이 내용은 한국기후변화대응연구센터 홈페이지 www.crik.re.kr에서 볼 수 있습니다.

| GREEN ISSUE 2015-28 |

목질바이오매스 가스화 소형 발전기 기술개발동향 및 시사점

엄기중 부연구위원 | 2015년 12월 24일

Contents

1. 서론
2. 목질 바이오매스의 에너지 이용기술
3. 목질 바이오매스 가스화
4. 목질 바이오매스 가스화 소형발전기
5. 결론

작성자 : 엄기중 | 한국기후변화연구센터 부연구위원 T. 033-254-2149

※ 본 내용은 저자의 개인적 견해로 연구센터의 공식견해와 다를 수 있습니다.

SUMMARY

목질바이오매스 가스화 소형발전기 기술개발동향 및 시사점

현안 및 배경

○ 기후변화협약에서 탄소배출이 없는 클린에너지로 인정을 받고 있는 목질바이오매스의 에너지화는 많은 장점 소유

○ 국내 목질 바이오매스의 경우, 40년 이상의 산림녹화에 의해 손쉽게 바이오매스 자원은 구할 수 있으나, 수집 운반비를 고려할 때 손쉬운 조업과 소규모 공정 요구

○ 특히, 목질바이오매스 가스화 소형발전기는 화석연료와 태양에너지의 장점을 하나로 모을 수 있음

○ 간벌과 숲가꾸기 산물을 활용한 에너지 생산시 다양한 용도개발 가능

주요내용

○ 목질 바이오매스의 에너지 이용 기술

○ 목질 바이오매스 가스화

○ 목질 바이오매스 가스화 소형발전기

○ 강원도의 목질 바이오매스 가스화 소형발전기 활용방안

강원도의 정책적 시사점

○ 목질 바이오매스 가스화 소형발전기 도입으로 정부의 신재생에너지의 다양한 에너지원 육성 및 보급에 강원도가 선도가능

○ 평창동계올림픽 베뉴주변 마을 마이크로그리드 시범사업시 구현요소 기술로 활용

○ 환경부 친환경에너지타운 시범사업에 핵심기술로 활용

○ 강원도 산림으로부터 발생되는 숲가꾸기 부산물을 활용, 분산발전 및 Grid-tie(FIT) 전기생산 및 RPS 판매수익 전개 가능

1. 서 론

○ 목질 바이오매스는 숲가꾸기 또는 간벌에 의해 발생되는 유기물로 주로 셀룰로오스(Cellulose), 헤미셀룰로오스(Hemicellulose) 및 리그닌(Lignin)으로 구성되어 있다.

- **셀룰로오스**: 식물 세포벽의 주 구성성분으로 지구상에서 가장 흔한 유기화합물, 화학식은 $(C_6H_{10}O_5)n$ 이다.
- **헤미셀룰로오스**: 식물 세포벽의 구성성분 중 펙틴질을 제외한 것으로 셀룰로오스 표면에 특징적으로 결합하는 유연한 다당류를 말한다. 셀룰로스 미세섬유를 서로 묶어 응집력있는 네트워크로 만들어 주는 밧줄 역할을 하거나 직접적인 미세섬유간 접촉을 막는 윤활성의 막을 씌우는 역할을 한다.
- **리그닌**: 침엽수나 활엽수 등의 목질부를 구성하는 다양한 구성성분 중에서 지용성 페놀고분자를 의미한다.

○ 목질 바이오매스는 연소시 대기 중의 온실가스인 이산화탄소를 증가시키지 않는 탄소중립적(Carbon-neutral)특성을 가지고 있으며, 연소과정은 화석연료와 비교해서 황산화물이 거의 발생하지 않는 친환경적인 청정에너지원이다.

○ 또한 해외에서 수입해서 한번 소비하면 재생되지 않고 온실가스를 배출하는 화석연료와는 달리 목질 바이오매스는 국내 부존자원을 활용할 수 있는 특성과 재생산이 가능한 자연순환적 특성을 가지고 있다.

○ 이러한 특성들로 인해 목질 바이오매스는 기후변화협약에 대한 대응과 에너지 자립에 중요한 역할을 담당할 수 있다.

○ 현재 국내외적으로 목질 바이오매스를 이용한 에너지기술개발은 자원과 이용기술이 다양한 만큼 각각 자국의 실정에 맞는 바이오에너지원을 개발, 이용하고 있다.

