

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

산업테마보고서

폐기물에너지

요약

산업 생태계 분석

업계 환경 분석

기술 심층 분석



작성기관

NICE평가정보(주)

작성자

원인혜 연구원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용 평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것입니다. 또한 작성기관이 신뢰할 수 있는 자료 및 정보로부터 얻은 것이나, 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으므로 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 NICE평가정보(주)(TEL.02-2124-6959, kosdaqreport@nicetcb.co.kr)로 연락하여 주시기 바랍니다.



한국IR협회

정부정책에 기반, 지속적 성장

- ▶ 정책 및 제도, 폐기물 발생량에 영향을 받는 산업
- ▶ 신재생에너지 관련 법률 등 정부 정책에 기반하여 지속적으로 성장
- ▶ 국내 폐기물에너지화 기술은 자체 기술의 확보 및 신뢰성 확보 필요

정책 및 제도, 폐기물 발생량에 영향을 받는 산업

폐기물에너지는 에너지 함량이 높은 가연성 폐기물을 활용하여 고형연료, 가스화, 소각 폐열 등을 통해 전기, 열을 생산하는 것을 말한다. 폐기물에너지 산업은 폐기물의 종류 및 성상 등 여러 가지 특성과 관련한 에너지화 설비 기술과 이용 기술을 보유한 기업들이 참여하고 있다. 해당 산업은 점차 고갈되는 화석연료의 대체연료 및 에너지 회수와 관련된 친환경 정책의 영향을 받으며, 폐기물 발생량에 직접 관련이 있는 산업으로 경제 및 산업규모에 영향을 받는 특징이 있다. 이에, 불순물 및 오염물질을 함유한 폐기물의 에너지화 기술개발 및 원료를 안정적으로 확보하는 것이 중요하다.

신재생에너지 관련 법률 등 정부 정책에 기반하여 지속적으로 성장

IEA의 세계 에너지 전망에 따르면 1차 에너지소비 중 폐기물에너지가 속한 재생에너지는 2040년까지 29%에 달할 것으로 전망되며, 발전부문의 재생에너지의 역할이 두드러질 것으로 예상된다. 국내 신재생에너지 중 폐기물에너지는 56.9%로 가장 많이 생산되었으며, 발전량 역시 51.2%로 큰 비중을 차지한 것으로 확인된다. 폐기물에너지 시장은 정부의 정책 및 계획 그리고 가연성 폐기물의 에너지 잠재량을 활용하기 위한 기술개발로 지속적으로 확대될 것으로 전망된다. 이에, 국내 기업들의 폐기물에너지화 기술력 확보 및 해외 수출 전략이 필요할 것으로 보인다.

폐기물에너지화는 자체 기술 및 신뢰성 확보가 필요

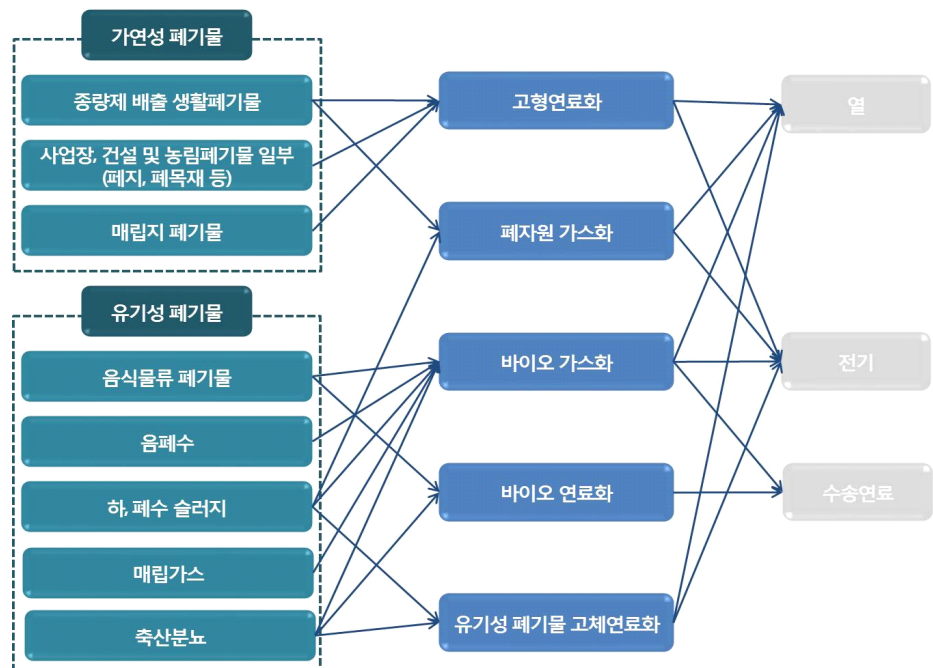
폐기물에너지 기술은 크게 고형연료, 열분해 가스화, 열분해 유화, 소각 폐열로 구분된다. 국내 폐기물 고형연료 제조 및 이용기술은 다수의 연구개발로 기본적인 인프라가 구축된 기업들이 참여하고 있으며, 설계 및 시공 기술력은 해외 선도기업 수준에 도달하여 수출이 가능한 수준이다. 하지만, 비성형 폐기물 등 저급 폐기물을 에너지화 하는 기술개발이 미흡한 실정이다. 열분해 가스화 및 유화 기술은 연구개발이 지속되어 왔으나 기술의 안전성 등의 투자 위험으로 상용화 실적이 미비하다. 이에, 해외 선도기업과 기술제휴를 통해 해당 사업을 영위하거나 상용화 규모 설비의 제작 경험을 보유한 업체들이 참여하고 있다. 소각 폐열 기술은 가장 널리 사용되는 기술로 폐기물 소각로, 공해방지설비 등 열회수 및 열이용 장비에 대한 기술을 기반으로 활성화되어 있으며, 고효율/고성능 발전 기술 확보가 필요할 것으로 전망된다.

