

순환유동층연소로에서 폐목질계 바이오매스를 이용한 발전 시스템의 경제성 평가

김성준 · 남경수 · 이재섭* · 서성석** · 이경호*** · 유경선†

광운대학교 환경공학과
139-701 서울시 노원구 월계동 447-1
*이테크건설
135-889 서울시 강남구 신사동 539-11 인우B/D 3층
**SK건설
100-130 서울특별시 중구 순화동 66번지
***수도권매립지공사
404-706 인천광역시 서구 백석동 58번지
(2009년 10월 6일 접수, 2009년 11월 5일 채택)

Evaluation of Economic Feasibility of Power Generation System using Waste Woody Biomass in a CFBC Plant

Sung-June Kim, Kyung-Soo Nam, Jae-Sup Lee*, Seong-Seok Seo**, Kyeong-Ho Lee*** and Kyung-Seun Yoo†

Department of Environmental Engineering, Kwangwoon Univ, 447-1 Wolgye-dong, Nowon-gu, Seoul 139-701, Korea
*Environmental Energy team, eTEC E&C, 3F, In Woo Building, 539-11 Sinsa-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-889, Korea
**Environmental Plant Business Team, SK E&C, SK Soonhwa Building 66, Soonhwa-dong, Jung-gu, Seoul 100-130, Korea
***Technology R&D Division, Sudokwon Landfill Site Management Corp., 58, Beak Seok-dong Seo-gu, Incheon 404-706, Korea
(Received 6 October 2009; accepted 5 November 2009)

요 약

순환유동층 연소로에서 폐목질계 바이오매스를 이용한 5 MWe 규모의 발전시설에 대한 경제적 타당성에 대하여 고찰하였다. 초기투자비, 폐목재의 가격, 탄소배출권, 계통한계가격과 같은 주요 변수들이 사업의 경제성에 미치는 영향을 분석하였다. 폐목재를 무상으로 공급하고, 기반투자비용 106.5억원, 계통한계가격 99원/kWh의 기준에서 사업의 내부수익률은 16.67%로 계산되어 사업성이 비교적 높은 것으로 예상되었다. 사업의 수익에 영향을 크게 미치는 인자는 계통한계가격, 가동율, 초기투자비, 폐목가격, 탄소배출권의 순으로 나타났다. 또한 사업 위험도를 관리하기 위하여 판매처를 다양화할 수 있는 방안의 하나로 열판매가 가능한 열병합발전을 고려할 필요가 있는 것으로 판단된다.

Abstract – Economic feasibility of power generation system using waste woody biomass in a circulating fluidized bed combustor has been investigated. Effects of important variables such as capital investment, cost of waste wood, certified emission reduction(CER), system marginal price(SMP) on the benefit of business have been analyzed. Internal rate of return(IRR) was predicted as 16.67%, which implicates the business is promising based on the assumptions such as SMP of 99 Won/kWh, capital cost of 10.65 billion won, and complimentary providing of waste wood. Major factors affecting the benefit of business were as follows; system marginal price, operational rate, capital investment, expenditure of waste wood, certified emission reduction. In addition, it must be necessary to consider CHP power plant providing steam as one of the means to diversify sales network, for the management of the business risk.

Key words: CFBC, Feasibility, Biomass, CDM

1. 서 론

최근 전 세계적으로 지구온난화 방지를 위하여 에너지절약, 신재생에너지 사용, 온난화가스 제거 등의 노력을 진행하고 있으며 에너지가격의 급등으로 인하여 신재생에너지에 대한 관심이 점진적으

로 증가하고 있다[1]. 우리나라의 경우, 정부는 2007년을 기준으로 국가에너지 공급량 대비 2.2%인 신재생에너지 비율을 2030년까지 11%로 확대하기로 하는 국가에너지 기본계획을 수립하였다. 2007년도 신재생에너지 총생산량은 498만 TOE이며 이 중 폐기물 에너지 분야가 전체의 76%를 차지하고 있어 향후 신재생에너지 공급량 확대에 매우 중요한 인자로 고려되어야 함을 확인할 수 있다. 또한 지원금 1억원당 생산 가능한 에너지양을 조사한 결과를 보면 폐기물의 경우 91 TOE로 태양광 8 TOE, 풍력 28 TOE, 바이오 56 TOE

† To whom correspondence should be addressed.

E-mail: yooks@kw.ac.kr

‡ 이 논문은 KAIST 김상돈 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다.

보다 월등히 높아 매우 효율적인 투자 대안이 될 수 있다[2-4].

