

온실가스 인벤토리 구축을 통한 제지산업에서 온실가스 절감 방법론 조사

김동섭¹ · 성용주^{1†} · 이준우² · 김세빈² · 박관수²

접수일(2012년 3월 30일), 수정일(2012년 4월10일), 채택일(2012년 4월 16일)

Investigation into Methods for reducing Greenhouse Gas Emission in Paper Industry with Development of Greenhouse Gas Inventory

Dong Seop Kim¹, Yong Joo Sung^{1†}, Joon-Woo Lee², Se-Bin Kim², Gwan-Soo Park²

Received March 30, 2012; Received in revised form April 10, 2012; Accepted April 16, 2012

ABSTRACT

The reduction of greenhouse gas emission currently becomes more urgent task for Korean Industries, especially for the paper industries because of the new regulation based on the low carbon-green growth law. In order to reduce effectively the greenhouse gas emission, the development of greenhouse gas emission inventory has been widely considered as one of the basic processes and has been applied to many industries. In this study, the fundamental schemes and the cases of greenhouse gas inventories were investigated. Especially, the major considering units for paper industries were suggested to develop greenhouse emission inventory of paper industry.

Keywords : *Greenhouse gas inventory, Greenhouse gas emission, Paper industry, CDM project, energy consumption*

1 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과 (Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of KOREA)

2 충남대학교 농업생명과학대학 산림환경자원학과 (Dept. of Forestry and Environmental Science, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of KOREA)

† Corresponding author: yosung17@cnu.ac.kr

1. 서론

지구온난화에 대한 전 세계적 관심은 온실가스의 발생을 최소화하기 위한 다양한 대응방안들을 법제화하는 방향으로 이루어지고 있다. 실제 1997년 교토의정서를 기반으로 UNFCCC(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change) 채택은 온실가스 발생 대응을 위하여 6대 온실가스를 지정하고¹⁾ 및 온실가스 감축을 위한 탄소배출권 제도가 실질적인 의미를 가지게 하는 계기가 되었다. 국내의 경우에도 탄소배출권 거래제도 도입을 위한 “녹색성장기본법”을 제정하는 등 OECD 회원국 중에서 상대적으로 기후변화에 소극적인 상황에 대한 국제적 압력에 대응하기 위한 노력을 기울이고 있다. 실제 한국은 자발적 국가 온실가스 감축목표로 설정하였는데 2020년도까지 BAU(Business As Usual) 배출량 대비 30% 감축을 설정하였다. 이와 함께 온실가스 목표관리제 및 RPS 제도의 도입, 교토 메커니즘²⁾의 CDM(청정개발체제:Clean Development Mechanism)사업³⁾을 권장하는 등 국내 실정을 고려하여 다양한 산업분야에서의 온실가스 발

생량을 감축하고 또한 체계적인 관리를 하기위한 다양한 대응노력을 기울이고 있다. Table 1은 UN에서 지정한 6대 온실가스의 특징과 출처 등을 정리한 표이다. 실제 이산화탄소의 경우 온실가스 효과는 상대적으로 낮지만 그 발생량이 압도적으로 많고 산업과 운송 등 전 사회의 걸쳐 발생되기 때문에 가장 대표적인 온실가스로 간주되고 있다.

현재 우리정부에서 2010년 9월 30일로 녹색성장 기본법의 온실가스 에너지 목표관리제에 따라 온실가스 에너지 목표관리 업체 470곳을 선정하였는데 선정기준은 Table 2에 나타낸 바와 같이 온실가스 발생량을 기준으로 선정되었다. 실제 목재 및 제지 관련산업도 470곳 중 57곳이 이에 해당하는데, 제지 관련 기업은 M사, H사 등 총 40 기업이 포함되어 있다.^{5,6)} 향후 이러한 온실가스 목표관리 지정 기준은 더욱 강화될 것으로 예상되고 있고 이에 따라 에너지 과소비 사업의 하나인 제지산업은 에너지 감축을 위한 자체 소각장 설립이나 시설투자, 공정 내 에너지 감축 등으로 자체적인 온실가스 배출에 대한 대응이 시급히 필요할 것으로 판단된다. 실제 한국의 자발적 감축목표인 BAU 배출량 대비