I. 산업 생태계 분석

폐기물에너지의 정의

폐기물에너지는 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제 1조에 따른 폐자원을 이용하여 만든 고형연료제품, 매립가스, 바이오가스 및 합성가스 등의 기체연료, 정제연료유 및 재생연료유 등의 액체연료 그리고 소각열 에너지를 포함한다.

[그림 1] 폐기물에너지화 기술



출처: 한국환경산업기술원(KEITI) 폐기물에너지화 기술동향보고서, NICE평가정보 재가공

폐기물에너지는 사용절감(Reduce), 재사용(Reuse), 재활용(Recycle) 이후 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성폐기물을 재활용하는 것으로, 고형연료, 가스화 등 여러 기술에 의해 가공, 소각 처리하여 이를 열, 전기, 수송연료 등 산업 활동에 필요한 에너지원으로 전환시킨 것을 말한다.

폐기물에너지의 범위

폐기물에너지의 범위는 크게 고형연료, 열분해 가스화, 열분해 유화, 소각 폐열 4가지로 구분된다.

고형연료는 폐합성수지류, 폐목재류 등의 가연성폐기물을 건조, 파쇄 또는 분쇄, 성형 등의 가공 설비를 이용하여 연료로 사용할 수 있도록 고형 상태로 제품화한 것으로 원료에 따라 고형연료(SRF: Solid Refuse Fuel)와 바이오 고형연료(Bio-SRF: Biomass Solid Refuse Fuel)로 구분된다. 고형연료는 산업용/발전용 화석연료의 대체 연료로 활용하여 전기, 열을 생산하는 데에 사용된다.

열분해는 무산소 조건에서 폐플라스틱, 폐합성섬유 등의 고분자 폐기물에 열을 가

해 합성가스 또는 액상의 연료유와 같은 에너지를 생산하는 것으로 공정의 운전 조건 및 생산 에너지원에 따라 가스화와 유화로 구분된다. 가스화로 생산된 합성가스는 원료로써 합성, 전력 및 증기 생산에 활용되며, 유화를 통해 생산된 액상 연료유는 산업용 석유의 대체연료로 이용 가능하다.

소각은 폐기물에너지 중 가장 널리 적용되고 있는 기술로, 가연성폐기물을 소각하는 과정에서 발생하는 폐열을 이용하여 스팀이나 온수로 회수, 열원으로 공급하거나 전기를 생산하는 것을 말한다.

[표1] 폐기물에너지의 주요제품 및 기술

품목	대상 폐기물	주요 제품
고체연료	가연성 고형폐기물 (생활폐기물, 폐합성수지류, 폐합성섬유류, 폐고무류, 폐타이어 등)	일반 고형연료 제품(SRF)
	가연성 고형폐기물 (폐지류, 농업폐기물, 폐목재류, 식물성잔재물, 초분류폐기물 등)	바이오 고형연료 제품(Bio-SRF)
액체연료	고분자폐기물 (폐플라스틱, 폐합성섬유, 폐타이어, 폐비닐, 폐고무, SRF 등)	열분해 연료유(주성분: 경유, 등유 등)
		비응축성 가스(주성분: 탄화수소)
기체연료	가연성폐기물 (고분자폐기물, 폐목재류, 폐종이류, 음식/채소류, SRF, Bio-SRF 등)	합성가스(주성분: H ₂ , CO, CH ₄)
		액상연료(메탄올, 합성경유 등)
		액상원료(납사, 왁스, 암모니아 등)
소각열	가연성폐기물	소각열(증기, 전기 등으로 전환)

*출처: 중소기업 기술개발 전략로드맵, 한국에너지기술평가원(2012), NICE평가정보 재가공

폐기물에너지의 산업특징 및 구조

중소기업청(2017)에 따르면, 폐기물에너지화 산업은 다양한 폐기물의 종류 및 성상, 발생 및 처리 경로, 제반 규제 등으로 인하여 여러 가지 특성을 가진 에너지화 이용 공정과 관련설비들이 개발되어 산업화된 구조다. SRF 제조설비와 대형 소각 및 가스화 설비를 제외하면 영세 규모의 중소기업들이 대부분을 차지하고 있는 중소기업형 산업이다.

폐기물 원료가 차지하는 비중이 높은 산업으로써 폐기물 발생량에 직접 관련이 있어 경제 및 산업규모에 영향을 받으며, 폐기물의 저공해 처리와 이산화탄소 배출 감축에 기여할 수 있는 친환경 산업이다. 또한, 신재생에너지 기본계획, 폐기물에너지화 관련 법률 등 정부 정책에 크게 영향을 받는다. 이 외에도 에너지 생산을 주목적으로 하여 화석연료의 가격이 하락하면 경쟁력이 낮아 비활성화되는 특성이 있다.