현재, 폐기물 에너지 자원화와 관련하여 RDF, RPF 등의 가연성 폐기물을 활용한 기술들의 개발과 보급이 이루어지고 있으나 장거리 이동에 따른 연료 가격의 산정, 연소 과정에서 발생하는 유해대기오염물질, 원료 수급, 전열보일러의 필요성 등의 문제가 보급 확산의 걸림돌로 작용하고 있는 실정이다. 이에 비하여 목질계 바이오매스는 유향이나 증기속을 포함하지 않아 상대적으로 청정하며 건설폐목재와 같이 대규모로 발생하는 자원을 활용할 경우 효과적인 재생에너지원의 공급이 가능할 것으로 예상된다[5-9]. 국내 폐목질계 바이오매스 발생량은 일평균 기준으로 1998년 4,065톤에서 2004년 6,519톤으로 6년간 1.6배 가량 증가하였으며 건설폐목재의 경우 1998년 일평균 1,547톤 대비 2004년 3,248톤으로 약 2.1배 상승하였다. 그러나 폐목질계 바이오매스의 재활용율은 35% 수준으로 상대적으로 높지 않은데, 이는 청정목이 아닌 경우 재활용에 어려움이 존재하기 때문이며 생활폐목재의 경우 아주 낮은 3% 수준을 기록하고 있어 폐기되는 자원의 활용을 제고를 위한 다양한 노력이 요구된다 하겠다.

목질계 바이오매스를 에너지로 활용하는 기술은 스팀을 생산하는 연소기술과 전기와 스팀을 동시에 활용하는 열병합 발전으로 구분될 수 있다. 연소 기술과 열병합 발전 기술 모두 석탄이나 일반 화석연료에 대해서는 일정 수준 개발이 완료되었으나 목재를 활용하는 경우 화재의 영향, 연소특성의 변화, 연료의 전처리 및 공급 등으로 해결하여야 하는 문제들을 남겨두고 있으며 선진국 대비 50% 수준의 기술력을 갖고 있는 것으로 조사되었다[2,3]. 목질계 바이오매스를 이용한 열병합 발전의 경우 목재연소나 공급 등의 요소기술을 개발하는 것과 함께 경제적 타당성의 검토가 매우 중요한 요소를 차지하게 된다. 이는 폐목재의 경우 공급량과 가격의 변동성을

갖고 있어 석탄과 달리 연료가격에 민감한 영향을 받을 수 있으며 설비투자금액에 있어서도 목재연소로 인하여 투자금액의 변동이 발생할 수 있기 때문이다. 또한 연료 정책, 청정개발메카니즘(CDM)에 의한 탄소배출권의 확보, 발전 차액 등의 변화로 사업성에 영향을 줄 수 있어 이에 대한 평가가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 활용가능성이 높은 폐목재를 이용하여 5 MWe 순환 유동층 열병합 발전시설을 설치하고 운전할 때 위에서 언급한 요소들이 시설의 경제성에 미치는 영향을 분석하여 향후 목재열병합 발전 사업 타당성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 순환 유동층 발전 시스템 구성

본 연구에 적용된 5 MWe 급 순환유동층 발전 시스템의 설비 기준은 보일러 용량 25톤, 연간 운전 일수 330일, 프랜트 효율 24.8%, 보일러 효율 93%로 설정하였으며 Table 1에 정리하였다. 연구에서 설정된 폐기물 연료는 목질계 폐기물을 산정하였으며 숲가꾸기 부산물, 임지폐목재, 생활계 폐목재, 산업가공 폐목재, 건설폐목재의 혼합을 고려하였으며 연료의 발열량은 3,300 kcal/kg으로 설정하였다. 폐목재 연소로 발생된 열은 93% 효율의 보일러를 통해 시간당

Table 1. Summary of plant model

Category	Specification
Boiler Capacity	25ton
Boiler Efficiency(LHV)	93%
Plant Efficiency	24.8%
Net Power	5MWe
Rate of Operation(Annual Operating days)	90.4%(330 days)
Plant Power Consumption	20% (of Net Power)

