본원칙과 접근

- 반월·시화스마트허브 내 제조업체 폐열 배출특성을 통해 보았을 때 재사용되지 못하고 버려지는 에너지가 다량 발생하고 있음
- 제조업체의 자발적인 폐열 회수/냉각을 통한 온실가스 저감이 필요하지만 중소기업의 특성상 자금의 한계가 있으나, 안산시의 정책지원을 통해 에너지를 회수하여 재이용할 수 있는 기회가 될 것임
- 본 연구에서는 지금까지의 연구결과를 바탕으로 반월·시화스마트허브의 폐열 회수/냉각을 위한 대응 정책 방향을 제시하고자 함

#### 5.1.2 정책방안

- 폐열 냉각/회수 시스템이 대부분 고가이여서 투자비용이 크며, 중소기업의 특성상 이윤과 직결되어 적극적인 투자유도가 어려운 실정.
- 국제적 경기악화로 투자여건이 위축되어 외부 투자기관 유치에도 다소 어려움이 따르는 실정으로 이를 해결하고 안산시의 적극적인 투자가 요구됨
- 현재 에너지관련 투자방안으로는 ESCO 사업이 있음
- ESCO사업의 경우 수익구조가 낮을 경우 검토대상에서 배제되고 있어 대규모 사업인 경우에만 검토되는 실정
- 온실가스 저감을 위한 국제적 노력이 증가하는 만큼, 반월·시화스마트허브에 입주

해 있는 제조업체의 투자여건을 개선을 해야 할 것으로 사료됨

- 구체적인 방안으로는 다음과 같음

**가) 단기: 폐열 냉각/회수를 통한 온실가스 저감을 위한 기존 대책의 효율적 추진**

- 먼저 현재의 조직, 인력, 예산 제도적 한계를 고려하여 기추진중인 정책들을 통합하여 시너지 효과를 높이도록 한다. 에너지 정책과 온실가스 저감과 관련된 정책을 선택과 집중을 통해 우선순위를 정하고 연계하여 추진하는 것이 바람직함
- 정책의 우선순위는 정책시행에 따른 비용과 정책의 예상되는 파급효과를 고려하여 정하도록 함
- 하지만 정부, 기업, 시민단체의 실천과 협력이 뒷받침되지 않으면 정책추진에 한계가 있기 때문에 경제적, 정치적, 사회적 타당성을 고려함

**나) 중기: 정책 간 통합 및 산업계의 기반 구축**

- 여러 형태로 진행되고 있는 정책과 사업들을 통합 및 정리를 통해서 최적의 방안을 도출하여 진행
- 특히, 온실가스 저감을 위해 중앙정부의 정책이 강화되고 있으므로 이른 연계할 수 있는 방안을 모색
- 또한 반월·시화스마트허브내에 입주해 있는 중소산업계의 투자여건을 고려해, 폐열 및 폐수의 통합관리 사업을 통해 회수/냉각을 하여 투자비를 분산하고 서로 이익이 되는 방향으로 사업을 추진

## 5.2 온실가스·에너지 감축을 위한 추진방향

### 5.2.1 단기(2012년) 온실가스 감축 목표 달성을 검토방향

- 온실가스·에너지 목표관리제에 따라 관리업체에서는 배출허용량 달성을 위해 설비투자, 기술도입, 연료전환 등 다양한 감축시나리오를 검토하여 전략 구성 필요
- 특히, 단기적으로 도입이 가능한 감축시나리오에 대한 적용가능성을 적극적으로 검토하여 가능한 수단을 취해야 함
- 대규모 장치산업인 제지업종의 경우에는 설비투자비용이 높고 설비 제작 및 설치, 안정화 등에 상당한 시간이 소요되기 때문에 단기적으로는 설비투자에 의한 온실가스 감축은 바람직하지 않음
- 단기적으로 도입 가능한 시나리오로는 에너지효율개선활동 및 폐기물에너지 효율성 증가 등 기존의 설비를 최대한 활용하고 기술적인 개선을 통한 온실가스 감축활동이 효과적이라고 할 수 있음