폐기물에너지산업의 후방산업은 가연성폐기물이 다량 발생하는 폐기물 처리산업,

공업용수를 많이 사용하는 석유화학산업, 건설폐기물 배출산업 등으로 구성되어 있다. 전방산업은 생산된 고체, 액체, 기체 연료 등 폐기물에너지를 산업용/발전용 연료, 보조연료, 소성용 연료 등의 다양한 용도로 활용하는 산업을 포함한다.

[표2] 폐기물에너지 분야 산업연관구조

후방산업	폐기물에너지	전방산업
석유화학산업 기계 가공/설비산업 엔지니어링산업 소재산업, 건설산업 바이오산업, 폐기물처리산업 의료산업 농업/임업/수산업/축산업	고형연료 열분해 연료유 폐기물 합성가스 회수 소각열	폐기물 처리산업 (열병합)발전산업 재생에너지산업 집단에너지공급산업 시멘트 산업, 목재/제지산업 농업/축산업

*출처: 중소기업 기술개발 전략로드맵(2017), NICE평가정보 재가공

해외시장 현황

국제에너지기구(IEA: International Energy Agency)는 현 정책, 신규 정책, 지속 가능 개발로 에너지 전망 시나리오를 3가지로 구분하는 세계 에너지 전망(World Energy Outlook, 2017)을 발간하고 있다. 해당 자료에 따르면 기준 전망에 해당하는 신규 정책 시나리오에서는 1차 에너지소비 중 재생에너지의 비중이 2016년 9%에서 2040년 17%로 증가할 전망이며, 지속가능 개발 시나리오에서는 2040년까지 재생에너지 비중이 29%로 증가할 것으로 전망하고 있다. 특히, 발전부문은 재생에너지의 역할이 더 두드러질 것으로 예상했다.

국내시장 현황

한국에너지공단(2018)에 따르면 2017년 기준 국내 신재생에너지 공급량은 16,448천 TOE(석유의 발열량으로 환산한 가상단위)로 전년대비 16.01% 증가하였다. 폐기물에너지는 전체 신재생에너지 중 56.9% 비중으로 생산되었으며, 바이오에너지는 21.9%, 태양광은 9.2%를 차지했다. 총 발전량 측면에서는 폐기물에너지는 51.2%, 바이오에너지 16%, 태양광 15.1% 비중으로 보급되었다.

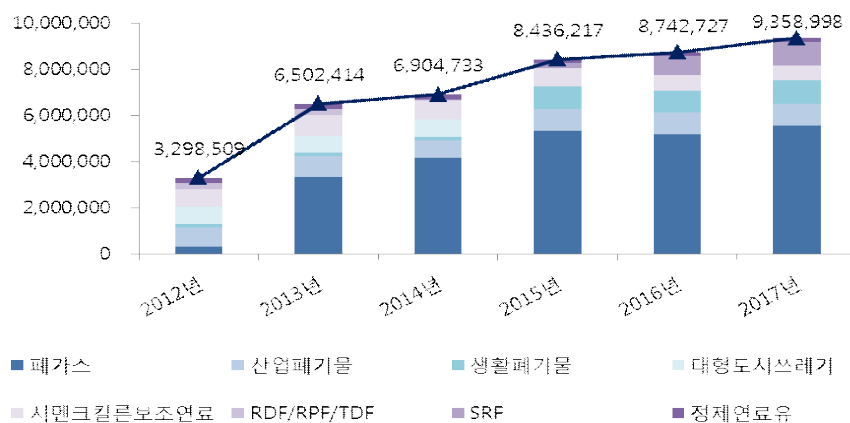
국내 폐기물에너지의 생산량은 2012년 3,298천 TOE에서 지속적으로 증가하여 2017년에는 9,358천 TOE를 나타내었으며(그림2), 발전량 또한 꾸준히 증가하여 2017년 23,867GWh를 나타내었다. 2017년 기준 폐기물에너지 생산량과 발전량은 폐가스가 가장 많은 비중을 차지하였다(표3). (대형도시쓰레기의 경우 2015년부터 생활폐기물에 포함되며, RDF/RPF/TDF는 2014년부터 SRF로 대체 조사되었다.)

중소기업청(2017)에 따르면 폐기물에너지 분야는 가연성 폐기물 발생량의 지속적인 증가와 에너지 잠재량을 활용하기 위한 기술 개발과 시장이 확대될 것으로 전망된다. 이에 폐기물에너지 분야의 핵심기술 경쟁력 확보 및 해외 수출 전략이 필

요할 것으로 사료된다.

[그림2] 연도별 폐기물에너지 생산량

(단위: TOE)



출처: 산업통산자원부, 한국에너지공단(2018), NICE평가정보 재가공

[표3] 연도별 폐기물에너지 발전량

(단위: GWh)

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
폐가스	11,162.1	11,093.0	13,737.3	21,419.5	21,672.1	22,892.8
산업폐기물	27.6	23.4	66.4	86.7	175.0	159.7
생활폐기물	100.7	181.1	234.5	694.4	406.6	371.8
대형 도시쓰레기	439.3	238.8	185.2	—	—	—
시멘트킬른 보조연료	—	—	—	77.0	156.0	—
RDF/RPF/ TDF	6.8	18.1	—	—	—	—
SRF	—	—	111.6	171.9	312.7	412.0
정제연료유	—	—	—	19.52	32.02	30.7
총계	11,736.6	11,554.4	14,334.9	22,469.0	22,754.3	23,867.1

*출처: 산업통산자원부, 한국에너지공단(2018), NICE평가정보 재가공

환경부가 발간한 환경백서(2018)에 따르면, 폐자원에너지화 기술을 2020년까지 선진국 수준으로 끌어올리기 위해 2013년부터 8년간 1,996억 원(국고 1,341억 원)을 가연성폐자원 및 유기성폐자원 에너지화 기술개발에 투입할 계획이라고 밝혔다. 또한 단순 폐기물처리산업 대신 폐기물에너지화 같은 자원순환 산업의 활성화를 위한 「자원순환기본법」이 2018년부터 본격 시행되는 등 정부의 정책 및 계획에 기반하여 폐기물에너지화 산업은 크게 활성화 될 것으로 전망된다.

