Journal of Korea TAPPI
Vol. 45. No. 4, 2013, 42-51
ISSN(Print) : 0253-3200
Printed in Korea
http://dx.doi.org/10.7584/ktappi.2013.45.4.042

기후변화 대응을 위한 국내 제지산업의 환경 경영 방안

김동섭 · 성용주† · 김세빈[1] · 이준우[1] · 박관수[1]

접수일(2013년 7월 31일), 수정일(2013년 8월 14일), 채택일(2013년 8월 19일)

Environmental management strategies of Korean paper industry for response to climate change

Dong Seop Kim, Yong Joo Sung†, Se-Bin Kim[1], Joon-Woo Lee[1]
and Gwan-Soo Park[1]

Received July 31, 2013; Received in revised form August 14, 2013; Accepted August 19, 2013

ABSTRACT

Climate changes have become the major issue for the sustainable society and the various regulation has been established for promoting low carbon and green growth in Korea. The paper industry as a large comsumer of energy is forced to cope with these regulation. In this study, the various examples were investigated for providing the basic schemes to develop environmental management strategies of Korean paper industry. The various cases to follow carbon economic were introduced and were categorized into five ways, for example, the carbon capture projects such as reforestation, the increasing the process efficiency, the resource recovery form process waste, the cogeneration systems, the application of non-woody biomass.

keywords *: climate change, environmental management, CDM, paper industry, carbon economic*

1. 서 론

20세기 이후 급격한 산업발전은 인구 증가와 함께 생활수준의 향상 등을 가져왔으나 석탄과 석유 등 화석연료에 의존한 경제시스템이 공고화 되면서 다양한 지구환경 변화를 초래하게 되었다. 특히, 전 세계적으로 기후변화를 야기하는 지구 온난화 현상의 주원인으로 지목되는 산업화 및 경제성장에 따른 이산화탄소 배출의 지속적인 증가현상은 향후 지구 환경의 심각한 변화를 초래하여 막대한 재산과 인명 피해를 가져오고, 궁

• 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과 (Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of KOREA)
1 충남대학교 농업생명과학대학 산림환경자원학과 (Dept. of Forestry and Environmental Science, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of KOREA)
† 교신저자 (Corresponding Author) : E-mail : yosung17@cnu.ac.kr

극적으로는 인류의 생존에 큰 위협이 될 수 있다는 국제적 공감대가 형성되어 왔다. 이러한 인식 아래 지구환경 변화에 전 세계적으로 공동 대응하기 위한 노력들이 계속되어오고 있는데, 1992년 UNFCCC(UN Framework Convention on Climate Change)의 발효와 대표 온실가스의 지정, 탄소배출권 제도의 등장 등은 지구환경 변화에 대응하기 위한 실질적인 국제적 노력의 결과물들로 볼 수 있다. 선진국을 중심으로 이러한 기후변화 대응노력들은 각국의 경제실정에 맞게 다양한 형태로 진행되고 있는데 EU 뿐 만 아니라 미국, 호주, 일본 등은 자발적인 온실가스 감축 목표 및 관련 제도를 마련하고 있다. 실제 그 예로서 탄소배출권 거래제도의 적용, 풍력, 수력, 바이오매스 등의 신재생에너지의 활성화를 유도하고 다양한 화석연료 대체 자원의 활용과 화석연료의 사용량 절감을 위한 정책 등을 수립하는 등 구체적인 대응 노력을 실행하고 있다. 이러한 노력의 결과로 EU의 신재생 에너지 발전 비율은 2005년 12%에서 2008년 16.5%으로 지속적으로 증가했으며,[1] 신흥 개발국인 중국의 경우에도 화석연료를 대체하기 위한 신재생에너지 분야인 풍력, 수력, 원자력 등에 780조원을 투자하는 등 장기적인 관점에서 기후변화 대응 기반을 조성하기 위한 노력을 시행하고 있다.[2] 이처럼 지구온난화 등의 기후변화 대응은 전 세계적인 당면과제로 인식되고 있고, 친환경적인 경제 산업구조를 구축하는 것을 향후 각국의 지속적인 발전과 성장의 기반으로 공감하고 이를 위한 노력에 박차를 가하고 있다.