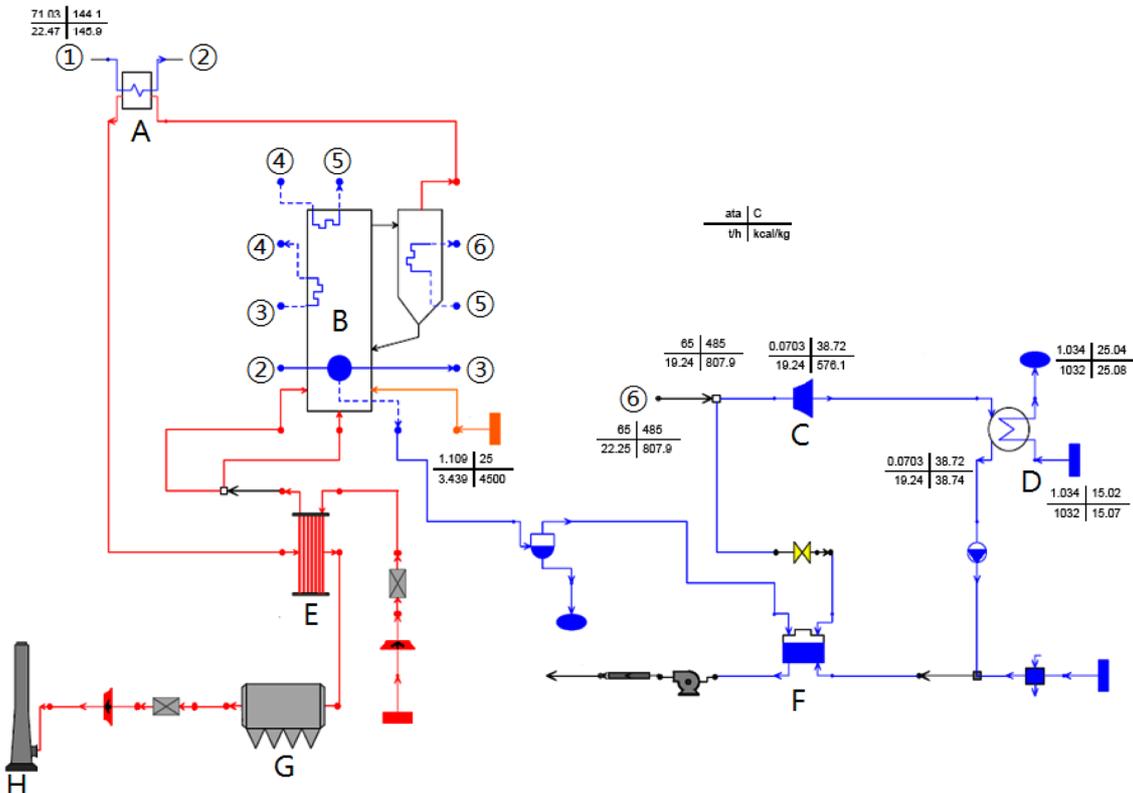


Fig. 1. Heat Balance of 5 MWe Power Generation System Using Thermoflex.

22.25톤의 고온 고압의 스팀으로 전환되며, 생산된 스팀 중 19.24톤/hr는 터빈 구동에, 3.01톤/hr는 탈기기에 운용에 사용되는 것으로 가정하였다. 스팀 터빈의 구동으로 5 MW 전기가 생산되며 이와 같은 기준의 열정산은 thermoflex를 이용하여 Fig. 1에 도시하였다. 전력 생산을 위해 요구되는 폐목재양은 5,310 kg/h으로 운전일수 330일을 고려할 때 연간 42,054톤의 폐목질계 바이오매스가 소요되었으며 생산전력의 자체 소비분은 소형 발전시설을 고려하여 생산 전력의 20%를 설정하였다.

3. 경제성 평가기법

본 발전 시스템을 신속운영 시 기반투자비, 유지보수비, 인건비, 이자 등의 비용이 발생되며 생산된 전력의 판매 수입과 온실가스 저감에 따른 수입(Credit income)이 편익으로 구분된다. 비용과 편익 발생의 결과를 투자회수기간법(Payback Period: PP), 순현재가법(Net Present Value: NPV), 내부수익률법(Internal Rate of Return: IRR)을 통해 경제성을 분석하였다. 또한 비용 및 수익에 연관되는 여러가지 변수의 변동폭을 조정하여 각각의 변수가 미치는 민감도 분석을 수행하였다.