실제로 이러한 제도 아래 신재생에너지의무할당제(RPS, Renewable Portfolio Standard)대상인 설비용량 500MW 이상의 전력 사업자인 6개 한전 발전자회사와 18개 발전사들은 발전 사업에 석탄과 혼합하여 사용하는 등 고형연료를 적극적으로 활용하고 있다.

포트폴리오 분석

폐기물에너지와 관련이 있는 종목으로 포트폴리오를 구성하였을 때 주식수익률을 확인할 수 있다. 관련 종목 선정은 기업뉴스, IR자료, 사업보고서 등에 기업이 폐기물에너지와 관련한 사업을 진행하고 있다고 언급된 수준을 기반으로 하였다. 각 문서에 언급된 빈도 등에 따라 종목별 폐기물에너지 관련도를 계산하여 TOP 30개 종목을 선정하였다. 폐기물 에너지를 주제로 포트폴리오 구성 시 최근 5년간 수익률은 [그림5]와 같다. 종목별 동일 비중으로 구성하고, 매분기말 리밸런싱하며, 거래비용은 없는 것으로 가정하였다. 벤치마크지수는 KOSDAQ지수로 두었다.

폐기물에너지 포트폴리오 지수는 2015년도 초까지는 벤치마크 대비 열위하였으나 2018년 이후 벤치마크 대비 높은 성과를 보였다. 또한 샤프비율 및 CAPM(베타)에서도 보다 우수한 결과를 보였다. 다만 수익률의 표준편차는 벤치마크 대비 높게 나타났다.

[그림5] 포트폴리오 성과 분석

항목	포트폴리오	벤치마크(KOSDAQ)
수익률(연평균)	9.42%	1.23%
표준편차	18.15	12.07
샤프비율	0.43	-0.03
CAPM(알파)	8.14	0
CAPM(베타)	0.95	1
최대하락폭	-31.06% (18.6.11~ 18.10.29)	-23.27% (18.1.29~19.1.3)



*출처: KISLINE DeepSearch

II. 업계 환경 분석

해외업체 동향

고형연료산업은 유럽에서 최초 시작되어 다수의 해외 기업들이 세계적인 기술력을 기반으로 Montromery Co., Delaware Reclamation, NGR Energy, Kawasaki, Hitachi, Mitsui 등의 업체가 참여하고 있으며, 미국과 일본이 시장을 선도하고 있다.

[미국/Montromery Co., Delaware Reclamation], [미국/NGR Energy] 등 미국의 업체들은 대규모 폐기물 처리시설의 허가가 비교적 수월하고 도시 폐기물의 수분 함량이 낮아 파쇄 선별만으로 고형연료화가 가능한 미국의 폐기물 특성에 기반하여 대규모의 고형연료 발전 사업이 성공적으로 운영 중에 있다.

[일본/Kawasaki]는 펠릿형 고형연료 제조 설비 설계 및 시공기술을 기반으로 일본 최대의 펠릿형태 고형연료 제조 설비를 시공한 실적이 있으며, 열풍 건조, 플랫다이 방식 성형 기술 등을 보유하였다.

[스웨덴/SITA Svergie AB]는 폐기물 선별분리 설비, 고형연료 제조공정 단위장치 등을 기술을 보유하고 있으며, [독일/Hasse]는 대형 MBT(Mechanical Biological Treatment)설비를 설계 및 시공할 수 있는 기술을 기반으로 한국 수도권매립지관리공사의 설비를 설계한 실적이 있다.

이 외에도 일부 선진국에서는 중소지자체에서 발생하는 폐기물을 고형연료화하여 대형발전소나 시멘트공장으로 납품하는 광역화 연계시스템을 구축하는 등의 기술을 개발, 사업화하여 시장에 보급하여 폐기물에너지를 회수하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

폐기물 열분해 가스화 및 유화 기술은 고형연료의 고부가 물질로의 전환을 위한 기술로, 일본, 독일, 스위스 등이 선도 기업으로 사업화하여 시장에 보급되는 추세이다. 참여기업으로는 미국의 Conrad Industry, Natural Windgap, 일본의 JFE Engineering, Ebara, Nippon Steel 등이 있으며, 스위스의 Thermoselect 등이 있다.

[미국/Conrad Industry]는 70~80%의 오일 회수율을 갖는 기술을 개발한 실적이 있으며, [미국/Natural Windgap]은 페타이어를 로터리 킬른형 반응기로 열분해하는 유화 플랜트를 운영한 실적이 있으나, 설비 상의 문제로 상업화 단계에 이르지 못한 상태다.

[일본/JFE Engineering]은 가스화 용해로 기술을 이용하여 후쿠야마 발전소에서 고형연료를 고압 증기로 생산한 실적을 보유하고 있으며, [일본/Ebara]와 [일본/Nippon Steel]은 가스화 용융 시스템 기술을 기반으로 해외에 가스화 용융시설을 운영 중이다.