우리나라도 국제적인 흐름에 발맞추어 다양한 노력들을 경주하고 있는데 특히 2009년에 제정한 녹색성장기본법을 중심으로 미국, 일본 등 선진국의 경우 보다 더욱 구체적이고 과감한 국가감축목표의 설정 및 법제화를 추진하고 있다. 실제 녹색성장기본법 아래에서 2015년 1월 1일을 탄소배출권 거래제 도입시기로 지정하였고,[3] 온실가스 에너지 목표관리제를 법제화 하여 산업체의 온실가스에 대한 실제적인 규제가 이루어지고 있다. 온실가스 에너지 목표관리제는 환경부에서 목표관리제 운영기준 마련 등 제도운영을 총괄하며, 안전행정부, 산업통상자원부, 국토교통부에서는 각 분야에서의 이행계획에 대해 검토하는 등 실질적인 행정관리규정 등이 운영되고 있다. 산업통상자원부 관리업체 374곳 중 제지목재분야 산업체 57곳이 목표관리업체로 지정되어 온실가스 배출량, 에너지 사용량 등의 정보(Table 1)가 관리되고 있다.[4-5](Table 1)

국내에서 온실가스의 효과적인 감축을 위해 추진 중인 또 다른 정책은 기업에서 시행하는 온실가스 배출 감축사업(KVER, Korea Voluntary Emission Reduction)을 평가한 후 계획량 등록과 사업 유효기간 동안 검증한 감축실적(KCER, Korea Certified Emission Reduction)을 인증하는 온실가스 배출 감축실적 등록사업이 있다. 이 사업의 등록대상은 사업 유형(에너지이용합리화 사업, 신재생에너지 개발 사업, 기타 등) 에 따라 다르며, 감축예상량에 따라 소규모사업과 일반사업으로 구분된다. 2005년도 제도실시 이후 연간 감축예상량 554만 tCO_2의 323개 사업 등록을 시작으로 2007년부터 감축실적 717건을 인증하여 1,212만 tCO_2의 온실가스를 감축하였다. 이 감축실적은 '정부구매'를 통해 에너지관리공단으로부터 중소기업의 온실가스 감축 사업에 대한 지원에 활용되고 있다.[6]

이렇게 국가적 차원에서 진행되는 온실가스 관리 및 감축은 기후변화에 적극적으로 대응하기 위한 것뿐만 아니라 대부분의 에너지를 수입에 의존하는 국내상황에서 효율적인 에너지 사용과 국제적으로 친환경적인 산업구조를 이룩하여 지속가능한 산업발전을 위해 매

Table 1. Number of Industries which forced to manage the general check/evaluation according to the GHC(greenhouse) reducing target [4,5]

Industry Category	Petrochemistry	Paper & Wood	Energy	Steel	Semi-conductor	Machinery	Ceramic	Auto-mobile
Number of Company	78	57	36	34	31	28	26	20
Industry Category	non-steel	Cement	Textile	Ship-building	Oil refining	Communication	Mining	Total
Number of Company	18	17	11	9	4	3	2	374

우 중요한 일이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 상대적으로 에너지 다소비 산업구조를 띠는 제지산업에서 기후변화에 대응하기 위한 환경 경영 방안을 모색해 보고자 관련 사례와 현황을 분석하였다.

2. 연구내용 및 결과

2.1 국내 제지산업의 현황

2.1.1 원자재 수급의 측면

우리나라는 목재자원이 부족하여 제지산업의 주원료인 펄프의 자급률은 20% 이내에 불과하며, 실제 천연펄프의 80% 정도를 해외수입에 의존하고 있다. 부족한 펄프자원을 확보하기 위한 폐지의 재활용이 꾸준히 이루어져 현재 세계최고 수준의 폐지회수율과 재활용율을 나타내고 있다.[7] 그러나 목재자원이 풍부하여 조림에서부터 직접적인 원료 생산과 펄프, 초지 공정이 통합되어 운영이 가능한 동남아시아 등의 제지회사의 경우 발생되는 바이오매스 자원의 연료화, 원료의 운송/구입 비용 저감, 자원 확보에 의한 원료 수급의 안정성 등 다양한 부분에서 유리한 사업구조를 가질 수 있다. 국내 제지산업은 국내외에서 국제적 경쟁력을 확보하기 위해 이러한 구조적인 단점을 효율적 에너지 이용과 친환경적 제조 기술 확보 등을 통해 극복해야 하는 당면과제를 가지고 있다.

2.1.2 에너지 이용 및 온실가스 규제 측면

국내 산업분야의 에너지 소비량은 2011년 국내 전체 에너지 소비량의 60% 이상을 차지하고 있다. 이를 바탕으로 국내 자발적 온실가스 감축목표인 BAU(Business as Usual) 대비 30% 중 18.2%를 산업 부분에서 감축해야 하는 것으로 확정되었다. 실제로 이러한 녹색성장 기본법으로 제시된 국가감축목표를 달성하기 위해서 제지산업은 2013년 0.5%, 2015년 2.4%, 최종적으로 2020년 BAU 대비 7.1%를 감축해야 하는 상황이다.[8]