투자회수기간법은 일정 사업에 대해 투자한 후에 최초의 현금 지출을 회수하는 기간이 예상한 기간보다 짧을 경우 경제성이 있는 것으로 판단하는 방법으로 아래의 식을 통하여 투입된 현금이 회수되는 기간을 알 수 있다.

$$\sum_{n=0}^I X_n = 0$$

X_n : n년도의 순현금 출납
(투자액의 부호는 - 이고, 시작은 0년도 이다.)
I=자본회수 기간, 년

순현재가법은 기업 할인율이 적용된 현금유입액과 현금유출액의 현재가치 차이 값이다. 값이 양수이면 사업의 경제성이 있다고 판단하며 두 개의 사업 비교 시 순현재가치가 큰 사업이 기업가치를 높이는 투자안이 된다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{O_t}{(1+k)^t}$$

단, I_t =기간(t) 안의 현금유입
 O_t =기간(t) 안의 현금유출
 t =기간
 k =할인율(자본코스트)

내부수익률법은 현금유출 비용의 현재가치와 현금유입 비용이 동일하게 되는 할인율계산을 통해 경제성을 평가하는 방법이다. 아래의 식에서 r 을 내부수익률이라고 하며 각 기업체에서 기대하는 할인율과 비교하여 상대적으로 높을 경우 경제성이 있는 사업으로 판단한다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+r/100)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+r/100)^t}$$

단, CO_t =현금유출
 CI_t =현금유입
 t =기간

투자회수기간법, 순현재가법, 내부수익률법과 같은 경제성 분석 과정에서 어느 한 투입요소가 변동할 때 그 투자안의 가치가 어느 정도 변동하는가를 분석하는 것을 민감도 분석이라고 한다. 민감도가 큰 투자안일수록 순현재가치의 변동이 심하고 더 위험한 투자안으로 평가된다. 이러한 민감도 분석은 서로 다른 투자안의 상대적인 위험을 측정하는 수단이 된다.

4. 순환유동층 발전 시스템 경제성 분석

4-1. 투자모형설정

4-1-1. 투자계획

주요 설비 투자비용은 기업체의 추정견적을 활용하여 터빈, 보일러, 수처리 설비, 방지시설, 배관, 계장, 전기로 나누어 Table 2에 정리하였다. 추정된 초기투자비용은 약 106.5억원으로 설정되었으며 토목비용과 건축비용은 입지여건과 소요건축 계획에 따라 상이하여 초기투자비에 별도로 계산하지 아니하고 향후 민감도 분석에서 그 영향을 고려하고자 한다. 초기 투자비용은 계약금 30%, 중도금 50%, 잔금 20%로 설정하여 6개월 단위로 예산을 투입하여 사업 초기년도(Y+0)에 55%, 다음해(Y+1)에 45%를 지급하는 것으로 설정하였다. 또한 그 비용의 구성은 자본금 33%와 차입금 67%로 구성되었으며 차입금 상환은 3년 거치 5년 상환, 이자율 7.04%로 설정하고 감가상각비는 총투자비의 13년 균등분할 상환을 원칙으로 하였다.

4-1-2. 매출계획

설비 설치가 종료되어 시운전 완료 후인 2년 후부터 수익이 발생되며 전력 판매와 CDM 사업으로 인한 매출로 구성된다. 전력 판매 단가는 2006년부터 2008년 까지 3년 평균 계통한계가격(SMP)[10]에 발전 차액 5원을 더한 99.3원/kWh로 판매 단가를 산정하였다. 또한 Fig. 2에 도시한 바와 같이 계통한계가격이 매년 증가하기 때문에 본 연구에서는 판매 단가에 물가상승률 3%를 반영하여 수익 발생을 추정하였다. 청정개발메카니즘(CDM)에 의한 이산화탄소 배

Table 2. Parts estimate of power generation system

(Unit: million won)

Category	Cost	Category	Cost
Turbine	2,200	Instrument	1,000
		Installation (1 lot)	
Boiler	3,000	Electric (1 lot)	1,500
Wastewater System	1,000	Civil	550
Air Pollution Control System	300	Architecture	450
Piping DWG (1 lot)	650	Total	10,650

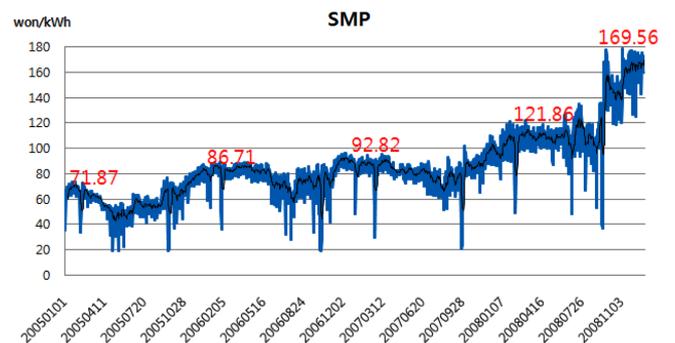


Fig. 2. Chronological change of system marginal price.