### 5.2.2 저탄소경영을 위한 사내 대응체계 구축

- 목표관리제에 대응하기 위해 관리업체에는 장기적으로 기후변화 적응체계를 구축할 필요가 있음
- 단기적으로는 목표관리제의 이행을 위한 이행체계구축 및 저탄소경영을 위한 운영체계 구축이 우선되어야 함
- 관리업체에서는 온실가스 저감을 위해 사업장 배출량을 모니터링계획을 수립하고 저감잠재량 분석 및 저감시나리오를 검토하는 등의 체계적인 대응이 필요
- 중소기업이 대다수인 제지산업에서는 대부분 온실가스 정책대응에 필요한 별도의 조직이 없기 때문에 체계적인 대응이 어려워 감축목표 달성을 위한 전략을 수립하는데 있어 애로사항을 겪고 있음

- 온실가스 감축목표 달성을 위한 전략수립에 있어 가장 우선시 되어야 할 것은 사업장(기업) 내 온실가스 감축을 위한 대응체계를 구축하는 것이 필요
- 전담조직의 구성이 필요할 경우 각 부문별 책임자를 선정하여 대응조직을 구성하고 감축목표 달성을 위한 시나리오 검토·온실가스 저감 point 설정·저감기술도입 등의 목표달성을 전략을 수립



<그림 5.1> 단계별 대응체계 구축

출처: 산업·발전부문 온실가스·에너지 목표관리제 업종별 이행전략, 에너지관리공단

#### 가) 에너지효율 개선

- 제지산업은 에너지비용이 10~15%에 달하는 높은 비중을 차지하고 있기 때문에 지속적인 에너지효율 개선활동이 필수
- 공정배출이 없는 제지산업에서는 에너지사용량과 온실가스배출량이 비례하기 때문에 에너지효율을 개선함으로써 단기적으로 큰 효과를 기대할 수 있음

#### 나) 고효율설비 도입

- 제지산업에서는 전력에너지의 사용비중이 높기 때문에 고효율설비를 도입함으로써 전력에너지 사용량을 저감
- 특히, 제지산업의 경우 24시간 가동하는 장치산업으로 모터 및 펌프, compressor의 사용이 아주 많은 산업이기 때문에 전력에너지의 관리가 중요한 사항
- 전력에너지 저감을 위해 도입하는 고효율모터는 표준형모터에 비해 전력손실을