○ 선진국에서는 목재를 칩, 펠릿, 브리켓 등으로 가공하여 열병합발전소나 보일러 공장용 연료로 이용하고 있으며, 수송용 바이오 연료로의 상용화를 꾀하고 있다.

○ 선진국의 경우 목질 바이오매스가 전체 1차에너지 소비에서 차지하는 비중을 보면 핀란드가 20.5%, 스웨덴 15.5%, 오스트리아 10.7% 등으로 점차 주요에너지원으로 부상하고 있다.

○ 목질 바이오매스와 같은 유기물을 에너지원로 활용하는 여러 기술 중에서 전기 및 열을 생산하는 대표적인 방법으로 열병합 발전이 있다.

○ 이것은 목질 바이오매스를 이용하여 전기와 열을 동시에 생산하는 시스템으로, 일반 발전에 비해 에너지 이용효율을 높일 수 있는 장점이 있다.

○ 목질 바이오매스의 열병합발전은 목재칩을 연료로 하여 연소실에 직접 연소하는 직접 연소방식과 가스화에 의해 생성된 혼합가스를 가스터빈에서 연소시키는 간접연소방식이 있다.

○ 간접연소방식은 목질 바이오매스를 가열시켜 생성된 가스를 이용한다. 석탄의 가스화와 비슷한 기술이 목질바이오매스에 활용된다. 단지 목질 바이오매스는 석탄보다도 반응성이 높다.

○ 예를 들면, 석탄의 가스화가 1,000℃ 부근의 온도에서 일어나는 것에 비해 목재는 석탄보다 저온인 700~800℃ 부근의 온도에서 일어난다.

○ 일반적으로 바이오매스로 부터 생성된 가스는 열량에 따라서 고칼로리가스(700~1000 Btu/SCF, 27.48~39.26 MJ/㎥), 중칼로리가스(300~700 Btu/SCF, 11.78~27.48 MJ/㎥), 저칼로리가스(100~300 Btu/SCF,

3.92~11.78 MJ/㎥)로 분류되며, 목질 바이오매스에서 생성된 가스는 주로 저칼로리 및 중칼로리 가스이다.

※ SCF : Standard Cubic Feet(표준입방피트)

○ 이렇게 생성된 가스의 발열량은 가열방식(직접가열방식과 간접 가열방식)이 크게 영향을 끼치는데 직접가열방식은 4.9~5.9 MJ/Nm³정도의 저칼로리 가스가 생성되는 반면, 간접가열방식은 직접가열방식에 비해 17.7~19.7 MJ/Nm³ 정도로 발열량이 높은 가스를 생성한다.

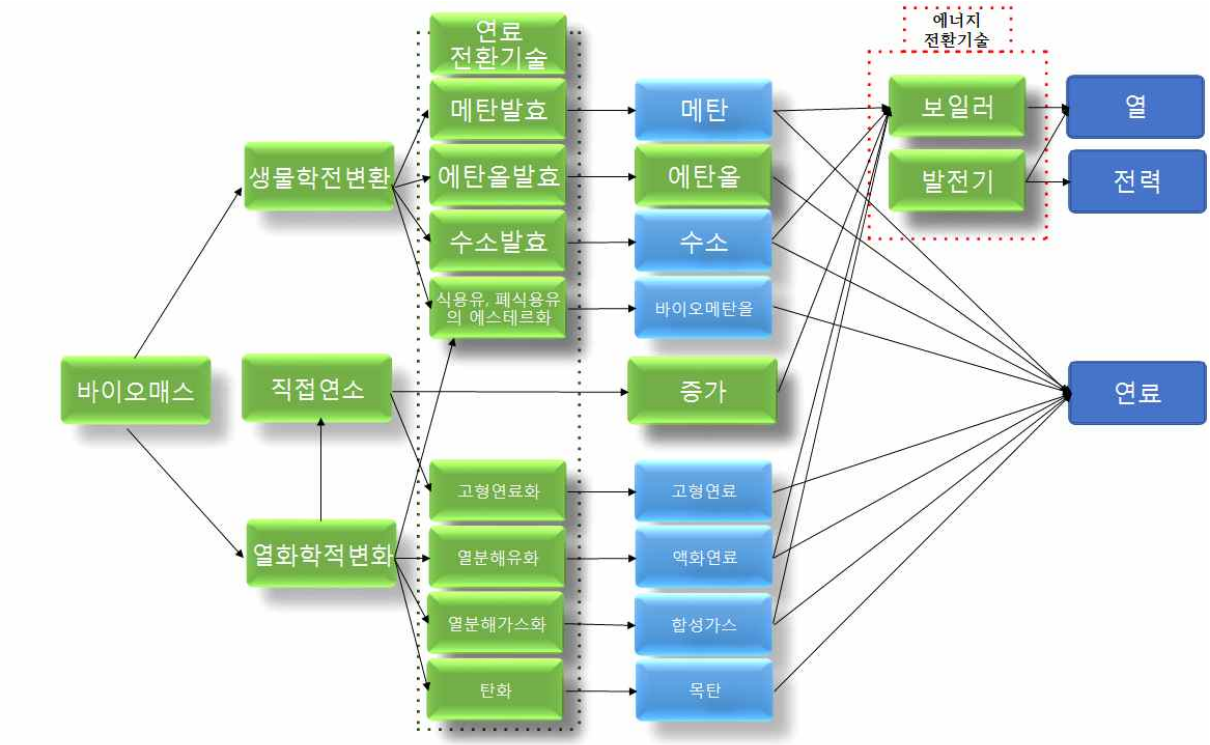
○ 따라서 목질 바이오매스를 이용한 가스화 기술은 간접 가열 방식으로 생성된 가스를 가스터빈을 이용하는 것이 바람직하다.

