

# 베트남 바이오매스(왕겨) 발전사업 타당성에 관한 연구

이석홍<sup>1)</sup> · 이교성<sup>2)</sup> · 신용승<sup>3)</sup> · 김용관<sup>4)</sup> · 이근우<sup>5)</sup> · 안지예<sup>6)</sup>\*,\*\*

## Feasibility Study on Biomass (Rice Husk) Power Plant Project in Vietnam

Yongseung Shin · Suckhong Lee · Kyosung Lee · Yongkwan Kim · Guenwoo Lee · Jiyae Ahn

Received 7 November 2014 Revised 2 February 2015 Accepted 2 February 2015

**ABSTRACT** According to the reforms and open market policy (Doi Moi), Vietnam's economic growth has been increased consistently since 1986. However, several blackouts have been occurred due the lack of electricity in major cities such as Hanoi and Ho Chi Minh. Industrial parks and plants have been directly damaged by the blackout and inconsistent electricity supplement. Thus, Vietnam government sets up a plan to establish 362 billion kW sized power plants until 2020<sup>1)</sup>. From among these plants, 500 MW sized biomass power plants are going to be constructed. Mekong delta region produces 20million tons of the rice from rice mills. Among the rice production, 25% are produced as rice husk and it is incinerated or abandoned causing the air and water pollution. By utilizing rice husk regarding agricultural waste, steam and power can be generated. Through the feasibility study, the technical and economic feasibility study of biomass (rice husk) power plant are scrutinized.

**Key words** Vietnam(베트남), Biomass(바이오매스), Rice husk(왕겨), Feasibility study(타당성조사)

### Nomenclature

GJ : giga jouel

MW : megawatt

- 
- 1) 현대건설 E-mail: shlee59@hdec.co.kr  
Tel: +82-31-280-7451 Fax: +82-2-123-9876
  - 2) 현대건설 E-mail: lksung@hdec.co.kr  
Tel: +82-31-280-7406 Fax: +82-2-123-9876
  - 3) 현대건설 E-mail: yongseung.shin@hdec.co.kr  
Tel: +82-31-280-7122 Fax: +82-31-280-7070
  - 4) 현대건설 E-mail: yongkwan.kim@hdec.co.kr  
Tel: +82-31-280-7191 Fax: +82-31-280-7070
  - 5) 현대건설 E-mail: geunwoo.lee@hdec.co.kr  
Tel: +82-31-280-7370 Fax: +82-31-280-7070
  - 6) 현대건설 E-mail: jiyae.ahn@hdec.co.kr  
Tel: +82-31-280-7520 Fax: +82-31-280-7070

### subscript

HCMC : ho chi minh city

ECC : energy conservation center

IRR : internal rate of reutrn

B/C : benefit-cost ratio

PBP : pay back period

NPV : net present value

## 1. 서론

현재의 에너지 사용은 주로 화석연료에 의존하므로 이러한 에너지 이용 패턴은 지구의 지속가능한 발전을 어렵게 만들고 있다. 이와 더불어 화석연료를 이용한 발전으로 오염물질이 방출되어 대기의 성분이 급진적으로 변화하고 있다. 특히 지구온난화의 주범으로 알려져 있는 이산화탄소는 화석연료를 이용한 발전분야에서 주로 배출된다. 한편, 인류의 생활수준이 향상됨에 따라 전력수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 화석연료를 이용한 발전방식이 지속될 경우 이산화탄소의 배출은 계속 증가할 것이다. 이러한 배경을 바탕으로 환경적으로 무해한 연료를 사용한 발전방식이 요구되고 있으며, 바이오매스가 이산화탄소 배출을 저감할 수 있는 가장 잠재력이 높은 대체연료로서 각광을 받고 있다. 지난 수십 년간 선진국과 개발도상국 모두 바이오매스를 이용한 발전방식에 많은 역량을 집중하여 왔다.

바이오매스 발전에 사용되는 연료는 일반적으로 산림부산물로 나오는 목질계 바이오매스와 농업부산물에서 발생하는 초목계 바이오매스로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 초목계 바이오매스, 그 중에서도 왕겨 발전에 초점을 맞추어 논하고자 한다.