20%가량 줄여 3~4%가량의 에너지효율을 증가시키는 설비로, 국내 산업에서도 도입비율이 서서히 증가하고 있는 추세

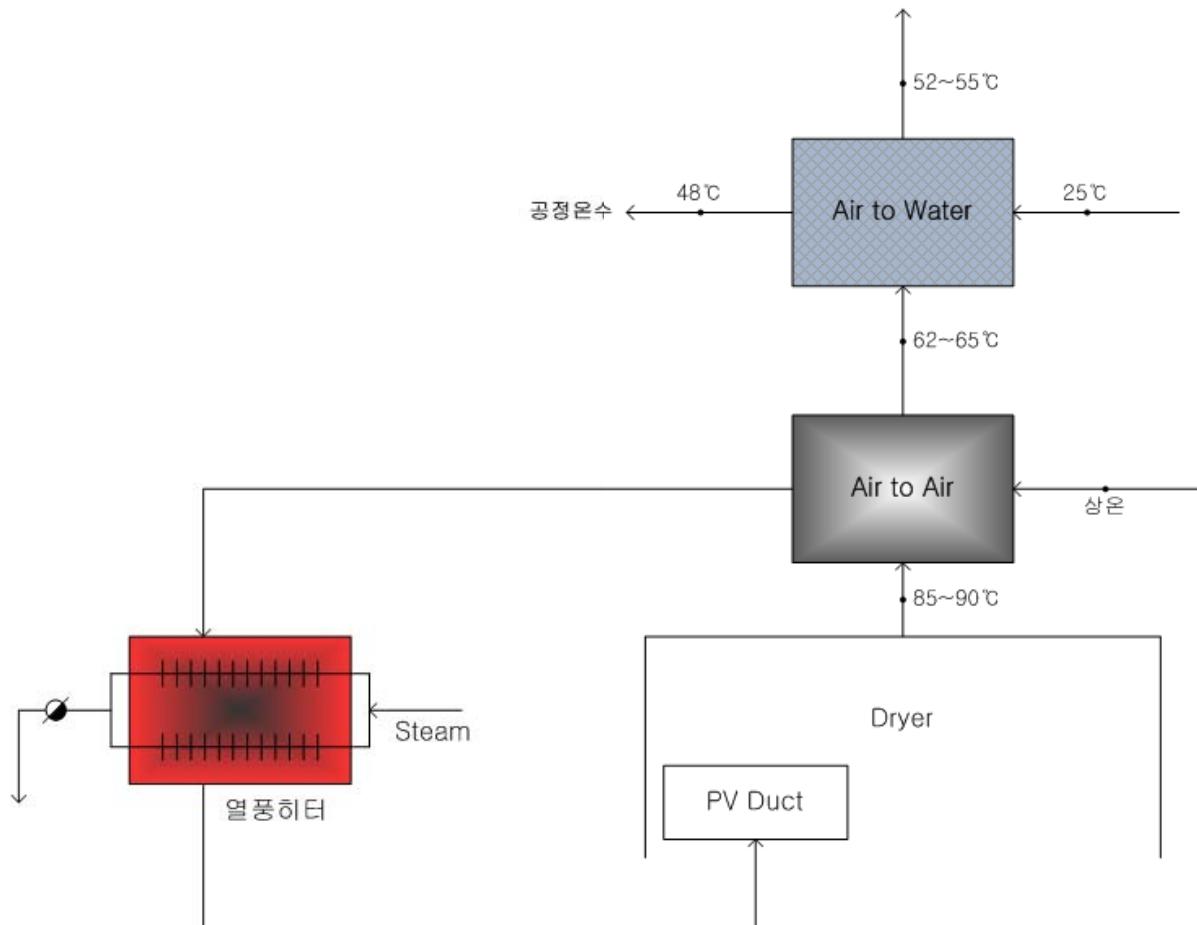
- 고효율모터의 경우에는 표준형 모터에 비해 가격이 비싸다는 단점이 있으나, 효율개선의 효과가 있어 대부분의 사업장에서는 모터 교체 시 고효율설비의 도입을 통해 전력에너지 저감효과를 기대할 수 있음

#### 다) 탈수효율향상

- 제지공정에서 스팀에너지가 많은 부분을 차지하는 이유는 종이의 수분을 건조하는데 필요한 에너지가 많이 소요되기 때문
- 이런 이유로 제지공정에서 탈수효율을 향상시켜 건조에 필요한 스팀에너지의 소요량을 저감
- 탈수효율향상을 위한 기술로는 주로 종이와 press의 접촉면 증가를 통해 탈수효율을 증가시키는 shoe press, ENP 등이 있음
- 국내의 경우에는 골판지, 백판지, 인쇄용지의 사업장에서 적용이 가능한 기술로 일부 사업장에서는 도입을 완료하여 가동 중
- 특히, 이론적으로 Shoe Press는 탈수효율을 1% 향상시키면 스팀에너지가 4%가량 저감되기 때문에 온실가스 저감에 매우 효과적인 기술로 알려져 있으며, 이미 Shoe press를 도입한 사업장을 제외한 일부 사업장에서는 도입이 가능한 것으로 판단