소각 폐열 산업은 국가별로 다수의 중공업, 전력공기업 및 민자 발전사들이 참여하고 있으며, 대표적으로 Mitsubishi, Babcock&Wilcox Volund, Veolia가 있다.

[일본/Hitachi]는 독자 개량한 스토커 소각로의 설치 실적이 많으며, 고효율 열회수와 약 24~28%의 높은 발전효율을 달성한 이력이 있다.

[미국/Babcock&Wilcox Volund]는 폐기물의 유가물을 회수하고 잔재물을 소각하여 소각로 폐열로 증기와 전력을 생산하고 있다.

[프랑스/Veolia]는 폐기물 회수 및 물과 에너지, 원자재를 아우르는 다양한 솔루션을 보급, 순환 경제로의 전환을 목표로 SRF 생산, 스팀 및 전기 공급, 바이오가스의 생산 등을 사업분야로 하고 있다.

[표4] 폐기물에너지 분야 주요 제품의 해외 업체 현황

분류	업체
고형연료	Montromery Co., Delaware Reclamation, NGR Energy, Kawasaki, Hitachi, Mitsui, SITA Svergie AB, Hasse 등
열분해 가스화	JFE Engineering, Ebara, Nippon Steel 등
열분해 유화	Conrad Industry, Natural Windgap 등
소각 폐열	Mitsubishi, Hitachi, Babcock&Wilcox Volund, Veolia 등

*출처: 중소기업 기술개발 전략로드맵(2017), NICE평가정보 재가공

국내업체 현황

국내의 경우 폐기물 고형연료 제조 및 이용에 관한 다수의 연구개발이 선행되었으며, 실제 사업수행을 통해 기본적인 인프라는 구축되어 설비 및 에너지 관련 기술 보유 기업들을 중심으로 성장하고 있다. 폐기물 고형연료와 관련한 사업을 영위하고 있는 업체들로 (주)태영건설, (주)대우건설, (주)한화건설, (주)웰크론강원, 대보마그네틱(주) 등이 있으며, (주)알이엠은 고형연료 전용 보일러 시스템을 개발하여 국내 보급을 추진 중이다.

[(주)태영건설]은 유럽식 MT 설비 등 고형연료 설비의 설계 및 시공기술을 보유하고 있으며, 이를 기반으로 수도권매립지 고형연료 제조설비를 시공한 실적을 보유하고 있다.

[(주)대우건설]은 고형연료 제조 설비 설계 및 시공 기술을 보유하고 있으며, 부천 고형연료 설비를 시공한 실적이 있다. 또한, 1997년 폐기물 가스화 기술을 도입하여 국산화 설계 기술을 확보한 이력이 있다.

[(주)웰크론강원]은 1976년 설립된 산업용 플랜트설비 사업과 신재생에너지 사업을 영위하는 코스닥 상장기업이다. 바이오매스, 생활 및 산업폐기물을 활용한 SRF 고형연료를 제조, 판매하고 있으며, 중소형 민자 발전소를 운영하는 등 신재생에너지

사업을 이어오고 있다.

[**대보마그네틱㈜**]은 1994년에 설립되어 2018년에 코스닥 상장된 자석응용기기를 제조하는 기업으로 리튬 2차전지 소재업체 및 셀 제조업체에 전자석탈철기(EMF)를 제조하여 납품하고 있으며, 고형연료 등 폐기물에너지화를 수행하는 재활용 업체에 비철금속선별기 등을 납품하고 있다.

[**㈜다산기술**]은 국내 최초 고형연료 설비 운영기술을 보유한 생활 폐기물 고형연료 제조 설비 설계 및 시공사로, 건조기, 풍력 선별기, 성형기 등의 설비 기술을 보유하고 있다.

[**삼호환경기술㈜**]은 열가소성 혼합 플라스틱을 원료로 고형연료를 생산하며, 이를 이용한 열에너지 판매 및 단위기자재 등의 설비 엔지니어링 사업을 하고 있다.

대부분 일반 가연성 폐기물을 대상으로 SRF, Bio-SRF를 생산하고 있으며, 중소기업의 경우 고형연료 제조설비 및 연소용 보일러/건조기를 제작하거나 운영하는 형태로 참여하고 있다. 국내 고형연료 제조 및 설계와 시공 기술력은 해외 선도기업의 수준에 도달하여 수출 산업화가 가능한 수준이나, 저급 폐기물 또는 경제성이 낮은 미활용 폐기물의 고품질화 고형연료 기술은 미흡한 상태이다.

국내 폐기물 열분해 가스화 분야에는 (주)대우건설, 한솔EME(주), 한라산업개발(주), 서희건설(주), (주)그린사이언스 등이 있으며, 유화 분야에는 상용화 규모 열분해 유화설비의 제작 경험을 보유한 (주)에스에스유화가 참여하고 있다.

[**한솔EME(주)**]는 제지 플랜트 사업을 시작으로 탄소 포집, 저장 기술, 폐기물 및 바이오매스 에너지화 기술 등 핵심기술을 기반한 환경 설비 전문 기업이다.

[**서희건설(주)**]은 1982년 설립되어 건축, 토목, 환경, 주택사업의 설계에서부터 시공을 수행하는 코스닥 기업이다. 부산 음식물 쓰레기 자원화 발전시설, 동대문 환경 자원화센터, 청주 매립가스 발전소 등을 건설한 이력을 보유하고 있다.