농업활동의 부산물로 왕겨, 사탕수수 껍데기 등 다양한 초목계 바이오매스 부산물이 발생하고 있다. 특히, 전 지구 인구의 절반 이상이 거주하는 아시아 지역에서 이러한 초목계 바이오매스 부산물이 많이 발생하고 있다. 매장량이 한정된 화석연료와는 달리, 초목계 바이오매스는 매년 일정량이 발생하며 무엇보다도 바이오매스는 신재생에너지 범주에 속하므로 관심이 집중되고 있다. 그러나 바이오매스의 수집, 운송, 저장 등의 문제로 인하여 그 활용이 무조건 가능한 것은 아니지만 경우에 따라서는 바이오매스 공급과 에너지 수요가 일치하는 수가 있다. 전기사용이 필요한 쌀 도정공장이나 사탕수수공장에서 왕겨 또는 사탕수수 껍데기 등의 바이오매스가 발생하는 경우가 여기에 해당한다.

쌀은 전 세계 75개 이상의 국가에서 재배된다. 쌀 도정공장에서 나오는 왕겨의 양은 쌀의 종류에 따라 다르지만 무게비로 전체 벼의 약 14~35%를 차지하며, 평균적으로 약 20% 정도인 것으로 알려져 있다. 일반적인 왕겨의 저위 발열량은 약 2,700~3,300Kcal/kg으로 발전용 유연탄 발

열량(6,000kcal/kg)과 비교하면 약 절반 정도에 해당하지만, 톱밥, 갈탄, 이탄과 비교하면 거의 비슷한 정도의 발열량(3,000kcal/kg)을 보유하고 있다. 또한 왕겨는 황과 중금속의 함량이 거의 없는 청정연료에 해당하여, 미래 에너지원에서 높은 비중을 차지하는 주요 에너지원이다.

전 세계의 연간 왕겨 발생량은 약 8,000만 톤으로 발열량 3,000kcal/kg으로 가정할 때 그 에너지는  $1.2 \times 10^{10}$  GJ에 달한다. 특히 세계 쌀 수출 2위국인 베트남의 메콩 델타 지역에서만도 연간 5백만 톤에 왕겨가 쌀 도정의 부산물로 발생하고 있다<sup>2)</sup>.

왕겨발전의 경제적 타당성은 원료공급가격, 전력요금체계와 밀접한 관련이 있으며, 왕겨 공급처와 전력 수요처가 지리적으로 가까울수록 유리하다. 쌀 도정공장은 기본적으로 도정공정을 운전함에 있어 전력을 필요로 한다. 따라서 쌀 도정공장에서 발생하는 왕겨를 이용하여 전력을 자체 생산 이용하고 주변 산업단지나 공장에 스팀과 전력을 판매하는 열병합발전이 사업성을 극대화 할 수 있는 방안이라고 할 수 있다.

현대건설 에너지플랜트연구팀은 국책과제로 “베트남 왕겨발전 타당성 조사”를 수행 중이며, 바이오매스(왕겨)를 이용하여 베트남의 10MW의 발전의 기술적 경제성 타당성을 연구하였다.

## 2. 본론

### 2.1 사업후보지 선정

베트남은 세계 쌀 수출 3대 곡창지대이며, 전체 인구 중 30%정도가 메콩델타에 살고 있다. 이 지역은 베트남 전체

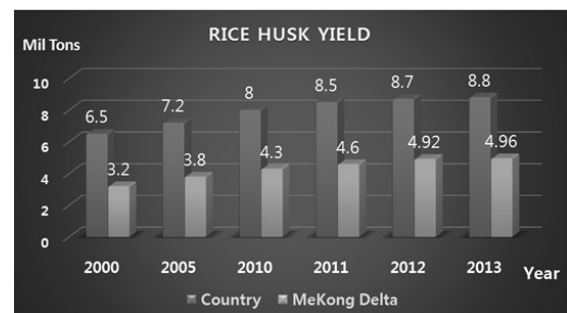


Fig. 1. 베트남과 메콩델타의 왕겨 발생량

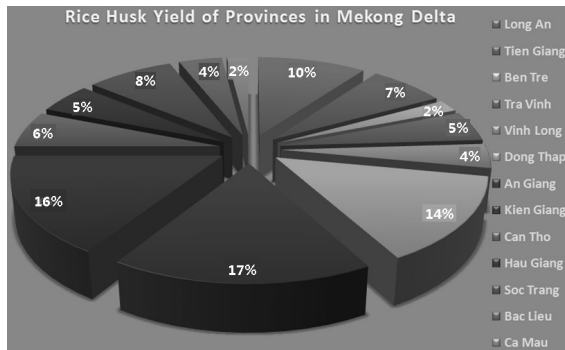


Fig. 2. 메콩델타 13개 성의 왕겨 발생 비율

의 쌀 생산량 중 60% 이상을 차지하고 있다. 도정공장에서 생산되는 왕겨는 쌀 생산량의 약 20%를 차지하고 있으며, 매년 쌀 생산량 증가에 따라, 왕겨의 생산량도 증가하고 있는 추세이다.