Table 1. Six major Greenhouse Gases designated by UNFCCC⁴⁾

Gases	GreenhouseIndex	Major Origin	Properties
CO ₂	1	연료사용/산업공정	에너지 절약, 연료대체, 상업적 후처리 불가
CH ₄	21	폐기물/농업/축산	발생원 광범위, 포집 난해
N ₂ O	310	산업공정/비료사용	발생원 광범위, 포집 난해
PFCs	140-11,700	반도체 제조	화학적으로 안정화, 분해 난해
HFCs	6,500-9,200	반도체 세정용, 냉매, 발포제 사용	발생원 명확하고 증가세 빠름
SF ₆	23,900	반도체, 충전기기 등	현재 처리기술 미확립

Table 2. The standard for selecting industries for regulation (Korea Ministry of Knowledge Economy, internal regulation chapter 29, section 1)⁶⁾

		Carbon emission (1,000 tCO ₂ -eq)	Energy consumption (Tera-joules)
for a Company	Before 2011.12.31	> 125	> 500
	After 2012.1.1	> 87.5	> 350
	After 2014.1.1	> 50	> 200
for a Factory	Before 2011.12.31	> 25	> 100
	After 2012.1.1	> 20	> 90
	After 2014.1.1	> 15	> 80

30% 감축을 위해서는 제지산업에서도 연도별 감축비율이 2012년 0.4%, 13년 0.5%, 15년 2.4%로 2020년 최종적으로 BAU 대비 7.1%인 55만 tCO₂를 감축해야하는 감축목표안이 제안되었다.⁸⁾ 각 산업군별로 감축목표를 Table 3에 나타내었다.

시급한 문제로 떠오르고 있는 온실가스 감축을 달성

하기 위해서는 온실가스 인벤토리를 구축을 통하여 보다 체계적이고 효율적인 온실가스 관리 목표를 설정하여야 한다. 온실가스 인벤토리란 사업자의 집단 내 수송, 연료 사용, 생산 공정 등등의 모든 활동에서 발생할 수 있는 온실가스 혹은 감소될 수 있는 온실가스를 체계적으로 목록화한 것으로써 온실가스의 배출량 정보, 데

Table 3. National greenhouse gas reduction targets for each section ⁸⁾

(Unit : million tCO₂)

대분류	세분류	2007 배출량	2020 BAU	감축목표			
				감축량	감축후 배출량	감축율 (%)	
전환	발전, 도시가스, 지역난방	190.7	255.44	68.19	187.25	(26.7)	
	정유	12.8	17.1	1.28	15.82	(7.5)	
	광업	1.0	0.68	0.027	0.653	(3.9)	
	철강	86.0	121.35	7.88	113.47	(6.5)	
	시멘트	42.2	41.48	3.53	37.95	(8.5)	
	석유화학	50.7	63.47	4.77	58.7	(7.5)	
	제지,목재	8.7	7.73	0.55	7.18	(7.1)	
	섬유/가죽	11.9	9.81	0.61	9.2	(6.3)	
	유리/요업	4.5	5.50	0.22	5.28	(4.0)	
	비철금속	5.4	5.02	0.21	4.81	(4.1)	
산업	기계	10.2	13.10	0.99	12.11	(7.6)	
	전기/전자	27.7	41.34	25.51	15.83	(61.7)	
	전자표시장치	6.3	71.65	28.32	43.33	(39.5)	
	반도체	8.4	14.53	4.03	10.5	(27.7)	
	자동차	9.7	12.34	3.94	8.4	(31.9)	
	조선	1.8	3.79	0.25	3.54	(6.7)	
	기타제조	17.6	16.91	0.29	16.62	(1.7)	
	음식료품	6.8	6.16	0.31	5.85	(5.0)	
	건설업	2.5	3.22	0.23	2.99	(7.1)	
	소 계	307.9	455.2	82.9	372.2	(18.2)	
	수송	운수, 자가용	87.7	107.25	36.82	70.43	(34.3)
		가정	70.5	87.44	23.62	63.83	(27.0)
	건물	상업	67.6	91.52	24.44	67.08	(26.7)
소 계		158.2	194.69	60.44	134.26	(26.9)	
공공 기타	공공 기타	16.2	18.85	4.71	14.15	(25.0)	
농림어업	농림어업	30.0	29.10	1.52	27.58	(5.2)	
폐기물	폐기물	17.1	13.84	1.71	12.13	(12.3)	
총 계		610.5	813	243.91	569.09	(30.0)	