국제적으로 인증하는 IPCC 가이드라인[9]에 따르면 어떠한 연료를 사용하는가에 따라 온실가스 배출계수가 다르게 책정되어 있다. 제지산업의 경우 에너지원의 대부분을 석유기반 연료를 사용하는데, 2010년 에너지통계월보에 따르면 펄프/인쇄 산업은 전체 255만 배럴의 화석연료 중 약 90% 가량인 226만 배럴을 Bunker-C 유를 사용한 것을 알 수 있다.[10] Bunker-C 유는 이산화탄소 배출계수가 77,400 kgGHG/TJ로써 석유기반 연료 중 석유코크스(97,500 kgGHG/TJ) 다음으로 높은 온실가스 배출계수를 가지지만 실제 Bunker-C 유는 가격대비 열량이 높기 때문에 주로 산업용 연료로 많이 사용되고 있는 실정이다. Table 2에서와 같이 2011년도 제지산업의 석유연료 사용량은 144만 배럴로 이전에 비해 상당량 감소하였으며, 전력 사용량과 도시가스 사용량이 상대적으로 증가한 것을 알 수 있다. 이는 많은 제지업체에서 Bunker-C 유에서 LNG로의 연료전환, 배열회수 공정 적용에 의한 에너지 효율 향상에 따른 결과로 판단된다(Table 3). 즉, 연소효율 개선과 타 재생에너지원의 전환 등을 통해 온실가스 절감 기회로써 작용할 수 있다.

Table 2. Energy Consumption of Industries in KOREA (2011) [10]

Energy Type	Unit	Industry	Manufacturing	Pulp and Paper	Total Consumption
Coal	1,000ton	48,102	39,285	-	49,924
Oil	1,000bbl	459,610	427,143	1,440	778,899
LNG	1,000ton	616	616	-	616
Town gas	mil	7,946	7,942	382	21,679
Hydro	GWh	-	-	-	-
Nuclear		-	-	-	-
Electricity		242,204	229,701	10,301	455,070
Heat	1,000toe	-	-	-	1,702
Renewable Energy		4,564	-	-	5,834

Table 3. State of the projects for reduction of greenhouse gas emission by the paper companies in Korea[6)]

(Unit: tCO_2-eq)

Project title	Type	Company Name	Annual Reduction
PM2공정 shoe press 도입 스팀사용량 절감을 통한 CO_2 감축사업	공정 도입	홍원제지	7,131
홍원제지 스팀생산을 위한 보일러 연료전환(B-C→LNG)을 통한 CO_2 감축	연료 전환		10,318
보일러 연료전환(B-C → LNG) 실시 온실가스(CO_2) 배출 감축	연료 전환	한솔제지 천안공장	3,800
Shoe press 설치로 초지기(PM31)스팀 절감	공정 도입	한솔제지	6,240
Shoe press 설치로 초지기(PM23)스팀 절감			8,967
Shoe press 설치로 초지기(PM21)스팀 절감			12,462
혐기성 폐수처리장치를 통한 스팀생산 사업	폐기물 활용		4,929
Shoe press 설치로 초지기(PM22)스팀 절감	공정 도입		6,072
신규 초지 4호기를 설치 제품생산 시 에너지 절감을 통한 CO_2 배출을 감축	효율 개선	한국제지	4,161
초지공정내 Direct 버너의 연료 전환 (보일러등유 → LNG)을 통한 CO_2 감축사업	연료 전환	유한킴벌리	1,289
증기보일러 연료 전환(B-A -> LNG)을 통한 온실가스 감축사업	연료 전환		12,451
스팀생산 보일러 (B-C -> 도시가스(LNG)) 연료교체를 통한 온실가스(CO_2)감축사업	연료 전환	영풍제지	16,464
초지 공정 shoe press 도입 스팀사용량 절감을 통한 CO_2 감축사업	공정 도입	아트원제지	7,305
3호 보일러(30t/h) 연료 (B-C -> LNG)의 연료교체를 통한 온실가스(CO_2)감축사업	연료 전환	쌍용제지	5,556
PM2 초지공정 개선 스팀사용량 절감을 통한 CO_2 감축사업	효율 개선	무림페이퍼 진주공장	16,908
증기터빈 GSC 열회수 열교환기 설치에 따른 열효율 향상	효율 개선	무림파워텍	3,753
발전용 보일러 급수펌프(BFP)에 유체커플링 설치로 전력사용량 감축	효율 개선		1,860
동양제지공업 보일러 연료 전환 ([B-C유+정제유]→LNG) 온실가스감축사업	연료 전환	동양제지 공업	1,758
MVR을 설치하여 TMP Reboiler 스팀을 회수함으로써 DIP공정 사용스팀 절감 및 CO2가스 배출 감축 사업	공정 도입/ 배열 회수	전주페이퍼	6,013
PM3호기 Press Suction Box 배기열 회수로 스팀사용량 절감에 따른 CO_2 배출 감축 사업	효율 개선		1,668
PM5 #3 Hood 배기열 회수로 가온스팀 절감을 통한 CO_2 감축 사업	효율 개선		4,266
PM5 Suction Box Blower 배열회수로 건조기후드 급기가열용 스팀절감을 통한 CO_2 감축 사업	효율 개선		4,445
PM5 #1,2 Hood 배기열 회수로 외기 및 급수가온 스팀절감을 통한 CO_2 감축 사업	효율 개선		4,167
소각로 배기열 등을 회수하여 순수가열용 스팀절감에 의한 CO_2 감축사업	효율 개선		7,041
Total			159,024