메콩델타 지역은 13개의 성으로 구성되어있고, 이 중 왕겨 생산량이 가장 많은 곳은 Long An, Tien Giang, Dong Thap 순이며, 상위 3개 지역의 생산량이 전체 생산량의 47%를 차지한다.

### 1) Dong Thap

Vo Thi Thu Ha(VTTH)는 Dong Thap 성에 6개의 도정공장을 보유하고 있는 도정업체로 당사와 MOU를 체결하였다. 이곳은 메콩강을 따라 한 회사의 도정공장이 위치하여, 강을 이용하여 원료 수송이 용이하고 하루에 필요한 400톤/일의 원료 확보가 가능하므로 후보지로 선정하였다.

### 2) Long An

Long An은 메콩강 인근 성 중 쌀 생산량이 가장 많은 지역으로 호치민과 약 1시간 30분 떨어져 있고, 주변에 산업단지가 위치하고 있어 수요처 확보가 용이하여 후보지로 선정하였다.

## 2.2 기술성 검토

### 2.2.1 왕겨 특성

도정과정에서 쌀의 약 20%가 왕겨로 발생되며, 왕겨의 70~90%는 리그닌, 셀룰로오스 등의 유기물로 구성되어있다. 기후조건, 지형, 토질에 따라 특징은 다르지만 평균적인 왕겨의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. 왕겨 특성<sup>3)</sup>

특징	범위
밀도(kg/m <sup>3</sup> )	96-160
회분(%)	22-29
탄소(%)	35
수소(%)	4-5
산소(%)	31-37
질소(%)	0.23-0.32
황(%)	0.04-0.08
수분(%)	8-9

일반적인 바이오매스 원료의 회분 함량은 10%정도이나, 왕겨의 회분은 30% 이내로 높고 그 중 실리카성분이 87~97%로 매우 높다. 이는 벼 뿌리에서의 '생물학적 실리카의 선택적 흡수 및 정착(natural selectivity)' 과정으로 인한 것으로 상대적으로 높은 순도의 실리카를 포함하게 된다.

또한 바이오매스로서 왕겨의 특징은 휘발분의 함량이 많으며, 고정탄소와 회분의 양이 많아 열분해/가스화에 적합하다.

### 2.2.2 열병합발전시설 계획

연소시설을 구성하는 각 기기는 재질의 내구성, 기기의 안전성, 유지관리의 편의성 등을 고려하여 열회수용 연소방식을 선정하였다. 따라서 연소로의 설계 및 시공에 있어 바이오매스 연소기의 설계, 제작, 시공 및 운전경험에서 축

Table 2. 사업 개요

시설용량	연료사용량	420톤/일 (고위발열량 3,000 kcal 기준)
	발전량	10MW(Gross), 8.5MW(Net)
	발전효율	16.3%
부지면적		2,450m <sup>2</sup> (원료저장시설 포함)
공사기간		16개월(2개월 시운전 포함)
주요시설	공급설비	폐기물 크레인
	연소설비	열회수용 연소장치
	냉각설비	수관식 폐열보일러
	발전설비	추기복수식 터빈
	환경설비	SNCR, 탈황설비, 백필터
	재처리설비	바닥재 이송·배출 컨베이어
기타설비		압축공기설비, 순수설비

적된 기술을 바탕으로 본 사업의 설계에 반영하여 왕겨 연소에 적합하며, 신뢰성 있는 연소시설을 계획하였다.

1) 회전식 연소설비

바이오매스 연소에 있어서 효과적인 연소 기술을 채택하여 에너지 생산의 효율성을 극대화 하고 에너지 생산의 단가를 절감하는 것은 물론, 완전 연소 및 각종 산화물의 생성 억제를 통해 후단설비를 간소화하고 유지/보수/관리에 들어가는 비용을 낮추는 것은 매우 중요하다. 본 연구용역은 공동수행사인 에너지원의 회전형 연소로를 이용하였다.