이더 파악으로 온실가스 저감계획 수립에 활용된다.⁴⁾ 또한 온실가스 인벤토리 등록을 통한 온실가스 시장진출에 기초사업으로의 활용, 외부 배출 상한, 거래할인 배출권 거래 프로그램 참여, 최종적으로 기본 배출량 및 탄소배출권을 인증 받을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 제지산업의 온실가스 규제에 효과적인 대응을 위하여 시급히 요구되고 있는 온실가스 인벤토리 구축에 대하여 알아보고 국내 제지산업 실정에 맞는 온실가스 인벤토리 구축 방법론에 대해 조사 및 분석하였다.

2. 연구 내용 및 결과

2.1 제지산업의 에너지 이용과 온실가스

국내 에너지 사용량은 국가발전과 더불어 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 전체 에너지 사용량 중 산업분야의 에너지 소비량은 Fig. 1에서 보여지듯이 2011

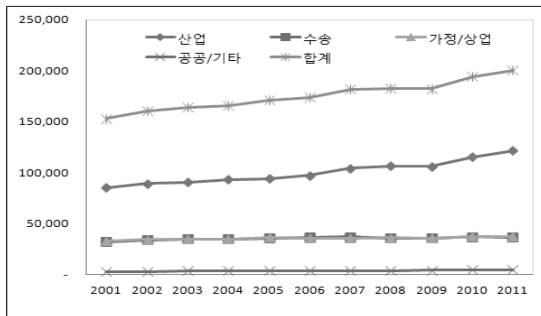


Fig. 1. Energy Consumption Trends in KOREA¹⁰⁾
(Unit : 1,000 toe)

년 기준으로 우리나라 총 에너지 소비량의 60%이상을 차지하며 가장 많은 에너지를 사용하는 부분으로 보고 되었다.⁹⁾ 이에 따라 산업부문의 에너지 사용량 감소가 시급한 상황이었고 이를 바탕으로 한국의 BAU 대비 감축량 30%중 18.2%를 산업부문에서 감축하는 것으로 확정되었다.⁸⁾

온실가스 발생이 가장 많은 석유 에너지 사용에 대한 통계를 보면, 2010년도 우리나라는 석유를 약 7억 9천만 배럴을 소비하였으며, 대표적인 석유류 에너지로는 휘발유, 등유, 경유, 경질중유, 중유, 중질중유, 항공유가 포함된다. 산업부문은 우리나라 전체 석유 소비량 중 55%인 4억 4천만 배럴을 소비하였다.⁹⁾

제지산업의 경우도 주로 석유기반 연료를 사용하는 데, Table 4에서 보여지듯이 사용되는 전체 석유제품 255만 배럴 중 88%를 중질중유(Bunker-C Oil)를 사용한다.⁹⁾ 이는 석유류 중 공급량이 가장 많고 가격대비 열량이 높기 때문에 판단된다. 하지만 중질중유는 저급 제품으로 다른 석유 제품에 비해 많은 비연소 탄소가 발생하는 단점이 있는데, 이러한 점은 연소시 연소효율 향상과 타 재생에너지원으로서의 전환을 통해 온실가스를 절감할 수 있는 기회로 작용할 수 있다.