2.2 탄소흡수원 조성 사업

교토 의정서에 의한 교토 메카니즘 중 하나인 흡수원 인증 제도에 의해 국가, 기업 차원에서의 조림 형성 사업이 진행되고 있다. 국내 기업에서도 활발하게 흡수원 인증 사업에 참여하고 있으며, 93~11년 사이에 12개 국가에서 24개 업체가 진출하여 25만 5천 ha의 해외 조림지를 확보하였다(Table 4).[11)]

해외 산림자원을 개발함으로써 장기적으로 안정적인 산림자원을 공급할 수 있으며, 투자 진출국과의 임업협력 체결로 투자 안정성의 확보가 이루어진 상황이다. 또한 2013년부터 세액감면 적용 요건인 해외사업장 철수기한이 2년에서 4년으로 연장되고, 해외 사업장을 철수하는 중소기업의 경우 국내 복귀를 위한 자본재 수입에 대해 관세가 100% 감면되며, 부분 매각하거나 생산물량을 감축하는 등 해외사업장을 유지하는 경우에도 소득세 또는 법인세 감면(3년간 100%, 이후 2년간 50%)과 관세 감면(50%)을 받을 수 있는 등 해외 진출기업의 국내복귀에 대한 세제지원이 확대될 전망이다.[12)]

하지만 해외 조림투자의 경우, 국외에서 진행되며, 장기간의 투자가 지속되어야 하는 위험부담를 안고 있기 때문에 진입 장벽이 높은 단점이 있다. 실제 투자여력이 충분치 않은 경우에 이러한 해외 조림사업 뿐 아니라 현재 국내 지자체에서 진행하고 있는 부지 내 공원 조성 사업, 숲 조성 사업 등의 소규모 조림사업을 통해 탄소흡수원을 확보하는 방안도 제시되고 있다.

Table 4. Status of the overseas reforestation by Korea companies (2011)[11)]

Region and Companies		Total area(ha)
12 Countries 24 Companies		253,507
Australia	한솔홈데코	16,267
New zealand		8,871
Solomon	이건산업	15,727
Chile		200
Vietnam	세양코스모	16,088
	한아G&B	2,929
	태림환경	1,266
Indonesia	남방개발	13,785
	코린도	100,540
	삼성물산	19,436
	삼탄	5,996
	대상홀딩스	7,502
	산림조합 중앙회	7,468
	LG상사	10,260
	SK네트웍스	4,750
	신화진	500
	태영글로벌	200
China	동해펄프	4,650
	동성임업	3,020
Philippine	코리아팜스	3,300
Paraguay	성원	2,600
Laos	마루산업	470
Uruguay	포스코	2,616
Cambodia	덕산산업	2,200
	HC 네트웍스	2,800
	KC 에너텍	66

2.3 공정 내 에너지 효율 개선

국내는 물론 국제적으로 제지공정 내 에너지 효율 개선을 통해 에너지 및 온실가스 절감을 동시에 이룩하기 위한 기술개발과 적용이 많이 이루어지고 있다.(Table 5) 국내 제지산업의 경우 기술적인 개선과 설비 투자를 통해 가장 많은 온실가스를 절감할 수 있고 실제 에너지 비용을 절감하기 위해서 많은 노력이 지속적으로 이루어져 왔다. 다양한 공정 효율 및 에너지 효율 개선을 위한 초지공정 단계별 기술들을 여러 가지 공개 자료 들로부터 수집 및 정리하여 Table 6에 나타냈다. 정리된 바와 같이 압착탈수 공정에서의 슈프레

Table 5. Example of CDM certificated projects by increasing the process efficiency [13)]

Project Name	Country	GHG reduction (tCO_2/year)
Energy Efficiency Measures At Paper Production Plant	India	2,877
Steam Optimization in Cooking Process in Paper Plant	India	34,148
Demand side energy efficiency programmes for specific technologies at ITCB hadrachalam pulp and paper making facility in India	India	21,505