○ 목질바이오매스의 가스화기술로 전환된 합성가스는 일산화탄소, 수소, 메탄 등으로 구성되어 있어 이를 곧바로 수송용, 발전용, 난방용 에너지로 활용할 수 있으며, 나아가 촉매합성 또는 생물적인 전환을 통해 합성천연가스나 FT 디젤, 바이오 수소와 같은 고부가가치 연료도 생산할 수 있다.

○ 본 브리프에서는 목질바이오매스 가스화 공정을 통한 소형발전기의 기술개발 동향을 살펴보고 이러한 소형발전기 기술개발이 강원도에 주는 시사점을 찾아보고자 한다.

2. 목질 바이오매스의 에너지 이용기술

○ 목질 바이오매스를 이용하여 에너지화하는 기술은 종류와 원료가 다양하기 때문에 에너지 변환방법도 다양하다.



(출전: 김정대, 2009)

○ 일반적으로 가스화, 열분해, 탄화와 같은 열화학적변환을 통하여 에너지화하는 기술과 메탄올, 에탄올, 수소와 같은 생물화학적 변환을 통하여 에너지화하는 기술로 크게 나눌 수 있다.

○ 이들 열화학적 및 생물화학적 변환기술은 연료 및 전기와 열을 생산하여 내부 및 외부에 공급이 가능하기 때문에 최근 고유가로 인한 화석연료의 대체 에너지개발기술로서 관심이 집중되고 있다.

○ **(바이오에탄올)** 목질 바이오매스는 복잡한 구조로 이루어져 있기 때문에 분리하여 유용한 물질을 얻고자 하는 경우에는 구성성분의 수율이 높으면서 화학적 구조가 손상되지 않는 전처리 공정이 필요하다.

○ **(목재 칩과 목재펠릿)** 목재칩과 목재펠릿은 열효율이 높고 이용이 편리하여 열병합발전소나 보일러의 원료로 사용되고 있다. 목재칩은 숲 가꾸기, 간벌 등으로 생산되는 산림바이오매스를 일정한 크기로 파쇄하여 사용할 수 있고, 가격이 싸다는 장점을 가지고 있다.

○ **(열병합 발전)** 목질 바이오매스의 열병합발전은 목재칩을 연료로 하여 연소실에 직접 연소하는 직접 연소방식과 가스화에 의해 생성된 혼합가스를 가스터빈에서 연소시키는 간접연소방식이 있다.

○ **(목탄)** 목질 바이오매스의 탄화기술은 저산소 및 무산소상태의 밀폐된 공간에서 목재를 열처리하여 탄소재료(목탄)를 얻는 기술로, 소각에 비해 배출가스가 매우 적을 뿐만아니라 탄소만으로 구성되는 탄화물을 생성시켜 에너지원을 얻는 기술이다.

○ **(목질 바이오매스의 가스화)** 공기, 산소, 수소, 수증기, 일산화탄소 혹은 이산화탄소 존재 하에서 가열하여 반응시켜 가스 상태로 변환하는 것을 말한다. 손쉬운 조업과 가장 상업화가 용이한 기술은 가스화 분야이다. 가스화에 의해 얻어지는 합성가스는 공업로 등의 연료, 발전 또는 기초화학공업의 원료 이용 가능하다.