2.2 온실가스 인벤토리 구축 및 배출량 산정 방법론

온실가스 인벤토리는 기업 활동으로 인해 배출되는 모든 온실가스를 파악, 기록, 유지관리, 보고하는 총괄적인 온실가스 관리시스템이다. 이는 배출되는 온실가스 및 사용하는 에너지에 관한 모든 정보가 포함되어 온실가스 및 에너지의 효과적인 감축을 위해 필요하

Table 4. Consumption of Petroleum Products in Paper Industry(2010)¹⁰⁾

(unit : 1,000 barrel)

	Industry	Manufacture Industry	Pulp & Paper Industry	Total Consumption
Gasoline	1,508	317	3	68,931
Kerosene	4,983	2,231	86	29,354
Diesel	20,332	3,243	54	134,647
Bunker-A	786	258	4	2,047
Bunker-B	868	311	31	1,344
Bunker-C	21,279	20,618	2,259	61,903
Jet Oil	-	-	-	28,190
Total	442,501	442,501	2,551	794,278

다. 또한 기업의 이미지 제고, 리스크관리, 탄소시장에의 참여, 배출량 보고 의무에 대비하는 등의 효과도 가져올 수 있다.⁴⁾

온실가스 인벤토리 구축 과정은 시스템 경계 설정으로 시작되는데, 조직 경계와 운영경계를 설정하여 다양한 운영 시스템 및 법적·조직적 구조 형태를 효율적으로 운영할 수 있도록 하여야한다. 이는 대부분 통제 접근법으로 하여 조직의 통제권 하에 있는 운영으로부터 발생하는 온실가스 배출량의 100%를 산정하는 방식으로 진행된다. 이후 배출원 목록 작성, 온실가스 산정 방법론 개발, 데이터 수집 및 인벤토리 작성으로 진행되고 제 3자 검증 거쳐 온실가스 인벤토리를 검증 받는 것으로 구축 과정이 완료된다.⁴⁾ 이러한 온실가스 인벤토리 구축 단계들을 Fig. 2에서 모식적으로 설명하였다. 실제 온실가스의 인벤토리 구축시에 각 산업별 특성, 환경적 요인, 사용 원료의 다양성, 생산품의 수송 특성 등등 어떠한 공정의 산업인가 뿐만 아니라 운영방식 등에 따라 온실가스 발생원이 모두 상이하기 때문에 이러한 온실가스를 정확히 어떻게 측정할 것인가가 가장 과제라고 할 수 있다.

대개의 경우 온실가스 배출량을 산정하기 위해 배출원별로 데이터를 수집하고 여기에 배출계수를 곱하여 산출한다.⁴⁾

$$\text{활동도} \times \text{배출계수(온실가스배출/단위활동)} = \text{온실가스배출}$$

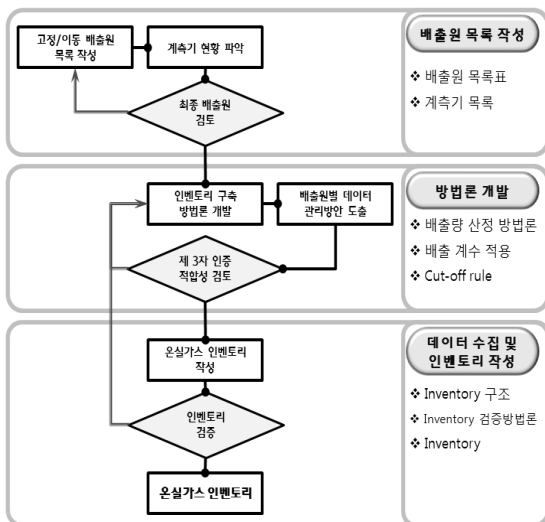


Fig. 2. Schematic Diagram of Process for development of Greenhouse Gas Inventory⁴⁾

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 제시한 온실가스 배출계수의 사용방법은 다음의 3가지로 분류할 수 있다. 실제 활용되는 보정된 계수를 Table 5에 나타내었다.