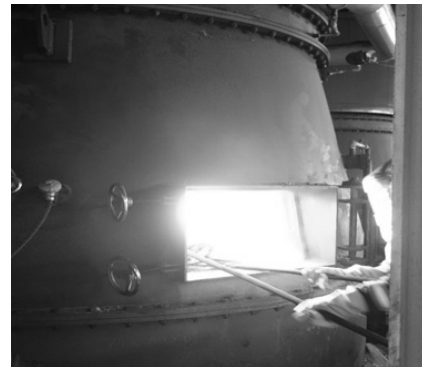


Fig. 4. 왕겨 연소 시험

2) 회전형 연소로 성능시험

당 과제 공동수행사인 에너지원(주)의 군산공장에서 왕겨를 이용한 열회수 효율을 측정하기 위하여 연소시험을 실시하였다.

① 연료

성능시험은 수분 17.0%, 회분 22.7%, 가연분 60.3%이며 발열량은 3,200kcal/kg의 왕겨를 투입하여 실험하였다.



Fig. 3. 왕겨 투입 및 이송

② 투입 에너지량 산정

투입 시작시간은 오후 5시 20분이었으며, 시간당 3,900kg을 투입하여 총 4회 15,600kg을 투입하였다. 측정방법은 현장 에너지회수효율 검사방법에 준하였다.

Table 3. 총 투입에너지량

연료	일시	투입량 (kg)	저위발열량 (kcal/kg)	투입에너지 (kcal)
왕겨	2014.09.16 (17:20-21:20)	15,600	3,200	49,920

③ 총 회수에너지량 산정

Table 4. 총 회수 에너지량

구분	17:20	18:20	19:20	20:20
급수표시량(m <sup>3</sup> )	21,315.0	21,311.4	21,348.1	21,364.2
급수사용량(ton)	0.0	16.4	16.7	16.1
급수온도(°C)	74.6	80.1	81.8	75.6
스팀압력(kg/cm <sup>2</sup> )	12.7	11.8	12.3	12.6
연소실 출구온도(°C)	900.2	863.0	918.0	864.7

가. 폐열보일러 급수량 측정

- 물의 밀도 = 1ton/m<sup>3</sup>
- 총 급수량 = 65.1m<sup>3</sup> = 65,100kg

나. 스팀 엔탈피 산정

- 스팀계기 평균압력 = 12.1kgf/cm<sup>3</sup>
- 스팀 엔탈피 = 665.21kcal/kg(포화수증기표 참조)

다. 보일러급수 엔탈피 산정

- 보일러 급수 평균온도 = 77.44°C
- 보일러 급수 엔탈피 = 77.44kcal/kg

라. 총 회수 에너지량 산정

$$\begin{aligned} & \text{급수량} \times (\text{스팀엔탈피} - \text{보일러급수엔탈피}) \\ &= 65,100\text{kg} \times 665.21\text{kcal/kg} - 77.44\text{kcal/kg} \\ &= 38,263,827\text{kcal} \end{aligned}$$

④ 에너지 회수효율 산출

$$\begin{aligned} & \text{에너지회수효율}[\%] \\ &= \frac{\text{총회수에너지량(Output)[kcal]}}{\text{총투입에너지량(Input)[kcal]}} \times 100 \end{aligned}$$

- 총 투입에너지량: 49,920,000kcal
- 총 에너지회지량: 38,263,827kcal
- 에너지 회수효율: 76.65%

### 2.3 경제성 검토

경제성을 객관적으로 분석하기 위해 비용과 편익을 화폐 가치로 환산하여 비교분석하였다. 이 때 이상적인 평가가 되기 위해서 다음과 같은 3가지 사항을 고려하였다.

- ① 측정된 모든 현금흐름이 고려되어야 함
- ② 적절한 할인율을 사용하여 화폐의 시간가치를 반영하여야 함
- ③ 기업의 가치를 극대화 할 수 있는 투자안을 선택할 수 있어야 함

플랜트 설비를 건설하고 운영하는데 필요한 금액과 금융, 경제, 연료구매 및 전력판매 등 다양한 항목을 분석해 계산해 본 결과 경제성은 있지만 10년 이상의 초기투자비용 회수기간이 존재하므로 투자 사업으로서의 사업성은 없는 것으로 분석되었다.