#### 라) 배기열회수시스템 도입

- 제지공정에서는 많은 양의 스팀을 사용하는 과정에서 스팀의 배기ガ스의 열이 대기중으로 방출되어 열손실이 발생하고 있어 배기열회수시스템을 도입함으로써 에너지를 저감할 수 있음
- 스팀 발생을 위해 공급되는 급수의 온도가 낮게 되면 발생되는 스팀량이 적기 때문에 배기열 시스템을 통해 회수한 에너지를 급수온도를 상승시켜 열전달 효율을 향상시킬 수 있어, 결과적으로 스팀발생량에 필요한 에너지를 저감



<그림 5.2> P제지 Dryer Hood 배기열 회수 사례

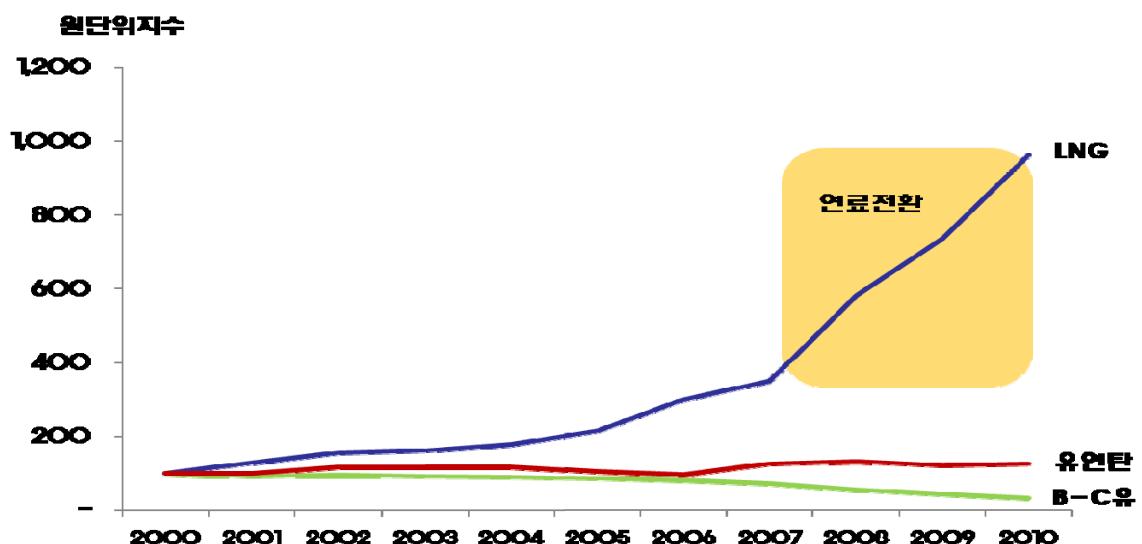
### 5.2.3 장기(2020년) 온실가스 감축 목표 달성 검토방향

- 국가 감축목표인 2020년 BAU 대비 30% 저감을 달성하기 위해 제지산업에서도 설비투자, 기술개발, 외부감축실적활용 및 저탄소생산체제 구축 등의 다양한 노력이 뒷받침되어야 함
- 설비수명이 낮아 신기술이 많이 도입된 국내 제지산업에서는 국내·외 감축기술DB적용 등의 검토도 힘든 상황이며, 특히 펄프공정위주의 국외 사업장들의 기술은 제지사업장이 중심인 국내 업계의 특성상 Benchmarking이 불가능
- 따라서 제지산업에서는 에너지관리시스템 및 저탄소생산체제 등의 생산관리를 중심으로 연료전환, 신재생에너지 확대 등 외부적인 감축수단을 전략적으로 활용하는 것이 효과적