첫째, Tier 1의 방법에서는 연료형태, 공정에 의한 공통 배출계수를 사용하며, Tier 2는 연료별, 공정별 국가 고유 또는 산업고유 계수와 같은 고유 배출계수를 사용하고, Tier 3은 운전조건에 따른 모델사용 예측이나 측정값을 사용하는 방식이다. Tier 1 방법은 간단하지만 정확성이 떨어지며, Tier 2 또는 3의 방법은 정확하지만 노력과 시간을 많이 요한다. IPCC 2006 가이드라인에서는 Tier 1 방법보다 Tier 2 또는 3 방법론 사용을 권장하며, 배출원의 중요성에 따라 방법을 선택할 것을 권장하고 있다.¹¹⁾

Tier 1 방법을 적용하여 계산한 사례를 Table 6에서 나타내었다. 여기서는 사용하는 원료의 연간 사용량을 연간 생산 활동도로 환산하여, IPCC에서 지정한 배출계수를 곱하여 CO₂배출량을 환산하며, CH₄와 N₂O는 지구온난화지수를 도입하여 tCO₂의 단위로 환산하여 최종 온실가스 측정을 한다. 이는 연료의 형태만을 고

Table 5. IPCC Default CO₂ Emission Factors for Fossil Fuels¹¹⁾

Fossil Fuel	Uncorrected Emission Factor kg CO ₂ /TJ	corrected Emission Factor kg CO ₂ /TJ
Crude oil	73,300	72,600
Gasoline	69,300	68,600
Kerosene	71,900	71,200
Diesel oil	74,100	73,400
Residual fuel oil	77,400	76,600
LPG	63,100	62,300
Petroleum coke	100,800	99,800
Anthracite coal	98,300	96,300
Bituminous coal	94,600	92,700
Sub-bituminous coal	96,100	94,200
Lignite	101,200	99,200
Peat	106,000	104,900
Natural gas	56,100	55,900

Table 6. Case Study for Example : CO₂ ,CH₄ and N₂ O emissions Calculation of Tier 1 Method¹¹⁾

Example Calculation: CO ₂ , CH ₄ , and N ₂ O emissions from natural gas use at a small mill.	
A mill uses natural gas in a small boiler and in several infrared dryers. The mill's records indicate that over a year's time, it used 17 million standard cubic meters of natural gas. The mill decides to estimate the emissions from overall natural gas consumption instead of attempting to separate boiler emissions from the infrared dryer emissions. The mill does not know the carbon content of its gas supply, but the IPCC emission factor is 55.9 metric tons CO ₂ /TJ (after correcting for 0.5% unoxidized carbon). The mill uses the CH ₄ and N ₂ O emission factors from Table 6 (5 kg CH ₄ /TJ and 0.1 kg N ₂ O/TJ). The mill estimates the heating value of the natural gas to be 52 TJ/kiloton and the density to be 0.673 kg/standard cubic meter. The annual emissions are estimated as follows.	
CO ₂ emissions	(17 x 10 ⁶ m ³ gas/y) x (0.673 kg/m ³) = 11.4 x 10 ⁶ kg gas/y = 11.4 kt gas/y (11.4 ktonne gas/y) x (52 TJ/kiloton) = 595 TJ/y (595 TJ/y) x (55.9 tCO ₂ /TJ) = 33,300 t CO₂/y
CH ₄ emissions	(595TJ NCV/y) x (5 kg CH ₄ /TJ NCV) = 2975 kg CH ₄ /y = 2.975 t CH ₄ /y Using the IPCC GWP of 21, this is equal to 62.5 tCO₂-eq./y
N ₂ O emissions	(595 TJ NCV/y) x (0.1 kgN ₂ O/TJ NCV) = 59.5 kgN ₂ O/y = 0.06 tonneN ₂ O/y Using the IPCC GWP of 310, this is equal to 18 tCO₂-eq./y
Total GHG emissions	33,300 + 62.5 + 18 = 33,400 tCO₂-equivalents/y