#### 2.3.1 항목별 비용 산출

##### 1) 플랜트 건설 및 운영 관련 항목

본 사업은 24시간동안 10MW를 생산하는 것을 기초로 하여 330일간 전력을 생산하는 것으로 추정하였다.

Table 5. 플랜트 건설 및 운영 비용

항목	금액	단위
설비용량 (Gross)	10.0	MW
설비용량 (Net)	8.5	MW
연료 고위발열량	3,000	Kcal/kg
발전효율 (Net)	13.8	%
연간 설비가동율	80	%
초기 투자비 <sup>1)</sup>	29,833,413,500	원
고정비 <sup>2)</sup>	181,178,333	원
변동비 <sup>3)</sup>	4,120,407,376	원

- 1) 초기 투자비: 건설비, 전기 및 기계 설치비, 운송비 포함
- 2) 고정비: 인건비, 복리후생비, 퇴직금, 부지임대료 포함
- 3) 변동비: 소수선비, 전기료, 연료비, 약품비, 재처리비, 용수비, 폐수 처리비 포함

##### 2) 금융·경제 관련 항목

다음은 금융과 관련된 항목의 경제성을 나타낸 표이다.

Table 6. 금융 관련 비용

항목	금액	단위
자본/부채 비율	30/70	%
부채 이자율	6	%
WACC 할인율	6.59	%
감가상각	150%	정율법
발전소 수명	20	년
물가상승율	7	%
법인세	10	%

##### 3) 연료구매 및 전력판매 항목

베트남에서의 연료 구매단가와 전력판매단가는 아래 표와 같다. 전력판매의 기준은 통안 산업단지의 거래 가격을 기준으로 설정하였다.

Table 7. 연료구매 및 전력판매 단가

항목	금액	단위
연료단가	15,000	원/ton
전력단가	70	원/kWh

#### 2.2.2 경제성 계산

위의 비용 자료를 이용해 경제성 분석을 진행하였다. 분석의 지표로는 편익/비용 비율(B/C 비율), 내부수익률(IRR), 회수기간(PBP)으로 선정하였다.

##### 1) 편익/비용 비율(B/C비율)

B/C비율은 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율을 뜻한다. 일반적으로 B/C 비율이 1 이상이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

Bt는 t년도의 편익을 뜻하고 C는 t년도의 비용을 뜻한다. r은 실질할인율이고 n은 분석기간이다.

전력단가를 70원 기준으로 하였을 때의 비용편익분석(B/C)은 총비용은 약 1,556.3억 원, 총수익은 3,175.3억 원으로 수익/비용 비율이 1보다 크기 때문에 경제성이 있다.

**2) 내부수익률(IRR:Internal Rate of Return)**

내부수익률은 편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율 r을 구하는 방법으로 사업으로 인한 순현재가치를 0으로 만드는 할인율을 구하는 것이다. 순현재가치는 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 차감한 값으로 그 계산식은 다음과 같다.

$$\text{순현재가치} = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

일반적으로 IRR이 사회적 할인율 이상을 나타내면 경제성이 있다고 판단한다.

$$IRR = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

자기자본비용의 IRR은 12.46%로 분석되었고, 기업전체 현금으로 살펴보면 IRR은 8.69%로 WACC 할인율 6.59%보다 높은 것으로 분석되어 경제성이 있다고 할 수 있다.

**3) 회수기간 계산**

회수기간이란 투자시점에서 발생한 비용을 회수하는데 걸리는 기간을 말하는 것으로 보통 연단위로 표시한다. 본 연구에서는 전력단가를 70원을 기준으로 산정한 결과 24년의 회수기간이 발생한다. 현금 흐름 분석결과 경제성이 있는 것으로 판단되었지만 초기투자비용 회수기간이 20년이 넘기 때문에 투자를 고려해야 한다.

Table 8. 경제성분석 결과

구분	B/C	IRR	PBP
자기자본 현금흐름	1.98	12.46%	24년
기업현금흐름	1.99	8.59%	

**2.2.3 민감도 분석**

민감도 분석이란(Sensitivity Analysis)이란 불확실한 외생요인의 변화가 발전소 건설의 경제성에 어떤 영향을 미치는가를 검토하는 것을 의미하며 이러한 요인들로는 할인율의 변화, 공사비의 증감, 수익의 증감 등이 있다. 당 연구에서는 연료구매단가 및 전력단가 변경에 따라 민감도를 계산하였다. 운영비용 중 왕겨비용은 15,000원을 기준으로 +5,000원씩 상승할 때의 민감도 분석을 수행하였다. 왕겨비용을 제외한 운영비용들은 ±10% 설정하여 경제성 결과들이 어느 정도 민감하게 영향 받는지 분석하였으며, 수익 또한 전력단가의 변화를 ±10% 설정하여 분석하였다.