Table 6. The process technologies for improving the energy efficiency

Section	Unit	Technologies and Benefits
Stock Preparation Section	High Consistency Pulper	저농도 펄퍼에 비해 높은 농도로 처리함으로써 에너지효율 좋음1톤당 46.3%의 전력소비를 감소 백판지, 신문용지, 인쇄용지 등에 높은 비율로 사용
	Secondary Pulper	이물질을 분쇄하지 않은 상태에서 분리됨에 따라 생산성 향상 방법론 정립시 에너지 저감 예상
	Integrated screen-maceration system	폐지의 일차 분리, 탈묵, 선별, 분쇄 및 재선별 등의 공정 통합 조업시간 단축 및 에너지 절약
	Combined Screen	통합 스크린에 비해 에너지 저감률 높음 투자비 회수기간 단축
Forming & pressing Section	Gap Forming	Forming 시간 단축 및 균일한 품질 생산 품질향상 및 전력 사용량 감소 효과 Former와 압축부 또는 건조부를 결합하여 개선하는 경우 생산능력 크게 향상
	High Consistency Forming	초지단계 투입 시 정상 수준의 2배 이상의 농도로 투입 초지속도 증가와 압착부에서 탈수와 진공부하 감소로 에너지 절약
	Extended Nip Press	슈프레스 유형으로 탈수효과 개선 백판지 지종에 적용 가능성 높음
	Hot Press	압착공정 이전에 용수를 미리 가열하여 건조공정의 증발부하 감소 및 생산속도 증가 신문용지 공정에 적용
	Vacuum System	건조 공정 이전에 진공펌프를 이용하여 지료로부터 수분을 제거 에너지 저감, 모든 지종에 적용
	high Solid Size press	고농도의 유체를 도포하여 건조부하 감소 백판지, 인쇄용지 공정에 적용
Drying Section	Closed Hood	수분증발에 필요한 공기를 줄여 공기 가열에 필요한 에너지절감 신문용지 공정에 적용
	Recycle Heat	후드 폐열을 회수하여 스팀 사용량 절감 대부분의 공장에 적용
	Dryer Bar	고속초지기의 건조기 실린더 내부의 열 전달 효율을 높이기 위한 기술 투자비용이 적고 기존설비에 대한 대체가 용이하여 생산속도가 높은 종이류 생산설비 중심으로 사용 증가
	Direct drying cylinder firing	연료를 연소하여 직접 실린더를 가열하는 방식으로 증기 생산단계를 생략 기존 실린더에 비해 10% 정도의 에너지 절감
	IR Dryer	적외선을 이용한 수분 증발 기술 기존 건조기에 비해 20~50% 에너지 절감 비용 절감, 생산성, 지질 향상에도 기여
	Impingement Drying	후드 부분을 개선 1983년도 최초 도입되었으나, 적용 증가 속도는 느림

스 적용에 따른 Nip Pressing Time 증대에 의한 압착탈수 효율의 개선 및 증기터빈, 후드 등에서 발생하는 폐열을 회수하여 스팀 사용량을 저감하는 방식 등이 대표적인 사례이다.

2.4 열병합 발전 시스템의 적용

폐기물 소각 시설은 폐기물의 종류에 따라 발생하는 온실가스가 상이하며, 발생량 또한 편차가 크기 때문에 친환경적 공정이라고 볼 수 없다. 또한 환경부는 온실가스 연속측정시스템을 2012년 말까지 도입하여 연속측정에 의한 실측법을 통해 그 양을 산출할 계획으로써, 온실가스 배출량 산정 및 보고가 투명성을 지니게 될 전망이다. 몇몇의 제지산업에서 적용하는 열병합 발전 시스템은 폐기물 소각로 설치를 통해 지역에서 발생하는 쓰레기를 소각하며, 열병합 발전을 통해 스팀을 생산하고 있다. 이러한 방법처럼 폐기물 소각 시설

Table 7. Examples of the certificated UN CDM projects through the cogeneration systems [13)]

Project Name	Country	GHG reduction (tCO_2/year)
Rice Husk based power project at Satia Paper Mills Limited (SPML), Punjab, India.	India	22,598
6.0MW Biomass based cogeneration powerplant of RamaP aper Mills Limited, Kiratpur, Uttar Pradesh.	India	24,640
RiceHusk based Cogeneration project at Shree Bhawani Paper Mills Limited (SBPML), RaeBareli, Uttar Pradesh,India	India	14,744
Fuel switch from fossil fuel to biomass residues for cogeneration in integrated pulp and paper unit of ITCPSPD at Bhadrachalam	India	74,650
Bio-mass (RiceHusk) based Cogeneration project at M/s Rayana Paper Board Industries Ltd. (RPBIL), Vill : Dhaurahra, Post : Digha, Distt : SantKabir Nagar - 272175, UttarPradesh	India	10,100

을 친환경 에너지 플랜트로 조성하여 에너지를 생성하는 방식으로 적용할 수 있으며, 그 밖의 목재 산업에서 발생하는 바이오매스 부산물을 열병합 발전을 통해 연료화 하는 방안이 있다.