## 가) 저탄소경영체제 도입

- 에너지효율관리시스템 도입
  - 제지산업과 같이 에너지효율이 높은 업종에서는 추가적인 감축을 위한 설비투자보다는 기존 에너지소비를 최적화하도록 스마트그리드와 같은 IT 기술을 활용하여 효율적인 에너지관리시스템(EMS)을 도입하는 전략이 효과적
  - EMS는 전사적인 에너지흐름분석 및 최적 에너지밸런스 유지를 위한 사업장내 시스템을 구축함으로써 에너지 낭비 없이 최적 운전 상태를 유지할 수 있음
  - 또한, 에너지경영시스템인 ISO 50001을 통해 경영자의 책임 있는 태도로 전사적인 에너지관리시스템을 구축하고 저탄소경영체제를 도입할 필요가 있을 것임
- 펄프·제지 일관화 생산공정
  - 펄프를 생산하는 과정에서는 흙액이라는 복질계 성분이 추출되어 나오고, 이를 농축하여 신재생에너지 열병합발전에 활용
  - 이는 펄프산업만의 특성으로 IEA에서는 이론적으로 펄프·제지 일관화 공장에서는 신재생에너지인 흙액으로 인해 탄소중립형 공장이 가능하다는 가설도 제시
  - 따라서 향후 인쇄용지 사업을 확장하는 경우에는 펄프·제지일관화 공정을 도입하여 BAU 대비 온실가스 배출량을 최소화 시킬 수 있음
- 화석연료 저감을 위한 연료전환
  - 제지업종에서는 종이의 수분을 건조하기 위한 스팀을 생산하기 위해 화석연료인 B-C유, 유연탄 등을 보일러에서 활용
  - 별도의 공정배출이 없는 제지산업에서는 스팀생산을 위한 에너지연소에 따른 배출량을 감축하는 것이 가장 중요한 항목
  - 화석연료 사용량을 저감하기 위해 제지산업에서는 청정에너지로의 연료전환 및 신재생에너지 사용을 증가하는 등의 전략을 도입

- LNG 전환
  - 제지업종에서 투자비 대비 감축률이 가장 좋으며 비용회수가 빠른 경제적인 감축 수단으로는 청정연료로의 연료전환
  - 기존에 대다수의 제지사업장에서는 B-C유를 사용하는 보일러를 이용하여 스팀을 생산하였으나 지속적인 환경규제의 강화와 함께 온실가스 저감측면에서 효과적인 LNG로의 전환이 활발하게 진행되어 본격적인 온실가스 정책의 시행시기에 맞물려 LNG의 사용이 급격하게 증가



<그림 5.3> 제지업종 주요 에너지원의 사용량 원단위 지수

출처: 산업·발전부문 온실가스·에너지 목표관리제 업종별 이행전략, 에너지관리공단

- LNG는 단위당 온실가스 배출량이 B-C유에 비해 0.72배로 낮기 때문에 B-C유보다 온실가스 저감 측면에서 확실한 효과를 기대할 수 있으나, 이미 많은 제지사업장에서 LNG로의 전환을 완료한 상황이기 때문에 추가적으로 LNG 도입을 통한 저감잠재량은 높지 않은 것으로 보이나, 아직 중유보일러를 사용 중인 중소기업에서는 연료전환의 기회가 있음
- 그러나 LNG로의 연료전환이 온실가스 1차적인 감축수단이 될 수 있지만 중장기적으로는 정부가 신재생에너지 및 바이오매스 연료 사용에 대한 요구가 높아질 수 있음