Table 3. Cost of Production

Contents	Cost(Y+2)	Remarks
Waste Wood Cost	0 won/ton	Free
Cooling & Heating Water	1,145 won/m ³	Price Increase Rate 3%
Employment	14 people	Management(3)+Operator(11), Increase Rate 5%
Technical Fee	18% of Capital Stock	Chapter 8, Article 35, Environmental Technology Development Project Regulation
Other Expense	5% of net sales	Maintenance, Insurance, Dues etc.

출권 거래에 대해서는, 10년 단위 사업으로 1회 갱신을 기준하였으며 배출권(CER) 판매로 인한 편익계산은 기준배출계수(Base Emission factor) 0.80 kg_CO₂/kWh[11]를 적용한 총 31,676톤의 CO₂에 대해서 2009년 3월 배출권(CER) 인도분 가격[14]인 €9.96/ton을 적용하였다.

4-1-3. 제조원가

Table 3에 전력 생산에 따른 제조원가의 주요 내용을 정리하였다. 폐목재 가격은 무상공급을 기준으로 설정하였으며 공정수 단가는 상수도 요금 920원/m³과 물이용부담금 160원/m³을 합한 가격인 1,080원/m³을 사업초기년도 단가로 책정하였다. 고용인원은 관리부 3인과 생산부 11인으로 구성하여 연간 임금 상승률 5%로 설정하였다. 기술사용료는 정부 실증연구 투자비를 가정하여 정부지원금의 18%를 설정하였고 기타경비는 매출액의 5%로 책정하여 유지보수비, 보험료, 기타공과금 등의 내용으로 구성하였다.

4-1-4. 손익계산서

투자 및 매출계획을 기반으로 제조원가명세서, 손익계산서, 대차대조표를 작성하고 이를 이용하여 경제성 평가를 수행하였다. Table 4는 사업연도별 손익계산서를 정리한 결과로 표에서 보인 바와 같이 사업 시작 3차 년도부터 매출이 발생하여 13년간 수익이 창출된다. 영업이익은 매출 총이익에 판매 및 일반관리비를 제외한 수익을 의미하며 영업외이익과 영업외비용은 매출에 따른 예금과 부채에 따른 이자비용 0.5와 7.04%를 반영한 결과이다. 법인세는 개정되는 세법을 적용하여 2010년도 기준으로 22%를 설정하였다. 이러한 결과를 고려한 경제성 평가 결과는 내부수익률(IRR)을 기준으로

16.67%, 순현재가(NPV) 116억원, 투자 회수기간 8년으로 나타났다.

4-2. 경제성 분석

기반투자 비용에서 토목비용과 건축비용이 투입될 경우 투자비는 상대적으로 증가하게 된다. 또한 초기에 견적을 기준한 투자금액의 선정에 있어서 다소간에 발생할 수 있는 오류를 고려하여 기반 투자금액을 기준금액 106.5억을 기초로 125, 150, 175억원으로 증가시키며 폐목재 비용을 무상공급에서 톤당 20,000원까지 변동을 주어 각각의 경제성평가 결과를 내부수익률 변화로 Fig. 3에 도시하였다. 사용된 폐목재와 공정수, 순수생산비 등의 재료비는 모두 매

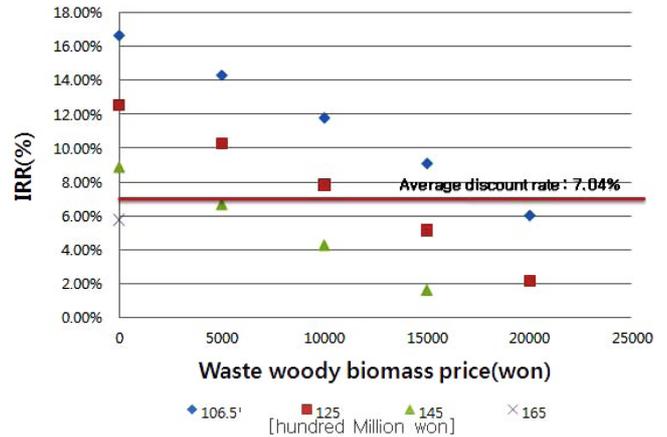


Fig. 3. Effect of expenditure of waste wood on the internal rate of return with a variation of capital investment cost.