3. 목질 바이오매스 가스화

○ 목질 바이오매스 가스화 기술이란 고체 바이오매스 가스화기술로 대분류되며, 열적전환을 통해 목질바이오매스의 열분해, 가스화, 및 가스화발전을 말한다.

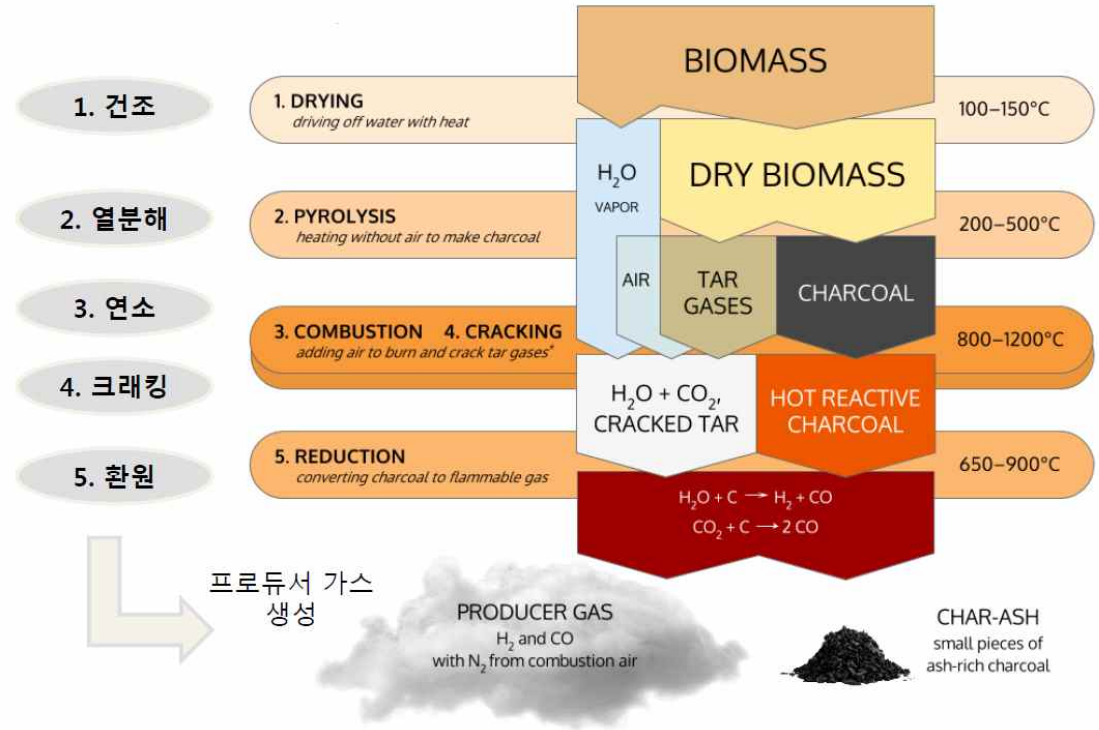
<표 1> 바이오에너지 기술 (출처: 한국에너지공단 신재생에너지센터)

대분류	중분류	내용
바이오액체연료 생산기술	연료용 바이오에탄올 생산기술	당질계, 전분질계, 목질
	바이오디젤 생산기술	바이오디젤 전환 및 엔진적용기술
	바이오매스 액화기술 (열적전환)	바이오매스 액화, 연소, 엔진이용기술
고체 바이오매스 가스화기술	혐기소화에 의한 메탄가스화 기술	유기성 폐수의 메탄가스화 기술 및 매립지 가스 이용기술(LFG)
	바이오매스 가스화기술 (열적전환)	**바이오매스 열분해, 가스화, 가스화발전 기술**
	바이오 수소 생산기술	생물학적 바이오 수소 생산기술
바이오매스생산, 가공기술	에너지 작물 기술	에너지 작물재배, 육종, 수집, 운반, 가공기술
	생물학적 CO2 고정화 기술	바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술
	바이오 고형연료 생산, 이용기술	바이오 고형연료 생산 및 이용기술 (왕겨탄, 칩, RDF(폐기물연료) 등)