- 신재생에너지 사용 확대
  - 제지산업은 스팀생산을 위한 에너지연소가 필수적이기 때문에 온실가스 직접배출량의 비중이 높은 산업
  - 에너지 및 온실가스 저감수단을 발굴하는 것이 중요하며, 최근 화석연료 이외에 신재생에너지를 연료원으로 이용하기 위한 다양한 노력이 진행
  - 최근 들어 폐목재 등의 바이오매스와 고형연료제품 등 신재생에너지를 활용하여 화석연료를 저감하는 기술이 도입
  - 바이오매스의 경우 CO2배출량을 제외하고 온실가스 배출량을 산정하기 때문에 바이오매스의 활용으로 인해 CO2배출량을 감소할 수 있음
  - 특히, 제지산업의 경우에는 바이오매스에 해당하는 공정에서 발생하는 제지슬러지를 적극적으로 활용할 필요가 있음
  - 현재 인쇄용지 및 일부 골판지 사업장에서 발생하는 제지슬러지를 육상처리방법이 없어 해양투기하고 있으나, 향후 이 제지슬러지를 연료화한다면 해양투기되는 폐기물의 양도 억제시키고 바이오매스 사용량 확대 및 해양환경보전에도 기여할 수 있을 것으로 판단
- 정부에서는 폐기물에너지화 촉진을 위해 고형연료제품의 사용을 확대하는 정책을 추진 중이며, 제지산업에서도 이에 따라 고형연료제품을 활용한 에너지사용을 확대시키고자 설비투자를 검토
- 고형연료는 폐기물을 활용하여 제조하기 때문에 화석에너지 사용량 저감에 효과적이어서 정부에서도 고형연료를 통한 신재생에너지 확대를 장려
- 제지업종에서도 폐기물 고형연료제품을 사용하여 기존의 화석에너지를 대체할 수 있기 때문에 고형연료의 사용비중을 높여 화석에너지 사용량 저감을 기대
- 그러나 고형연료제품은 현실적으로 고형연료제품 사용에 대한 주민민원을 사유로 자체의 인허가를 획득하기 어렵고 온실가스 측면에서 고형연료제품이 배출량 산정에

포함되어 총량제한의 규제를 만족하기 어려운 점 등이 우선적으로 해결되어야 고형연료제품 등의 신재생에너지 활성화가 가능할 것임

- 폐기물 소각열 회수 극대화
- 제지산업에서는 폐기물 소각스팀 공급으로 화석연료를 절감
- 회수열 이용으로 최대 60%까지의 화석연료를 절감하고 있는 사례도 있음
- 폐기물 소각열 이용은 제지산업에서 중요한 대체에너지원으로 활용되고 있으며, 폐기물 소각로에서의 스팀 사용이 증가할수록 화석에너지 저감에 효과적이기 때문에 에너지 회수 활용을 극대화하는 방안이 필요
- 가급적 고품질의 스팀을 회수할 수 있도록 관련 기술과 설비를 개발하는 것이 중요

<표 5.1> 폐기물 소각열 회수 활용 극대화 방안

극대화 방안목표	<ul style="list-style-type: none"><li>• 소각 및 보일러내 완전연소실현기술 확보</li><li>• 열전달 표면 유지기술을 통한 고효율 보일러 열전달 기술 확보</li><li>• 고온/고압 및 산성가스 부식에 강한 보일러 설계 및 재료 개발</li><li>• 고품질 스팀생산기술 확보</li><li>• 폐기물을 이용한 고효율 열병합발전 기술의 확보</li><li>• 200톤/day급 이상의 차세대 폐기물 열병합 발전플랜트 개발</li></ul>
내용	<ul style="list-style-type: none"><li>• 연소기 설계 및 공기투입방식 최적화를 통한 완전연소 실현</li><li>• 보일러 표면의 부착된 슬래그 및 분진의 최소화 기술개발</li><li>• 세라믹과 합금통 재료기술을 이용한 고내식성 보일러 소재 채택</li><li>• 고온/고압과 더불어 안정적 스팀발생량 유지기술 개발</li><li>• 발생된 스팀을 활용하여 폐기물 및 지역 특성에 능동적으로 대응할 수 있는 고효율 열병합 발전기술 접목</li><li>• 소각열 회수율 및 발전효율 증대</li></ul>