[**㈜그린사이언스**]는 플라즈마 가스화 기술의 폐기물연료 적용을 위해 국산화 개발을 진행 중에 있다.

국내 중소기업의 열분해 가스화 분야는 가스화 공정 시스템 설계 및 설비의 제작, 합성가스 이용 설비의 제작에 참여하고 있으며, 유화 분야에 참여하는 형태는 폐플라스틱의 전처리 설비 제작이나 고분자 폐기물의 열분해 유화 설비 제작 및 운영을 수행하고 있다. 국내는 수년간 폐기물 가스화 합성가스 생산설비의 Pilot 연구개발이 지속되어 왔으나 투자 위험으로 인해 실증플랜트 및 상용규모의 기술개발 실적이 미흡하여 신뢰성이 확보되지 않은 실정이다. 이에, 해외 선도기업과 기술 제휴를 통해 (주)포스코건설 등 국내 일부 기업이 기본설계 및 시공을 수행하고 있으나 국내 독자 기술력을 보유한 기업은 매우 미비한 상태이다.

국내 소각 폐열은 폐기물과 신재생에너지 확대와 관련한 환경 정책 등으로 인해

신규 설비 투자가 수행되고 있으며, 한라산업개발(주), (주)웰크론한텍, (주)코엔텍, (주)와이엔텍, 케이지이티에스(주), (주)대경에스코, (주)포스벨 등의 업체가 참여하고 있다.

[한라산업개발(주)]은 2000년 환경분야 전문기업으로 설립되어 기술개발 및 설비구축을 수행하여 왔으며, 마포자원회수시설, 강남자원회수시설, 성남 600톤 환경에너지시설, 울산광역시 자원회수시설, 창원시 성산자원회수시설 등 소각시설을 관리, 운영하고 있다.

[(주)웰크론한텍]은 1994년 설립된 코스닥기업으로 에너지절감 산업설비 및 환경설비를 공급하고 있는 산업용 플랜트 전문기업이다. 신 기후변화체제 출범에 따라 열교환기 세정기술, 피독촉매재생기술 등을 보유하고 있으며, 이를 기반으로 바이오매스발전, 폐기물소각을 통한 폐열이용, 전기 생산, 그리고 바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오매스당 등 에너지/발전 플랜트 사업을 수행하고 있다.

[그림3] 국내 업체 폐기물에너지 설비



웰크론한텍 에너지절감/열설비

웰크론강원 SRF 가스화 플랜트

*출처: 웰크론한텍, 웰크론강원 홈페이지, NICE평가정보 재가공

[(주)코엔텍]은 산업 폐기물처리를 위해 1993년 설립된 코스닥 기업이다. 2002년부터 소각폐열을 이용한 스팀을 생산, 판매하였으며, 독일 BBP사의 ROTARY KILN 방식의 일 300톤 처리능력의 소각시설, 스토카방식의 일 163톤 처리능력의 소각시설, 폐열회수에 의한 스팀판매기술 등 우수한 기술력 및 시설을 기반으로 위탁처리를 수행 중이다.

[(주)와이엔텍]은 1990년 설립되어 산업폐기물 처리 사업을 주요 사업으로 영위하는 코스닥 기업이다. 환경(건설)사업부에서는 수집운반부터 중간처리, 최종처리에 이르기까지 일괄처리시스템을 구축하고 있으며, 2008년부터 자원 재활용 시설, 청정 스팀 생산, 판매하고 있다.

[케이지이티에스(주)]는 산업용 폐기물 소각처리 시설과 에너지 생산설비를 갖추고 고품질의 전기와 스팀을 시화산단내의 70여 생산공장에 열원으로 공급하고 있는 코스닥 기업이다.

[㈜대경에스코]는 2003년 소각로 전문 환경업체로 설립되어 중형 소각로 600여기를 비롯하여 전국에 1,600여기의 소각로를 설치하여 소각로 보급과 폐기물의 안정적 처리에 기여하고 있으며, 25종의 소각로를 개발하고 열분해 용융로 개발에 참여하는 등 대기 환경 보전에 기여하고 있다.

[㈜포스벨]은 폐기물의 선별과 자원화 및 에너지화 등을 위한 환경설비 전문 제조업체로, 지역별 폐기물 성상 등에 따른 유형별 MBT시스템 개발을 수행한 이력을 보유하고 있다. 주로 생활폐기물류의 고형연료화를 위한 전처리 공정 설비 등을 생산하고 있다.

중소기업의 경우 중소 규모의 폐기물 소각로, 공해방지 설비 등 열회수 및 열이용 장비 제작산업에 참여하고 있으며, 국내 소각 폐열 산업의 경우 해외 원천기술이 도입된 후 국산화되어 해외 수출이 가능한 수준이나, 고효율 및 고성능 발전기술 확보가 필요할 것으로 전망된다.