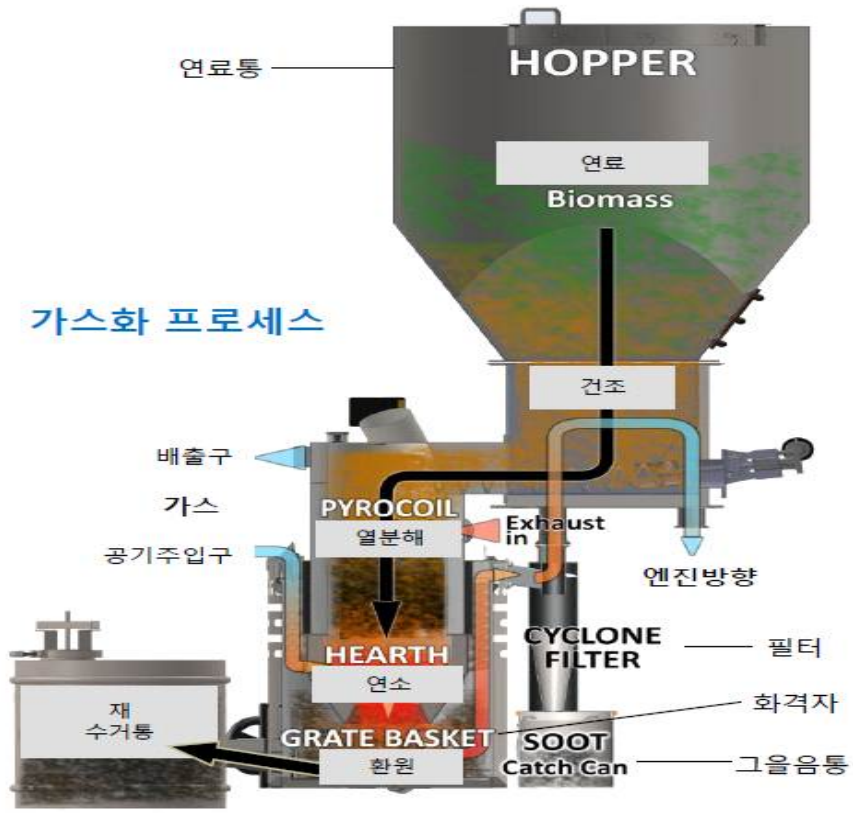
※ 바이오매스(Biomass)는 식물이나 미생물 등을 에너지원으로 이용하는 생물체 및 그들의 활동에 수반하여 생성되는 유기물질을 말함

○ 목질 바이오매스 가스화는 고체 바이오매스나 탄소계 고체를 열을 이용하여 가연성 연료인 합성가스로 변환하는 것으로 건조 유기물이 깨끗한 연소 연료로 전환되어 화석연료를 대체할 수 있다.

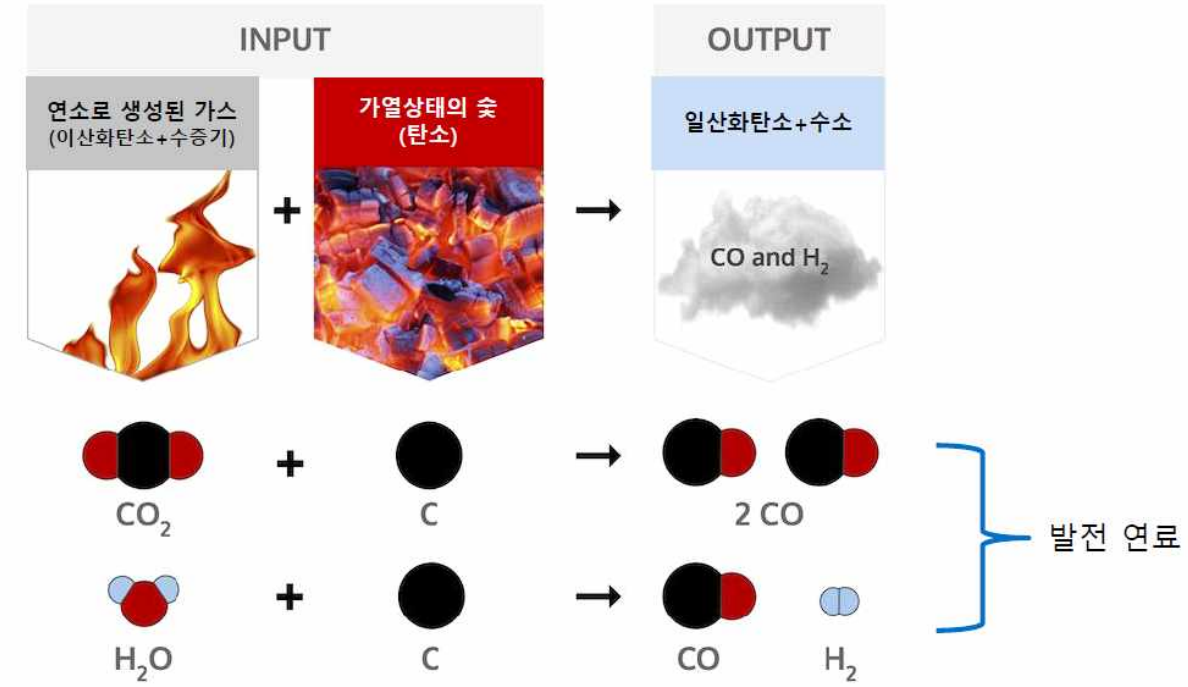
○ **(목질 바이오매스 가스화프로세스: 5단계)** 자료제공: 코리아베르톨드(주)