Table 4. Income statement

	Y+0	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9	Y+10	Y+11	Y+12	Y+13	Y+14
I. Sales	0	0	3,438	4,131	4,238	4,347	4,460	4,576	4,695	4,819	4,945	5,076	5,211	5,349	5,492
II. Cost of Sales	0	350	1,700	1,772	1,815	1,860	1,907	1,956	2,007	2,060	2,114	2,172	2,432	2,295	2,360
III. Gross Profit	0	-350	1,738	2,359	2,422	2,486	2,552	2,619	2,688	2,758	2,831	2,904	2,778	3,054	3,132
IV. Selling and Administrative Expense	0	0	923	219	228	237	247	258	268	279	292	304	317	331	345
1. Salaries	0	0	119	125	131	138	145	152	160	168	176	185	194	204	214
2. Other Employee Benefits	0	0	12	13	13	14	14	15	16	17	18	18	19	20	21
3. Del Credere Commission	0	0	34	41	42	43	45	46	47	48	49	51	52	53	55
4. Entertainment	0	0	34	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23
5. Technical Fee	0	0	639	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Other Expense	0	0	84	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
V. Operation Income	0	-350	816	2,141	2,196	2,250	2,306	2,363	2,421	2,479	2,539	2,600	2,461	2,724	2,787
VI. Non-Operation Income	0	0	17	21	21	22	22	23	23	24	25	25	24	27	27
VII. Non-Operating Expense	0	0	137	249	249	222	172	123	73	23	0	0	0	0	0
VIII. Ordinary Income	0	-350	1,674	1,736	680	2,064	2,261	2,460	2,660	2,795	2,868	2,741	3,017	3,094	3,172
IX. Income Before Income Taxes	0	-350	695	1,911	1,965	2,048	2,154	2,262	2,370	2,480	2,564	2,625	2,487	2,750	2,814
X. Income Tax Expense	0	0	131	398	410	429	452	475	499	523	542	555	525	583	597
XI. Net Income	0	-350	564	1,513	1,556	1,619	1,704	1,787	1,872	1,957	2,022	2,069	1,962	2,167	2,217

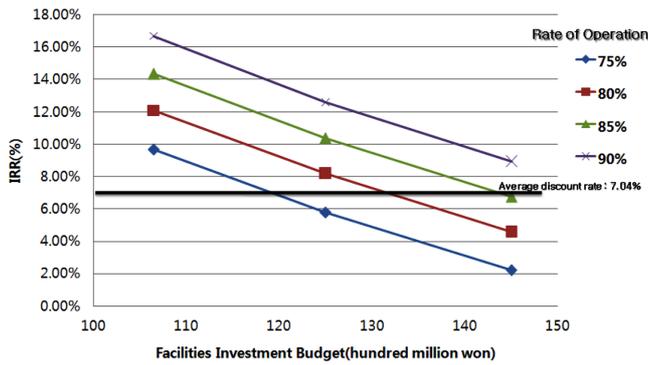


Fig. 4. Effect of capital investment cost on the internal rate of return with a variation of operational rate of the power generation system.

년 3%씩의 물가상승률을 고려하였다. Fig. 3에 도시한 결과를 보면 폐목재를 무상 공급한다고 가정하여도 기반투자금액이 155억원을 상회하는 경우 전기를 생산하는 시스템만으로는 이자율 7% 수준을 확보하는 것이 용이하지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 가장 낮은 투자비로 계상된 106.5억원을 고려하여도 폐목가격을 톤당 20,000 원 이상으로 책정하는 경우 경제성을 기대하기 어려운 것으로 나타났다. 이는 시설의 기준을 전기생산만을 고려하였기 때문에 판단되며 스티프와 전기를 동시에 생산하거나 스티프를 생산하여 판매하는 경우 경제성 평가는 상이하게 나타날 수 있을 것으로 판단된다.

연간 가동율이 경제성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 기반투자비에 따라 연간 가동율을 변화시켜 내부수익율을 구하고 그 결과를 Fig. 4에 도시하였다. 기준 가동율은 90.4%로 일반실비의 평균가동율을 고려하였으며 75~90%로 5%씩 조정하여 기반투자 금액별 가동률에 따른 판매 가능 전력량의 변화를 편익에 산정하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 145억원 이상의 기반 투자비 설정 시 90% 이상의 가동률에서 경제성을 확보할 수 있었으며 106.5억원에서는 가동률 70% 수준에서도 경제성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