**1) 연료구매단가 변경에 따른 민감도**

연료구매단가를 변화시켜 민감도를 알아보기 위해 단가가 10,000원/ton일 때부터 25,000원/ton일 때까지의 경제성을 검토해보았다.

단가가 25,000원/ton일 때에는 B/C비율이 1.55이나, IRR은 4.63%로 낮아 경제성이 없는 것으로 나타났다.

하지만 단가가 15,000원/ton일 때에는 IRR이 WACC할인율 6.59%보다 높고, 10,000원/ton까지 낮아지면 10.57%로 다소 긍정적인 경제성결과가 도출되어 사업성을 가질 수 있을 것으로 판단된다.

Table 9. 연료구매단가 변경에 따른 민감도분석

구분	B/C	NPV	IRR	
왕겨비용 (원/ton)	10,000	2.31	16,579,778.94	10.57
	15,000	1.99	8,574,280	8.59
	20,000	1.74	475,568	6.71
	25,000	1.55	-7,634,253	4.63

**2) 운영비용에 따른 민감도**

왕겨의 가격이 변동됨에 따라 운영율과 운영 비율이 변화하게 된다. 따라서 왕겨 가격 비율에 따른 운영비용에 따른 민감도를 검토해보았다.

왕겨비용의 비율을 -20%에서 20%까지 설정했을 때 모든 경우에 1이상의 B/C비율을 나타냈으며 IRR의 경우에도 WACC할인율 6.59%보다 높아 경제성을 지니는 것으로 나타났다.

Table 10. 운영비용에 따른 민감도분석

구분	왕겨 비용	B/C	NPV	IRR
유지 보수비	-20%	2.06	10,597,127	9.17%
	-10%	2.02	9,586,921	8.93%
	0	1.99	8,574,280	8.69%
	10%	1.94	7,561,640	8.45%
	20%	1.91	6,549,000	8.21%
전기요금	-20%	2.09	11,231,779	9.31%
	-10%	2.03	9,908,314	9.01%
	0	1.99	8,574,280	8.59%
	10%	1.94	7,240,247	8.37%
	20%	1.89	5,906,214	8.05%
재료비	-20%	2.01	9,140,940	8.82%
	-10%	2	8,857,610	8.76%
	0	1.99	8,574,280	8.69%
	10%	1.97	8,290,951	8.62%
	20%	1.96	8,007,621	8.56%
재처리비	-20%	2	8,911,599	8.77%
	-10%	1.99	8,742,940	8.73%
	0	1.99	8,574,280	8.69%
	10%	1.98	8,555,825	8.65%
	20%	1.97	8,236,962	8.61%
용수비	-20%	1.99	8,611,192	8.70%
	-10%	1.99	8,592,736	8.70%
	0	1.99	8,574,280	8.69%
	10%	1.98	8,555,825	8.69%
	20%	1.98	8,537,369	8.68%
수처리비	-20%	1.99	8,683,950	8.72%
	-10%	1.99	8,629,115	8.70%
	0	1.99	8,574,280	8.69%
	10%	1.98	8,519,445	8.68%
	20%	1.8	8,464,610	8.67%

3) 전력단가 변경에 따른 민감도

전력단가가 변경될 때의 민감도를 알아보기 위한 분석을 하였다. 전력단가는 28원/kWh일 때부터 140원/kWh일 때까지의 경제성을 검토해보았다.

현재 전력단가인 70원/kWh를 적용하였을 때는 B/C비 1.99, IRR 8.69%인 것으로 추정되었고 전력단가가 상승할수록 경제성은 더욱 좋아지는 것으로 추정되었다.