[표5] 폐기물에너지 분야 주요 제품의 국내 업체 현황

분류	업체
일반 고형연료 (SRF)	(주)태영건설, (주)대우건설, (주)한화건설, (주)웰크론강원 , 대보마그네텍(주) , (주)코리아리사이클시스템, (주)알이엠, 효성자원(주), (주)포스벨, (주)다산기술, 삼호환경기술(주), (주)가이아 등
바이오 고형연료 (Bio-SRF)	이엠코리아(주) , (주)미송환경산업, 내광산업(주), 자연산업(주), 대웅자원(주), (주)우드사이로, (주)태화우드, 계룡우드(주), 선창산업(주), (주)지안우드, (주)전주에너지 등
열분해 가스화	(주)포스코건설, 두산중공업(주), (주)대우건설, 코오롱글로벌(주), 삼성물산(주), 한솔EME(주), 롯데비피화학(주), 동부건설(주), 한라산업개발(주), (주)서희건설 , 효성엔지니어링(주), GS건설(주), (주)하나티씨, (주)글로벌엔지니어링, (주)한려에너지개발, (주)에코데이, (주)에코솔루션, (주)그린사이언스 등
열분해 유화	(주)에스에스유화, (주)세기에너지, (주)삼신기계 등
소각 폐열	GS건설(주), 한라산업개발(주), 동부건설(주), 현대중공업(주), SK건설(주), 삼성물산(주), (주)대우건설, (주)포스코건설, 코오롱글로벌(주), 현대건설(주), (주)웰크론한텍 , (주)코엔텍 , (주)와이엔텍 , 케이지이티에스(주) , (주)대경에스코, 장우기계(주), (주)가이아, 긴세이코리아, 하나로이앤지(주), (주)포스벨, (주)건민테크 등

*볼드 및 밑줄 친 기업은 코스닥 기업임

*출처: 중소기업 기술개발 전략로드맵(2017), NICE평가정보 재가공

Ⅲ. 기술 심층 분석

고형 연료의 제조 및 이용 기술

폐기물 고형연료는 가연성 고체폐기물로 구성된 고형연료(SRF)와 성분 중 바이오매스가 95%이상으로 구성된 바이오 고형연료(Bio-SRF)가 있으며, 최종 제품의 가공형태에 따라 펠릿(Pellet)형태의 성형 및 성형하지 않은 비성형 제품으로 분류된다. 고형연료는 아래와 같은 특성을 갖고 있으며, 처리비용은 소각처리시설보다 고가이나, 열원으로 재이용 가능하여 에너지회수율을 높임으로써 극복 가능하다.

[표6] 폐기물 고형연료의 특성

측면	특성
환경	-모든 가연성 폐기물이 열원으로 재이용할 수 있어 유효이용성이 높음 -발열량 변동이 적어 완전연소 및 연소로 내 온도의 관리가 용이 -염화비닐수지 등 유기염소재질의 선별 제거가 가능하고 소석회를 첨가 가능하여 염화수소 및 다이옥신의 발생농도가 낮음 -연료 중의 수분이 10% 이하로 배연가스내 수분이 적어 백연발생이 적음 -연료전용 연소보일러에서의 매연발생농도가 낮아 집진장치의 부하가 경감됨
에너지	-발열량 및 형태가 일정하여 연소에 필요한 공기량과 열전도도가 균일 -열 회수를 목적으로 한 전용보일러를 활용하여 에너지 회수율이 높음 -기존의 보일러/발전소에 석탄과 혼소가 가능 -일반폐기물과 비교하여 발전 시스템에서 효율이 높음
문제점	-소각시설의 부식발생으로 수명이 단축될 수 있음 -SO_x발생은 상대적으로 적으나 염소, 분진 등에 의한 대기오염 발생가능 -연료공급에 대한 신뢰성 문제가 발생 가능함 -시설비가 고가이고 숙련된 기술이 필요

*출처: 극동대학교, 제3편 폐기물에너지화, NICE평가정보 재가공

고형연료는 물리적 기술이며, 크게 제조 기술과 이용기술로 분류된다. 제조 기술은 가연성 폐자원을 원료로 수분과 불연성 성분들을 제거하고 분쇄, 분리, 선별, 건조, 성형 등의 공정을 거쳐 생산하는 것이며, 이용 기술은 고형연료를 전기와 열을 생산하기 위해 열병합발전 및 전용, 혼소에 이용하는 기술이다.

[표7] 고형연료 기술분류

구분	기술 분류	설비
고형연료 제조 기술	파쇄, 분쇄	절단날, 스크린, 과부하 방지장치 등
	건조	열정산 설계, 디스크 건조기, 열풍공급기, 비산장치 등
	이물질 선별	풍력, 자력, 진동력, 트롬멜, 광학 등
	탈취	열분해, 흡착 등
	성형	링다이스, 휠밀, 휠다이스, 압출성형 등
고형연료 이용 기술	연소	스토커 연소로, 유동층 연소로, 로타리 킬른 연소로 등
	전용 및 혼소	열병합발전시설, 지역난방시설, 산업용 보일러 등
	기타 이용	가스화 이용시설 등

*출처: 화학경제연구원(2016), 중소기업로드맵(2015), NICE평가정보 재가공

해당 기술은 산업용 보일러, 시멘트 소성, 화력 발전, 슬러지 연소 등의 산업용 연료나 생활용 연료와 같이 다양한 분야에 활용이 가능하다.

열분해의 가스화 및 유화 기술

열분해는 열적 기술에 해당하며, 원료 및 공정에 따라 가스화 및 유화로 구분된다. 가스화는 고온에서 운전하기 위한 부분 산화 조건에서 탄화수소로 구성된 폐기물의 열분해를 수행하여 연료가스나 합성가스를 생산하는 기술이다. 기본 공정은 탄소성분과 비활성물질은 숯으로 남고, 휘발성 탄화수소와 숯은 가스화 공정을 통해 합성가스로 전환된다. 자세한 연료표면 수분 증발 → 내부 수분이 증발(110~120℃) → 열분해 가스화(200~300℃) → 고정탄소와 회분으로 숯 형성(휘발분 모두 증발) → 숯의 가스화 → 숯의 연소화로 구분된다. 해당 공정으로 수소(H₂)와 일산화탄소(CO) 및 메탄(CH₄) 등을 생성한다.