폐목재를 이용한 발전사업에 있어서 발전차액은 사업의 수익에 큰 영향을 미치는 인자이다. Fig. 2에 도시한 바와 같이 발전차액은 2005년 70원/kWh 수준에서 2008년말 170원/kWh 수준으로 크게 상승하였다. 2006년부터 2007년까지 발전차액 상승률과 2007년부터 2008년까지 상승률은 각 5.8, 46.5%로 큰 차이를 보이고 있어 향후

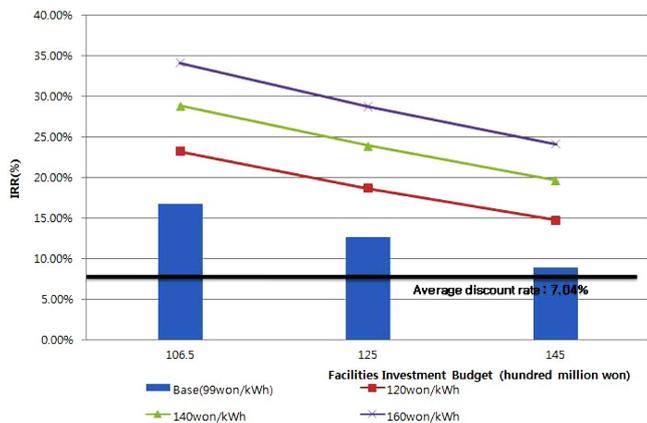


Fig. 5. Effect of capital investment cost on the internal rate of return with a variation of base system marginal price.

사업성에 큰 변수로 작용할 가능성이 높을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 10년 이상의 장기적인 전망을 위하여 일반적인 물가상승률을 고려하여 연간 5, 10% 상승에 사업성의 변화를 비교하였다. Fig. 5에는 기준가격 변동에 따른 사업의 수익성 변화를 내부수익률 값으로 도시하였다. 기준가격이 상승할수록 사업의 수익성은 높아졌고 기반투자비 145억원에서도 발전차액의 기준가격이 160원/kWh로 설정될 경우 내부수익률은 25% 수준에 이르는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 기준가격이 사업시작 원년의 가격으로 설정되어 연간 3%의 물가상승률이 고려되었기 때문인데 이전의 발전단가의 변화를 고려하면 다소 높은 추정으로 판단된다.

Fig. 6에서는 기반투자금액 106.5억원을 기준으로 발전단가의 인상을 변화시켜 사업성의 변화를 내부수익률 값의 변화로 추정하였다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 발전단가의 인상률이 3에서 10%까지 변화할 때 사업의 수익성은 매우 크게 변화하는 것을 확인할 수 있다. 향후 목질계 연료를 활용한 발전사업에 있어서 발전차액을 고려한 발전단가와 그 인상률이 목질계 연료의 가격 이상으로 중요한 인자가 될 수 있음을 확인할 수 있으며 이에 따른 위험요소 또한 크다고 사료된다.

목질계 바이오매스를 이용한 발전의 경우 사용한 목질계 에너지 양 만큼의 이산화탄소 감축을 인정하여 청정개발메카니즘(CDM)에 의한 이산화탄소 감축 사업이 가능하며 이를 통한 배출권의 확보와 판매가 가능하다. 배출권에 의한 편익이 전체 편익에 차지하는 비

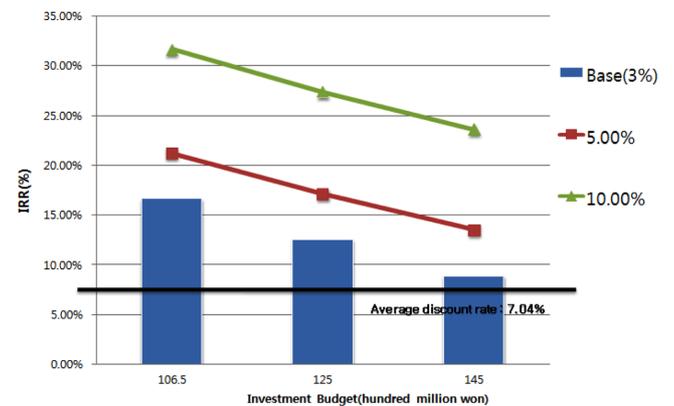


Fig. 6. Effect of capital investment cost on the internal rate of return with a variation of increasing rate of system marginal price.