Table 11. 전력단가 변경에 따른 민감도 분석

구분	B/C	NPV	IRR	
전력단가 (원/kWh)	28	0.79	-52,725,718	-
	58	1.64	-8,340,005	4.11%
	70	1.99	8,574,280	8.69%
	105	2.98	59,190,147	18.34%
	140	3.97	109,782,817	26.17%

3) 정책혼합에 따른 민감도

왕겨 연료구매단가와 전력판매단가를 혼합 적용하여 민감도 분석을 시행하였다. 전력단가가 28원/kWh일 때에는 B/C 비율도 1보다 낮고 IRR이 측정이 불가능해 경제성이 없었다. 58원/kWh일 때에는 B/C비율이 1을 넘겼지만 IRR값이 여전히 WACC할인율보다 낮았고 전력단가가 70원/kWh일 때 연료구매단가가 20,000원/ton이하이면 IRR값이 WACC할인율보다 조금 높았다. 전력단가가 105원/kWh이상이면 연료구매단가가 25,000원/ton일지라도 15%가 넘는 높은 IRR값을 나타내 경제성을 지녔고, 전력단가가 140원/kWh로 높아지거나 연료구매단가가 더 낮아질수록 높은 IRR값으로 경제성을 지니고 충분한 사업성을 가질 것으로 확인되었다.

Table 12. 정책혼합에 따른 민감도 분석

전력 단가	왕겨 비용	B/C	NPV	IRR
28원	10,000	0.93	-44,621,451	-
	15,000	0.79	-52,725,718	-
	20,000	0.70	-60,829,985	-
	25,000	0.62	-68,934,251	-
58원	10,000	1.92	-835,738	6.37%
	15,000	1.64	-8,940,005	4.11%
	20,000	1.44	-17,044,272	1.66%
	25,000	1.28	-25,148,538	-1.09%
70원	10,000	2.31	16,579,779	10.57%
	15,000	1.99	8,574,280	8.59%
	20,000	1.74	475,568	6.71%
	25,000	1.55	-7,634,253	4.63%
105원	10,000	3.47	67,172,449	19.88%
	15,000	2.98	59,190,147	18.34%
	20,000	2.61	51,207,845	16.80%
	25,000	2.32	43,225,543	15.26%
140원	10,000	4.63	117,765,119	27.66%
	15,000	3.97	109,782,817	26.17%
	20,000	3.48	101,800,515	24.71%
	25,000	3.09	93,818,213	23.25%

### 3. 결론

베트남 바이오매스(왕겨) 발전 사업은 원료의 특성과 기 보유한 기술력을 분석 한 결과 기술적으로 충분히 구현 가능한 사업으로 판단되나, 경제적인 측면 고려 시 문제점을 나타내었다.

현재 베트남이 가지고 있는 전력산업 구조에서 베트남전 력공사(EVN)이 전력을 독점 공급하며 공급가를 저렴하게 제공하고 있고, 바이오매스발전에 대한 인센티브가 도입되지 않아 경제성이 낮은 것으로 조사되었다.

따라서 본 사업이 투자 사업으로 진행되기 위해서 제도적인 보완이 필수적이다. 신재생에너지 사업에 대한 인센티브제 등을 구축하고 전력공급가를 높일 수 있는 대안이 생긴다면 사업의 진출 가능성이 높아질 것이다. 현재 베트남 정부에서도 바이오매스 발전 인센티브제 도입을 계획하고 있다. 또한 기술면에서 발전단가가 낮은 소규모발전이 아닌 열병합발전 시설 건설 시에 더 높은 경제성을 확보할 수 있다. 또한 베트남의 비전 2030에 따르면 EVN의 독점 구조에서 점차 개방형 전력 시장 구축을 목표로 하고 있는데 이를 통해 직접 산업단지의 수요처에 전력을 공급할 수 있다면 사업성을 지닐 수 있다.

이처럼 베트남 바이오매스(왕겨) 발전 사업은 현재의 전

력단가로는 경제성이 없으나 문제점이 해결되고 보완된다면 추후에도 진입할 수 있는 고부가가치 사업이므로 지속적인 관심을 갖는 것이 중요하다.

### 후 기

본 연구는 한국플랜트 산업협회의 해외타당성조사 지원 사업의 일환으로 수행되었습니다.

### References

- [1] The Socialist Republic of Vietnam, 2011, The national power development plan for the 2011-2020 period with the vision to 2030 (The “power Master Plan VII”), The Prime Minister of Vietnam.
- [2] Nguyen Duc Cuong et al., 2011, Identification of Biomass Market Opportunities in Vietnam, Deutsche Gesellschaft für international Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- [3] Ajay Kumar et al., 2012, Properties and Industrial Applications of Rice Husk: A review, p 86, Bannaras Hindu University.