Table 7. IPCC Tier 2 Uncontrolled CH₄ and N₂O Emission Factors for Industrial Boilers (IPCC 1997c)¹¹⁾

Fuel	Technology	Configuration	kg CH ₄ /TJ	kg N ₂ O /TJ
Bituminous coal	Overfeed stoker boilers	-	1	1.6
Sub-bituminous coal			1	1.6
Bituminous coal	Underfeed stoker boilers	-	14	1.6
Sub-bituminous coal			14	1.6
Bituminous coal	Pulverized	Dry bottom, wall fired	0.7	1.6
Bituminous coal		Dry bottom, tang. fired	0.7	0.5
Bituminous coal		Wet bottom	0.9	1.6
Bituminous coal	Spreader stoker	-	1	1.6
Bituminous coal	Fluidized bed	Circulating or bubbling	1	96
Sub-bituminous coal		Circulating or bubbling	1	96
Anthracite		-	10	1.4
Residual oil	-	-	3	0.3
Distillate oil		-	0.2	0.4
Natural gas	Boilers	-	1.4	0.1
Natural gas	Turbines	-	0.6	0.1
Natural gas	Int.comb. engine	2-cycle lean burn	17	0.1
Natural gas		4-cycle lean burn	13	0.1
Natural gas		4-cycle rich burn	2.9	0.1

Table 8. Major Unit Processes for Development of Greenhouse Emission Inventory of Paper Industry ¹¹⁾

Pulp Mill
Harvesting
Wood/chip/bark/wastepaper/other raw material transportation vehicles
Product, by-product or waste transportation vehicles
Debarking
Chipping
Mechanical pulping
Chemical pulping – kraft
Chemical pulping – sulfite
Chemical pulping – other
Semicheical pulping
Recovery furnace – kraft
Liquor furnace – sulfite
Liquor furnace – semichem
Lime kiln or calciner
Incinerators for non-condensable gases, etc.
Wastepaper pulping and cleaning
Deinking
Bleaching of chemical or semichemical pulp
Brightening of deinked pulp
On-site preparation of chemicals (e.g., ClO ₂ or O ₃)
Paper or Paperboard Mill
Paper and/or paperboard production
Coating (including extrusion coating)
Roll trimming, roll wrapping, sheet cutting
On-site power and steam boilers
On-site combustion turbines
Gas-fired infrared dryers
Other fossil fuel-fired dryers
Wastewater treatment operations
Sludge processing
Landfill receiving mill waste
Air emissions control devices
On-road vehicles
Off-road vehicles and machinery
Normal offices/workspace for mill employees

려하여 계산한 방식으로써 가장 간단한 온실가스 측정 방법이라고 할 수 있다. Tier 2 방법은 연료의 형태 뿐만 아니라 Table 8에 제시한 각 공정별의 배출원, 기술 형태 등을 고려하여 방법론을 구성하여야 한다. Table 7에서 산업에서 사용되는 보일러의 연료, 적용 기술, 형태에 따라 각각의 배출계수가 다르게 적용되는 것을 볼 수 있다.¹¹⁾

2.3 온실가스 인벤토리의 활용

온실가스 인벤토리의 검증이 완료되면 각 배출원에서 온실가스 발생량을 체계적이고 효과적으로 관리할 수 있는데 앞서 설명한 듯이 회사 브랜드 제고, 리스크 관리, 탄소시장에의 진출 등의 이점을 가져온다. 검증된 사업경계 내에서 감축 기술의 도입이나, 시설물 투자 혹은 원료의 대체에 의해 온실가스가 일정량 이상 감축하는 성과를 나타내었을 때 CDM 사업 혹은 온실가스 감축실적 등록사업을 통해 CER 및 KCER의 탄소배출권을 획득할 수 있으며, 획득한 탄소배출권은 차후 탄소시장에서 활발히 거래되고 있다. 제지산업에서 온실가스 에너지 목표관리제도의 목표량을 충족시킨 후 남은 탄소배출권을 거래하여 추가적인 이윤을 남길 수 있는 기회로 작용한다.⁵⁾