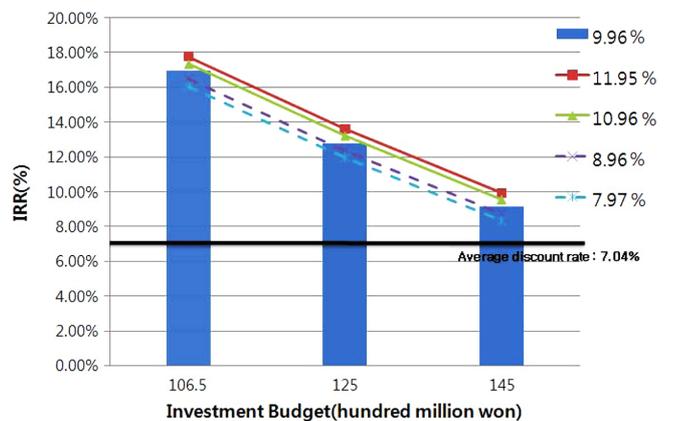


Fig. 7. Effect of capital investment cost on the internal rate of return with a variation of price of predicted CER.

중은 부수적인 수준으로 배출권 가격에 따른 사업의 수익성 변동폭은 크지 않을 것으로 예상되었다. 이미 등록 된 외국의 사례를 기반으로 사업의 수익성 변화를 평가하여 Fig. 7에 도시하였다. 2009년 3월 ECX(European Climate Exchange) 인도분 가격 €9.96/ton을 기준하였을 때 내부수익률은 16.67%였으며 인도분 가격을 -20%~+20%으로 고려하였을 때 15.81~17.09%의 내부수익률 변화를 나타냈다. 만일 CDM 사업으로 편익을 얻지 못할 경우에도 내부수익률은 12.39%로 나타났으며 투자회수 기간이 약 1년 정도 늦춰지는 결과를 얻게 되었다.

5. 결 론

폐목질계 바이오매스를 활용한 발전 시스템의 경제성을 폐목의 가격, 발전차액의 변화, 배출권의 가격변동 그리고 기반투자비용의 변화에 대하여 평가하였고 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 발전용량 5 MW 수준의 발전시설의 기반투자비를 106.5억으로 설정하고 폐목재의 무상공급과 99.3원/kWh의 발전단가를 적용한 경우 투자회수기간은 8년이었으며 순현재가액은 순수익은 117억 원, 내부수익률은 16.67%로 나타났다.

(2) 폐목재의 가격과 기반투자비의 변동을 고려한 결과 기반투자비가 145억원이 넘을 경우 폐목재의 무상공급에도 불구하고 사업성이 없는 것으로 평가되었으며 기본조건에서는 톤당 25,000원까지 폐목재의 가격을 산정할 수 있었다.

(3) 발전차액 상승률에 따른 경제성을 평가한 결과 99.3원/kWh를 기준으로 기준가격이 20원씩 상승할수록 내부수익률은 5~6%씩 증가하였고 가격인상률 기준으로 인상률 10%에 내부수익률은 15%씩 증가하였다.

(4) 목질계 에너지를 이용한 CDM 사업은 사업의 수익에 크게 영향을 주지는 않았으며 배출권 가격변동폭을 $\pm 20\%$ 로 설정하여도 내부수익률의 변화는 2% 수준에 머물렀다.

(5) 전기생산 판매뿐만 아니라, 열수요처와 배관망의 조합을 고려한 사업타당성 검토가 필요할 것으로 사료된다.

감 사

이 논문은 2008년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

참고문헌

1. USDA/DOE, Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bio-products Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply(2005).
2. Ministry of Knowledge Economy, New & Renewable Energy Research Development & Demonstration Strategy 2030[Woody Biomass](2007).
3. Ministry of Knowledge Economy, New & Renewable Energy Research Development & Demonstration Strategy 2030[Waste](2007).
4. Ministry of Environment, Feasibility Study of Commercialization and Technology Development for Renewable Energy Using Organic Waste and Waste Woody Biomass(2008).
5. NHIRC, Technical, Environmental and Economic Feasibility of Bio-Oil in New Hampshire's North Country(2002).
6. Loo, S. and Koppejan, J., The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing(2008).
7. Calle, F. R., Groot, P., Hemstock, S. L. and Wood, J., The Biomass Assessment Handbook(2007).
8. ABS Energy Research, Biomass Report Direct and Indirect Use (2007).
9. Bain, R. L., Amos, W. A., Downing, M. and Perlack, R. L., Biopower Technical Assessment: State of the Industry and Technology(2003).
10. Korea Power Exchange, www.kpx.or.kr.
11. Clean development mechanism simplified project design document for small-scale project activities(SCC-CDM-PDD).
12. ECX, European Climate Exchange Monthly Report, February 2009.