○ **(목질 바이오매스 가스화프로세스: 모식도)** 자료제공: 코리아베르톨드(주)



○ **(가스화 프로세스: 핵심 환원과정)** 자료제공: 코리아베르톨드(주)



○ 목질 바이오매스로 부터 생성된 합성가스는 고도정제나 촉매 합성, 생물학적 반응을 거쳐 합성천연가스나 FT 디젤과 같은 고부가 가치 연료를 생산할 수 있다. 이들 연료는 기존 화석연료의 연소 시스템에 곧바로 사용해도 무방하다.

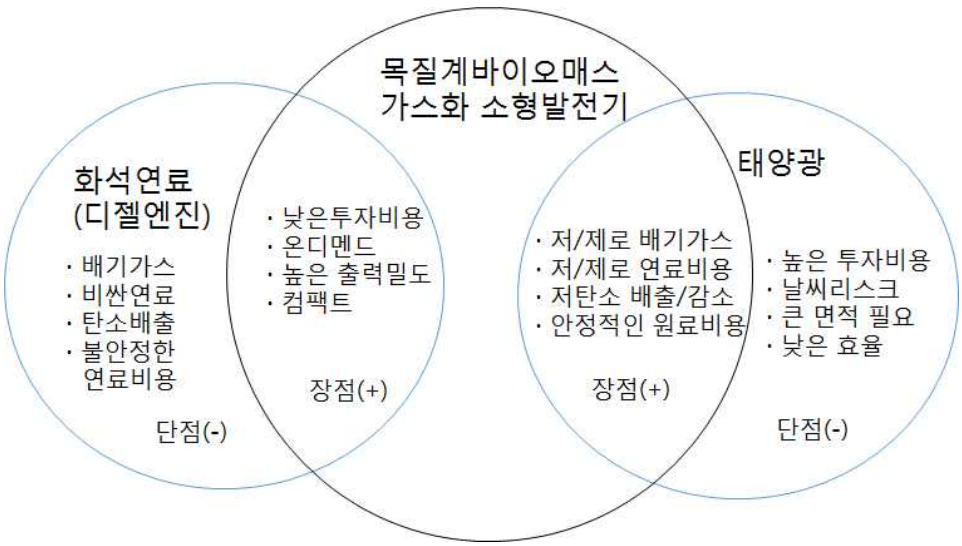
4. 목질 바이오매스 가스화 소형발전기

○ 목질 바이오매스 가스화 발전기는 발전에 발전을 거듭하여 초기 파일럿 수준 단계에 있어서는 중대형 규모로 실험 및 실증단계에 머물러 있었으나 이제는 소형 발전기가 상용화가 가능하기 시작했다.

○ 보통 최대 20kW 전력발전기의 기능을 갖춘 통합 전력 솔루션으로 활용이 가능하여 농, 임업 폐기물 등 쉽게 구할 수 있는 저비용 원료 사용이 가능하다.

○ 이러한 목질 바이오매스 가스화 소형발전기는 소형 트럭으로도 이동이 가능한 컴팩트한 크기로 병렬 연결시는 대량의 발전도 가능하다. 20kW 소형발전기 5대를 병렬연결시 최대 100kW (20kW × 5) 생산.