출처 : 폐기물에너지 로드맵 공청회 발표자료, 에너지기술평가원

## 참 고 문 헌

---

- 배우근, 2007, 안산지역 온실가스 배출원 및 배출량 조사 연구, 안산환경기술개발센터
- 지식경제부, 2012, 알루미늄 용융로 고온배가스의 폐열회수 네트워크, 지식경제부
- 지식경제부, 2012, 시화공단내 집단도금업체 소각로 폐열이용 네트워크 구축사업, 지식경제부
- 오용선, 2009, 안산시 기후변화대응 종합계획 수립, 안산환경기술개발센터
- 경기EIP사업단, 2010, 산업단지 내 에너지 최적화 및 폐 에너지 공급 네트워크 구축방안 연구, 경기EIP사업단
- 지식경제부, 2012, 주정폐수 질소 회수 및 복합비료 생산이용 네트워크, 지식경제부
- 홍선, 2008, 안산시 기후변화 대응방안, 안산환경기술개발센터
- 산업자원부, 2003, 산업폐열 현황분석 및 최적 열회수 이용기술 개발, 산업자원부
- 에너지節約技術動向 제30호 2003년 6월
- 에너지관리공단, 2012, 2011년도 에너지사용량 통계[에너지사용량 신고업체], 지식경제부
- 한국에너지기술연구원, 2008, 국내외 에너지기술정책수단 분석 (I) (미국&캐나다), KIER 기술정책 Focus, Vol.2, No.1
- 한국에너지기술연구원, 2008, 국내외 에너지기술정책수단 분석 (II) (한국, 중국, 일본), KIER 기술정책 Focus, Vol.2, No.2
- 한국에너지기술연구원, 2008, 국내외 에너지기술정책수단 분석 (III) (영국, 프랑스, 네덜란드, 독일), KIER 기술정책 Focus, Vol.2, No.3
- 한국에너지기술연구원, 2008, 국내외 에너지기술정책수단 분석 (IV) (주요국가별 기후변화대응 에너지기술정책종합), KIER 기술정책 Focus, Vol.2, No.4
- 대한민국정부, 2011, 기후변화 협약에 따른 제3차 대한민국 국가보고서, 대한민국정부
- 환경관리공단, 2008, 해외 지방자치단체 기후변화 대응사례집, 환경부
- 에너지관리공단, 2011, 2011 에너지절약 우수사례집, 에너지관리공단
- 에너지관리공단, 2011, 2011 에너지 기후변화 편람, 에너지관리공단
- 안산시, 2010, 민선5기 시정운영 4개년 기본계획(2010년~2014년), 안산시
- 김철표, 신용한, 지명국, 최장수, 장백선, 정한식, 정효민, 2010, 세계의 신재생 에너지 정책 동향 및 폐열회수시스템의 특허분석, 대한기계학회 2010년도 추계 학술대회 강연 및 논문 초록집, 3815-3820

안산시, 2012, 안산시 환경보전종합계획, 안산시  
환경관리공단, 2008, 해외 지방자치단체 기후변화 대응사례집, 환경부  
환경부 녹색기술경제과, 2012, 환경기술로드맵[Eco-TRM 2022][2013~2022],  
환경부  
한국과학기술정보연구원, 2011, 히트펌프 활용 폐열과 미이용에너지 회수 기술  
동향, 한국과학기술정보연구원  
한국에너지기술연구원 전자도서관 <http://library.kier.re.kr/>  
기후변화정책포털 <http://kacc.c.Kei.re.kr/>  
온실가스종합정보센터 <http://www.gir.go.kr/>  
에너지관리공단 <http://www.kemco.or.kr/>  
국가법령정보센터 <http://www.law.go.kr/>  
한국산업단지공단 <http://www.kicox.or.kr/>





# 주 의 문

2012년 연구 보고서(12-2-80-81)

## 폐열냉각/회수를 통한 반월시화산단 제조업체 온실가스 저감 잠재량 평가 및 기술 조사연구

발행인 : 센터장 원 호 식

발행일 : 2012년 12월

발행처 : 안산녹색환경지원센터

주 소 : 경기도 안산시 상록구 사3동 한양대학교 내

전 화 : 031-400-4236, 436-8141~5

팩 스 : 031-400-4237

e-mail : agec@agec.or.kr

### ※ 주 의

1. 이 보고서는 안산녹색환경지원센터에서 시행한 환경기술연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 안산녹색환경지원센터에서 시행한 환경기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.