[표8] 열분해 가스화 반응기의 종류

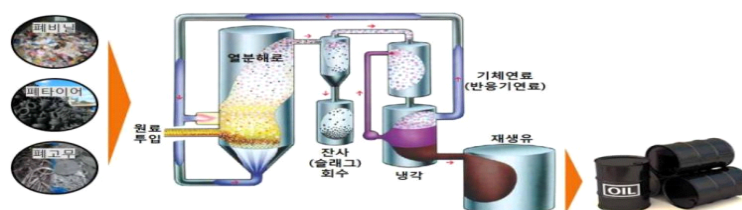
종류	특징
고정층 가스화 반응기	원료의 특성에 크게 영향을 받지 않고 운전이 가능한 장점이 있으나 가스화 반응의 효율은 다소 낮음
유동층 가스화 반응기	가스화 반응의 효율을 높이기 위하여 개발되었으며, 유동층의 형성을 유지하기 위하여 원료의 균질성 등과 같은 원료의 특성에 영향을 받음
분류층 가스화 반응기	가스화 반응의 효율은 가장 높으나 원료가 매우 균질하여야 하며 석탄 가스화에 주로 활용됨

출처: 가연성폐자원의 열분해 에너지화 기술, 오세천(2017), NICE평가정보 재가공

생산된 합성가스 중 수소는 전기 생산을 위한 연료전지의 원료나 정유공장의 수소 첨가공정 원료로 대체 사용 가능하며, 일산화탄소는 초산 제조공정 등 화학 산업의 원료로 사용되는 등 합성, 전력 및 증기 생산에 활용된다. 관련 기술은 가스화 반응 기술, 합성가스 정제 기술, 가스화 복합발전 기술, 합성가스 이용/연소 기술 등이 있다.

유화는 가스화 기술에 비해 낮은 온도에서 완전 무산소 조건으로 열분해를 수행, 고분자를 구성하는 탄소 사슬을 끊어 저분자의 액상 연료유를 생산하는 기술이다. 열분해 공정은 원료의 전처리 및 투입 → 반응 → 잔류물 처리 → 오일증기의 축매반응 → 증기의 응축 및 증류에 의한 성분별 분리 등으로 구성된다.

[그림4] 열분해 유화공정 개념도



출처: Carbon Trust

생산된 연료유는 산업용 석유의 대체연료로 활용 가능하며, 기술의 유형은 용융옥식, 2단식, 스크류식, 파이프스탈식 등이 있다.

소각열 회수 기술

소각 폐열은 소각열 회수 이용이라고도 하며 가연성 폐기물을 소각로에서 소각 처분할 때 발생하는 연소열을 이용하여 증기 또는 전기와 같이 이용 가능한 에너지로 회수하여 활용하는 것을 말한다. 일반적으로 소각시 발생하는 고온의 배가스는 폐열 보일러에 의해 열에너지가 회수된다. 이에, 소각 잉여열을 이용하여 발전 및 열을 공급할 경우 회수효율을 높이기 위해 공정특성 및 장점에 대한 고려가 필요하다.

[표9] 소각 잉여열 이용방식에 따른 장단점 비교

항목		장점	단점
발전	배압식	- 정전시에도 소내동력 공급 - 소각장 계획시 별도 추진 가능 - 터빈 후단의 증기 배출열 이용가능	- 폐열이용율이 낮음(증기보유 열량의 15% 정도 사용) - 복수기 냉각으로 열손실이 있음
	복수식	- 정전시에도 소내동력 공급 - 소각장 계획시 별도 추진 가능 - 발전량이 배압식 대비 많음	- 터빈 후단의 온도가 낮아 열이용이 어려움 - 복수기 냉각으로 열손실이 있음 - 배압식 대비 시설비 높음
지역난방		- 폐열의 회수효율이 좋음	- 지역난방시설이 소각장과 근접위치 필요 - 하절기에는 지역난방 열부하 감소 - 지역난방 보수시 증기를 별도 처리
발전 + 지역난방		- 내에 전력 공급 - 폐열의 회수효율이 좋음 - 경제적인 수익률이 매우 높음	- 지역난방시설이 소각장과 근접위치 필요

*출처: 사업장폐기물 소각 잉여열의 신재생에너지화 방안 마련 연구(2007), NICE평가정보 재가공

기술발전방향

국내 고형연료 산업은 주로 성형 제품의 제조 및 이용 기술 중심으로 진행되었으며, 생산비용이 상대적으로 적은 비성형 고형연료 제품에 관한 제조 및 이용시설 등의 기술 활성화가 요구된다. 폐기물을 대상으로 하는 가스화 및 유화 기술은 연구개발이 지속되어 왔으나 기술의 안정성 등 상용화 정보가 미비하여 신뢰성 확인이 필요한 실정이다. 이에 유지보수 비용 및 운전 성과 등에 대한 검증은 필요로 한다. 소각 폐열 기술은 고효율 및 고성능의 발전 기술 확보가 필요할 것으로 보인다.