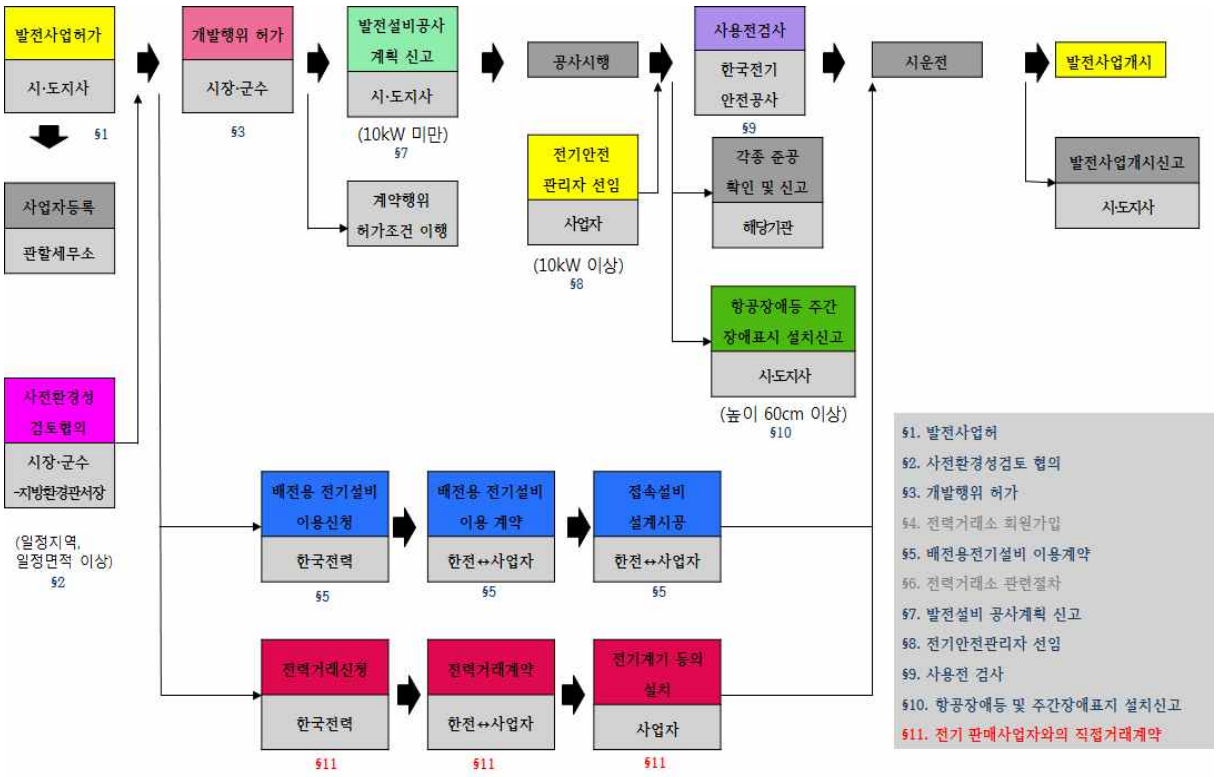
○ 목질 바이오매스 가스화 소형발전기는 화석연료와 태양에너지의 장점을 하나로 모을 수 있다.



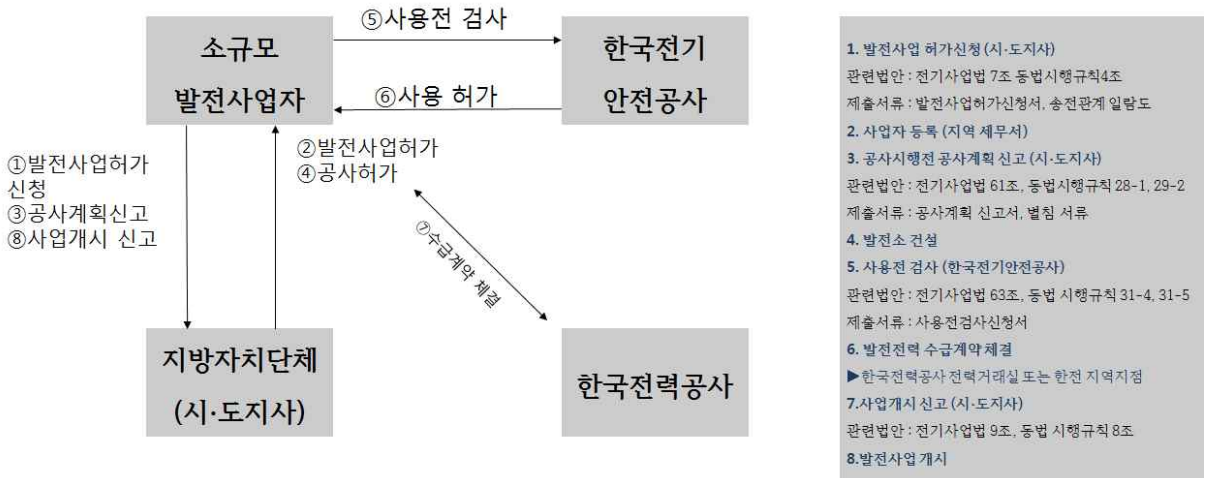
○ 목질 바이오매스 가스화 발전기를 통해 수익사업을 펼치고자 한다면 다음과 같은 200kW 이하 상업용 전력계동 연계 인허가 절차와 소형