2.5 공정 내 발생 폐기물의 재활용

태국 및 인도네시아 등 펄프공장과 제지공장을 통합적으로 운영하는 회사들의 경우 원료 생산을 위한 조림지 조성, 우드칩 생산을 직접적으로 진행하면서 부수적으로 발생하는 바이오매스 자원이 풍부하다. 때문에 이러한 바이오매스의 열병합을 통해서 전력을 생산하여 공장에 적용하는 방식으로 에너지 절감 효과와 화석연료 감축을 통한 생산비 절감 등을 수행하고 있다.

국내 제지산업의 공정에서 발생하는 폐기물은 공정폐수(Black Liquid, White Water etc.)나 제지 슬러지 등이 있는데 이러한 폐기물들을 연료로 하는 바이오가스 생산, 열병합 발전 등의 다양한 폐기물 자원화 사례들이 시행되고 있다. 국내 D 사의 경우, 공정 내 발생하는 백수의 효소 발효를 통해 생성하는 메탄가스를 포집하고, 이를 열병합하여 스팀을 생산을 통해 공정에 적

Table 8. Examples of the certificated UN CDM projects through the resource recovery form process waste [13)]

Project Name	Country	(tCO_2/year)
Methane recovery from wastewater generated at Pape rmanufacturing unit of SreeSakthi Paper Mills Ltd., Kerala	India	3,923
Methane Recovery and Utilization Project of Liaoning Mingsheng Paper Co., Ltd.	China	47,223
Henan Taikang Longyuan Methane Recovery Project in newpaper - production line	China	36,927
Methane Recovery from Wastewater Treatment Reactor at Linqing Galaxy Paper Mill	China	54,244
Biogas Utilization Project in Zhejiang Jing xing Paper Joint Stock Co. Ltd.	China	60,577
Methane Recovery and Utilization Project of Meihekou City Haishan Paper Industry Co., Ltd.	China	38,802
Waste Water (blackliquor) Treatment and Comprehensive Utilization Project in Paper Manufacturing of Hebei Hangyu Group Co., Ltd	China	56,828
Methane Recovery in Wastewater Treatment and its utilization for Thermal Energy at PT Indah Kiat Pulp&Paper, Serang	Indonesia	28,782
Methane recovery from wastewater generated from wheat straw wash at Paper manufacturing unit of Shreyans Industries Limited (SIL)	India	12,578
Methane Extraction and Fuel Conservation Project at Tamil Nadu Newsprint and Paper Limited (TNPL), Kagithapuram, Karur District, Tamil Nadu	India	35,860
Shandong Tianhe Paper Co.,Ltd WasteWater Treatment and Waste Residue Utilization Project	China	51,797

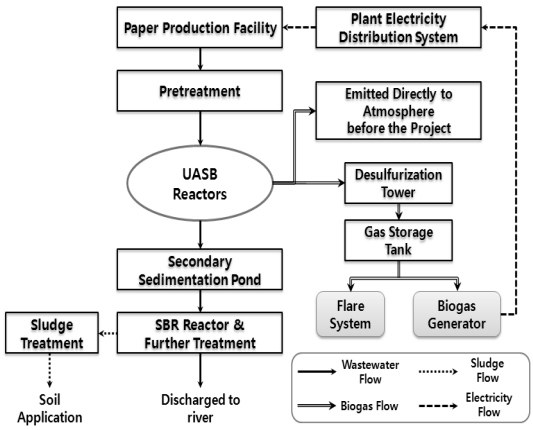

Fig. 1. Schematic Diagram of the Methane Recovery and Utilization Project. [14)]

용하고 있는 등 다양한 관련 기술들이 지속적으로 개발 및 소개되고 있다. Table 8 에서는 공정 부산물의 자원화를 통해 온실가스 배출량을 감소시키고 에너지 사용량을 절감기술에 의한 CDM 등록 사업에 대해 정리하였다.

실제 중국 매하구시에 위치한 H 사는 UNFCCC의 CDM 사업을 통해 제지공정에서 발생하는 폐수를 전처리 이후 UASB(Upflow anaerobic sludge blanket) 반응기로의 혐기성 미생물 반응을 통해 정화 후, 발생되는 메탄가스를 포집, 바이오가스 발전기로부터 전력을 생산하여 제지 공정에 순환시키는 설비를 설치하였고 전체적인 프로세스의 개요를 Fig. 1에 나타내었다. 이러한 공정기술을 통해 하천으로 방출되는 폐수를 정화하고 슬러지는 토양에 적용하는 등 부가적인 기능과 함께 공정에서 발생하는 에너지 또한 대체하여 CDM 사업을 통해 연간 38,802 tCO_2 온실가스 감축을 인증받은 바 있다.