2.3.1 CDM 사업을 통한 온실가스 인벤토리의 활용

CDM사업은 온실가스 감축 프로젝트로써 통상적으로 사업체에서 추진한다. CDM으로 추진하고자 하는 온실가스 프로젝트는 투자비용 및 시간, 전문성이 요구되는데 이의 가장 기본적인 준비체제가 온실가스 인벤토리의 구축이다. 이후 CDM 사업으로 인정받기 위해 개발단계부터 CDM 추진을 포함한 사업계획, 경제성 평가, 의사결정, 이행과정 등을 투명하게 증명해야 하기 때문에 각 단계에서 관련된 자료를 충분히 확보하여야 한다.⁵⁾

세계 제지산업 내에서 CDM 사업을 통해 인증 완료된 기술 및 프로젝트는 Table 9에서 제시된 바와 같이 2012년 현재 15건으로써 11건이 인도에서 시행되어 가장 활발하게 진행되고 있다. 온실가스 감축 기술로는 4가지 분류로 크게 구분할 수 있는데 에너지 효율개선 기술, 화석연료에서 재생에너지로의 대체 및 열병합 시스템 도입 기술, 공정내에 발생하는 폐수(백수)를 활용하여 바이오가스를 포집/활용 기술, 원료를 목질자원에

Table 9. Current status of certified CDM projects related with Paper Industry¹²⁾(unit: tCO₂)

Technology Type	Projects	Country	Reduction
제품 원료를 바이오매스 부산물로 대체	Avoided emissions from biomass wastes through use as feed stock in pulp and paper Kunak, Sabah production i.e. Eko Pulp and Paper Project	Malaysia	68,250
	Methane Extraction and Fuel Conservation Project at Tamil Nadu Newsprint and Paper Limited(TNPL), Kagithapuram, Karur District, TamilNadu	India	35,860
폐수를 이용한 바이오 가스 포집/활용 기술	Methane recovery from wastewater generated from wheat straw wash at Paper manufacturing unit of Shreyans Industries Limited(SIL)	India	12,578
	Methane Recovery from Waste water Treatment Reactor at Linqing Galaxy PaperMill	China	54,244
	Methane recovery from waste water generated at Paper manufacturing unit of Sree Sakthi Paper Mills Ltd., Kerala	India	3,923
	Biogas Utilization Project in Zhejiang Jingxing Paper Joint Stock Co.Ltd.	China	60,577
화석연료에서 바이오매스 연료로의 전환/열병합 시스템 도입	Rice Husk based Cogeneration project at Shree Bhawani Paper Mills Limited(SBPML), Rae Bareli, Uttar Pradesh, India	India	22,598
	Rice Husk based power project at Satia Paper Mills Limited (SPML), Punjab, India.	India	14,744
	6.0MW Biomass based cogeneration power plant of Rama Paper Mills Limited, Kiratpur, Uttar Pradesh.	India	24,640
	American Israel Paper Mill (AIPM)Natural Gas Fuel Switch	Israel	48,410
	Bio-mass (RiceHusk) based Cogeneration project at M/s Rayana Paper Board Industries Ltd.(RPBIL), Vill : Dhaurahra, Post : Digha, Distt : Sant Kabir Nagar - 272175, Uttar Pradesh	India	10,100
	Fuel switch from fossil fuel to biomass residues for cogeneration in integrated pulp and paper unit of ITCSPSD at Bhadrachalam	India	74,650
	Demand side energy efficiency programmes for specific technologies at ITCB hadrachalam pulp and paper making facility in India	India	21,505
에너지 효율 개선 기술	Energy Efficiency Measures At Paper Production Plant	India	2,877
	Steam Optimization in Cooking Process in Paper Plant	India	34,148