발전업자 신고를 하면 된다.

○ 200kW 이하 상업용 전력 계통 연계 인허가 절차



○ 소형발전업자 신고 절차



5. 결 론

○ 현재까지 개발된 바이오매스 가스화 공정중 목질 바이오매스가 유일하게 상업화되었다. 향후 신재생에너지와 병합하여 사용하게 되면 국내에서도 상업화가 가능할 수 있다.

○ 국내 목질 바이오매스의 경우, 40년 이상의 산림녹화에 의해 손쉽게 바이오매스 자원 구할 수 있으나, 수집 운반비를 고려할 때 손쉬운 조업과 대규모 보다는 소규모 공정이 요구된다.

○ 목질 바이오매스를 활용한 사업의 장애요인은 대규모로 이루어지는 원료 수급문제가 걸림돌이었다. 특히 강원도의 경우 목질 바이오매스를 수집할 수 있는 산악의 지형이 대개 험난하여 원료의 이동이 쉽지 않다.

○ 이러한 원료수급과 규모의 경제(일정한 큰 규모가 되어야 경제성이 생김) 문제를 해결할 수 있는 것이 모듈화된 소형발전기의 도입이며 강원도에 던져주는 시사점은 다음과 같다.

1) 정부의 신재생에너지의 다양한 에너지원 육성 및 보급에 강원도가 선도 가능.

<표 2> 신재생에너지원별 설비인증 실적(2014년말 기준)-출처: 한국에너지공단

분야	태양열	태양광	풍력	지열	연료전지	바이오	기타	계
인증수	61	1,019	18	153	6	7	1	1,265
비중(%)	4.8	80.6	1.4	12.1	0.5	0.6	0.1	100

2) 평창동계올림픽 베뉴주변 마을 마이크로 그리드 시범사업시 구현 요소기술로 활용

- 2018년 평창동계올림픽의 환경모토인 'Green Dream: O2 Plus' 구현을 위한 에너지자립 친환경타운, 마이크로 그리드 구축시 요소기술로 활용 가능

- 이산화탄소를 환원시키는 실질적 탄소배출저감 효과

3) 환경부 친환경에너지 타운 시범사업에 요소기술로 활용가능하며 목질 바이오매스 수확량이 풍부한 지자체에서 국고지원 시 요소기술로 활용가능

(예) 홍천군 친환경에너지타운 시범사업계획 (사업개요)

- 폐기물자원화: 가축분뇨자원화시설(100톤/일), 퇴비, 액비화(50톤/일)
- 신재생에너지: 태양광 설치(340kW), 소수력 발전(25kW), 에너지자립형마을 회관
- 주민편의시설: 도시가스 공급, 상수도, 해바라기 꽃길조성
- 기타추가사업: 하수관거, 그린빌리지, 홍천강 수상레포츠센터

4) 강원도 산림으로 부터 발생되는 숲가꾸기 부산물을 활용, 분산발전 및 Grid-tie(FIT) 전기생산 및 RPS 판매 수익사업 전개 가능

<표 3> 강원도 총 숲가꾸기 산물 축적량 (단위: m^3) -출처: 강원도 내부자료

년도	2012	2013	2014
숲가꾸기 산물 축적량	29,165	62,890	48,739

• 발 행 인 : 홍 성 태
• 발 행 처 : (재)한국기후변화대응연구센터
• 발행번호 : 2015-28호
• 발 행 일 : 2015년 12월 30일

www.crik.re.kr