2.6 비목질 자원의 자원화

중국 및 인도 등 개발도상국의 경제성장과 이에 따른 종이수요의 지속적인 증가는 전 세계적으로 펄프용 목질자원의 부족을 가져오고 있고 이에 따라 목질자원을 대체할 수 있는 다양한 바이오매스 기반 펄프제조 및 활용을 위한 방안들이 국제적으로 활발히 연구되고 있다. 실제, 바이오매스 부산물을 이용하여 펄프 및 제지 자원으로 적용하여 CDM 사업을 통해 온실가스 감축 실적이 인증된 사례를 확인할 수 있는데, 인도네시아 및 말레시이사 국가에서 대규모로 진행되는 팜오일 산업에서 발생하는 오일팜 바이오매스인 EFB(Empty Fruit Bunch)를 활용하여 Fig. 2에서 보여지는 것과 같이 펄프 및 제지 원료로써 적용하고 EFB 섬유 정선과정에서 발생하는 슬러지를 에너지화 및 성분 추출을 통해 추가적인 온실가스 감축을 도모하였다.[13,15)] 이러한 부산물 바이오매스를 활용한 기술에 대해CDM 사업을 통해 연간 68,250 tCO_2의 온실가스 감축을 인증 받은 바 있다.[13)]

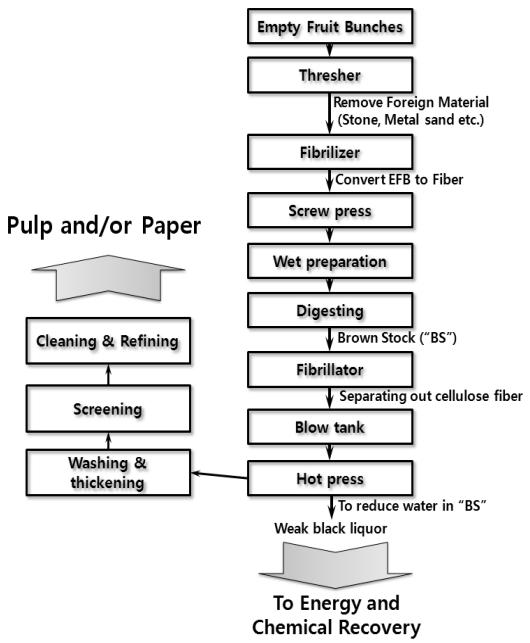

Fig. 2. Process flow of Oil palm biomass EFB for pulp and paper product. [15)]

Table 9. Example of the certificated UN CDM projects through the application of non-woody biomass [13)]

Project Name	Country	GHG reduction (tCO_2/year)
Avoid emissions from biomass wastes through use as feedstock in pulp and paper Kunak, Sabah production i.e. Eko Pulp and Paper Project	Malaysia	68,250

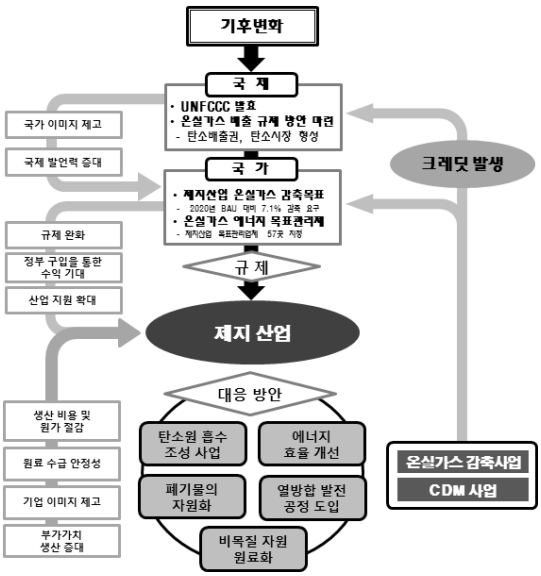

Fig. 3. Overview of the environmental management of paper industries cope with climate changes.