서 바이오매스 부산물로 대체 기술로 나누어진다.¹²⁾

펄프의 자체생산보다는 수입펄프를 기반으로 종이를 제조하고 있는 대부분의 국내 제지회사의 경우 펄핑 과정 중에 발생하는 부산물 등의 활용을 통한 온실가스 절감 등은 상대적으로 어려운 일이지만 제지폐수, 슬러지 등의 활용을 통한 바이오가스 포집/활용 기술 등과 공정 내 에너지 효율의 개선을 통한 에너지 절감 등은

향후 탄소배출권 인증이 가능한 기술로 판단된다. 또한 우리나라 해외조림 사업의 진출 등으로 확보될 수 있는 다양한 바이오매스 자원을 활용하여 바이오매스 연료의 열병합을 통한 화석연료 대체 기술과 제품원료의 바이오매스 부산물 활용 기술개발 등을 기반을 통한 온실가스 감축도 새로운 대응방안 중에 하나로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

3. 결론

기후변화에 대한 전 세계적인 관심이 더욱 커지고 이에 대한 대응을 위한 국제사회의 노력들이 다양한 형태로 가시화 되고 있다. OECD 가입국인 한국의 경우에도 국제사회와의 공조를 위해 온실가스의 감축을 위한 실질적인 노력들이 요구되고 있는 상황이다. 2010년 제정된 녹색성장 기본법의 온실가스 에너지 목표관리제에 따라 제지산업을 포함한 에너지소비량이 높은 산업군에서의 온실가스 감축은 중요한 당면과제가 되고 있다.

본 연구에서는 제지산업에서 온실가스의 배출량의 감축을 가져올 수 있는 다양한 방안을 모색하기 위하여 현재 다양한 산업군들에서 활용되고 있는 온실가스 인벤토리의 구축과 활용에 대하여 알아보았다. 특히, 제지산업에서 온실가스 인벤토리의 구축에 필요한 요소 및 단위공정들과 이러한 각각의 단위들을 통합해서 인벤토리를 구축한 사례들을 살펴보았다. 또한 온실가스 인벤토리를 기반으로 전 세계 제지산업에서 온실가스 감축 인증을 받은 다양한 사례들을 검토하였다. 향후 제지산업의 지속가능한 발전을 위해 온실가스 인벤토리의 구축을 통한 에너지 활용 효율성의 증대와 온실가스 발생량 감축 노력이 실질적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호:S211010L010000)’의 지원에 의해 이루어졌습니다.

인 용 문 헌

1. UNFCCC website - <http://www.unfccc.int/2860.php>
2. Kyoto protocol website - http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php
3. Kyoto protocol mechanism website - http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/1673.php
4. IPCC, Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Inventories
5. Sung, Y. J., Kim, D. S., Um, K. J., Lee, J. W., Kim, S. B., Park, K. S., Action Plans of Paper Industry Correspond to the Carbon Dioxide Emission Trading Market, Journal of Korea TAPPI, Vol. 44, No.1 : 1-73 (2012)
6. 에너지관리공단 website - <http://www.kemco.or.kr>
7. 온실가스 종합정보센터, <http://www.gir.go.kr/og/hm/tm/a/OGHMTMA010.do>
8. 농림수산식품부 녹색미래전략과, 온실가스 감축목표안 (2011)
9. 에너지경제연구원, 에너지통계연보, (2012)
10. 에너지경제연구원, 에너지통계월보 (2011)
11. IPCC, Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Pulp and Paper Mills Ver 1.1, (2005)
12. UNFCCC, CDM project search (2012)
13. Cho, B. O., Baek, H., Kim, Y. C., Establishment of Greenhouse Gas Inventory in a Corporate. Korea Society of Energy & Climate Change 2009 춘계학술대회 초록집, p 3-298, (2009)
14. Nicolas Stern, Stern review : The Economics of Climate Change, Cambridge University Press, UK (2007).
15. 에너지관리공단, 2011 에너지 · 기후 편람 (2011)
16. 온실가스 종합정보센터, 온실가스 통계 (2009)
17. 국가 온실가스 배출량 종합정보 DB 구축, 제조업분야 온실가스 통계 (2011)