2.7 제지산업 환경 경영의 기대효과

이상에서 사례를 통해 제시한 탄소원 흡수사업, 에너지 효율개선, 폐기물의 자원화, 열병합 발전 공정의 도입, 비목질 자원의 활용과 같은 실질적인 환경경영 방안들을 통해서 기업은 직접적으로 생산 비용 및 원가 절감, 원료 수급의 안정성 도모, 기업이미지 제고, 부가가치 생산 증대 등을 통해 직접적인 수익성 개선효과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다. 또한 동 방안을 통해 감축되는 온실가스 인증 사업(온실가스 감축사업, CDM 사업)으로 탄소배출권의 확보와 이러한 탄소배출권의 정부구매를 통한 2차적인 수익을 기대할 수 있으며 결과적으로 산업분야에서 온실가스 감축 목표 달성을 통한 국가 이미지 제고 효과, 이를 통한 규제 완화 등이 가능할 수 있음을 다양한 국내외 사례들을 통해 확인할 수 있었다.[16-7] Fig.3은 기후변화 대응을 위한 국내외 사업환경 변화에 대응하기 위한 국내 제지산업의 환경경영 방안을 총괄적으로 정리하여 나타낸 것이다.

3. 결 론

기후변화 대응을 위한 전 세계적인 관심과 이에 따른 다양한 정책과 사업환경의 변화로 인해 국내 제지산업 역시 변화되는 환경규제 및 기업운영 법제화에 부응하는 환경경영 전략을 수립하고 실행해가야 하는 상황에 놓여있다. 본 연구에서는 제지산업에서 기후변화 대응을 위해 만들어진 다양한 환경규제들에 대응하기 위한 방안들을 모색하여 보았고 실제 탄소원 흡수사업, 에너지 효율개선, 폐기물의 자원화, 열병합 발전 공정의 도입, 비목질 자원의 활용 등의 5 가지 방법들의 적용 사례들을 살펴보았다. 제지산업에서의 환경 규제는 치열한 기업간 경쟁 상황에서 진행되지만 산업 공정 내에서 발생하는 문제점을 파악하고 개선하거나, 새로운 기술의 도입, 원료의 모색에 대한 노력이 지속된다면 새로운 기업 경쟁력을 갖출 수 있는 기회의 발판이 될 것으로 생각되며, 본 연구에서 소개된 다양한 관련 기후변화 대응 환경경영 사례들은 경영전략의 모색을 위한 기반 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

사 사

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호: S211010L010000)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature Cited

1. European Union, Energy, sustainable, secure and affordable Energy for Europeans (2013).
2. Kang. S. M., Li. Y., Park. H. R., The Effects of China`s Energy Constraints on Production Efficiency and GHG Emissions Reducing Impacts, The Korea Association for Contemporary Chinese Studies, 14(2): 119-153 (2013).
3. The Office for Government Policy Coordination, Law No. 11690, Act on allocation and transaction of Green house gas emission (2013).
4. Ministry of Environment, Guidelines for Greenhouse gas and Energy Target management (2012).
5. Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea, National Greenhouse gas Management System (2013).
6. Korea Energy Management Corporation, Korea Voluntary Emission Reduction System (2013).

- http://kver.kemco.or.kr:8282/index.jsp
7. Korea Paper Association, Enviroment Energy, Status of the Waste Paper recycling (2012).
- www.paper.or.kr/n_environment/environment_01.asp
8. Ministry for Food, Agriculturem, Forestry and Fisheries, Proposal for GHG Emission Reduction Targe (2011).
9. IPCC, Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Inventories (1996).
10. Korea Energy Economics Institute, Energy Statistical Year Book (2012).
11. Korea Forest Service, History & overseas forestation (2013).
- http://www.forest.go.kr/newkfsweb/html/HtmlPage.do?pg=/resource
12. Ministry of Strategy and Finance, 2012 Tax reform press release (2012).
- http://www.mosf.go.kr/news/news02.jsp
13. UNFCCC, CDM Project search (2013).
- http://cdm. unfccc.int
14. Clean Development Mechanism Project Design Document Form Version 03, Methane Recovery and Utilization Project of Meihekou City Haishan Paper Industry Co., Ltd, UNFCCC CDM project (2012).
15. Clean Development Mechanism Project Design Document Form Version 03, Avoided emissions from biomass wastes through use as feed stock in pulp and paper Kunak, Sabah production i.e. Eko Pulp and Paper Project Version 3.8, UNFCCC CDM project (2011).
16. Sung. Y. J., Kim. D. S., Um. G. J., Lee. J. W., Kim. S. B., Park. G. S., Action Plans of Paper Industry Correspond to the Carbon Dioxide Emission Trading Market, Journal of Korea TAPPI, 44(1): 43-51 (2012).
17. Kim. D. S., Sung. Y. J., Lee. J. W., Kim. S. B., Park. G. S., Investigation into Methods for reducing Greenhouse Gas Emission in Paper Industry with Development of Greenhouse Gas Inventory, Journal of Korea TAPPI, 44(2): 49-57 (2012).